

Določitev osnovnega naboja po Millikanu

Millikanov poskus z opazovanjem gibanja načelitrenih kapljic v gravitaciji in električnem polju spada med klasične poskuse zaradi zgodorinskega pomena določitve osnovnega naboja.

Na okroglo kaplico z radijonom r in gostoto ρ i. hi prosti pada v zraku, deluje sila teže $Mg = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho g$, një je nasprotni pa sta sila vzhoda $\frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{zr} g$ in Stohesova sila $6\pi r \eta V$, kjer je ρ_{zr} gostota zraka, η viskoznostni koef. (Zrak pri $23^\circ C$ $\eta = 18.3 \mu\text{Pas}$), V pa hitrost padanja kapljice. Kapljica doseže konstantno hitrost (edaj, ko velja ravnotežna enačba:

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

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

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

če je kaplica načelitvena in nosi včiratnih osnovnih naboljih ne, deluje na njo v električnem polju ploskega kondenzatorja z el. poljsko jakostjo E , dodatna sila $ne_0 E$. S spremembo velikosti in smeri el. polja lahko dosežemo ravnoravnje med navidezno tezo kapljice in el. silo. Tavrate miruje in velja:

$$\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho - \rho_{zr}) g = ne_0 E$$

kjer je $E = U/d$ napetost na kond., d pa razmik med ploskami kond. če merimo hitrost kapljice pri prostem padajušem zraku in pa napetost, pa kateri se kaplica ustavi, lahko določimo mnogokratnih ne_0 .

K temu lahko pristopimo tudi drugače. Dovolj možno je, da
premikamo z helio napetostjo $V=Ed$ v smeri (+) in nasproti (-)
čiščenega pospeška. Ko se hitrost ustavi, velja ravnotežje:

$$\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho - \rho_{Zr}) g \pm In/e_0 E = \pm 6\pi r m v_f^2$$

je $N_+ (N_-)$ hitrost premikanja v smeri (v nasprotni smeri)
čiščenega pospeška. Hitrosti N_+ in N_- sta pozitivni konci, ki ju lahko
izmerimo. Na podlagi njenih dolocimo radij:

$$r^2 = \frac{q m (N_+ - N_-)}{4g(\rho - \rho_{Zr})}$$

in abs. vrednost včlanitnika nabuja $|In|$:

$$|In| = \frac{3\pi (\rho)}{E} (N_+ + N_-)$$

Naloge:

- Izmeni hitrost gibanja kopljic v gravitacijskem in el. polju
- Iz meritev izračunaj velikost kopljic in njihov naboj ter določi e_0 .

Potrebno:

- Miličesar aparat: kondenzator z razmikom $d = 5(1 \pm 0.02)\text{mm}$, razpoložen z $\rho_{Zr} \text{ m}$ ($\rho = 0.473 \text{ g cm}^{-3}$), LED za osvetljovanje
- mikroskop - s kamico - prilagojeno na računalnik
- Usmernish za 300V
- preklopnih smeri napetosti
- Voltmeter

Navodila

Opravimo začetno nastavitev tako da uporabimo program Miliikan, ki se poveže s kamero. Olgne kafijice s stiskom balona razpršilce v brijžamo v Miliikanov kondenzator. Na kafijicah se sipajo svetloba LED. Na monitorju vidimo več padajočih kafijic, ki so različne po velikosti in hitrosti padanja. Vse tudi niso ostre zaradi omejene globinske oštine mikroskopa.

Nabit kafijice lahko držamo ali spuščamo s spremenjanjem napetosti na kondenzatorje. To naredimo z napetostjo 300V zvezano s kondenzatorjem preko preklopnika. Vzpostavimo s kondenzatorjem vežmo tudi voltmeter.

