

1)	2
2)	4
3)	12
Σ)	7 1/2

Nr. 1

$$a) \vartheta_{lab} = \arctan \left(\frac{\sin(\vartheta_{cm})}{\gamma(\cos(\vartheta_{cm}) + \frac{\beta_{cm}}{\beta_{lab}})} \right)$$

hier müsste eigentlich
1/3 statt 1/2 stehen

$$\beta_{lab} = \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{mc^2 + T} \right)^2} = \sqrt{1 - \frac{511 \text{ keV}}{511 \text{ keV} + 27,56 \text{ GeV}}} \approx 0,9999999998$$

$$\gamma = \sqrt{1 + \frac{p^2}{(mc)^2}} = \sqrt{1 + \frac{T^2 - m^2}{m^2}} = \sqrt{1 + \frac{(27,56 \text{ GeV})^2 - (511 \text{ keV})^2}{(511 \text{ keV})^2}} \approx 53816$$

$$\beta_{cm} = \frac{p_v + p_e}{E_v + E_e} = \frac{\frac{h}{\lambda} + \sqrt{T^2 + 2Tm}}{\frac{h}{\lambda} + T + m} = \frac{2,33 \text{ eV} + 27,56051 \text{ GeV}}{2,33 \text{ eV} + 27,56 \text{ GeV} + 511 \text{ keV}} \approx 0,9999999998$$

$$\Rightarrow \frac{\beta_{lab}}{\beta_{cm}} = 0,9999907 \approx 1$$

zu wenige Stellen

$$\Rightarrow \vartheta_{lab}(90^\circ) = \arctan \left(\frac{\sin(90^\circ)}{53816(\cos(90^\circ) + 1)} \right) = 1,065 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\vartheta_{lab}(180^\circ) = 180^\circ \quad (0^\circ \text{ unrealistisch})$$

$$E'_V = E_V \cdot \frac{1 - \beta_{lab} \cos(\theta)}{(1 - \beta_{lab} \cos(\theta)) + \frac{h\nu}{\gamma mc^2} (1 - \cos(\theta))}$$

$$\Rightarrow E'_V(90^\circ) = 2,33 \text{ eV} \cdot \frac{1 - \beta_{lab} \cos(180^\circ)}{(1 - \beta_{lab} \cos(1,065 \cdot 10^{-3})) + \frac{2,33 \text{ eV}}{53816 \cdot 511 \text{ keV}} (1 - \cos(180^\circ - 1,065 \cdot 10^{-3}))} = 8,594 \text{ GeV}$$

$$\Rightarrow E'_V(180^\circ) = 2,33 \text{ eV} \cdot \frac{1 - \beta_{lab} \cos(180^\circ)}{(1 - \beta_{lab} \cos(0^\circ)) + \frac{2,33 \text{ eV}}{53816 \cdot 511 \text{ keV}} (1 - \cos(180^\circ))} = 12,613 \text{ GeV}$$

Folgefehler ①

$$b) x = 65 \cdot \tan(\vartheta_{cm}) = 65 \text{ m} \cdot \tan(1,065 \cdot 10^{-3}) = 1,208 \text{ mm}$$

Polarimeter muss min. 1,208 mm auflösen können.

Folgefehler ②

①/2

Nr. 2

$$a) \vec{E} = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} \quad \vec{E} \perp \vec{B} \quad \mu = \frac{E}{B}, \quad E_{sp} = \frac{h\nu}{2} = \frac{h \cdot 706 \text{ Hz}}{2} = 2,319 \cdot 10^{-23} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{2,319 \cdot 10^{-23} \text{ J}}{2,5 \text{ T}} = 9,2765 \cdot 10^{-24} \frac{\text{J}}{\text{T}} \quad \checkmark \quad ①$$

$$b) E = h\nu = h \cdot 106 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 0,438 \text{ meV}$$

