

1. Linse

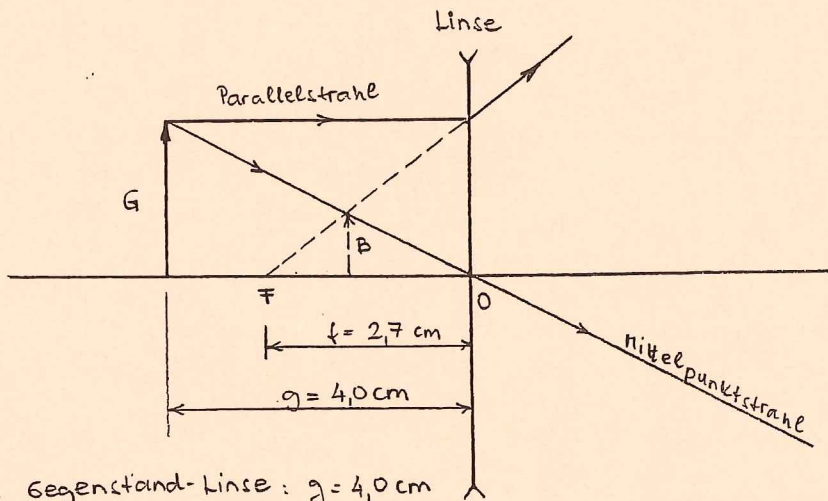
Gegenstandsgröße:  $G = 2,0 \text{ cm}$

Bildgröße:  $B = -0,8 \text{ cm}$  (aufrechtes, virtuelles Bild)

Abstand Gegenstand - Bild:  $g + b = +2,4 \text{ cm}$  ( $g > 0$ ;  $b < 0$  und  $g > b$ )

1.1 Das Bild ist aufrecht, also es ist virtuell. Sammellinsen und Zerstreuungslinsen erzeugen virtuelle Bilder. Da das virtuelle Bild kleiner als der Gegenstand ist, kann nur eine Zerstreuungslinse dieses Bild erzeugen.

1.2



Abstand Gegenstand-Linse:  $g = 4,0 \text{ cm}$

Brennweite der Linse:  $f = 2,7 \text{ cm}$

1.3 Abbildungsmaßstab:  $\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

$$\frac{B}{G} = \frac{-0,8 \text{ cm}}{2,0 \text{ cm}} = \frac{-8}{20} = \frac{-2}{5} = \frac{b}{g}$$

$$\frac{b}{g} = \frac{-2}{5} \implies \underline{\underline{b = -\frac{2}{5} g}} \quad (1)$$

$$g + b = 2,4 \text{ cm} \quad (2)$$

$$(1) \rightarrow (2) : \quad g + \left(-\frac{2}{5} g\right) = 2,4$$

$$g - \frac{2}{5} g = 2,4 \implies \frac{3}{5} g = 2,4 \text{ cm}$$

$$\underline{\underline{g = \frac{2,4 \text{ cm} \cdot 5}{3} = 4,0 \text{ cm}}}$$

$$\text{in (1) : } \quad b = -\frac{2}{5} g = \underline{\underline{-\frac{2 \cdot 4,0 \text{ cm}}{5}}}$$

$$\underline{\underline{b = -1,6 \text{ cm}}}$$

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

Brennweite der Linse:  $f = \frac{b \cdot g}{b + g} = \frac{-1,6 \cdot 4,0}{-1,6 + 4,0} \text{ cm}$

$$\underline{\underline{f = -2,67 \text{ cm} \approx -2,7 \text{ cm}}}$$



2. Prisma

12P (2 + 3 + 1 + 3 + 3)

2.1 Buch S. 63: Zeichnung : Strahlengang im Prisma

2.2 Buch S. 63: Prisma (Zeilen 7 - 11)

2.3 Buch S. 63: Prisma (Zeilen 12 - 14)

2.4 Buch S. 63: Prisma (Zeilen 15 - 17)

2.5 Prismenwinkel:  $\gamma = 60^\circ$

Brechzahl:  $n_{\text{Prisma}} = 1,60$

Minimalablenkungswinkel:  $\delta_{\text{min}} = ?$

Minimalablenkung  $\Rightarrow$  symmetrischer Durchgang:  $\alpha_1 = \alpha_2$  und  $\beta_1 = \beta_2$ .

