

# Millikanův pokus

Michal Jex, gym. Jaroslava Heyrovského, Praha, michal.j@centrum.cz

Josef Müller, gym. Dr. J. Pekaře, MB, josef.mueller@seznam.cz

Pavel Linhart, Gymnázium Šternberk, look.2@seznam.cz

## Abstrakt:

Millikanův pokus slouží k určení velikosti elementárního náboje za pomoci kapek oleje mezi dvěma kondenzátorovými deskami. Měření vychází z porovnání sil působících na kapičku oleje v elektrickém poli. Změřili jsme přibližnou hodnotu pro elementární náboj rovnou  $1,952 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

## 1 Úvod

Millikanův pokus je pojmenován po svém tvůrci, americkém vědci, Robertu A. Millikanovi (1868-1953), který ho provedl v letech 1911-1913. Za své snažení byl roku 1923 odměněn Nobelovou cenou za fyziku „za práce o elementárním elektrickém náboji a o fotoelektrickém jevu“. Cílem experimentu je zjistit tzv. elementární náboj, který by měl být nábojem nejmenším – dále nedělitelným. Každý reálný náboj jakéhokoli tělesa je jeho celistvým násobkem (má diskrétní charakter).

## 2 Měření náboje

Základem této metody je kondenzátor se dvěma deskami, do něhož směřuje vstřikovač, který



mezi deskami rozpráší kapičky oleje. Pro pozorování pohybujících se kapek slouží mikroskop. Ke kondenzátoru je připojen zdroj napětí. Princip tohoto pokusu spočívá v porovnávání sil, kterými působí elektrostatické a gravitační pole na malá nabitá tělíska. Tělíska jsou drobné olejové kapičky, nabijí se třením při rozstříkávání mezi desky kondenzátoru. Měříme konstantní rychlost jejich vertikálního pohybu bez přítomnosti a poté s přítomností elektrického pole.

Vlastní měření se zakládá na měření dvou rychlostí. Pokud je na deskách kondenzátoru nulové napětí, na kapičku působí tíhová síla:

$$F_G = mg ,$$

kde  $m$  je hmotnost kapičky a  $g$  tíhové zrychlení. Vzhledem k malé hmotnosti kapiček se na jejich pohybu projeví normálně zanedbatelná Stokesova síla  $F_o$ . Tato síla působí vždy proti směru pohybu. Pro kapičky kruhového tvaru se dá vyjádřit ve tvaru:

$$F_o = 6\pi\eta_t r v_G,$$

kde  $\eta_t$  je dynamická viskozita prostředí při dané teplotě  $t$ ,  $r$  je poloměr kapičky a  $v_G$  je rychlost kapičky při volném pádu. Další síla, jež na kapičku působí, je vztaková síla  $F_{vz}$ :

$$F_{vz} = m_v g,$$

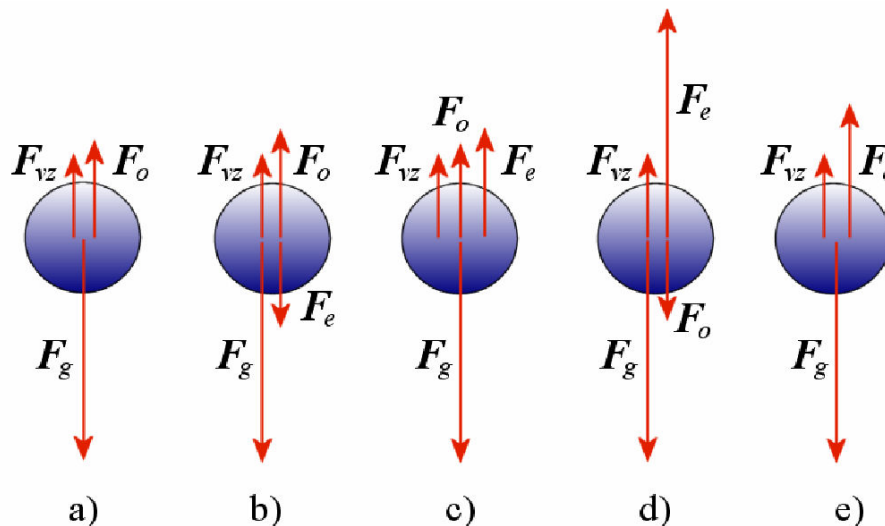
kde  $m_v$  je hmotnost vzduchu vytlačeného kapičkou a  $g$  tíhové zrychlení. Připojením kondenzátoru ke zdroji napětí vznikne mezi jeho deskami elektrické pole o intenzitě:

$$E = \varepsilon \frac{U}{d},$$

kde  $\varepsilon$  je relativní permitivita vzduchu,  $U$  je připojené napětí a  $d$  je vzdálenost desek kondenzátoru. Kvůli elektrickému náboji na kapičkách na ně působí elektrická síla:

$$F_e = qE,$$

kde  $q$  je velikost náboje na kapičce. Pro síly působící na kapičku může nastat několik možností:



Na obrázku a) na kapičku nepůsobí žádné elektrické pole, kapička padá volným pádem.

