Formeln

Atomphysik

Formel	Bezeichnung
$\lambda = \frac{n^2}{n^2 - 4} A$	**Balmer-Serie** Die Formel berechnet die Wellenlängen der Spektrallinien des Wasserstoffs. **λ**: = Wellenlänge **n**: = Ganze Zahl **A**: = Konstante
$\lambda = -\frac{dN}{dt} \frac{1}{N}$	**Wahrscheinlichkeit des radioaktiven Zerfalls** Die Zerfallswahrscheinlichkeit ist definiert als Änderung der Kerne pro Zeit geteilt durch die Gesamtzahl der Kerne. **λ**: = Zerfallskonstante **N**: = Anzahl instabiler Kerne **t**: = Zeit
$A = -\frac{dN}{dt}$	**Aktivität** Die Aktivität ist definiert als Zerfälle pro Zeit. **A**: = Aktivität **N**: = Anzahl instabiler Kerne **t**: = Zeit
$N = N_0 \exp(-\lambda t)$	**Zerfallsgesetz** Das Gesetz beschreibt den radioaktiven Zerfall, der exponentiell von der Zeit abhängt. **N**: = Anzahl instabiler Kerne **N_0**: = Anfangsanzahl der Kerne **λ**: = Zerfallskonstante **t**: = Zeit
$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$	**Halbwertzeit** Die Halbwertzeit beschreibt den Zeitpunkt, zudem die Hälfte der Kerne zerfallen ist. **T**: = Halbwertszeit **λ**: = Zerfallskonstante

Elektrotechnik

Formel	Bezeichnung
$\vec{F}_{el} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$	**Coulombsches Gesetz** Die Formel beschreibt die elektrische Kraft zwischen zwei Ladungen. **F_{el}**: = Elektrische Kraft **Q_1**: = Ladung 1 **Q_2**: = Ladung 2 **r_{12}**: = Abstand **π**: = Kreiszahl **ε_0**: = Elektrische Feldkonstante
$I = \frac{dQ}{dt}$	**Elektrische Stromstärke** Die Stromstärke berechnet sich aus der Ladungsmenge dQ, die in der Zeit dt durch einen Leiter fließt. **I**: = Stromstärke **Q**: = Ladung **t**: = Zeit
$Q = I \cdot t$	**Konstanter Strom** Die Ladung, die bei konstantem Strom übertragen wird, entspricht dem Produkt aus Stromstärke und Zeit. **I**: = Stromstärke **Q**: = Ladung **t**: = Zeit
$j_{el} = \frac{I}{A}$	**Stromdichte** Die Stromdichte ist definiert als Stromstärke geteilt durch Querschnittsfläche des Leiters. **j_{el}**: = Stromdichte **I**: = Stromstärke**A**: = Fläche
$U_{12} = \varphi_2 - \varphi_1$	**Elektrische Spannung** Die elektrische Spannung zwischen zwei Punkten ist definiert als Differenz der Potentiale. **U**: = Spannung **φ_1**: = Potential 1 **φ_2**: = Potential 2
$P = U \cdot I$	**Elektrische Leistung** Die elektrische Leistung entspricht dem Produkt aus Spannung und Strom. **U**: = Spannung **P**: = Elektrische Leistung **I**: = Stromstärke
$W = U \cdot I \cdot t = U \cdot Q$	**Elektrische Arbeit** Die elektrische Arbeit entspricht dem Produkt aus Spannung, Strom und Zeit. **W**: = Arbeit **U**: = Spannung **I**: = Stromstärke **t**: = Zeit

