

Millikanův experiment

V. Ticháček

FJFI, ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1

nasababy@seznam.cz

Abstrakt:

Jde o pozorování nabitých mikroskopických kapiček oleje mikroskopem. Kapičky se pohybují v odstavitelném elektrickém poli a pozorováním chování jejich rychlostí si kladu za cíl, změřit jejich náboje a dokázat kvantování elektrického náboje.

1 Úvod

Elementární náboj elektronu je kvantem jakéhokoli elektrického náboje. Určitý počet chybějících nebo přebývajících elektronů ulpějících na kapičce ji dodá elektrický náboj, který je tedy celočíselným násobkem elementárního náboje. Díky náboji bude na kapičku působit společně s tíhovou silou Zemského gravitačního pole v poli elektrickém navíc síla elektrostatická. Kromě neznámého náboje musíme určit i neznámou hmotnost kapičky metodou dvojího měření – v elektrickém poli a bez něj. Za předpokladu dostatečného počtu pozorovaných kapiček pak bude elementární náboj nejmenším společným násobkem všech naměřených nábojů.

2 Experimentální uspořádání

Kapičky vznikají po průchodu oleje vzduchovým rozprašovačem z umělé hmoty o vysoké relativní permitivitě, kde při průchodu jím se hned současně nabíjí a jsou odváděny do komory Millikanova kondenzátoru.

Millikanův kondenzátor je válcová komora vyplněná vzduchem umístěná svou osou rovnoběžně se siločarami Zemského tíhového pole. Horní podstava je tvořena kruhovou katodou, spodní zase anodou. Průměr válcové komory je asi 12,5 cm, její výška je 2 cm. Mezi elektrody je přivedeno nestabilizované usměrněné vysoké napětí z laboratorního zdroje s možností regulace výstupního napětí v dostatečném rozsahu.

Kapičky jsou pozorovány v komoře kondenzátoru pomocí z boku pevně připevněného mikroskopu, před jehož okulár byla v případě 2. měření v posluchárně fakulty umístěna ccd kamera a obraz byl promítán na projekční plátno.

3 Použitá metoda

Pokud na kondenzátor není podáno napětí, budou se kapičky pohybovat vertikálně dolů pod vlivem tíže, vztlaku a odporu prostředí, který je možno popsat Stokesovou silou (1), kde r je

$$F_{st} = 6 \pi \eta r v, \quad (\text{vtaħ 1.})$$

poloměr kapiček, η dynamická viskozita vzduchu při daném tlaku a v rychlost, rychlostí v . Díky odporu prostředí se rychlost kapiček v ustálí jako konstantní.

Poloměr r (1) je obtížné určit experimentálně, za jeho hodnoty jsem dosazoval hodnoty vypočtené na základě měření rychlosti kapiček bez elektrického pole s přihlédnutím k hustotě oleje σ a vzduchu ρ .

Náboj se pak určí pomocí vzorce (2) pro q , kde výraz pouze v případě takového náboje, že se kapička začne pohybovat opačným směrem po přivedení napětí na svorky kondenzátoru, se pouze píše se znaménkem mínus.

$$r = 3 \sqrt{\frac{\eta v_g}{2(\sigma - \rho)q}}, \quad q = \frac{6\pi\eta r}{E}(v_g + v_E)$$

Vztahy pro výpočet poloměru kapičky a náboje na ní (vztahy 2., 3.)

4 Měření a postup

Provedl jsem měření dvakrát. První v laboratoři, a protože jsem měření prováděl sám, nepodařilo se mi dosáhnout dostatečně velkého statistického souboru, nicméně většina naměřených hodnot zkusmo odpovídala násobkům konstanty elementárního náboje. Měření byla prováděna tak, že do komory byly vstříknuty kapičky oleje a ihned byla odečítána jejich rychlost pomocí stopek tak, že jsem pozoroval, za jakou dobu se jedna kapička přemístí od spodní rysky (zrcadlový obraz) v okuláru mikroskopu k rysce střední a následně po zapnutí napětí mezi svorky kondenzátoru k rysce horní nebo zpět. Následně jsem vybral kapičku jinou nebo jsem do komory vstříknul nové.