S programom začnemo snemanje padajočih kafijic. Vsi analiziramo s programom TWriter. Izberemo kafijo na frameu. Premikamo se po frameh naprej, ko se kafijica znatno premalne zapet klikнемo na njaj. Program iz razlike časov in vmejingga št. pilu izračuna premiki in hitrost v milometrih:

$$d_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad N = \frac{dr}{t_2 - t_1}$$

Meritve

Meritve sem projel kot .txt datoteka

Metoda 1

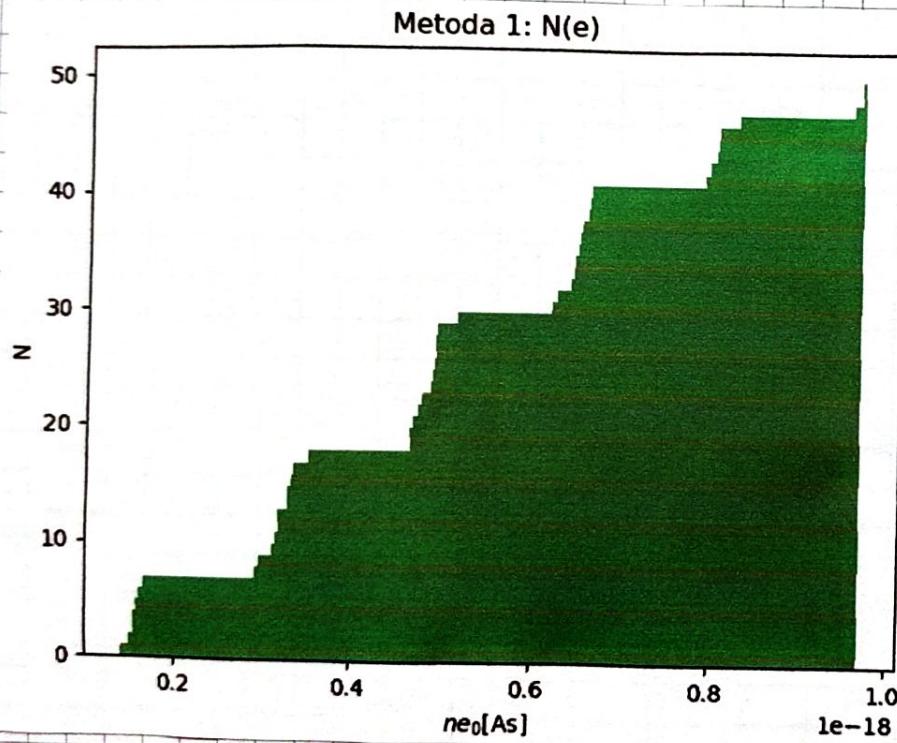
v [μm/s]	U [V]	r [μm]	ne ₀ [As]	n	e ₀ [As]	Δe ₀
30,4	194	0,512445	1,38497E-19	1	1,38497E-19	-2,2194E-20
27,1	153	0,483833	1,47807E-19	1	1,47807E-19	-1,28842E-20
24,6	127	0,460976	1,54004E-19	1	1,54004E-19	-6,68744E-21
22,8	113	0,443791	1,54439E-19	1	1,54439E-19	-6,25247E-21
8,75	26,3	0,274925	1,57757E-19	1	1,57757E-19	-2,93416E-21
29,9	163	0,508214	1,60787E-19	1	1,60787E-19	9,60463E-23
41,3	255	0,597291	1,66847E-19	1	1,66847E-19	6,15539E-21
51,5	201	0,666983	2,94746E-19	2	1,47373E-19	-1,33185E-20
56,3	227	0,697373	2,98311E-19	2	1,49156E-19	-1,15358E-20
27,7	74,8	0,48916	3,12429E-19	2	1,56214E-19	-4,47702E-21
34,2	101	0,54353	3,17432E-19	2	1,58716E-19	-1,97539E-21
50,3	179	0,659166	3,19471E-19	2	1,59736E-19	-9,55729E-22
46	156	0,630362	3,20586E-19	2	1,60293E-19	-3,98195E-22
47,2	157	0,638531	3,3109E-19	2	1,65545E-19	4,85369E-21
25,2	61,1	0,466564	3,31889E-19	2	1,65944E-19	5,25299E-21
47,7	158	0,641904	3,34236E-19	2	1,67118E-19	6,42668E-21
11,3	18,1	0,312428	3,36413E-19	2	1,68206E-19	7,51482E-21
62,7	225	0,735944	3,53714E-19	2	1,76857E-19	1,61654E-20
69,9	201	0,777051	4,66072E-19	3	1,55357E-19	-5,33419E-21
27,3	49	0,485615	4,66639E-19	3	1,55546E-19	-5,14513E-21
27,6	49,4	0,488276	4,70511E-19	3	1,56837E-19	-3,85445E-21
40,7	87,5	0,592936	4,75682E-19	3	1,58561E-19	-2,13081E-21
20,4	30,8	0,419784	4,79543E-19	3	1,59848E-19	-8,43756E-22
33,3	63,2	0,536331	4,87396E-19	3	1,62465E-19	1,77404E-21
45,4	100	0,626237	4,90362E-19	3	1,63454E-19	2,76257E-21
40	82,3	0,587815	4,92746E-19	3	1,64249E-19	3,55727E-21
31,3	56,9	0,519976	4,9333E-19	3	1,64443E-19	3,75181E-21
69,5	188	0,774824	4,94029E-19	3	1,64676E-19	3,98489E-21
46	101	0,630362	4,95163E-19	3	1,65054E-19	4,36299E-21
42,2	84,8	0,603764	5,1821E-19	3	1,72737E-19	1,20453E-20
58,1	114	0,708433	6,22719E-19	4	1,5568E-19	-5,01158E-21
79,2	180	0,827129	6,27695E-19	4	1,56924E-19	-3,76781E-21
56,9	107	0,701079	6,4301E-19	4	1,60752E-19	6,10461E-23
28,4	37,5	0,495302	6,46963E-19	4	1,61741E-19	1,04926E-21
43,3	70,4	0,611582	6,48772E-19	4	1,62193E-19	1,50162E-21
82,2	183	0,842649	6,52814E-19	4	1,63204E-19	2,51215E-21
52,7	93,8	0,674708	6,53802E-19	4	1,6345E-19	2,75903E-21
62,9	122	0,737117	6,55465E-19	4	1,63866E-19	3,1747E-21
58	107	0,707823	6,61746E-19	4	1,65436E-19	4,74504E-21

