

DOLOČITEV OSNOVNEGA NABOJA PO MILLIKANU

Uvod

Millikanov poskus, to je opazovanje gibanja naelektrenih kapljic v gravitacijskem in električnem polju, spada med klasične poskuse zaradi zgodovinskega pomena določitve osnovnega naboja in zaradi relativne enostavnosti, ki omogoča, da poskus ponovijo študenti v laboratoriju.

Na okroglo kapljico z radijem r in gostoto ρ , ki prosto pada v zraku, deluje sila teže $mg = \frac{4\pi}{3}r^3\rho g$, njej nasprotni pa sta sila vzgona $\frac{4\pi}{3}r^3\rho_{\text{zr}}g$ in Stokesova sila $6\pi r\eta v$, kjer je ρ_{zr} gostota zraka, η viskoznostni koeficient (viskoznost zraka pri 23°C je 18.3 μPas), v pa hitrost padanja kapljice. Kapljica doseže konstantno hitrost tedaj, ko velja ravnotežna enačba

$$\frac{4\pi}{3}r^3(\rho - \rho_{\text{zr}})g = 6\pi r\eta v.$$

Če torej merimo hitrost padanja kapljice v zraku in poznamo ρ , ρ_{zr} in g , lahko izračunamo radij kapljice r :

$$r^2 = \frac{9\eta v}{2(\rho - \rho_{\text{zr}})g}.$$

Če je kapljica naelektrena in nosi mnogokratnik osnovnega naboja e_0 , torej ne_0 , deluje nanjo v električnem polju ploščatega kondenzatorja z električno poljsko jakostjo E dodatna sila ne_0E . S spreminjanjem velikosti in smeri električnega polja torej lahko dosežemo ravnovesje med navidezno težo kapljice in električno silo. Tedaj kapljica miruje in velja

$$\frac{4\pi}{3}r^3(\rho - \rho_{\text{zr}})g = ne_0E, \quad E = \frac{U}{d},$$

kjer je U napetost na kondenzatorju in d razdalja med ploščama kondenzatorja. Če merimo hitrost kapljice pri prostem padanju skozi zrak in pa napetost, pri kateri se kapljica ustavi, lahko določimo mnogokratnik osnovnega naboja ne_0 .

Naloga

- Izmeri hitrosti gibanja kapljic v gravitacijskem in električnem polju
- Iz meritev izračunaj velikosti kapljic in njihov naboj. Nazadnje določi osnovni naboj.

Potrebščine

- Millikanov aparat:
kondenzator z razmikom $d = 5(1 \pm 0.02)$ mm, razpršilec z oljem ($\rho = 0.973 \text{ g cm}^{-3}$), LED za osvetljevanje
- mikroskop s kamero, ki je priključena na TV monitor. (Povečava mikroskopskega objektiva je 3X, višina slikovnega senzorja je 4 mm). TV monitor ima masko z vodoravnimi črtami, razmik med dvema črtama ustreza razdalji 200 μm .

- usmernik za 300 V
- preklopnik s potenciometrom
- voltmeter
- štoparica

Navodilo

Vklopi diodo za osvetljevanje notranjosti kondenzatorja, TV monitor in kamero, ki jo napaja ločen usmernik. Mikroskop je pritrjen tako, da dobimo ostro sliko kapljic v sredini Millikanovega kondenzatorja. Oljne kapljice nato z razpršilcem vbrizgaj skozi luknjico na zgornji plošči kondenzatorja (eden do dva vbrizga). Ker se na kapljicah siplje svetloba diode, jih lahko opazimo kot svetleče točke na temnem ozadju. Če je vse v redu, zagledaš na monitorju več padajočih kapljic, ki so različne po velikosti in hitrosti padanja. Vse tudi niso ostre zaradi omejene globinske ostrine mikroskopa.

Nabite kapljice lahko dvigamo ali spuščamo s spreminjanjem napetosti na kondenzatorju. To naredimo tako, da vklopimo tudi usmernik za 300 V. Od tam vodimo napetost na preklopnik s potenciometrom, od tam pa na kondenzator. Vzporedno s kondenzatorjem je priklopljen tudi voltmeter. Preklopnik ima tri položaje, v sredini je napetost 0, od enega do drugega skrajnega položaja pa se napetost obrne.

Izberi najmanjšo kapljico za meritev, ker je le tako mogoče izmeriti kvantizacijo naboja. S štoparico meri čas padanja kapljice med dvema (ali več) horizontalnima črtama na skali mikroskopa. Meri pri izključenem polju (položaj potenciometra na N). Kapljico vračaš na ponovno meritev nazaj z električnim poljem, ki ga spreminjaš s preklopnikom in potenciometrom. Za isto kapljico izmeri večkrat še napetost, pri kateri se kapljica ustavi. Ponavlja meritev z isto kapljico, dokler je ne izgubiš z ekrana. Možno je tudi dodatno (ali pa le to) meriti hitrost dviganja kapljice v električnem polju. Oceni, kaj je bolje: meritev polja, ko kapljica obmiruje ali meritev hitrosti dviganja.

Ponovi meritve vsaj za 20 različnih kapljic. Pri ponovnem vbrizgavanju kapljic mora biti napetost na kondenzatorju 0, drugače kaplice ne pridejo skozi luknjo. S tem, da merimo veliko kapljic z različnimi mnogokratniki osnovnega naboja ne_0 , lahko vsem tem meritvam poiščemo najmanjšo skupno mero e_0 . Uporabne so le meritve, kjer n ni preveliko število ($n \leq 6$).

Rezultate meritev predstavi s tabelo e in r , kjer kapljice razporediš po velikosti naboja, od manjšega proti večjemu. Dodaj še koloni za n in vrednost osnovnega naboja, ki ju boš določil kasneje. Nariši histogram $N(e)$, kjer je N število kapljic z nabojem manjšim kot e . Praktično to pomeni, da gre vodoravna os histograma od 0 do maksimalnega naboja in navpična os od 0 do števila vseh kapljic. Histogram je naraščajoč in ima stopničko velikosti 1 pri vsaki kapljici z izmerjenim nabojem e . Funkcija $N(e)$ naj bi imela veliko strmino pri vrednostih ne_0 . Določi n za vsako kapljico in s tem podatkom izračunaj osnovni naboj. Določi še povprečno vrednost osnovnega naboja e_0 .