Druhé měření bylo prováděno podobným způsobem, jen s tím rozdílem, že kapičky byly pozorovány zhruba 25-ti člennou skupinou. A namísto měření dob, za jak dlouho se kapička přemístí mezi ryskami, byly rychlosti kapiček stanoveny na základě výpočtu pomocí počtu rysek, které překonaly za určité intervaly, aby toto hromadné měření bylo umožněno. Tato metoda přinesla v podobě podstatného urychlení měření tu výhodu, že byl získán dostatečně velký soubor dat k vyhodnocení, nicméně nejdůležitějšími nevýhodami byly snížená důvěryhodnost naměřených dat a také možnost zanesení jedné kapičky do souboru více než jedenkrát.

5 Získané hodnoty

č.m.	t1	t2	r (μm)	q (aC)
1	5	18	1,424	4,992
2	3	-11	1,838	6,114
3	6	11	1,299	4,593
4	9,3	1,92	1,044	9,000
5	12	7	0,919	2,852
6	6,4	2,9	1,258	8,651
7	4,6	4,1	1,484	9,395
8	10	2	1,007	8,288
9	4,7	4,7	1,468	8,574
10	4	4,7	1,592	10,107
11	7,4	2,6	1,170	8,346
12	4,73	3,77	1,464	9,573
13	8,2	3,5	1,112	6,218
14	9,98	4,94	1,008	4,184
15	5,52	4,46	1,355	7,536
16	9,82	1,75	1,016	9,384
17	11,87	1,76	0,924	8,271
18	5,44	5,28	1,365	6,989
19	13,05	2,8	0,881	5,245
20	9,98	4,94	1,008	4,184
21	5,58	5,59	1,347	6,622
22	4,72	2,32	1,465	12,926
23	6,01	4,1	1,298	7,310
24	3,01	8,57	1,835	11,302
25	11	-5,4	0,960	-1,242
26	7,95	-2,53	1,129	-4,174
27	8	5	1,125	5,019
28	4	4	1,592	10,920
29	9	3	1,061	6,471
30	5	9	1,424	6,077
31	5,03	13,06	1,419	5,363
32	6,5	4,63	1,248	6,336
33	7,1	4,02	1,195	6,387
34	10,2	10,1	0,997	2,695
35	3,8	9,5	1,633	8,255
36	4,4	4,2	1,517	9,691
37	8,5	3,27	1,092	6,344
38	5	26	1,424	4,658
39	5,3	3,4	1,383	9,160
40	16	3,4	0,796	3,894
41	8	16	1,125	2,896
42	5,19	3,62	1,397	8,991
43	8,46	2,68	1,094	7,379
44	9,4	1,7	1,038	9,896
45	8,6	2,6	1,085	7,461
46	8,19	3,69	1,112	6,000
47	8,27	2,55	1,107	7,793
48	10,73	2,91	0,972	5,825
49	7,66	1,87	1,150	10,500

50	5,16	2,31	1,401	12,051
----	------	------	-------	--------

6 Závěr

Výsledkem tohoto měření, pokud vůbec můžeme mluvit o výsledku, je při pravděpodobnosti 99,73% hodnota $1,520\text{E-}19 \pm 6,58\%$; proto nemůžeme mluvit o přesném měření. Nejen že jsme nestanovili správnou hodnotu hledané fundamentální konstanty, ale i odchylka měření je příliš vysoká. To bylo pravděpodobně způsobeno nepřesnostmi měření polohy kapiček na dálku čtené z posluchárny a hlavně chybějícími parametry aparatury (jako je třeba vzdálenost desek kondenzátoru), které byly doměřeny omezeně přesnou metodou.

7 Poděkování

Poděkování patří především všem zaměstnancům FJFI, kteří mi propůjčili aparaturu školního Millikanova experimentu a prostory k experimentování a následné prezentaci a kolegyni Anně Michaelidesové za spolupráci.

Reference:

[1] I. Štoll: *Elektřina a magnetismus*, Vydavatelství ČVUT, 2003, str. 45-47