

1 Allgemeines

1.1 Konstanten

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (1.1)$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1.2)$$

$$e = 1,602\,177\,3 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (1.3)$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}} \quad (1.4)$$

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \quad (1.5)$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad (1.6)$$

$$u = 1,660\,54 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad (1.7)$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \quad (1.8)$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad (1.9)$$

$$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad (1.10)$$

$$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad (1.11)$$

$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \quad (1.12)$$

1.2 Einheiten

$$[W] = 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ VAs} \quad (1.13)$$

$$[F] = 1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad (1.14)$$

$$[Q] = 1 \text{ C} = 1 \text{ As} \quad (1.15)$$

$$[C] = 1 \text{ F} = 1 \frac{\text{C}}{\text{V}} \quad (1.16)$$

$$[B] = 1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{Am}} \quad (1.17)$$

$$[L] = 1 \text{ H} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \quad (1.18)$$

$$[E] = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad (1.19)$$

$$[\Phi] = 1 \text{ T m}^2 = 1 \text{ Vs} \quad (1.20)$$

$$[\sigma] = 1 \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad (1.21)$$

$$[f] = 1 \frac{1}{\text{s}} = 1 \text{ Hz} \quad (1.22)$$

1.3 Einheitenpräfixe

T	G	M	k	h	da	
10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1	10^0
	d	c	m	μ	n	p
10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

1.4 Griechische Buchstaben

α, A	Alpha	β, B	Beta	γ, Γ	Gamma
δ, Δ	Delta	ϵ, E	Epsilon	ζ, Z	Zeta
η, H	Eta	ϑ, Θ	Theta	ι, I	Iota
κ, K	Kappa	λ, L	Lambda	μ, M	My
ν, N	Ny	ξ, Ξ	Xi	\omicron, O	Omikron
π, Π	Pi	ϱ, R	Rho	σ, Σ	Sigma
τ, T	Tau	υ, Y	Ypsilon	φ, Φ	Phi
χ, X	Chi	ψ, Ψ	Psi	ω, Ω	Omega

1.5 Mathematik

1.5.1 Kreisfläche

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (1.23)$$

1.5.2 Kugelvolumen

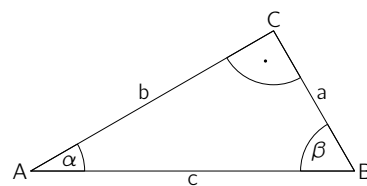
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (1.24)$$

1.5.3 pq-Formel

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q} \quad (1.25)$$

mit $0 = x^2 + p \cdot x + q$

1.5.4 Trigonometrische Beziehungen



$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} \quad (1.26)$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} \quad (1.27)$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} \quad (1.28)$$

2 Mechanik

2.1 Geradlinige, gleichförmige Bewegung

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2.1)$$

2.2 Geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.2)$$

$$\Delta s = \frac{(v_2 + v_1) \cdot \Delta t}{2} \quad (2.3)$$

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0 \quad (2.4)$$

2.3 Grundgleichung der Mechanik (Newtons Grundgesetz)

$$F = m \cdot a \quad (2.5)$$

2.4 Gewichtskraft

$$F_G = m \cdot g \quad (2.6)$$

2.5 Hookesches Gesetz

$$F = D \cdot s \quad (2.7)$$

2.6 Schiefe Ebene

$$F_H = F_G \cdot \sin \alpha \quad (2.8)$$

$$F_N = F_G \cdot \cos \alpha \quad (2.9)$$

2.7 Reibung

$$F_h > F_{gl} > F_{roll} \quad (2.10)$$

$$F_{gl} = f_{gl} \cdot F_N \quad (2.11)$$

$$F_{h,max} = f_h \cdot F_N \quad (2.12)$$

2.8 Bremsverzögerung

$$|a| = f_{gl} \cdot g \quad (2.13)$$

$$|a| = f_h \cdot g \quad (2.14)$$

2.9 Zentripetalkraft

$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2.15)$$

2.10 Energieerhaltung

$$W_L + W_B + W_{Sp} = \text{konst.} \quad (2.16)$$

$$W_L = m \cdot g \cdot h \quad (2.17)$$

$$W_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2.18)$$

$$W_{Sp} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2 \quad (2.19)$$

2.11 Energie / Arbeit

$$W = F_s \cdot s \quad (2.20)$$

2.12 Leistung

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (2.21)$$

2.13 Impuls

$$p = m \cdot v \quad (2.22)$$

2.14 Impulserhaltung

$$m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \quad (2.23)$$

3 Elektrische und magnetische Felder

3.1 Stromstärke

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (3.1)$$

$$I = \frac{n \cdot e \cdot v}{\Delta s} \quad (3.2)$$

3.2 Elektrische Feldstärke

$$E = \frac{F}{q} \quad (3.3)$$

3.3 Bifilares Plättchen im elektrischen Feld

$$F = F_G \cdot \frac{s}{h} \quad (3.4)$$

$$F \approx F_G \cdot \frac{s}{\ell} \quad (3.5)$$

3.4 Elektrische Spannung

$$U = \frac{W}{q} \quad (3.6)$$

$$U = E \cdot d \quad (3.7)$$

3.5 Ohmsches Gesetz

$$U = R \cdot I \quad (3.8)$$

3.6 Spezifischer Widerstand

$$R = \varrho \cdot \frac{\ell}{A} \quad (3.9)$$

3.7 Elektrische Energie

$$W = U \cdot I \cdot t \quad (3.10)$$

3.8 Elektrische Leistung

$$P = \frac{W}{t} = U \cdot I \quad (3.11)$$

3.9 Reihenschaltung von Widerständen

$$U = U_1 + U_2 \quad (3.12)$$

$$I = I_1 = I_2 \quad (3.13)$$

$$R = R_1 + R_2 \quad (3.14)$$

3.10 Parallelschaltung von Widerständen

$$U = U_1 = U_2 \quad (3.15)$$

$$I = I_1 + I_2 \quad (3.16)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (3.17)$$

