2013 II Lösung

1.1.1 Für den Betrag F_0 der beschleunigenden Kraft ist die Masse m_0 verantwortlich, welche sich im rechten Rohr, oberhalb des Niveaus der Flüssigkeitsoberfläche im linken Rohr befindet.

$$F_0 = m_0 \cdot g = \rho \cdot V_0 \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g = \rho \cdot A \cdot 2 \cdot \hat{s} \cdot g$$

$$F_0 = 0{,}85 \cdot \tfrac{g}{cm^3} \cdot 0{,}72 cm^2 \cdot 2 \cdot 5{,}0 cm \cdot 9{,}81 \tfrac{N}{kg} \approx 60 \tfrac{N \cdot g}{kg} = 60 \tfrac{N \cdot g}{10^3 g} = 60 \cdot 10^{-3} N = 60 mN$$

ODER:

$$F_0 = 0{,}85 \cdot 10^3 \tfrac{kg}{m^3} \cdot 0{,}72 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 2 \cdot 0{,}05 m \cdot 9{,}81 \tfrac{N}{kg} \approx 60 \cdot 10^{-3} N = 60 mN$$

1.1.2 Da hier die Gesamte Masse m der Flüssigkeit beschleunigt wird, gilt für die Beschleunigung a_0:

$$F_0 = F_B = m \cdot a_0 \quad \Rightarrow \quad a_0 = \frac{F_0}{m} = \frac{F_0}{\rho \cdot V} = \frac{F_0}{\rho \cdot A \cdot \ell}$$

$$a_0 = \frac{60 \cdot 10^{-3} N}{0{,}85 \cdot 10^3 \tfrac{kg}{m^3} \cdot 0{,}72 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 0{,}41 m} \approx 2{,}4 \tfrac{m}{s^2}$$

1.2.1 Da die Schwingung harmonisch verläuft, gilt hier das lineare Kraftgesetz: $\vec{F}_R = -D \cdot \vec{s}$

Somit folgt: $D = \left| \frac{F_R}{\hat{s}} \right| = \frac{60 \cdot 10^{-3} N}{0{,}05 m} = 1{,}2 \tfrac{N}{m}$

1.2.2 Für die Zeit-Orts-Funktion gilt allgemein: $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega \cdot t + \rho_0)$

Da die Bewegung im oberen Umkehrpunkt beginnt gilt: $\rho_0 = \frac{\pi}{2}$

Und mit $\omega = 2\pi f$ folgt somit:

$$s(t) = 0{,}05 m \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot 1{,}1 \tfrac{1}{s} \cdot t + \tfrac{\pi}{2}\right) = 0{,}05 m \cdot \sin\left(2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot t + \tfrac{\pi}{2}\right)$$

ODER auch: $s(t) = 0{,}05 m \cdot \cos\left(2{,}2 \cdot \frac{\pi}{s} \cdot t\right)$

1.2.3 Der Betrag der Beschleunigung ist im oberen und im unteren Umkehrpunkt maximal.

Somit folgt: $a_{max} = |a_0| = 2{,}4 \frac{m}{s^2}$

1.2.4 Aus $s(t) = 0{,}05 m \cdot \cos\left(2{,}2 \cdot \frac{\pi}{s} \cdot t\right)$ folgt:

$$\dot{s}(t) = v(t) = -0{,}05 m \cdot 2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot \sin\left(2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot t\right) = -0{,}11 \cdot \pi \cdot \tfrac{m}{s} \cdot \sin\left(2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot t\right)$$

Nun muss gelten:

$$-0{,}11 \cdot \pi \cdot \tfrac{m}{s} \cdot \sin\left(2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot t\right) = 0{,}25 \tfrac{m}{s}$$

$$\sin\left(2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot t\right) = -\tfrac{25}{11 \cdot \pi}$$

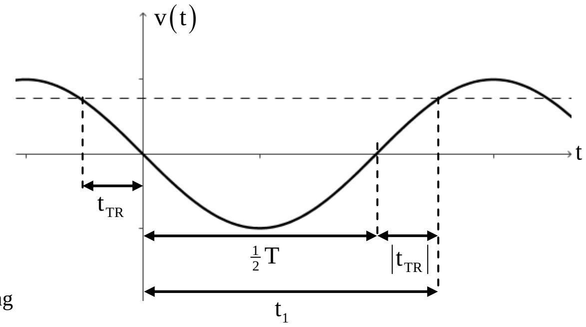
$$2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s} \cdot t = \arcsin\left(-\tfrac{25}{11 \cdot \pi}\right)$$

$$t_{TR} = \frac{\arcsin\left(-\tfrac{25}{11 \cdot \pi}\right)}{2{,}2 \cdot \tfrac{\pi}{s}} \approx -0{,}117 s$$

Mit Hilfe einer Skizze (der Zeit-Orts-Funktion) folgt dann:

$$t_1 = \tfrac{1}{2} \cdot T + |t_{TR}| = \tfrac{1}{2} \cdot \tfrac{1}{f} + |t_{TR}|$$

$$t_1 = \frac{1}{2 \cdot 1{,}1 \tfrac{1}{s}} + 0{,}117 s \approx 0{,}57 s$$



2.1 Es gilt:

$$\left.\begin{aligned} C_0 &= \frac{Q_0}{U_0} \\ C_0 &= \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{Q_0}{U_0} = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0} \overset{\varepsilon_r=1}{\Rightarrow} Q_0 = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d_0} \cdot U_0$$

$$Q_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12}\,\tfrac{\mathrm{As}}{\mathrm{Vm}} \cdot \frac{80 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}^2}{0{,}35 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}} \cdot 45\,\mathrm{V} \approx 9{,}1 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{C}$$

