

# Musterlösung

(30.05.2014)

	Praktikum	Linsen	Prisma	Relativität	Radioaktivität	QM	GESAMT
Theorie:			6+4	2	5	4+4	25
Aufgaben:		8	4	4+3	4		23
Praktikum:	12						12

## 1) Praktikum : Einfachspalt (2+2+4+2+2 = 12 Punkte)

$$\lambda = 532 \text{ nm} = 532 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$\ell = 0,1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m}$$

$$D = 289 \text{ cm} = 2,89 \text{ m}$$

a)  $\sin \alpha = \frac{\Delta s}{\ell}$  mit  $\Delta s = k \cdot \lambda$  (destruktive Interferenz beim Einfachspalt)

$$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{\ell}$$

$$\tan \alpha = \frac{d_k}{D}$$

Kleinwinkelnäherung:  $\alpha < 5^\circ$ :  $\tan \alpha = \sin \alpha$

$$\frac{d_k}{D} = \frac{k \cdot \lambda}{\ell}$$

$$d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{\ell}$$

$$d_k = \frac{\lambda \cdot D}{\ell} \cdot k \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

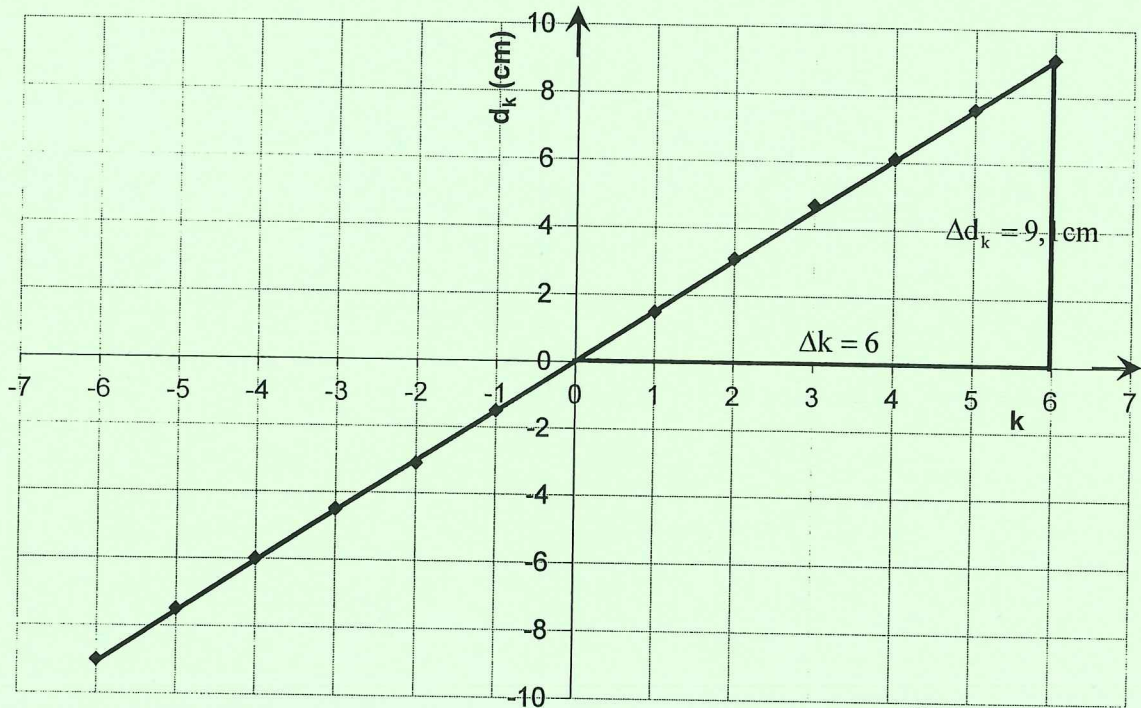
b)

k	$d_k$ (cm)
-6	-9,0
-5	-7,5
-4	-6,0
-3	-4,5
-2	-3,1
-1	-1,5
1	1,5
2	3,1
3	4,5
4	6,1
5	7,6
6	9,1



c)

$d_k$ - $k$ -Schaubild



▪ Ursprungsgerade:  $d_k = a \cdot k$  (2)

mit der Steigung :  $a = \frac{\Delta d_k}{\Delta k} = \frac{9,1 \text{ cm}}{6} = 1,52 \text{ cm}$

▪ (1) und (2):  $a = \frac{\lambda \cdot D}{\ell}$

$$\lambda = \frac{a \cdot \ell}{D} = \frac{1,52 \text{ cm} \cdot 10^{-4} \text{ m}}{289 \text{ cm}} = 5,26 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \underline{\underline{526 \text{ nm}}}$$

d) absolute Abweichung:  $\Delta \lambda = |\lambda_{\text{exp}} - \lambda_{\text{theo}}| = |526 \text{ nm} - 532 \text{ nm}| = \underline{\underline{6 \text{ nm}}}$

relative Abweichung:  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda_{\text{theo}}} (\%) = \frac{6 \text{ nm}}{532 \text{ nm}} \cdot 100\% = \underline{\underline{1,2\%}}$

e) Da  $\lambda_{\text{rot}} > \lambda_{\text{grün}}$  und weil durch Beziehung (1)  $d_k \sim \lambda$ , wird (bei sonst unveränderten Parametern) das Beugungsbild auseinander gezogen (breiter) wenn man anstelle eines grünen Lasers einen roten Laser benutzt.