3.11 Elektrisches Potential

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (3.18)$$

3.12 Flächenladungsdichte

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (3.19)$$

$$\sigma = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E \quad (3.20)$$

3.13 Coulomb-Gesetz

$$F = q \cdot E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \quad (3.21)$$

3.14 Coulomb-Potential

$$\varphi = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} \quad (3.22)$$

$$W_{12} = \frac{Q \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3.23)$$

$$U_{12} = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3.24)$$

3.15 Kondensatoren

$$C = \frac{Q}{U} \quad (3.25)$$

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} \quad (3.26)$$

3.16 Kugelkondensator

$$C = \frac{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \quad (3.27)$$

3.17 Reihenschaltung von Kondensatoren

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (3.28)$$

$$U = U_1 + U_2 \quad (3.29)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (3.30)$$

3.18 Parallelschaltung von Kondensatoren

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (3.31)$$

$$U = U_1 = U_2 \quad (3.32)$$

$$C = C_1 + C_2 \quad (3.33)$$

3.19 Kondensatorentladung

$$T_H = 0,69 \cdot R \cdot C \quad (3.34)$$

$$U(t) = U_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_H}} \quad (3.35)$$

$$Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_H}} \quad (3.36)$$

$$I(t) = I_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_H}} \quad (3.37)$$

3.20 Energie eines geladenen Kondensators

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad (3.38)$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E^2 \cdot V \quad (3.39)$$

3.21 Räumliche Dichte der elektrischen Energie

$$\varrho_{el} = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E^2 \quad (3.40)$$

3.22 Anziehungskraft zwischen zwei Kondensatorplatten

$$F = \frac{\Delta W}{\Delta s} \quad (3.41)$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E^2 \cdot A \quad (3.42)$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{U^2}{d^2} \cdot A \quad (3.43)$$

3.23 Magnetische Flussdichte

$$B = \frac{F}{I \cdot s} \quad (3.44)$$

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{\ell} \cdot I \quad (3.45)$$

$$\mu_r = \frac{B_m}{B_0} \quad (3.46)$$

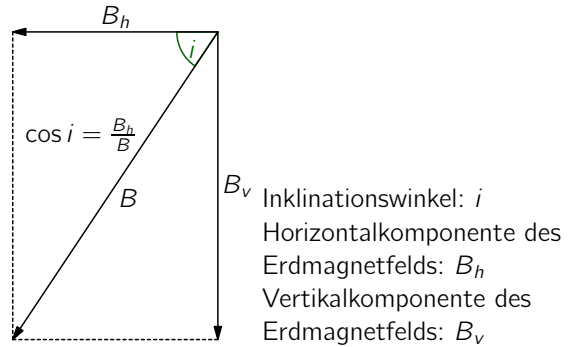
3.24 Lorentzkraft

$$F_L = Q \cdot v_s \cdot B \quad (3.47)$$

3.25 Hall-Spannung

$$U_H = B \cdot v_s \cdot h \quad (3.48)$$

3.26 Magnetfeld der Erde



3.27 Ladungen im Magnetfeld

$$r = \frac{v_s \cdot m}{B \cdot q} \quad (3.49)$$

3.28 Magnetische Induktion

Anzahl der Leiterschleifen: n

A_s ist die senkrecht von den Feldlinien durchsetzte Fläche. Sie ist mit Hilfe der trigonometrischen Funktionen aus A berechenbar.

3.28.1 durch Leiterbewegung

$$U_{ind} = n \cdot B \cdot d \cdot v_s \quad (3.50)$$

3.28.2 durch Flächenänderung

$$U_{ind} = n \cdot B \cdot d \cdot v_s = n \cdot B \cdot \frac{\Delta A_s}{\Delta t} \quad (3.51)$$

3.28.3 durch Drehung

$$U_{ind} = n \cdot B \cdot \frac{\Delta A_s}{\Delta t} \quad (3.52)$$

3.28.4 durch Flussdichteänderung

$$U_{ind} = n \cdot A_s \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \quad (3.53)$$

3.28.5 durch Änderung des magnetischen Flusses

$$U_{ind}(t) = n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (3.54)$$

3.28.6 Momentanspannung für $\Delta t \rightarrow 0$

$$U_{ind}(t) = n \cdot \dot{\Phi}(t) \quad (3.55)$$

3.29 Magnetischer Fluss

$$\Phi = B \cdot A_s \quad (3.56)$$

3.30 Selbstinduktion einer Spule

$$U_{ind}(t) = -n \cdot \dot{\Phi}(t) = -L \cdot \dot{I}(t) \quad (3.57)$$

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \frac{A}{\ell} \quad (3.58)$$

4 Schwingungen und Wellen

$$f = \frac{n}{t} = \frac{1}{T} \quad (4.1)$$

4.1 Harmonische Schwingung

φ = Phasenwinkel, $360^\circ \hat{=} 2\pi$

4.1.1 Winkelgeschwindigkeit ω

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (4.2)$$

4.1.2 Elongation s

$$s = r \cdot \sin \varphi \quad \hat{s} = r \quad (4.3)$$

4.1.3 Zeit-Weg-Gesetz

$$s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (4.4)$$

4.1.4 Zeit-Geschwindigkeits-Gesetz

$$v(t) = \omega \cdot \hat{s} \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (4.5)$$

