

1. Strahlenoptik (7 + 6 = 13 Punkte)

a) Skript S23/24.

b) Gegenstandsgröße: $G = 12\text{mm}$

Brennweite: $f = 35\text{mm}$

Abbildungsmaßstab: $\Gamma = \left| \frac{B}{G} \right| = 3$

Virtuelles Bild: $B < 0 \Rightarrow B = -3G = -36\text{mm}$

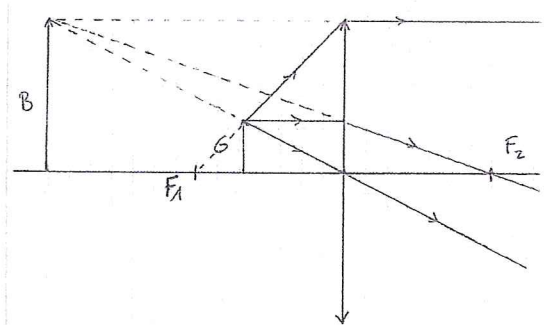
Gesetz des Abbildungsmaßstabes: $\frac{B}{G} = \frac{b}{g} \Rightarrow b = -3g$

Abbildungsgleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{-3g} + \frac{1}{g} = -\frac{1}{3g} + \frac{3}{3g}$

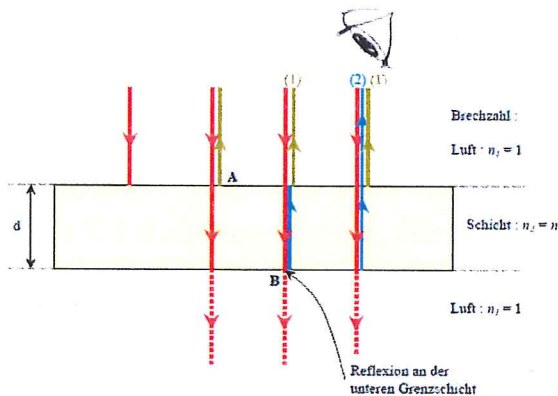
$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{3g}$$

\Rightarrow Gegenstandsweite: $g = \frac{2f}{3} = \frac{2 \cdot 35\text{mm}}{3} = 23,3\text{mm}$

\Rightarrow Bildweite: $b = -3 \cdot 23,3\text{mm} = -70\text{mm}$



2. Wellenoptik (3 + 5 = 8 Punkte)



a) Der Lichtstrahl (1) entsteht durch Reflexion des einfallenden Lichtes an der Oberseite der Schicht im Punkt A, der Lichtstrahl (2) durch Reflexion des einfallenden Lichtes an der Unterseite der Schicht im Punkt B. Die Lichtstrahlen (1) und (2) können interferieren, da sie einen Phasenunterschied aufweisen. Entspricht dieser Phasenunterschied einem ungeradzahligen Vielfachen einer halben Wellenlänge, so wird diese Wellenlänge ausgelöscht.

b) geometrischer Wegunterschied: $\Delta s_{\text{geom}} = 2d$

optischer Wegunterschied: $\Delta s_{\text{opt}} = 2dn$

Bei der Reflexion an einem optisch dichteren Medium im Punkt A erfährt die einfallende Lichtwelle einen Phasensprung von π rad. Dies entspricht einem räumlichen Sprung von $\frac{\lambda}{2}$.

gesamter Gangunterschied: $\Delta s_g = 2dn \pm \frac{\lambda}{2}$

destruktive Interferenz: $\Delta s_g = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, k \in \mathbb{N}$

$$\Rightarrow 2dn \pm \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow \lambda_k = \frac{2dn}{k}, k \in \mathbb{N}^*$$

$\lambda_1 = \frac{2 \cdot 600\text{nm} \cdot \frac{4}{3}}{1} = 1600\text{nm}$ und $\lambda_2 = \frac{2 \cdot 600\text{nm} \cdot \frac{4}{3}}{2} = 800\text{nm}$ sind nicht im sichtbaren Bereich (IR)



6. Praktikum: optisches Strichgitter (6 + 2 + 3 = 11 Punkte)

k	d (cm)
-4	-7,6
-3	-5,7
-2	-3,8
-1	-1,9
0	0,0
1	1,9
2	3,8
3	5,7
4	7,6

a) Für konstruktive Interferenz am Gitter gilt: $g \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$, mit $k \in \mathbb{N}$

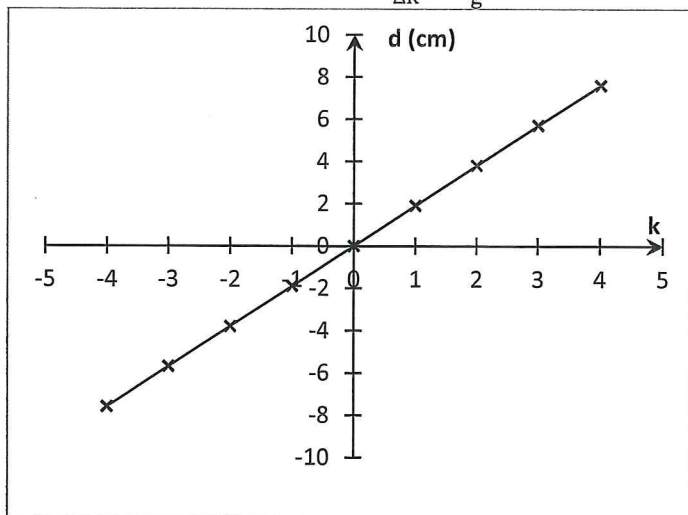
$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g}$$

Die Abstände d sind klein im Vergleich zu D , so dass man die Kleinwinkelnäherung $\sin \alpha = \tan \alpha = \frac{d}{D}$ nutzen kann.

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g} = \frac{d}{D}$$

$$\Rightarrow d = \frac{D \cdot \lambda}{g} \cdot k$$

Dies ist die Gleichung der Ursprungsgeraden im Diagramm mit der Steigung: $\frac{\Delta d}{\Delta k} = \frac{D \cdot \lambda}{g}$



Aus dem Diagramm erhält man die Steigung: $\frac{\Delta d}{\Delta k} = 1,9 \text{ cm}$

Messwert der Wellenlänge des Lasers: $\lambda_{\text{Mess}} = \frac{\Delta d}{\Delta k} \cdot \frac{g}{D} = 1,9 \text{ cm} \cdot \frac{25^{-1} \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} = 633,3 \text{ nm}$

b) absolute Abweichung: $\Delta \lambda = |\lambda_{\text{Mess}} - \lambda_{\text{th}}| = 633,3 \text{ nm} - 633 \text{ nm} = 0,3 \text{ nm}$

relative Abweichung: $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{0,3 \text{ nm}}{633 \text{ nm}} = 0,05\%$

c) Beleuchtet man das Gitter mit weißem Licht, so ist das Beugungsmaximum nullter Ordnung weiß. Hier trifft Licht aller Wellenlängen (aller Farben) ohne Gangunterschied aufeinander und interferiert konstruktiv.

Die Beugungsmaxima höherer Ordnung sind den Spektralfarben nach aufgefächert, außen rot und innen blau. Vergleicht man diese Farbauffächerung mit der Gitterformel ($\sin \alpha = \frac{k \lambda}{g}$), so erkennt man, dass den einzelnen Spektralfarben verschiedene Wellenlängen zugeordnet werden müssen. Rot besitzt eine größere Wellenlänge als Blau ($\lambda_R > \lambda_B$), Rot wird stärker gebeugt als Blau ($\alpha_R > \alpha_B$).

