

Lichtgeschwindigkeit

$$c = \frac{E}{B} = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}} = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

Energiedichte

$$u = u_e + u_m = \frac{\epsilon_0}{2} \cdot E_0^2 + \frac{1}{2\mu_0} \cdot B_0^2$$

$$\text{Energiedichtedichte: } \vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \vec{E} \times \vec{B}$$

$$\text{Intensität } I \cdot \langle |\vec{S}| \rangle = c \cdot |u| = \frac{1}{2\mu_0} E_0 B_0$$

Impuls einer elektromagn. Welle

$$\text{Strahlungsdruck: } P = \frac{F}{A}$$

$$\text{Absorption: } P = \frac{I}{c}$$

$$\text{Reflexion: } P = 2 \frac{I}{c}$$

Optik

Strahlenoptik

$$\text{Brechungsindex: } n = \frac{c}{c_n} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

$$\text{Im Medium: } n = \sqrt{\epsilon_r} \text{ da } \mu_r \approx 1$$

$$\text{Wellenlänge: } \lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

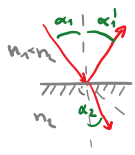
$$\text{Frequenz: } \omega_n = \omega$$

Das Snellius Gesetz

$$\text{Reflexion: } \alpha_1 = \alpha_1'$$

$$\text{Brechung: } n_1 \cdot \sin(\alpha_1) = n_2 \cdot \sin(\alpha_2) \quad \frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1)} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{Totalreflexion: } \sin(\alpha_c) = \frac{n_2}{n_1} \quad n_2 < n_1 \quad \alpha_2 = 90^\circ$$



Dispersion

Brechungsindex ist von λ abhängig

λ kleiner $\rightarrow$ n größer (Beispiel: Prisma)

Linse

Konvex: Sammellinse Konkav: Streulinse

$$\text{Brennweite: } \frac{1}{f} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\text{Brechwert: } D = \frac{1}{f} \quad [D] = \frac{1}{m} = \text{dpt (Dioptrin)}$$

Abbildungsgesetz

$$\text{Abbildungsmaßstab } \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

$$\text{Linsengleichung } \frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

$$\text{effektive Brennweite: } \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_{\text{eff}}} \quad d \rightarrow 0 \text{ für } |f_1| \gg d$$

Linienfehler

• Chromatische Aberration: Dispersion führt zu unterschiedlicher

• sphärische Aberration: Brennweite nimmt am Rand ab

• Astigmatismus: Brennweite horizontal $\neq$ Brennweite vertikal

Lupe

$$V = \frac{L}{L_0} \quad L_0: \text{Sehweite} \quad V = V_{\text{obj}} \cdot V_{\text{okular}} = \frac{L_0}{f_{\text{obj}}} \cdot \frac{1}{f_{\text{okular}}} \quad V = \frac{L}{f_{\text{okular}}}$$

Polarisation

lineare Polarisation: 

zirkuläre Polarisation: 

elliptische Polarisation: 

$$I_p = I_0 \cdot \cos^2(\varphi)$$

Brewster-Reflexion

$$\alpha_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Das Huygens'sche Prinzip

Jeder Punkt einer Welle ist Ausgangspunkt einer Elementarwelle

Interferenz

Kohärentes Licht kann interferieren

$$\text{Konstruktiv: Verstärkung } \Delta x = m \cdot \lambda \quad \Delta \varphi = 0^\circ$$

$$\text{Destruktiv: Auslöschung } \Delta x = \frac{2m+1}{2} \lambda \quad \Delta \varphi = 180^\circ$$

Kohärenz = Interferenzfähigkeit

Beugung

Einzelspalt

$$\text{Beugungsmaxima: } (k + \frac{1}{2}) \lambda = a \sin \alpha$$

$$\text{Beugungsminima: } k \cdot \lambda = a \sin \alpha$$

Doppelspalt / Gitter

$$\text{Beugungsmaxima: } k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Beugungsminima: } (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha$$

Rayleigh-Kriterium

Zwei Punkte können getrennt wahrgenommen werden, wenn Max 1 auf Min 2 trifft

$$\sin(\alpha_{\min}) = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{d}$$

Abbe-Kriterium

man braucht min. die 1. Beugungsordnung

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{NA \sin \alpha} \quad NA \text{ (numer. Apertur)}$$

Quantenoptik

Absorptionsgesetz

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

μ : Absorptionskoeff. $\mu = 0$ $\mu < 0$ dichte
 x : Eindringtiefe Halbwertsdichte:
 $I(x_{1/2}) = I_0 \cdot e^{-\mu x_{1/2}} = \frac{1}{2} I_0$

Rayleigh-Streuung

Hochfrequente Wellen werden stärker gestreut
 $\rightarrow$ blauer Himmel

Mie-Streuung

schwach Frequenzabhängig $\rightarrow$ weiße Wolken

Planck'sches Strahlungsgesetz

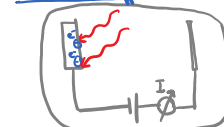
$$M(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad h: \text{Planck'sches Wirkungsquantum}$$

$$\text{Energie Photon: } E_h = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = h \cdot \omega$$

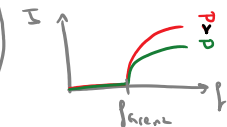
$$\text{Impuls: } p = \frac{h}{\lambda} = h \cdot k$$

$$\text{Leistung: } P = \sum_i h \cdot \omega \quad \omega = \frac{h}{2\pi} \quad \rightarrow \text{Photonenrate}$$

Photoeffekt



$\rightarrow$ Strom I abhängig von f & p



Beobachtung

$$E_{ph} = h \cdot f > W_A \quad \text{um ein Elektron auszulösen}$$

$$E_{kin} = h \cdot f - W_A \quad \text{nach dem Auslösen}$$

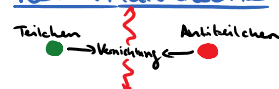
Gegenfeldmethode

Gegenspannung anlegen, bis kein Strom mehr fließt $E_c = e \cdot U_a$

Quantenphysik

(Photonen, Atome, Elementarteilchen)

Relativitätstheorie

Teilchen $\rightarrow$ Antiteilchen


Mass $\rightarrow$ Energie
Energie $\rightarrow$ Mass

$$E = mc^2$$

Folgerung: Teilchenenerzeugung & -vernichtung

de Broglie-Wellenlänge

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Die Unschärferelation

Ort & Impuls nicht gleichzeitig präzise bestimmt

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq h$$

→ Schrödingers Katze