

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Schülertraining zur Internationalen Chemie Olympiade 2019

Physikalische Chemie ■ 24.05.2019

Prof. Schlücker ■ Thomas Keller, Tim Holtum, Patrick Bredenbröker,
Michael Erkelenz, Oliver Sritharan und Annika Kleinschmidt

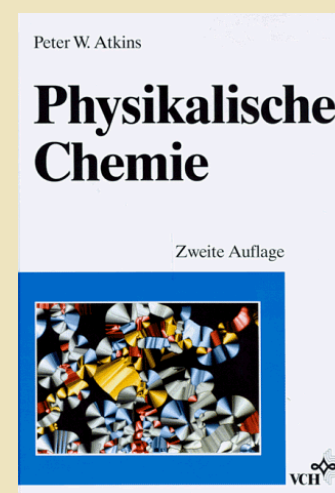
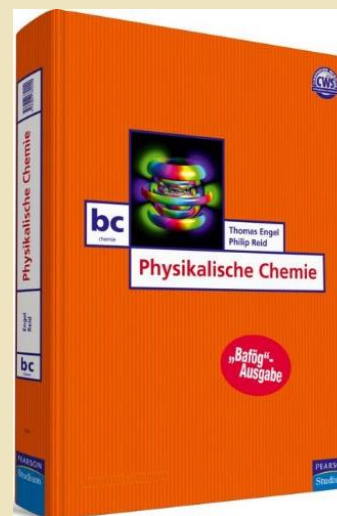
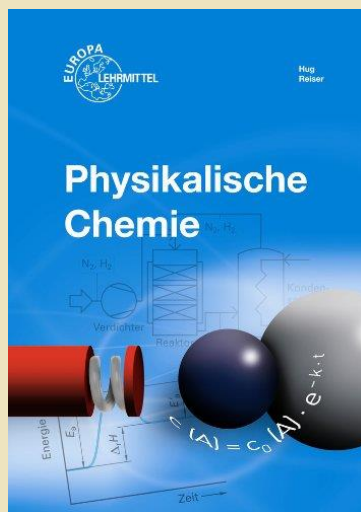
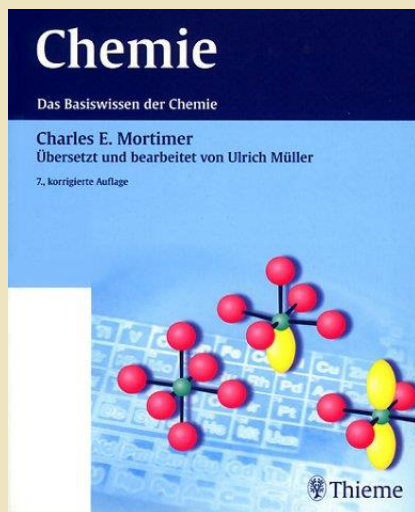


Mortimer

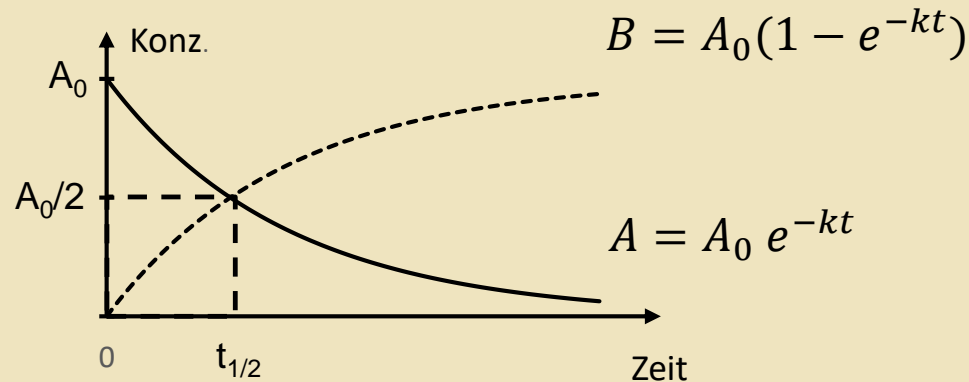
Hug
Reiser

Engel
Reid

Atkins



Kinetik



- 1) Berechne die Abklingkonstante k aus der Halbwertszeit $t_{1/2}$ (verwende als Einheit 1 Jahr \triangleq 1 a (lat. annus))
- 2) Berechne die verbliebene ^{14}C -Menge nach 10.000 Jahren
- 3) Was passiert mit der Halbwertszeit, wenn die Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls doppelt so groß ist?

