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

Klausurtermin: Di 11.02.2026, 9 Uhr

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

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

Allgemeine und Anorganische Chemie

Großgruppen-Übung für Lehramt und Pharma Science

Baeyer-HS, Mi 11:15 – 12:00 Uhr

Dr. Magdalena Rusan
march@cup.uni-muenchen.de
https://www.cup.lmu.de/ac/rusan/teaching/allgemeine-und-anorganische-chemie/

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

$\log_2(8) = 3$

$\log_3(81) = 4$

$\log_4(1/16) = -2$ 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

$$D, \det A, |A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

⇦ 1. Zeile

⇦ 2. Zeile

⇧ 1. Spalte

⇧ 2. Spalte

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} = 1x4 - 3x2 = -2$$

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = 1x5x9 + 2x6x7 + 3x4x8 – 7x5x3 – 8x6x1 – 9x4x2 =$$

$$= 45 + 84 + 96 – 105 - 48 – 72 = 0$$

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)

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

(+ + + − − −)

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

Zahlenbeispiel

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

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

Anwendungen der Determinante

Die Cramer'sche Regel

Mit Hilfe der **Cramer'schen Regel** kannst du **lineare Gleichungssysteme** lösen. Dies ist hier am Beispiel eines Gleichungssystems mit zwei Gleichungen und zwei Unbekannten zu sehen.

$$\begin{array}{rcrcr} 2x & - & 3y & = & 7 \\ x & + & 4y & = & -2 \end{array}$$

$$\det(A) = \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = 8 - (-3) = 11$$

- Zur Berechnung der Lösung für x ersetzt du in der Koeffizientenmatrix die entsprechende, also die erste, Spalte durch die rechte Seite der Gleichung und berechnest von der so erhaltenen Matrix A_x wieder die Determinante.

$$\det(A_x) \begin{vmatrix} 7 & -3 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} = 28 - 6 = 22$$

- Nun kannst du x berechnen. Du dividierst die so berechneten Determinanten.

$$x = \frac{\det(A_x)}{\det(A)} = \frac{22}{11} = 2$$

- Ebenso kannst du die Lösung für y ermitteln. Dieses Mal ersetzt du in der Koeffizientenmatrix die zweite Spalte (y-Spalte) durch die rechte Seite der Gleichung und berechnest die Determinante.

$$\det(A_y) \begin{vmatrix} 2 & 7 \\ 1 & -2 \end{vmatrix} = -11$$

- Somit ist

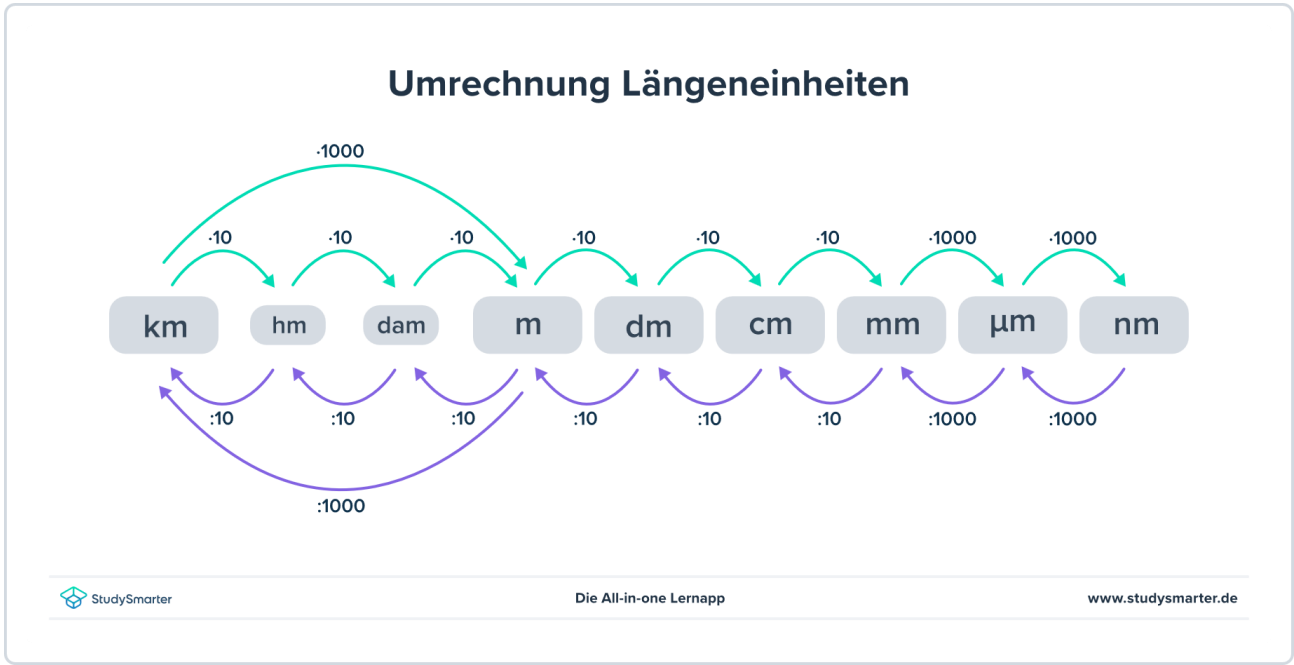
$$y = \frac{\det(A_y)}{\det(A)} = \frac{-11}{11} = -1.$$

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

Lösung:

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

$6{,}6 \times 10^{9}$ bp $\times 10^{-21}$ g/bp= $6{,}6\times10^{-12}$ g

Masse pro Mensch:

$6{,}6\times10^{-12}$ g/Zelle $\times10^{14}$ Zellen = $6{,}6\times10^{2}$ g = 660 g

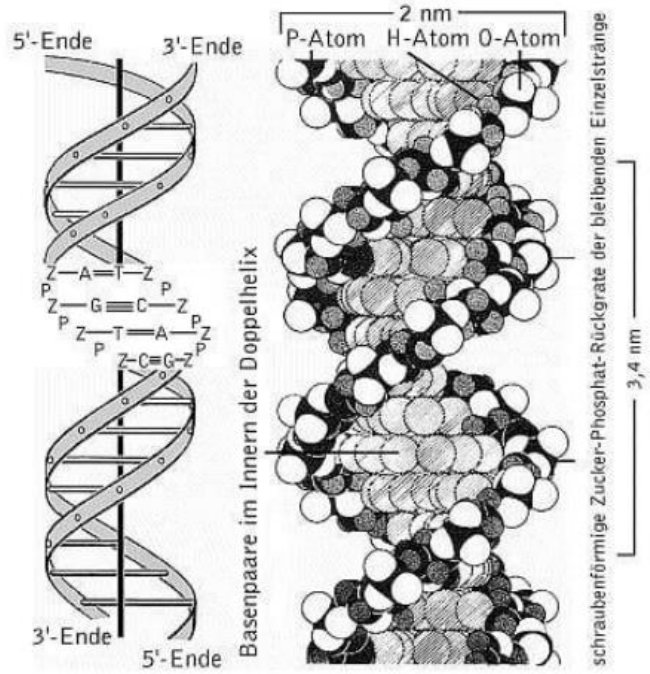
Gesamtzahl BP:

$6{,}6\times10^{9}$ bp/Zelle $\times10^{14}$ Zellen = $6{,}6\times10^{23}$ bp

Gesamtlänge:

$6{,}6\times10^{23}$ bp $\times$ 0,34 nm/bp = $2{,}244\times10^{23}$ nm =

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

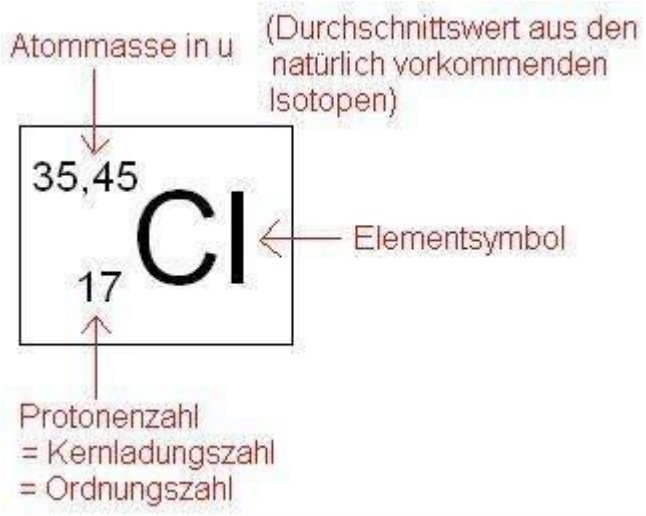
4. Welcher Masse entspricht 1,5 mol CO_2 und Kohlenmonoxid?

Zeichnen Sie eine Strukturformel dieser Verbindungen.

Lösung: $M(CO_2) = 44{,}0$ g/mol; $m(CO_2) = 66{,}0$ g

$M(CO) = 28{,}0$ g/mol; $m(CO) = 42{,}00$ g





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.	1,01u **H** 1 Wasserstoff 1 2,2			16,00u **O** 8 Sauerstoff -2,-1 3,4	Massenzahl / Elementsymbol / Ordnungszahl / Name / Elektronegativität / Oxidationszahlen			4,00u **He** 2 Helium -- --
2.	6,94u **Li** 3 Lithium 1 1,0	9,01u **Be** 4 Beryllium 2 1,6	10,81u **B** 5 Bor 3 2,0	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 0,9	24,31u **Mg** 12 Magnesium 2 1,3	26,98u **Al** 13 Aluminium 3 1,6	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 CO_2 (Normalbedingungen) produzieren Sie dabei?



