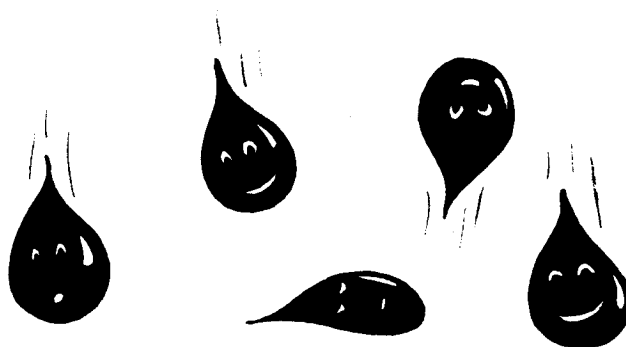


A1

ELEKTRONENS LADDNING



MÅLSÄTTNING:

Laborationen visar att den elektriska laddningen är kvantiserad och att ett ungefärligt värde på det elektriska elementarkvantat kan uppmätas i ett enkelt experiment.

FÖRBEREDELSE:

Du bör kunna teorin för hur en oljedroppe faller eller stiger under inverkan av en kombination av jordens gravitationsfält, luftmotståndet och ett homogent elektriskt fält.

Namn..... Kurs.....
Utförd den..... Handledare.....
Godkänd den..... av.....

A1

ELEKTRONENS LADDNING

AVSIKT

Avsikten med den här laborationen är dels att visa att den elektriska laddningen är kvantiserad, dels att uppmäta ett ungefärligt värde på det elektriska elementarkvantat.

MILLIKANS FÖRSÖK

Elektronen upptäcktes 1897 av Thomson och förhållandet mellan dess laddning och massa, e/m , kunde lätt bestämmas med hjälp av avböjningen i elektriska och magnetiska fält i ett katodstrålerör. Att bestämma elektronens laddning enbart visade sig vara ett betydligt svårare problem och det dröjde ända fram till 1909 innan Millikan löste problemet på ett både enkelt och genialt sätt. Millikan förband elektronen med en känd massa (en oljedroppe), så stor att elektronens massa kunde försummas ! Oljedropparna placerades i ett variabelt, uppåtriktat, elektriskt fält. Detta elektriska fält ställdes sedan in så att det kompenserade den nedåtriktade gravitationskraften. Millikan publicerade sina resultat 1913 och han fick Nobelpriset för sitt arbete 1923.

TEORI

Försöket ni skall göra tjänar egentligen två olika syften. Det är ett historiskt försök som illustrerar det ni har läst i grundkursen i kvantfysik, samtidigt som det visar att man genom ett enkelt försök faktiskt kan undersöka en av naturens minsta och mest fundamentala byggstenar. Experimentet är en modifierad variant av Millikans försök, där man istället för att mäta svävpotentialen mäter den hastighet med vilken droppen stiger i ett bestämt elektriskt fält och sedan den hastighet med vilken droppen faller fritt då det elektriska fältet stängs av.

Anta därför att vi har en oljedroppe som faller fritt med hastigheten v_1 mitt emellan plattorna på en plattkondensator, (se fig på nästa sida). Krafterna som verkar på den är dels tyngdkraften, F_g , dels luftmotståndet, F_L , givet av Stokes lag.

$$F_g = mg = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho g \quad \rho = \text{droppens densitet} - \text{luftens densitet} = (\rho_o - \rho_L)$$

där η = luftens viskositetskoefficient

$$F_L = 6\pi\eta r v \quad r = \text{droppens radie}$$

v = droppens hastighet

Efter ett tag kommer droppen att falla med konstant hastighet. Detta inträffar då

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g - 6\pi r v_1 \eta = 0$$

Droppens radie, r , kan nu lösas ut som

$$r = \sqrt{\frac{9\eta v_1}{2\rho g}}$$

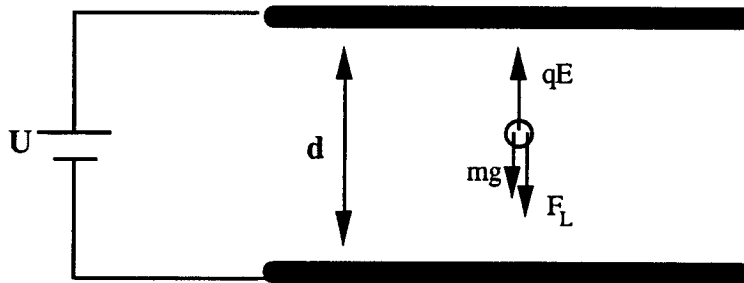


Fig. 1

Lägger vi sedan på en spänning U över plattkondensatorn så får vi ett homogent elektriskt fält, $E=U/d$, där d är avståndet mellan plattorna. Antag nu att droppens laddning är sådan att den börjar stiga i detta fält med hastigheten v_2 . Detta ger oss att

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g - q \frac{U}{d} + 6\pi r v_2 \eta = 0$$

Sätter vi nu in uttrycket för droppens radie så får vi följande

$$q \frac{U}{d} = 6\pi\eta v_2 \sqrt{\frac{9\eta v_1}{2\rho g}} + \frac{4}{3} \pi \rho g \frac{9\eta v_1}{2\rho g} \sqrt{\frac{9\eta v_1}{2\rho g}}$$

$$q = (v_1 + v_2) \frac{\sqrt{v_1}}{U} \eta^{3/2} \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}}$$

