

(115)

Laserkühlung



$v=0$, es findet keine Absorption von Licht in ~~Ato~~ statt.

v nach links $\Rightarrow$ rotverschoben gegenüber rotem LASER
blauverschoben gegenüber rotem LASER

Photon wird bevorzugt von linken Atom absorbiert.

Bei jeder Absorption eines Photons muss auch der Impuls des Photons ~~übertragen~~ aufgenommen werden

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

d.h. es wird ein Impuls nach rechts auf das Atom übertragen. Es wird abgebrems, d.h. kinetische Energie sinkt. Temperatur sinkt.

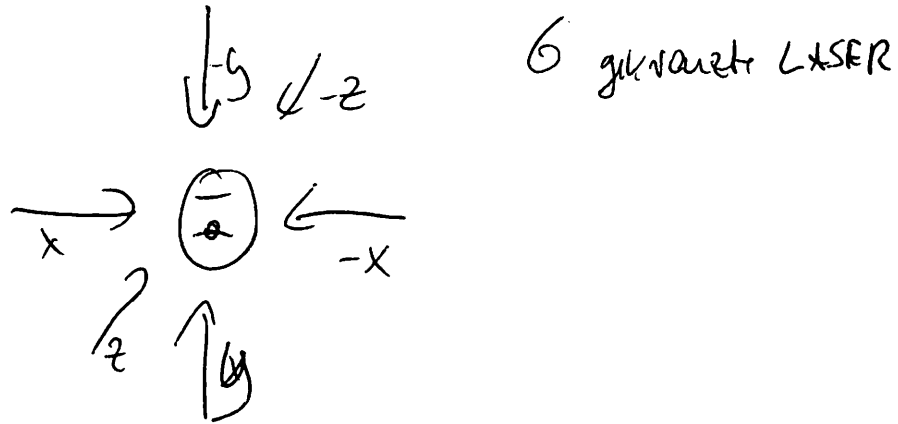
Analog für Atom mit v nach rechts.

Die spontane Emission des Atoms erfolgt isotrop in alle Raumrichtungen, d.h. im Mittel über viele Absorptions- und Emissionsprozesse wird gilt $v \rightarrow 0$.

LASER Kühlung

(118)

In 3D

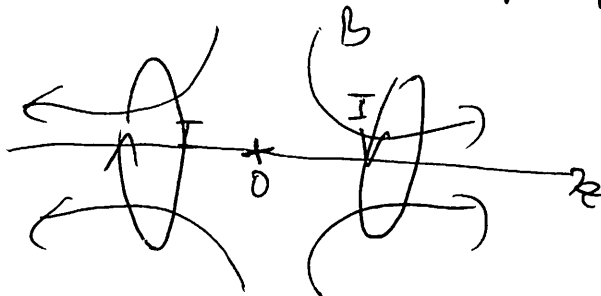


Atom werden abgelenkt aber nicht gefangen. keine Rückstellkraft
im $\vec{N}=0$.

Da Atom elektrisch neutral sind, kann elektrostatische Falle
die Atome nicht einsperren.

Hyperfine?

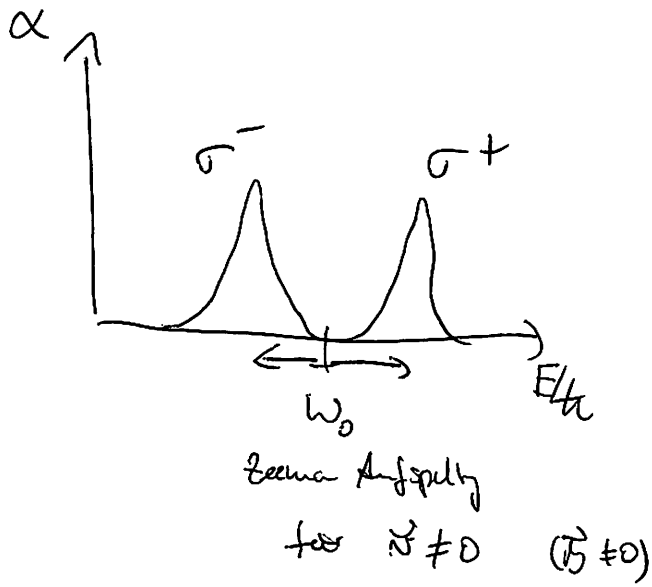
inhomogenes Magnetfeld eines
"Anti"-Helmholtz-Spulenpaars.