4.1.5 Zeit-Beschleunigungs-Gesetz

$$a(t) = -\omega^2 \cdot \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (4.6)$$

$$a(t) = \dot{v}(t) = \ddot{s}(t) \quad (4.7)$$

4.1.6 Elongations-Kraft-Gesetz

(Bedingung für harmonische Schwingung)

$$F = -D \cdot s \quad (4.8)$$

mit Richtgröße D

$$D = m \cdot \omega^2 \quad (4.9)$$

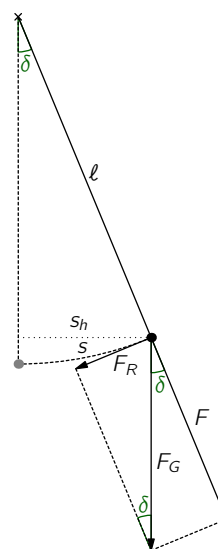
liefert die Periodendauer

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} \quad (4.10)$$

4.1.7 Energie einer ungedämpften harmonischen Schwingung

$$\begin{aligned} W &= W_{Elong} + W_B \\ &= \frac{1}{2} D \cdot s^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \text{konst.} \end{aligned} \quad (4.11)$$

4.1.8 Schwingung des Fadenpendels



Auslenkung des Pendels: s

$$s = \ell \cdot \delta \quad (4.12)$$

$$\sin \delta = \frac{s_h}{\ell} \approx \frac{s}{\ell} \quad (4.13)$$

$$\sin \delta = \frac{F_R}{F_G} \quad (4.14)$$

$$F_R = \frac{m \cdot g \cdot s}{\ell} \quad (4.15)$$

$$D = \frac{m \cdot g}{\ell} \quad (4.16)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (4.17)$$

4.1.9 Elektromagnetischer Schwingkreis

$$Q = \hat{Q} \cos(\omega \cdot t) \quad (4.18)$$

$$U = \hat{U} \cos(\omega \cdot t) \quad (4.19)$$

$$I = -\hat{I} \sin(\omega \cdot t) \quad (4.20)$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad (4.21)$$

$$\hat{I} = \frac{\hat{U} \cdot C}{\sqrt{L \cdot C}} \quad (4.22)$$

$$T = 2\pi \sqrt{L \cdot C} \quad (4.23)$$

4.1.10 Resonanzbedingung

$$f = f_0 \quad \text{mit} \quad \varphi = \frac{\pi}{2} \quad (4.24)$$

4.1.11 Eigenschwingungen zwischen zwei festen Enden

$$\ell = k \cdot \frac{\lambda_k}{2} \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (4.25)$$

$$f_k = k \cdot \frac{c}{2 \cdot \ell} = k \cdot f_1 \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (4.26)$$

4.2 Ausbreitungsgeschwindigkeit

$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lambda \cdot f \quad (4.27)$$

4.3 Wellengleichung

$$s(t, x) = \hat{s} \cdot \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \right] \quad (4.28)$$

$$s(t, x) = \hat{s} \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad (4.29)$$

4.4 Überlagerung von Schwingungen

$$\begin{aligned} s(t) &= s_1(t) + s_2(t) \\ &= \hat{s}_1 \cdot \sin(\omega \cdot t) + \hat{s}_2 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{aligned} \quad (4.30)$$

4.5 Konstruktive Interferenz

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= 0, 2\pi, 4\pi, \dots \\ \delta &= k \cdot \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (4.31)$$

4.6 Destruktive Interferenz

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= \pi, 3\pi, 5\pi, \dots \\ \delta &= (2 \cdot k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (4.32)$$

4.7 Verhältnis Gangunterschied zu Phasendifferenz

$$\frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda} \quad (4.33)$$

4.8 Doppler-Effekt

4.8.1 Bewegter Beobachter, ruhender Sender

Annähern

$$f' = f \cdot \left(1 + \frac{v}{c} \right) \quad (4.34)$$

Entfernen

$$f' = f \cdot \left(1 - \frac{v}{c} \right) \quad (4.35)$$

4.8.2 Bewegter Sender, ruhender Beobachter

Annähern

$$\lambda' = \lambda \cdot \left(1 - \frac{v_s}{c} \right) \quad f' = \frac{f}{1 - \frac{v_s}{c}} \quad (4.36)$$

Entfernen

$$f' = \frac{f}{1 + \frac{v_s}{c}} \quad (4.37)$$

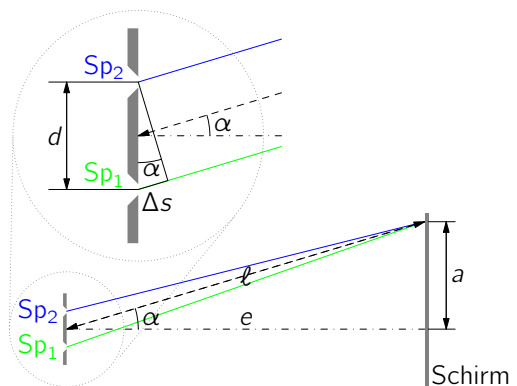
4.8.3 Machsche Zahl

$$M = \frac{v_s}{c} \quad (4.38)$$

4.9 Brechungsgesetz

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} \quad (4.39)$$

4.10 Beugung und Interferenz am Doppelspalt



$$\sin \alpha = \frac{a}{\ell} = \frac{a}{\sqrt{e^2 + a^2}} \quad (4.40)$$

4.10.1 Maxima

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_n \quad (4.41)$$

4.10.2 Minima

$$(2 \cdot n - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} = d \cdot \sin \alpha_n \quad (4.42)$$

