

## Übungsblatt 2

Ausgabe: 10.11.2020

Abgabe: 17.11.2020 vor 10:00 Uhr (ILIAS)

Besprechung: 19.11.2020 (Übungen in MS Teams)

**Bitte benennen Sie die abgegebene Datei mit Ihrem Nachnamen bzw. den Nachnamen aller Mitglieder der Lerngruppe, zum Beispiel *Heisenberg\_Born\_Dirac.pdf*.**

### Aufgabe 1

**4 Punkte**

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

$$v_{Gr}(\lambda) = v_{ph}(\lambda) - \lambda \frac{dv_{ph}(\lambda)}{d\lambda}. \quad \mathbf{1\frac{1}{2} \text{ Punkte}}$$

- b) Folgern Sie aus a), ob bei normaler Dispersion die Gruppengeschwindigkeit größer oder kleiner als die Phasengeschwindigkeit ist. **1 Punkt**
- c) Im Röntgenbereich ist die Brechzahl für elektromagnetische Wellen etwas kleiner als 1:

$$n \approx 1 - \frac{a^2}{\omega^2}, \frac{a^2}{\omega^2} < 1, a = \text{const.}$$

Zeigen Sie, dass die Gruppengeschwindigkeit kleiner als die Lichtgeschwindigkeit  $c$  bleibt, obwohl die Phasengeschwindigkeit größer als  $c$  ist. **1½ Punkte**

### Aufgabe 2

**5 Punkte**

Wir betrachten eine ebene Grenzfläche zwischen zwei isotropen dielektrischen Materialien mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten  $\epsilon_1$  und  $\epsilon_2$ .

Bestimmen Sie die Stetigkeitsbedingungen für die Normal- und Tangentialkomponenten

- a) des Feldes  $\vec{E}$  **2½ Punkte**  
b) des Feldes  $\vec{D}$ . **2½ Punkte**

### Aufgabe 3

5 Punkte

Sie pumpen einen Fahrradreifen morgens bei einer Lufttemperatur von  $15^\circ\text{C}$  in sehr kurzer Zeit mit Luft von  $100\text{ kPa}$  auf  $300\text{ kPa}$  auf. Ihre Luftpumpe hat einen Kolbendurchmesser von  $3,2\text{ cm}$  und einen Kolbenhub von  $38\text{ cm}$ . Das Volumen des Reifens ist durch den Mantel auf  $2,05\text{ l}$  begrenzt. Nehmen Sie an, dass hier eine adiabatische Zustandsänderung erfolgt und dass Luft nur aus Stickstoff mit einem Adiabatenkoeffizienten von  $\gamma = 7/5$  besteht.

- Überlegen Sie, warum hier eine adiabatische Zustandsänderung vorliegt. **½ Punkte**
- Berechnen Sie die Anzahl der nötigen Pumphübe der Luftpumpe. **2½ Punkte**
- Berechnen Sie die Temperatur der Luft im Reifen unmittelbar nach dem Aufpumpen.  
**1 Punkte**
- Nach einiger Zeit kühlt sich die Luft im Reifen auf die Umgebungstemperatur ab. Berechnen Sie den Luftdruck im Reifen. Am Nachmittag steigt die Umgebungstemperatur auf  $25^\circ\text{C}$  an. Wie groß ist nun der Druck im Reifen? **1 Punkte**

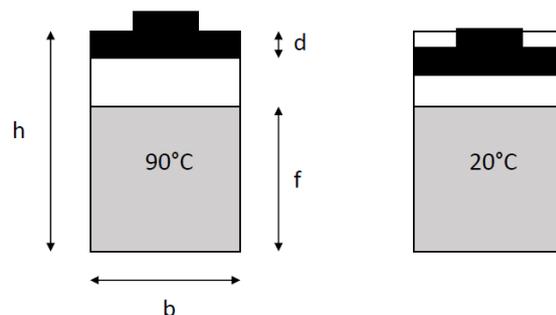
### Aufgabe 4

5 Punkte

Beim Marmelade-Einkochen haben Sie im Eifer des Gefechts übersehen, dass Sie für das letzte Glas keinen Deckel mehr übrig haben. Stattdessen verwenden sie einen luftdicht abschließenden Gummistopfen (siehe Skizze). Beim Abkühlen der Marmelade von  $90^\circ\text{C}$  auf Raumtemperatur ( $20^\circ\text{C}$ ) wird der Stopfen ins Glas gezogen.

- Welchen Abstand hat der Stopfen nach Erreichen der Raumtemperatur von der Marmelade? **2 Punkte**
- Wieviel Arbeit müssen Sie verrichten, um den Stopfen wieder aus dem Glas zu ziehen? Die Temperatur bleibt beim Herausziehen konstant.

**3 Punkte**



Hinweis: Direkt nach Einsetzen des Stopfens hat die Luft im Glas denselben Druck  $p_0 = 1013\text{ hPa}$  wie die Luft außerhalb. Nehmen Sie die Marmelade als inkompressibel an.  $h = 15\text{ cm}$ ,  $b = 7\text{ cm}$ , Füllhöhe der Marmelade  $f = 8\text{ cm}$ , Dicke des Gummistopfens:  $d = 0,5\text{ cm}$ .