

7. Wechselwirkung Licht - Materie

24.11.9

7.1 Elektromagnetische Strahlung



„Wellenbild“

Übersicht

transversale harmonische Schwingungen des elektrischen & magnetischen Feldes

→ elektrischer ( $\vec{E}$ ) & magnetischer ( $\vec{B}$ ) Feld stehen ~~senkrecht~~  
senkrecht!

Frequenz:  $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(kx - \omega t) = \vec{E}_0 \sin(\omega t)$   $\omega [Hz] = \frac{2\pi}{T}$

Ang. Ang. der Wiederholungen der Welle pro Sekunde (Zyklus/s)

Wellenlänge:  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  ( $c = \text{Lichtgeschw.}$ )  $\lambda [m]$

Länge, die bei einem Zyklus durchlaufen wird

Wellenzahl  $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(2\pi \vec{v} \cdot \vec{r}) = \vec{E}_0 \sin(kx)$

(Wellenvektor)  $\vec{v} = \frac{\omega}{c} = \frac{1}{\lambda} [cm^{-1}]$

$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} [cm^{-1}]$

Ang. der Wellenlängen in einem cm (Zyklus/cm)

Teilchenbild: Photonen  $h\nu$

7.2 Übersicht über Spektralbereiche

Radiofrequenzen:  $\nu \approx 3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^{10} Hz$

$\lambda \approx 100m - 1cm$

„Kurzwellen“ (NMR)

„Mikrowellen“ (ESK)

sichtbar:  $\nu \approx 3 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16} Hz$

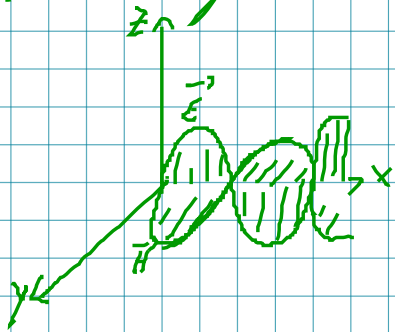
$\lambda \approx 1cm - 100\mu m$

„Röntgen“

## 7. Wechselwirkung Licht - Materie

24.1.19

### 7.1 Elektromagnetische Strahlung



„Wellenbild“

~~linear~~ polarisiert

transversale harmonische Schwingungen des elektrischen & magnetischen Feldes

→ elektrisches ( $\vec{E}$ ) & magnetisches ( $\vec{H}$ ) Feld stehen senkrecht!

Frequenz:  $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t) = \vec{E}_0 \sin(2\pi \nu t) = \vec{E}_0 \sin(\omega t)$   $\nu$  [Hz =  $\frac{1}{s}$ ]

Ang. Anzahl der Wiederholungen der Welle pro Sekunde (Zyklus/s)

Wellenlänge:  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  ( $c =$  Lichtgeschw.)  $\lambda$  [m]

länge, die bei einem Zykklus durchlaufen wird

Wellenzahl  $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(2\pi \vec{\nu} \cdot \vec{x}) = \vec{E}_0 \sin(kx)$

(Wellenvektor)  $\vec{\nu} = \frac{\omega}{c} = \frac{1}{\lambda}$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} [\text{cm}^{-1}]$$

Ang. der Wellenlängen in einem cm (Zyklus/cm)

Teilchenbild: Photonen  $h\nu$

### 7.2 Übersicht über Spektralbereiche

Radiofrequenzen:  $\nu \approx 3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^{10}$  Hz

$$\lambda \approx 100 \text{ m} - 1 \text{ cm}$$

„Kernspinresonanz“ (NMR)

„Elektronenspinresonanz“ (ESR)

Mikrowellen:  $\nu \approx 3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^{12}$  Hz

$$\lambda \approx 1 \text{ cm} - 100 \mu\text{m}$$

„Rotationen“

Infrarot:  $\nu \approx 3 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$\lambda \approx 100 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m}$

"Schwingungen"

Sichtbar/UV:  $\nu \approx 3 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$

$\lambda \approx 1 \mu\text{m} - 10 \text{ nm}$

"äußere Elektronen"

Röntgenstr.:  $\nu \approx 3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$

$\lambda \approx 10 \text{ nm} - 100 \mu\text{m}$

"innere Elektronen"

$\gamma$ -Strahlung:  $\nu \approx 3 \cdot 10^{18} - 3 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$

$\lambda \approx 100 \mu\text{m} - 1 \text{ pm}$

"Kernzustände"

PC II-VL

(Z-atom Modell)

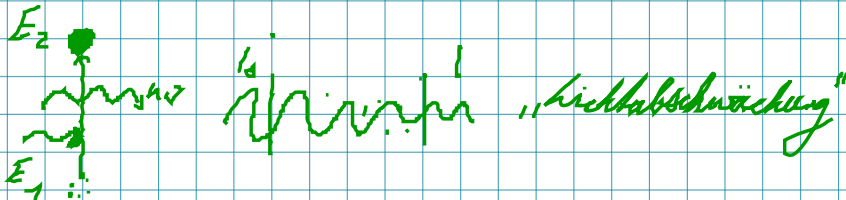
Rotationspektroskopie  $\rightarrow$  starres Rotator

Schwingungspektroskopie  $\rightarrow$  harmonischer Oszillator

Elektronenpektroskopie  $\rightarrow$  H-Atom, Photoeffekt, Teilchen von Katten, ...

