

Aufgabe 6: (1,5 + 1 + 1,5 = 4 Punkte)

- a) Leiten Sie zwischen der Phasengeschwindigkeit $v_{ph} = \omega/k$ und der Gruppengeschwindigkeit $v_g = d\omega/dk$ einer elektromagnetischen Welle folgenden Zusammenhang her:

$$v_g(\lambda) = v_{ph}(\lambda) - \lambda \frac{dv_{ph}(\lambda)}{d\lambda}$$

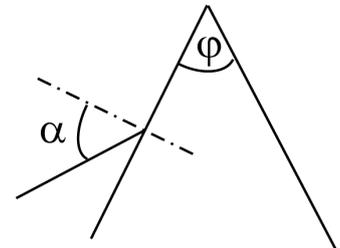
- b) Ist bei normaler Dispersion die Gruppengeschwindigkeit kleiner oder größer als die Phasengeschwindigkeit?
c) Im Röntgenbereich ist die Brechzahl für elektromagnetische Wellen im Medium etwas kleiner als 1:

$$n \approx 1 - \frac{a^2}{\omega^2} \quad \text{mit} \quad \frac{a^2}{\omega^2} \ll 1.$$

Zeigen Sie, dass - obwohl die Phasengeschwindigkeit v_{ph} größer als die Lichtgeschwindigkeit c ist - die Gruppengeschwindigkeit v_g kleiner als c bleibt!

Aufgabe 7: (1,5 + 1 + 1,5 = 4 Punkte)

- a) Erläutern Sie mit Hilfe einer Skizze die Totalreflexion eines Lichtstrahls an der Grenzfläche zwischen zwei Medien mit den Brechzahlen n_1 und n_2 ($n_2 < n_1$). Leiten Sie aus dem allgemeinen Brechungsgesetz die Gleichung für den sogenannten Grenzwinkel der Totalreflexion α_{gr} her.
b) Warum hängt dieser Grenzwinkel beim Übergang von z.B. Glas zu Luft von der Wellenlänge des Lichts ab? Ist er bei rotem oder blauem Licht größer?
c) Ein Lichtstrahl fällt unter einem Winkel α so auf die Seitenfläche eines optischen Prismas ein, dass der nach der Brechung durch das Prisma verlaufende Strahl die gegenüberliegende Seitenfläche gerade unter dem Grenzwinkel trifft und deshalb nicht mehr austreten kann. Berechnen Sie die Brechzahl des Glases, aus dem das Prisma hergestellt wurde, wenn der Spitzenwinkel mit φ angegeben ist.

**Aufgabe 8: (3 Punkte)**

Zur Reflexionsverminderung bringt man z.B. auf Brillenglas eine dünne Schicht eines Materials mit geringerem Brechungsindex auf. Die Schichtdicke wird dabei so bemessen, dass die an Vorder- und Rückseite der Vergütungsschicht reflektierten Strahlen destruktiv interferieren –am besten bei gleicher Amplitude. Rechnen Sie für senkrechten Einfall!

- a) Welcher Anteil der auftretenden Amplitude (r) bzw. der Intensität des Lichts (R) wird von Glas reflektiert bzw. transmittiert (t , T)?
Zahlenwerte: normales Glas $n_{1N} = 1,5$ bzw. hochbrechendes Glas $n_{1H} = 1,74$
b) Welchen Brechungsindex n_v muss eine dünne Vergütungsschicht haben, damit die Bedingung gleicher Amplituden erfüllt ist? Vernachlässigen Sie die Schwächung der eindringenden und dann nach Reflexion wieder austretenden Welle um den an der Vorderseite reflektierten Anteil sowie Vielstrahlinterferenz.

Aufgabe 9: (4 Punkte)

Sie haben beim Marmelade-Einkochen im Eifer des Gefechts übersehen, dass für das letzte Glas kein Deckel mehr da ist. Stattdessen verwenden Sie einen luftdicht abschließenden Gummistopfen (siehe Skizze).

Beim Abkühlen der Marmelade von 90°C auf Raumtemperatur (20°C) wird der Gummistopfen ins Glas gezogen. Am nächsten Tag möchten Sie den Stopfen durch einen richtigen Deckel ersetzen.

Wie viel Arbeit müssen Sie verrichten, um den Gummistopfen aus dem Glas zu ziehen?

Drücken Sie nun die Größen im Integranden durch thermodynamische Zustandsgrößen aus. Welche Beziehung erhalten Sie?

Hinweis: die Marmelade ist inkompressibel; Höhe des Glases $h = 16\text{ cm}$, Durchmesser $d = 8\text{ cm}$, Füllhöhe $h_m = 10\text{ cm}$, Dicke des Gummistopfens $0,5\text{ cm}$.