2) Linsen (8 Punkte)

$$\begin{array}{l|l}
 G = 6 \text{ cm} & G' = G = 6 \text{ cm} \\
 B = 3,6 \text{ cm} & B' = -18 \text{ cm} \\
 g = ? & g' = g - 30 \text{ cm} \\
 b = ? & b' = ? \\
 f = ? & f' = f = ?
 \end{array} \quad (1)$$

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{3,6 \text{ cm}}{6 \text{ cm}} = \frac{3}{5} \quad \Rightarrow \quad b = \frac{3g}{5} \quad (2)$$

$$\frac{B'}{G'} = \frac{b'}{g'} = \frac{-18 \text{ cm}}{6 \text{ cm}} = -3 \quad \Rightarrow \quad b' = -3g' = -3(g-30) \quad (3)$$

Abbildungsgleichung:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{g'} + \frac{1}{b'}$

mit (1), (2) und (3):

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{g} + \frac{5}{3g} &= \frac{1}{g-30} - \frac{1}{3(g-30)} \\
 \frac{3+5}{3g} &= \frac{3-1}{3(g-30)} \\
 \frac{8}{3g} &= \frac{2}{3(g-30)}
 \end{aligned}$$

$$24(g-30) = 6g$$

$$24g - 720 = 6g$$

$$18g = 720$$

$$g = \underline{\underline{40 \text{ cm}}}$$

$$b = \frac{3g}{5} = \frac{3 \cdot 40 \text{ cm}}{5} = \underline{\underline{24 \text{ cm}}}$$

$$f = \frac{bg}{b+g} = \frac{24 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm}}{24 \text{ cm} + 40 \text{ cm}} = \underline{\underline{15 \text{ cm}}}$$

$$g' = g - 30 \text{ cm} = \underline{\underline{10 \text{ cm}}}$$

$$b' = -3g' = -3 \cdot 10 \text{ cm} = \underline{\underline{-30 \text{ cm}}}$$



3) Prisma (6+4+4 = 14 Punkte)

a) siehe Skript Strahlenoptik Seiten S12–S13:

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \gamma$$

b) siehe Skript Strahlenoptik Seite S14:

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \gamma}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}}$$

c)  $\gamma = 60^\circ$   
 $n = 1,65$

$$n = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + \gamma}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}}$$

$$\sin \frac{\delta_{\min} + \gamma}{2} = n \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \quad | \cdot \text{Arc sin}$$

$$\frac{\delta_{\min} + \gamma}{2} = \text{Arc sin} \left( n \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right)$$

$$\delta_{\min} = 2 \cdot \text{Arc sin} \left( n \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right) - \gamma$$

$$\delta_{\min} = 2 \cdot \text{Arc sin} \left( 1,65 \cdot \sin \frac{60^\circ}{2} \right) - 60^\circ$$

$$\delta_{\min} = \underline{\underline{51,2^\circ}}$$

4) Relativitätstheorie: (2+4+3 = 9 P)

4.1) Relativitätsprinzip:

Naturgesetze haben in allen Inertialsystemen die gleiche Form.

Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit:

Die Lichtgeschwindigkeit ist vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters unabhängig. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beträgt in jedem Inertialsystem  $c = 300'000 \text{ km/s}$ .

4.2) a) Im Bezugssystem Erde:

$$v = \frac{60}{61} c$$

$$s_0 = 8,6 a \cdot c$$

In Erdzeit vergehen für die Reise zu Sirius:

$$t = \frac{s_0}{v} = \frac{8,6 a \cdot c}{\frac{60}{61} c} = \underline{\underline{8,74 a}}$$

In der Eigenzeit des Astronauten sind dies:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad | \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t_0 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot t = \sqrt{1 - \left( \frac{60}{61} \right)^2} \cdot 8,74 a = \underline{\underline{1,58 a}}$$

Als 21-jähriger passiert er Sirius.



b)  $t_0 = 33 \text{ a}$

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{33 \text{ a}}{\sqrt{1 - \left(\frac{60}{61}\right)^2}} = \underline{\underline{183 \text{ a}}}$$

Der Bruder wäre dann 203 Jahre alt.

**5) Radioaktivität: (5+4 = 9 P)**

a) siehe Skript Seite K8–K9 :

$$N(t) = N(t=0) \cdot e^{-\lambda t}$$

b)  $A(t=0) = 32,3 \text{ min}^{-1}$

$$A(t) = 21,2 \text{ min}^{-1}$$

$$T_{\frac{1}{2}} = 5730 \text{ a}$$

Zerfallskonstante:  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{5730 \text{ a}} = \underline{\underline{1,21 \cdot 10^{-4} \text{ a}^{-1}}}$

Aktivität :  $A(t) = A(t=0) \cdot e^{-\lambda t}$

$$\frac{A(t)}{A(t=0)} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{A(t)}{A(t=0)}\right) = -\lambda t$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{A(t)}{A(t=0)}\right)$$

$$t = -\frac{1}{1,21 \cdot 10^{-4} \text{ a}^{-1}} \cdot \ln\left(\frac{21,2 \text{ min}^{-1}}{32,3 \text{ min}^{-1}}\right) = \underline{\underline{3480 \text{ a}}}$$

**6) Quantenmechanik: Elektronen im elektrischen Feld (4+4 = 8 P)**

a) siehe Skript Seite QM17

b) siehe Skript Seite QM17–18

