

Chemie für Ingenieure

Lernziele und Musteraufgaben

Aufgabe 1:

Lernziele:

- ▶ Kenntnisse der Elementarteilchen als Bausteine von Atomen und Molekülen
- ▶ Aufbau der Atome
- ▶ Schalenstruktur der Elektronenhülle

Aufgabentext:

Wie viele Teilchen von jeder Sorte hat es in $\left({}_{16}^{32}\text{S} \quad {}_8^{18}\text{O}_4 \right)^{2-}$?

Teilchen	Anzahl
Protonen	
Neutronen	
Nukleonen	
Elektronen	

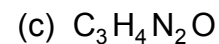
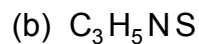
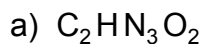
Aufgabe 2:

Lernziele:

- ▶ Chemische Bindungen
- ▶ Lewis-Formeln
- ▶ Edelgasregel

Aufgabentext:

Erstelle eine „plausible“ Lewis-Strukturformel für ein Molekül mit folgender Summenformel:



Aufgabe 3:

Lernziele:

- ▶ Das Periodensystem der Elemente

Aufgabentext:

Wie heisst das Element mit der Ordnungszahl 17, d.h. das Element mit 17 Protonen in den Atomkernen. Nenne ein Element mit möglichst ähnlichem chemischem Verhalten wie das Element mit Ordnungszahl 17.

Aufgabe 4:**Lernziele:**

- ▶ Der Massendefekt.

Aufgabentext A:

Warum kann man die Masse eines Atoms nicht als Summe der Massen der in ihm enthaltenen Protonen, Neutronen und Elektronen berechnen?

Aufgabentext B:

Ein Helium-4-Atom wiegt 4.0026033u.

- Aus welchen Teilchen besteht das Helium-4-Atom?
- Wie viel wiegen die Teilchen im Helium-4-Atom zusammen, wenn
 Masse eines Protons: $m_p = 1.007276u$
 Masse eines Neutrons: $m_n = 1.008665u$
 Masse eines Elektrons: $m_e = 0.00054858u$
 in „units“ (u) auf sechs Stellen nach dem Dezimalpunkt genau?
- Wie gross ist der Massendefekt des Helium-4-Atomkerns in units (u)?
- Für die Kernbildungsenergie, d.h. die Energie, die freigesetzt wurde bei den Kernfusionen, die zur Bildung des Helium-4-Atomkerns führten, gilt die berühmte Einsteinsche Formel $E = mc^2$, wobei für die Masse m der Massendefekt in Kilogramm ($1u = 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) eingesetzt werden müsste und c ist die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ($c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Berechne die Kernbindungsenergie eines Helium-4-Atomkerns!

Aufgabe 5:**Lernziele:**

- ▶ Stöchiometrische Koeffizienten in chemischen Reaktionen

Aufgabentext:

In der nachfolgenden chemischen Reaktion wurden die stöchiometrischen Koeffizienten mit Fragezeichen ersetzt.

- $? \text{ Br}_2 + ? \text{ OH}^- \rightarrow ? (\text{BrO}_3)^- + ? \text{ Br}^- + ? \text{ H}_2\text{O}$
- $? \text{ I}_2 + ? \text{ HNO}_3 \rightarrow ? \text{ HIO}_3 + ? \text{ NO}_2 + ? \text{ H}_2\text{O}$
- $? \text{ H}_2\text{O}_2 + ? (\text{MnO}_4)^- \rightarrow ? \text{ Mn}^{2+} + ? \text{ O}_2 + ? \text{ OH}^-$

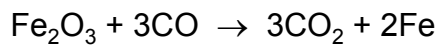
Schreibe die chemische Reaktion mit den korrekten stöchiometrischen Koeffizienten.

Aufgabe 6:**Lernziele:**

- ▶ Mengenverhältnisse bei chemischen Reaktionen
- ▶ Der Molbegriff

Aufgabentext:

Im Hochofen wird Roteisenstein (Fe_2O_3) gemäss folgender Reaktion



mit Kohlenmonoxid (CO) zu Eisen reduziert.