Lösung: Stoffmenge Kohle = n = m / M = 2000 g / 12 g/mol = 166,6 mol

Molekulare Masse Kohlenstoffdioxid:

$M(CO_2) = 12{,}0$ g/mol + 16,0g/mol * 2 = 44,0 g/mol

Gewicht Kohlenstoffdioxid:

m = n * M = 166,6 mol * 44,0 g/mol = 7330,4 g = 7,333 kg

Standardbedingungen

Heute sind **neue Normalbedingungen** als SATP für „Standard Ambient Temperature and Pressure" üblich:

- Standardtemperatur T = 298,15 K entsprechend 25 °C (analog zu STP)
- Standarddruck p = 101.300 Pa = 1013 hPa = 101,3 kPa = 1,013 bar

Gasvolumen:

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

Standartbed. (SATP, 25°C): $V = n * V_m^{\varnothing}$ = 166,6 mol * 24,46 Liter/mol = 4075 L

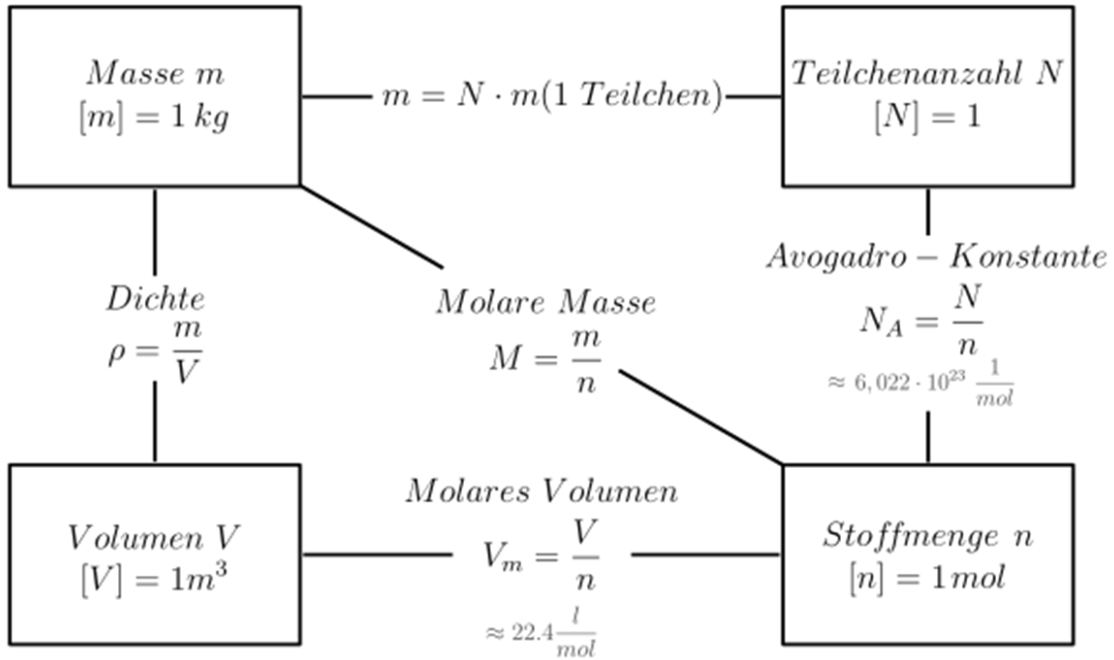
Bei höheren Temperaturen:

$p * V = n * R * T$ (ideale Gasgleichung) → $V_1/T_1 = V_2/T_2$

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

Die sogenannten **Normalbedingungen** (auch STP genannt, vom englischen Begriff „Standard Temperature and Pressure") für die Angabe von Eigenschaften von Gasen sind:

- Temperatur T = 273,15 K entsprechend 0 °C und
- Druck p = 101325 Pa = 101325 N/m² = 1013,25 hPa = 101,325 kPa = 1013,25 mbar



Zustandsgleichung des idealen Gases

$$pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p} \qquad V_0 = \frac{RT_0}{p_0}$$

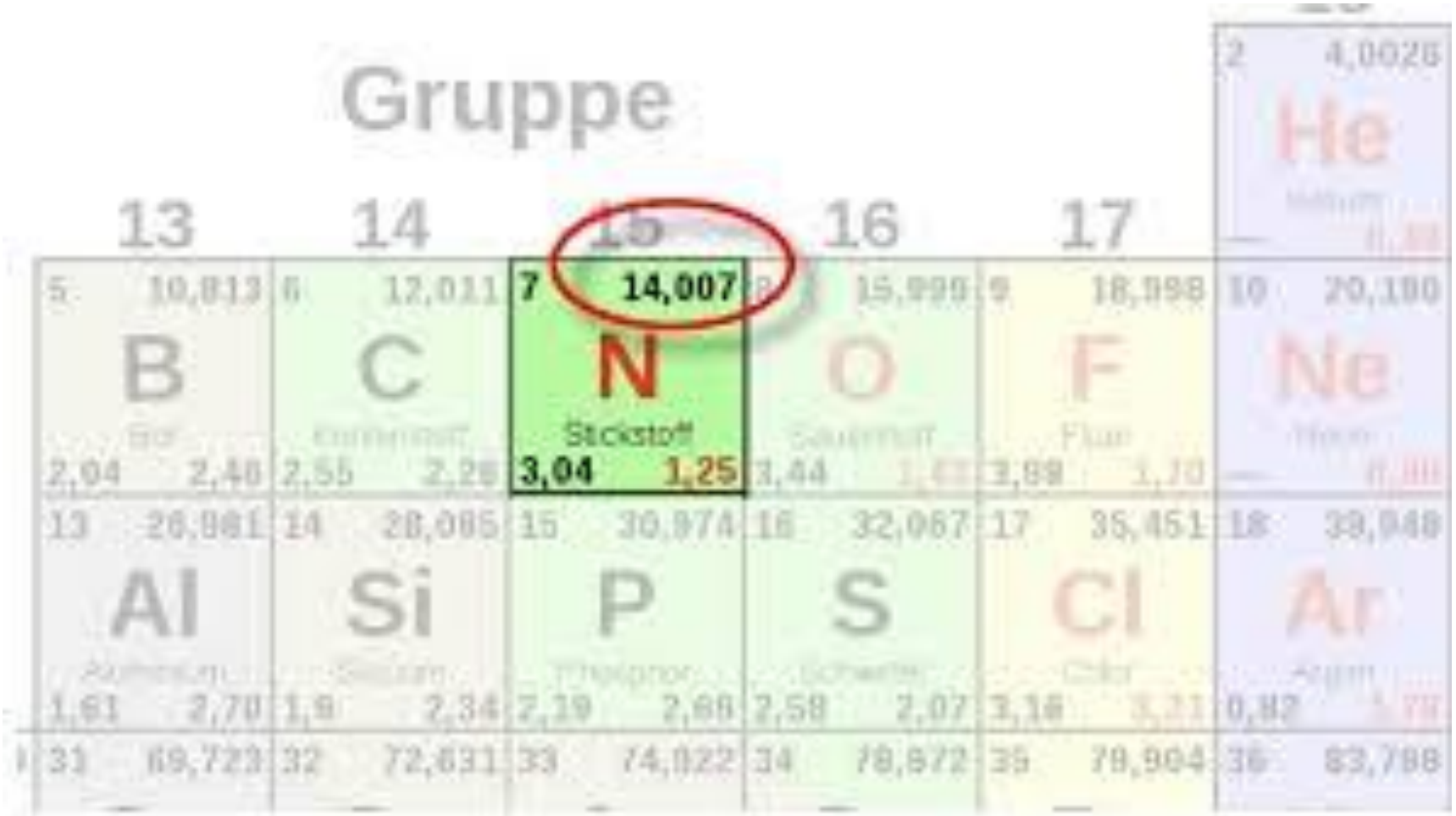
$$\mathrm{R} = 8.314472 \ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K\,mol}}$$

Molares Volumen: V_n = 0 022414 m^3 / mol

$$1bar = 10\,\mathrm{N/cm^2} = 10^5\,\mathrm{N/m^2} = 10^5\,Pa$$

$$1\,\mathrm{bar} = 10^5\,\mathrm{Pa} = 10^5\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}} = 10^5\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m \cdot s^2}}$$

$$1\,\mathrm{J} = 1\,\mathrm{Nm} = 1\,\frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s^2}}$$


Gruppe
13
14
15
16
17
7 14,007
N
Stickstoff
3,04 1,25

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.