55,5	100	0,6924	6,62785E-19	4	1,65696E-19	5,00476E-21
70	141	0,777606	6,65826E-19	4	1,66457E-19	5,76516E-21
73,3	127	0,795725	7,9211E-19	5	1,58422E-19	-2,26951E-21
92,3	178	0,892918	7,98575E-19	5	1,59715E-19	-9,76474E-22
73	124	0,794095	8,06298E-19	5	1,6126E-19	5,68193E-22
116	248	1,001013	8,07548E-19	5	1,6151E-19	8,18169E-22
12,9	9,19	0,333815	8,08169E-19	5	1,61634E-19	9,42336E-22
99,9	193	0,928953	8,29324E-19	5	1,65865E-19	5,17327E-21
37	37,7	0,565343	9,56961E-19	6	1,59494E-19	-1,19792E-21
46,6	52,8	0,634459	9,6578E-19	6	1,60963E-19	2,71824E-22
26,4	22,4	0,477543	9,70713E-19	6	1,61786E-19	1,09409E-21

Value: 1,607E-19 1E-21

Po formulah iz uvoda za r
in $N(e)$

$$e_0 = (1,61 \cdot 10^{-19} \pm 10^{-21}) \text{ As}$$



Additional Data	
d [m]	0,005
ρ_{sr} [kg/m ³]	1,209
ρ [kg/m ³]	973
η [μ Pas]	18,3
g [m/s ²]	9,81
U [V]	200

