

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

- a) Zeigen Sie, dass zwischen der Phasengeschwindigkeit $v_{ph} = \omega/k$ und der Gruppengeschwindigkeit $v_g = d\omega/dk$ einer elektromagnetischen Welle folgender Zusammenhang besteht:

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

- b) Folgern Sie aus a), ob bei normaler Dispersion die Gruppengeschwindigkeit kleiner oder größer als die Phasengeschwindigkeit ist!
- c) Im Röntgenbereich ist die Brechzahl für elektromagnetische Wellen 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: (3 Punkte)

Ein Taucher, der aus der Tiefe von $h = 10$ m unter der Wasseroberfläche nach oben schaut, sieht über sich einen kreisförmigen Bereich, durch den er nach „außen“ blicken kann. Der Brechungsindex von Wasser ist $n_W = 1,33$.

- a) Unter welchem Winkel φ_S gegen das Lot auf die Wasseroberfläche sieht der Taucher die Sonne, wenn ein Beobachter außerhalb des Wassers sie unter 45° beobachtet (Skizze)?
- b) Unter welchem Winkel φ_{\max} sieht der Taucher die Sonne am Abend unter gehen?
- c) Wie groß ist der Radius, r , seines Blickfeldes (des Kreises) nach außen? Was sieht der Taucher außerhalb des Kreises?

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 ($n_1 = 1,6$) bzw. transmittiert (t , T)?
- b) Welchen Brechungsindex n_v muss eine dünne Vergütungsschicht haben, damit die Bedingung gleicher Amplituden erfüllt ist? Vernachlässigen Sie die Schwächung der eindringenden (und austretenden) Welle um den an der Vorderseite reflektierten Anteil sowie Vielstrahlinterferenz.

Aufgabe 9: (3 Punkte)

Bestimmen Sie den Erwartungswert, d.h. den Mittelwert, der Höhe h eines Luftmoleküls der Masse m im Schwerfeld der Erde. Verwenden Sie hierbei den Boltzmann-Faktor.

Aufgabe 10: (3 Punkte)

Luft von Atmosphärendruck wird in einem Kühlschrank, der hermetisch schließt, von 27°C auf 0°C abgekühlt. Die Tür des Kühlschranks ist 1 m hoch und 0,5 m breit. Der Türgriff befindet sich 5 cm vom Rand entfernt. Mit welcher Kraft muss man ziehen, um die Tür zu öffnen?
Hinweis: Nehmen Sie Luft als ideales Gas an.