Klassische Experimentalphysik III – Optik und Thermodynamik **WS 2020 / 21**
Prof. Dr. W. Wulfhekel, Priv.-Doz. Dr. A. Naber Übungen: Dr. G. Guigas

Übungsblatt 7

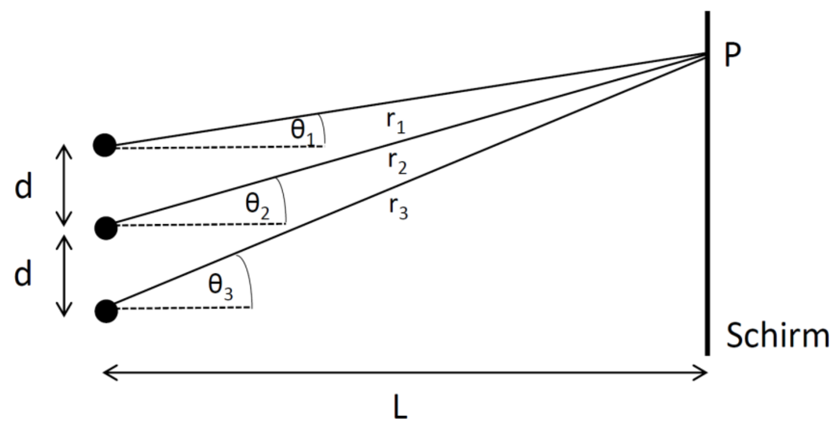
Ausgabe: 15.12.2020
Abgabe: 22.12.2020 vor 10:00 Uhr (ILIAS)
Besprechung: 07.01.2021 (Übungen in MS Teams)

Vom 14.12 (Montag) bis zum 18.12.2020 (Freitag) können Sie die Vorlesung und die Übungen in Onlineumfragen evaluieren. Die beiden Links dazu finden Sie in ILIAS. Wir freuen uns über Ihre Beteiligung!

Aufgabe 1 **4 Punkte**

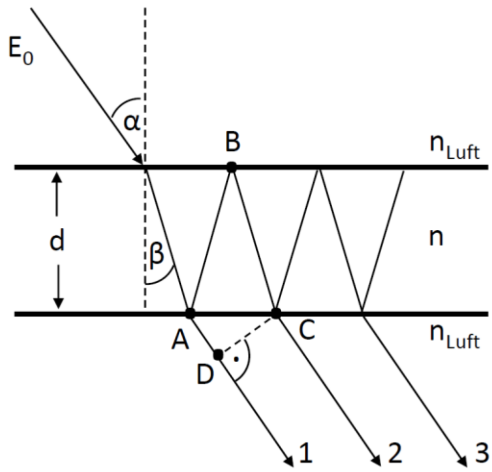
Drei Punktlichtquellen beleuchten einen Schirm mit gleich intensivem, monochromatischem, kohärentem Licht. Der Abstand *L* der drei Quellen vom Schirm ist sehr viel größer als der Abstand *d* der drei Quellen voneinander (*L* >> *d*). Jede Quelle ist Ausgangspunkt einer Kugelwelle. Alle Kugelwellen haben die gleiche Amplitude, die Amplitude jeder Welle ist in alle Richtungen gleich groß.

a) Berechnen Sie die Gangunterschiede zwischen den Wellen 1 und 2 sowie zwischen den Wellen 1 und 3 am Punkt *P*. Verwenden Sie die Näherung, dass r_1, r_2 und r_3 parallel sind wegen *L* >> *d.* **1 Punkt**
b) Berechnen Sie die elektrische Feldstärke *E* am Punkt *P*. Summieren Sie dazu die Feldstärken der drei Kugelwellen unter Berücksichtigung ihres Gangunterschieds auf. Verwenden Sie an geeigneter Stelle die Näherung, dass r_1, r_2 und r_3 betragsgleich sind wegen *L* >> *d.* **1,5 Punkte**
c) Zeigen Sie mit dem Ansatz $I \sim E \cdot E^*$ (* komplex konjugiert), dass für die Intensität gilt: $I \sim \frac{1}{r_1^2}(2 \cdot \left(\cos(k \cdot d \cdot \sin(\theta_1)) + \frac{1}{2}\right))^2$. **1,5 Punkte**



Aufgabe 2 **6 Punkte**

Eine ebene Lichtwelle (Amplitude E_0) fällt unter einem kleinen Einfallswinkel α aus der Luft auf eine planparallele, durchsichtige Platte (Dicke d, Brechungsindex $n > 1$). Ein Anteil der gebrochenen Welle tritt direkt durch die untere Grenzfläche aus (Teilwelle 1), andere Anteile erst nach weiteren Reflexionen an den Grenzflächen (Teilwellen 2, 3, …, ∞).