$$t_{1/2} = 5730 \text{ a}$$

Kinetik

- 1) Berechne die Abklingkonstante k aus der Halbwertszeit $t_{1/2}$
(verwende als Einheit 1 Jahr \triangleq 1 a (lat. annus))

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \approx \frac{0,69}{k}$$

$$k \approx \frac{0,69}{t_{1/2}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{a}}$$

Kinetik

2) Berechne die verbliebene ^{14}C -Menge nach 10.000 Jahren

$$A(t) = A_0 e^{-kt}$$

$$k = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{1}{a}; t = 10\,000\, a$$

$$A(10\,000) = 0,3 A_0$$

Kinetik

3) Was passiert mit der Halbwertszeit, wenn die Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls doppelt so groß ist?

Geschwindigkeit des Zerfalls gegeben durch k

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

Doppelte Geschwindigkeit $\rightarrow k_2 = 2 k_1$

$$t_{1/2}(k_2) = \frac{\ln 2}{k_2} = \frac{\ln 2}{2k_1} = \frac{1}{2} t_{1/2}(k_1)$$

Bei der doppelten Zerfallsgeschwindigkeit ist die Halbwertszeit halb so groß.

Thermodynamik

Schwefel kommt in verschiedenen Konfigurationen der Summenformel S_x mit x Schwefelatomen vor. Aus den unten gegebenen experimentellen Daten soll die Summenformel S_x bestimmt werden. Gehe dazu wie folgt vor:

- 1) Berechne die experimentellen Daten in den Basiseinheiten
- 2) Berechne die Masse m des Schwefeldampfes in 1 m^3
- 3) Gib die Stoffmenge n in Abhängigkeit von der Masse m und der Molaren Masse M an
- 4) Setze den Ausdruck für die Stoffmenge n aus 3) in die ideale Gasgleichung ein
- 5) Gib eine Formel für die molare Masse von S_x als Funktion der Anzahl an Schwefelatomen x an
- 6) Setze die molare Masse aus 5) in die ideale Gasgleichung ein und bestimme x

Experimentelle Daten:

Temperatur $500 \text{ }^\circ\text{C}$; Druck $93,2 \text{ kPa}$; Dichte des Schwefeldampfes $3,710 \text{ kg m}^{-3}$; Volumen 1 m^3

Thermodynamik

1) Berechne die experimentellen Daten in den Basiseinheiten

$$p = 93200 \text{ Pa}$$

$$T = (500 + 273) \text{ K}$$

$$\rho = 3,71 \text{ kg m}^{-3}$$

Thermodynamik

2) Berechne die Masse m des Schwefeldampfes in 1 m^3

$$m = \rho \cdot V$$

$$V = 1 \text{ m}^3; \rho = 3,71 \text{ kg m}^{-3}$$

$$m = 3,71 \text{ kg}$$

Thermodynamik

- 3) Gib die Stoffmenge n in Abhängigkeit von der Masse m und der molaren Masse M an

$$n[\text{mol}] = \frac{m [\text{kg}]}{M [\text{kg mol}^{-1}]}$$

Thermodynamik

4) Setze den Ausdruck für die Stoffmenge n aus 3) in die ideale Gasgleichung ein

Ideale Gasgleichung: $p V = n R T$

$$\Rightarrow p V = \frac{m}{M} R T$$

Thermodynamik

5) Gib eine Formel für die molare Masse von S_x als Funktion der Anzahl an Schwefelatomen x an