### 7.3 Elementare Absorptions- und Emissionsprozesse

a) induzierte Absorption (Z-Niveau-System)



$$P_{12} = B_{12} \rho(\nu)$$

$B_{12}$ : Absorptionswahrscheinlichkeit eines Moleküls für ein Photon pro Sek.

$B_{12}$ : Einsteinkoeff. für die induzierte Absorption

$\rho(\nu)$  = Strahlungsdichte am Ort des Moleküls

Deutung von  $B_{12}$  (Moleküleigenschaft)

$$B_{12} \propto |\vec{R}_{12}|^2 \quad \left\{ \text{Int} \propto |\vec{R}_{12}|^2 \right\}$$

$\vec{R}_{12}$  = elektr. Moment des Übergangs zw.  $E_1$  &  $E_2$

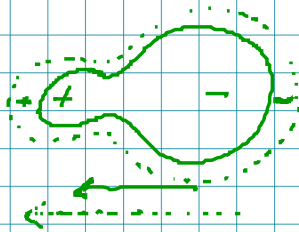
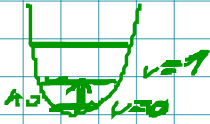
Übergang (Dipol)moment

$$\vec{R}_{12} = \int \Psi_2^* \vec{r} \Psi_1 d\tau \equiv \int \Psi_2^* q \vec{r} \Psi_1 d\tau = q \int \Psi_2^* \vec{r} \Psi_1 d\tau$$

↑  
elektr. Dipoloperator

angeregter Zustand      Grundzustand

Bsp.: Schwingungen HCl



$$\vec{R}_{12} \neq 0$$

$\Delta \mu \neq 0$  während der Schwingung, d.h.  $\frac{\Delta \mu}{\Delta q} \neq 0$

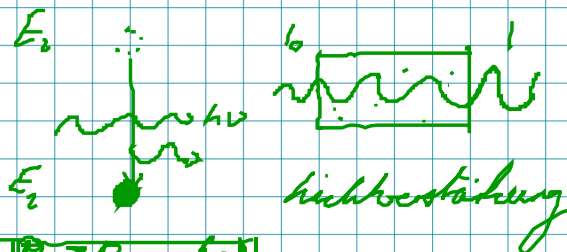
$\Delta v \neq 1$  harm. Osz. Osz.

Auswahlregeln:

geben an, unter welchen Bedingungen ein Übergang möglich ist  
beachte: Übergänge sind Ausnahme, nicht die Regel!

B) induzierte Emission

= stimulierte Emission



$$P_{21} = B_{21} \rho(\nu)$$

$P_{21}$ : Emissionswahrscheinlichkeit eines Moleküls für ein Photon pro Sek.

$B_{21}$ : Einstrahlkoeff. für stimulierte Emission

Beziehung von  $B_{12}$  &  $B_{21}$

$$B_{12} = \frac{g_2}{g_1} B_{21} \quad g_1, g_2: \text{Entartung}$$

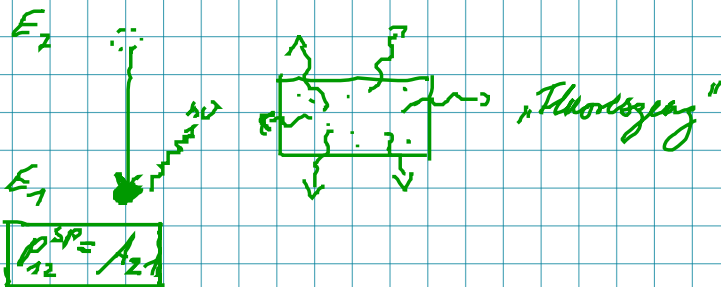
für  $g_1 = g_2$ :  $B_{12} = B_{21}$

wichtige Eigenschaft: Kohärenz

Teilchenbild: emittierender & induzierender Quant besitzen die gleiche Richtung & Frequenz

Wellenbild: Lichtverstärkung erfolgt in Phase und in vorgegebener Richtung (Polarisation) & & Frequenz

c) Spontane Emission



$$P_{12}^{sp} = A_{21}$$

$P_{21}^{sp}$ : Wahrscheinlichkeit für spontane Emission eines Photons in beliebiger Richtung & ohne äußere Einwirkungen  $\rightarrow$  statistischer Prozess

$A_{21}$  = Einwirkkoeff. der spontanen Emission

mittlere Lebensdauer  $\tau_{sp} = \frac{1}{A_{21}}$