

**Ziel:**

Es soll die Elementarladung bestimmt werden.

**Methoden:**

Hinter dem Experiment von Millikan verbirgt sich die Überlegung, dass die Ladung eines jeden geladenen Körpers ein ganzzahliges Vielfaches einer sogenannten Elementarladung sei.

**Erläuterungen:**

Es werden die Ladungen von Öltröpfchen bestimmt, um daraus die Elementarladung zu erhalten. Das Experiment von Millikan benützt zur Ladungsbestimmung die Schwebemethode, d.h. ein geladenes Öltröpfchen kommt zum Schweben, wenn eine elektrische Kraft der Gewichtskraft das Gleichgewicht hält. Durch Fallenlassen des Öltröpfchens kann auf sein Gewicht geschlossen werden, da wegen der kleinen Dimension des Tröpfchens geometrische Methoden der Volumsbestimmung versagen.

**Theorie:**

Elektrostatik, Kräfte, Gleichgewicht, gleichförmige Bewegung

**Literatur:**

Lehrbuch:

Physikalisches Praktikum: Walcher S. 281 ff.

**Geräte:**

Millikangerät mit Millikankammer, Mikroskop und Beleuchtung  
Netzgerät mit Voltmeter (stufenlos 0 - 600V= $\Rightarrow$ )  
elektrische Stopuhr (Steinegger)

**Name:** ..... **Klasse:** **Tc 3/4** **Datum:** .....

**Beurteilung:**

Auswertung .....

Genauigkeit .....

Fehlerrechnung/Fehlerdiskussion .....

Protokollführung .....

Summe .....

**Grundlagen:**

R.A. Millikan hat erstmals 1913 den Öltröpfchenversuch zur Bestimmung der Elementarladung durchgeführt. Bei diesem Versuch wird ein elektrisch geladenes Öltröpfchen in das homogene Feld eines Plattenkondensators gebracht. Auf dieses Tröpfchen wirken dann Kräfte, die indirekt messbar sind. Es sind dies

die <b>elektrische Kraft</b>	$F_E = q \cdot E$
das <b>Gewicht</b>	$G = \rho_l \cdot V$
der <b>Auftrieb</b>	$F_A = \rho_L \cdot V$
die <b>Stokesche Reibungskraft</b>	$F_R = 6 \pi r v$

Die Stokesche Reibungskraft kommt zustande, wenn sich das als kugelförmig angenommene Tröpfchen in der Luft bewegt.

**Bedeutung der Symbole:**

$q$ = Ladung des Öltröpfchens	$\rho_L$ = Wichte von Luft
$E$ = Feldstärke im Feld zwischen den Kondensatorplatten	$\eta$ = Viskosität der Luft
$\rho_l$ = Wichte von Öl	$r$ = Radius des Öltröpfchens
$V$ = Volumen des Öltröpfchens	$v$ = Bewegungsgeschwindigkeit des Öltröpfchens

Das elektrische Feld kann man so einstellen, dass das Öltröpfchen schwebt. Dabei herrscht Kräftegleichgewicht. Es gilt:

$$(1) \quad F_E = G - F_A$$

Wenn das Öltröpfchen in Luft mit konstanter Geschwindigkeit fällt, herrscht ebenfalls Kräftegleichgewicht. Es gilt:

$$(2) \quad G - F_A = F_R$$

Aus (1) und (2) folgt:

$$(3) \quad F_E = F_R$$

Gleichung (2) wird umgeformt:

$$F_R = 6 \pi r v$$

$$G - F_A = \rho_l \cdot V - \rho_L \cdot V = (\rho_l - \rho_L) \cdot V = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_l - \rho_L)$$

$$6 \pi r v = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_l - \rho_L)$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \eta v}{2 (\rho_l - \rho_L) g}}$$

Andererseits ist  $F_E = q \cdot E$ , wobei  $E = \frac{U}{d}$  ist ( $U$  = gemessene Spannung,  $d$  = Plattenabstand)

