

# Millikanův experiment

Jan Hrnčíř, janhrncir@seznam.cz  
Andrew Kozlik, ark11@quick.cz  
Petra Malá, peta@matfyz.cz  
Tomáš Kurka, mudr.kurkova@volny.cz

## Abstrakt:

Millikanovým experimentem zjišťujeme velikost elementárního, dále nedělitelného, náboje. Principem je změřit rychlost malé nabitě olejové kapičky v kondenzátoru před a po připojení desek kondenzátoru ke zdroji elektrického napětí. Zjistili jsme, že elementární náboj má přibližně hodnotu  $1,67 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

## 1. Úvod

Americký fyzik Robert Andrews Millikan studoval na Columbijské universitě v New Yorku. Byl velice činný člověk; zabýval se mimo jiné problémy molekulární fyziky, termofyziky, elektřiny a optiky. Těžištěm jeho zájmu však bylo měření elektrického náboje elektronu. Vyrobit speciální Millikanův kondenzátor, kterým měřil elektrické náboje malých olejových kapiček, a zjistil, že náboj elektronu je elementárním kvantem jakéhokoliv elektrického náboje. Věnoval se i měření Planckovy konstanty, kterou určil na základě měření frekvence a energie elektronu, přičemž vyšel z fotoelektrického efektu. Za oba tyto objevy získal v roce 1923 Nobelovu cenu.

Tezí Millikanovy metody je měření elektrického náboje olejových kapiček vstříkovaných mezi desky kondenzátoru. Olejové kapičky jsou nabíjeny při srážkách s ionty vzduchu. Pokud na kondenzátor není podáno napětí, budou se kapičky pohybovat vertikálně dolů pod vlivem tíže, vzlaku a odporu prostředí. Díky odporu prostředí se rychlost kapiček ustálí. Podáme-li na kondenzátor napětí, bude se táž kapička pohybovat vzhůru k opačně nabitě desce kondenzátoru, opět konstantní rychlostí. Změříme-li rychlost kapičky v obou případech, můžeme určit její náboj.

## 2. Vlastní měření

Uvažujme kapku o poloměru  $r$  a hmotnosti  $m$ , která padá pod vlivem gravitační síly. Kapku brzdí odporová síla popsaná Stokesovým vzorcem  $F_s = 6\pi\eta r v$  ( $\eta$  je dynamická viskozita vzduchu) a vztlková síla  $F = m'g$ . Rychlost kapičky se ustálí na hodnotě  $v_g$ . Pak výsledná síla bude

$$F_g = 0 = mg - m'g - 6\pi\eta r v_g. \quad (1)$$

Po přivedení elektrického napětí na desky kondenzátoru začne kapka stoupat a její rychlost se ustálí na hodnotě  $v_E$ , pak

$$F_E = 0 = qE - mg + m'g - 6\pi\eta r v_E. \quad (2)$$

Z toho plyne

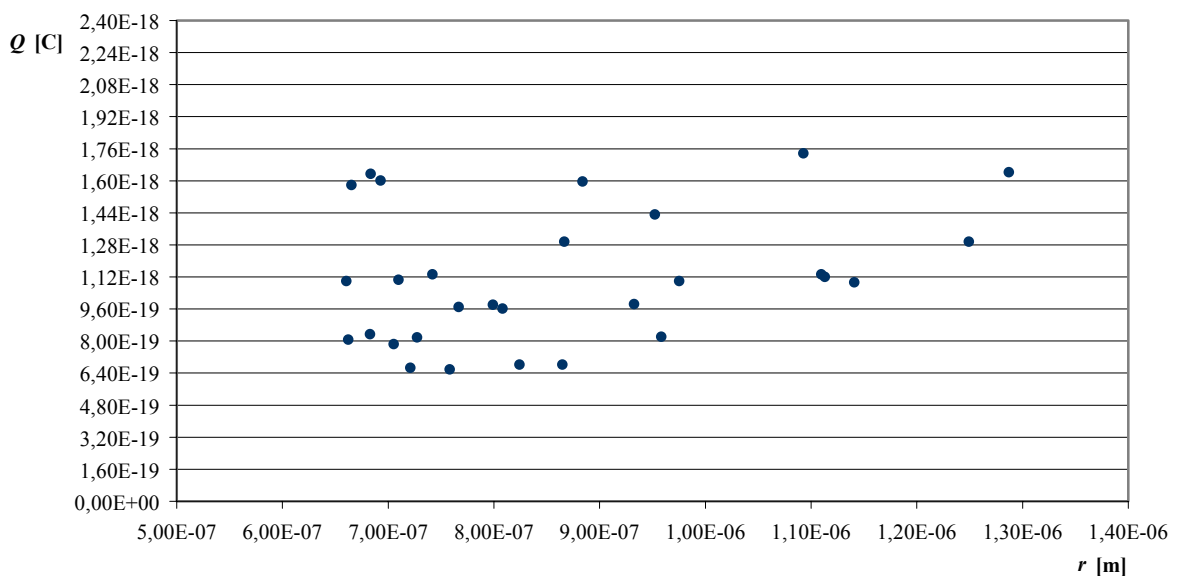
$$q = \frac{6\pi\eta r}{E} (v_g + v_E). \quad (3)$$

Jelikož je nesnadné změřit poloměr kapky přímo, vyjádříme jej z rovnice (1):

$$r = 3 \sqrt{\frac{\eta v_g}{2g(\sigma - \rho)}} \quad (4)$$

Velikost poloměru kapky  $r$  jsme dosadili do (3) a získali jsme tak hodnoty nábojů pozorovaných kapek. Tyto hodnoty jsme vynesli na graf a zjistili jsme, že náboje jednotlivých kapek jsou celočíselnými násobky čísla  $1,6 \cdot 10^{-19}$ .

Násobky elementárního náboje  $Q$  v závislosti na poloměru kapky oleje  $r$



Z toho plyne, že

$$q_i = n_i \cdot e_i. \quad (5)$$

Nakonec jsme spočítali průměrnou hodnotu elementárního náboje ze vzorce

$$e = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{q_i}{n_i}}{k}, \quad (6)$$

kde  $k$  je počet měření.

### Zdroje nepřesností

Stokesův vzorec je méně přesný pro kapky menších poloměrů, kapka nemá dokonale sférický tvar, při pohybu kapky může dojít k výměně elektronů mezi kapkou a okolím. Největším zdrojem chyb je lidská nepřesnost při měření rychlostí pohybu kapek.

### 3. Shrnutí

Experimentálně jsme zjistili, že hodnota elementárního náboje je

$$e = (1,67 \pm 0,08) \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

Naše experimentálně zjištěná hodnota se liší od tabelované hodnoty  $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  o 3,82 %.

I když Millikanův experiment byl později různě zdokonalován, jeho přesnost není příliš vysoká. Jinou možnost, jak určit elementární náboj, poskytuje elektrolýza. Měřením proudu a doby můžeme určit náboj přenesený ionty v elektrolytu.

### 4. Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat našemu supervizoru Liboru Škodovi, Vojtovi Svobodovi a všem dalším organizátorům Fyzikálního týdne 2004 a především panu Robertu A. Millikanovi.

### 5. Reference:

- [1] I. Štoll: Elektřina a magnetismus – Millikanův experiment, ČVUT, 1998
- [2] Leybold: New Physics Leaflets for Colleges and Universities, Leybold didactic GMBH, 1986, strany 3.7.4-1
- [3] Phywe series of publications: University Laboratory Experiments PHYSICS, Phywe systeme GMBH, strany 5.1.01