

Formelsammlung Lasertechnik V2021

Elektromagnetische Welle:

Ebene elektromagnetische Welle (E-Feld): $E_{xy}(z,t) = E_{0,xy} * \cos(kz - \omega t + \varphi)$

Zusammenhang Frequenz, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$c = \lambda * f$$

$$c_{\text{vakuum}} = 2,998 * 10^8 \text{ m/s}$$

Lichtgeschwindigkeit im Medium mit Brechungsindex n: $c_{\text{medium}} = c_{\text{vak}} / n$

Atomphysik:

Coulomb'sches Gesetz: $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{q_1 q_2}{r^2} * \vec{u}$ mit $\epsilon_0 = 8,854 * 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$
 $\vec{u} = \text{Einheitsvektor}$

Elektrisches Feld (Punktladung): $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{q}{r^2} * \vec{u}$ mit $\epsilon_0 = 8,854 * 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$

Welle / Teilchen Dualismus

Planck'sches Wirkungsquantum : $h = 6,6260755 * 10^{-34} \text{ Js}$

Photonenenergie : $E = h * f = h * c / \lambda$

de Broglie: $p = m v = \frac{h}{\lambda}$; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$; $h = 6,6260755 * 10^{-34} \text{ Js}$

Bohr'sches Atommodell

Elektronenbahnen: $r_n = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_E Z e^2} n^2$ mit $m_E = \text{Elektronenmasse}$,
 $Z = \text{Ordnungszahl (Anzahl Elektronen)}$
 $e = \text{Elementarladung}$

Elementarladung $e = 1,602 * 10^{-19} \text{ C}$

Potentielle Energie (H-Atom: Z=1) $E_{\text{pot}} = -\frac{Z^2 e^4 m_E}{4\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$

Kinetische Energie (H-Atom: Z=1) $E_{\text{kin}} = \frac{Z^2 e^4 m_E}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$

Gesamtenergie (H-Atom: Z=1) $E_n = -\frac{Z^2 e^4 m_E}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$

Energie: Umrechnung eV \leftrightarrow Joule $1 \text{ eV} = 1,602 * 10^{-19} \text{ J}$

Formelsammlung Lasertechnik V2021

Photoeffekt

Energie der Photonen:

$$E_{\text{phot}} = h \cdot f$$

Austrittsarbeit:

$$W_{\text{Aus}} = h \cdot f_0$$

Maximale kinetische Energie der Elektronen:

$$E_{\text{kin, max}} = e U_{\text{Brems}} \\ = E_{\text{phot}} - W_{\text{Aus}} = h \cdot f - h \cdot f_0$$

Lasertechnik:

Spektralfunktion des Laserlichts:

$$S(f) = \frac{c}{f_0} \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} \exp\left(-\frac{mc^2 (f - f_0)^2}{2kT f_0^2}\right)$$

Halbwertsbreite:

$$\delta = 2 \frac{f_0}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m} \ln 2}$$

Boltzmann-Konstante:

$$k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Longitudinale Moden:

Frequenz:

$$f = m \cdot \frac{c}{2nL}, m: \text{ ganzzahlig}, n: \text{ Brechungsindex}$$

Frequenzabstand der Moden:

$$\Delta f = \frac{c}{2nL}$$

Transversale Moden:

Strahlradius:

$$w_{pl} = w_{00} \sqrt{2p+l+1}, w_{mn} = w_{00} \sqrt{m+n+1}$$

Divergenzwinkel:

$$\Theta_{pl} = \Theta_{00} \sqrt{2p+l+1}, \Theta_{mn} = \Theta_{00} \sqrt{m+n+1}$$

Modenfrequenz:

$$f_{plq} = \frac{c}{2L} \left(q + \frac{2p+l+1}{\pi} \cdot \arccos \sqrt{g_1 g_2} \right) \\ (2p \rightarrow m, l \rightarrow n)$$

Grundmode Gauß-Profil:

$$I(r) = I(0) \exp\left(-\frac{2r^2}{w^2}\right)$$

Formelsammlung Lasertechnik V2021

Strahlgeometrie (Grundmode) und Resonatorbedingungen:

Resonatorparameter: $g_i = 1 - \frac{L}{R_i}$, $i=1,2$.

Stabilitätskriterium: $0 \leq g_1 \cdot g_2 \leq 1$

Strahltaile: $w_0 = \left(\frac{L \cdot \lambda}{\pi} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{g_1 g_2 (1 - g_1 g_2)}{(g_1 + g_2 - 2 g_1 g_2)^2} \right)^{1/4}$

Rayleigh-Länge: $z_R = \frac{w_0^2 \pi}{\lambda}$

Lage der Strahltaile: $t_1 = \frac{g_2 (1 - g_1) L}{g_1 + g_2 - 2 g_1 g_2}$, $t_2 = L - t_1$

Strahlradius am Spiegel 1: $w_1 = \left(\left(\frac{\lambda L}{\pi} \right)^2 \frac{g_2}{g_1} \frac{1}{1 - g_1 g_2} \right)^{1/4}$

Strahlradius am Spiegel 2: $w_2 = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} w_1$

Divergenzwinkel: $\Theta = \frac{\lambda}{\pi w_0}$

Strahlradius: $w(z) = w_0 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_R} \right)^2}$

Laserpulse:

Maximale Pulsleistung: $P_{\max} = \frac{W}{\tau}$, W : Pulsenergie, τ : Pulsdauer

Mittlere Pulsleistung: $P_m = \frac{W}{T} = W \cdot f$, T : Pulsabstand