4.11 Beugung und Interferenz am Gitter

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin \alpha_n = \frac{g \cdot a_n}{\ell} = \frac{g \cdot a_n}{\sqrt{e^2 + a_n^2}} \quad (4.43)$$

5 Quantenphysik

5.1 Photoeffekt

5.1.1 Maximale Energie der Photoelektronen

$$W_{\max} = e \cdot U_{\max} \quad W_{\max} = h \cdot f - W_A \quad (5.1)$$

5.1.2 Grenzfrequenz der Elektronenablösung

$$f_{gr} = \frac{W_A}{h} \quad (5.2)$$

5.1.3 Photostrom

$$I_{Ph} = Z \cdot \frac{e}{t} \quad (5.3)$$

5.2 Umkehrung des Photoeffekts

$$W_{EI} = e \cdot U = h \cdot f \quad (5.4)$$

$$f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\min}} \quad (5.5)$$

$$h \cdot f_{\max} = e \cdot U \quad (5.6)$$

5.3 Masse-Energie-Äquivalent

$$W_0 = m_0 \cdot c^2 \quad (5.7)$$

5.4 Masse der Photonen

$$m = \frac{W}{c^2} = \frac{h \cdot f}{c^2} \quad (5.8)$$

5.5 Impuls der Photonen

$$p = m \cdot v = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (5.9)$$

5.6 Paarbildung

Photon \rightarrow Elektron + Positron

5.6.1 Energieerhaltung

$$h \cdot f = 2 \cdot m_e \cdot c^2 + 2 \cdot W_{kin} \geq 1,02 \text{ MeV} \quad (5.10)$$

5.6.2 Massenerhaltung

$$\frac{h \cdot f}{c^2} = \frac{2 \cdot W_{kin}}{c^2} + 2 \cdot m_e \quad (5.11)$$

5.6.3 Impulserhaltung

$$\frac{h \cdot f}{c} = 2 \cdot m_e \cdot v < 2 \cdot m_e \cdot c \leq \frac{h \cdot f}{c} \quad (5.12)$$

5.7 Zerstrahlung

Elektron + Positron \rightarrow 2 Photonen

5.7.1 Energieerhaltung

$$2 \cdot m_e \cdot c^2 = 2 \cdot h \cdot f = 1,02 \text{ MeV} \quad (5.13)$$

5.7.2 Massenerhaltung

$$2 \cdot m_e = \frac{2 \cdot h \cdot f}{c^2} \quad (5.14)$$

5.7.3 Impulserhaltung

$$0 = \frac{h \cdot f}{c} + \left(-\frac{h \cdot f}{c} \right) \quad (5.15)$$

5.8 Compton-Effekt

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos\beta) \quad (5.16)$$

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e \cdot c} = 2,4 \text{ pm} \quad (5.17)$$

5.9 Photon als Quantenobjekt

$$\Psi_{Res} = \Psi_1 + \Psi_2 \quad |\Psi_{Res}|^2 = |\Psi_1 + \Psi_2| \quad (5.18)$$

Antreffwahrscheinlichkeit: $|\Psi|^2$

5.10 De-Broglie-Wellenlänge

$$\lambda_B = \frac{h}{p} \quad (5.19)$$

6 Kernphysik

6.1 Abschätzung der Kerngröße (Rutherford)

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Z \cdot e \cdot 2 \cdot e}{b} \quad (6.1)$$

6.2 Energie der Elektronen in der Atomhülle

$$W_p = -\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{(Z \cdot e) \cdot e}{r} \quad (6.2)$$

$$W_k = \frac{1}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{(Z \cdot e) \cdot e}{r} \quad (6.3)$$

$$W_{ges} = -\frac{1}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{(Z \cdot e) \cdot e}{r} \quad (6.4)$$

6.3 Erstes Bohr-Postulat (Bahndrehimpuls)

$$L = r \cdot m \cdot v = n \cdot \frac{h}{2 \cdot \pi} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (6.5)$$

6.4 Zweites Bohr-Postulat (Frequenzbedingung)

$$h \cdot f = E_m - E_n = \Delta E \quad (6.6)$$

6.5 Frequenz des Photons

$$f = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (6.7)$$

6.5.1 Rydberg-Frequenz

$$R = \frac{m_e \cdot e^4}{8 \cdot \epsilon_0^2 \cdot h^3} = 3,2898 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \quad (6.8)$$

6.6 Zerfallsgesetz

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (6.9)$$

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \quad (6.10)$$

6.7 Zerfallskonstante

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (6.11)$$

6.8 Aktivität

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} \quad (6.12)$$

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (6.13)$$

7 Chemie

7.1 Stoffmengenberechnung

$$n = \frac{m}{M} \quad (7.1)$$

$$n = \frac{V}{V_m} \quad (7.2)$$

$$n = c \cdot V \quad (7.3)$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (7.4)$$

