Experimentalphysik III Prof. M. Bargheer	Übungen: Wouter Koopman, Marc Herzog, Matthias Rössle	WS 2016/17 Zum 1.11.16

Aufgabenblatt 2

I) Gelerntes wiedergeben

a) Erläutern Sie den Versuch zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, den wir in der Vorlesung durchgeführt haben. Warum misst man so die Gruppengeschwindigkeit?

b) Wie kann man die Phasengeschwindigkeit von Licht messen? (In Exphysik II gelernt? Sonst naclesen.)

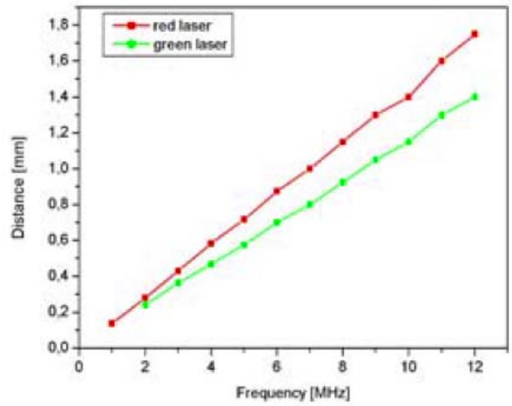
II) Einfache Aufgaben

***II.3) Debye-Sears Effekt:**

In einer Wasserküvette wird durch einen Piezoaktuator eine Schallwelle mit der Frequenz ν erzeugt, die auf der Rückseite der Wasserküvette reflektiert wird und eine stehende Welle ausbildet. Diese stehende Schallwelle erzeugt eine Dichtemodulation und damit auch eine Modulation des Brechungsindex in der Wasserküvette.

a) Wie groß ist die Wellenlänge der λ_u der stehenden Welle, wenn die Schallgeschwindigkeit in Wasser c_u=1482 m/s ist?

b) An dieser Schallwelle wird Licht der Wellenlänge λ gebeugt. Leiten Sie einen Zusammenhang zwischen der Frequenz ν und dem Abstand x der +1. und -1. Beugungsordnung her, den man auf einem Schirm im Abstand d von der Küvette misst.



c) In welchem Abstand d steht der Schirm in dem Experiment, zu dem die Messdaten gehören? (green: λ = 532 nm, red: λ = 652 nm)

d) Erklären Sie, warum an einem Phasengitter überhaupt Beugung stattfindet. Unter welcher Bedingung wird in einem Phasengitter die Beugungsintensität maximal?

III) Vertiefende Aufgaben

***III.3) Lorentz-Oszillator**

In der Vorlesung wurde gezeigt, dass im Lorentz-Oszillator-Modell die Suszeptibilität $\tilde{\chi} = \tilde{\varepsilon} - 1 = \frac{Nq^2}{m\varepsilon_0} \frac{1}{(\omega_0^2 - \omega^2) + 2i\delta\omega}$ ist. Der komplexe Brechungsindex $\tilde{n} = n - i\kappa$ ergibt sich aus der Dielektrizitätskonstanten durch die Maxwell-Beziehung $\tilde{\varepsilon} = \tilde{n}^2$. Die Tilde bezeichnet komplexe Größen.

a) Trennen Sie die komplexe Suszeptibilität $\tilde{\chi}$ in einen Real und Imaginärteil.

b) Berechnen Sie $\tilde{\varepsilon}(n, \kappa)$ aus der Maxwell-Beziehung, so dass Real- und Imaginärteil getrennt vorliegen und zwar mit den reellen Größen des Brechungsindex n und des Absorptionsindex κ.

c) Identifizieren Sie den Realteil von $\tilde{\chi}$ aus a) mit $\chi_r = n^2 - \kappa^2 - 1$ und den Imaginärteil mit $\chi_i = n\kappa$.

d) Für optische Frequenzen nähern Sie nun $\omega \approx \omega_0$ und für ein verdünntes Gas $n - 1 \ll 1$ und $\kappa \ll 1$. Warum?

e) Zeigen Sie, dass Sie daraus $n - 1 \approx \frac{Nq^2}{4m\varepsilon_0} \frac{(\omega_0 - \omega)/\omega_0}{(\omega_0 - \omega)^2 + \delta^2}$ und $\kappa \approx \frac{Nq^2}{4m\varepsilon_0} \frac{\delta/\omega_0}{(\omega_0 - \omega)^2 + \delta^2}$ erhalten.

f) Skizzieren Sie diesen Brechungsindex und den Absorptionsindex als Funktion von ω.

g) Gibt es hier einen Frequenzbereich, für den $n < 1$ ist? Ist demnach hier die Lichtgeschwindigkeit im Medium schneller als Einstein erlaubt?

III.4) Rayleigh-Beziehung und die Rettung der Relativitätstheorie

a) Zeigen Sie, dass mit dem Wellenvektor im Medium $k_m = n\, k_0$ die Rayleigh-Beziehung für die Gruppengeschwindigkeit von Licht folgt: $v_{gr} = \frac{c_m}{1 + \frac{\omega}{n}\frac{dn}{d\omega}}$. (Dazu berechnen Sie $\frac{1}{v_{gr}} = \frac{dk_m}{d\omega}$.)

b) Warum ist dann bei Frequenzen oberhalb einer elektronischen Resonanz die Gruppengeschwindigkeit in jedem Fall kleiner als die Vakuumlichtgeschwindigkeit? Was ist ganz knapp über ω_0?