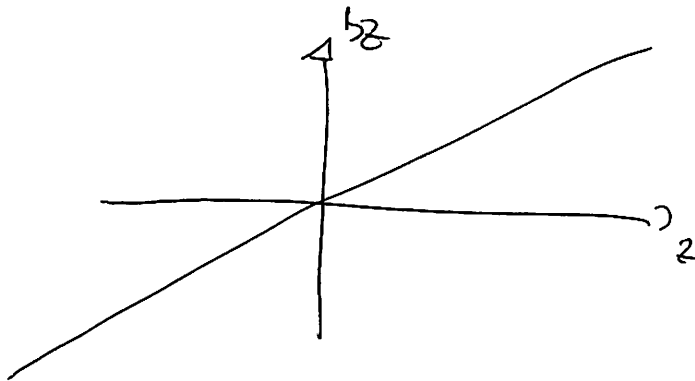
$$\vec{B}(\vec{r}=0) = 0$$
$$\vec{B} \neq 0 \text{ sonst}$$

117

Der Zeeman-Effekt spaltet die ^{Kerns} ~~Linien~~ des Atoms auf.

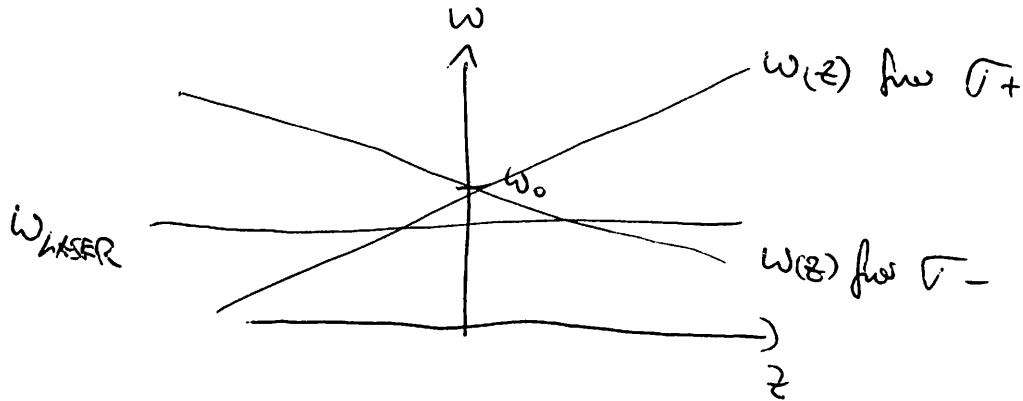


Entlang z-Achse



(118)

$$V=0$$



Für $z=0$ ist die Wellenintensität gleich groß σ^+ oder σ^- Photonen, ~~also~~ Photonen zu absorbieren. $\Rightarrow$ keine Netto Impulsübertrag, keine Kraft.

Für $z > 0$ wird die Wellenintensität der σ^- Photonen von links nach rechts zu absorbieren größer als von links mit σ^+

$\rightarrow$ effektive Kraft nach rechts oder Reststellkraft

analog für $z < 0$

Fallenwirkung

analog für x und y Richtung

Bei 6 LASERN ergibt sich also Fallenpotential + LASER Kühlung

$\leadsto$ Folie

Es lassen sich Temperaturen im nK Bereich erzielen!

$\leadsto$ Diese Erreichung Kondensation, deren spektr. width
Wenn wir Vielteilchenphysik machen!

115

Magnetische Dipolübergänge

Analogie: völlig analog zu unsem. Rechnen mit elektrischen Dipolübergängen nur mit Maxw. Element

$$\langle g_j \mu_B \vec{B}_j \rangle$$

Kein Radialanteil, kein Orbitalanteil

~~Δl=0~~ $\Delta l = 0$, $\Delta l = 0$ als $\Delta m_l = 0, \pm 1$

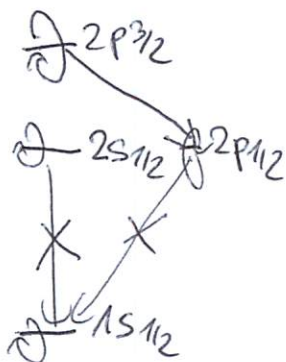
$$\Delta m_s = 0, \pm 1$$

mit Spin Dreh

$$\Delta l = 0 \quad \Delta l = 0 \quad \Delta j = 0, \pm 1 \quad \Delta m_j = 0, \pm 1$$

$$b = 0$$

$$b \neq 0$$



$$2P_{3/2} \begin{matrix} \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \\ \uparrow \end{matrix} \begin{matrix} 3/2 \\ 1/2 \\ 1/2 \\ -3/2 \end{matrix}$$

