Von der kosmischen Hintergrundstrahlung zur Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation

Formelsammlung

Hohlraumstrahlung:

Energiequant der Hohlraumstrahlung: $E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot f$

Lichtelektrischer Effekt:

Energie eines Photons: $E_\gamma = h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot f$

Einstein-Gleichung: $E_{kin,max} = E_\gamma - W_A = h \cdot f - W_A$

Compton-Streuung:

Impuls eines Photons: $p_\gamma = \frac{E_\gamma}{c} = \frac{h}{\lambda}$

Wellenlängenverschiebung: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_c \cdot (1 - cos\,\vartheta\,)$

mit der Compton-Wellenlänge $\lambda_c = \frac{h}{m \cdot c}$

Welleneigenschaften eines Materie-Teilchens:

De Broglie-Wellenlänge: $\lambda = \frac{h}{p}$ aus $p = \frac{h}{\lambda}$

Frequenz: $f = \frac{E}{h}$ aus $E = h \cdot f$

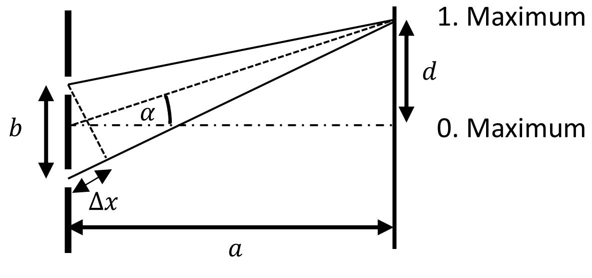
Interferenz:

Interferenzmaxima bei **optischem Gitter** und **Doppelspalt**:

$$\Delta s = k \cdot \lambda \approx b \cdot \sin\alpha$$

$$d = a \cdot \tan\alpha \approx \frac{a}{b} \cdot \lambda$$

(Kleinwinkelnäherung)

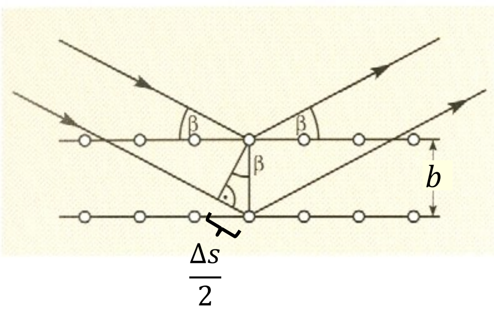


(Δs = Gangunterschied, b = Gitterkonstante, k = Ordnung des Maximums)

Interferenzmaxima bei der **Bragg-Reflexion**:

$$\Delta s = 2 \cdot b \cdot \sin\beta = k \cdot \lambda$$

(b = Netzebenenabstand im Kristall,
k = Ordnung des Maximums)



Formelsammlung

Harmonische Wellen:

Wellenfunktion: $y(x) = A \cdot sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{\lambda}\right) = A \cdot sin(k \cdot x)$

Wellenzahl: $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

De Broglie-Beziehung:

De Broglie-Wellenlänge λ eines Teilchens mit dem Impuls p: $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2\pi} \cdot k = \hbar \cdot k$

Teilchenwellen:

Wellenfunktion: $\Psi(x)$ allgemein: $\Psi(x, y, z, t)$

Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte: $|\Psi(x)|^2$

Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Bereich $[x\,; x + \Delta x]$ für kleine Δx: $|\Psi(x)|^2 \cdot \Delta x$

Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$

nichtrelativistische Mechanik:

Bewegungsenergie: $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$

Impuls: $p = mv$

Spezielle Relativitätstheorie:

Ruheenergie: $E_0 = m_0 \cdot c^2$

Energie-Impuls-Beziehung: $E^2 = {m_0}^2 c^4 + p^2 c^2 = {E_0}^2 + p^2 c^2$

Bewegungsenergie: $E_{kin} = E - E_0$

Elektrodynamik:

Bewegungsenergie, die ein Elektron beim Durchlaufen eines Kondensators gewinnt, an dem die Spannung U anliegt: $E_{kin} = e \cdot U$

Coulombkraft: $F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ mit der elektrischen Feldkonstante $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \frac{As}{Vm}$

Von der kosmischen Hintergrundstrahlung zur Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation

Formelsammlung

Mathematik:

Skalarprodukt der Vektoren $\vec{a}$ und $\vec{b}$: $\vec{a} \circ \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos\vartheta$

(ϑ ist der Winkel zwischen den Vektoren)

$(\vec{a})^2 = \vec{a} \circ \vec{a} = a \cdot a = a^2$ mit $a = |\vec{a}|$

Kleinwinkelnäherung: $\sin\alpha \approx \tan\alpha$

Konstanten:

Plancksches Wirkungsquantum: $h = 6{,}6261 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s = 4{,}1357 \cdot 10^{-15}\ eV \cdot s$

reduziertes Plancksches Wirkungsquantum: $\hbar = \frac{h}{2\pi}$

Lichtgeschwindigkeit: $c = 2{,}998 \cdot 10^{8}\ \frac{m}{s}$

Ruheenergie eines Elektrons: $E_{0,e} = m_e c^2 = 511\ keV$

Ruheenergie eines Protons: $E_{0,p} = m_p c^2 = 938{,}27\ MeV$

Einheiten:

Energie: $1\ eV \approx 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\ J$

Masse: $1\ \frac{eV}{c^2} \approx 1{,}78 \cdot 10^{-36}\ kg$

Größenordnungen:

Durchmesser eines Atoms $\approx 10^{-10}\ m$

Durchmesser eines Atomkerns $\approx 10^{-15}\ m = 1\ fm$

Abstände der Atome in einem Kristall $\approx 10^{-10}\ m$