

# Millikan\*

## Versuchsanleitung

### 1 Was Sie zur Versuchsdurchführung wissen sollten

Bestimmung der Elementarladung nach Millikan, Stokessches Gesetz, Brownsche Bewegung

### 2 Aufgaben zur Vorbereitung

Diese Aufgaben sollten vor dem Versuch schriftlich bearbeitet werden. Die Antworten sind als Teil des Protokolls abzugeben.

1. Skizzieren sie die Kräftegleichgewichte.
2. Leiten Sie aus den Kräftegleichgewichten die Formeln für  $r$  und  $Q$  her.
3. Schätzen Sie die Dauer der Beschleunigungsphasen nach den Richtungswechseln eines Öltröpfchens mit dem Radius  $r = 0,727 \mu\text{m}$ , indem Sie in beiden Fällen die Gleichung für das Kräftegleichgewicht nach der Geschwindigkeit auflösen und die Beschleunigung abschätzen. Muss die Beschleunigungsphase bei der Zeitmessung berücksichtigt werden?
4. Warum ist es wichtig, die Kondensatorplatten waagerecht auszurichten?
5. Warum sind Öltröpfchen besser geeignet als Wassertröpfchen, wenn man bedenkt, dass die Masse der untersuchten Objekte als konstant angesehen wird?
6. Bewegen sich gering geladene Tröpfchen im elektrischen Feld schneller oder langsamer als stark geladene? Wie ist (qualitativ) dementsprechend die Spannung zu wählen, wenn man gering bzw. stark geladene Öltröpfchen bei etwa gleicher Geschwindigkeit beobachten will?

---

\*Diese Versuchsanleitung beruht auf der Bachelorarbeit von Kerstin Woltering.

7. Welcher Nachteil ergibt sich für die Auswertung, wenn man die fünf Zeitmessungen mit einer Additionsstoppuhr aufsummiert und durch fünf teilt, anstatt alle fünf Werte zu protokollieren und dann zu mitteln?
8. Wie hängen die Viskosität  $\eta$  und die mittlere freie Weglänge  $\lambda$  qualitativ von der Temperatur ab?

### 3 Durchführung und Auswertung

1. Schließen Sie die Millikan-Apparatur an das Millikan-Betriebsgerät an. Die Beleuchtungseinrichtung wird mit Kleinspannung versorgt, während die Kondensatorplatten an eine regelbare Gleichspannung bis 600 V angeschlossen werden. Achten Sie darauf, die Kondensatorplatten waagrecht auszurichten. Justieren Sie Mikroskop (so, dass Mikrometerskala und Öltröpfchen scharf zu erkennen sind) und Mikrometerskala (senkrecht). Wo ist im Mikroskopbild oben, unten, links, rechts?
2. Bestimmen Sie die Ladung von mindestens fünfzehn Öltröpfchen, indem Sie die Fall- und Steigzeit  $t_{\downarrow}$  und  $t_{\uparrow}$  für eine Strecke von zwei Skalenteilen jeweils fünfmal messen.

*Hinweise:*

- Der Fehler für die Ladung  $Q$  steigt mit ihrer Größe. Es sollten daher Tröpfchen bevorzugt werden, die nur wenige Elementarladungen tragen. Berechnen Sie daher die Ladung der ersten drei Öltröpfchen sofort, um ein Gefühl für geeignete Tröpfchen zu bekommen.
- Wie in der Theorie gesehen, sollten die Messzeiten nicht zu lang und nicht zu kurz sein, um den Fehler möglichst gering zu halten. Geeignete Tröpfchen benötigen für das Fallen und Steigen bei einer Spannung von über 500 V jeweils länger als 10 s für zwei Skalenteile.
- Am besten wartet man nach dem Einblasen der Öltröpfchen einige Zeit, bis sich die schwersten Tröpfchen abgesetzt haben. Danach legt man die größtmögliche Spannung (Maximum beachten!) an, wodurch zuerst die hochgeladenen Tröpfchen gegen die Kondensatorplatten gezogen werden.
- Luftströmungen im Kondensator beeinträchtigen die Messung stark, da Öltröpfchen dann seitlich aus dem Bereich der Mikrometerskala oder gar der Fokalebene des Mikroskops wegdriften können. Abhilfe schafft ein Stückchen Pappe, das zwischen den Ölzerstäuber und die Einsprühöffnungen geklemmt wird.

- Fokussieren Sie mit dem Auge nicht das Öltröpfchen, sondern die Skala, insbesondere, wenn es leicht nach hinten aus der Ebene der Mikrometerskala weggedriftet ist.
3. Stellen Sie Ihre Messergebnisse grafisch dar.
  4. Bestätigen oder widerlegen Sie anhand Ihrer Messungen die Hypothese, dass jede natürlich vorkommende Ladung ein Vielfaches einer Elementarladung  $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ist, und bestimmen Sie gegebenenfalls die Größe dieser Ladung.
  5. Überprüfen Sie, ob Sie alle Messungen durchgeführt und alle Größen bestimmt haben, die Sie zur Auswertung benötigen.
  6. Bestimmen Sie die Unsicherheiten Ihrer Messergebnisse und diskutieren Sie alle Ihre Beobachtungen.

### Technische Daten und Konstanten

- Plattenabstand:  $d = (6,00 \pm 0,05) \text{ mm}$
- Okularvergrößerung: 10
- Objektivvergrößerung:  $2,00 \pm 0,05$
- Länge der Mikrometerskala: 10 mm
- Skalenteilung: 0,1 mm
- Öldichte:  $\rho_{\text{Öl}} = 877 \text{ kg m}^{-3}$  bei  $15^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{Öl}} = 871 \text{ kg m}^{-3}$  bei  $25^\circ\text{C}$
- Dynamische Viskosität der Luft:  $\eta = 1,819 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$  bei  $20^\circ\text{C}$ ,  $\eta = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$  bei  $26,85^\circ\text{C}$ ,  $\eta = 1,867 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$  bei  $30^\circ\text{C}$
- Dichte der Luft:  $\rho_L = 1,2929 \text{ kg m}^{-3}$  unter Normalbedingungen. Diese kann nötigenfalls mittels  $\rho_L = (T_0 \cdot p/T \cdot p_0) \cdot 1,2929 \text{ kg m}^{-3}$  an den tatsächlichen Luftdruck und die Temperatur angepasst werden.