

Die zur Berechnung von Q und r erforderlichen Beziehungen sind herzuleiten. Folgende Zahlenwerte werden benötigt:

Viskosität der Luft bei 23°C	$\eta \approx 1,83 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
Dichte der Luft	$\rho_L = 1,3 \text{ kg/m}^3$
Dichte des Silikonöls	$\rho_{\text{ö}} = 958 \text{ kg/m}^3$
Abstand der Kondensatorplatten	$d = 5 \text{ mm}$

Durch die Brownschen Bewegung der Tröpfchen wird die Einstellung der Schwebespannung erschwert; die dadurch bedingte Messunsicherheit ist abzuschätzen.

- 3.2 Bei der **dynamischen Methode** werden Q und r aus der Steiggeschwindigkeit v_{\uparrow} des Tröpfchens im Feld und aus der Fallgeschwindigkeit v_{\downarrow} im gleichen Feld (nach Umpolung der Steigspannung U) oder v_0 im feldfreien Raum ($U = 0$) bestimmt. Die erforderlichen Beziehungen sind wieder herzuleiten.

In Aufgabe 1.1 und 1.2 sind mindestens je 10 unterschiedliche, möglichst kleine Tröpfchen zu vermessen. Werden Schwebespannung U_S , Fallzeit ohne Feld (Schalterstellung „N“) und Steigzeit im Feld (Umschalter in Links- oder Rechtsstellung) nacheinander am gleichen Tröpfchen gemessen, sind Messungen an 15 Tröpfchen ausreichend.

- Vor Messbeginn ist die Bedienungsanleitung der Millikan-Apparatur aufmerksam zu studieren.
 - Im Mikroskop sind alle Bewegungsrichtungen umgekehrt, fallende Tröpfchen bewegen sich aufwärts!
 - Während der Messung an einem Tröpfchen muss dieses im Blickfeld des Beobachters bleiben. Spannungen und Zeiten müssen erforderlichenfalls vom zweiten Versuchspartner abgelesen werden.
 - Sind zu wenig Öltröpfchen im Kondensator sichtbar, müssen neue Tröpfchen aus dem Reservoir zugeführt werden. Durch Anheben des Verschluss-Stabes im Reservoir-Deckel wird die Öffnung des Verbindungskanals freigegeben. Leicht „pumpende“ Vertikalbewegung des Stabes fördert die Tröpfchenzufuhr.
 - Werden zu wenig geladene Tröpfchen zugeführt, muss die Luft im Reservoir ionisiert werden. Dazu wird ein radioaktives Ra-Präparat kurzzeitig (ca. 2 s) in die Öffnung des Reservoir-Deckels eingeführt und anschließend sofort wieder in den Schutzbehälter zurückbefördert.
- 3.3 Das Histogramm der Häufigkeiten der im Bereich $Q \geq 1,1 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ mit einer Intervallbreite $\Delta Q = 0,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ klassifizierten Ladungen sollte die Ladungsquantelung $Q = N \cdot e$ widerspiegeln (Wertehäufung in äquidistanten Intervallen). Ist dies nicht der Fall, muss die Intervallbreite verdoppelt werden. Der Faktor N ist für alle Ladungen in Häufungsintervallen und den diesen benachbarten Intervallen zu ermitteln. Nach Division von Q durch N ergeben sich die unkorrigierten Werte e der Elementarladung. Deren Mittelwert ist zu berechnen, $e^{2/3}$ ist als Funktion von $(1/r)$ graphisch darzustellen.

Cunningham-Korrektur:

Da die mittlere freie Weglänge in Luft $\lambda \approx 6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ in der Größenordnung des Radius r der Öltröpfchen liegt, ist eine der Voraussetzungen (Bewegung im homogenen Medium) für die Gültigkeit des Stokesschen Gesetzes nicht erfüllt. Daher muss die Viskosität η in allen Beziehungen zur Ladungsberechnung bzw. die Ladung selbst mit Hilfe der halbempirischen Beziehung nach *Cunningham* korrigiert werden:

$$\eta_{\text{korr}} = \frac{\eta}{1 + A \cdot \frac{\lambda}{r}} \quad (1)$$

Die Literaturangaben für den Korrekturfaktor A weichen stark voneinander ab, A und der Mittelwert der korrigierten Elementarladung e_{korr} sollten daher auf der Grundlage der funktionalen Abhängigkeit $e^{2/3} = f(1/r)$ durch lineare Regression bestimmt werden. Ist dies wegen zu geringem r-Bereich und/oder stark streuender Kurvenpunkte nicht sinnvoll, ist e mit dem Korrekturfaktor $A = 0,63$ nach Lit. 2.2 zu korrigieren.

4 Zugeordnete Themenkomplexe

Elektrische Ladung, Ladungserhaltung, Ladungsmessung
 Elektrische Felder, Feldstärke, Kraftwirkung des elektrischen Feldes auf Ladungen