- a) Wie viele Mol Kohlenmonoxid
- b) Wie viele Kilogramm Kohlenmonoxid

sind für die Herstellung von einer Tonne Eisen erforderlich?

Aufgabe 7:**Lernziele:**

- ▶ Konzentrationen
- ▶ Mengenverhältnisse bei chemischen Reaktionen

Aufgabentext A:

Aus einem Kamin treten Rauchgase mit ungefähr $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ aus. Diese sind mit durchschnittlich $155 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ belastet.

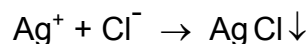
- a) Wie viel wiegt ein Mol NO_2 ?
- b) Wie gross ist die Konzentration von NO_2 in den Rauchgasen in mol/Liter?
- c) Wie viele Kilogramm NO_2 verlassen den Kamin pro Tag (24h)?
- d) Wie viele Mol NO_2 verlassen den Kamin pro Tag (24h)?

Aufgabentext B:

Einem Durchflussreaktor werden pro Sekunde 45 kg des Edukts A mit einem Molekulargewicht von 231 g/mol zugeführt, das mit dem Edukt B gemäss folgender Reaktionsgleichung reagiert: $\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{Produkte}$. Wie viele Kilogramm B müssen dem Reaktor pro Sekunde mindestens zugeführt werden, damit kein A übrig bleibt, wenn ein Mol von B 123 g wiegt?

Aufgabentext C:

Zu einem Liter Lösung mit Chloridionen (Cl^-) wird eine Lösung dosiert, die eine Konzentration von 0.01 M Silberionen (Ag^+) aufweist. Die beiden Ionen bilden einen weissen Niederschlag ($\text{AgCl} \downarrow$) gemäss folgender Reaktionsgleichung:



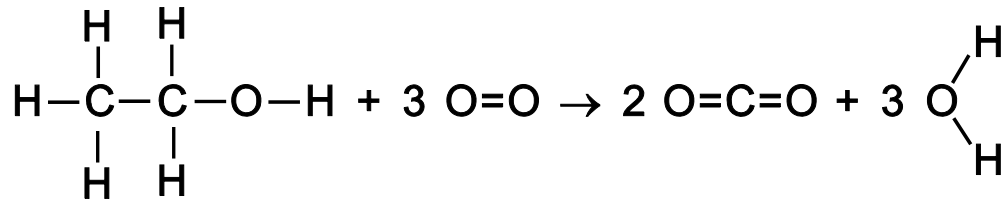
Nach der Zudosierung von 47 mL Lösung mit den Silberionen sind keine Chloridionen mehr übrig. Wie hoch war die ursprüngliche Konzentration der Chloridionen?

Aufgabe 8:**Lernziele:**

- ▶ Chemische Energie
- ▶ Bindungsenergien

Aufgabentext:

Ein Fahrzeug mit einem Explosionsmotor soll mit Ethanol betrieben werden. Die Verbrennung von Ethanol erfolgt gemäss folgender Reaktionsgleichung:



Ethanol hat eine Dichte von 789 g/dm^3 . Berechne die pro

- a) Mol Ethanol freigesetzte Verbrennungswärme aus Bindungsenergien.
- b) Liter Ethanol freigesetzte Verbrennungswärme aus den Bindungsenergien.
- c) Liter Ethanol erzeugte mechanische Energie für einen thermischen Wirkungsgrad von 27% des Explosionsmotors.

Aufgabe 9:**Lernziele:**

- ▶ Chemische Energie
- ▶ Standardbildungsenthalpien

Aufgabentext A:

Wie viel Verbrennungswärme erhält man aus einem Liter Ethanol gemäss folgender Reaktionsgleichung: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{fl}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$? Verwende Standardbildungsenthalpien und die Dichte von Ethanol wie folgt: $\rho = 789 \text{ g/dm}^3$.

