Hinweis

Die vorliegende Lösung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Lösung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:
https://www.physics-and-stuff.com/

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Lösungen! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Physik IV Blatt 10

Marvin Zanke

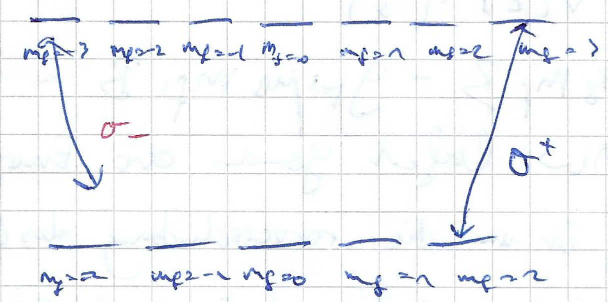
Σ 12/20

I) 1.) $$g_F = g_J \frac{F(F+1) + J(J+1) - I(I+1)}{2F(F+1)}$$

2.) $$g_J = 1 + \frac{J(J+1) - L(L+1) + S(S+1)}{2J(J+1)}$$

Da wir ein Zweiniveausystem suchen, müssen wir neben $\Delta l = \pm 1$ sicherstellen, dass $\Delta F = 0, \pm 1$ und außerdem kein anderer Zerfall in ein anderes Niveau möglich ist. Prädestiniert dafür ist der Übergang

$3\,{}^2P_{3/2}$ $F=3$



$3\,{}^2S_{1/2}$ $F=2$

Durch ein Magnetfeld wird nur mit

$$\Delta E = \frac{g_F}{\hbar} \mu_B m_F B$$

die Energieniveaus aufgespalten. Wir müssen sicherstellen dass $g_F \cdot m_f$ nicht gleich ist für die beiden Niveaus.

$$g_{J_{1/2}} = 1 + \frac{1/2 \cdot 3/2 + 1/2 \cdot 3/2}{2 \cdot 3/4} = 1 + \frac{3/2}{3/2} = 2$$

$$g_{J_{3/2}} = 1 + \frac{3/2 \cdot 5/2 + 1/2(3/2) - 1 \cdot 2}{2 \cdot 15/4} = 1 + \frac{10/4}{15/2} = 1 + 2/3 = 5/3$$

$$g_{F_2} = 2 \cdot \frac{6 + 3/2 \cdot 1/2 - 3/2 \cdot 5/2}{2 \cdot 6} = 1/2$$

$$g_{F_3} = 5/3 \cdot \frac{12 + 3/2 \cdot 5/2 - 3/2 \cdot 5/2}{2 \cdot 12} = \cancel{5/6} \quad \frac{\cancel{4}\,2}{3}$$

Man muss σ^+ bzw. σ^- polarisiertes Licht verwenden

3.) $F = m \cdot a = \frac{p}{\tau}$ Lebensdauer $\tau = \frac{1}{\Gamma} \cdot 2$

$$\Rightarrow a_{max} = \frac{p \cdot \Gamma}{2m} = \frac{\hbar k \, \Gamma}{2m} = \frac{\hbar 2\pi \Gamma}{2m\lambda} = 9{,}18 \cdot 44 \cdot 10^{3} \frac{m}{s^2}$$

Das kommt hin

Verlauf des Magnetfelds:

$v(t=0) = v_0$ Startgeschwindigkeit

$\boxed{1}$ $\frac{1}{2} k_B T = \frac{1}{2} m v_0^2 \Leftrightarrow v_0 = \sqrt{\frac{k_B T}{m}} = 511{,}24 \frac{m}{s}$

Freiheitsgrad nur einmal

$s = \frac{1}{2} a t^2 - v_0 t$, $v = at + v_0 \Leftrightarrow \frac{v - v_0}{a} = t$

$$z = \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a}\right)^2 = \frac{1}{2} \frac{(v - v_0)^2}{a} \Leftrightarrow v - v_0 = \sqrt{2az}$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{2az} + v_0$$

$$w = \Delta = \frac{2\pi}{\lambda_{Laser}} \cdot v(z) \cdot \left(\frac{1}{s}\right)$$

$$\Delta E = g_F \mu_B m_F B - g_{F'} \mu_B m_{F'} B = B \mu_B (g_F m_F - g_{F'} m_{F'})$$

$\Delta E = \hbar w$ liefert genau die Energieverschiebung die nötig ist um die Rotverschiebung des Lasers auszugleichen (Dopplereffekt). Damit wir immer noch auf Resonanz antreiben müssen die Energieniveaus näher zusammen gebracht werden, also $\Delta E < 0$.

