

Millikanův experiment

J. Przeczková, Gym. Komenského, Havířov xcrazygirl@seznam.cz

M. Janoušek, GJP Poděbrady terox@seznam.cz

J. Křižan, GJW, Prostějov igrman@seznam.cz

J. Bastl, Gym. Vídeňská 47, Brno jiribastl@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem našeho měření je zjistit hodnotu elektrického náboje. K tomu použijeme metodu R.A. Millikana, který využil metodu vstřikování olejových kapiček mezi desky kondenzátoru a za pomoci otáčení polarit, měřil rychlosti jejich „pádu“. Z toho vypočítal velikost elektrického náboje, která je $1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

1 Úvod

Roku 1897 ohromil svět fyziků Joseph John Thomson svým měřením poměru elektrického náboje a hmotnosti částic katodových paprsků. Roku 1900 pak J. Stoney tyto částice nazval elektrony. Nikdo až do roku 1913 však nebyl schopen změřit elementární elektrický náboj. Toto se podařilo až americkému fyzikovi Robertu Andrews Millikanovi (1868-1953). Za pomoci olejových kapiček, které nechal procházet mezi deskami kondenzátoru tuto konstantu zjistil. Díky tomu také roku 1926 získal Nobelovu cenu „za práci o elementárním náboji a o fotoelektrickém jevu“. Millikan přinesl světu mnoho „malých“ objevů, které my již dnes považujeme za samozřejmost.

2 Určení náboje kapičky

Teoretická příprava

Na kapičku oleje, kterou vpustíme mezi desky kondenzátoru, které ještě nejsou připojeny ke zdroji elektrického napětí, působí tíhová síla (kapička klesá rychlostí v_g)

$$F_G = m \cdot g \quad (1)$$

, kde m je hmotnost kapičky oleje, proti pohybu působí síla vztlaková

$$F_{VZ} = m_{VZ} \cdot g \quad (2)$$

, kde m_{VZ} je hmotnost vzduchu o stejném objemu, který by zabírala kapička, a Stokesova odporová síla

$$F_{od} = 6\pi\eta r v_g \quad (3)$$

, kde η je dynamická viskozita vzduchu a r je poloměr kapičky.

Po umístění kapičky do elektrického pole na ni působí ještě síla elektrická

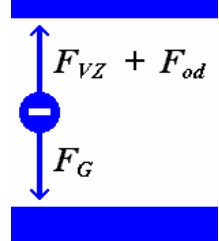
$$F_E = q \cdot E = q \cdot U/d \quad (4)$$

Pád záporně nabitě kapičky je dán její tíhovou silou, která je kompenzována vztlakovou a Stokesovou silou

$$F_G - F_{VZ} - F_{od} = 0 \quad (5)$$

Dosadíme ze vztahů (1), (2), (3) a hmotnosti vyjádříme ze vztahů pro objem a hustotu

$$m = \rho_{Ol} \cdot V, \quad m_{VZ} = \rho_{VZ} \cdot V \text{ a vyjádříme poloměr } r. \quad (6), (7)$$


$$r = 3 \cdot \sqrt{\frac{\eta \cdot v_g}{2 \cdot g \cdot (\rho_{Ol} - \rho_{VZ})}}$$

(8)

Po zavedení kapičky do elektrického pole se začne pohybovat v opačném směru rychlostí v_z

$$F_G + F_{od} - F_{VZ} - F_E = 0 \quad (9)$$

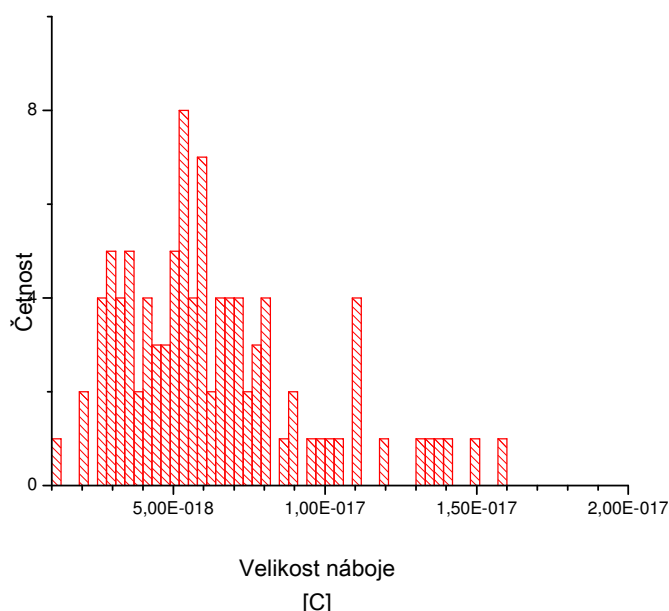
Vztahy (5) a (9) dáme do rovnosti, kde u (5) je $F_{od} = 6\pi\eta r v_g$ a u (9) je $F_{od} = 6\pi\eta r v_E$, z toho poté vyjádříme q a za r dosadíme z (8).

Vztah pro elementární elektrický náboj pak je:

$$q = \frac{9 \cdot \eta \cdot \pi \cdot d \cdot \sqrt{2}}{U} \cdot \sqrt{\frac{\eta v_g}{(\rho_{ol} - \rho_{vz}) \cdot g}} \cdot (v_g + v_e)$$

Měření

Měření jsme provedli pro 100 kapiček.



Tento graf znázorňuje výsledek naší práce. Nejčastěji naměřená hodnota byla v rozmezí $3,25 \cdot 10^{-18} \dots 5,25 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ na 1 kapičku, což odpovídá přibližně 20-30 ti násobku elementárního náboje.

Chyby měření

Kapičky se často po dráze nepohybovaly přímo, což mohlo také ovlivnit čas, za který kapičky urazily určenou dráhu.

3 Shrnutí

Při měření jsme pozorovali jen velké kapičky a to mohl být i důvod případných nepřesností, protože na sebe vázaly velké náboje. Z naměřených peaků a četností, které znázorňovaly, jsme vypočítali odpovídající hodnoty elementárního náboje. Aritmetickým průměrem takto získaných hodnot jsme dospěli k hodnotě $e = 1,604 \cdot 10^{-19}$.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI ČVUT Praha, Nadaci pro podporu teoretické fyziky bez jejichž příspěví bychom nemohli náš experiment provést. Dále také děkujeme našemu supervizorovi Ing.Liboru Škodovi a celému organizačnímu týmu Fyzikálního týdne 2005.

Reference:

- [1] <http://www.mujiweb.cz/www/nobelfyzika/1906.htm>
- [2] <http://www.mujiweb.cz/www/nobelfyzika/1923.htm>
- [3] <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/objevite/objev4/mil.htm>
- [4] <http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/cz/di/pks/programy/millikan/millikan.doc>
- [5] http://artemis.osu.cz/mmfiyz/am/am_1_3_2.htm