

## III

- BE 1.0 An einen Sinusgenerator mit der Spannung  $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$  wird ein Kondensator mit der Kapazität  $C$  angeschlossen. Der ohmsche Widerstand im Wechselstromkreis ist vernachlässigbar klein.
- 3 1.1 Ermitteln Sie - ausgehend von  $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$  - eine Gleichung für den zeitlichen Verlauf der Stromstärke  $I_C$  im Wechselstromkreis.
- 3 1.2 Leiten Sie aus dem Ergebnis von 1.1 ab, dass der kapazitive Widerstand  $X_C$  eines Kondensators indirekt proportional zur Frequenz  $f$  der angelegten Spannung ist.
- 1.3.0 Die Abhängigkeit des kapazitiven Widerstandes  $X_C$  von der Frequenz  $f$  soll experimentell überprüft werden.
- 4 1.3.1 Fertigen Sie eine Schaltskizze mit den erforderlichen Messgeräten zu diesem Versuch an, und erläutern Sie, wie  $X_C$  damit bestimmt wird.
- 4 1.3.2 Bei der Durchführung des Versuchs erhält man folgende Messwerte:
- |                    |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|
| f in Hz            | 40   | 60   | 100  | 160  |
| $X_C$ in $k\Omega$ | 0,40 | 0,27 | 0,16 | 0,10 |
- Bestätigen Sie durch graphische Auswertung der Messreihe, dass  $X_C$  indirekt proportional zu  $f$  ist.
- 1.4.0 Für die Generatorspannung gilt:  $U(t) = 25 \text{ V} \cdot \sin(100 \cdot \pi \cdot \frac{1}{s} \cdot t)$  mit  $t \geq 0 \text{ s}$ .  
Die Effektivstromstärke im Wechselstromkreis beträgt  $I_{C,\text{eff}} = 56 \text{ mA}$ .
- 5 1.4.1 Berechnen Sie unter Verwendung der in 1.4.0 angegebenen Größen die Periode  $T$  der Wechselspannung und die Kapazität  $C$  des Kondensators.  
[ Teilergebnis:  $C = 10 \mu\text{F}$  ]
- 5 1.4.2 Zum Zeitpunkt  $t_2$  mit  $0 < t_2 < T$  nimmt die Spannung  $U$  zum zweiten Mal den Wert  $U^* = 15 \text{ V}$  an.  
Zeichnen Sie für den Zeitpunkt  $t_2$  ein Zeigerdiagramm mit den Zeigern für die Spannung  $U$  und die Stromstärke  $I_C$ . Maßstab:  $5 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$  ;  $20 \text{ mA} \hat{=} 1 \text{ cm}$   
Entnehmen Sie diesem Zeigerdiagramm den Momentanwert der Stromstärke  $I_C$  für den Zeitpunkt  $t_2$ .
- 4 1.4.3 Die Wechselspannungsquelle lädt den Kondensator immer wieder auf, wodurch im Kondensator immer wieder ein elektrisches Feld aufgebaut wird.  
Berechnen Sie den maximalen Energieinhalt des elektrischen Feldes im Kondensator.  
Erläutern Sie, weshalb die pro Periode  $T$  effektiv der Wechselspannungsquelle entnommene Energie gleich Null ist, wenn der ohmsche Widerstand im Wechselstromkreis vernachlässigbar ist.

- 2.0 Robert A. Millikan gelang es, den quantenhaften Charakter der elektrischen Ladung experimentell nachzuweisen. Bei der Durchführung des Experiments nach Millikan werden mit Hilfe eines Zerstäubers kleine, kugelförmige, elektrisch geladene Öltröpfchen in den Raum zwischen den horizontal liegenden, zunächst ungeladenen Platten eines Kondensators (Plattenabstand  $d$ ) gebracht. Nun wird an den Kondensator eine Spannung angelegt. Die elektrische Feldstärke im Inneren des Kondensators ist vertikal von oben nach unten gerichtet. Die Spannung  $U$  zwischen den Kondensatorplatten wird so eingestellt, dass ein ausgewähltes Öltröpfchen (Dichte  $\rho$ ; Radius  $r$ ) schwebt.  
Die Auftriebskraft in Luft ist zu vernachlässigen.
- 5 2.1 Skizzieren Sie die Versuchsanordnung und tragen Sie die an diesem Öltröpfchen angreifenden Kräfte, die Polung der Kondensatorspannung und das Vorzeichen der Ladung  $Q$  des Öltröpfchens ein.
- 4 2.2 Zeigen Sie, dass für den Betrag dieser Tröpfchenladung  $Q$  gilt:  $|Q| = \frac{4 \cdot r^3 \cdot \pi \cdot \rho \cdot g \cdot d}{3 \cdot U}$ .
- 3 2.3 Erklären Sie, wie aus den Ergebnissen vieler Versuche auf die Existenz der Elementarladung geschlossen werden kann.
- 4 2.4 Die Dichte des Öls beträgt  $\rho = 0,875 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . Ein Öltröpfchen befindet sich im elektrischen Feld eines Kondensators mit dem Plattenabstand  $d = 6,0 \text{ mm}$ . Das Öltröpfchen mit dem Radius  $r = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  schwebt, wenn die Spannung zwischen den Kondensatorplatten den Betrag  $U = 450 \text{ V}$  besitzt.  
Ermitteln Sie durch Rechnung, mit wie vielen Elementarladungen das Öltröpfchen geladen ist.
- 2.5.0 Das elektrische Feld wird abgeschaltet. Das Öltröpfchen aus 2.0 sinkt. Dabei wirkt auf das Öltröpfchen außer der Gewichtskraft  $\vec{F}_G$  nun noch die Luftreibungskraft  $\vec{F}_R$ . Der Betrag  $F_R$  der Luftreibungskraft ist direkt proportional zum Betrag  $v$  der Sinkgeschwindigkeit und zum Radius  $r$  des Öltröpfchens.  
Also gilt:  $F_R = k \cdot r \cdot v$ , wobei  $k$  konstant, d.h. unabhängig von  $r$  und  $v$  ist.
- 3 2.5.1 Das Öltröpfchen erfährt zunächst eine vertikal nach unten gerichtete Beschleunigung. Begründen Sie, warum der Betrag der Beschleunigung abnimmt und das Öltröpfchen schließlich mit einer konstanten Geschwindigkeit vom Betrag  $v_s$  sinkt.
- 3 2.5.2 Die Konstante  $k$  sei bekannt.  
Ermitteln Sie durch allgemeine Rechnung eine Formel, mit der sich der Radius  $r$  des Öltröpfchens aus den Größen  $k$ ,  $\rho$  und  $v_s$  berechnen lässt.