4.)

$$V = \sqrt{2az} + V_0 \Rightarrow V = 0 \Leftrightarrow V_0^2 = 2az \Leftrightarrow z = \frac{V_0^2}{2a}$$

$$V_{0,N} = \sqrt{\frac{k_B T}{m}} = 511,23 \frac{m}{s}$$

$$a_N = \frac{h \pi \Gamma}{m \lambda} = 918,44 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2}$$

$$\Rightarrow z = 0,142 \, m$$

$$V_{0,Rb} = 234,01 \frac{m}{s}$$

$$a_{Rb} = 110,84 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2}$$

$$\Rightarrow z = 0,249 \, m$$

$$V_{0,Cs} = 180,21 \frac{m}{s}$$

$$a_{Cs} = 55,314 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2}$$

$$\Rightarrow z = 0,293 \, m$$

Die Werte sind allesamt etwas zu klein (~ Faktor 2)

6/10

II) Der Laser besitzt konstante Intensität und demnach ~~[illegible]~~ nach dem Spiegel eine exponentiell abfallende Intensität.

$V_{pot} = mgz$

$V_{er} = ?$

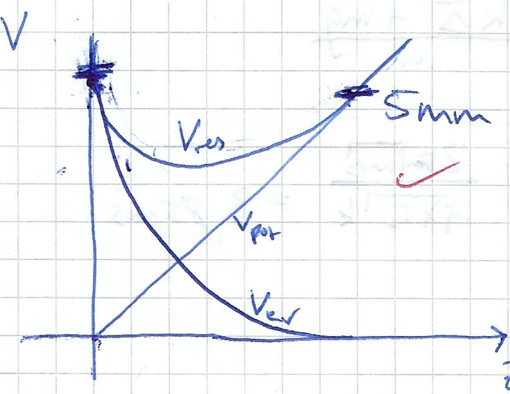
$I(z) = I_0 e^{-kz}$

$\delta E = \frac{\hbar \Omega_R^2}{4\Delta}$; $I = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2$

$= \frac{\hbar \left(\frac{E_0 3 e a_0}{\hbar}\right)^2}{4\Delta} = \frac{9 e^2 a_0^2 E_0^2}{4\Delta\hbar} = \frac{9 e^2 a_0^2 \cdot 2 I(z)}{4\Delta\hbar c \epsilon_0}$

$= \frac{9 e^2 a_0^2 I_0 e^{-kz}}{2\Delta\hbar c \epsilon_0}$

$V(z) = V_{er}(z) + V_{pot}(z) = \frac{9 e^2 a_0^2 I_0 e^{-kz}}{2\Delta\hbar c \epsilon_0} + mgz$



$T = 5\mu K$
$m = 133u$
$h = 5mm$

$E_{kin} = mgh = 1{,}08 \cdot 10^{-26} J$

$E_{th} = \frac{1}{2} k_B T = 3{,}45 \cdot 10^{-29} J$

$\Rightarrow$ kinetische Energie beim Anfall größer.

2.) $\omega - \omega_0 = 2\pi \cdot 1{,}6\,GHz$, $\omega_0 = 2\pi \frac{c}{\lambda} =$

$\Rightarrow \omega = 2{,}211 \cdot 10^{15} \frac{1}{s} \Rightarrow f = 3{,}5187 \cdot 10^{14}\,Hz$

$\Rightarrow \lambda = 851{,}996\,nm$

gesucht ist, wo $V(z=0)$ größer ist als $V(z=5mm)$

Sodass das Teilchen nicht [illegible]

$$V(z=5\,mm) \leq V(0) \qquad k=\frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\frac{g_e^2 a_0^2 I_0 e^{-k(5mm)}}{2\Delta\hbar c\epsilon_0} + mg(5\,mm) < \frac{g_e^2 a_0^2 I_0}{2\Delta\hbar c\epsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow mg(5\,mm) < \frac{g_e^2 a_0^2 I_0}{2\Delta\hbar c\epsilon_0}\left(1-e^{-\frac{2\pi}{\lambda}5mm}\right)$$

$$\Leftrightarrow I_0 > mgz \quad \Delta \cdot \frac{1}{\chi} \cdot \frac{1}{1-e^{-kz}}$$

Es gilt $\frac{g_e^2 a_0^2}{2\hbar c\epsilon_0} = 1{,}156 \cdot 10^{-21} = \chi$

Und damit folgt: $I_0 > 94243{,}1\ \frac{W}{m^2}$ ✓

3.) $m\ddot{z} = -\frac{dV}{dz}$

$$\Leftrightarrow m\ddot{z} = \chi k \cdot \frac{I_0}{\Delta} e^{-kz} + mg$$

$$e^{-kz} \simeq 1-kz$$

$$\Rightarrow m\ddot{z} = \chi k \frac{I_0}{\Delta}(1-kz) + mg$$

$$\Leftrightarrow \ddot{z} + \underbrace{\frac{\chi k^2 \frac{I_0}{\Delta}}{m}}_{\omega_0^2} z = \frac{\chi k \frac{I_0}{\Delta} + mg}{m}$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi\sqrt{m\Delta}}{\sqrt{\chi I_0}\,k} = 3{,}85\,\mu s$$

Sollten eher so ~0.03 s sein

6/10