

6.2 Atomaufbau

6.3 Festkörperphysik

ATOMMODELL

DEMOKRIT (ca. 400 v.Chr.)	J. DALTON (1803)	J. J. THOMSON (1897)	E. RUTHERFORD (1909)	N. BOHR (1913)	E. SCHRÖDINGER (1926)
unteilbare Teilchen	gleichartige Kugeln	Elektronen in einer positiv geladenen Kugel	positiver Kern, Elektronen bilden eine Hülle	Elektronen auf festen Kreisbahnen	Wellenfunktion beschreibt Elek- tronen Orbitale

WELLENFUNKTION UND SCHRÖDINGER-GLEICHUNG

Ist ein Teilchen in einem Potential $W_{\text{pot}}(x)$ eingeschlossen, so bilden sich stehende Materiewellen mit diskreten Energieniveaus $W_n > 0$. Der Ort des Teilchens wird durch die Wellenfunktion $\Psi_n(\vec{r})$ beschrieben, wobei $|\Psi_n(\vec{r})|^2$ die Aufenthaltswahrscheinlichkeit angibt. Zur Berechnung der Wellenfunktion und der Energieniveaus W_n dient die SCHRÖDINGER-Gleichung:

$$\Psi_n''(x) = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} \cdot (W_n - W_{\text{pot}}(x)) \cdot \Psi_n(x)$$

POTENTIALTOPF UND HARMONISCHER OSZILLATOR

→ 1D-Potentialtopf: $W_n = \frac{\hbar^2}{8m \cdot L^2} n^2$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$

→ 3D-Potentialtopf: $W_n = \frac{p^2}{2m} = \frac{\hbar^2}{8m \cdot L} \cdot (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$
mit $n_x, n_y, n_z = 1, 2, 3, \dots$

→ Harmonischer Oszillatator: $W_{\text{pot}}(x) = \frac{1}{2} m \omega_0^2 x^2$

$W_n = \hbar \cdot f \cdot \left(n + \frac{1}{2}\right)$ mit $f = 2\pi\omega_0$ und

$n = 0, 1, 2, 3, \dots \Rightarrow \Delta W = \hbar \cdot f$

DAS WASSERSTOFF-ATOM

→ Energieniveaus:
 $W_{\text{ges},n} = -\frac{m_e \cdot e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$

→ mittlerer Radius:
 $\bar{r}_1 = 0,8 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,8 \text{ \AA}$
mit 1 Ångström
 $= 1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$



6.2 Atomaufbau

6.3 Festkörperphysik

SPEKTRALLINIEN DES WASSERSTOFFS

Die Spektrallinien ergeben sich unmittelbar aus den Energieniveaus:

$$\rightarrow \text{Spektrallinien: } f = \frac{\Delta W}{h} = \frac{m_e \cdot e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^3} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = f_R \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\rightarrow \text{RYDBERG-Frequenz: } f_R = \frac{m_e \cdot e^4}{8 \varepsilon_0^2 h^3} = 3,289\,91 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$n_1 = 1$ LYMAN-Serie, $n_1 = 2$ BALMER-Serie, $n_1 = 3$ PASCHEN-Serie

RITZ'sches Kombinatinsprinzip: Alle Spektrallinien ergeben sich aus Summen bzw. Differenzen der Frequenzen der Serien mit $n_1 = 1$.

EXPERIMENTELLE NACHWEISE

Die diskreten Energieniveaus der Elektronen in den Atomshalen lassen sich sowohl durch die Spektrallinien des Wasserstoffs, die charakteristischen Linien in Röntgenspektren, Absorptionskanten der Röntgenabsorption, als auch durch die inelastischen Stöße beim FRANCK-HERTZ-Versuch nachweisen.

MOSLEY'SCHES GESETZ

Werden schwere Atome mit schnellen Elektronen beschossen zeigen sie ein charakteristisches Röntgenspektrum, das nur von der Kernladungszahl Z abhängt:

$$f = (Z - 1)^2 \cdot f_R \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

LASER

Laser basieren auf stimulierter Emission. Voraussetzung hierfür sind eine Besetzungsinverson und ein Resonator. Laserlicht ist hochgradig monochromatisch, kohärent und gerichtet.

BÄNDERSCHEMA

In einem Festkörper überlagern sich die Energieniveaus der einzelnen Atome zu Bändern. Das höchste voll besetzte Band heißt Valenzband, das nächsthöhere Leitungsband.

Je nach Lage der Bänder zueinander unterscheidet man Isolatoren, Halbleiter, Halbmetalle und Metalle.

HALBLEITER UND IHRE ANWENDUNGEN

Durch das Einbringen von Fremdatomen (Dotierung) werden Halbleiter leitfähig. An der Grenze zwischen einem n - und einem p -Halbleiter bildet sich ein pn -Übergang. Er ist verantwortlich für die Funktion von Halbleiterdioden und Solarzellen. Bipolare Transistoren enthalten zwei pn -Übergänge.