

Abschlussprüfung Berufliche Oberschule 2013



- Physik 12 Technik - Aufgabe II - Lösung

Teilaufgabe 1.0

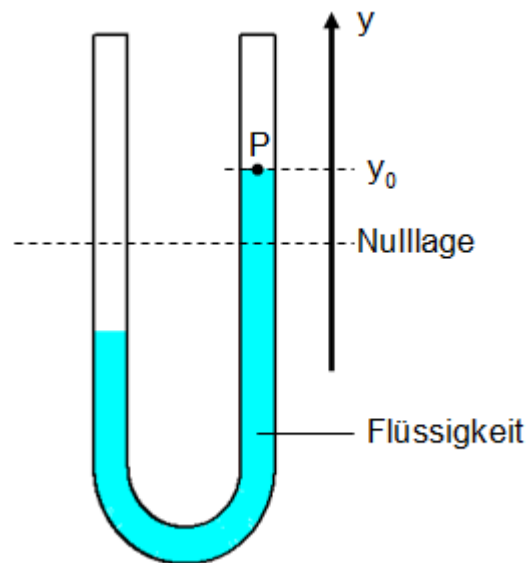
In einem U-Rohr mit dem konstanten Querschnitt $A = 0.72 \cdot \text{cm}^2$ befindet sich eine

Flüssigkeit mit der Dichte $\rho = 0.85 \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Die Flüssigkeitssäule hat die mittlere Länge $l_0 = 41 \text{ cm}$. Im linken Schenkel des U-Rohres wird der Druck erhöht, wodurch die Flüssigkeitssäule um $y_0 = 5.0 \text{ cm}$ ausgelenkt wird.

Zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ wird der Überdruck im linken Schenkel des U-Rohres weggenommen und die Flüssigkeitssäule dann sich selbst überlassen.

Reibungsverluste sind in den folgenden Aufgaben zu vernachlässigen.

**Teilaufgabe 1.1.0**

Man beobachtet, dass die Flüssigkeitssäule ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ aus der Ruhe heraus beschleunigt wird. Dabei bewegt sich ein Punkt P auf der Oberfläche der Flüssigkeit im rechten Schenkel des U-Rohres zunächst nach unten.

Teilaufgabe 1.1.1 (4 BE)

Berechnen Sie den Betrag F_0 der beschleunigenden Kraft für den Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$.

(Ergebnis: $F_0 = 60 \text{ mN}$]

Rücktreibende Kraft: $F_{\text{rück}} = F_{\text{rechts}} - F_{\text{links}}$

$$\Leftrightarrow F_{\text{rück}} = m_{\text{links}} \cdot g - m_{\text{rechts}} \cdot g = \rho \cdot V_{\text{rechts}} \cdot g - \rho \cdot V_{\text{links}} \cdot g$$

$$\Leftrightarrow F_{\text{rück}} = \rho \cdot A \cdot \left(\frac{l_0}{2} + y_0 \right) \cdot g - \rho \cdot A \cdot \left(\frac{l_0}{2} - y_0 \right) \cdot g$$

$$\Leftrightarrow F_{\text{rück}} = \rho \cdot A \cdot g \cdot 2 \cdot y_0$$

$$F_{\text{rück}} := 0.85 \cdot \frac{10^{-3} \cdot \text{kg}}{10^{-6} \cdot \text{m}^3} \cdot (0.72 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2) \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot \text{m}$$

$$F_{\text{rück}} = 0.060 \text{ N}$$

Teilaufgabe 1.1.2 (4 BE)

Zu Beginn der Bewegung hat die Beschleunigung des Punktes den Betrag a_0 .

Berechnen Sie a_0 .

$$F = m_{\text{ges}} \cdot a_0$$

$$a_0 = \frac{F}{m_{\text{ges}}} = \frac{F}{\rho \cdot A \cdot l_0} = \frac{\rho \cdot A \cdot g \cdot 2 \cdot y_0}{\rho \cdot A \cdot l_0} = \frac{g \cdot 2 \cdot y_0}{l_0}$$

$$a_0 := \frac{9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \cdot 0.05 \cdot \text{m}}{0.41 \cdot \text{m}} \quad a_0 = 2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Teilaufgabe 1.2.0

Die Flüssigkeitssäule schwingt ab dem Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ im U-Rohr hin und her.

Der Punkt P der Flüssigkeitsoberfläche im rechten Schenkel des U-Rohres schwingt dabei mit der Amplitude $s_0 = 5.0 \text{ cm}$ harmonisch auf und ab.