7.2 Teilchenzahl

$$N = n \cdot N_A \quad (7.5)$$

7.3 Massenanteil

$$w = \frac{m}{m_L} \quad (7.6)$$

7.4 Massenwirkungsgesetz

Für die Reaktion $\nu_A A + \nu_B B \rightleftharpoons \nu_C C + \nu_D D$

$$K_C = \frac{c^{\nu_C}(C) \cdot c^{\nu_D}(D)}{c^{\nu_A}(A) \cdot c^{\nu_B}(B)} \quad (7.7)$$

$$K_P = \frac{p^{\nu_C}(C) \cdot p^{\nu_D}(D)}{p^{\nu_A}(A) \cdot p^{\nu_B}(B)} \quad (7.8)$$

$$K_P = K_C \cdot (R \cdot T)^{\Delta \nu} \quad (7.9)$$

mit $\Delta \nu = (\nu_C + \nu_D) - (\nu_A + \nu_B)$

7.5 Allgemeines Gasgesetz

$$n \cdot R \cdot T = p \cdot V \quad (7.10)$$

7.6 Gleichgewichtskonstante

$$\ln K(T) = -\frac{1}{R \cdot T} \cdot \Delta_R G_m^0 \quad (7.11)$$

7.7 Säuren und Basen

$$K_W = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2} \quad (7.12)$$

$$pK_W = -\lg \frac{k_w}{\frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2}} = 14 = pH + pOH \quad (7.13)$$

$$pH = -\lg \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+)}{\frac{\text{mol}}{\text{l}}} \quad (7.14)$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-pH} \quad (7.15)$$

$$pOH = -\lg \frac{c(\text{OH}^-)}{\frac{\text{mol}}{\text{l}}} \quad (7.16)$$

7.8 Säurekonstante

Für die Reaktion $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$

$$K_S = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} \quad (7.17)$$

$$pK_S = -\lg \frac{K_S}{\frac{\text{mol}}{\text{l}}} \quad (7.18)$$

7.9 Basenkonstante

Für die Reaktion $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{BH}^+$

$$K_B = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{BH}^+)}{c(\text{B})} \quad (7.19)$$

$$pK_B = -\lg \frac{K_B}{\frac{\text{mol}}{\text{l}}} \quad (7.20)$$

$$pK_B = 14 - pK_S \quad (7.21)$$

7.10 Puffergleichung

$$pH = pK_S + \lg \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})} \quad (7.22)$$

7.11 Löslichkeitsprodukt

$$K_L(\text{A}_m\text{B}_n) = c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B}) \quad (7.23)$$

7.12 Nernstsche Gleichung

$$U_H(\text{Me}^{z+}/\text{Me}) = U_H^0(\text{Me}^{z+}/\text{Me}) + \frac{0,059 \text{ V}}{z} \cdot \lg \frac{c(\text{Me}^{z+})}{\frac{\text{mol}}{\text{l}}} \quad (7.24)$$

7.13 Reaktionsenthalpie

$$\Delta_R H = -Q = -c_p \cdot m \cdot \Delta T \quad (7.25)$$

$$\Delta_R H_m^0 = \sum \Delta_f H_m^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H_m^0(\text{Edukte}) \quad (7.26)$$

7.14 Entropie

$$\Delta_R S_m^0 = \sum S_m^0(\text{Produkte}) - \sum S_m^0(\text{Edukte}) \quad (7.27)$$

7.15 Freie Enthalpie und Gibbs-Helmholtzgleichung

$$\Delta_R G_m = \Delta_R H_m - T \cdot \Delta_R S_m \quad (7.28)$$

$$\Delta_R G_m^0 = \sum \Delta_f G_m^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta_f G_m^0(\text{Edukte}) \quad (7.29)$$