$C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$

1 mol Propan → 3 mol CO_2

$M(C_3H_8) = 3 \cdot 12{,}0 + 8 \cdot 1{,}0 = 44{,}0\ g\ mol^{-1}$

$M(CO_2) = 12{,}0 + 2 \cdot 16{,}0 = 44{,}0\ g\ mol^{-1}$

$n(C_3H_8) = 250g / 44{,}0\ gmol = 5{,}681\ mol$

$n(CO_2) = 3 \cdot 5{,}681\ mol = 17{,}045 mol$

$m(CO_2) = 17{,}045\ mol \cdot 44{,}0\ g\ mol^{-1} = 750\ g =$ 0,750 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:

a) $2\ K\ (s) + 2\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ KOH\ (aq) + H_2\ (g)$

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

c) $\sum M = 39{,}1\ g/mol + 1{,}0\ g/mol + 16{,}0 = 56.1\ g/mol$

d) 5g / 39.1 g/mol = 0.128 mol → 0.064 mol Wasserstoff * 22.4 L = 1,43 L

Normalbedingungen (0°C, 1013hPa)

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

Gibbs-Helmholz-Gleichung

- Increase of product particles: $\Delta S > 0$
- Increase of temperature particles: $T\Delta S < 0$

Rubidium und Cesium in Wasser:
https://www.youtube.com/watch?v=0YNsIaSbFdg&ab_channel=NileRedShorts

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: $c = n / V$

$M (NaOH) = 40 g/mol$

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

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

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

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

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

oder

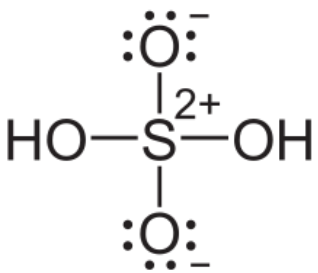
$m(NaOH) = 8 g * 0{,}05 L = 0{,}40 g =$ 400 mg

9. Wie schwer ist ein halber Liter 100% Schwefelsäure der Dichte 1.84 g/cm$^{3?}$
Wieviel mol H_2SO_4 sind enthalten?

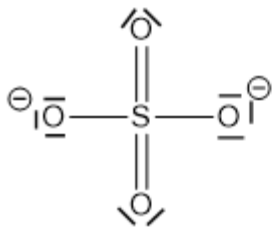
1 cm^3 = 1 mL

1840 g * 0.5 = **920 g**

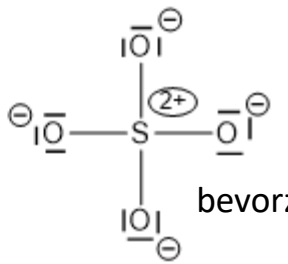
M = 98.1 g / mol
n = m / M = 920 g / 98.1 g/mol = **9.38 mol**



Schwefelsäure



Formel I



Formel II

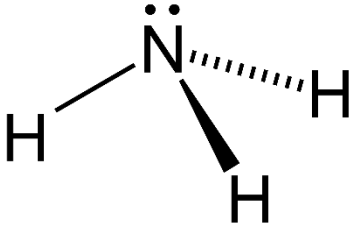
bevorzugte Schreibweise

Sulfat-Anion

Formel I: Oktettüberschreitung



10. Sie möchten einen Liter konzentrierten Ammoniak (25%, Dichte 0,906 g/cm^3) herstellen. Wieviel Ammoniakgas benötigen sie?



1 Liter Ammoniak wiegen 906 g

25% von 906 g sind NH_3 = 226,5 g

$M(NH_3)$ = 17,0 g/mol

n = m / M = 226,5 g / 17,0 g/mol = 13,3 mol

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



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

Lösung: **Verdünnungsgleichung** oder **Mischungsformel**

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

$V = V_2 - V_1 = 87{,}5\ mL$

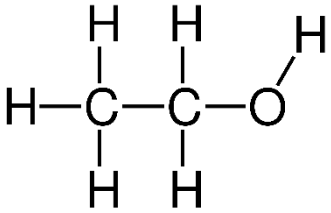
Alternativ:

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

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

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





Strukturformel von Ethanol

Physikalische Einheit	
Einheitenname	Volumenprozent
Einheitenzeichen	Vol.-%, % vol, % v/v
Physikalische Größen	Volumenanteil, Volumenkonzentration, Volumenverhältnis
Formelzeichen	$\varphi,\ \sigma,\ \psi$
Dimension	$\frac{L^3}{L^3} = 1$
In SI-Einheiten	$1\ \text{Vol.-\%} = 0{,}01\ \frac{m^3}{m^3}$
Abgeleitet von	Prozent

https://de.wikipedia.org/wiki/Volumenprozent

12. Welche Konzentration hat 70%(v/v) Ethanol (C_2H_6O)? Reiner Alkohol hat eine Dichte von 0,79 kg/L.

Lösung: Konzentrationen in der Chemie in mol/L

700mL Ethanol entsprechen (Multiplikation mit Dichte) = 553 g

M(Ethanol, C_2H_6O) = 2 * 12,0 g/mol + 6 * 1,0 g/mol + 1 * 16,0 g/mol = 46 g/mol)

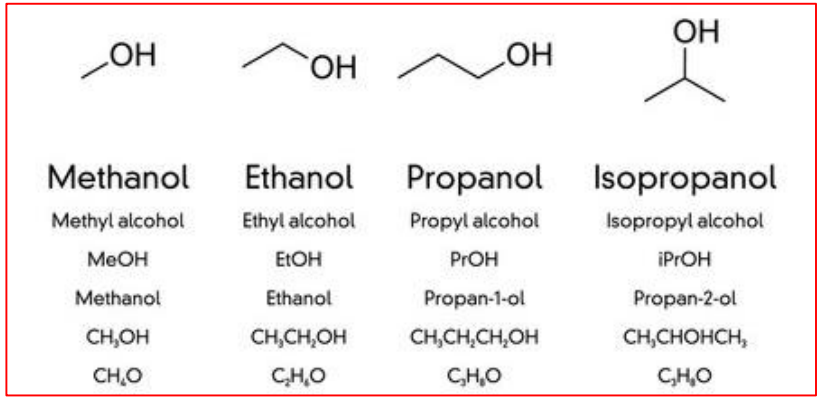
553 g / M(Ethanol, 46 g/mol) = 12,0 mol/L

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



Kurzkettige Alkohole:



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

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

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

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

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

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

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

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

Funktion	Ableitungsfunktion
$f(x) = x^n$	$f'(x) = n \cdot x^{n-1}$
$f(x) = e^x$	$f'(x) = e^x$
$f(x) = \ln(x)$	$f'(x) = \frac{1}{x}$
$f(x) = \sqrt{x}$	$f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$
$f(x) = \sin(x)$	$f'(x) = \cos(x)$
$f(x) = \cos(x)$	$f'(x) = -\sin(x)$
$f(x) = \tan(x)$	$f'(x) = \frac{1}{(\cos(x))^2}$

Die Elementaren Ableitungsregeln:

1. Potenzregel: $f(x)=x^n \quad f'(x)=n \cdot x^{n-1}$
2. Faktorregel: $f(x)=c \cdot u(x) \quad f'(x)= c \cdot u'(x)$
3. Summen-/Differenzregel: $f(x)= u(x) \pm v(x) \quad f'(x)= u'(x) \pm v'(x)$
4. Konstantenregel: $f(x)=c \quad f'(x)=0$

Funktion	Ableitung	Regel
$(f(x)+g(x))$	$f'(x)+g'(x)$	*Summenregel*
$(f(x) \cdot g(x))$	$(f'(x) \cdot g(x)) + (f(x) \cdot g'(x))$	*Produktregel*
$\frac{f(x)}{g(x)}$	$\frac{f'(x) \cdot g(x) - g'(x) \cdot f(x)}{g(x)^2}$	*Quotientenregel*
$[f(g(x))]$	$f'(g(x)) \cdot g'(x)$	*Kettenregel*

Ableitungsregeln

Anmelden

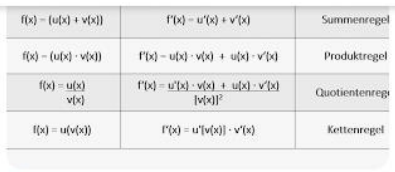
Produktregel | Bruch | Exponentialfunktion | Übersicht | Logarithmus | Potenzregel | Funktion | Mathe | Quotientenregel | Wurzel | Formelsammlung



Studocu
Differentialrechnu...



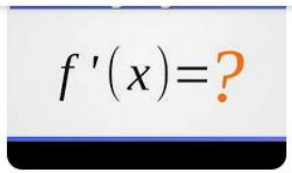
Knowunity
Ableitungsregeln u...



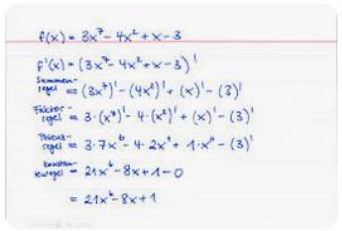
Learnchannel-TV.com
Ableiten - Learnchannel-TV.com



Studocu
Ableitungsregeln - ...



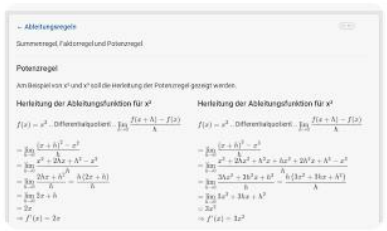
YouTube
Ableitungsregeln (Potenzregel,...



Lernwerk.TV
Ableitungsregeln anwenden bei Poly...



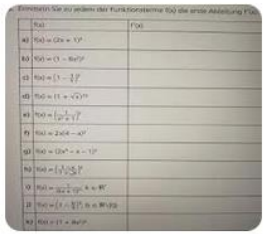
Knowunity
Einfach erklärt: Ableit...



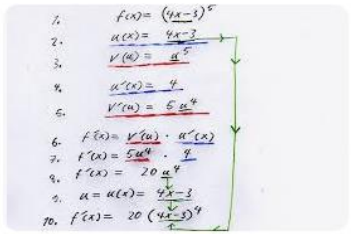
KMap
Ableitungsregeln - Einfache Ableitungsrege...



LAKschool
Kettenregel - Ableitungsregeln einf...



gutefrage
Welche Ableitungsregeln m...



