

## B2\_09 MILLIKANOV POSKUS

Vaja je razmeroma dolga in naporna, zato bodi dobro pripravljen!

### *Teoretični uvod*

Električni naboj, ki ga nosi nabiti delec, lahko določimo z merjenjem sile na delec v znanem zunanem električnem polju. Jakost zunanjega električnega polja je lahko izmeriti, zaplete pa se pri merjenju sile, ki je izredno majhna. Na delec, ki nosi nekaj enot osnovnega naboja, deluje v zunanem električnem polju z jakostjo  $10^5$  V/m sila, ki je reda velikosti  $10^{-14}$  N. Ta sila je primerljiva s težo delca z maso  $10^{-12}$  g.

Millikanov poskus omogoča meritev tako majhne sile. Pri poskusu opazujemo nabite kapljice olja, ki se gibljejo v električnem in gravitacijskem polju. Najprej opazujemo delec, ki v gravitacijskem polju pada s konstantno hitrostjo. Nanj delujejo teža, vzgon in upor (nariši!). Uporabimo linearni zakon upora (Stokesov zakon) ter zapišemo pogoj za ravnovesje sil:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_o g = 6 \pi \eta r v_0 + \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_z g \quad , \quad (1)$$

kjer je  $m$  masa delca,  $\eta$  viskoznost zraka,  $r$  polmer delca in  $v_0$  njegova hitrost,  $\rho_z$  je gostota zraka in  $\rho_o$  gostota olja.

Nato vključimo električno polje in opazujemo isti delec, ki se sedaj **dviga** s konstantno hitrostjo  $v_d$ . Na delec sedaj delujejo teža, vzgon, upor in električna sila (nariši skico in označi smeri sil!). Ker se delec dviguje s konstantno hitrostjo, je vsota vseh sil enaka nič:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_o g + 6 \pi \eta r v_d = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_z g + eE \quad , \quad (2)$$

kjer je  $e$  naboj delca. Polmer delca dobimo iz izraza (1). Iz izraza (2) lahko nato izračunamo naboj delca. Opazujemo lahko tudi kapljico, ki **pada** s konstantno hitrostjo v zunanem električnem polju. Sam premisli, kako se v tem primeru zapiše ravnovesje sil, ki delujejo na kapljico.

Z Millikanovim poskusom določimo le celoten naboj delca. Z nekaj matematične spretnosti in analizo dobljenih podatkov pa lahko hitro ugotovimo, da so vse izračunane vrednosti mnogokratnik določene vrednosti, ki jo imenujemo osnovni naboj.

V zgornjih enačbah smo uporabljali kar linearni zakon upora. Stokesov zakon ne drži več, ko je hitrost padajoče kapljice manjša od 0,1 cm/s. Kapljice s takšno in manjšo hitrostjo imajo polmer reda 2  $\mu$ m, kar je primerljivo s povprečno prosto potjo molekul zraka. To pa je v nasprotju z eno od osnovnih predpostavk v izpeljavi Stokesovega zakona. Ker so hitrosti kapljic v tem poskusu med 0,01 in 0,001 cm/s, je treba izračunani naboj na kapljici popraviti s korekcijskim faktorjem

$$\left(1 + \frac{b}{pr}\right)^{-3/2}$$

kjer je  $b$  konstanta in je enaka  $b=8,20 \times 10^{-3}$  Pa m,  $p$  je atmosferski tlak,  $r$  pa je polmer kapljice.

## Naloga

Določi velikost osnovnega naboja.