$$\Delta m_j = 0 \rightarrow \omega = 0$$

keine Ausstrahlung
Emission

Elektronenspinresonanz

$$\vec{B}_0 \parallel z$$

+ zeitabhängiges B Feld

$$\Delta E = \hbar \omega = \pm g_j \mu_B B_0$$

$$\Delta m_j = \pm 1$$

$$\vec{B} = \vec{B}_0 \cos \omega t$$

$$\vec{B}_1 \perp \vec{B}_0$$

Für $B = 0.3T$ ergeben sich für je nach g_j Frequenzen von ca 10 GHz

→ Mikrowellen absorptions

oft für Konstant und B_0 durchführen → Ursache

→ Folie

(120)

Kompensations

analoge Kug mit $\vec{F}$ und $\vec{g}$ μB $\vec{F}$ wobei für ca 1800 faden
Kern ist

0,3 T $\Rightarrow$ 10 MHz Radiofrequenz

$\rightarrow$ Teil

121 4.4. Der Stark Effekt (kurz)

Atome im elektrostatischen Feld

Beobachtung: Linearer Stark Effekt (Anomalie)

Linien spalten linear mit angelegtem Feld auf

Quadratischer Stark Effekt (Regelfall)

Linien spalten quadratisch mit angelegtem Feld auf

Störung $V_{\text{Stark}} = -e \vec{E} \cdot \vec{r}$

$\vec{E} \parallel \vec{z}$ ohne Einschränkung der Allgemeinheit

Störungsrechnung 1. Ordnung

$$\Delta E = -e \langle \vec{E} \cdot \vec{r} \rangle$$

$\uparrow$
ungerade Parität

$\Rightarrow$ Falls ψ gerade oder ungerade Parität ist, so ist

$$\langle \psi | \vec{r} | \psi \rangle = 0$$

Zur Erinnerung Parität $= (-1)^l$

$\Rightarrow$ linearer Stark Effekt nur bei Entartung mehr l

z.B. $2p_{1/2}$ und $2s_{1/2}$ sind entartet

z.B. $\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi_{2p_{1/2}} + \psi_{2s_{1/2}})$

$$\Rightarrow \Delta E = \frac{1}{2} \langle \psi_{2p_{1/2}} + \psi_{2s_{1/2}} | \vec{r} | \psi_{2p_{1/2}} + \psi_{2s_{1/2}} \rangle$$

$$= \frac{1}{2} (\underbrace{\langle \psi_{2p_{1/2}} | \vec{r} | \psi_{2s_{1/2}} \rangle}_{\substack{\text{Parität: } (-1) \cdot (-1) \cdot 1 = 1}} + \underbrace{\langle \psi_{2s_{1/2}} | \vec{r} | \psi_{2p_{1/2}} \rangle}_{\substack{1 \cdot (-1) \cdot (-1) = 1}} +$$

$$\underbrace{\langle \psi_{2p_{1/2}} | \vec{r} | \psi_{2p_{1/2}} \rangle}_0 + \underbrace{\langle \psi_{2s_{1/2}} | \vec{r} | \psi_{2s_{1/2}} \rangle}_0)$$

(122)

Für den Quadratischen Stark Effekt nicht ~~stark~~ Störperturbation
1. Ordnung nicht aus.

$\Rightarrow$ Störperturbation 2. Ordnung

$$H = H_0 + \lambda H' \quad \psi \approx$$

$$(H_0 + \lambda H') (u_n + \lambda u_n^{(1)} + \lambda^2 u_n^{(2)}) = (\epsilon_n + \lambda \epsilon_n^{(1)} + \lambda^2 \epsilon_n^{(2)}) (u_n + \lambda u_n^{(1)} + \dots)$$

Störperturbation 2. Ordnung sind Terme bis λ^2

$$\epsilon_n^{(2)} = \sum_{n \neq m} \frac{|\langle u_n | H' | u_m \rangle|^2}{E_m^0 - E_n^0}$$

↑

Änderung der Energie in 2. Ordnung des Zustands u_n .

Physikalische Erklärung

Atomare Wellenfunktionen ~~haben~~ sind entweder symmetrisch oder antisymmetrisch (Parität) und damit R^2 symmetrisch

$\Rightarrow$ kein Dipolmoment

Anlegen eines Feldes erzeugt ein Dipolmoment, welches proportional zu E ist, welches dann mit E zu einer Energieverschiebung führt.