$\vec{F} = \vec{E}Q$	**Kraft im elektrischen Feld** Die elektrische Kraft entspricht dem Produkt aus Feld und Ladung. $\mathbf{F_{el}}$: = Elektrische Kraft $\mathbf{E_{el}}$: = Elektrische Feldstärke **Q**: = Ladung
$U = E \cdot d$	**Spannung im Plattenkondensator** Die Spannung in einem Plattenkondensator entspricht dem Produkt aus Feld und Abstand. **U**: = Spannung $\mathbf{E_{el}}$: = Elektrische Feldstärke **d**: = Plattenabstand
$\vec{E} = -grad\ \varphi$	**Elektrisches Feld** Das elektrische Feld ist der Gradient des elektrischen Potentials. $\mathbf{E_{el}}$: = Elektrische Feldstärke **φ**: = Elektrisches Potential
$C = \frac{Q}{U}$	**Kapazität eines Kondensators** Die Kapazität ist der Quotient aus Ladung und Spannung. **Q**: = Ladung **C**: = Kapazität **U**: = Spannung
$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$	**Kapazität eines Plattenkondensators** Die Kapazität hängt von der Plattenfläche und dem Plattenabstand und dem Medium zwischen den Plattenab. **C**: = Kapazität **A**: = Fläche **d**: = Plattenabstand ε_r: = Relative Permittivität ε_0: = Elektrische Feldkonstante
$W = \frac{CU^2}{2}$	**Aufladungsarbeit eines Kondensators** Die Formel gibt die Arbeit an, die aufgewendet werden muss, um einen Kondensator aufzuladen. **W**: = Arbeit **C**: = Kapazität **U**: = Spannung
$w = \frac{\vec{D}\vec{E}}{2}$	**Energiedichte des elektrischen Feldes** Die Energiedichte lässt sich aus D- und E-Feld errechnen. **w**: = Energiedichte **D**: = Verschiebungsdichte $\mathbf{E_{el}}$: = Elektrische Feldstärke
$G = \frac{1}{R}$	**Leitwert** Der Leitwert ist der Kehrwert des Widerstands. Wert in "SIEMENS" **G**: = Leitwert **R**: = Widerstand
$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$	**Widerstand eines Leiters** Der Widerstand eines Leiters hängt vom spezifischen Widerstand sowie Länge und Querschnittsfläche ab. **R**: = Widerstand **ρ**: = Stromdichte **l**: = Länge **A**: = Fläche
$\sigma = \frac{1}{\rho}$	**Leitfähigkeit** Die Leitfähigkeit ist der Kehrwert des spezifischen Widerstands. σ: = Elektrische Leitfähigkeit ρ: = Stromdichte
$U = R \cdot I$	**Ohmsches Gesetz** Die Spannung eines metallischen Leiters ist das Produkt aus Widerstand und Stromstärke. **U**: = Spannung **R**: = Widerstand **I**: = Stromstärke
$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$	**Ohmsches Gesetz** Die Stromdichte eines metallischen Leiters ist das Produkt aus Leitfähigkeit und elektrischem Feld. $\mathbf{j_{el}}$: = Stromdichte **σ**: = Elektrische Leitfähigkeit $\mathbf{E_{el}}$: = Elektrische Feldstärke
$\sum_i I_i = 0$	**1. Kirchhoffsches Gesetz** **An einem Knoten eines Stromkreises ist die Summe von zu- und abfließenden Strömen gleich Null.** **I**: = Stromstärke
$\sum_i Ui = 0$	**2. Kirchhoffsches Gesetz** In einer Masche eines Stromkreises ist die Summe aller Spannungen gleich Null. **U**: Spannung

$R_{ges} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$	**Reihenschaltung von Widerständen** Der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung ist bestimmt durch die Summe der Einzelwiderstände. **R**: Widerstand
$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$	**Parallelschaltung von Widerständen** Der Kehrwert des Gesamtwiderstands einer Parallelschaltung ist bestimmt durch die Summe der Kehrwerte der Einzelwiderstände.
$j = AT^2 \exp\left(-\frac{W_A}{kT}\right)$	**Thermische Emission** Die Richardson-Gleichung beschreibt die Stromdichte der durch Glühemission austretenden Elektronen. **j_{el}**: = Stromdichte **A**: = Richardson-Konstante T: = Temperatur **W_A**: = Austrittsarbeit **k**: = Boltzmann-Konstante
$E_{kin} = QU$	**Energie eines im elektrischen Feld beschleunigten Teilchens** Die kinetische Energie nach Durchlaufen eines elektrischen Felds ist das Produkt aus Ladung und Spannung. **E_{kin}**: = Kinetische Energie **Q**: = Ladung **U**: = Spannung
$D = \frac{d\psi}{dA}$	**Elektrische Verschiebungsdichte** Die elektrische Verschiebungsdichte ist definiert als elektrischer Fluss pro Flächeneinheit. **D**: = Verschiebungsdichte **ψ**: = Elektrischer Fluss **A**: = Fläche
$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$	**Elektrische Verschiebungsdichte und Feld** Die elektrische Verschiebungsdichte ist über die Dielektrizitätskonstante mit dem elektrischen Feld zusammen. **D**: = Verschiebungsdichte **ε_r**: = Relative Permittivität **E_{el}**: = Elektrische Feldstärke **ε_0**: = Elektrische Feldkonstante
$\vec{P} = \chi_e \varepsilon_0 \vec{E}$	**Elektrische Polarisation** Die elektrische Polarisation ist das Produkt aus Suszeptibilität, Dielektrizitätskonstante und Feld **P**: = Elektrische Leistung **χ_e**: = Suszeptibilität **E_{el}**: = Elektrische Feldstärke **ε_0**: = Elektrische Feldkonstante
$\chi_e = \varepsilon_r - 1$	**Elektrische Suszeptibilität** Die elektrische Suszeptibilität ist mit der relativen Dielektrizitätszahl verknüpft. **χ_e**: = Suszeptibilität **ε_r**: = Relative Permittivität
$u = \hat{u}\cos(\omega t + \varphi_u)$	**Wechselspannung** Eine Wechselspannung ist eine Spannung, die sich periodisch mit der Zeit ändert. **u**: = Wechselspannung **û**: = Amplitude der Wechselspannung **ω**: = Winkelgeschwindigkeit **t**: = Zeit **φ_u**: = Phase der Spannung
$i = \hat{i}\cos(\omega t + \varphi_i)$	**Wechselstrom** Ein Wechselstrom ist ein Strom, der sich periodisch mit der Zeit ändert. **i**: = Wechselstrom **î**: = Amplitude des Wechselstroms **ω**: = Winkelgeschwindigkeit **t**: = Zeit **φ_i**: = Phase des Stroms
$I = i_{eff} = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$	**Effektivstrom im Wechselstromkreis** Der effektive Strom ist der zeitliche quadratische Mittelwert des Wechselstroms. **î**: = Amplitude des Wechselstroms **I**: = Stromstärke
$U = u_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$	**Effektivspannung im Wechselstromkreis** Die effektive Spannung ist der zeitliche quadratische Mittelwert der Wechselspannung. **û**: = Amplitude der Wechselspannung **U**: = Spannung
$U = ZI = \frac{I}{G}$	**Ohmsches Gesetz im Wechselstromkreis** Der Effektivwert der Spannung ist das Produkt aus Wechselstrom und Wechselstromwiderstand. **U**: = Spannung **I**: = Stromstärke **Z**: = Wechselstromwiderstand

