Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Priv. Doz. Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 14.11.2016
**Abgabedatum: 21.11.2016**
Besprechung 23.11.2016

ÜbungsgruppenleiterInnen: A. Grupp, A. Liehl, J. Schmidt, J. Bühler
J. Roller, L. Siedentop, M. Fischer

# Übungen zu Integrierter Kurs III (Experimentalteil)

# Blatt 04

**Aufgabe 10:** Dispersion (mündlich, 1 Kreuzchen)

In der Vorlesung wurde der Brechungsindex aus dem Drude-Lorenz-Modell hergeleitet. Für technische Anwendungen wie zum Beispiel zur Beschreibung von Gläsern und optischen Kristallen wird stattdessen meist eine Vereinfachung in Form einer phänomenologischen Beschreibung der Form

$$n^2(\lambda) = A + \sum_{j=1}^{N} \frac{B_j \lambda^2}{\lambda^2 - C_j^2}$$

verwendet, welche Sellmeier-Gleichung genannt wird. Dabei ist $\lambda$ die Wellenlänge (üblicherweise in µmangegeben) und $A, B_j, C_j$ sind die Sellmeier-Koeffizienten.

a) Warum ist diese Gleichung nur fernab von Resonanzen und Absorptionslinien gültig?

b) Für Quarzglas (*fused silica*) lauten die Koeffizienten folgendermaßen

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | 1 | | |
| B | 0.6961663 | 0.4079426 | 0.8974794 |
| C (µm) | 0.0684043 | 0.1162414 | 9.896161 |

Der Koeffizient C wird üblicherweise ohne Einheit angegeben und entspricht dem Wert für die Rechnung mit $\lambda$ in µm. Fertigen Sie einen Graphen des Brechungsindex im sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich an.

c) Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Lichtimpulsen ist nicht direkt der Brechungsindex $n$ (Phasengeschwindigkeit $v_{ph} = c/n$) relevant sondern die sogenannte Gruppengeschwindigkeit

$$v_{gr}(\omega_0) = \left(\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k}\right)_{\omega_0}$$

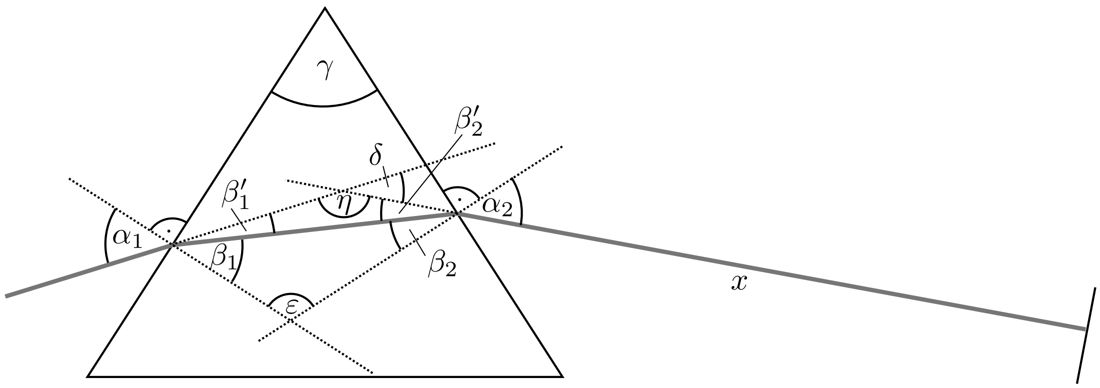
beziehungsweise

$$\frac{1}{v_{gr}} = \frac{1}{v_{ph}} \left(1 - \frac{\lambda}{n}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}\lambda}\right).$$

Zeichnen Sie in den Graphen aus b) $c/v_{gr}$ ein und berechnen Sie die Zeitdifferenz, mit der ein grüner Lichtimpuls (Zentralwellenlänge 532nm) und ein roter Lichtimpuls (Zentralwellenlänge 633nm) eine Faser mit 1000m Länge verlassen. Hierzu kann die Ableitung des Brechungsindex $n(\lambda)$ numerisch bestimmt werden, beispielsweise mit Hilfe von Matlab.

d) Licht welcher Wellenlänge eignet sich besonders für Informationsübertragung in Glasfasern über lange Strecken? Warum?

