

# Millikanův experiment

Aleš Růžička - SOŠ Blatná,

[a.ruzicka@seznam.cz](mailto:a.ruzicka@seznam.cz)

Jakub Mikulka - Gymnázium Kladno,

[xjakubicek@seznam.cz](mailto:xjakubicek@seznam.cz)

Josef Rajdl – Gymnázium Ledec,

[josef.rajdl@tiscali.cz](mailto:josef.rajdl@tiscali.cz)

Martin Holeček - Gymnázium Náchod,

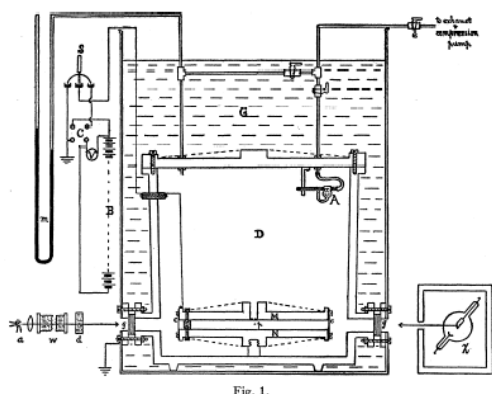
[holecek.martin@seznam.cz](mailto:holecek.martin@seznam.cz)

Supervisor: ing. Jan Dostál

## Abstrakt:

Naše skupina měla během Fyzikálního týdne na ČVUT za úkol provést totožný pokus, jaký před necelými sto lety provedl pan R.A. Millikan, porovnat jeho a naše výsledky a zhodnotit pokus.

## 1 Historie Millikanova pokusu



Jako první tento pokus provedl Robert A. Millikan (22.3.1868-19.12.1953) mezi lety 1911-1913.

Díky tomu byla vůbec poprvé zjištěna hodnota elementárního náboje (náboj elektronu či protonu) – tehdy vůbec nejmenšího známého náboje v přírodě. Za to byl o deset let později (roku 1923) odměněn

Nobelovou cenou za fyziku „za práce o elementárním elektrickém náboji a o fotoelektrickém jevu“.

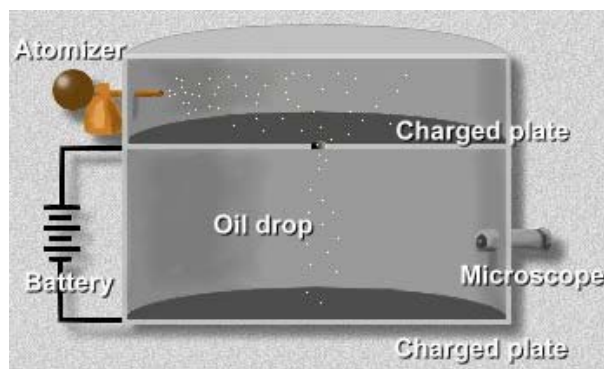


Oproti nám k tomu měl pracovní podmínky bezesporu mnohem těžší. Ale zato mnohem více času. Aparatura, kterou používal je na obrázku vlevo.

## 2 O co jde?

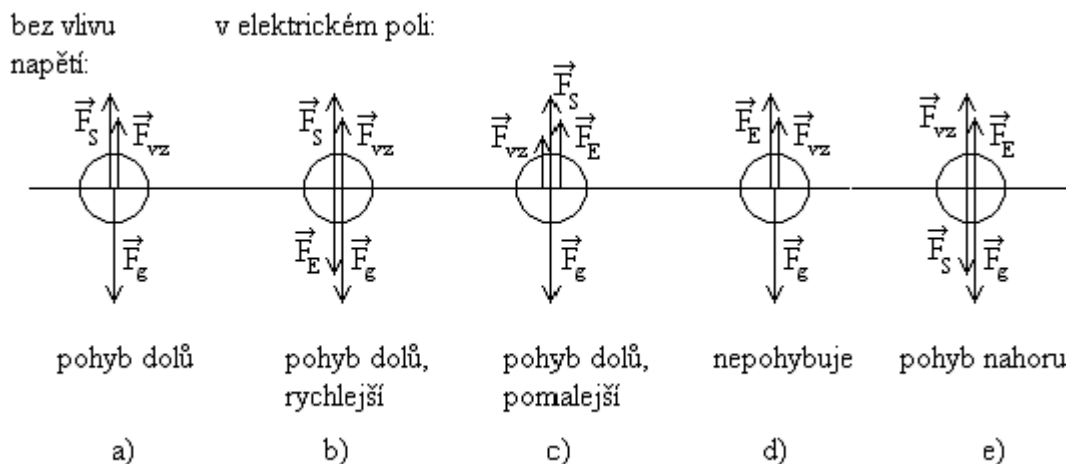
Cílem pokusu je změření elementárního náboje. Vycházíme přitom z předpokladu, že náboj každého nabitého tělesa je celočíselným násobkem tohoto náboje.

