

# Quantenphysik Formelsammlung

Klassische Physik

Moderne Physik

Konstanten:

Gravitationskonstante:

$$F_V = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67430 \cdot 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$$

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:

$$c = 299792458 \frac{m}{s}$$

Boltzmann-Konstante:

$$k_B = 1.380649 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

Planck-Konstante:

$$h = 6.62607015 \cdot 10^{-34} Js$$

$$E = h \cdot f \text{ Energie}$$

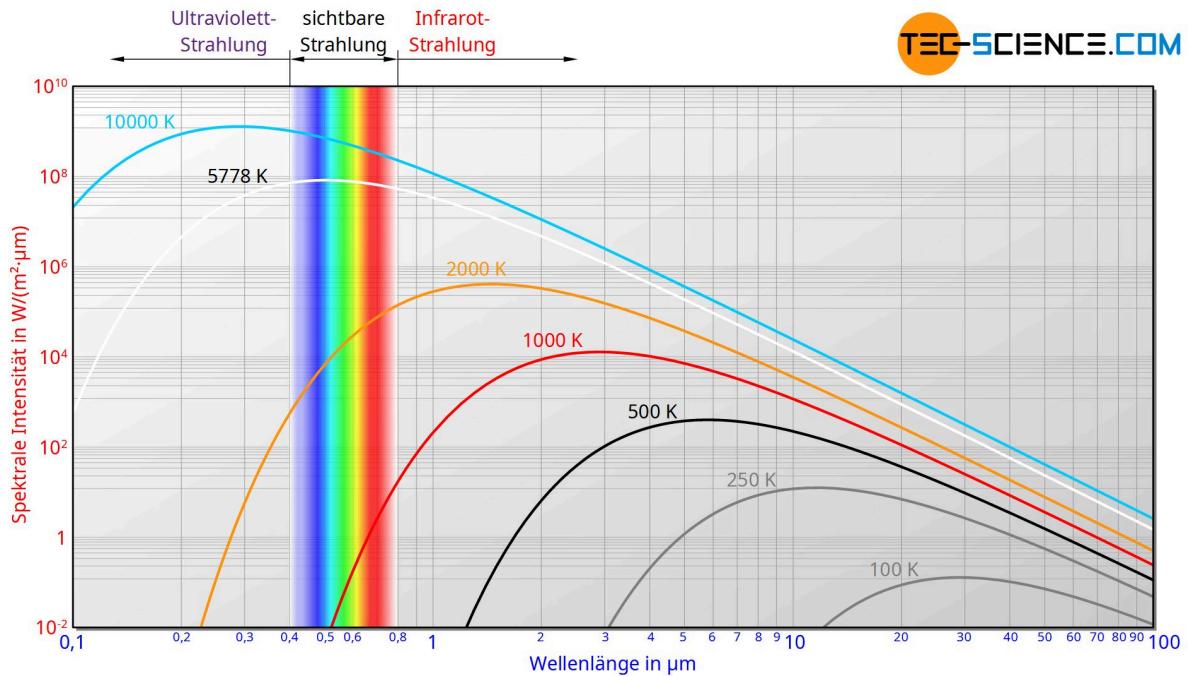
$$p = \frac{h}{\lambda} \text{ Impuls}$$

Frequenz, Wellenlänge und Lichtgeschwindigkeit:  $c = \lambda \cdot f$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{500 \cdot 10^{-9} m} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Oszillator:

Ein System welches um eine Gleichgewichtslage schwingt.



Planksche Strahlungsgesetz:

$$s(f) = \frac{2hf^3}{c^2} \cdot \frac{1}{(e^{\frac{hf}{kT}} - 1)}$$

Plankische Wirkungsquantum:  $E = h \cdot f$   $h = 6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  (Planck-Konstante)

$$F_{\text{Grün}} = 5.5 \cdot 10^{14} \text{ Hz Energie vom Photon} \Rightarrow 6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 5.5 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 3.6443436325 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Ultraviolet-Katastrophe:

Wenn  $h$  klein ist:

1. Mehr Energie bei hohen Frequenzen
2. Hohe Frequenz leichter anzuregen
3. Der Exponentialterm wird schwächer ( $e^{\frac{hf}{kT}}$ )

$h$  bestimmt wie Quantisiert die Energie ist.

Ein Iszilator kann nur Energien annehmen die ein Vielfaches von  $h \cdot f$  sind.