$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$	**Thomsongleichung** Die Gleichung gibt die Frequenz für eine Reihenschaltung aus Spule und Kondensator an. **ω**: = Winkelgeschwindigkeit **L**: = Induktivität **C**: = Kapazität
$P = UI\cos\varphi = S\cos\varphi$	**Leistung im Wechselstromkreis** Die Leistung hängt von Spannung, Strom und Phasenverschiebung ab. **P**: = Elektrische Leistung **U**: = Spannung **I**: = Stromstärke**φ**: = Phase
$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$	**Scheinleistung im Wechselstromkreis** Die Scheinleistung besteht aus Wirkleistung und Blindleistung. **S**: = Scheinleistung **U**: = Spannung **I**: = Stromstärke **P**: = Elektrische Leistung **Q**: = Blindleistung
$Q = UI\sin\varphi = S\sin\varphi$	**Blindleistung** Die Blindleistung hängt von Spannung, Strom und Phasenverschiebung ab. Hat ein Verbraucher neben dem ohmschen Widerstand auch induktive und kapazitive Anteile, dann entsteht zwischen Strom und Spannung eine zeitliche Verschiebung, auch Phasenverschiebung genannt. Neben der Wirkleistung ist deshalb auch eine Blindleistung (VAr) vorhanden, die nicht in Wärme umgewandelt wird. **Q**: = Blindleistung **U**: = Spannung **I**: = Stromstärke**φ**: = Phase

Festkörperphysik

Formel	Bezeichnung
$E_B = \frac{C}{r^6}$	**Van der Waals Bindung** Die Formel beschreibt die Bindungsenergie von Atomen mit abgeschlossenen Elektronenschalen. **E**: = Bindungsenergie **r**: = Weg
$\Phi = 4\epsilon\left(\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6}\right)$	**Lennard-Jones-Potential** Die Formel beschreibt das Potential der Wechselwirkung zwischen ungeladenen Atomen. **Φ**: = Potential **ε**: = Potentialmulde **r**: = Weg **σ**: = Abstand der Nullstelle
$E_B = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\alpha}{r}$	**Ionische Bindung** Die Formel beschreibt die Bindungsenergie der ionischen Bindung. **E**: = Bindungsenergie **Q**: = Ladung **α**: = Madelung-Konstante **r**: = Weg **π**: = Kreiszahl **ε_0**: = Elektrische Feldkonstante
$k_F = \left(3\pi^2\frac{N}{V}\right)^{1/3}$	**Fermi-Kugel** Die Formel beschreibt den Radius der Fermi-Kugel im k-Raum. k_F: = Fermi-Wellenvektor N: = Teilchenzahl V: = Volumen π: = Kreiszahl
$E_F = \frac{\hbar^2}{2m}\left(3\pi^2\frac{N}{V}\right)^{2/3}$	**Fermi-Energie** Die Formel beschreibt die Fermi-Energie, bis zu der die Elektronen Zustände in einem Metall besetzen. **E_F**: = Fermi-Energie **N**: = Teilchenzahl **V**: = Volumen **m**: = Masse **ħ**: = Reduziertes Wirkungsquantum
$D(E) = \frac{dN}{dE}\frac{1}{V} = \frac{1}{2\pi^2}\left(\frac{2m}{\hbar^2}\right)^{3/2}E^{1/2}$	**Zustandsdichte** Die Formel beschreibt die Anzahl der Zustände pro Volumen und Energie. **D**: = Zustandsdichte **k_F**: = Fermi-Wellenvektor **N**: = Teilchenzahl **V**: = Volumen **m**: = Masse **E**: = Energie **π**: = Kreiszahl **ħ**: = Reduziertes Wirkungsquantum
$f(E) = \frac{1}{\exp((E - E_F)/(kT)) + 1}$	**Fermi-Dirac-Verteilung** Die Verteilungsfunktion beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Zustand von den Elektronen besetzt wird. **f**: = Fermi-Dirac-Verteilung **E**: = Energie **E_F**: = Fermi-Energie