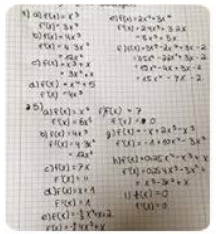
Volker Lange-Janson
Trainingsprogramm Ableitungsregeln v...



Knowunity
Alles zu Ableitungsre...



Knowunity
Ableitungsregeln Üb...



gutefrage
Ableitungsregeln Übu...

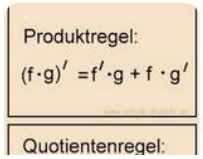


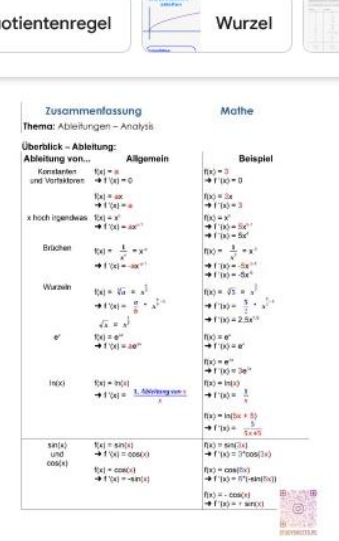
Ähnliche Suchanfragen



alle ableitungsregeln







Alles zu Ableitungsregeln: Produktregel, Kettenregel & Quotientenregel (Mathe) - Knowunity

Besuchen

Bilder sind in der Regel urheberrechtlich geschützt. **Weitere Infos**

Teilen | Speichern







2. Mathematik, Basics, Integrale

Berechnen Sie die folgenden bestimmten Integrale.

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

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

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

d) $$\int_1^2 (x^2+1)\cdot\sqrt{x}\ dx = \int_1^2 x^{\frac{5}{2}}+x^{\frac{1}{2}}\ dx = \left[\frac{2}{7}\cdot x^{\frac{7}{2}}+\frac{2}{3}\cdot x^{\frac{3}{2}}\right]_1^2 =$$

$$(\frac{16\sqrt{2}}{7}+\frac{4\sqrt{2}}{3})-(\frac{2}{7}+\frac{2}{3}) = \frac{76\sqrt{2}-20}{21}$$

Grundintegrale:

- $\int x^n \, dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C,\ n \in \mathbb{R},\ n \neq -1$
- $\int \frac{1}{x} \, dx = \ln|x| + C$
- $\int \ln x \, dx = -x + x \cdot \ln x + C$
- $\int \sin x \, dx = -\cos x + C$
- $\int \cos x \, dx = \sin x + C$
- $\int e^x \, dx = e^x + C$
- $\int a^x \, dx = \frac{a^x}{\ln a} + C,\ a > 0,\ a \neq 1$

- Weitere häufig benötigte Integrale:
- $\int \frac{f'(x)}{f(x)} \, dx = \ln|f(x)| + C$
- $\int \sin^2 x \, dx = \frac{1}{2}(x - \sin x \cdot \cos x) + C$
- $\int \cos^2 x \, dx = \frac{1}{2}(x + \sin x \cdot \cos x) + C$
- $\int \tan x \, dx = -\ln|\cos x| + C$

Integrationsregeln



Differentiationsregeln:

$(e^x)' = e^x$

$(e^{-x})' = -e^{-x}$

$(e^{ax+b})' = a \cdot e^{ax+b}$

$(e^{f(x)})' = f(x)' \cdot e^x$

Integrationsregeln:

$\int e^x \, dx = e^x + C$

$\int e^{-x} \, dx = -e^{-x} + C$

$\int e^{ax+b} \, dx = \frac{1}{a} e^{ax+b} + C$

Faktorregel

$$\int k \cdot f(x) \, dx = k \cdot \int f(x) \, dx \quad (k \in \mathbb{R})$$

Bsp: $\int 5x^2 \, dx = 5 \int x^2 \, dx$

$= \frac{5}{3}x^3 + c \quad (c \in \mathbb{R})$

Summenregel

$$\int f(x) + g(x) \, dx = \int g(x) \, dx + \int f(x) \, dx$$

Bsp: $\int x^4 - 2x^3 \, dx = \int x^4 dx + \int -2x^3 dx$

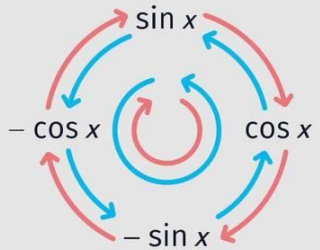
$= \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{2}x^4 + c \quad (c \in \mathbb{R})$

$\int 1 \, dx = x + c \quad (c \in \mathbb{R})$

$\int \frac{1}{x} \, dx = \ln|x| + c \quad (c \in \mathbb{R})$

$\int e^x \, dx = e^x + c \quad (c \in \mathbb{R})$

Ableiten/Integrieren



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:

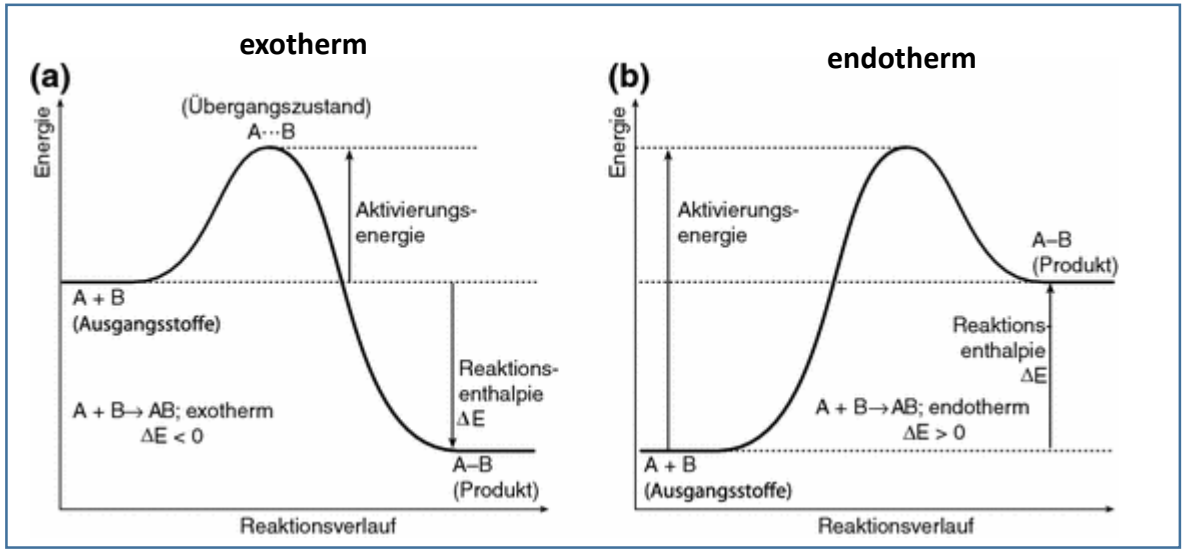
a) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

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

$\Delta G > 0$: endergonisch

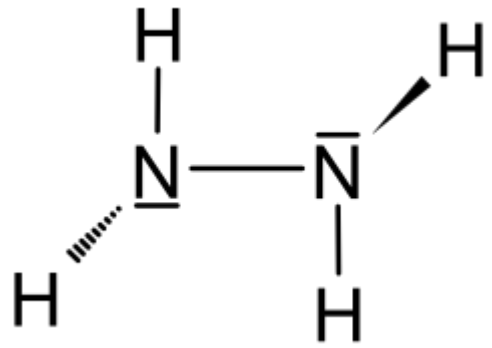
G = Freie Enthalpie [J mol^{-1}]
H = Enthalpie [J mol^{-1}]
S = Entropie [J mol^{-1} K^{-1}]

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



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

$N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$ $\quad \Delta_RH = -622{,}4\ kJ\ mol^{-1}$



Lösung:

M (N_2H_4) = 2 · 14,0 g mol^{-1} + 4 · 1,0 g mol^{-1} = 32,0 g mol^{-1}

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

Q = n · ΔH = 0,03125 mol · -622,4 kJ mol^{-1} = -19,45 kJ

Raschig-Hydrazin-Synthese:

$NaOCl + NH_3 \rightarrow NH_2Cl + NaOH$
$NH_2C\ l + NH_3 \rightarrow N_2H_4 + HCl$

$Cl_2 + 2\ NaOH \rightleftharpoons NaOCl + NaCl + H_2O$

5. Die Zersetzung von Natriumazid verläuft nach:

$2\ NaN_3 \rightarrow 2\ Na + 3\ N_2$ $\quad \Delta_R H = -42{,}7\ kJ$

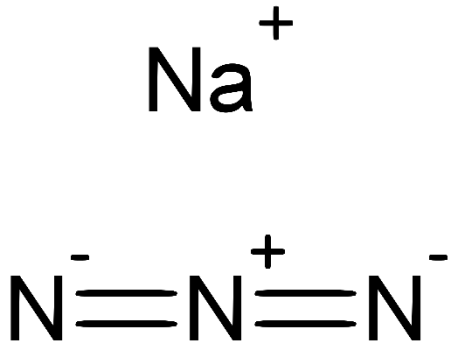
a) Wie groß ist der ΔH-Wert, um 1,50 kg N_2 zu erhalten?

b) Welches Volumen hat diese Menge Stickstoff bei Normalbedingungen?