Setzt man in (3) ein, so kommt man für  $q$  zur Lösung:

$$(4) \quad q = \frac{6 \pi \eta d v}{U} \cdot \sqrt{\frac{9 \eta v}{2 (\rho_l - \rho_L) g}}$$

Die Spannung  $U$ , ist die Spannung, bei der das Öltröpfchen im Plattenkondensator schwebt. Wird die Spannung ausgeschaltet, so fällt das Tröpfchen mit der Fallgeschwindigkeit  $v$ , die sich aus dem Fallweg  $s$  und der dazu benötigten Zeit  $t$  errechnen lässt ( $v = \frac{s}{t}$ ). Setzt man in der letzten Gleichung die Werte für  $s$ ,  $d$  und  $t$  ein, so erhält man für die Ladung:

$$(5) \quad q = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{v^{1,5}}{U}$$

## Messmethoden und Messgeräte:

### Spannungsmessung

Wenn am Potentiometerknopf nicht gedreht wird, kann die Spannung auch nach dem Fallenlassen des Öltröpfchens abgelesen werden. Mit dem Schalter (1) kann die Spannung dazu wieder eingeschaltet werden.

### Zeitmessung

mit der Stoppuhr von Steinegger: 'EIN' mit ansteigender Flanke, 'AUS' mit abfallender Flanke. Schalter (1) schaltet Spannung ab und Stoppuhr ein, wenn Schalter (2) in Position unten steht.

### Auswahl der Tröpfchen

Es sollen Öltröpfchen mit kleiner Ladung (max. 5-6 Elementarladungen) ausgewählt werden. Mit einem Tröpfchen werden dann möglichst viele Messungen durchgeführt.

## Durchführung des Experiments:

- Netzgerät und Stoppuhr einschalten, Schalter (schwarz) am Netzgerät nach unten. Stoppuhr: START steigende Flanke, STOP abfallende Flanke
- Okularmikrometer vertikal einstellen und durch Drehen des Okularrings scharf einstellen.
- Auf der Skala des Okulares werden zwei Messmarken für die Probestrecke festgelegt, über die die Fallzeit gemessen wird. Die Skala ist folgendermassen kalibriert:
$$1 \text{ Strich} = \frac{1}{1,875} \cdot 10^{-4} \text{m}$$
- Schalter (rot) nach oben. Mit dem Drehknopf wird eine Spannung von 500 - 600V eingestellt.
- Gummiball am Ölzerstäuber einmal kräftig drücken. Dadurch gelangt eine ausreichende Anzahl Öltröpfchen in die Millikankammer. Es soll jetzt ein Öltröpfchen ausgewählt werden, das im elektrischen Feld langsam aufsteigt, d.h. im Mikroskopbild durch die Umkehrung der Abbildung sinkt.
- Das ausgewählte Tröpfchen wird durch Einstellen der Spannung zum Schweben gebracht. (Spannung besser erst nachher messen! Verlust des Tröpfchens!)
- Schalter (rot) wird nach unten gelegt, dadurch wird die Spannung ausgeschaltet. Mit dem Schalter (schwarz) wird die Stoppuhr eingeschaltet. Fallzeit über eine bestimmte Strecke (z.B. 30 Strich) messen. Die Spannung kann nach dem Fall des Tröpfchens abgelesen werden, sofern nicht am Drehknopf gedreht wurde.
- Mit demselben Tröpfchen sollen mehrere Fallvorgänge gemessen werden.
- Es sollen genügend Messungen gemacht werden, damit die Elementarladung bestimmt werden kann. Die Ergebnisse für die Ladungen der Öltröpfchen werden auf einer Zahlengeraden aufgezeichnet. Daraus soll dann die Elementarladung bestimmt werden.
- Die Elementarladung soll auf 1% genau ermittelt werden.