

Übungsblatt 4

Ausgabe: 18.11.2025

Abgabe: 25.11.2025, vor 10:00 Uhr (Ilias)

Besprechung: 27.11.2025 (Tutorien)

Aufgabe 1

4 Punkte

Geben Sie Polarisation und Ausbreitungsrichtung der folgenden Welle an (mit Skizze!).

$$\vec{E}(t, z) = E_0 \begin{pmatrix} \cos(\omega t - kz) \\ \cos(\omega t - kz + \varphi) \\ 0 \end{pmatrix}$$

- a) für $\varphi = 0$
- b) für $\varphi = \pi/4$
- c) für $\varphi = \pi/2$
- d) für $\varphi = -\pi$.

Aufgabe 2

4 Punkte

- a) Beschreibt das folgende Feld $\varphi(x, t)$ eine Welle? Setzen Sie $\varphi(x, t)$ zur Prüfung in die Wellengleichung ein.

$$\varphi(x, t) = e^{-a^2x^2 - b^2t^2 + 2abxt}$$

Die reellen Konstanten a und b seien beide größer Null.

1,5 Punkte

- b) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit und die Ausbreitungsrichtung des Feldes $\varphi(x, t)$.
1 Punkt
- c) Zeichnen Sie $\varphi(x, t)$ mit den Werten $a = 1/\text{mm}$ und $b = 1/\text{s}$ für die Zeitpunkte $t = 0 \text{ s}$ und $t = 3 \text{ s}$. **1 Punkt**

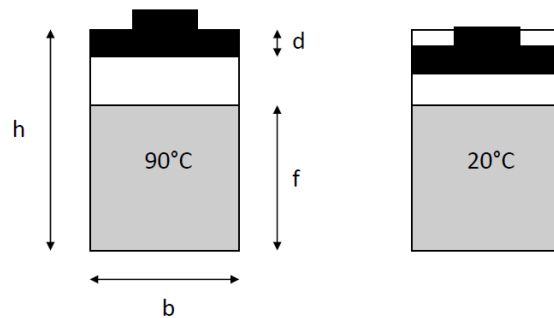
Aufgabe 3

4 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°C auf Raumtemperatur (20°C) wird der Stopfen ins Glas gezogen.

Zahlenwerte: $h = 15\text{ cm}$, $b = 7\text{ cm}$, Füllhöhe der Marmelade $f = 8\text{ cm}$, Dicke des Gummistopfens: $d = 0,5\text{ cm}$. Das Glas ist zylinderförmig.

- a) Wie groß ist der Abstand zwischen Stopfen und Marmelade, wenn das Glas Raumtemperatur erreicht hat? Verwenden Sie zur Berechnung die allgemeine Gasgleichung. *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. **1,5 Punkte**
- b) Wieviel Arbeit müssen Sie verrichten, um den Stopfen wieder aus dem Glas zu ziehen? *Hinweis:* Sie müssen hierbei die Druckdifferenz zwischen dem Inneren und dem Äußeren des Glases überwinden. Die Temperatur bleibt beim Herausziehen konstant, da dieses sehr langsam erfolgt. **2,5 Punkte**



Aufgabe 4

3 Punkte

Die Zustandsgrößen eines Systems im thermodynamischen Gleichgewicht sind von besonderer Bedeutung, da ihre Werte nur voneinander abhängen, aber nicht vom Prozess, der zum betrachteten Zustand führt. Falls die Wärme Q eine Zustandsgröße wäre, müsste für ihr totales Differential entsprechend dem 1. Hauptsatz für reversible Prozesse gelten

$$dQ(T,V) = dU(T,V) + p dV.$$

- a) Zeigen Sie zunächst für ein ideales Gas, dessen Wärmekapazität C_v unabhängig ist von Temperatur T und Volumen V , dass die Wärme Q keine Zustandsgröße ist. **1,5 Punkte**
- b) Beweisen Sie das anschließend auch ohne Bezug auf ein bestimmtes System. Verwenden Sie dazu das totale Differential $dU(T,V)$ der inneren Energie U . **1,5 Punkte**

Führen Sie jeweils die Annahme, dass eine Funktion $Q(T,V)$ existiert, mittels der Integrierbarkeitsbedingung zum Widerspruch.