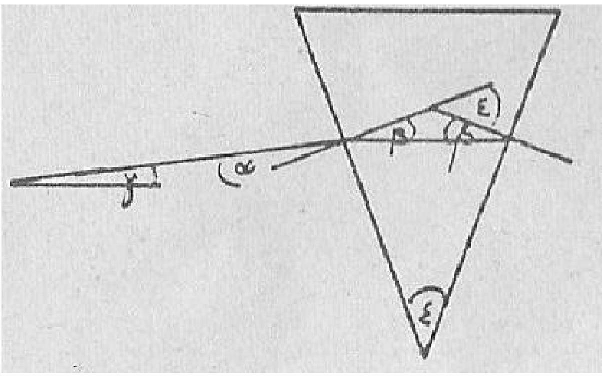
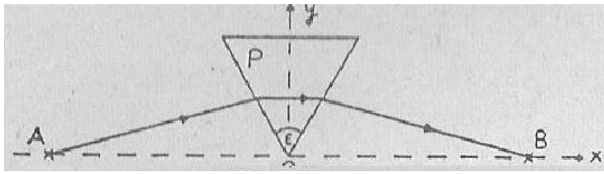
Lösungen zur Experimentalphysik III

Wintersemester 2008/2009

Prof. Dr. L. Oberauer — Blatt 9 — 07.01.09

Aufgabe 1:





Wegen des symmetrischen Strahlenganges erhalten wir $2\beta = \epsilon$. Die Ablenkung δ des Strahls beträgt:

$$\delta = 2(\beta - \alpha) =: 2\gamma$$

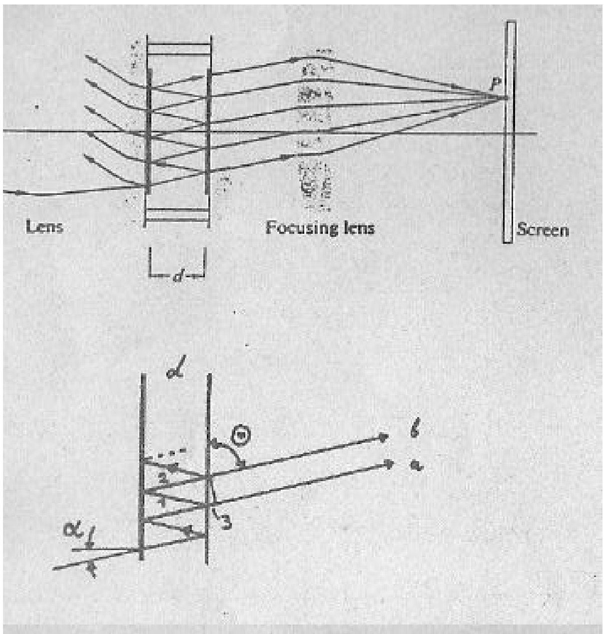
Somit erhalten wir aus dem Brechungsgesetz:

$$\begin{aligned}
sin\alpha &= n(y) sin\beta \\
\Rightarrow n(y) &= \frac{sin\alpha}{sin\beta} \\
&= \frac{sin(\beta-\gamma)}{sin\beta} = \frac{sin\left(\frac{\epsilon}{2}-\gamma\right)}{sin\left(\frac{\epsilon}{2}\right)} \\
&= \frac{sin\frac{\epsilon}{2}\, cos\gamma - cos\frac{\epsilon}{2}\, sin\gamma}{sin\frac{\epsilon}{2}} \\
n(y) &= 1 - \frac{y}{a} cot\frac{\epsilon}{2}
\end{aligned}$$

Die letzte Beziehung folgt, da bei der vorgegebenen Kleinwinkelnäherung folgt, dass $cos\gamma \approx 1$ und $sin\gamma \approx \frac{y}{a}$.

Die Strahlung muss hierbei eine Frequenz ω haben, die größer ist als die Plasmafrequenz des Mediums: $\omega > \omega_0$. Der Begriff *Plasmafrequenz* ist bei einem Isolator wie Glas allerdings etwas fehlleitend, da die Elektronen nicht frei sind. Es handelt sich aber ebenso um eine erzwungene Schwingung durch die einfallende Welle.

Aufgabe 2:



Wir betrachten wieder den Wegunterschied zweier Strahlen, von denen einer einmal öfter zwischen den Spiegeln reflektiert wurde:

$$\begin{aligned}\Delta &= Weg1 + Weg2 - Weg3 = \frac{2d}{cos\alpha} - Weg3 \\ &= \frac{2d}{cos\alpha} - 2d\, tan\alpha\, sin\alpha \\ &= 2d\, cos\alpha\end{aligned}$$

Wie üblich, muss dieser Wegunterschied ein Vielfaches der Wellenlänge sein:

$$m\lambda = 2d\, cos\alpha \tag{1}$$

Der innerste Ring hat die maximale Ausdehnung genau dann, wenn in der Mitte (bei $\alpha = 0$) ein Interferenzmaximum als Punkt erscheint. Zu beachten ist hierbei, dass dieser Punkt die Ordnung m+1 hat (siehe Glg. 1 bei festem λ und d: der Wert des cos steigt mit abnehmendem Winkel, wodurch m ebenso in Richtung der optischen Achse ansteigt!). Also gilt:

$$\begin{aligned}(m+1)\lambda &= 2d \\ m &= \frac{2d}{\lambda} - 1 = 2 \cdot 10^5\end{aligned}$$

Setzen wir dieses m in Glg 1 ein, so erhalten wir einen Wert für α, mit dem wir den maximalen Radius des innersten Ringes berechnen können zu:

$$r = f\, tan\alpha = f\alpha = 1.58\, mm$$

b) Betrachten wir, wann sich die benachbarten Ordnungen leicht unterschiedlicher Wellenlängen überlagern:

$$(m+1)\lambda = m(\lambda + \Delta\lambda)$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \frac{\lambda}{\Delta\lambda} &= m = 2 \cdot 10^5 \\ \Delta\lambda &= \frac{\lambda}{m} = 2.5 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

Das Auflösungsvermögen ist mit $2 \cdot 10^5$ also sehr hoch, allerdings bei einem geringen freien Spektralbereich!

Erratum: Ich habe in den Lösungen zu den Blättern 1 bis 4 ein paar kleinere Fehler in den Formeln ausgebessert, auf die ihr mich hingewiesen habt. Die aktualisierten Versionen der Lösungen sind nun online.