Teilaufgabe 1.2.1 (4 BE)

Berechnen Sie mithilfe des Ergebnisses von Aufgabe 1.1.1 die Richtgröße D für das schwingungsfähige System *Flüssigkeitssäule im U-Rohr*.

Erläutern Sie Ihren Lösungsansatz.

aus 1.1.1 $F_{\text{rück}} = \rho \cdot A \cdot g \cdot 2 \cdot y_0$

Vorzeichen: $F_{\text{rück}} \uparrow \downarrow y_0$ $F_{\text{rück}} = -\rho \cdot A \cdot g \cdot 2 \cdot y_0$

$$D = \rho \cdot A \cdot g \cdot 2 \quad \text{ist konstant}$$

$F_{\text{rück}} = -D \cdot y_0$ lineares Kraftgesetz, also eine harmonische Schwingung

$$D := 0.85 \cdot \frac{10^{-3} \cdot \text{kg}}{10^{-6} \cdot \text{m}^3} \cdot 0.72 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2 \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \quad D = 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Teilaufgabe 1.2.2 (2 BE)

Die Schwingung der Flüssigkeitssäule hat die Frequenz $f = 1.1 \text{ Hz}$.

Geben Sie die Zeit-Elongation-Gleichung für die harmonische Schwingung des Punktes P mit eingesetzten Daten an.

$$y(t) = y_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) = y_0 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

$$y(t) := 5 \cdot \text{cm} \cdot \cos\left(\frac{11}{5} \cdot \pi \cdot \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$$

Teilaufgabe 1.2.3 (2 BE)

Geben Sie an, wo sich der Punkt P befindet, wenn der Betrag seiner Beschleunigung maximal ist. Wie groß ist der maximale Betrag a_{\max} der Beschleunigung?

a_{\max} tritt auf im oberen oder unteren Umkehrpunkt.

$$a_{\max} = a_0 = 2.4 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

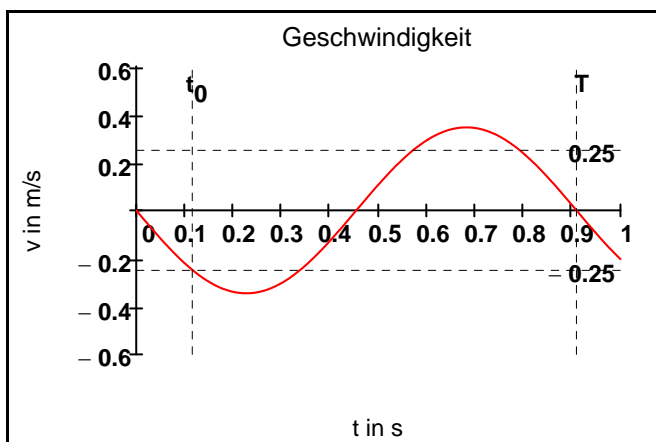
Teilaufgabe 1.2.4 (5 BE)

Zum Zeitpunkt t_1 besitzt der Punkt P zum ersten Mal eine nach oben gerichtete Geschwindigkeit

mit dem Betrag $v_1 = 0.25 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Berechnen Sie t_1 .

Gegeben: $y_0 := 0.05 \cdot \text{m}$ $f := 1.1 \cdot \text{Hz}$ $\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$ $T := \frac{1}{f} = 0.909 \text{ s}$

Geschwindigkeit: $v(t) := -y_0 \cdot \omega \cdot \sin\left(\frac{11}{5} \cdot \pi \cdot \frac{1}{\text{s}} \cdot t\right)$



