

## Vorbemerkung

Dies ist ein abgegebener Übungszettel aus dem Modul physik421.

Dieser Übungszettel wurde nicht korrigiert. Es handelt sich lediglich um meine Abgabe und keine Musterlösung.

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf [http://martin-ueding.de/de/university/bsc\\_physics/physik421/](http://martin-ueding.de/de/university/bsc_physics/physik421/) gefunden werden.

Sofern im Dokument nichts anderes angegeben ist: Dieses Werk von Martin Ueding ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](#).

[disclaimer]

physik 421 - Übung 12  
Gruppe 4 - Franz Niecknig

Martin Ueding

mu@uni-bonn.de

2013-07-12

H 19

a) Die Energie ist bezüglich  $l$  und  $m$  entartet.  
Also für „ $\leftarrow$ “-Richtung.

Für die „ $\rightarrow$ “-Richtung: Ist wegen Kugelsymmetrie entartet, und wegen Pauli-Lenz auch in  $l$ .  
Also weder weitere Quantenzahlen gebraucht.

b) Berechne zuerst  $[\hat{L}_3, x_3]$ :

$$\hat{L}_3 = \epsilon_{3jk} x_j \hat{p}_k = \underbrace{x_1 \hat{p}_2}_{312} - \underbrace{x_2 \hat{p}_1}_{321}$$

$$[\hat{L}_3, x_3] = [x_1 \hat{p}_2, x_3] - [x_2 \hat{p}_1, x_3]$$

$$= 0, \text{ da } [x_i, \hat{p}_j] = i\hbar \delta_{ij}$$

Berechne nun  $[\hat{L}_3, \hat{x}_\pm]$ :

$$[\hat{L}_3, x_1 \pm i x_2] = [x_1 \hat{p}_2 - x_2 \hat{p}_1, x_1 \pm i x_2]$$

$$= \underbrace{[x_1 \hat{p}_2, x_1]}_{=0} - [x_2 \hat{p}_1, x_1] \pm i [x_1 \hat{p}_2, x_2] \mp i \underbrace{[x_2 \hat{p}_1, x_2]}_{=0}$$

$$= -x_2 [\hat{p}_1, x_1] \pm ix_1 [\hat{p}_2, x_2]$$

$$= i\hbar x_2 \mp i\hbar x_1$$

$$= \hbar x_1 \pm i\hbar x_2$$

$$= \hbar \hat{x}_{\pm}$$

Es ist zu zeigen, dass:

$$|\langle n' | \vec{e} \cdot \vec{x} | n \rangle|^2 \neq 0 \iff \text{Auswahlregeln erfüllt}$$

Was ist das  $\vec{e}$ ?