V závislosti na různých velikostech elektrické síly mohou nastat různé případy:

1. Kapička po vypnutí elektrického zdroje nemění směr, pouze rychlost. Jsou to případy b) a c). Platí pro ně vztah:

$$q = \frac{6\pi\eta_t r |v_e - v_G|}{E}$$

2. Kapička po vypnutí elektrického zdroje, změní směr pohybu a rychlost. Je to případ d). Platí vztah:

$$q = \frac{6\pi\eta_t r |v_e + v_G|}{E}$$

3. Kapička se nepohybuje, platí vztah:

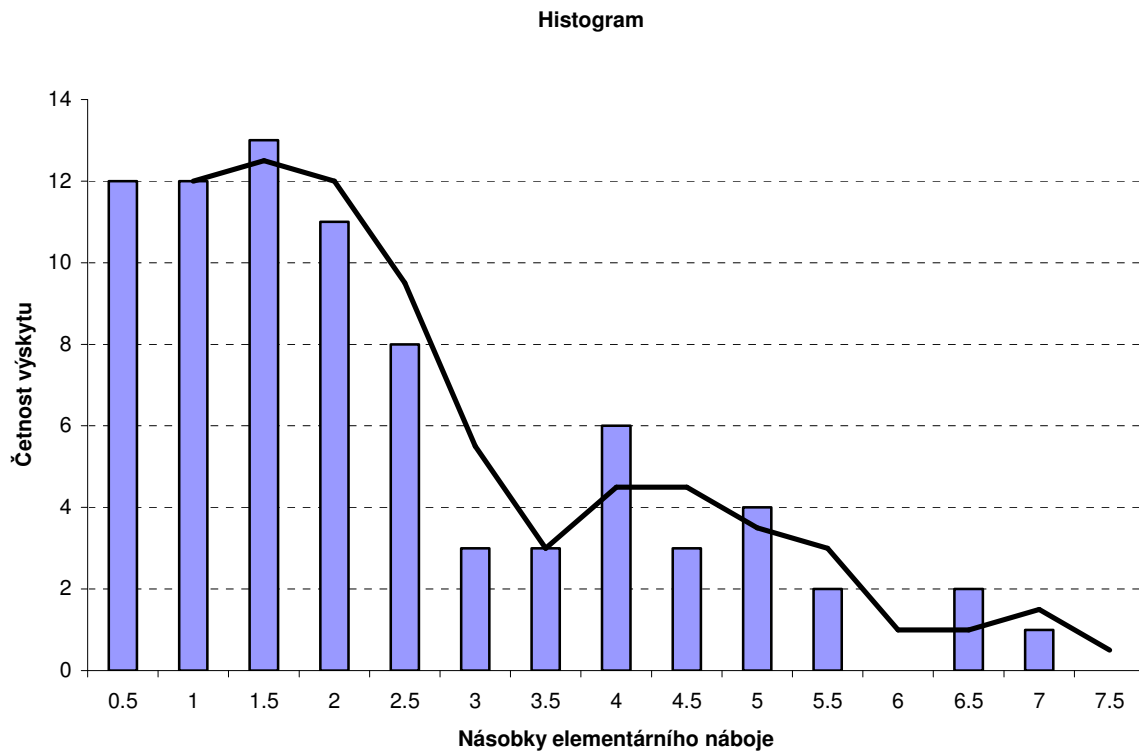
$$q = \frac{6\pi\eta_t r |v_G|}{E}$$

Poloměr kapičky můžeme jednoduše zjistit za pomoci vztahu:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta_r v_G}{2g(\rho_o - \rho_v)}}$$

Výsledky měření:

Námi změřený elementární náboj je  $1,952 \cdot 10^{-19} \text{C}$ . Nepřesnosti vznikly kvůli chybám při měření času a asférickému tvaru kapiček. Graf, níže uveden, ukazuje četnosti výskytu kapek o daném násobku náboje. Jsou zde i neceločíselné násobky elementárního náboje, poněvadž kvůli nepřesnostem nebylo možno rozhodnout, ke kterému celočíselnému násobku je přiřadit.



### 3 Shrnutí

Millikanův pokus byl jedním z prvním postupů, jak změřit elementární náboj. I přes jeho postupné zdokonalování nelze docílit takové přesnosti jako například u měření za pomoci elektrolýzy.

### Poděkování

Závěrem bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Marii Svobodové a FJFI ČVUT za poskytnutou příležitost.

### Reference:

- [1] <http://fyztyd.fjfi.cvut.cz>
- [2] [http://drsetkani.aspweb.cz/Soubory/Millikanuv\\_pokus.pdf](http://drsetkani.aspweb.cz/Soubory/Millikanuv_pokus.pdf)
- [3] <http://www.bgv.cz/clanek/2006020401-millikan-robert-andrews/>