Die Gesamtablenkung für diesen Fall ist:  $\delta_{\text{min}} = \alpha_1 + \alpha_2 - \gamma = 2\alpha_1 - \gamma$

Brechungsgesetz:  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = n \Rightarrow \sin \alpha_1 = n \cdot \sin \beta_1$

Da  $\beta_1 + \beta_2 = \gamma$  und  $\beta_1 = \beta_2$  folgt:  $\beta_1 = \beta_2 = \frac{\gamma}{2} = 30^\circ$

$\sin \alpha_1 = 1,60 \cdot \sin 30^\circ = 0,80$

$\alpha_1 = 53,13^\circ$

Minimalablenkungswinkel:  $\delta_{\text{min}} = 2\alpha_1 - \gamma = 2 \cdot 53,13^\circ - 60^\circ = 46,26^\circ$

3. Relativitätstheorie

8 P (2 + 3 + 3)

Gesamtenergie des Protons:  $E = 1800 \text{ MeV}$

Ruhemasse des Protons:  $m_{0p} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

3.1 Gesamtenergie :  $E = m \cdot c^2 \Rightarrow$  Dynamische Masse :  $m = \frac{E}{c^2} = \frac{1800 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$   
 $m = 3,204 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

3.2. Dynamische Masse:  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{m}$

Geschwindigkeit des Protons:  $v = c \cdot \sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2}} = c \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{1,67}{3,204}\right)^2}$   
 $v = 0,853 \cdot c = 2,56 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,56 \cdot 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

3.3 Ruheenergie des Protons :  $E_0 = m_0 \cdot c^2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2$   
 $E_0 = 1,503 \cdot 10^{-10} \text{ J} = \frac{1,503 \cdot 10^{-10} \text{ eV}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 9,38 \cdot 10^8 \text{ eV}$   
 $E_0 = 938 \text{ MeV}$

Kinetische Energie des Protons:  $E_{\text{kin}} = E - E_0 = 1800 \text{ MeV} - 938 \text{ MeV} = 862 \text{ MeV}$

Verhältnis:  $\frac{E_{\text{kin}}}{E} = \frac{862 \text{ MeV}}{1800 \text{ MeV}} = 0,479 = 47,9\%$



## 4. Fotoeffekt

13 P (5 + 2 + 3 + 3)

4.1 Buch S. 48: Experiment (Zeilen 2 - 9 und 12)

4.2 a) Wellenlänge:  $\lambda_1 = 436 \text{ nm}$   
 $\lambda_2 = 578 \text{ nm}$   
 Gegenspannung:  $U_1 = 0,83 \text{ V}$   
 $U_2 = 0,13 \text{ V}$

Planck-Konstante:  $h = ?$ Energiesatz der Optik:  $h \cdot f = W_A + E_{\text{kin}}$  und  $E_{\text{kin}} = e \cdot U$ 

1. Messung:  $h \cdot f_1 = W_A + e \cdot U_1$  (1)  
 2. Messung:  $h \cdot f_2 = W_A + e \cdot U_2$  (2)

(1) - (2):  $h \cdot (f_1 - f_2) = e \cdot (U_1 - U_2)$

$$h = \frac{e \cdot (U_1 - U_2)}{f_1 - f_2}$$

$$h = \frac{e \cdot (U_1 - U_2)}{f_1 - f_2} \quad ; \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

$$h = \frac{e \cdot (U_1 - U_2)}{c \cdot \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (0,83 \text{ V} - 0,13 \text{ V})}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left( \frac{1}{436 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - \frac{1}{578 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \right)} = \underline{\underline{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}}$$

b) Energiesatz der Optik:  $h \cdot f = W_A + E_{\text{kin}}$ Austrittsarbeit:  $W_A = h \cdot f - E_{\text{kin}}$  und  $E_{\text{kin}} = e \cdot U$ 