Gruppe

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																
I	II	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa	VIIIa	VIIIa	la	IIa	III	IV	V	VI	VII	VIII																																																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																
H Wasserstoff -259,14 gas -252,87 gas 0,0899 1	Li Lithium fest 1287 180,54 739 0,534 [He]2s ¹ 22,99 12	Be Beryllium fest 1287 9002 1,82 1,85 [He]2s ² 9,01	B Bor fest 2075 2,04 3,927 2,34 [He]2s ² 2p ¹ 10,81 6	C Kohlenstoff fest 3550 2,04 3,927 2,34 [He]2s ² 2p ² 12,01 7	N Stickstoff gas -218,79 2,05 3,927 2,34 [He]2s ² 2p ³ 14,01 8	O Sauerstoff gas -218,79 2,05 3,927 2,34 [He]2s ² 2p ⁴ 16,00 9	F Fluor gas -218,79 2,05 3,927 2,34 [He]2s ² 2p ⁵ 18,99 10	Ne Neon gas -248,59 2,05 3,927 2,34 [He]2s ² 2p ⁶ 20,18	Na Natrium fest 97,72 22,99 12	Mg Magnesium fest 650 24,31	Al Aluminium fest 933,3 26,98 13	Si Silicium fest 1414 28,09 14	P Phosphor fest 441,5 30,97 15	S Schwefel fest 115,21 32,07 16	Cl Chlor gas -34,04 35,45 17	Ar Argon gas -185,85 39,95	K Kalium fest 63,3 39,10 19	Ca Calcium fest 842 40,08 20	Sc Scandium fest 1541 44,96 21	Ti Titan fest 1668 47,87 22	V Vanadium fest 1910 50,94 23	Cr Chrom fest 1907 51,99 24	Mn Mangan fest 1206 54,94 25	Fe Eisen fest 1538 55,85 26	Co Cobalt fest 1405 58,93 27	Ni Nickel fest 1455 58,69 28	Cu Kupfer fest 1084,62 63,55 29	Zn Zink fest 419,53 65,38 30	Ga Gallium fest 29,76 69,72 31	Ge Germanium fest 938,25 72,64 32	As Arsen fest 615 74,92 33	Se Selen fest 221 78,96 34	Br Brom fest -7,3 79,90 35	Kr Krypton fest -153,36 83,80	Rb Rubidium fest 39,3 85,47 37	Sr Strontium fest 777 87,62 38	Y Yttrium fest 1801 88,91 39	Zr Zirkon fest 2042 91,22 40	Nb Niob fest 2477 92,91 41	Mo Molybdän fest 2623 95,94 42	Tc Technetium fest 2089 98,91 43	Ru Ruthenium fest 2608 99,07 44	Rh Rhodium fest 2204 101,07 45	Pd Palladium fest 2143 106,42 46	Ag Silber fest 959,78 107,87 47	Cd Cadmium fest 321,07 112,41 48	In Indium fest 156,6 114,82 49	Sn Zinn fest 231,93 118,71 50	Sb Antimon fest 639,53 121,76 51	Te Tellur fest 113,7 127,60 52	I Iod fest -113,7 126,90 53	Xe Xenon fest -111,7 131,29	Cs Cäsium fest 28,4 132,91 55	Ba Baryum fest 757 137,33 56	Hf Hafnium fest 2205 178,49 71	Ta Tantal fest 2997 180,95 72	W Wolfram fest 3422 183,84 73	Re Rhenium fest 3186 186,21 74	Os Osmium fest 3165 190,23 75	Ir Iridium fest 2446 192,22 76	Pt Platin fest 1958 195,08 77	Au Gold fest 1932 196,97 78	Hg Quecksilber fest -38,83 200,59 80	Tl <th>Thallium</th> <td>fest 231,83 204,38 81</td> <td>Pb<th>Blei</th><td>fest 327,46 207,2 82</td><td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td></td>	Thallium	fest 231,83 204,38 81	Pb <th>Blei</th> <td>fest 327,46 207,2 82</td> <td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td>	Blei	fest 327,46 207,2 82	Bi <th>Bismut</th> <td>fest 271,5 208,98 83</td> <td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td>	Bismut	fest 271,5 208,98 83	Po <th>Polonium</th> <td>fest 209 209,98 84</td> <td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td>	Polonium	fest 209 209,98 84	At <th>Astat</th> <td>fest 210 209,98 85</td> <td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td>	Astat	fest 210 209,98 85	Rn <th>Radon</th> <td>fest 220 222,02</td>	Radon	fest 220 222,02
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74																																																																
La Lanthan fest 920 138,91	Ce Cer fest 795 140,12 59	Pr Praseodym fest 935 140,91 60	Nd Neodym fest 1024 144,24 61	Pm Promethium fest 1042 144,91 62	Sm Samarium fest 1072 150,36 63	Eu Europium fest 826 151,96 64	Gd Gadolinium fest 1312 157,25 65	Tb Terbium fest 1566 158,93 66	Dy Dysprosium fest 1407 162,50 67	Ho Holmium fest 1461 164,93 68	Er Erbium fest 1529 167,26 69	Tm Thulium fest 1545 168,93 70	Yb Ytterbium fest 824 173,05 71	Lu Lutetium fest 1652 174,97	Ac Actinium fest 19842 227,03 89	Th Thorium fest 1550 232,04 90	Pa Protactinium fest 11332 231,04 91	U Uran fest 11332 238,03 92	Np Neptunium fest 644 237,05 93	Pu Plutonium fest 694 244,06 94	Am Americium fest 1176 243,06 95	Cm Curium fest 1340 247,07 96	Bk Berkelium fest 1050 247,07 97	Cf Californium fest 900 251,08 98	Es Einsteinium fest 1527 252,08 100	Fm Fermium fest 1527 257,1 101	Md Mendelevium fest 827 258,10 102	No Nobelium fest 827 259,10 103	Lr Lawrencium fest 1027 262,11	Uuo Ununoctium fest 0 293,15 118	Uus Ununseptium fest 0 294,10 117	Lv Livermorium fest 0 293,10 116	Uup Ununpentium fest 0 293,10 115	Fl Flerovium fest 0 289,10 114	Uut Ununtrium fest 0 289,10 113	Cn Copernicium fest 0 285,10 112	Rg Roentgenium fest 0 281,10 111	Ds Darmstadtium fest 0 281,10 110	Mt Meitnerium fest 0 271,10 109	Hs Hassium fest 0 271,10 108	Sg Seaborgium fest 0 266,10 107	Bh Bohrium fest 0 264,10 106	Db Dubnium fest 0 261,10 105	Rf