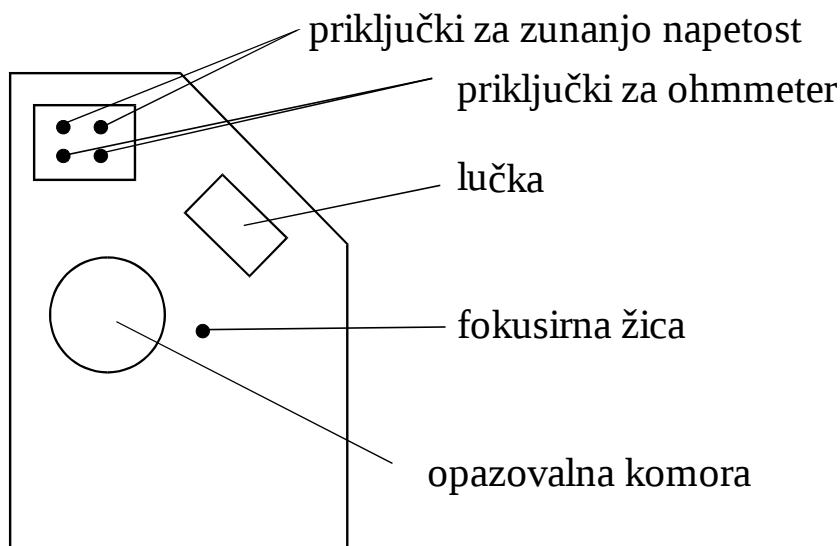
## Potreščine

naprava za Millikanov poskus, pumpica z oljem, generator visoke napetosti (do 500 V), voltmeter, ohmmeter, 4 žice z bananami, štoparica.

- Podatki:**
- razmik med ploščama kondenzatorja: 0,767 cm
  - gostota olja: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup> (**VPIŠI PODATEK !!!**)  
preveri, če je podatek  $(870 \pm 30) \frac{kg}{m^3}$  pravilen.
  - Podatke za viskoznost zraka preberi v tabeli, ki je priložena vaji (ali iz pri vaji priložene literature, stran 9. Na graf ne vrisuj ničesar!).

## Navodilo

1. Dobro si oglej pripravo za Millikanov poskus (slika 1), še posebej pa priključka za ohmmeter in zunanjo napetost.



Slika 1. Priprava na Millikanov poskus.

2. Odstrani plastičen pokrov opazovalne komore. Umakni črn pokrovček in na njegovo mesto postavi fokusirno žičko, ki jo najdeš zraven komore. Žičko potisneš v majhno odprtino na vrhu. Prižgi lučko in nastavljaš daljnogled, dokler slika žičke ni ostra. Fokusiraš tako, da vrtiš obroček pri okularju. Z obema gumboma na ohišju lučke nastaviš le-to tako, da je slika čim bolj svetla. Odstrani žičko in jo pospravi na njeno mesto.

3. Priključi ohmmeter. Z izmerjenim uporom in s tabelo na aparatu lahko določiš temperaturo. Meritev ponovi tudi po koncu eksperimenta in primerjaj oba rezultata. Odčitaj viskoznost pri izmerjeni temperaturi.

4. Priključi zunanji vir napetosti (PAZI NA PRIKLJUČKE +,-) in nastavi napetost na približno 400 V. S stikalom lahko spreminjaš polariteto. Postavi ionizator v lego, ki omogoča dodajanje kapljic (spray droplet position). Skozi luknjo na opazovalni komori z eno ali dvokratnim pritiskom na pumpico dodaj kapljice. Pazi, da jih ne bo preveč, ker to onemogoča opazovanje. Izključi ionizator (off). Izberi kapljico, ki prosto pada s hitrostjo 0,02 do 0,05 mm/s. **Enota na zaslonu (debele črtice) pomeni 0,5 mm, razdalja med dvema sosednjima (tanjšima) črticama pa je 0,1 mm.** Kapljica je v fokusu, kadar jo vidiš kot svetlo točko. Za isto kapljico čim večkrat (**vsaj 5x**) izmeri čas, v katerem prosto pade za 0,5 mm. Kapljico vračaš nazaj s stikalom. Izbiraj kapljice, ki za 0,5 mm padejo v času med 15 in 20 s. Nato nekajkrat (**vsaj 5x**) izmeri čas dviganja (za 1,0 do 2,5 mm) te iste kapljice v električnem polju. Nekajkrat (**vsaj 5x**) izmeri tudi čas padanja v električnem polju. **Primer:** Kapljica, ki v času 15 – 20 s prosto pade za 0,5 mm, se bo spustila za 1,0 mm v času približno 10 s, če je napetost med ploščama približno 400 V in je na kapljici en osnovni naboj. **Vse meritve ponovi vsaj na petih kapljicah.**

MERITVE NATISNI IN/ALI SHRANI NA DISKETO.