Lösung:

a) $M\ (N_2) = 2 \cdot 14{,}0\ g\ mol^{-1} = 28{,}0\ g\ mol^{-1}$

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



Bildung von 3 mol N_2: - 42,7 kJ

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

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

Synthese Bleiazid:

$Pb(NO_3)_2 + 2\ NaN_3 \rightarrow Pb(N_3)_2 + 2\ NaNO_3$



6. Butangas (C_4H_{10}, $\Delta_f H$ = -126 kJ mol^{-1}) verbrennt mit Sauerstoff zu Kohlendioxid ($\Delta_f H$ (CO_2(g)) = -393 kJ mol^{-1}), und Wasserdampf $\Delta_f H$ (H_2O(g)) = -242 kJ mol^{-1}). R = 8.314 J K^{-1} mol^{-1}

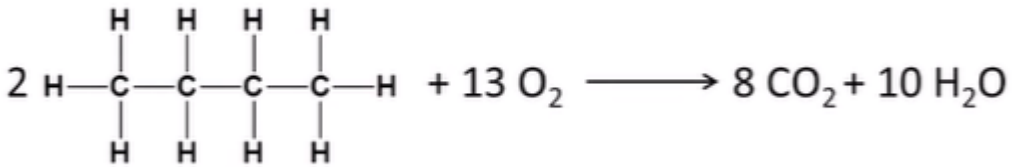
a) Formulieren Sie die korrekte Reaktionsgleichung!

$C_4H_{10} + 13/2\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O$

b) Wie hoch ist die Reaktionsenthalpie?

$\Delta_R H$ = Summe Bildungsenthalpie Produkte - Summe Bildungsenthalpie Edukte =

$[4\cdot(-393) + 5\cdot(-242)] \quad - \quad [1\cdot(-126) + 13/2\cdot(0)] \quad = -2656$ kJ/mol

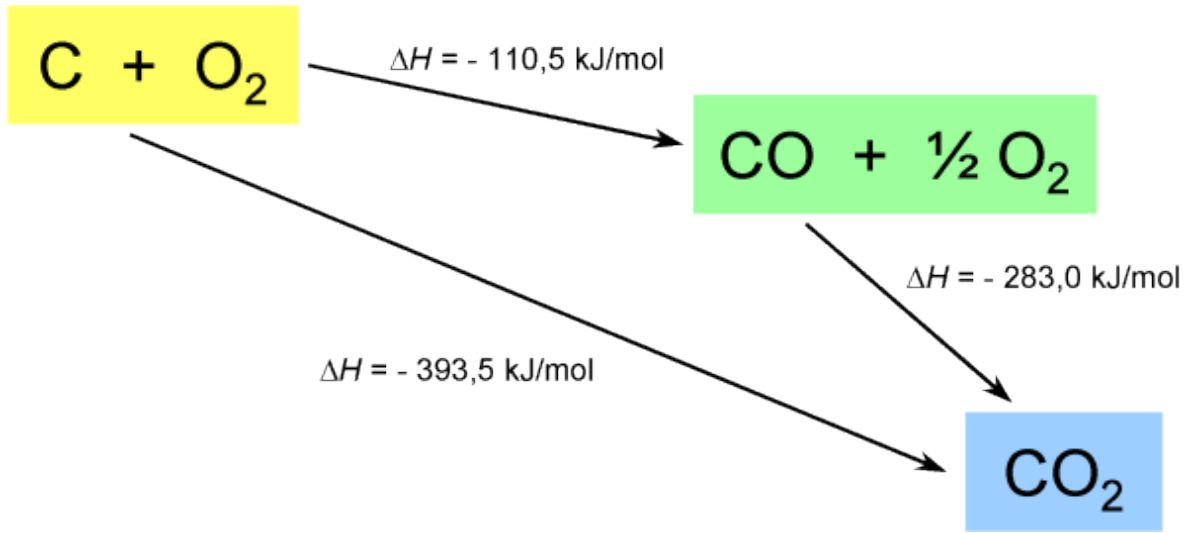


Strukturformel von Butan

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.



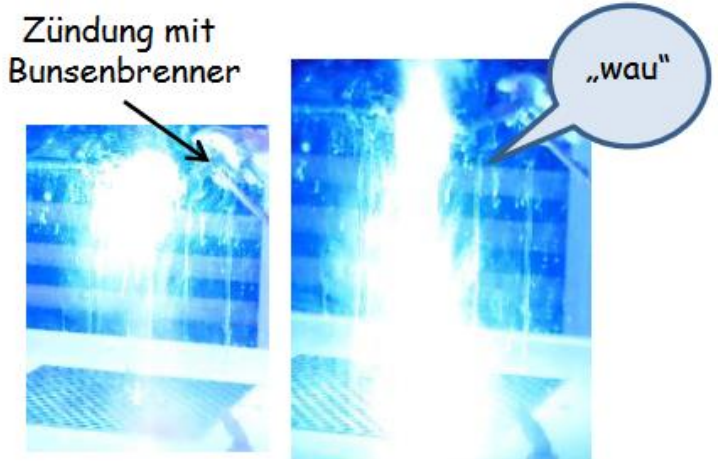
8. Berechnen Sie $\Delta_R H$ für die Reaktion

$CS_2 + 2\ H_2O \rightarrow CO_2 + 2\ H_2S$

mit Hilfe der Gleichungen:

$H_2S + 3/2\ O_2 \rightarrow H_2O + SO_2$ **$\Delta_R H = -562{,}6\ kJ\ mol^{-1}$**

$CS_2 + 3\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ SO_2$ **$\Delta_R H = -1075{,}2\ kJ\ mol^{-1}$**

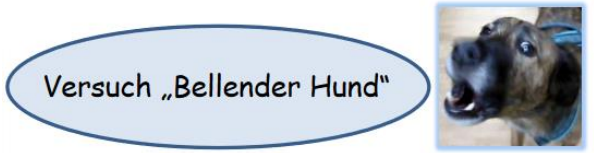


Lösung:

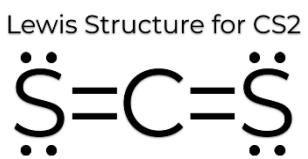
1x $CS_2 + 3\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ SO_2$ $-1075{,}2\ kJ\ mol^{-1}$

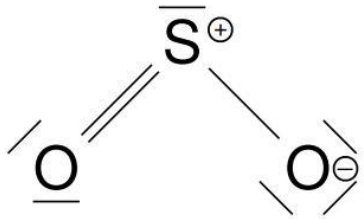
2x $H_2O + SO_2 \rightarrow H_2S + 3/2\ O_2$ $2 \cdot +562{,}6\ kJ\ mol^{-1}$

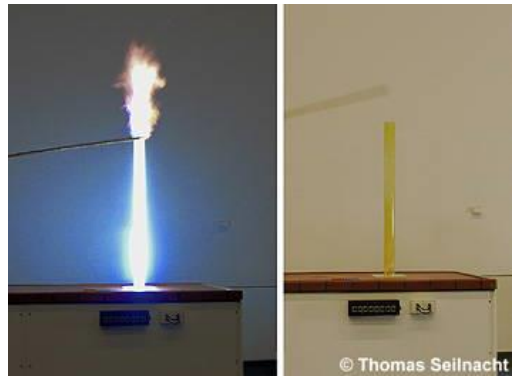
$CS_2 + 2\ H_2O \rightarrow CO_2 + 2\ H_2S$ $\Delta H = +50{,}0\ kJ\ mol^{-1}$



https://www.cup.lmu.de/ac/rusan/site/assets/files/1044/pocketcard_pentele.pdf



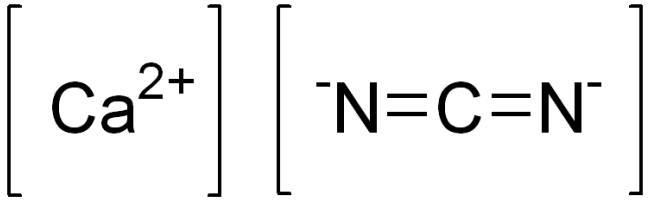




Versuch: Bellender Hund

$3\ N_2O + CS_2 \longrightarrow 2\ N_2 + CO + SO_2 + S$

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



$CaCO_3 + 2\ NH_3 \rightarrow CaCN_2 + 3\ H_2O$	**$\Delta_R H° = +90{,}1\ kJ\ mol^{-1}$**
$CaCO_3$	**$\Delta_f H° = -1206{,}3\ kJ\ mol^{-1}$**
NH_3	**$\Delta_f H° = -46{,}19\ kJ\ mol^{-1}$**
H_2O	**$\Delta_f H° = -241{,}8\ kJ\ mol^{-1}$**

Lösung:

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

$+90{,}1\ kJ\ mol^{-1} = (\Delta H°(CaCN_2) + 3 \cdot -241{,}8\ kJ\ mol^{-1}) - (-1206{,}3\ kJ\ mol^{-1} + 2 \cdot -46{,}19\ kJ\ mol^{-1})$

$(\Delta_f H°(CaCN_2) = +90{,}1\ kJ\ mol^{-1} - 3 \cdot -241{,}8\ kJ\ mol^{-1}) + (-1206{,}3\ kJ\ mol^{-1} + 2 \cdot -46{,}19\ kJ\ mol^{-1})$

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

$\Delta_f H°(CaCN_2) = -483{,}18\ kJ\ mol^{-1}$

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?

Gay-Lussac

$$T \sim V$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

Druck immer gleich geblieben: p = const.

Stoffmenge ist immer gleich: n = const.

