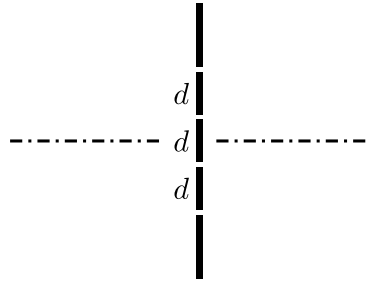


1. Vier äquidistante (Abstand  $d$ ), gleiche dünne Schlitze werden mit monochromatischem Licht beleuchtet und sind symmetrisch angeordnet (siehe Skizze).



- Berechnen Sie das Beugungsbild dieses Systems.
- Zeichnen Sie schematisch das Beugungsbild dieses Systems und diskutieren Sie das Ergebnis.
- Bestimmen Sie wann das Beugungsbild lediglich ein zentrales Maximum (d.h. keine Minima) hat. (*Lösung:*  $\lambda/d > 4$ )

*Hinweis:*  $\cos 3x = 4 \cos^3 x - 3 \cos x$ ,  $\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$

2. Auf ein **optisches Strichgitter**, das auf einem Millimeter **100 Striche** hat, fällt ein paralleles Bündel weißen Lichts senkrecht ein. Mit Hilfe einer dicht hinter dem Gitter angeordneten Sammellinse mit **30 cm** Brennweite wird auf einem geeignet angebrachten Schirm ein Spektrum erzeugt.

Berechnen Sie, in welchen gegenseitigen Abständen auf dem Schirm

- die Farben rot ( $\lambda_r = 760 \text{ nm}$ ) und violett ( $\lambda_v = 400 \text{ nm}$ ) in zweiter Ordnung, (*Lösung:*  $\Delta x = 22,2 \text{ mm}$ )
  - das Ende des Spektrums erster und der Anfang des Spektrums zweiter Ordnung nebeneinander erscheinen. (*Lösung:*  $\Delta x' = 1 \text{ mm}$ )
3. Ein **Michelson Interferometer** wird gleichzeitig mit **zwei Wellen** gleicher Amplitude und **verschiedener Frequenzen**  $\omega_1$  und  $\omega_2$  beleuchtet.
- Berechnen Sie die **Intensität am Detektor** als Funktion der **Wegdifferenz**  $\Delta L$ . (*Lösung:*  $I(\Delta L) \propto 2 + \cos(k_1 \Delta L) + \cos(k_2 \Delta L)$ )
  - Geben Sie die Fourier-Transformierte dieser Intensität an und diskutieren Sie das Ergebnis.
4. Eine **ebene Seifenwassermembran** erscheint bei Beobachtung im reflektierten Licht von klar grüner Färbung ( $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ ). Das Auge beobachtet die Membran unter dem (gegen die Normale gemessenen) Winkel  $\alpha = 35^\circ$ . Die Seifenwassermembran hat den Brechungsindex  $n = 1,33$ .
- Man berechne die Dicke der Membran. (*Lösung:*  $d = 104,17 \text{ nm}$ )
  - Unter welcher Farbe erscheint die Membran, wenn das Auge **senkrecht** auf die Membran blickt ( $\alpha = 0^\circ$ )? (*Lösung:*  $\lambda = 554,19 \text{ nm}$ )

5. Eine **Glaslinse** (Brechungsindex des Glases:  $n$ ) wird mit einer Schicht (Brechungsindex der Schicht:  $\sqrt{n}$ ) bedeckt. Die **Schichtdicke**  $d$  ist folgendermaßen gewählt:  $d = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{n}}$ , wobei  $\lambda_0$  eine gewählte Referenzwellenlänge ist. Wir nehmen an, dass der Brechungsindex im Bereich des sichtbaren Lichts frequenzunabhängig ist (die Lichtwelle trifft senkrecht auf die Oberfläche).  $I_{\text{ref}}$  sei nun der zeitliche Mittelwert der reflektierten Intensität,  $I_0$  die einfallende Intensität.

Luft	$n_L \approx 1$	$\updownarrow d = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{n}}$
ref. Schicht	$n_r = \sqrt{n}$	
Glas	$n_G = n$	

- a) Man zeige, daß für das Verhältnis von  $I_{\text{ref}}$  zu  $I_0$  folgende Beziehung gilt:

$$\frac{I_{\text{ref}}}{I_0} = 4 \left( \frac{1 - \sqrt{n}}{1 + \sqrt{n}} \right)^2 \sin^2 \left( \frac{\pi}{2} \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} - 1 \right) \right)$$

Dabei ist  $\lambda$  die Vakuumwellenlänge des einfallenden Lichts

*Hinweis: Man nehme an, dass  $n$  nahe bei 1 liegt; im Realfall ist dies bis zu Brechungsindizes von ca. 1,6 eine hinreichend gute Näherung. In diesem Fall kann das Transmissionsvermögen der Grenzfläche Luft/Schicht gleich 1 gesetzt werden.*

- b) Für Glas gilt:  $n = 1,5$ .  $\lambda_0$  sei **550 nm**. Für grünes Licht ( $\lambda = \lambda_0 = 550 \text{ nm}$ ) wird das obige Verhältnis null. Berechnen Sie nun  $I_{\text{ref}}/I_0$  für blaues ( $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ ) und rotes Licht ( $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ )! (*Lösung:  $4,77 \cdot 10^{-3}$  bzw.  $2,34 \cdot 10^{-3}$* )
6. **Fabry-Perot Interferometer:** Ein einfaches Fabry-Perot Interferometer bestehe aus zwei dünnen, teildurchlässigen Metallschichten (Reflexionsvermögen  $R$ , Transmissionsvermögen  $T = 1 - R$ ), welche durch eine transparente Zwischenlage aus Magnesiumfluorid (**Dicke  $d$ , Brechungsindex  $n = 1,38$** ) getrennt sind.

- a) Leiten Sie die Formel für die Amplitude und Phase der transmittierten Welle her, wenn das Fabry-Perot-Interferometers mit monochromatisches Licht der Amplitude  $E_0$  unter einem Winkel  $\alpha$  beleuchtet wird. (*Lösung:  $E = E_0 \cdot (1 - R)/(1 - Re^{i\delta})$* )
- b) Zeigen Sie, dass damit das Transmissionsvermögen des Fabry-Perot-Interferometers auf folgende Form gebracht werden kann

$$T_{\text{FP}} = \frac{1}{1 + F \sin^2 \left( \frac{\delta}{2} \right)}$$

Das **Transmissionsspektrum** dieses Systems zeigt bei **senkrechtem Einfall weißen Lichtes** einen Peak mit einem Maximum bei einer Wellenlänge von  $\lambda_M = 520 \text{ nm}$ . Bei  $\lambda_H = 500 \text{ nm}$  beträgt die Transmission **50 % des Maximalwertes**. Bei höheren Wellenlängen existieren keine weiteren Transmissionspeaks.

- c) Man berechne die **Dicke  $d$**  der Trennschicht sowie die **Reflektivität  $R$**  der Metallschichten. (*Lösung:  $d = 188,4 \text{ nm}$ ,  $R = 78 \%$* )

*Hinweis:  $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$ . Das Interferometer befinde sich in Luft ( $n_L \approx 1$ ).*