	T: = Temperatur **k**: = Boltzmann-Konstante
$T_F = \frac{E_F}{k}$	**Fermi-Temperatur** Die Fermi-Temperatur ist über die Fermi-Energie definiert. EF: = Fermi-Energie TF: = Fermi-Temperatur k: = Boltzmann-Konstante
$\mu = \frac{\sigma}{en}$	**Elektronenbeweglichkeit** Die Beweglichkeit ist mit der Leitfähigkeit verknüpft. **σ**: = Elektrische Leitfähigkeit **n**: = Anzahl der Elektronen **μ**: = Elektronenbeweglichkeit **e**: = Elementarladung
$\tau = \frac{\sigma m}{e^2 n}$	**Relaxationszeit** Die Relaxationszeit hängt von Leitfähigkeit und Ladungsträgerdichte ab. **τ**: = Relaxationszeit **σ**: = Elektrische Leitfähigkeit **n**: = Anzahl der Elektronen **e**: = Elementarladung **m_e**: = Elektronmasse
$\varrho(T) = \varrho_D + \varrho_P(T)$	**Matthiessensche Regel** Der spezifische Widerstand eines Metalls setzt sich aus einem von den Defekten bestimmten Anteil und einem temperaturabhängigen von den Phononen bestimmten Anteil **ρ**: = Resistivität **ρ_P**: = Phononenanteil der Resistivität **ρ_D**: = Defektanteil der Resistivität
$\sigma = e(n\mu_n + p\mu_p)$	**Leitfähigkeit von Halbleitern** Die Leitfähigkeit von Halbleitern setzt sich aus der Leitfähigkeit der Elektronen und der Löcher zusammen. **σ**: = Elektrische Leitfähigkeit **n**: = Anzahl der Elektronen **p**: = Löcherdichte **μ**: = Elektronenbeweglichkeit **μ_p**: = Löcherbeweglichkeit ***e***: = Elementarladung
$n_i = \sqrt{N_L N_V} \cdot \exp\left(\frac{E_g}{2kT}\right)$	**Eigenleitungsdichte von Halbleitern** Die Formel bestimmt die Dichte der Ladungsträger, die in einem Halbleiter bei bestimmter Temperatur für die Leitung zur Verfügung stehen. **n_i**: = Eigenleitungsdichte **N_L**: = Elektronenanzahl im Leitungsband **N_V**: = Elektronenanzahl im Valenzband **E_g**: = Energielücke **T**: = Temperatur **k**: = Boltzmann-Konstante
$np = n_i^2$	**Massenwirkungsgesetz in Halbleitern** In Halbleitern ist das Produkt aus Elektronen- und Löcherkonzentrationen konstant. **n_i**: = Eigenleitungsdichte **n**: = Anzahl der Elektronen **p**: = Löcherdichte

Geometrie

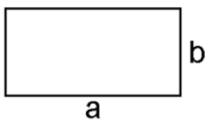
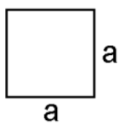
Flächen

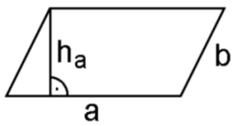
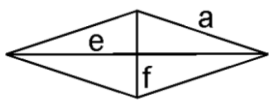
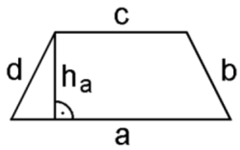
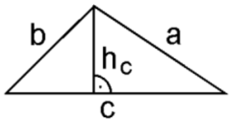
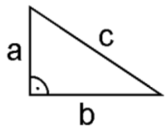
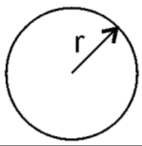
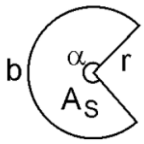
Der Umfang ist die Summe aller Linien, die die Figur umgeben.

Die Fläche eines Rechtecks berechnet sich aus dem Produkt: Grundseite mal Höhe, wobei die Höhe senkrecht zur Grundseite steht.

Die Fläche eines Dreiecks ist halb so groß, wie ein darüber liegendes Rechteck, deshalb kommt der Faktor ½ dazu, also ½ mal Grundseite mal Höhe.

Zur Kreisberechnung benötigt man die Kreiskonstante π, wobei π ≈ 3,14… (22/7) ist.

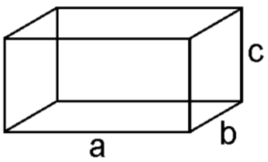
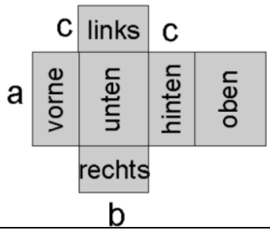
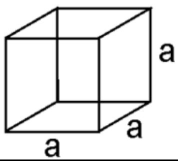
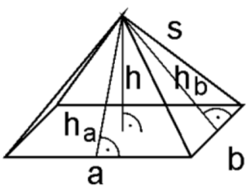
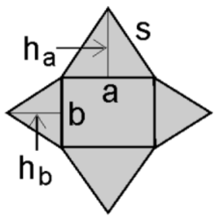
Rechteck Umfang: $U = 2a + 2b$ Fläche: $A = a \cdot b$	
Quadrat Umfang: $U = 4a$ Fläche: $A = a^2$	