$$\underline{W_A = h \cdot f_1 - e \cdot U_1} \quad \text{oder} \quad W_A = h \cdot f_2 - e \cdot U_2$$

$$W_A = \frac{h \cdot c}{\lambda_1} - e \cdot U_1 = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{436 \cdot 10^{-9} \text{ m}} - 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,83 \text{ V}$$

$$\underline{W_A = 3,23 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = \underline{\underline{2,02 \text{ eV}}}$$

c) Wellenlänge:  $\lambda_2 = 578 \text{ nm} \Rightarrow$  Gegenspannung:  $U_2 = 0,13 \text{ V}$ kinetische Energie der ausgelösten Elektronen:  $E_{\text{kin}} = e \cdot U_2 = 0,13 \text{ eV}$ 

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\text{Geschwindigkeit: } \underline{v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}}} = \sqrt{\frac{2 e U_2}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,13 \text{ V}}{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$\underline{\underline{v = 2,14 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$



5. Radioaktivität

9P (6 + 1 + 2)

- 5.1 Buch S. 101: Zeilen 10 – 12, 15 – 16, 20 – 21, 38 – 39  
 S. 102: Zeilen 12 – 14, 18 – 20  
 5.2 Buch S. 108: Zeilen 15 und 16  
 5.3 Buch S. 107: Zeilen 5 – 13

6. Praktikum: Einfachspalt

10 P (9 + 1)

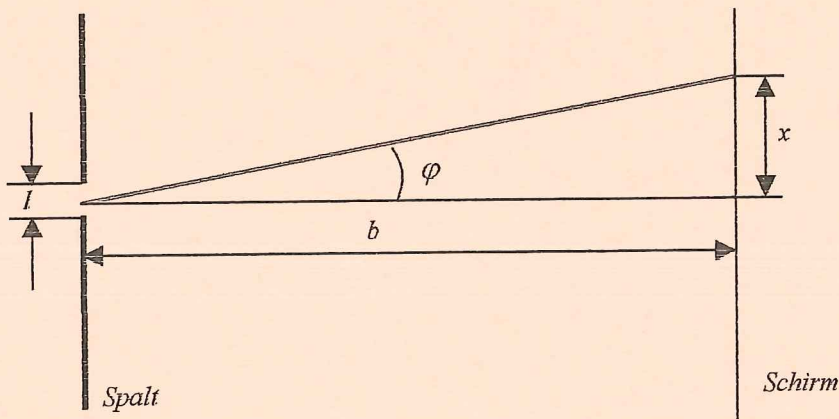
- 6.1 Spaltbreite:  $\ell = 0,24 \text{ mm}$   
 Abstand Spalt – Schirm:  $b = 4,70 \text{ m}$

Wellenlänge:  $\lambda = ?$

Bei der Beugung am einfachen Spalt gilt:  $\ell \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda$ ; für die Intensitätsminima:  $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

$$\Rightarrow \sin \varphi = \frac{k \cdot \lambda}{\ell} \quad (1)$$

Anstelle der Winkel  $\varphi$  werden die Abstände  $x$  der Intensitätsminima von der Mitte der Beugungsfigur aus gemessen.



Wenn  $x \ll b \Rightarrow \varphi$  sehr klein!  $\Rightarrow$  Für kleine Winkel gilt:  $\sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{x}{b}$  (2)

