

Unwittingly, and against his mother's advice, Vince the first-row Transition Metal had been lured far away from home, and now found himself surrounded by heavier elements of the P-Block.

- 5.1 Pauli-Prinzip
- 5.2 Das Heliumatom
- 5.2 Elektronenstruktur der Elemente
- 5.4 LS- und jj-Kopplung
- 5.5 Röntgenspektren
- 5.6 Atome im elektrischen Feld

### 5-1 / 3 Symmetrie der Wellenfunktion

Die Elektronen 1 und 2 befinden sich in dem durch die Quantenzahlen  $a \equiv (n_1, l_1, m_{l_1})$ ;  $b \equiv (n_2, l_2, m_{l_2})$  bezeichneten Zustand mit den Einteilchenwellenfunktionen:  $\psi_a(1), \psi_b(2)$

Ladungsverteilung darf sich bei Vertauschung der Elektronen wegen Ununterscheidbarkeit der Elektronen nicht ändern  $\rightarrow$

Symmetrische Wellenfunktion:  $\psi^s = \psi_a(1) \cdot \psi_b(2) + \psi_a(2) \cdot \psi_b(1)$

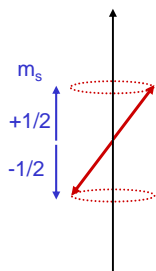
Antisymmetrische Wellenfunktion:  $\psi^a = \psi_a(1) \cdot \psi_b(2) - \psi_a(2) \cdot \psi_b(1)$

Zwei Elektronen mit gleichen Quantenzahlen  $n, l, m_l$  besitzen eine symmetrische Wellenfunktion.

### 5-1 / 4 Spinfunktion

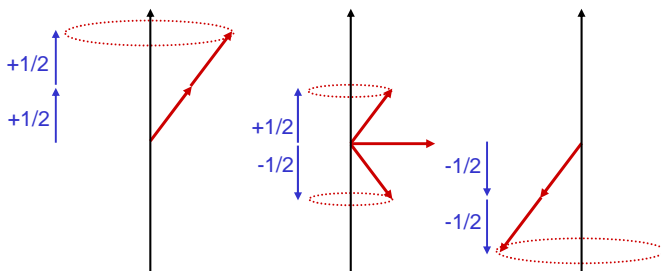
**Gesamtspin:**  $\vec{S} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$ ;  $|\vec{S}| = \sqrt{S(S+1)}\hbar$ ;  $S_z = M_S \hbar$

**Singulett: S = 0**  
(antisymmetrisch)



$$\chi_s = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \chi^+(1)\chi^-(2) \\ -\chi^+(2)\chi^-(1) \end{bmatrix}$$

**Triplet: S = 1**  
(symmetrisch)



$$\chi_s = \begin{cases} \chi^+(1)\chi^+(2) & M_S = +1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} [\chi^+(1)\chi^-(2) + \chi^+(2)\chi^-(1)] & M_S = 0 \\ \chi^-(1)\chi^-(2) & M_S = -1 \end{cases}$$

## 5-1 / 5 Pauli-Prinzip

---

Das statistische Verhalten von quantenmechanischen Teilchen hängt von ihrem Spin ab. Man unterscheidet:

Teilchen mit halbzahligem Spin: Fermionen (z.B.  $e^-$ ,  $p^+$ ,  $n^0$ )  
Teilchen mit ganzzahligem Spin: Bosonen (z.B. Photonen, Alkali-Atome)

### Pauli-Prinzip:

Die Gesamtwellenfunktion eines Systems mehrerer identischer Fermionen ist immer antisymmetrisch, die eines Systems aus identischen Bosonen immer symmetrisch bezüglich einer Vertauschung zweier Teilchen.

Das heißt:

Vertauscht man in der Gesamtwellenfunktion zwei identische Fermionen wechselt die Wellenfunktion das Vorzeichen; vertauscht man zwei identische Bosonen bleibt die Wellenfunktion gleich.

## 5-1 / 6 Pauli-Prinzip

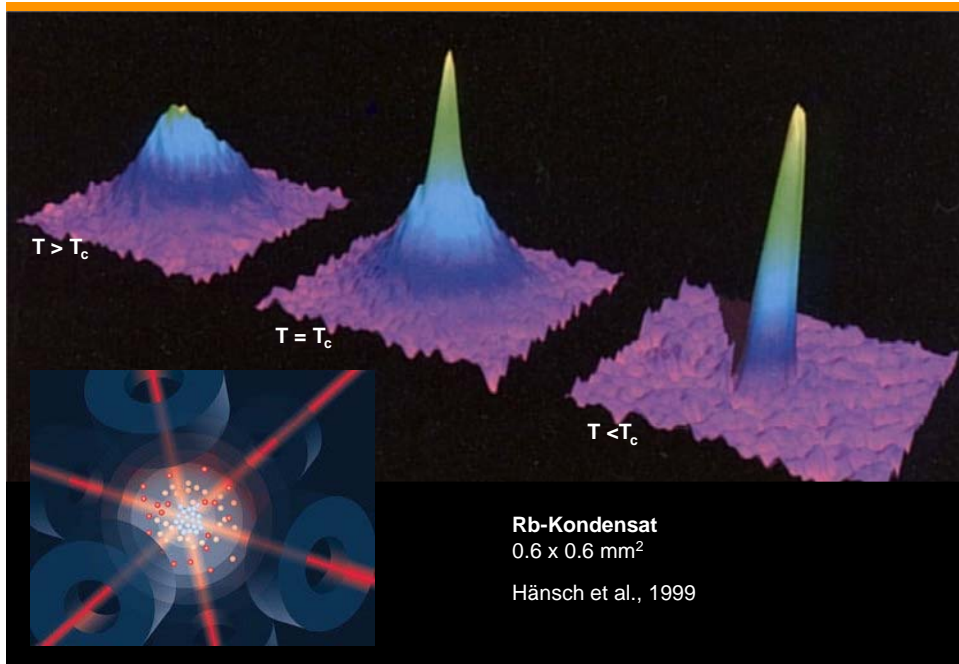
---

### Folgerungen:

- Pauli-Prinzip gilt für Elektronen in Atomen, Molekülen, Festkörpern, aber auch viele andere Systeme (z.B. Protonen und Neutronen im Atomkern)
- Ein durch die Quantenzahlen  $n, l, m_l, m_s$  beschriebener Einelektronen-Zustand eines Atoms kann höchstens durch ein Elektron besetzt werden.
- Ein durch die Quantenzahlen  $n, l, m_l$  beschriebener Einelektronen-Zustand eines Atoms („Atomorbital“) kann höchstens durch zwei Elektron besetzt werden, die dann antiparallel stehen müssen.

5-1 / 7

## Bose-Einstein Kondensation



5-1 / 8

## Atomlaser