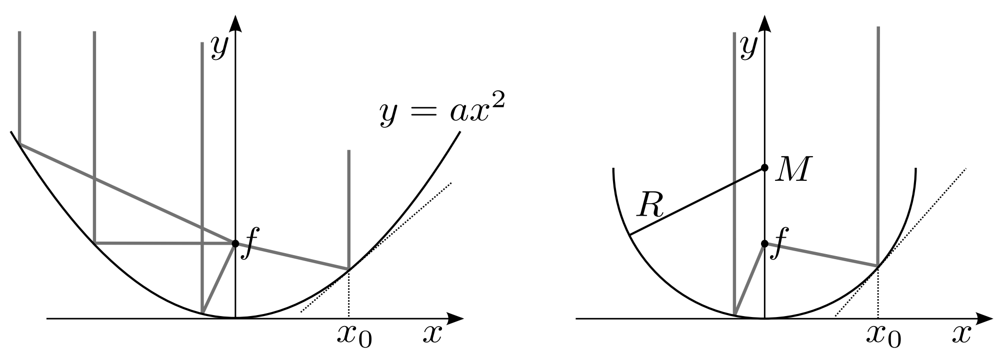
**Aufgabe 11:** Prisma (mündlich, 1 Kreuzchen)




a) Leiten Sie mit Hilfe des Snellius'schen Brechungsgesetzes einen allgemeinen Ausdruck für $\delta(\alpha_1, \gamma, n)$ her. Dabei bezeichnet $\alpha_1$ den Winkel, unter dem der Strahl auf das Prisma trifft, $\gamma$ den Scheitelwinkel und $n$ den Brechungsindex des Prismas. Nehmen Sie für die Umgebung $n_{\text{Luft}} = 1$ an.

b) Zeichnen Sie den Verlauf von $\delta(\alpha_1)$ (wählen Sie sinnvolle Werte für $n$ und $\gamma$ und nutzen Sie z.B. MATLAB, wolframalpha.com, google.com o.ä.). Argumentieren Sie, warum für den Fall $\alpha_1 = \alpha_2$ der Ablenkwinkel $\delta$ extremal wird.

**Aufgabe 12:** Hohlspiegel (schriftlich, 10 Punkte)




a) Parallele Lichtstrahlen treffen entlang der y-Achse auf einen Parabolspiegel (Rotationsparaboloid, linke Skizze). Zeigen Sie, dass für alle Strahlen ein Fokus bei $y = f = 1/(4a), x = 0$ liegt, wenn der Schnitt des Parabolspiegels der Funktion $y = ax^2$ folgt. Nutzen Sie **nicht** die Kleinwinkelnäherung. Fertigen Sie zu Ihrem Rechnenweg eine erläuternde Skizze an, die genutzte Winkel- und Streckenbezeichnungen erläutert.
*Hilfreiche Formeln:* $\tan(2\theta) = \frac{2\tan(\theta)}{1-\tan^2(\theta)}$, $\tan(\theta \pm \pi/2) = -\cot(\theta)$.

b) Betrachten Sie analog dazu einen sphärischen Hohlspiegel (hohle Halbkugel, rechte Skizze). Leiten Sie einen Ausdruck für die Fokallänge $f(x, R)$ in Abhängigkeit des Kugelradius $R$ und des Strahlabstands zur optischen Achse $x$ her.

c) Beschreiben Sie in Worten die sphärische Aberration. In welchem Parameterbereich ist ein sphärischer Spiegel sinnvoll einsetzbar? Was ist der Vorteil eines sphärischen Spiegels gegenüber einem Parabolspiegel?