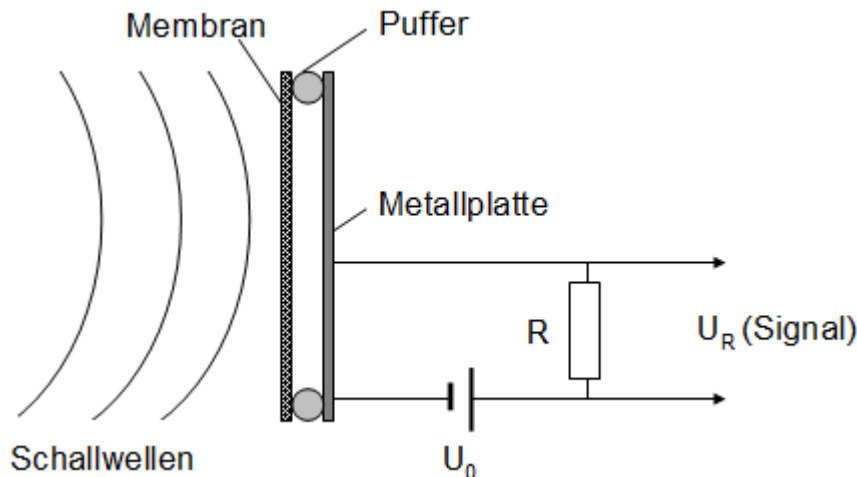
Ansatz: $v(t_1) = v_1 \Leftrightarrow y_0 \cdot \omega \cdot \sin\left(\frac{11}{5} \cdot \pi \cdot \frac{1}{\text{s}} \cdot t_0\right) = v_1 \Leftrightarrow \frac{11}{5} \cdot \pi \cdot \frac{1}{\text{s}} \cdot t_0 = \arcsin\left(\frac{v_1}{y_0 \cdot \omega}\right)$

$$t_0 := \frac{5 \cdot \text{s}}{11 \cdot \pi} \cdot \arcsin\left(\frac{0.25 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.05 \cdot \text{m} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1.1 \cdot \frac{1}{\text{s}}}\right) \quad t_0 = 0.117 \text{ s}$$

Zeitpunkt: $T_1 := \frac{T}{2} + t_0 \quad T_1 = 0.57 \text{ s}$

Teilaufgabe 2.0

In einem Kondensatormikrophon bilden eine leitfähige Membran und eine Metallplatte einen Plattenkondensator mit Luft als Dielektrikum. Zwei isolierende Puffer halten die Membran und die Metallplatte, die jeweils den Flächeninhalt $A = 80 \text{ cm}^2$ haben, auf einem Abstand d . Die Puffer sind elastisch, so dass der Plattenabstand d leicht variiert werden kann. Dieser Kondensator ist über den ohmschen Widerstand $R = 6.0 \text{ k}\Omega$ an eine Gleichspannungsquelle mit der Spannung $U_0 = 45 \text{ V}$ angeschlossen.



Teilaufgabe 2.1 (3 BE)

Der Plattenabstand beträgt zunächst $d_0 = 0.35 \text{ mm}$. Berechnen Sie die Ladung des Kondensators.

$$C_0 = \frac{Q_0}{U_0} \quad \Leftrightarrow \quad Q_0 = C_0 \cdot U_0 \quad \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}}$$

Kapazität: $C_0 = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0} \quad C_0 := 8.854 \times 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}} \cdot \frac{80 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2}{0.35 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}} \quad C_0 = 0.202 \text{ nF}$

Ladung: $Q_0 := 0.202 \text{ nF} \cdot 45 \cdot \text{V} \quad Q_0 = 9.1 \times 10^{-9} \text{ C}$

Teilaufgabe 2.2 (3 BE)

Die Reihenschaltung aus Kondensator und ohmschem Widerstand bleibt mit der Spannungsquelle verbunden. Durch Druckschwankungen (Schallwellen) wird die Membran bewegt und somit der Plattenabstand d variiert. Untersuchen Sie durch allgemeine Rechnung, ob und gegebenenfalls wie die Ladung Q des Kondensators vom Plattenabstand d abhängig ist.

Der Kondensator bleibt an der Spannungsquelle, also gilt, das U konstant ist.

$$Q = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0} \cdot U_0 = \epsilon_0 \cdot A \cdot U_0 \cdot \frac{1}{d} \quad \epsilon_0 \cdot A \cdot U_0 = \text{konstant} \quad \Rightarrow \quad Q \sim \frac{1}{d_0}$$

Teilaufgabe 2.3.0

Der Abstand zwischen der Membran und der Metallplatte wird vom Wert $d_0 := 0.35 \text{ mm}$ ausgehend um $\Delta d := 0.020 \cdot \text{mm}$ verkleinert.

Teilaufgabe 2.3.1 (4 BE)

Bestätigen Sie, dass bei der Verkleinerung des Plattenabstandes die Ladung $\Delta Q = 0.55 \text{ nC}$ zusätzlich von der Gleichspannungsquelle über den Widerstand R auf den Kondensator fließt.