Detta innebär att vi genom att mäta upp den hastighet, v_1 , med vilken droppen faller, samt hastigheten, v_2 , med vilken den stiger i det elektriska fältet kan bestämma ett värde på q . I och med att dropparnas diameter är i samma storleksordning som medelavståndet mellan luftmolekylerna så måste Stokes lag korrigeras,

$$F_L = 6\pi\eta rv \left(1 + \frac{a}{pr}\right)^{-1}$$

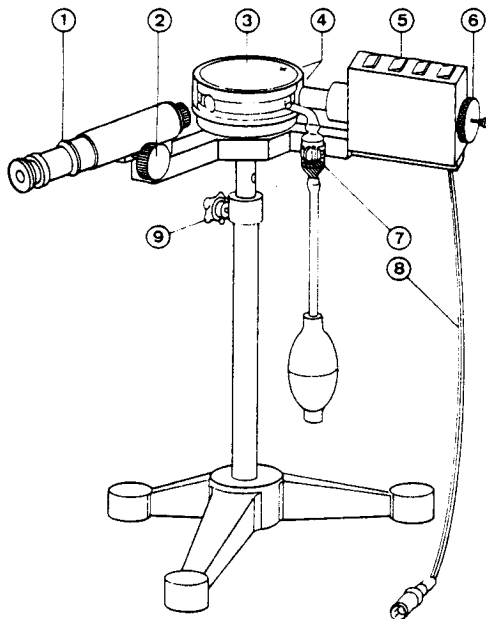
Detta gör att vi får en korrigerad laddning q_c given av

$$q_c = \frac{q}{\left(1 + \frac{a}{rp}\right)^{3/2}}$$

Dessutom är viskositeten, η , temperaturberoende och $\eta(T)$ ges empiriskt av

$$\eta = (181.8 + 0.495(T - 20)) \cdot 10^{-7} \text{ Ns} / \text{m}^2$$

MÄTUTRUSTNING



- ① Measuring microscope with micrometer eyepiece
- ② Knurled knob for microscope adjustment
- ③ Millikan chamber (plate capacitor) with acrylic glass cover
- ④ Socket pair to connect the d. c. voltage for the plate capacitor (can be tapped from socket pair ⑪, adjustable via knob ⑭)
- ⑤ Illumination device
- ⑥ Knurled knob for lamp adjustment
- ⑦ Oil atomizer with rubber ball in resilient holder (one bottle with oil included in scope of delivery)
- ⑧ Connecting cable for lamp voltage (from multiple socket ⑮)
- ⑨ Screw for height adjustment (to adapt the microscope to the eye level of the experimenter)

UTFÖRANDE

Med hjälp av ett mikroskop med en okularskala studeras en liten oljedroppes rörelse i ett vertikalt elektriskt fält, alstrat av två horisontella kondensatorplattor, vilka är anslutna till ett stabiliserat likspänningsaggregat. Se fig ovan.

1. Slå på fältet och ställ in det så att ni har en spänning, U , på mellan 500 och 600 V mellan plattorna i kondensatorn. Denna spänning skall sedan inte ändras under laborationen.
2. Spruta in olja mellan plattorna och ställ in mikroskopet så att de små oljedropparna syns tydligt. Justera också okularet så att skalan inuti syns tydligt.
3. Slå nu på och av fältet ett par gånger för att se att dropparna reagerar på fältet. Välj ut en lämplig droppe och mät hur lång tid det tar för den att röra sig 10-15 skaldelar i fältet.
4. Slå av fältet och mät hur lång tid det tar för den att falla fritt samma sträcka.
5. Upprepa denna mätprocedur 3-4 gånger på SAMMA droppe.
6. Spruta in ny olja och upprepa punkterna 3.-6. för 10 droppar till.

BEARBETNING

För att bearbeta mätresultaten krävs som framgår i teoriavsnittet att man känner till temperatur och tryck i lokalen. Dessa uppgifter får ni av lab.handledaren.

Kvantiseringen framgår tydligast om mätresultatet införes i ett histogram som göres gemensamt för hela laborationsgruppen. Lämpligt intervall är $1 \cdot 10^{-20}$ As. Gemensamt göres sedan en medelvärdesberäkning kring anhopningspunkterna, vilka ligger kring ett helt antal elementarladdningar och ett värde på laddningskvantat kan därefter beräknas.

Beräkna och fyll i tabellen på nästa sida. Efter det att tabellen är ifylld plottar ni era värden på q_c i histogrammet. Hela gruppen beräknar sedan tillsammans medelvärdena kring respektive anhopningspunkt. Utgående från denna beräkning kan sedan ett värde på laddningskvantat bestämmas.

NUMERISKA KONSTANTER:

$$g = 9.81 m \cdot s^{-2} \quad \rho = 874 kg \cdot m^{-3} \quad a = 6.33 \cdot 10^{-5} mbar \cdot m \quad d = 6.0 mm$$

x skaldelar på okularskalan motsvarar sträckan s i verkligheten där s ges av

$$s = \frac{x}{1.875} \cdot 10^{-4} m$$