Základem celého experimentu je kondenzátor, mezi jehož desky vstříkujeme miniaturní olejové kapičky (o velikosti 1 mikrometr) s velmi slabým nábojem. Ten je získán pouze třením při vstřikování. Naším úkolem je změřit tento náboj. Náboj lze vypočítat měřením rychlosti kapiček mezi deskami kondenzátoru. Nejprve s vypnutým a poté se zapnutým elektrickým polem.



Při měření jsou nabité kapičky přitahovány k desce kondenzátoru s opačnou polaritou. Jsou k sobě přitahovány silou úměrnou svému náboji.

Z toho vyplývá, že se můžeme setkat s těmito případy:



Každý případ má svůj specifický vzorec výpočtu náboje:

### Bez vlivu napětí

#### a) Pohyb dolů

- kapičky se pohybují dolů vlivem gravitační síly  $F_G = m \cdot g$
- dále ne ně působí vztlačová síla  $F_{VZ} = m' \cdot g$  a odpor prostředí popsany Stokesovým zákonem  $F_S = 6\pi\eta r v$
- samotný pohyb je popsán rovnicí  $mg - m'g - 6\pi\eta r v_e = 0$

### V elektrickém poli

Pohyb kapiček v elektrickém poli je popsán rovnicí  $mg - m'g - 6\pi\eta r v_e - EQ = 0$

#### b) Pohyb dolů rychlejší

Z předešlých rovnic pro pohyb bez a s el. polem odvodíme vzoreček:

$$Q = \frac{6\pi\eta r(v_e - v_g)}{E}$$

#### c) Pohyb dolů pomalejší

S malou proměnou stále platí již odvozená rovnice:  $Q = \frac{6\pi\eta r(v_g - v_e)}{E}$

#### d) Nepohybuje se

S malou proměnou stále platí již odvozená rovnice:  $Q = \frac{6\pi\eta r v_g}{E}$

#### e) Pohyb nahoru

S malou proměnou stále platí již odvozená rovnice:  $Q = \frac{6\pi\eta r(v_g + v_e)}{E}$

U všech vzorců platí že:

- $m'$  ... hmotnost vytlačeného vzduchu
- $m$  ... hmotnost kapičky
- $\eta$  ... dynamická viskozita vzduchu ( $1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Ns.m}^{-2}$ )
- $r$  ... poloměr kapičky
- $v_e$  ... rychlost částice s nábojem při zapnutém el. poli
- $v_g$  ... rychlost částice s nábojem bez el. pole

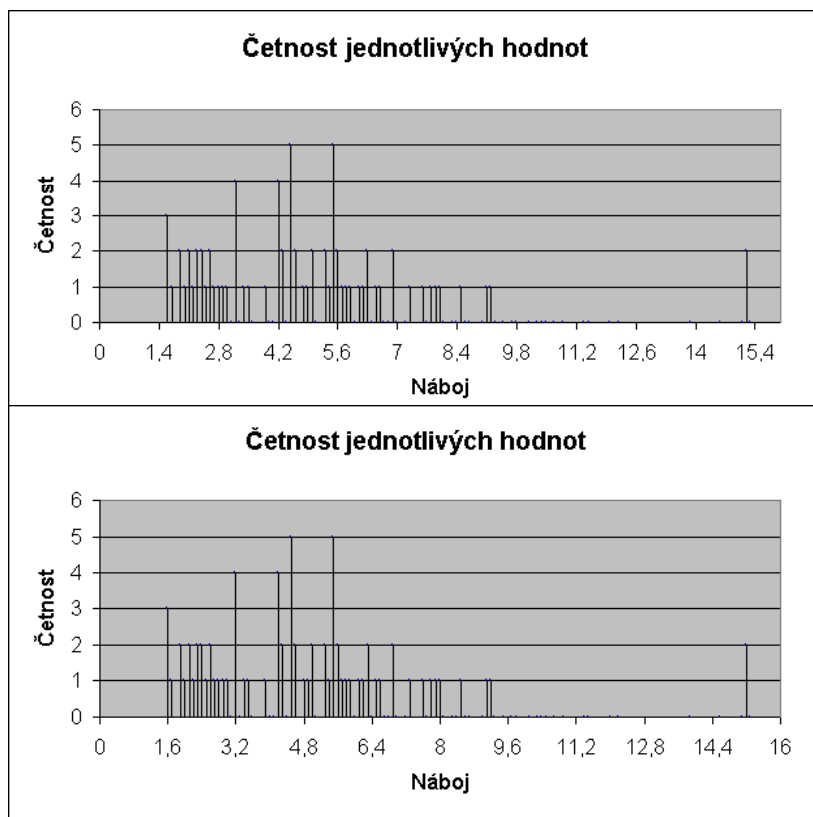
- $E$  ... intenzita  $E=U/d$  ( $d$ ...vzdálenost desek kondenzátoru)
- $g$  ... tíhové zrychlení ( $9,81 \text{ m.s}^{-1}$ )
- $\sigma$  ... hustota oleje ( $875,3 \text{ kg.m}^{-3}$ )
- $\rho$  ... hustota vzduchu ( $1,29 \text{ kg.m}^{-3}$ )