Lösung:

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

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

0°C = 273,15 K

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

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

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

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) Standartbedingungen

V_m = 24,4 mol/L → n = 0,8 L / 24,4 mol/L = 0,0328 mol

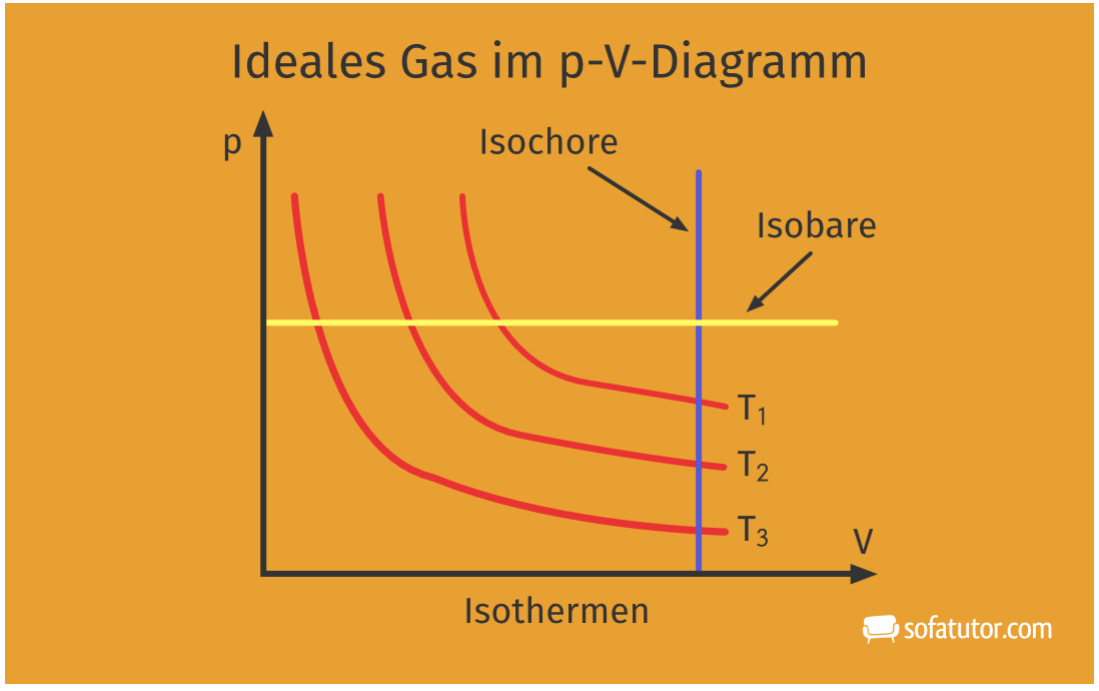
n = m / M → M = m/n = 1,4 g/ 0,0327 = 42,68 g/mol → 44 g/mol = CO_2

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 K · 1,8 bar · 1,7L / 1163 K · 0,82 bar

= 0,876 L



Anorganische Experimentalchemie

3. Übung:
Säuren & Basen, pH-Wert

1. Berechnen sie Molarität und Molalität von
a. 37 %iger HCl (ρ =1.2 g/mL)
b. 96 %iger H_2SO_4 (ρ =1.84 g/mL)

Lösung:
37% HCl M = 36,46 g/mol ρ =1.2 g/mL
Molariät = Konzentration c = n / v
m = ρ · V = 1,2 g / mL · 1000 mL = 1200g = 1,2 kg
m(HCl) = 0,37 · 1200g = 444g
n = m / M → n(HCl) = 444g / 36,46 g/mol = 12,18 mol
→ c = 12,18 mol/ L

m(Schwefelsäure) = 1840 g m (H_2SO_4) = 0,96 * 1840g = 1766 g
n = 1766 g / 98,1 g/mol = 18 mol → c = 18 mol/L

Molalität b = [mol/kg]
HCl: m = 1200g
m(H_2O) = (1 - 0,37) · 1200 g = 756 g = 0,756 kg
b(HCl) = n(HCl) / m(H_2O) = 12,18 mol / 0,756 kg = 16,1 mol/kg

Schwefelsäure: m(H_2O) = (1 - 0,96) · 1,84 kg = 0,074 kg
b(H_2SO_4): 18 mol / 0,074 kg = 243,2 mol/kg

Molarität und Molalität

- Stoffmengenkonzentration (= Molarität):
  - Stoffmenge wird auf das Volumen des Lösungsmittels bezogen
  - $c = \frac{n}{V} = \frac{\text{Stoffmenge}}{\text{Volumen}}$
  - Einheit: mol/l
- Beispiel: 5 Teilchen in einem Liter Wasser

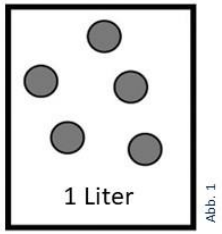


Abb. 1

- Molalität:
  - Stoffmenge wird auf die Masse des Lösungsmittels bezogen
  - $b = \frac{n}{m} = \frac{\text{Stoffmenge}}{\text{Masse des Lösungsmittels}}$
  - Einheit: mol/kg
- Beispiel: 5 Teilchen in einem Kilogramm Wasser

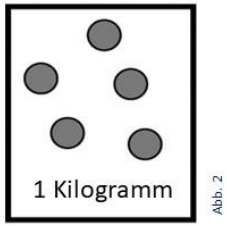
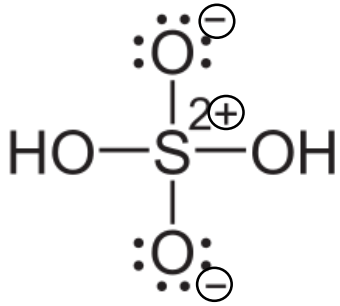


Abb. 2

6

Abb. 1: modifiziert nach Wesseler, W. (2018); Physiologie Bd. 1; In MEDI-LEARN Verlag (Hrsg.); MEDI-LEARN Skriptenreihe; Kiel: MEDI-LEARN Verlag GbR; medi-learn.de/8-PI1-1
Abb. 2: modifiziert nach Wesseler, W. (2018); Physiologie Bd. 1; In MEDI-LEARN Verlag (Hrsg.); MEDI-LEARN Skriptenreihe; Kiel: MEDI-LEARN Verlag GbR; medi-learn.de/8-PI1-1

$M(H_2SO_4) = 98.1$ g/mol



2. Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante

Formulieren Sie für folgenden Gleichgewichtsreaktion jeweils die Reaktionsgleichung und das Massenwirkungsgesetz!

Lösung:

a) Schwefeldioxid wird durch Luftsauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert.

$$2\,SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2\,SO_3\,; \qquad K = \frac{c^2(SO_3)}{c^2(SO_2) \cdot c(O_2)}$$

b) Schwefeltrioxid addiert sich an H_2SO_4 zu Dischwefelsäure.

$SO_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_2S_2O_7$ $\qquad K_c = c(H_2S_2O_7) / c(SO_3) \cdot c(H_2SO_4)$

c) Dischwefelsäure wird hydrolisiert zu Schwefelsäure.

$H_2S_2O_7 + H_2O \rightleftarrows 2\,H_2SO_4$ $\qquad K_c = c^2(H_2SO_4) / c(H_2S_2O_7) \cdot c(H_2O)$

d) Schwefelsäure wird durch 2 Äquivalente Natriumhydroxid neutralisiert.

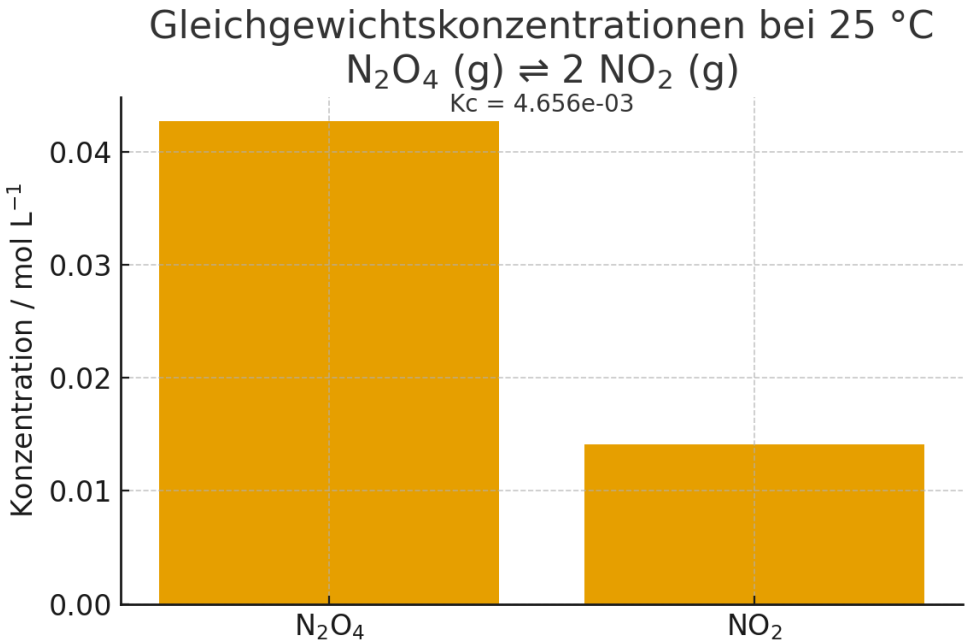
$H_2SO_4 + 2\,NaOH \rightleftarrows Na_2SO_4 + 2\,H_2O$ $\qquad K_c = c(Na_2SO_4) \cdot c^2(H_2O) / c(H_2SO_4) \cdot c^2(NaOH)$

3. Für die Reaktion N_2O_4 (g) ⇄ 2 NO_2 (g) wurden bei 25°C folgende Konzentrationen für ein im Gleichgewicht befindliches Gemisch gefunden:

$c(N_2O_4) = 4{,}27 \cdot 10^{-2}$ mol/L

$c(NO_2) = 1{,}41 \cdot 10^{-2}$ mol/L

Wie groß ist K_c bei 25°C?

