

## Fyzikální praktikum IV

Úloha č. A12

**Název. :** Měření náboje elektronu Milikanovou metodou

**Měřil. :** Michal Švanda.....dne : ..9. října 2001.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....

---

**Posuzoval:**.....dne:.....

**Výsledek klasifikace:**.....

---

Připomínky:

# Pracovní úkol

1. Millikanovou metodou změřte náboj elektronu.
2. Při vyhodnocování výsledku proveďte korekci naměřených hodnot na konečný rozměr kapiček

## Teoretický úvod

Milikanova metoda měření náboje elektronu se zakládá na pozorování pohybu nabitých olejových kapiček v elektrickém poli. Ústřední částí experimentu je kondenzátor, jehož desky jsou umístěny vodorovně. Na desky kondenzátoru lze přikládat napětí  $U$  různé velikosti a polarity. Olejové kapičky z rozprašovače vstupují otvorem v horní desce kondenzátoru do mezielektrodrového prostoru, kde je lze pozorovat mikroskopem. Pro jejich zvýraznění jsou z boku nasvíceny ze strany intenzivním světlem. Na kapičkách je ještě před jejich vstupem do mezielektrodrového prostoru zářičem vyvolán elektrický náboj.

Na kapičku v mezielektrodrovém prostoru působí především tíhová síla  $F_g = mg$  a elektrická síla  $F_e = qE$ , pokud je na desky kondenzátoru přivedeno napětí. Výslednici obou sil lze v prvním přiblížení popsat pomocí Stokesova zákona  $F = 6\pi\eta r v$ , kde  $\eta$  je viskozita vzduchu,  $r$  poloměr a  $v$  rychlost kapičky.

V nulové poli bude tedy kapička klesat rychlostí:

$$v_0 = \frac{mg}{6\pi\eta r}$$

Bude-li síla  $F_e$  působit dolů, bude kapička klesat rychlostí:

$$v_1 = \frac{qE + mg}{6\pi\eta r},$$

bude-li síla  $F_e$  působit nahorů a její velikost bude větší než velikost  $F_g$ , bude kapička stoupat rychlostí:

$$v_2 = \frac{qE - mg}{6\pi\eta r}.$$

Uvažujme, že známe hustotu oleje  $\rho$  a tudíž

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho.$$

Pak můžeme  $r$  i  $q$  pro každou kapičku vypočítat:

Ze znalosti rychlostí  $v_0$  a  $v_2$ :

$$r = \frac{3}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\eta v_0}{\rho g}}, \quad q = 6\pi d \eta r \frac{v_0 + v_2}{U},$$

ze znalosti rychlostí  $v_1$  a  $v_2$ :

$$r = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta(v_1 - v_2)}{\rho g}}, \quad q = 3\pi d \eta r \frac{v_1 + v_2}{U}.$$

Měříme tedy dobu průchodu kapičky zorným polem známé absolutní délky. Pro měření používáme program `Millikan`, který je k dispozici v praktiku. Budeme-li vynášet závislost náboje kapiček na poloměru, získáme v grafu vodorovné přímky, symbolizující kvantování náboje. Tímto způsobem určíme, kolik elementárních nábojů je na danou kapičku zaneseno.

Kapičky ve vzduchu ovšem přesně nesplňují Stokesovu rovnici, musíme provádět korekci na konečný rozměr kapiček.

Popisovanou závislost lze popsat např. rovnicí:

$$e_s^{2/3} = e_k^{2/3} \left(1 + \frac{B}{rp}\right),$$

kde  $B$  je experimentální konstanta, která není pro naši úlohu důležitá,  $p$  tlak vzduchu,  $r$  poloměr kapičky,  $e_s$  jsou hodnoty elementárních nábojů vypočítané pomocí stanovení jeho násobku v kapičce a  $e_k$  je korigovaná hodnota elementárního náboje. Korigovanou hodnotu lze získat lineární regresí závislosti  $e_s^{2/3}$  na  $(1/pr)$ .

## Výsledky měření

1) Provedl jsem měření elementárního náboje Milikanovou metodou. Měření je shrnuto v přiložené tabulce (výstup používaného programu na tiskárnu). Graficky je závislost náboje kapičky na poloměru vynesena do grafu [G1], na kterém je patrné "kupení" bodů poblíž význačných vodorovných přímk - např. kolem hodnoty  $2,0 \times 10^{-19}$  C, která zřejmě odpovídá jednonásobku elementárního náboje, kolem hodnoty  $4,0 \times 10^{-19}$  C atd.

2) Zkorigoval jsem výsledky měření na konečný průměr kapiček. Výsledek lineární regrese na znázorněn na grafu [G2]. Výsledná hodnota

$$e = (1,7 \pm 0,2) \times 10^{-19} \text{ C}$$

je plně v souladu s tabulkově uváděnou hodnotou ( $e = 1,602 \times 10^{-19}$  C).

## Diskuse

Výsledek měření je stanoven s relativní chybou 12%. Tato chyba je způsobena rozptylem hodnot experimentálně stanovených nekorigovaných elementárních nábojů v grafu [G2], jejichž rozptyl je zapříčiněn především nepřesnostmi při měření rychlostí klesání nebo stoupání kapiček. Program určený pro zpracování měření nebere subjektivní chyby vůbec v úvahu, neboť se plně projeví ve zpracovávaném rozptylu.

Cílem měření bylo seznámit se s Milikanovým pokusem a řádově stanovit elementární náboj, což se mi úspěšně povedlo.

## Závěr

Ověřil jsem kvantování náboje, změřil elementární náboj a korigoval ho na konečný rozměr olejových kapiček.

## Literatura

[L1] Bakule a kolektiv - Fyzikální praktikum pro učitelské obory