Aufgabentext B:

Der 12V-Bleiakku eines Fahrzeugs soll im voll aufgeladenen Zustand eine Entladekapazität von 56Ah aufweisen. Die gespeicherte Energie ergibt sich daraus wie folgt: $\Delta E = U \cdot I \cdot \Delta t = 12 \cdot 56 \cdot 3600 \text{ J} = 2.42 \text{ MJ}$. Beim Entladen des Akkus findet folgende Reaktion statt: $\text{Pb}(\text{f}) + \text{PbO}_2(\text{f}) + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{fl}) \rightarrow 2\text{PbSO}_4(\text{f}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{fl})$. Bestimme aus den Standardbildungsenthalpien wie viel Blei (in kg) der Akku mindestens enthalten muss.

Aufgabe 10:**Lernziele:**

- ▶ Natürlicher radioaktiver Zerfall

Aufgabentext A:

Welcher Tochterkern entsteht beim

- a) α -Zerfall von ${}_{92}^{238}\text{U}$?
- b) α -Zerfall von ${}_{60}^{144}\text{Nd}$?
- c) β -Zerfall von ${}_{44}^{103}\text{Ru}$?
- d) β -Zerfall von ${}_{36}^{92}\text{Kr}$?
- e) α -Zerfall von ${}_{78}^{192}\text{Pt}$?
- f) α -Zerfall von ${}_{84}^{193}\text{Po}$?
- g) α -Zerfall von ${}_{85}^{212}\text{At}$?
- h) β -Zerfall von ${}_{86}^{223}\text{Rn}$?

Aufgabentext B:

Aus welchem Kern entstand

- a) ${}_{30}^{66}\text{Zn}$ durch β -Zerfall?
- b) ${}_{5}^{11}\text{B}$ durch β -Zerfall?
- c) ${}_{31}^{72}\text{Ga}$ durch β -Zerfall?
- d) ${}_{82}^{190}\text{Pb}$ durch α -Zerfall?
- e) ${}_{84}^{212}\text{Po}$ durch α -Zerfall?
- f) ${}_{90}^{230}\text{Th}$ durch α -Zerfall?
- g) ${}_{92}^{238}\text{U}$ durch α -Zerfall?
- h) ${}_{95}^{243}\text{Am}$ durch β -Zerfall?

Aufgabe 11:**Lernziele:**

- ▶ Katalysatoren

Aufgabentext A:

Was bewirkt ein

- a) Katalysator
- b) Inhibitor

und wie funktioniert er? Max. vier kurze Sätze!

Aufgabentext B:

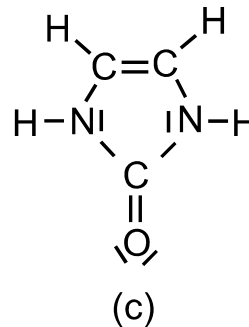
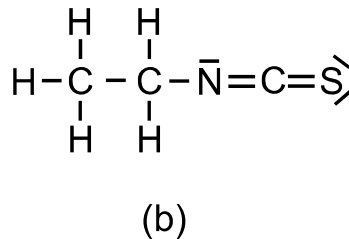
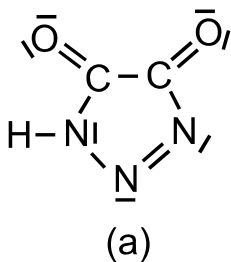
In Explosionsmotoren entstehen Stickoxide. Was geschieht mit ihnen im Katalysator?

Musterlösungen:

Aufgabe 1:

Teilchen	Anzahl
Protonen	$16 + 4 \cdot 8 = 48$
Neutronen	$16 + 4 \cdot 10 = 56$
Nukleonen	$48 + 56 = 104$
Elektronen	$48 + 2 = 50$

Aufgabe 2:



Aufgabe 3:

Element Nr. 17 ist Chlor. Ein chemisch „ähnliches“ Element wäre Fluor (oder Brom).

Aufgabe 4.A:

Bei der Bildung von Atomkernen aus Elementarteilchen durch Kernfusion wird viel Energie freigesetzt. Die verlorene Energie hat gemäss spezieller Relativitätstheorie ein Gewicht. Es gilt die berühmte Formel von Einstein $E = mc^2$. Dabei ist m die „verlorene“ Masse (Massendefekt) und E ist die freigesetzte Energie. Die Grösse c steht für die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum.