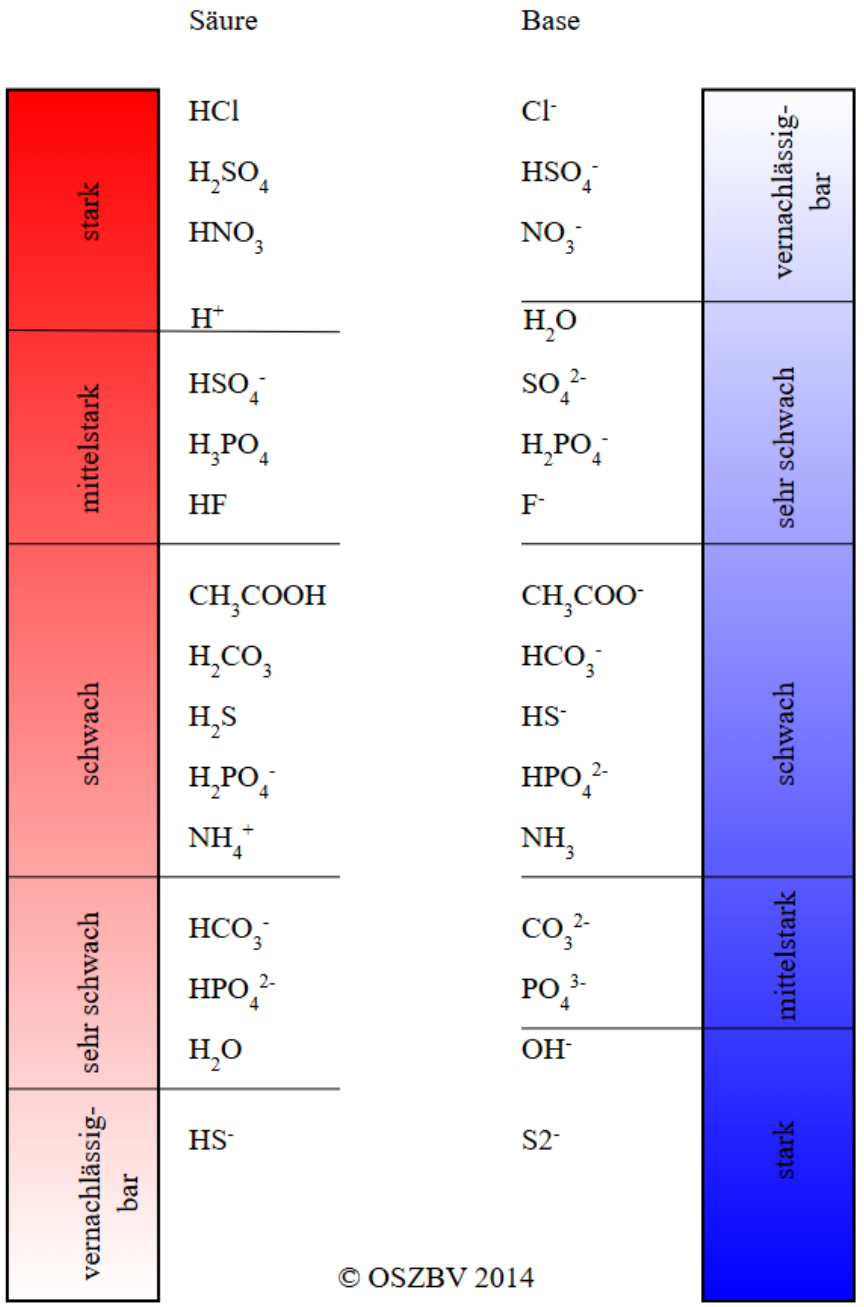


Lösung: $K_c = c^2(NO_2) / c(N_2O_4) = (1{,}41 \cdot 10^{-2})^2$ mol^2 L^{-2} / $4{,}27 \cdot 10^{-2}$ mol/L

$= 4{,}66 \cdot 10^{-3}$ mol/L

4. Welche ist die konjugierte Base von:

a) H_3PO_4	**Lösung:**	$H_2PO_4^-$
b) $H_2PO_4^-$		HPO_4^{2-}
c) NH_3		NH_2^-
d) HS^-		S^{2-}
e) H_2SO_4		HSO_4^-
f) HCO_3^-		CO_3^{2-}
g) Ameisensäure H-COOH		$H\text{-}COO^-$
h) HN_3		N_3^-



Wichtige Formeln pH-Wert und Säure/Basen

$$pH = -\lg c(H_3O^+)$$

$$c(H_3O^+) = 10^{-pH} \ \frac{mol}{l}$$

$$pOH = -\lg c(OH^-)$$

$$pH + pOH = pK_W$$

$$pH + pOH = 14$$

$K_W = [H_3O^+][OH^-] \approx 1{,}0 \cdot 10^{-14}$

Temperaturabhängig ! $pK_w(99\circ C) \approx 12{,}27$

Schwache Säuren/Basen:

$[H_3O^+] \approx \sqrt{K_S c_0}$

$pH = ½ (pK_s - \log c_0)$

$\alpha = c(A^-) / c_0$

$\alpha = \sqrt{(K_s/c_0)}$

Ampholyte:

$pH \approx ½ (pK_{S1} + pK_{S2})$

Puffer (Henderson–Hasselbalch)

$pH = pK_S + \log_{10}([A^-]/[HA])$

5. Die Lösung einer schwachen Säure HX hat einen pH-Wert von 3.10. Wie groß ist die Konzentration an H_3O^+.

$$pH = -\lg c(H_3O^+)$$

$$c(H_3O^+) = 10^{-pH} \ \frac{mol}{l}$$

Lösung:

(Schwache Säure: $HX + H_2O \rightarrow H_3O^+ + X^-$)

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3.10} = 7.94 \cdot 10^{-4}$ mol/L (oder: $c(H_3O^+) = 7.94 \cdot 10^{-4}$ mol/L)

$[H_3O^+]$ in mol/L	pH		pOH	$[OH^-]$ in mol/L
$10^0 = 1$	0		14	10^{-14}
10^{-1}	1		13	10^{-13}
10^{-2}	2	sauer	12	10^{-12}
10^{-3}	3		11	10^{-11}
10^{-4}	4		10	10^{-10}
10^{-5}	5		9	10^{-9}
10^{-6}	6		8	10^{-8}
10^{-7}	7	neutral	7	10^{-7}
10^{-8}	8		6	10^{-6}
10^{-9}	9		5	10^{-5}
10^{-10}	10		4	10^{-4}
10^{-11}	11		3	10^{-3}
10^{-12}	12	alkalisch	2	10^{-2}
10^{-13}	13		1	10^{-1}
10^{-14}	14		0	10^{-0}

6. Wie groß sind die Konzentrationen $c(H_3O^+)$ und $c(OH^-)$ in folgenden Lösungen:

a) 0.015 mol/L HNO_3

b) 0.0025 mol/L $Ba(OH)_2$

c) 0.00030 mol/L HCl

d) 0.016 mol/L $Ca(OH)_2$

Lösung:

a) $HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$

starke Säure: $c(H_3O^+) = c_0 = 0.015$ mol/L

$[H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$

$[OH^-] = K_w / [H_3O^+] = 10^{-14} / 0.015 = 6.7 \cdot 10^{-13}$

$c(OH^-) = 6.7 \cdot 10^{-13}$ mol/L

b) $Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{2+} + 2\ OH^-$

starke Base: $c(OH^-) = 2 \cdot c_0 = 0.005$ mol/L

$[H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$

$[H_3O^+] = K_w / [OH^-] = 10^{-14} / 0.005 = 2.0 \cdot 10^{-12}$

$c(H_3O^+) = 2.0 \cdot 10^{-12}$ mol/L

$$pH = -\lg c(H_3O^+)$$

$$c(H_3O^+) = 10^{-pH}\ \frac{mol}{l}$$

$$pOH = -\lg c(OH^-)$$

$$pH + pOH = pK_W$$

$$pH + pOH = 14$$

c) $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

starke Säure: $c(H_3O^+) = c_0 = 3.0 \cdot 10^{-4}$ mol/L
$[H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$
$[OH^-] = K_w/[H_3O^+] = 10^{-14} / 3.0 \cdot 10^{-4} = 3.3 \cdot 10^{-11}$
$c(OH^-) = 3.3 \cdot 10^{-11}$ mol/L

d) $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2\ OH^-$

starke Base: $c(OH^-) = 2 \cdot c_0 = 0.032$ mol/L
$[H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_w = 10^{-14}$
$[H_3O^+] = K_w/[OH^-] = 10^{-14} / 0.032 = 3.1 \cdot 10^{-13}$
$c(H_3O^+) = 3.1 \cdot 10^{-13}$ mol/L

7. Propansäure (eine einwertige Säure) ist bei einer Konzentration von 0.25 mol/L in Wasser zu 0.72% dissoziiert. Wie groß ist der pH-Wert und pK_S-Wert?