2.2 Nach 2.1 gilt: $Q(d) = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U = \varepsilon_0 \cdot U \cdot A \cdot \frac{1}{d}$

Da ε_0, A und U konstant sind (Kondensator und Widerstand bleiben an der Spannungsquelle angeschlossen!) folgt: $Q \sim \frac{1}{d}$

2.3.1 $\Delta Q = Q_1 - Q_0 = \varepsilon_0 \cdot U \cdot A \cdot \frac{1}{d_1} - \varepsilon_0 \cdot U \cdot A \cdot \frac{1}{d_0} = \varepsilon_0 \cdot U \cdot A \cdot \left(\frac{1}{d_0 - \Delta d} - \frac{1}{d_0} \right)$

$$\Delta Q = 8{,}854 \cdot 10^{-12}\,\tfrac{\mathrm{As}}{\mathrm{Vm}} \cdot 45\,\mathrm{V} \cdot 80 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}^2 \left(\frac{1}{0{,}35 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m} - 0{,}02 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}} - \frac{1}{0{,}35 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}} \right)$$

$$\Delta Q \approx 5{,}5 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{C}$$

2.3.2 Für die mittlere Stromstärke $\overline{I}$ gilt:

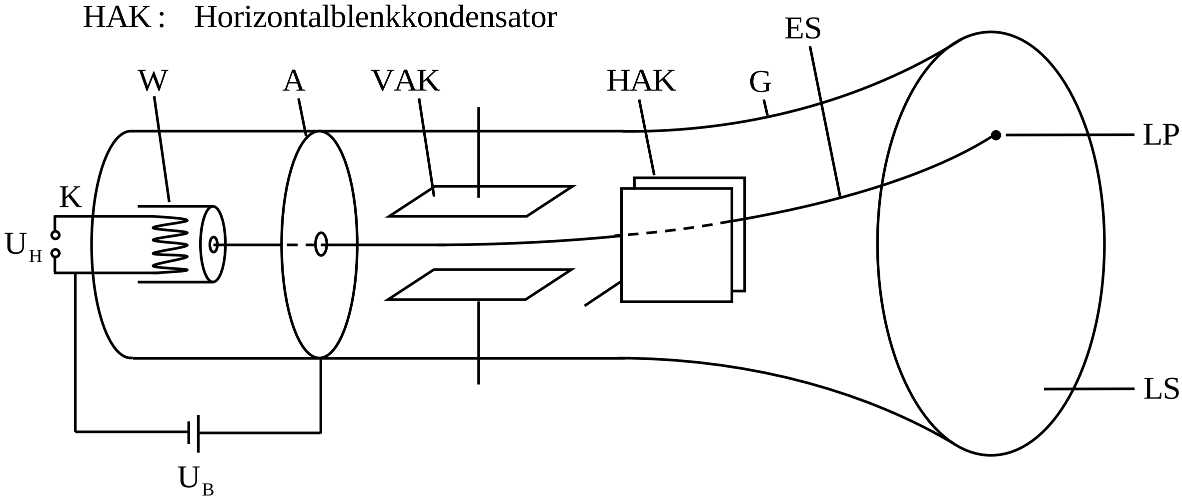
$$\overline{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{5{,}5 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{As}}{2{,}2 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s}} = 2{,}5 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{A}$$

Für die mittlere Spannung $\overline{U}_R$ folgt:

$$\overline{U}_R = R \cdot \overline{I} = 6{,}0 \cdot 10^3\,\Omega \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-7}\,\mathrm{A} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{V}$$

2.4 Durch die Schallwelle wird die Membran zu einer Schwingung mit der Frequenz f angeregt. Dabei verändert sich der Plattenabstand d des Kondensators mit der Frequenz f. Wird der Plattenabstand kleiner, so fließen nach 2.3.1 Ladungen (ΔQ) vom Kondensator über den Widerstand zur Spannungsquelle. Diese Ladungsänderung ΔQ führt nach 2.3.2 zu einem Stromfluss und somit zu einer Veränderung der Spannung U_R welche am Widerstand abfällt.

2.5.1 W : Wehneltzylinder zur Bündelung des Elektronenstrahls
A : Anode mit Loch
VAK : Vertikalablenkkondensator
HAK : Horizontalblenkkondensator



G : evakuierter Glaskolben
ES : Elektronenstrahl
LP : Leuchtpunkt
LS : Leuchtschirm

U_H : Heizspannung
U_B : Beschleunigungsspannung
K : Glühkathode

2.5.2 Durch die Heizspannung U_H wird die Glühwendel so stark erhitzt, dass durch Glühemission Elektronen den Metallverband verlassen.
Diese „freien“ Elektronen werden durch die Beschleunigungsspannung U_B in Richtung der Anode beschleunigt.
Die Elektronen passieren die Anode mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ durch ein kleines Loch und werden so zu einem Strahl fokussiert.
An dem Vertikalablenkkondensator liegt die Spannung U_R an.
An dem Horizontalablenkkondensator liegt eine Sägezahnspannung (Kippspannung) an, damit der Leuchtpunkt auf dem Schirm immer wieder mit konstanter Geschwindigkeit von links nach rechts läuft.
Durch Überlagerung der beiden Bewegungen (horizontaler und vertikaler Richtung) entsteht auf dem Leuchtschirm eine Kurve, die den zeitlichen Verlauf der Spannung U_R darstellt.