

6.1 Quantisierung freier elektromagnetischer Felder

$H = \hbar \nu (c^\dagger c + \frac{1}{2})$, c^\dagger Erzeug. Op.
 c Vernichtungsop.

$c^\dagger c |n\rangle = n |n\rangle \Leftrightarrow [c, c^\dagger] = 1, n = 0, 1, 2, \dots$

Operator des Vektorpotenzials

$\hat{A}(\vec{r}, t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\hbar}{2\pi\epsilon_0 V}} \vec{u} \left[\frac{1}{\sqrt{V}} \exp\{i\vec{q}\cdot\vec{r}\} c + \frac{1}{\sqrt{V}} \exp\{-i\vec{q}\cdot\vec{r}\} c^\dagger \right]$

mit zeitabhängigen $\dot{c} = -2\pi i \nu c$, $\dot{c}^\dagger = i 2\pi \nu c^\dagger$

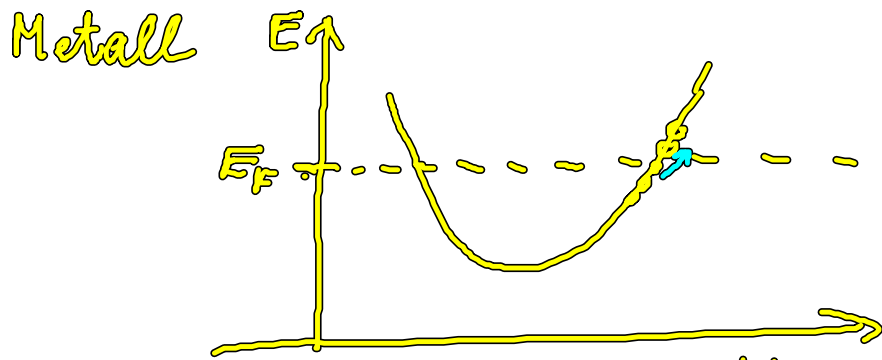
$\Rightarrow \hat{E} = -\dot{\hat{A}} = \dots = \dots c + \dots c^\dagger$

$[c^\dagger c, c] = c^\dagger c c - c c^\dagger c = c^\dagger c c - c^\dagger c c - c = -c$

$[c^\dagger c, c^\dagger] = c^\dagger c c^\dagger - c^\dagger c^\dagger c = c^\dagger c^\dagger c + c^\dagger - c^\dagger c^\dagger c = c^\dagger$

$[\hat{H}, \hat{E}] \neq 0$

1) Elektronische Intra-band Übergänge

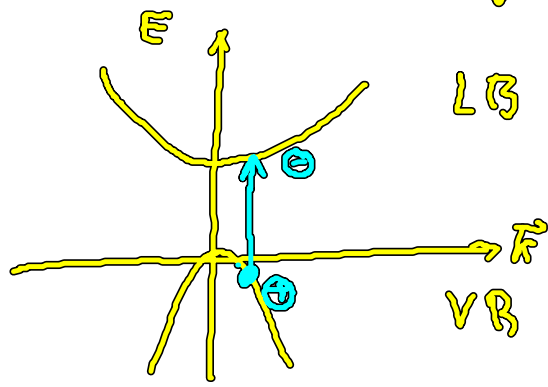


$\frac{d}{dt} \hbar \vec{k} = e \vec{E}, e = -e_0$

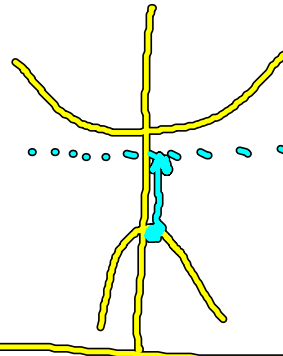
$\hbar \vec{k}' = \hbar \vec{k} + e \vec{E} t$

konstante Geschwindigkeit $\frac{\hbar k}{m v}$ durch Streuprozesse (elektrische Leitfähigkeit)

2) Interband Übergänge bei Halbleitern

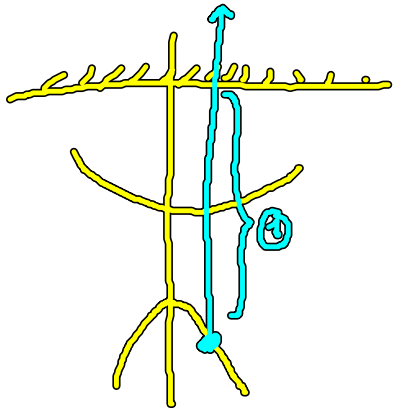


es gibt WW-Prozesse Exzitonen



...I Bindungsenergie des Exzitons

3) Photoemission, Bsp. HL

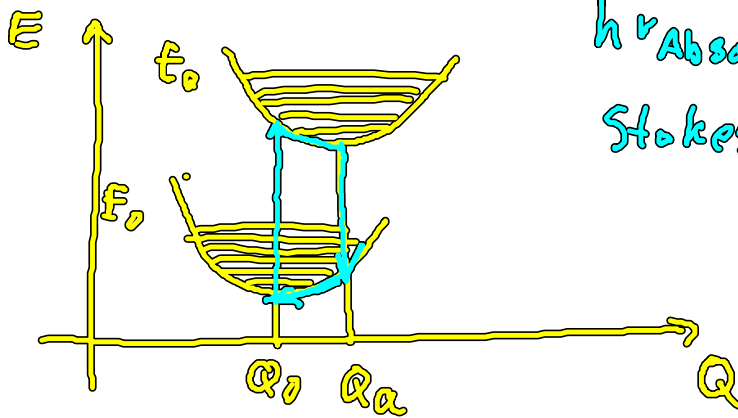


Nullpunkt der elektronischen Energie

Photonenergie besteht aus

- ① elektron. E_u .
- ② Austrittsarbeit
- ③ kinetische Energie im Vakuum

4) Konfigurationsänderung, z.B. Molekül



$h\nu_{\text{Absorption}} > h\nu_{\text{Emission}}$
Stokes-Shift