Energien 1→3 & 2→4, 1→2 & 3→4 identisch ⇒ keine Polarisation
⇒ 1→4 und 2→3 geeignet ✓

$$1 \rightarrow 4 \Leftrightarrow E = 0,28994 \text{ meV} \Rightarrow \nu = 70,106 \text{ Hz} \quad \checkmark \quad ①$$

$$2 \rightarrow 3 \Leftrightarrow E = 0,28906 \text{ meV} \Rightarrow \nu = 69,896 \text{ Hz} \quad \checkmark$$

$$c) 1 \rightarrow 4 \text{ und } 2$$

Polarisierende Relaxation
Anregung

$$\Rightarrow w_1 = w_2$$

$$\frac{w_3}{w_1} = \frac{w_4}{w_2} = e^{-\frac{\Delta E}{kT}}, \quad w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1 \quad ①$$

$$\Rightarrow w_4 = w_2 e^{-\frac{\Delta E}{kT}}, \quad w_3 = w_1 e^{-\frac{\Delta E}{kT}} = w_2 e^{-\frac{2\Delta E}{kT}}$$

$$\Rightarrow w_2 e^{-\frac{\Delta E}{kT}} + w_2 + w_2 e^{-\frac{2\Delta E}{kT}} + w_2 e^{-\frac{\Delta E}{kT}} = 1 \Rightarrow w_2 = (1 + 2e^{-\frac{\Delta E}{kT}} + e^{-\frac{2\Delta E}{kT}})^{-1} = 0,9343 \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow w_4 = w_1 = 0,0323 \quad \checkmark, \quad w_3 = 0,00117 \quad \checkmark \quad ①$$

Nr. 3

a) $\mathcal{L} = l_B \frac{N_2}{A} (S_T \times) = \frac{N_1}{u/v} \cdot \frac{N_2}{A} (S_T \times)$

Ansatzfehler

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{p}{E}\right)^2}} \Rightarrow \frac{u}{v} = \gamma m_p v \quad l_B = \frac{5 \cdot 10^{20}}{\gamma m_p v} \rho = \frac{5 \cdot 10^{20}}{\gamma m_p v} \sqrt{1-\left(\frac{p}{E}\right)^2} \cdot \rho$$

$$\Rightarrow \mathcal{L} = 5 \cdot 10^{20} \cdot \frac{3,2 \text{ GeV}}{m_p \cdot 574 \text{ m}} \sqrt{1 - \frac{(3,2 \text{ GeV})^2}{(3,2 \text{ GeV})^2 + m_p^2}} \cdot N_2 \cdot \left(0,088 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ cm}\right) \\ = 2,656 \cdot 10^{34} \frac{1}{\text{cm}^2 \text{ s}}$$

b) $l_B = \frac{\mathcal{L}}{g_{\text{int}}} = \frac{5 \cdot 10^{33}}{10^{18}} \frac{1}{\text{cm}^2 \text{ s}} \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}} \checkmark$

①

$$|e| = e l_B = 0,801 \frac{\text{e}}{\text{s}} = 0,801 \text{ A} \checkmark$$

c) $\dot{N} = \mathcal{L} \sigma \Rightarrow N = \mathcal{L} \sigma t = \frac{200}{300} \Rightarrow t = \frac{200}{\mathcal{L} \sigma}$

Rechenfehler

a) $t = \frac{200 \cdot 200}{2,656 \cdot 10^{34} \frac{1}{\text{cm}^2 \text{ s}} \cdot 10^{-24} \cdot 3 \cdot 10^{-25} \text{ cm}^2} \text{ s} = 20 \cdot 10^6 \text{ s} \quad 3,765 \cdot 10^6 \text{ s}$

b) $t = \frac{300 \cdot 200}{5 \cdot 10^{33} \cdot 10 \frac{1}{\text{cm}^2 \text{ s}} \cdot 10^{-24} \cdot 3 \cdot 10^{-25} \text{ cm}^2} = 20 \cdot 10^6 \text{ s} \checkmark \quad \left(\frac{1}{2}\right)$