Upoštevam
rel. vlažnost
34%
in T = 23,6 °C

n določen iz
grafa

Metoda 2

v₊ [μm/s]	v₋ [μm/s]	r [μm]	 n e₀ [As]	n	e₀ [As]	Δe₀ [As]
72,006	56,797	0,256299	1,423E-19	1	1,42342E-19	-1,96723E-20
63,723	23	0,419388	1,568E-19	1	1,56824E-19	-5,19084E-21
67,505	4,608	0,521208	1,621E-19	1	1,62064E-19	4,92784E-23
65,67	26,37	0,411995	1,635E-19	1	1,63505E-19	1,49023E-21
70,459	0,868	0,548242	1,686E-19	1	1,68612E-19	6,5973E-21
72,804	1,237	0,555971	1,775E-19	1	1,77495E-19	1,54805E-20
108,676	73,501	0,389774	3,062E-19	2	1,53087E-19	-8,92761E-21
99,617	37,417	0,518312	3,063E-19	2	1,53127E-19	-8,8878E-21
99,592	32,436	0,538565	3,066E-19	2	1,53298E-19	-8,71672E-21
112,306	76,745	0,391907	3,195E-19	2	1,59733E-19	-2,28196E-21
103,38	39,235	0,526353	3,237E-19	2	1,61836E-19	-1,78906E-22
103,66	30,163	0,563418	3,251E-19	2	1,62553E-19	5,37757E-22
106,126	18,048	0,616779	3,302E-19	2	1,65117E-19	3,10252E-21
104,844	34,087	0,552816	3,312E-19	2	1,65582E-19	3,56681E-21
105,991	31,74	0,566301	3,363E-19	2	1,68155E-19	6,1407E-21
110,666	9,797	0,660047	3,428E-19	2	1,7142E-19	9,40491E-21
118,131	81,165	0,399574	3,434E-19	2	1,71683E-19	9,6685E-21
109,122	48,364	0,512268	3,479E-19	2	1,73929E-19	1,19142E-20
109,125	35,103	0,565427	3,516E-19	2	1,75816E-19	1,38011E-20
131,182	60,401	0,55291	4,567E-19	3	1,52248E-19	-9,76655E-21
135,091	71,015	0,52607	4,675E-19	3	1,55839E-19	-6,1761E-21
136,727	13,995	0,728073	4,732E-19	3	1,57722E-19	-4,2927E-21
134,287	61,302	0,561452	4,735E-19	3	1,57833E-19	-4,18165E-21
135,869	65,291	0,552116	4,789E-19	3	1,59629E-19	-2,38525E-21
135,117	57,138	0,580343	4,811E-19	3	1,60363E-19	-1,65206E-21
143,371	2,564	0,779844	4,907E-19	3	1,63572E-19	1,55705E-21
136,318	47,317	0,620002	4,909E-19	3	1,6364E-19	1,62535E-21
140,614	24,686	0,707604	5,043E-19	3	1,68114E-19	6,09925E-21
199,634	161,823	0,404115	6,298E-19	4	1,57458E-19	-4,55708E-21
163,455	60,308	0,667458	6,44E-19	4	1,60996E-19	-1,0189E-21
175,085	0,93	0,867289	6,582E-19	4	1,64557E-19	2,54202E-21
194,452	148,005	0,447893	6,614E-19	4	1,65342E-19	3,32718E-21
169,023	28,198	0,779894	6,632E-19	4	1,65803E-19	3,78778E-21
186,882	44,802	0,783362	7,826E-19	5	1,56513E-19	-5,50168E-21
187,653	68,058	0,718708	7,924E-19	5	1,58487E-19	-3,52761E-21
192,585	21,888	0,858635	7,94E-19	5	1,58808E-19	-3,20628E-21
190,043	78,138	0,695217	8,039E-19	5	1,60783E-19	-1,23148E-21

191,74	37,267	0,816812	8,066E-19	5	1,61311E-19	-7,04062E-22
205,337	135,567	0,548947	8,069E-19	5	1,61382E-19	-6,3295E-22
198,367	9,312	0,903629	8,092E-19	5	1,61836E-19	-1,78888E-22
193,182	92,298	0,660096	8,125E-19	5	1,62508E-19	4,9332E-22
190,798	64,048	0,739895	8,13E-19	5	1,62607E-19	5,92499E-22
208,141	139,285	0,545339	8,169E-19	5	1,63388E-19	1,37368E-21
199,655	10,64	0,903533	8,193E-19	5	1,63857E-19	1,84232E-21
196,011	100,804	0,641254	8,207E-19	5	1,64138E-19	2,12296E-21
201,446	5,563	0,919802	8,21E-19	5	1,64201E-19	2,18621E-21
222,452	134,401	0,616684	9,489E-19	6	1,58148E-19	-3,86688E-21
222,531	12,136	0,953265	9,646E-19	6	1,60759E-19	-1,25527E-21
214,169	66,929	0,79746	9,666E-19	6	1,61093E-19	-9,21438E-22
234,218	158,147	0,573199	9,697E-19	6	1,61624E-19	-3,90444E-22
					Value	1,6201E-19
						1E-21

Po formulah iz vodu za

r in $\ln n_e$

n določen iz grafa

$$n_e = (1,62 \cdot 10^{-19} \pm 10^{-21}) \text{ As}$$

Metoda 2: $N(e)$