Molare Masse eines Schwefelatoms:

$$M(S) = 32 \text{ g mol}^{-1}$$

Molare Masse einer Verbindung von x Schwefelatomen:

$$M(S_x) = x \cdot 32 \text{ g mol}^{-1}$$

Thermodynamik

6) Setze die molare Masse aus 5) in die ideale Gasgleichung ein und bestimme x

$$\text{Ideale Gasgleichung: } p V = \frac{m}{M(S_x)} R T$$

$$\Rightarrow M(S_x) = \frac{m R T}{p V} = x \cdot 32 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow x = \frac{m R T}{p V \cdot 32 \text{ g mol}^{-1}}$$

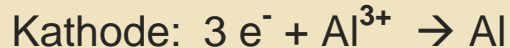
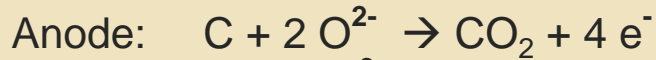
$$m = 3,71 \text{ kg}; R = 8,3145 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}; T = 773 \text{ K}; p = 93200 \text{ Pa}; V = 1 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow x = 8$$

Die chemische Formel des Schwefeldampfes ist also S_8 .

Elektrochemie

1) Zur Gewinnung von Aluminium wird Aluminiumoxid (Al_2O_3) in einer Schmelze elektrolysiert. Die Elektrodenreaktionen sind:



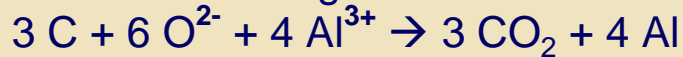
Die Anode besteht aus Kohlenstoff und wird durch die Anodenreaktion verbraucht.

- a) Welche Kohlenstoffmasse wird verbraucht, während 1 kg Al abscheidet?
- b) Wie lange dauert es, bis das Aluminium zur Herstellung einer Getränkedose (5 g) abgeschieden ist, wenn bei einer Stromstärke von 50 000 A gearbeitet wird und die Ausbeute 90,0 % beträgt?

Elektrochemie

a) Welche Kohlenstoffmasse wird verbraucht, während 1 kg Al abscheidet?

Redox-Gleichung aufstellen:



Stoffmengen-Verhältnis von Kohlenstoff zu Aluminium: $\frac{n(\text{C})}{n(\text{Al})} = \frac{3}{4}$

Umrechnen der Masse von Aluminium in eine Stoffmenge:

$$M(\text{Al}) = 27 \text{ g mol}^{-1}; M(\text{C}) = 12 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n(\text{Al}) = m(\text{Al})/M(\text{Al}) = 37 \text{ mol}$$

Berechnung der verbrauchten Stoffmenge Kohlenstoff:

$$n(\text{C}) = \frac{3}{4} n(\text{Al}) = 27,8 \text{ mol}$$

Berechnung der verbrauchten Menge Kohlenstoff aus der Stoffmenge:

$$m(\text{C}) = 333,33 \text{ g}$$

Elektrochemie

b) Wie lange dauert es, bis das Aluminium zur Herstellung einer Getränkedose (5 g) abgeschieden ist, wenn bei einer Stromstärke von 50 000 A gearbeitet wird und die Ausbeute 90 % beträgt?

Gesucht: t

Gegeben: $I = 50\,000\text{ A}$; $m = 5\text{ g}$; $z = 3$; $F = 96485\text{ A s mol}^{-1}$; Ausbeute 90 %

Faraday-Gesetz: $Q = I t = n z F$

Berechnung der Stoffmenge n :

$$n = m/M = 0,185\text{ mol}$$

Berücksichtigung der Ausbeute:

10% weniger Atome werden pro Ladung abgeschieden

→ effektive Stromstärke berechnen: $I_{\text{eff}} = I \cdot 0,9$

Berechnung der Zeit:

$$t = n z F / I_{\text{eff}} = 1,19\text{ s}$$