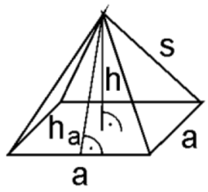
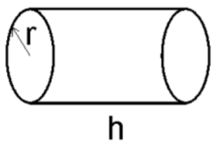
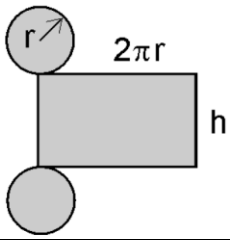
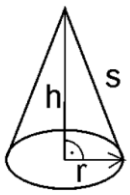
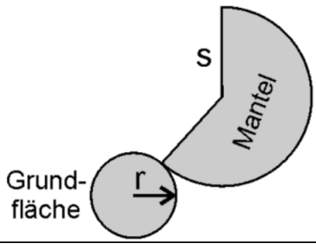
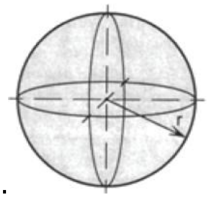
Parallelogramm Umfang: $U = 2a + 2b$ Fläche: $A = a \cdot h_a$	
Raute Umfang: $U = 4a$ Fläche: $A = \frac{e \cdot f}{2}$	
Trapez Umfang: $U = a + b + c + d$ Fläche: $A = \frac{a+c}{2} \cdot h_a$	
Dreieck Umfang: $U = a + b + c$ Fläche: $A = \frac{1}{2} \cdot c \cdot h_c$	
rechtwinkliges Dreieck Umfang: $U = a + b + c$ Fläche: $A = \frac{a \cdot b}{2}$	
Kreis Umfang: $U = 2 \cdot \pi \cdot r$ oder $U = d \cdot \pi$ Fläche: $A = \pi \cdot r^2$	
Kreissegment $\frac{A_{Segment}}{\pi \cdot r^2} = \frac{b}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{\alpha}{360°}$	

Volumen

Die Oberfläche ist die Summe aller Flächen des Körpers.

Das Volumen berechnet sich mit dem Produkt: Grundfläche mal Höhe (die Höhe steht rechtwinklig zur Grundfläche!). Läuft der Körper oben spitz zu, kommt der Faktor ⅓ dazu, also ⅓ mal Grundfläche mal Höhe.

Quader Oberfläche: $O = 2 \cdot (a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c)$ Volumen: $V = a \cdot b \cdot c$	 
Würfel Oberfläche: $O = 6 \cdot a^2$ Volumen: $V = a^3$	
Pyramide	 

Oberfläche: $O = a \cdot b + 2 \cdot \frac{a \cdot h_a}{2} + 2 \cdot \frac{b \cdot h_b}{2}$ $O = a \cdot b + a \cdot h_a + b \cdot h_b$ Volumen: $V = \frac{1}{3} \cdot a \cdot b \cdot h$	
quadratische Pyramide Oberfläche: $O = a^2 + 4 \cdot \frac{a \cdot h_a}{2}$ $O = a^2 + 2 \cdot a \cdot h_a$ Volumen: $V = \frac{1}{3} \cdot a^2 \cdot h$	
Zylinder Oberfläche: $O = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$ $O = 2 \cdot \pi \cdot r\,(r + h)$ Volumen: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$	
Kegel Oberfläche: $O = \pi \cdot r \cdot (r + s)$ Volumen: $V = \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \cdot h$	
Kugel Oberfläche: $O = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ Volumen: $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$	

Magnetismus

Formel	Bezeichnung
$H = \frac{I}{2\,\pi r}$	**Magnetfeld eines geraden Leiters** Ein geradliniger stromdurchflossener Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben. **H**: = Magnetfeldstärke **I**: = Stromstärke **r**: = Weg **π**: = Kreiszahl
$H = \frac{NI}{l}$	**Magnetfeld einer Zylinderspule** Das Magnetfeld hängt von der Anzahl der Wicklungen und dem durchfließenden Strom ab. **H**: =Magnetfeldstärke **N**: = Anzahl der Windungen **I**: = Stromstärke**l**: = Länge
$\vec{F} = I(\vec{l} \cdot \vec{B})$	**Kraft auf einen Leiter im Magnetfeld** Ein stromdurchflossener Leiter erfährt im Magnetfeld eine zur Stromstärke proportionale Kraft. **F**: = Magnetische Kraft **I**: = Stromstärke **l**: = Länge **B**: = Magnetische Flussdichte
$\vec{m} = \Phi \vec{l}$	**Magnetisches Moment** Das magnetische Moment ist das Produkt aus Fluss und Abstand zwischen Nord- und Südpol. **m**: = Magnetisches Moment **Φ**: = Magnetischer Fluss **l**: = Polabstand