5. Izmeri napetost generatorja.

6. Po končani meritvi ne pozabi dati pokrovčka na daljnogled in opazovalno komoro.

7. Zapiši si ukaze za delo z računalnikom, da boš – če bo potrebno – lahko meritve ponovil.

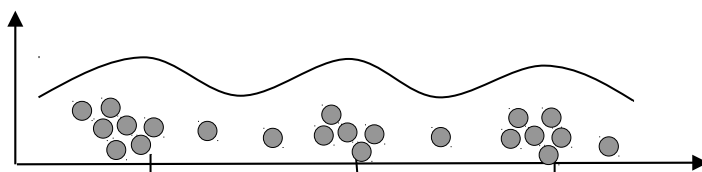
Za postopek izračuna osnovnega naboja si preberi pri vaji priloženo diplomsko seminarsko nalogo (**V NALOGO NE PIŠI NIČESAR**), predvsem:

- strani (4-7): sile pri poskusih (Smeri posameznih sil so pravilne, velikosti pa niso narisane realno. Razmisli o velikostih sil pri poskusu in o njihovih razmerjih.)
- uporabi graf na strani 9
- stran 25 (Zaključek): spoznaj vse metode, ki jih naloga obravnava in so primerjane v zadnjem odstavku Zaključka. Za svoj izračun uporabi najnatančnejšo.

Namig:

Pri posamezni kapljici izračunaj njen naboj iz meritev prostega pada, dviganja in spuščanja. Za kapljico približno oceni, kolikokrat osnovni naboj je na njej (1, 2 naboja, 3 naboji, ...). Zavedati se moraš, da bi za natančnejši izračun moral izmeriti veliko število kapljic.

Rezultat meritev bi bil približno takšen:



Nariši takšen graf iz svojih meritev!

Na ordinati je naboj. V graf vrišemo izmerjene naboje posameznih kapljic. Če bi izmerili veliko kapljic, bi lahko v graf vrisali krivuljo, ki bi nam povedala, okoli katerih vrednosti naboja smo vrisali več izmerjenih nabojev. Vrh, ki je v grafu skrajno levo (A), predstavlja osnovni naboj, naslednji (B) predstavlja dvojni naboj, itd. (C, D, ...).

Za tvoje meritve naboja posameznih kapljic oceni, kateri skupini (A, B, ...) pripadajo. Nato z metodo razlike razlik določi vrednost osnovnega naboja. Pri tej metodi npr.: odšteješ od naboja kapljice iz C skupine (3 naboji) vrednost naboja kapljice iz B skupine (2 naboja).

Rezultat je ENA VREDNOST osnovnega naboja.

### **Razmisli**

1. Zapiši linearni zakon upora in ga razloži!
2. Zapiši kvadratni zakon upora in ga razloži!
3. Kaj je Reynoldsovo število? Kako določimo silo upora pri naslednjih pogojih ( $Re < 0,5$ ) ali ( $0,5 < Re < 1000$ ) ali ( $1000 < Re$ )?
4. Kako je sestavljen atom? Kateri delci so v jedru? Kolikšen je njihov naboj?
5. Poglej si periodni sistem elementov. Razloži, kaj je vrstno število, kaj masno število, kako iz teh števil dobimo podatek o št. nevtronov in št. protonov ter št. elektronov v atomu?
6. Kaj so ioni (kationi, anioni), kaj izotopi in kaj izobari?
7. Skiciraj zgradbo atoma (jedro in ustrezno št. elektronov na orbitalah) Zapiši sestavo jedra (št. protonov, št. nevtronov v jedru) ter št. elektronov, ki krožijo okoli jedra. Opozorilo: na vsaki orbitali se lahko nahaja  $N$  elektronov.  $N=2n^2$ , če je  $n$ =zaporedna številka orbitale, začenši z 1. Skiciraj kot primer atome: vodika, helija, litija, ogljika, dušika, neona, natrija in argona!

H			He
Li	C	N	Ne
Na			Ar

Kateri delci imajo v atomu naboj in kolikšen je? Kolikšen je celoten naboj atoma?

8. Ali smemo silo vzgona v izračunih zanemariti? Utemelji!
9. Dejanski poskus, ki ga je izvedel Millikan, je nekoliko drugačen od tega, ki si ga izvajal pri vaji (poglej v priloženo literaturo pri vaji). V čem se poskusa razlikujeta in zakaj je način meritve, ki si ga uporabil, boljši?