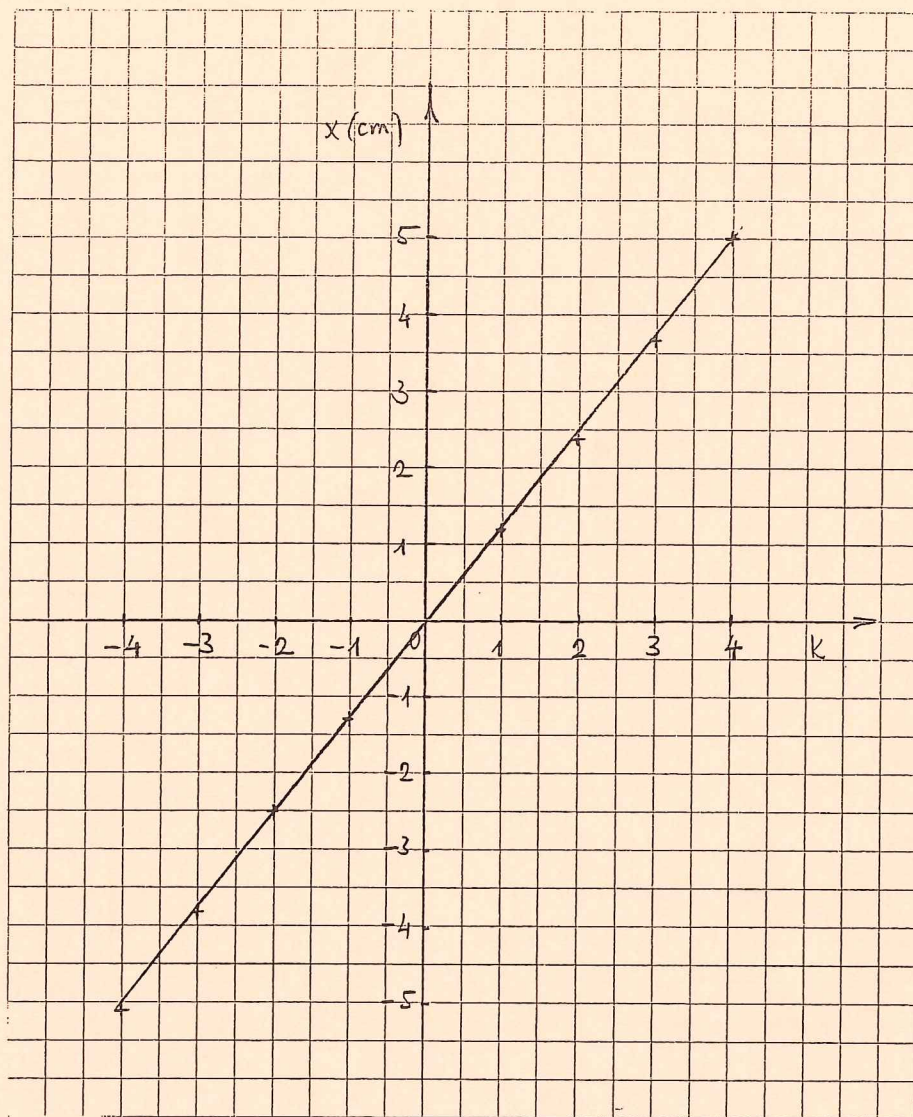
(1) = (2):  $\frac{x}{b} = \frac{k \cdot \lambda}{\ell}$ . Aus dieser Gleichung folgt:

$$x = \frac{b \cdot \lambda}{\ell} \cdot k \quad \text{mit } k = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots \text{ für Minima}$$

- x: Abstand eines Minimums vom Hauptmaximum
- b: Abstand Spalt – Schirm
- $\ell$ : Spaltbreite
- k: Ordnungszahl

k	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4
x (cm)	-5,1	-3,8	-2,5	-1,25	1,2	2,4	3,7	5,0





Steigung der Geraden:  $a = \frac{\Delta x}{\Delta k} = \frac{10,0 \text{ cm}}{8} = 1,25 \text{ cm}$

Aus  $x = \frac{b \cdot \lambda}{\ell} \cdot k$  folgt:  $\frac{\Delta x}{\Delta k} = a = \frac{b \cdot \lambda}{\ell}$

$\Rightarrow$  Wellenlänge:  $\lambda = \frac{a \cdot \ell}{b}$

$$\lambda = \frac{1,25 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{4,70 \text{ m}} = 6,38 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 638 \text{ nm}$$

6.2 Verringert man die Spaltbreite, so wird das Hauptmaximum breiter und die Minima und Maxima wandern nach außen.

