

Millikanov experiment

J. Kubančák
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
Břehová 7
11519 Praha 1
kubancak@yahoo.com

Abstrakt

V rámci fyzikálneho seminára sme sa neúspešne pokúsili zmerať veľkosť elementárneho náboja a dokázať tak jeho kvantovanie.

1 Úvod

Jedným zo spôsobov ako sa dá dokázať kvantovanie náboja je stanovenie jeho najmenšej možnej hodnoty. Na začiatku dvadsiateho storočia tak učinil profesor z univerzity v Chicagu Robert Andrews Millikan, začo bol ocenený v roku 1923 Nobelovou cenou.



R. A. Millikan

Veľkosť tohoto náboja zistil pozorovaním síl pôsobiacich na malé nabité teliesko. V prípade jeho pokusu boli medzi dosky platňového kondenzátora vstriednuté malé kvapôčky oleja, ktoré pri procese vstrekovania získali záporný náboj (Millikan okrem tohoto efektu využil na zelektrizovanie aj ionizujúce žiarenie). Pomocou mikroskopu s mierkou bolo potom možné presne pozorovať pohyb kvapiek.

2 Metódy

Po vstriednutí padajú kvapôčky voľným pádom (platne kondenzátora sú vybité), no pri ich pohybe sa nesmie zabudnúť na odporovú silu prostredia, ktorú možno určiť Stokesovým vzorcom

$$F_s = 6\pi\eta v$$

kde π je Ludolfovo číslo, η je viskozita prostredia, r je polomer kvapky a v je rýchlosť, ktorou sa kvapka pohybuje. Po zapnutí zdroja napätia medzi doskami kondenzátora vznikne elektrické pole, ktoré bude pôsobiť na nabitú kvapku oleja. Keďže polomer máme určený, môžeme písať rovnicu pre pohyb kvapky, do ktorej zahrnieme tiažovú silu, odporovú silu prostredia a silu pôsobiacu na nabité teleso v elektrickom poli. Výsledný náboj a potrebný polomer kvapky dostaneme riešením sústavy pohybových rovníc

$$F_g = mg - m_v g - 6r\pi\eta v_g$$
$$F_E = qE - m_q - m_v g - 6r\pi\eta v_E$$

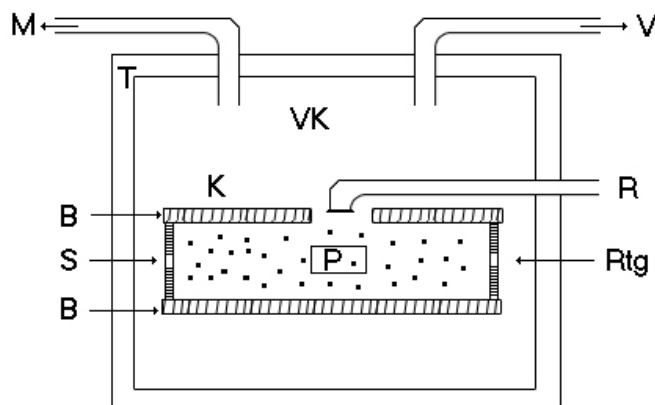
pričom

$$m = \frac{4}{3}r^3\pi\sigma, \quad m_v = \frac{4}{3}r^3\pi\rho$$

a pre výsledný náboj a polomer dostávame

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

kde σ je hustota oleja a ρ je hustota vzduchu. Z uvedených vzťahov je jasné, že rýchlosti v elektrickom poli a bez neho sa vzťahujú vždy na tú istú kvapku, inými slovami nesmieme zmiešať rýchlosť ktorou padá jedna kvapka s rýchlosťou, ktorou sa pohybuje druhá kvapka. Náboj by nám potom nevyšiel správne. Približné schéma Millikanovho experimentu je zobrazené na nasledujúcom obrázku.



Symbolom M je označený manometer, V je výveva, T je termostat, VK je vákuová komora, R je rozprašovač olejových kvapôčok, P je pozorovacie okienko, K je kondenzátor, S je osvetlenie a symboly B označujú batériu pripojenú na kondenzátor.

3 Výsledky

Nám sa spoločne na fyzikálnom seminári podarilo namerať hodnoty, ktoré som zhrnul do nasledujúcej tabuľky (stĺpec Ξ udáva napätie na kondenzátore pri skúmaní pohybu v elektrickom poli, q je vypočítaný náboj kvapky a q/e udáva, aký násobok elementárneho náboja je na danej kvapke, význam v_g a v_E je ten istý, ako vo vzorcoch, s ktorými som počítal náboj, údaje sú v základných jednotkách SI) .

Ξ	v_g	v_E	q	q/e
100	8,63E-05	0	1,60E-18	9,97
100	4,10E-05	0,000135	2,26E-18	14,04
100	3,29E-05	0,0001	1,53E-18	9,5
100	0,000158	0,000181	8,52E-18	52,96
100	0,000267	0,000152	1,37E-17	85,06
100	8,14E-05	0,000167	4,48E-18	27,83
100	6,84E-05	0,000137	3,40E-18	21,16
150	6,25E-05	5,05E-05	1,19E-18	7,4
150	0,000193	0,000259	8,38E-18	52,08
200	5,18E-05	0,000386	3,15E-18	19,6
200	5,33E-05	8,21E-05	9,89E-19	6,14
200	5,41E-05	9,20E-05	1,08E-18	6,68

4 Zhrnutie

Ako je z tabuľky vidno, určite sme na fyzikálnom seminári spoločným meraním kvantovanie náboja nedokázali ani nevyvrátili, nakoľko sme experiment neopakovali do takej miery, akou by bolo potrebné sa mu venovať. Taktiež by som chcel poukázať na obrovské úsilie a trpezlivosť, ktorú musel R. A. Millikan vynaložiť na to, aby dokázal kvantovanie náboja a určil jeho elementárnu hodnotu. Každý, kto sa zúčastnil hromadných meraní na fyzikálnom seminári určite uzná, že tento vedec si Nobelovu cenu plným právom zaslúžil.

Pod'akovanie

Na záver by som ešte chcel poďakovať pracovníkom fyzikálnych praktík FJFI ČVUT v Prahe za pomoc pri realizácii celého tohto projektu.

Referencie

- [1] Štoll I., Sedlák B.: Elektřina a magnetismus, Academia, 2002
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Millikan
- [3] <http://library.thinkquest.org/19662/low/eng/biog-millikan.html>
- [4] <http://www.physchem.co.za/Static%20Electricity/Millikan.htm>
- [5] http://www.britannica.com/nobel/micro/394_45.html