



## Fizikalni praktikum IV

### Poročilo

# Vaja: Millikanov poskus

Simon Bukovšek

Datum vaje: 17. april 2023

Datum oddaje poročila: 8. maj 2023

## 1 Teoretični uvod

Millikanov poskus obravnava nabite oljne kapljice, ki padajo v zraku pod vplivom električnega polja  $E$ . Ko kapljica neha pospeševati, nanjo delujejo tri sile, katerih vsota je enaka nič: električna, gravitacijska in sila upora. Električno polje lahko kaže bodisi v smeri težnega pospeška (+) ali nasproti (-). Ravnovesje sil se glasi

$$\frac{4\pi r^3}{3}(\rho_o - \rho_z)g \pm ne_0E = 6\pi r\eta v_{\pm}.$$

Pri tem je  $\rho_o$  gostota olja,  $\rho_z$  gostota zraka,  $g$  gravitacijski pospešek,  $E = Ud$  jakost električnega polja,  $e_0$  osnoven naboj,  $n$  število osnovnih nabojev v kapljici in  $\eta$  viskoznost zraka. Če za posamezno kapljo izmerimo hitrost v polju, usmerjenem v smeri gravitacije,  $v_+$  in hitrost v polju, usmerjenem nasproti gravitacije,  $v_-$ , lahko izračunamo polmer in naboj kapljice:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta(v_+ + v_-)}{4g(\rho_o - \rho_z)}}$$

in

$$ne_0 = \frac{3\pi r\eta}{E}(v_+ - v_-).$$

## 2 Pripomočki

- Millikanov aparat: kondenzator, razpršilec z oljem, LED za osvetljevanje;
- mikroskop s kamero, ki je priključena na računalnik;
- usmernik za 300 V;
- preklopnik smeri napetosti;
- voltmeter.

### 3 Meritve

V kondenzator smo brizgnili oljne kapljice in jih posneli z mikroskopom. Snemali smo jih v električnem polju, obrnjenem v smeri težnega pospeška, in v polju, obrnjenim v nasprotni smeri. Iz posnetka smo lahko določili hitrost posamezne kapljice v obeh primerih.

### 4 Izmerjeni podatki in analiza

Merili smo pri napetosti na kondenzatorju  $U = (250 \pm 1) \text{ V}$ . Kondenzator je razmaknjen za  $d = (5.0 \pm 0.1) \text{ mm}$ , kar da električno polje  $E = (5.0 \pm 0.1) \cdot 10^4 \text{ V m}^{-1}$ . Gostota olja je bila  $\rho_o = (973 \pm 1) \text{ kg m}^{-3}$ , gostoto zraka smo vzeli za  $\rho_z = 1.3 \text{ kg m}^{-3}$ . Vizkoznost zraka je  $\eta = 1.83 \cdot 10^{-5} \text{ Pa s}$ , gravitacijski pospešek pa  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . V spodnji tabeli so že po velikosti naboja urejeni izmerki hitrosti kapljic v obeh režimih, preračunani polmeri in naboji ter ocena osnaovnega naboja.

$v_- [\mu\text{m s}^{-1}]$ ( $\pm 2 \mu\text{m s}^{-1}$ )	$v_+ [\mu\text{m s}^{-1}]$ ( $\pm 2 \mu\text{m s}^{-1}$ )	$r [\mu\text{m}]$	$ n e_0$	$n$	$e_0$
29	33	$0.52 \pm 0.01$	$(4.80 \pm 0.03) \cdot 10^{-21}$	0	
40	43	$0.60 \pm 0.01$	$(3.19 \pm 0.04) \cdot 10^{-21}$	0	
60	58	$0.72 \pm 0.01$	$(3.69 \pm 0.05) \cdot 10^{-21}$	0	
30	35	$0.53 \pm 0.01$	$(5.97 \pm 0.03) \cdot 10^{-21}$	0	
64	69	$0.76 \pm 0.01$	$(8.98 \pm 0.05) \cdot 10^{-21}$	0	
133	138	$1.08 \pm 0.01$	$(1.16 \pm 0.07) \cdot 10^{-20}$	0	
35	45	$0.59 \pm 0.01$	$(1.42 \pm 0.04) \cdot 10^{-20}$	0	
60	-11	$0.46 \pm 0.01$	$(7.52 \pm 0.04) \cdot 10^{-20}$	0	
54	120	$0.87 \pm 0.01$	$(1.31 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.31 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
42	112	$0.82 \pm 0.01$	$(1.32 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.32 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
28	105	$0.76 \pm 0.01$	$(1.34 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.34 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
90	-48	$0.42 \pm 0.01$	$(1.34 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.34 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
101	20	$0.72 \pm 0.01$	$(1.35 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.35 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
92	-15	$0.58 \pm 0.01$	$(1.42 \pm 0.05) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.42 \pm 0.05) \cdot 10^{-19}$
60	129	$0.90 \pm 0.01$	$(1.43 \pm 0.07) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.43 \pm 0.07) \cdot 10^{-19}$
96	-58	$0.41 \pm 0.02$	$(1.44 \pm 0.07) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.44 \pm 0.07) \cdot 10^{-19}$
-84	109	$0.33 \pm 0.02$	$(1.45 \pm 0.09) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.45 \pm 0.09) \cdot 10^{-19}$
95	-20	$0.57 \pm 0.01$	$(1.50 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.50 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
-10	98	$0.62 \pm 0.01$	$(1.53 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.53 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
-23	97	$0.57 \pm 0.01$	$(1.57 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.57 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
-7	102	$0.64 \pm 0.01$	$(1.59 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.59 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
6	108	$0.70 \pm 0.01$	$(1.64 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.64 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
-40	101	$0.51 \pm 0.01$	$(1.66 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.66 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
-8	104	$0.64 \pm 0.01$	$(1.67 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.67 \pm 0.06) \cdot 10^{-19}$
-50	106	$0.49 \pm 0.01$	$(1.75 \pm 0.07) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.75 \pm 0.07) \cdot 10^{-19}$
-97	129	$0.37 \pm 0.02$	$(1.94 \pm 0.10) \cdot 10^{-19}$	1	$(1.94 \pm 0.10) \cdot 10^{-19}$
-132	153	$0.31 \pm 0.02$	$(2.00 \pm 0.10) \cdot 10^{-19}$	1	$(2.00 \pm 0.10) \cdot 10^{-19}$
-66	123	$0.50 \pm 0.01$	$(2.15 \pm 0.08) \cdot 10^{-19}$	1	$(2.15 \pm 0.08) \cdot 10^{-19}$
-104	150	$0.45 \pm 0.01$	$(2.61 \pm 0.10) \cdot 10^{-19}$	1	$(2.61 \pm 0.10) \cdot 10^{-19}$
-62	153	$0.63 \pm 0.01$	$(3.11 \pm 0.09) \cdot 10^{-19}$	1	$(3.11 \pm 0.09) \cdot 10^{-19}$

Naredimo komulativno porazdelitev nabojev. Iz približno jasnega preskoka lahko ugotovimo, na katerih delcih je bil en naboj in na katerih nobenega. Tako za vsako meritev izračunamo osnovni naboj, za povprečje vseh meritev pa dobimo

$$e_0 = (1.68 \pm 0.09) \cdot 10^{-19} \text{ A s.}$$

Komulativni prikaz porazdelitve nabojev po kapljicah