Beispiel: Für eine Stimmgabel mit  $f = 440$  Hz ist die kleinst mögliche Energie Portion  $h \cdot f = 6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 440 \text{ Hz} = 2.915470866 \cdot 10^{-31} \text{ J}$

Kleinst mögliche Energie ist also  $2.915470866 \cdot 10^{-31} \text{ J}$

Wenn  $h$  jetzt kleiner wäre kostet es weniger Energie eine hochfrequente Schwingung anzuregen.

Wenn  $h$  größer wäre kostet es mehr Energie eine hochfrequente Schwingung anzuregen.

Quantisiert:

Die Energie welche ein Wasserstoffatom haben kann sind Lösungen der Schrödiger Gleichung.

$$E_n = -\frac{13.6eV}{n^2}, n = 1, 2, 3\dots$$

## Atommodel Formeln

Die Bohr'sche theorie des Atoms

Bestimmte Bahnen, in denen das Elektron im allgemeinen nicht strahlt. Die Energie dieser Bahnen seien  $E_1, E_2, \dots, E_n$ . Ein Photon wird freigesetzt wenn, ein Elektron von einer Bahn in eine andere mit  $E_m < E_n$  übergeht. Die Energiedifferenz ist dann:  $E_n - E_m$  als Lichtquant ausgestrahlt.

Frequenz von ausgestrahlten Lichts:

$$h \cdot f_{nm} = E_n - E_m$$

$E_n$  wird als Nullpunktsenergie bezeichnet.

Quantisierungsbedingung für den Drehimpuls

Warum nur bestimmte Bahnradien erlaubt sind:

Drehimpuls:  $L = p \cdot r$

$$L = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar$$

Wichtige Formeln Teilchen im Kasten-Modell:

$$E_n = \frac{h^2}{8ml^2} n^2$$

Grundzustandsenergie:

$$E_1 = \frac{h^2}{8ml^2}$$

Alle Energien sind Vielfache der Grundenergie:

$$E_n = E_1 \cdot n^2$$

Wenn ein Wasserstoffatom Energie abgibt, wie lässt sich anhand der diskreten Emissionslinien im Lichtspektrum auf die quantisierte Energie schließen?

Die Emissionslinien haben Wellenlängen ( $\lambda$ ) oder Frequenzen  $f = \frac{c}{\lambda}$  Mit Energieerhaltung:

$$E_{\text{vor}} = E_{\text{ElektronenZustand2}} = E_{\text{ElektronZustand1}} + h \cdot f = E(\text{Nachher})$$

Jeder  $\lambda$ -Wert entspricht einer bestimmten Energie.  $E_{\text{Photon}} = E_2 - E_1$   $\lambda$  zu Energie:

$$\lambda = \frac{E_{\text{Photon}}}{h \cdot c}$$

## Elektronen als Teilchen und Welle

Spezifische Masse:

$$\frac{|Q|}{m} = \frac{2 \cdot U}{r^2 \cdot B^2}$$

Klassische, Maxwell, EM-Welle:

Impuls:

$$P_{\text{Photon}} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

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

$$\text{Impuls} = \text{Geschwindigkeit} \cdot \text{Masse} = \frac{\text{Planksche Konstante}}{\text{Wellenlänge}}$$

Jetzt kann man Kinetische Energie  $E$  durch den Impuls ausdrücken:

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{p^2}{2 \cdot m}$$

Jetzt kann man noch  $E_{\text{kin}}$  mit  $\lambda$  ausdrücken:

$$E_{\text{kin}} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

Energie Erhaltung  $E_1 = E_2$

$$U \cdot |Q| \approx \frac{m_e v^2}{2} = \frac{p^2}{2m_e}$$

umgestellt:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{m_e \cdot U \cdot e}}$$

$m_e$  und  $e$  können sich ändern wenn wir ein anderes Teilchen anschauen.

Röntgenbeugung:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\theta)$$

$n$  Gibt hier die Beugungsordnung an.

Konstruktive Interferenz.

## Licht als Welle und Teilchen

*Interferenz* konstruktive  $\rightarrow$  Verstärkung, destruktive  $\rightarrow$  Auslöschung  
*Beugung* Ablenkung einer Welle an einem Hindernis

Mathematische Beschreibung einer Ebenen, Harmonischen EM\_welle:

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} 0 \\ E_y(x, t) \\ 0 \end{pmatrix}$$

Die Welle breitet sich in X-Richtung aus

Die Größe ist abhängig von  $x$  und Zeit  $t$

$$\vec{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ B_z = (x, t) \end{pmatrix}$$

Zeigt nur in z-X-Richtung und immer:  $\vec{E} \perp \vec{B}$