$B = \frac{d\Phi}{dA}$	**Magnetische Flussdichte** Die magnetische Flussdichte ist definiert als Fluss pro Fläche. **B**: = Magnetische Flussdichte **Φ**: = Magnetischer Fluss **A**: = Fläche
$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$	**Magnetische Flussdichte und Magnetfeld** Die magnetische Flussdichte ist über die Permeabilität mit dem Magnetfeld verknüpft. **B**: = Magnetische Flussdichte **H**: = Magnetfeldstärke μ_r: = Permeabilitätszahl μ_0: = Magnetische Feldkonstante
$\vec{J} = \chi_m \mu_0 \vec{H}$	**Magnetische Polarisation** Die magnetische Polarisation ist über die Suszeptibilität mit dem Magnetfeld verknüpft. **J**: = Magnetische Polarisation **H**: = Magnetfeldstärke χ_m: = Suszeptibilität μ_0: = Magnetische Feldkonstante
$\chi_m = \mu_r - 1$	**Magnetische Suszeptibilität** Die magnetische Suszeptibilität ist mit der relativen Permeabilitätszahl verknüpft. χ_m: = Suszeptibilität μ_r: = Permeabilitätszahl
$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$	**Magnetisierung** Die Magnetisierung ist über die Suszeptibilität mit dem Magnetfeld verknüpft. **M**: = Magnetisierung χ_m: = Suszeptibilität **H**: = Magnetfeldstärke
$\vec{F}_L = Q(\vec{v} \cdot \vec{B})$	**Lorentzkraft** Auf eine Ladung, die sich durch ein Magnetfeld bewegt, wirkt die Lorentzkraft. F_L: = Lorentzkraft **Q**: = Ladung **v**: = Geschwindigkeit **B**: = Magnetische Flussdichte
$F_{L_z} = -e(v_x \cdot B_y)$	**Lorentzkraft auf Elektronen im Leiter** Auf Elektronen, die sich in einem Leiter in x-Richtung senkrecht zu einem Magnetfeld F_{Lz}: = Lorentzkraft in z-Richtung v_x: = Geschwindigkeit in x-Richtung B_y: = Induktion in y-Richtung **e**: = Elementarladung
$U_H = \frac{B_z I_x}{ned}$	**Hall-Spannung** Durch die Lorentzkraft, die auf Elektronen in einem Leiter wirkt, entsteht eine Spannung senkrecht zu Stromrichtung und Magnetfeld. U_H: = Hallspannung **n**: = Anzahl der Elektronen B_z: = Induktion in z-Richtung **d**: = Probendicke I_x: = Stromstärke in x-Richung **e**: = Elementarladung
$\vec{j} = \sigma(\vec{E} + \vec{v} \cdot \vec{B})$	**Ohmsches Gesetz im Magnetfeld** Die Stomdichte setzt sich zusammen aus einem Anteil, der durch das elektrische Feld und einem, der durch das magnetische Feld versuracht wird. **σ**: = Elektrische Leitfähigkeit E_{el}: = Elektrische Feldstärke **v**: = Geschwindigkeit **B**: = Magnetische Flussdichte j_{el}: = Stromdichte
$\chi_m = \frac{C}{T}$	**Curie-Gesetz** Die Suszeptibilität eines Paramagneten nimmt mit steigender Temperatur ab. χ_m: = mSuszeptibilität **C**: = Curie-Konstante **T**: = Temperatur
$\chi_m = \frac{C}{T - T_C}$	**Curie-Weiß-Gesetz** Die Formel gilt für die Suszeptibilität eines Ferromagneten oberhalb der Curietemperatur. χ_m: = Suszeptibilität **C**: = Curie-Konstante **T**: = Temperatur T_C: = Curie-Temperatur
$\chi_m = \frac{C}{T + T_N}$	**Abgewandeltes Curie-Gesetz** Die Formel gilt für die Suszeptibilität eines Antiferromagneten oberhalb der Néeltemperatur. χ_m: = Suszeptibilität **C**: = Curie-Konstante

	T: = Temperatur **T_N**: =Néel-Temperatur
$U_i = -N \dfrac{d\Phi}{dt}$	**Induktionsgesetz** Eine Änderung des magnetischen Flusses induziert eine elektrische Spannung. **U_i**: = Induzierte Spannung **N**: = Anzahl der Windungen **Φ**: = Magnetischer Fluss **t**: = Zeit
$U_i = -L \dfrac{di}{dt}$	**Selbstinduktion** In einem Leiter entsteht durch eine Wechselspannung eine entgegengesetzte Induktionsspannung. **U_i**: = Induzierte Spannung **L**: = Induktivität **i**: = Wechselstrom **t**: = Zeit
$L = \dfrac{N\Phi}{i}$	**Selbstinduktivität** In einem Leiter entsteht durch eine Wechselspannung eine entgegengesetzte Induktionsspannung. **L**: = Induktivität **N**: = Anzahl der Windungen **Φ**: = Magnetischer Fluss **i**: = Wechselstrom
$w_{ma} = \dfrac{\vec{B}\vec{H}}{2}$	**Energiedichte des Magnetfeldes** Die Energiedichte hängt von Flussdichte und Magnetfeld. **w_{ma}**: = Energiedichte **B**: = Magnetische Flussdichte **H**: = Magnetfeldstärke
$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_{frei}$	**Gaußsches Gesetz (Maxwell-Gleichung)** Die Divergenz des elektrischen Verschiebungsfelds entspricht der freien Ladungsträgerdichte. **D**: = Verschiebungsdichte **ρ**: = Stromdichte
$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0$	**Gaußsches Gesetz im Magnetfeld (Maxwell-Gleichung)** Die Divergenz der magnetischen Flussdichte ist null. **B**: = Magnetische Flussdichte
$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	**Faradays Induktionsgesetz (Maxwell-Gleichung)** Die Rotation des elektrischen Feldes entspricht der zeitlichen Änderung der magnetischen Flussdichte. **E_{el}**: = Elektrische Feldstärke **B**: = Magnetische Flussdichte **t**: = Zeit
$\vec{\nabla} \cdot \vec{H} = j_{frei} + \dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	**Ampèresches Gesetz (Maxwell-Gleichung)** Die Rotation des magnetischen Feldes entspricht der zeitlichen Änderung des elektrischen Verschiebungsfeld plus der freien Stromdichte. **D**: = Verschiebungsdichte **H**: = Magnetfeldstärke **jel**: = Stromdichte **t**: = Zeit
$\oiint_{\partial V} \vec{\mathrm{D}} \mathrm{d}\vec{\mathrm{A}} = Q$	**Gaußsches Gesetz (Maxwell-Gleichung, integral)** Das Oberflächenintegral des elektrischen Flusses entspricht der eingeschlossenen Ladung. **D**: = Verschiebungsdichte **A**: = Fläche **Q**: = Ladung
$\oiint_{\partial V} \vec{\mathrm{B}} \cdot \mathrm{d}\vec{\mathrm{A}} = 0$	**Gaußsches Gesetz im Magnetfeld (Maxwell-Gleichung, integral)** Das Oberflächenintegral des elektrischen Flusses entspricht der eingeschlossenen Ladung. **B**: = Magnetische Flussdichte **A**: = Fläche
$\oint_{\partial A} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\iint_{\mathrm{A}} \dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A}$	**Induktionsgesetz (Maxwell-Gleichung, integral)** Das Integral des elektrischen Feldes über den Rand einer Fläche entspricht dem Flächenintegral der zeitlichen Änderung der magnetischen Flussdichte. **E_{el}**: = Elektrische Feldstärke **s**: = Weg **B**: = Magnetische Flussdichte **A**: = Fläche **t**: = Zeit