Rutherfordium fest 0 261,10 104	Os Osmium fest 3165 190,23 75	Ir Iridium fest 2446 192,22 76	Pt Platin fest 1958 195,08 77	Au Gold fest 1932 196,97 78	Hg Quecksilber fest -38,83 200,59 80	Tl <th>Thallium</th> <td>fest 231,83 204,38 81</td> <td>Pb<th>Blei</th><td>fest 327,46 207,2 82</td><td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td></td>	Thallium	fest 231,83 204,38 81	Pb <th>Blei</th> <td>fest 327,46 207,2 82</td> <td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td>	Blei	fest 327,46 207,2 82	Bi <th>Bismut</th> <td>fest 271,5 208,98 83</td> <td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td>	Bismut	fest 271,5 208,98 83	Po <th>Polonium</th> <td>fest 209 209,98 84</td> <td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td>	Polonium	fest 209 209,98 84	At <th>Astat</th> <td>fest 210 209,98 85</td> <td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td>	Astat	fest 210 209,98 85	Rn <th>Radon</th> <td>fest 220 222,02</td>	Radon	fest 220 222,02														
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106																																																																
La Lanthan fest 920 138,91	Ce Cer fest 795 140,12 59	Pr Praseodym fest 935 140,91 60	Nd Neodym fest 1024 144,24 61	Pm Promethium fest 1042 144,91 62	Sm Samarium fest 1072 150,36 63	Eu Europium fest 826 151,96 64	Gd Gadolinium fest 1312 157,25 65	Tb Terbium fest 1566 158,93 66	Dy Dysprosium fest 1407 162,50 67	Ho Holmium fest 1461 164,93 68	Er Erbium fest 1529 167,26 69	Tm Thulium fest 1545 168,93 70	Yb Ytterbium fest 824 173,05 71	Lu Lutetium fest 1652 174,97	Ac Actinium fest 19842 227,03 89	Th Thorium fest 1550 232,04 90	Pa Protactinium fest 11332 231,04 91	U Uran fest 11332 238,03 92	Np Neptunium fest 644 237,05 93	Pu Plutonium fest 694 244,06 94	Am Americium fest 1176 243,06 95	Cm Curium fest 1340 247,07 96	Bk Berkelium fest 1050 247,07 97	Cf Californium fest 900 251,08 98	Es Einsteinium fest 1527 252,08 100	Fm Fermium fest 1527 257,1 101	Md Mendelevium fest 827 258,10 102	No Nobelium fest 827 259,10 103	Lr Lawrencium fest 1027 262,11	Uuo Ununoctium fest 0 293,15 118	Uus Ununseptium fest 0 294,10 117	Lv Livermorium fest 0 293,10 116	Uup Ununpentium fest 0 293,10 115	Fl Flerovium fest 0 289,10 114	Uut Ununtrium fest 0 289,10 113	Cn Copernicium fest 0 285,10 112	Rg Roentgenium fest 0 281,10 111	Ds Darmstadtium fest 0 281,10 110	Mt Meitnerium fest 0 271,10 109	Hs Hassium fest 0 271,10 108	Sg Seaborgium fest 0 266,10 107	Bh Bohrium fest 0 264,10 106	Db Dubnium fest 0 261,10 105	Rf Rutherfordium fest 0 261,10 104	Os Osmium fest 3165 190,23 75	Ir Iridium fest 2446 192,22 76	Pt Platin fest 1958 195,08 77	Au Gold fest 1932 196,97 78	Hg Quecksilber fest -38,83 200,59 80	Tl <th>Thallium</th> <td>fest 231,83 204,38 81</td> <td>Pb<th>Blei</th><td>fest 327,46 207,2 82</td><td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td></td>	Thallium	fest 231,83 204,38 81	Pb <th>Blei</th> <td>fest 327,46 207,2 82</td> <td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td>	Blei	fest 327,46 207,2 82	Bi <th>Bismut</th> <td>fest 271,5 208,98 83</td> <td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td>	Bismut	fest 271,5 208,98 83	Po <th>Polonium</th> <td>fest 209 209,98 84</td> <td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td>	Polonium	fest 209 209,98 84	At <th>Astat</th> <td>fest 210 209,98 85</td> <td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td>	Astat	fest 210 209,98 85	Rn <th>Radon</th> <td>fest 220 222,02</td>	Radon	fest 220 222,02														
107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124																																																																
La Lanthan fest 920 138,91	Ce Cer fest 795 140,12 59	Pr Praseodym fest 935 140,91 60	Nd Neodym fest 1024 144,24 61	Pm Promethium fest 1042 144,91 62	Sm Samarium fest 1072 150,36 63	Eu Europium fest 826 151,96 64	Gd Gadolinium fest 1312 157,25 65	Tb Terbium fest 1566 158,93 66	Dy Dysprosium fest 1407 162,50 67	Ho Holmium fest 1461 164,93 68	Er Erbium fest 1529 167,26 69	Tm Thulium fest 1545 168,93 70	Yb Ytterbium fest 824 173,05 71	Lu Lutetium fest 1652 174,97	Ac Actinium fest 19842 227,03 89	Th Thorium fest 1550 232,04 90	Pa Protactinium fest 11332 231,04 91	U Uran fest 11332 238,03 92	Np Neptunium fest 644 237,05 93	Pu Plutonium fest 694 244,06 94	Am Americium fest 1176 243,06 95	Cm Curium fest 1340 247,07 96	Bk Berkelium fest 1050 247,07 97	Cf Californium fest 900 251,08 98	Es Einsteinium fest 1527 252,08 100	Fm Fermium fest 1527 257,1 101	Md Mendelevium fest 827 258,10 102	No Nobelium fest 827 259,10 103	Lr Lawrencium fest 1027 262,11	Uuo Ununoctium fest 0 293,15 118	Uus Ununseptium fest 0 294,10 117	Lv Livermorium fest 0 293,10 116	Uup Ununpentium fest 0 293,10 115	Fl Flerovium fest 0 289,10 114	Uut Ununtrium fest 0 