Aufgabe 4.B:

- Aus zwei Protonen, zwei Neutronen und zwei Elektronen.
- $m_{\text{tot}} = 2(m_p + m_n + m_e) = 2 \cdot [1.007276 + 1.008665 + 0.00054858] \text{ u} = 4.032979 \text{ u}$.
- $\Delta m = m_{\text{tot}} - m_{\text{He}} = 4.032979 - 4.0026033 = 0.030376 \text{ u}$.
- $E_B = \Delta m c^2 = 0.030376 \cdot 1.6605 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ J} = 4.54 \cdot 10^{-12} \text{ J}$.

Aufgabe 5:

- $3 \text{ Br}_2 + 6 \text{ OH}^- \rightarrow (\text{BrO}_3)^- + 5 \text{ Br}^- + 3 \text{ H}_2\text{O}$
- $\text{I}_2 + 10 \text{ HNO}_3 \rightarrow 2 \text{ HIO}_3 + 10 \text{ NO}_2 + 4 \text{ H}_2\text{O}$
- $3 \text{ H}_2\text{O}_2 + 2 (\text{MnO}_4)^- \rightarrow 2 \text{ Mn}^{2+} + 4 \text{ O}_2 + 6 \text{ OH}^-$

Aufgabe 6:

Eine Tonne Eisen entspricht $1'000'000 \text{ g} / (55.847 \text{ g/mol}) = 17'906 \text{ mol}$. Aus den stöchiometrischen Koeffizienten ist ersichtlich, dass 1.5 Mal so viele Mol Kohlenmonoxid erforderlich sind.

- a) 26'859 mol CO.
 b) $m_{\text{CO}} = 26'859 \cdot (12.011 + 15.999) \cdot 0.001 \text{ kg} = \mathbf{752 \text{ kg}}$.

Aufgabe 7.A:

- a) $[14.007 + 2 \cdot 15.999] \text{ g} = \mathbf{46.005 \text{ g}}$.
 b) $[\text{NO}_2] = (0.155 / 46.005) \text{ mol/m}^3 = 0.00337 \text{ mol/m}^3 = \mathbf{0.000'003'37 \text{ mol/Liter}}$.
 c) $m_{\text{NO}_2} = V \cdot [\text{NO}_2] \cdot M = 1700 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 0.000'003'37 \cdot 0.046005 \text{ kg} = \mathbf{22.8 \text{ kg}}$.
 d) $n_{\text{NO}_2} = m_{\text{NO}_2} / M = (22'800 / 46.005) \text{ mol} = \mathbf{495 \text{ mol}}$.

Aufgabe 7.B:

Es gilt $n_A = m_A / M_A = (45'000 / 231) \text{ mol} = 195 \text{ mol}$ und $n_B = 2 n_A = 2 \cdot 195 \text{ mol} = 390 \text{ mol}$. Man erhält $m_B = n_B \cdot M_B = 390 \cdot 0.123 \text{ kg} = \mathbf{48 \text{ kg}}$.

Aufgabe 7.C:

$V_{\text{Ag}} \cdot [\text{Ag}^+] = V_{\text{Cl}} \cdot [\text{Cl}^-] \rightarrow [\text{Cl}^-] = V_{\text{Ag}} [\text{Ag}^+] / V_{\text{Cl}} = 0.047 \text{ Liter} \cdot 0.01 \text{ (mol/Liter)} / (1 \text{ Liter}) = \mathbf{0.00047 \text{ M}}$.

Aufgabe 8:

- a) $\Delta H_r = -[2 \cdot 2 \cdot 740 + 3 \cdot 2 \cdot 463 - (5 \cdot 413 + 335 + 351 + 463 + 3 \cdot 493)] \text{ kJ} = \mathbf{-1045 \text{ kJ}}$.
 b) $\Delta H_r \cdot (789 / (2 \cdot 12.011 + 6 \cdot 1.0079 + 15.999)) = \mathbf{-17.9 \text{ MJ}}$.
 c) $(27 / 100) \cdot (-17.9 \text{ MJ}) = \mathbf{4.83 \text{ MJ}}$.