$$\oint_{\partial A} \vec{H} \cdot d\vec{s} = -\iint_A \left(j + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{A}$$	**Ampèresches Gesetz (Maxwell-Gleichung, integral)** Das Integral des magnetischen Feldes über den Rand einer Fläche entspricht dem Flächenintegral der zeitlichen Änderung der elektrischen Flussdichte und dem Strom. **H**: = Magnetfeldstärke **s**: = Weg **D**: = Verschiebungsdichte **A**: = Fläche **t**: = Zeit **j_{el}**: = Stromdichte

Optik

Formel	Bezeichnung
$$f' = \frac{r}{2}$$	**Brennweite des Hohlspiegels** Die Brennweite eines Hohlspiegels entspricht dem halben Radius. **f**: = Brennweite **r**: = Spiegelradius
$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$$	**Abbildungsgleichung des Hohlspiegels** Die Gleichung beschreibt die Beziehung zwischen Bild und Gegenstandsweite beim Hohlspiegel. **f**: = Brennweite **g**: = Gegenstandsweite **b**: = Bildweite
$$\frac{\sin \alpha_e}{\sin \alpha_a} = \frac{n_2}{n_1} = const$$	**Snelliussches Brechungsgesetz** Das Verhältnis der Sinus von Einfallswinkel und Brechungswinkel entspricht dem inversen Verhältnis der Brechungsindices. **α_e**: = Einfallswinkel **α_a**: = Ausfallswinkel **n_1**: = Brechungsindex 1 **n_2**: = Brechungsindex 2
$$A_N = n \cdot \sin \alpha$$	**Numerische Apertur** Die Numerische Apertur ist das Produkt aus Brechungsindex und Brechungswinkel. **α**: = Brechungswinkel **n**: = Brechungsindex **A_N**: = Numerische Apertur
$$n = \frac{c}{c_m}$$	**Brechungsindex** Der Brechungsindex eines Mediums ist definiert als Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und im Medium. **n**: = Brechungsindex **c_m**: = Lichtgeschwindigkeit im Medium **c**: = Lichtgeschwindigkeit
$$\sin \alpha_g = \frac{n_2}{n_1}$$	**Totalreflexion** Der Grenzwinkel der Totalreflexion entspricht dem Verhältnis der Brechungsindices von dichterem und dünnerem Medium. **α_g**: = Grenzwinkel **n_1**: = Brechungsindex 1 **n_2**: = Brechungsindex 2
$$\Phi_v = K_m \Phi_e \, V(\lambda)$$	**Visueller Lichtstrom** Der vom Auge am Tag wahrgenommene Lichtstrom hängt von der Strahlungsleistung und dem Helligkeitsempfindlichkeitsgrad ab. **Φ_v**: = Lichtstrom **Φ_e**: = Strahlungsleistung **V**: = Helligkeitsempfindlichkeitsgrad **K_m**: = Strahlungsäquivalent
$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$	**Strahlungsleistung** Die Strahlungsleistung der elektromagnetischen Strahlung ist definiert als Strahlungsenergie pro Zeit. **Φ_e**: = Strahlungsleistung **Q_e**: = Strahlungsenergie **t**: = Zeit
$$\Phi_e = \phi \, h \, f$$	**Strahlungsleistung monochromatischen Lichts** Die Strahlungsleistung monochromatischen Lichts hängt von Quantenstrom und Lichtfrequenz ab. **Φ_e**: = Strahlungsleistung **ϕ**: = Quantenstrom **f**: = Frequenz **h**: = Planck Konstante
$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA_e}$$	**Beleuchtungsstärke** Die Beleuchtungsstärke ist definiert als Lichtstrom pro Fläche. **E_v**: = Bestrahlungsstärke **Φ_v**: = Lichtstrom **A_e**: = Bestrahlte Fläche