Lösung:

$HA + H_2O \rightarrow H_3O^+ + A^-$

$\alpha = c(A^-) / c_0$

$c(A^-) = c(H_3O^+)$

$\alpha = c(H_3O^+) / c_0$

$c(H_3O^+) = \alpha \cdot c_0 = 0.0072 \cdot 0.25\ mol/L = 0.0018\ mol/L$

pH $= -\log [H_3O^+] = -\log 0.0018 =$ **2.74**

$pH = ½ (pK_s - \log c_0) \rightarrow 2pH = pK_s - \log c_0$

pK_s $= 2 \cdot pH + \log c_0) = 2 \cdot 2.74 + \lg 0.25 =$ **4.88**

$$\alpha = \frac{[A^-]}{c_0}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{K_S}{[H_3O^+] + K_S}.$$

$$\Leftrightarrow [H_3O^+] = K_S \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha}$$

$$\Leftrightarrow pH = pK_S + \lg \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

Dissoziationsgrad

Der **Dissoziationsgrad** α bzw. Protolysegrad gibt das Verhältnis der durch Dissoziation gelösten Säure- bzw. Base-Teilchen zur Gesamtkonzentration der Säure-/Base-Teilchen der Lösung an. A kann Werte von 0 bis 1 (100% Protolyse) annehmen.

→ Ausmaß einer protolytischen Reaktion, bzw. Anteil Säure, der in einer Reaktion mit H_2O zur korrespondierenden Base umgewandelt wurde

$$\alpha = \frac{\text{Konzentration der protolysierten HA–Moleküle}}{\text{Konzentration der HA–Molekülevor der Protolyse}}$$

$$\alpha = \frac{c_0 - [HA]}{c_0} = \frac{[H_3O^+]}{c_0} = \frac{[A^-]}{c_0}$$

Für einwertige Säure: $[A^-]=[H_3O^+]$ umstellen: $[H_3O^+] = \alpha \cdot c_0$

$[A^-] = \alpha \cdot c_0$

$$K_s = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha \cdot c_0 \cdot \alpha \cdot c_0}{c_0 - \alpha \cdot c_0} = \frac{\alpha^2 \cdot {c_0}^2}{c_0 - \alpha \cdot c_0} = c_0 \frac{\alpha^2}{1-\alpha}$$

für schwache Säuren gilt $\alpha << 1$: $K_s = c_0 \cdot \alpha^2 \rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_S}{c_0}}$

Ostwaldsches Verdünnungsgesetz (für schwache Säuren)

Protolysegrad einer schwachen Säure steigt mit abnehmender Konzentration der Säure!

8. Für Milchsäure ist $K_S = 1.5 \cdot 10^{-4}$ mol/L

a) Wie groß ist $c(H_3O^+)$, wenn 0.16 mol/L Milchsäure in Lösung sind.

b) Wie viel Prozent der Milchsäure sind dissoziiert?

Lösung:

a) pKs = -log Ks = 3.82 Eine schwache Säure

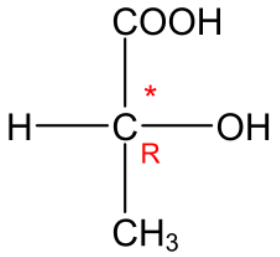
Für schwache Säuren: $pH = 1/2(pK_s - \log c_0)$

pH = ½ (3.82 – log 0.16) = 2.308

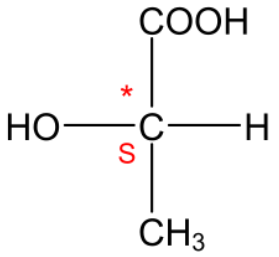
$[H_3O^+]$ = $10^{-2.308}$ = **$4.92 \cdot 10^{-3}$** mol/L (oder: $c(H_3O^+) = 4.92 \cdot 10^{-3}$ mol/L)

b) **$\alpha = \sqrt{(K_s/c_0)}$** = $\sqrt{(1.5 \cdot 10^{-4}/0.16)}$ = 0.0306 oder: **3.06%**

Ostwaldsches Verdünnungsgesetz



D(-)-Milchsäure



L(+)-Milchsäure

9. Eine Säure HX ist bei c_0(HX) = 0.15 mol/L zu 1.2% dissoziiert. Wie viel % sind bei c_0(HX) = 0.030 mol/L dissoziiert?

Lösung:

$HX + H_2O \rightarrow H_3O^+ + X$

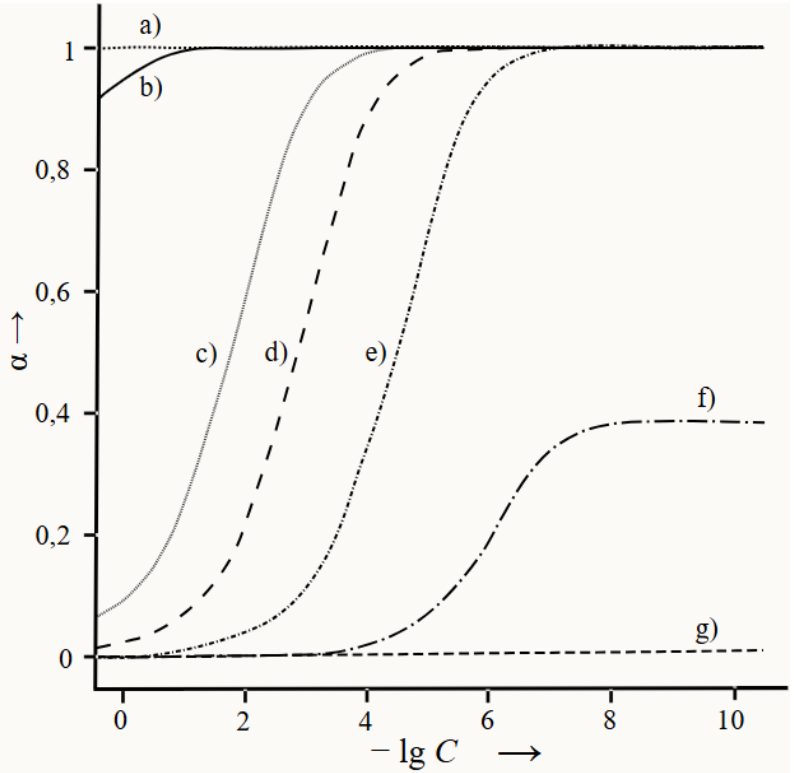
1. Berechnung von K_S

mit $\alpha = \sqrt{(K_s/c_0)}$ bzw.: $K_s = \alpha^2 c_0$

$K_s = \alpha^2 c_0 = 0.0122 \cdot 0.15 = 2.16 \cdot 10^{-5}$

2. Berechnung von Dissoziationsgrad

$\alpha = \sqrt{(K_s/c_0)} = \sqrt{(2.16 \cdot 10^{-5}/0.030)} = 0.027$ oder 2.7%



Dissoziationsgrad α von a) HCl, b) HNO_3, c) $HClO_2$, d) HF, e) HOAc, f) HClO, g) HCN in Abhängigkeit ihrer Konzentration.

Je konzentrierter die Säure, desto geringer der Dissoziationsgrad!

https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Dissoziationsgrad

10. Welchen pH-Wert hat eine Lösung von 0.15 mol/L Natriumnitrit ($NaNO_2$)?
(für HNO_2: $pK_S = 3.35$)

Lösung:

$NO_2^- + H_2O \rightleftharpoons HNO_2 + OH^-$

Für NO_2^- ergibt sich der pK_B-Wert aus den pK_S-Wert der konjugierten Säure:

$pK_s + pK_B = 14$

$pK_B = 14 - pK_s = 14 - 3.35 = 10.65$

NO_2^- ist eine schwache Base, somit:

$pOH = ½ (pK_B - \lg c_0) = ½ (10.65 - \lg 0.15) = 5.74$

$pH = 14 - pOH = 14 - 5.74 = 8.26$

11. Welchen pH-Wert hat eine Lösung von 0.1 mol/L Ammoniumacetat (NH_4OAc)? $pK_S(NH_4^+) = 9.2$; $pK_S(HOAc) = 4.7$

Lösung:

Ampholyt:

$NH_4^+ + OAc^- \rightarrow NH_3 + HOAc$

$pK_S(NH_4^+) = 9.2$

$pK_S(HOAc) = 4.7$

$pH = ½ \{pK_S(NH_4^+) + pK_S(HOAc)\}$

$pH = ½ \{9.2 + 4.7\} = 6.95$

Für Ampholyte gilt näherungsweise:

$pH \approx ½ (pK_{S1} + pK_{S2})$

oder

$c(H_3O^+) \approx \sqrt{K_{S1} K_{S2}}$

Die Lösung von Ammoniumacetat reagiert neutral!

$pK_B(OAc^-) = 14 - pK_S(HOAc) = 14 - 4.7 = 9.3$

12. Welchen pH-Wert hat eine Lösung von 0.01 mol/L Natriumhydrogencarbonat ($NaHCO_3$)? $pK_S(H_2CO_3) = 6.4$; $pK_S(HCO_3^-) = 10.3$

Lösung:

HCO_3^- ist ein Ampholyt:

$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_3O^+$

$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ ($pK_{S1} = 6,4$)

$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$ ($pK_{S2} = 10,3$)

$pH = ½ \{pK_S(HCO_3^-) + pK_S(H_2CO_3)\}$

$pH = ½ \{10.3 + 6.4\} = 8.35$

Natriumhydrogencarbonat Lösung ist leicht basisch.

$pK_B(HCO_3^-) = 14 - 6.4 = 7.6$