Aufgabe 9.A:

$\Delta H_r = [2 \cdot (-393.5) + 3 \cdot (-241.8) - (-278 + 0)] \text{ kJ} = -1234 \text{ kJ} \rightarrow \Delta H_r \cdot (789 / (2 \cdot 12.011 + 6 \cdot 1.0079 + 15.999)) = \mathbf{-21.1 \text{ MJ}}$.

Aufgabe 9.B:

$\Delta H_r = [2 \cdot (-918) + 2 \cdot (-285.8) - [0 + (-277) + 2 \cdot (-814)]] \text{ kJ} = -502.6 \text{ kJ}$. So viel erhält man für 2 mol Pb im Akku. Die benötigte Menge Energie ist um einen Faktor $2.42 \text{ MJ} / (0.5026 \text{ MJ}) = 4.8$ Mal grösser. Es werden also 9.6 mol Pb benötigt. Man erhält $9.6 \text{ mol} \cdot 0.2072 \text{ kg/mol} = 1.99 \text{ kg} \approx 2 \text{ kg}$.

Aufgabe 10.A:

- a) ${}^{234}_{90}\text{Th}$
 b) ${}^{140}_{58}\text{Ce}$
 c) ${}^{103}_{45}\text{Rh}$
 d) ${}^{92}_{37}\text{Rb}$
 e) ${}^{188}_{76}\text{Os}$

- f) $^{189}_{82}\text{Pb}$
 g) $^{208}_{83}\text{Bi}$
 h) $^{223}_{87}\text{Fr}$

Aufgabe 10.B:

- a) aus $^{66}_{29}\text{Cu}$
 b) aus $^{11}_4\text{Be}$
 c) aus $^{72}_{30}\text{Zn}$
 d) aus $^{194}_{84}\text{Po}$
 e) aus $^{216}_{86}\text{Rn}$
 f) aus $^{234}_{92}\text{U}$
 g) aus $^{242}_{94}\text{Pu}$
 h) aus $^{243}_{94}\text{Pu}$

Aufgabe 11.A:

- a) Ein Katalysator bewirkt, dass eine Reaktion viel schneller und bei niedrigerer Temperatur abläuft als normal. Dies geschieht dadurch, dass der Katalysator mit meist nur einem der Reaktionspartner einen „Komplex“ bildet, der wesentlich „reaktionsfreudiger“ ist als das isolierte Molekül. Wenn in einer Reaktionsmasse mehrere Reaktionen parallel ablaufen können, so kann ein „selektiver“ Katalysator einen der Reaktionswege massiv beschleunigen. Dadurch ergeben sich sehr viel weniger unerwünschte Nebenprodukte, die mühsam abgetrennt werden müssten.
- b) Ein Inhibitor verhindert eine Reaktion, indem er sie verlangsamt. Dies kann in unterschiedlicher Weise geschehen. Im einfachsten Fall kann der Inhibitor Teilchen in der Reaktionsmasse blockieren, welche die Reaktion beschleunigen würden. Man spricht von einem „Katalysatorgift“. Es kann auch sein, dass der Inhibitor die Rückreaktion eines instabilen Zwischenprodukts zu einem Edukt katalysiert.

Aufgabe 11.B:

Der Katalysator funktioniert nur, wenn die Verbrennung nicht ganz vollständig abgelaufen ist, d.h. die Abgase müssen noch unverbrannte Kohlenwasserstoffe enthalten, die mit den Stickoxyden reagieren. Die Verbrennung ist unvollständig, wenn in den Abgasen kein überschüssiger Sauerstoff vorhanden ist. Die so genannte Lambdasonde (chemischer Sensor) misst die Restkonzentration von Sauerstoff in den Abgasen. Die Verbrennung wird dann, mithilfe der Messwerte der Lambdasonde, durch eine Steuerung so eingestellt, dass kein Sauerstoff mehr übrig bleibt. Im Katalysator wird die Reaktion zwischen den Stickoxyden und den verbleibenden Kohlenwasserstoffen katalysiert. Aus den Stickoxyden entsteht Stickstoff. Der Sauerstoff in den Stickoxyden dient zur Verbrennung überschüssiger Kohlenwasserstoffe.