$I_\alpha = \dfrac{I_0 \left(\sin^2\left(\dfrac{\pi b}{\lambda}\sin\alpha\right)\right)}{\left(\dfrac{\pi b}{\lambda}\sin\alpha\right)^2}$	**Beugung am Spalt** Die Formel berechnet die Intensität der Strahlung nach Beugung an einem Spalt. $\mathbf{I_\alpha}$: = Intensität $\mathbf{I_0}$: = Intensität 0 **b**: = Spaltweite **λ**: = Wellenlänge **α**: = Winkel
$I = I_0 \cos^2\varphi$	**Gesetz von Malus** Die Intensität polarisiertem Lichts nach Durchgang durch einen Analysator hängt vom Winkel zwischen Polarisationsachse und Analysator ab. **I**: = Intensität $\mathbf{I_0}$: = Intensität 0 **φ**: = Polarisationswinkel
$\tan\alpha_p = n$	**Brewstersches Gesetz** Fällt natürliches Licht unter dem Polarisationswinkel auf ein Glas, ist der reflektierte Strahl linear polarisiert. $\mathbf{\alpha_p}$: = Polarisationswinkel **n**: = Brechungsindex
$\theta_F = VdH$	**Faraday-Effekt** Die Formel beschreibt die Drehung der Polarisationsachse linear polarisiertem Lichts nach Durchgang eines Materials im Magnetfeld aufgrund des magnetooptischen Faraday-Effekts (MOFE). $\mathbf{\theta_F}$: = Faradaywinkel **V**: = Verdet-Konstante **d**: = Materialdicke **H**: = Magnetfeldstärke

Wellen

Formel	Bezeichnung
$\lambda = cT$	**Wellenlänge** Die Wellenlänge ist das Produkt aus Ausbreitungsgeschwindigkeit und Periodendauer. **λ**: = Wellenlänge **c**: = Ausbreitungsgeschwindigkeit **T**: = Periodendauer
$c = \lambda f$	**Ausbreitungsgeschwindigkeit** Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist das Produkt aus Wellenlänge und Frequenz. **λ**: = Wellenlänge **c**: = Ausbreitungsgeschwindigkeit **f**: = Frequenz
$k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$	**Wellenzahl** Die Wellenzahl ist invers proportional zur Wellenlänge. **k**: = Wellenzahl **λ**: = Wellenlänge **π**: = Kreiszahl
$c = \dfrac{\omega}{\mathrm{k}}$	**Phasengeschwindigkeit** Die Phasengeschwindigkeit hängt von Frequenz und Wellenzahl ab. **c**: = Ausbreitungsgeschwindigkeit **ω**: = Frequenz **k**: = Wellenzahl
$y = \hat{y}\cos\left(\omega\,\mathrm{t} + \varphi =\right)$	**Wellenfunktion** Eine sich in x-Richtung ausbreitende Welle wird durch eine Kosinusfunktion beschrieben. **y**: = y-Koordinate **ŷ**: = Amplitude **ω**: = Frequenz **t**: = Zeit **k**: = Wellenzahl **x**: = x-Koordinate $\mathbf{\varphi_0}$: = Phase
$\dfrac{d^2y}{dt^2} = c^2\dfrac{d^2y}{dx^2}$	**Gewöhnliche Wellengleichung** Eine gewöhnliche Wellengleichung hängt von den zweiten partiellen Ableitungen nach Zeit bzw. Ort ab. **y**: = y-Koordinate **t**: = Zeit **c**: = Ausbreitungsgeschwindigkeit **x**: = x-Koordinate
$c_{gr} = \dfrac{d\omega}{dk}$	**Gruppengeschwindigkeit** Die Gruppengeschwindigkeit ist Geschwindigkeit, mit der sich ein Wellenpaket und damit auch die Energie der Welle fortbewegt. **cgr**: = Gruppengeschwindigkeit **ω**: = Frequenz **k**: = Wellenzahl

$c_{gr} = c - \lambda \frac{dc}{d\lambda}$	**Gruppengeschwindigkeit und Phasengeschwindigkeit** Die Gruppengeschwindigkeit unterscheidet sich von der Phasengeschwindigkeit, wenn sie von der Wellenlänge abhängt. **cgr**: = Gruppengeschwindigkeit **c**: = Ausbreitungsgeschwindigkeit **λ**: = Wellenlänge
$f_b = f_S \frac{c+v_b}{c-v_s}$	**Doppler Effekt** Bewegt sich ein Beobachter auf einen Schallsender zu, nimmt er die Schallwelle mit einer anderen Frequenz war. $\mathbf{f_b}$: = Frequenz (Beobachter) $\mathbf{f_s}$: = Frequenz (Sender) $\mathbf{v_b}$: = Geschwindigkeit des Beobachters $\mathbf{v_s}$: = Geschwindigkeit des Senders **c**: = Ausbreitungsgeschwindigkeit
$2d \sin\theta = m\lambda$	**Bragg-Bedingung** Bei der Beugung am Kristallgitter tritt Interferenz auf, wenn der Gangunterschied ein Vielfaches der Wellenlänge beträgt. **d**: = Gitterabstand **θ**: = Winkel **m**: = Ordnungszahl **λ**: = Wellenlänge