a) Berechnen Sie den Gangunterschied Δs zwischen den Teilwellen 1 und 2 als Funktion von d, n, α.
2 Punkte

b) Berechnen Sie das transmittierte elektrische Feld E_t.
2 Punkte

c) Zeigen Sie mit dem Ansatz $I_t \sim E_t \cdot E_t^*$, dass für die Intensität gilt:
$I_t \sim \frac{E_0^2(1-r^2)^2}{(1-r^2)^2+4r^2 sin^2(\frac{\Delta\varphi}{2})}$. **2 Punkte**

Aufgabe 3 **3 Punkte**

Zwei Körper K_1 und K_2 unterschiedlicher Temperatur (T_1 = 60°C und T_2 = 20°C) und mit innerer Energie $U_i = CT_i$ (i = 1,2; C = 4.2 kJ/K) tauschen Wärme aus, bis sie bei $T = T_0$ im thermischen Gleichgewicht sind. Berechnen Sie die Entropieänderungen ΔS_i beider Körper sowie deren Summe S_{ges}.

Tipp: Bestimmen Sie zunächst die differentiellen Entropieänderungen dS_i bei konstanter Temperatur und integrieren Sie dann von der Ausgangs- zur Endtemperatur.

Aufgabe 4 **3 Punkte**

a) Um wieviel ändert sich die Gibbssche freie Enthalpie G von Wasser, wenn man bei konstant gehaltenem Druck die Temperatur von 20°C auf 30°C erhöht? Die Entropie S beträgt 70 J/(K mol). **1,5 Punkte**

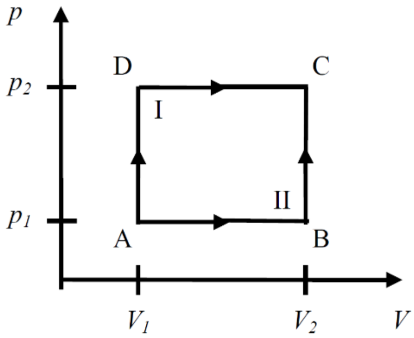
b) Welchen Druck P muss man bei konstant gehaltener Temperatur ausüben, um G wieder auf seinen Anfangswert zu bringen? Rechnen Sie mit dem Molvolumen von Wasser. **1,5 Punkte**

<u>Hinweis:</u> Benutzen Sie zur Lösung der Aufgabe geeignete thermodynamische Potentiale und ersetzen Sie in diesen die Gradienten durch Differenzenquotienten.

Aufgabe 5 **4 Punkte**

δQ in $dU = \delta Q - pdV$ ist kein totales Differential, weil die Wärmemenge Q keine geeignete Zustandsgröße ist. Vielmehr hängt die aufgenommene oder abgegebene Wärmemenge bei einer Zustandsänderung vom Weg im Zustandsdiagramm ab. Verifizieren Sie diesen Aspekt anhand des folgenden Beispiels:

Zustandsänderung eines idealen Gases von A nach C auf dem Weg I oder II



a) Berechnen Sie unter Verwendung der Wärmekapazität die Wärmemenge ΔQ_I bzw. ΔQ_{II}, die 1 mol eines idealen Gases aufnimmt, wenn sein Zustand auf dem Weg A-D-C (I) bzw. A-B-C (II) von A nach C verändert wird. Betrachten Sie zunächst die einzelnen isochoren bzw. isobaren Prozesse und bilden Sie anschließend die Summe der beiden beteiligten Beiträge für den betrachteten Weg. Zeigen Sie, dass die Differenz der aufgenommenen Wärmemengen zwischen beiden Wegen $\Delta Q_{I-II} = \Delta Q_I - \Delta Q_{II}$ für $p_2 > p_1$ und $V_2 > V_1$ stets größer als Null ist. Wie wäre es, wenn Q eine Zustandsgröße wäre? **3 Punkte**

b) In a) haben Sie gezeigt, dass je nach dem Weg des Gases eine unterschiedliche Wärmemenge zugeführt werden muss, um es vom Zustand A nach C zu überführen. Die Differenz der inneren Energie U zwischen A und C ist aber Wegunabhängig, weil U eine Zustandsgröße ist. Demnach muss die Wärmeenergie ΔQ_{I-II}, die auf dem Weg I mehr benötigt wird als auf dem Weg II, bei der Zustandsänderung als zusätzliche mechanische Energie wieder abgegeben worden sein. Berechnen Sie ΔQ_{I-II}, indem Sie die Differenz der vom Gas geleisteten mechanischen Arbeit auf den Wegen I und II betrachten. Zeigen Sie, dass sich tatsächlich das gleiche Ergebnis wie in a) ergibt. **1 Punkt**