289,10 113	Cn Copernicium fest 0 285,10 112	Rg Roentgenium fest 0 281,10 111	Ds Darmstadtium fest 0 281,10 110	Mt Meitnerium fest 0 271,10 109	Hs Hassium fest 0 271,10 108	Sg Seaborgium fest 0 266,10 107	Bh Bohrium fest 0 264,10 106	Db Dubnium fest 0 261,10 105	Rf Rutherfordium fest 0 261,10 104	Os Osmium fest 3165 190,23 75	Ir Iridium fest 2446 192,22 76	Pt Platin fest 1958 195,08 77	Au Gold fest 1932 196,97 78	Hg Quecksilber fest -38,83 200,59 80	Tl <th>Thallium</th> <td>fest 231,83 204,38 81</td> <td>Pb<th>Blei</th><td>fest 327,46 207,2 82</td><td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td></td>	Thallium	fest 231,83 204,38 81	Pb <th>Blei</th> <td>fest 327,46 207,2 82</td> <td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td>	Blei	fest 327,46 207,2 82	Bi <th>Bismut</th> <td>fest 271,5 208,98 83</td> <td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td>	Bismut	fest 271,5 208,98 83	Po <th>Polonium</th> <td>fest 209 209,98 84</td> <td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td>	Polonium	fest 209 209,98 84	At <th>Astat</th> <td>fest 210 209,98 85</td> <td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td>	Astat	fest 210 209,98 85	Rn <th>Radon</th> <td>fest 220 222,02</td>	Radon	fest 220 222,02														
125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142																																																																
La Lanthan fest 920 138,91	Ce Cer fest 795 140,12 59	Pr Praseodym fest 935 140,91 60	Nd Neodym fest 1024 144,24 61	Pm Promethium fest 1042 144,91 62	Sm Samarium fest 1072 150,36 63	Eu Europium fest 826 151,96 64	Gd Gadolinium fest 1312 157,25 65	Tb Terbium fest 1566 158,93 66	Dy Dysprosium fest 1407 162,50 67	Ho Holmium fest 1461 164,93 68	Er Erbium fest 1529 167,26 69	Tm Thulium fest 1545 168,93 70	Yb Ytterbium fest 824 173,05 71	Lu Lutetium fest 1652 174,97	Ac Actinium fest 19842 227,03 89	Th Thorium fest 1550 232,04 90	Pa Protactinium fest 11332 231,04 91	U Uran fest 11332 238,03 92	Np Neptunium fest 644 237,05 93	Pu Plutonium fest 694 244,06 94	Am Americium fest 1176 243,06 95	Cm Curium fest 1340 247,07 96	Bk Berkelium fest 1050 247,07 97	Cf Californium fest 900 251,08 98	Es Einsteinium fest 1527 252,08 100	Fm Fermium fest 1527 257,1 101	Md Mendelevium fest 827 258,10 102	No Nobelium fest 827 259,10 103	Lr Lawrencium fest 1027 262,11	Uuo Ununoctium fest 0 293,15 118	Uus Ununseptium fest 0 294,10 117	Lv Livermorium fest 0 293,10 116	Uup Ununpentium fest 0 293,10 115	Fl Flerovium fest 0 289,10 114	Uut Ununtrium fest 0 289,10 113	Cn Copernicium fest 0 285,10 112	Rg Roentgenium fest 0 281,10 111	Ds Darmstadtium fest 0 281,10 110	Mt Meitnerium fest 0 271,10 109	Hs Hassium fest 0 271,10 108	Sg Seaborgium fest 0 266,10 107	Bh Bohrium fest 0 264,10 106	Db Dubnium fest 0 261,10 105	Rf Rutherfordium fest 0 261,10 104	Os Osmium fest 3165 190,23 75	Ir Iridium fest 2446 192,22 76	Pt Platin fest 1958 195,08 77	Au Gold fest 1932 196,97 78	Hg Quecksilber fest -38,83 200,59 80	Tl <th>Thallium</th> <td>fest 231,83 204,38 81</td> <td>Pb<th>Blei</th><td>fest 327,46 207,2 82</td><td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td></td>	Thallium	fest 231,83 204,38 81	Pb <th>Blei</th> <td>fest 327,46 207,2 82</td> <td>Bi<th>Bismut</th><td>fest 271,5 208,98 83</td><td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td></td>	Blei	fest 327,46 207,2 82	Bi <th>Bismut</th> <td>fest 271,5 208,98 83</td> <td>Po<th>Polonium</th><td>fest 209 209,98 84</td><td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td></td>	Bismut	fest 271,5 208,98 83	Po <th>Polonium</th> <td>fest 209 209,98 84</td> <td>At<th>Astat</th><td>fest 210 209,98 85</td><td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td></td>	Polonium	fest 209 209,98 84	At <th>Astat</th> <td>fest 210 209,98 85</td> <td>Rn<th>Radon</th><td>fest 220 222,02</td></td>	Astat	fest 210 209,98 85	Rn <th>Radon</th> <td>fest 220 222,02</td>	Radon	fest 220 222,02														
145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162																																																																
La Lanthan fest 920 138,91	Ce Cer fest 795 140,12 59	Pr Praseodym fest 935 140,91 60	Nd Neodym fest 1024 144,24 61	Pm Promethium fest 1042 144,91 62	Sm Samarium fest 1072 150,36 63	Eu Europium fest 826 151,96 64	Gd Gadolinium fest 1312 157,25 65	Tb Terbium fest 1566 158,93 66	Dy Dysprosium fest 1407 162,50 67	Ho Holmium fest 1461 164,93 68	Er Erbium fest 1529 167,26 69	Tm Thulium fest 1545 168,93 70	Yb Ytterbium fest 824 173,05 71	Lu Lutetium fest 1652 174,97	Ac Actinium fest 19842 227,03 89	Th Thorium fest 1550 232,04 90	Pa Protactinium fest 11332 231,04 91	U Uran fest 11332 238,03 92	Np Neptunium fest 644 237,05 93	Pu Plutonium fest 694 244,06 94	Am</																																																												