Gegeben: $d_0 = 3.5 \times 10^{-4} \text{ m}$ $d_1 := d_0 - \Delta d$ $d_1 = 3.3 \times 10^{-4} \text{ m}$

$$Q_1 = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d_1} \cdot U_0 \quad Q_1 := 8.854 \times 10^{-12} \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{m}} \cdot \frac{80 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^2}{3.3 \times 10^{-4} \text{ m}} \cdot 45 \cdot \text{V} \quad Q_0 = 9.09 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$\Delta Q := Q_1 - Q_0 \quad \Delta Q = 5.7 \times 10^{-10} \text{ C}$$

Teilaufgabe 2.3.2 (4 BE)

Die Verkleinerung des Plattenabstandes erfolgt in der Zeit $\Delta t = 2.2 \text{ ms}$.

Berechnen Sie die mittlere Stärke \bar{J} des Ladestroms und die mittlere Spannung \bar{U}_R , die am ohmschen Widerstand R abfällt.

mittlere Stromstärke: $J_- = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad J_- := \frac{5.7 \times 10^{-10} \text{ C}}{2.2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{s}} \quad J_- = 2.6 \times 10^{-7} \text{ A}$

Spannungsabfall: $R = \frac{U_-}{J_-} \quad U_- = R \cdot J_-$

$$U_- := 6 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot (2.6 \times 10^{-7} \text{ A}) \quad U_- = 1.6 \times 10^{-3} \text{ V}$$

Teilaufgabe 2.4 (4 BE)

Eine Schallwelle trifft auf die Membran und regt die Membran zu einer Schwingung mit der Frequenz f an.

Erläutern Sie qualitativ den Zusammenhang zwischen der Schwingung der Membran und dem zeitlichen Verlauf der am ohmschen Widerstand R abfallenden Spannung U_R .

periodische Änderung des Plattenabstandes bewirkt eine periodische Änderung von Q

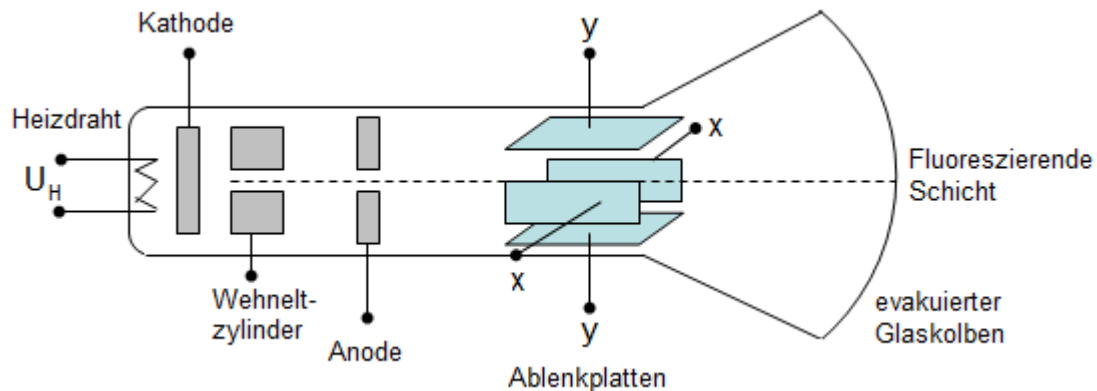
⇒ periodische Änderung von J ⇒ periodische Änderung von U_R mit der Frequenz f

Teilaufgabe 2.5.0

Der zeitliche Verlauf der am ohmschen Widerstand R abfallenden Spannung U_R kann mithilfe einer Braunschen Röhre, in der ein Elektronenstrahl in vertikaler und in horizontaler Richtung abgelenkt wird, dargestellt werden.

Teilaufgabe 2.5.1 (5 BE)

Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer solchen Braunschen Röhre an, die die wesentlichen Bauteile der Braunschen Röhre enthält.



Teilaufgabe 2.5.2 (6 BE)

Erklären Sie die Funktionsweise der Braunschen Röhre, indem Sie die Funktion der einzelnen Bauteile und deren Zusammenwirken bei der Darstellung des zeitlichen Verlaufs von U_R kurz erläutern.

Glühelektrischer Effekt erzeugt freie Elektronen, die im Beschleunigungskondensator beschleunigt werden. Durch den Ablenkkondensator in y -Richtung werden die Elektronen abgelenkt, durch das Anlegen einer Sägezahnspannung am Ablenkkondensator in x -Richtung wird der Strahl periodisch abgelenkt. Der Elektronenstrahl wird durch die fluoreszierende Schicht am Leuchtschirm sichtbar.