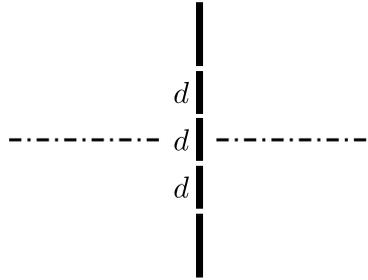


1. Vier äquidistante (Abstand d), gleiche dünne Schlitze werden mit monochromatischem Licht beleuchtet und sind symmetrisch angeordnet (siehe Skizze).



- 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** ω_1 und ω_2 beleuchtet.
- Berechnen Sie die **Intensität am Detektor** als Funktion der **Wegdifferenz** ΔL . (*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 λ_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_{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_{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 λ 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: $n = 1,5$. λ_0 sei **550 nm**. Für grünes Licht ($\lambda = \lambda_0 = 550 \text{ nm}$) wird das obige Verhältnis null. Berechnen Sie nun I_{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 α 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 ($n_L \approx 1$).