Pokud jste si vzorce již přečetli, zjistili jste, že máme ještě dvě neznámé. Vzorec pro

výpočet poloměru kapičky je  $r = 3 \cdot \sqrt{\frac{v_g \cdot \eta}{2 \cdot (\sigma - \rho) \cdot g}}$  a pro rychlost  $v=s/t$ , kde  $t$  je čas měření a  $s$  je dráha, kterou kapička urazila.

## A co jsme naměřili:

Celkem jsme provedli 200 měření. U každé kapky jsme nejprve změřili první úsek, po kterém se pohybovala volným pádem, a poté stejnou vzdálenost s připojeným zdrojem elektrického napětí. Nakonec jsme vše spočítali. K co největší přesnosti je potřeba co nejvíce měření. My jsme jich samozřejmě provedli mnohem méně než pan Millikan. Navíc v naší aparatuře nebyl vyčerpán vzduch, a proto v kondenzátoru vznikalo proudění, kvůli kterému kapky často nesměřovali přímo dolů, nýbrž do stran. Dále se přesnost měření času stopkami zhoršovala vlivem nedokonalosti lidských smyslů a reakcí a také naší stoupající únavou v průběhu měření. Z toho všeho vyplývá odchylka našich naměřených výsledků. Z měření jsme určili, že náboj je náboj má hodnotu přibližně  $1,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Millikan svého času tento náboj určil na  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .



## 3 Shrnutí

Ač se námi naměřené hodnoty s původními výsledky v mnohém neshodovali, základ teorie je pravděpodobně správný. Zároveň jsme tím prokázali slabou přesnost pokusu v našich podmínkách jdoucí ruku v ruce s nízkou úrovní dlouhodobého soustředění a dali tím zapravdu novým metodám měření elementárního náboje (např. měření pomocí elektrolýzy).

## Poděkování

Na prvním místě bychom chtěli poděkovat našemu supervizorovi Janu Dostálovi, který, se o nás celou dobu pokusu staral. Dále všem těm lidem, co stáli za organizací téhle úžasné akce

a samozřejmě panu Vojtěchu Svobodovi, bez něhož by tato akce nemohla nikdy existovat. Nakonec snad i každý každému navzájem za atmosféru v týmu.

## Reference:

- [1] M. Cetkovský, V. Cupal, M. Raja, E. Šoltisová, Z. Vydrová: **Millikanův pokus**. Sborník Fyzikálního týdne. 2002. KF FJFI ČVUT
- [2] Phywe series of publications: **University Laboratory Experiments PHYSICS**. Phywe systeme GMBH
- [3] David Goodstein: **In Defence of Robert Andrews Millikan**. American Scientist.. 2001
- [4] A.F.Garcia: **Medida de la unidad fundamental de carga**
- [5] The Nobel foundation: **Nobel e-museum**
- [6] L. Burnett and M. Lee: **Millikan Drop Experiment**
- [7] D. Šubrt, J. Hraníček, V. Kohoutek, Š. Dosoudilová, D. Štencel, M. Kolář: **Millikanův experiment**. Sborník Fyzikálního týdne. 2001. KF FJFI ČVUT
- [8] J. Kodovský, P. Kolenko, T. Kalvoda: **Millikanův experiment**. Sborník Fyzikálního semináře. Léto 2002. KF FJFI ČVUT
- [9] M. Cetkovský, V. Cupal, M. Raja, E. Šoltisová, Z. Vydrová: **Millikanův pokus**. Presentace na Fyzikálním týdnu. 2002
- [10] R.A.Millikan: **On the elementary electrical charge and the avogadro constant**. Physical Review.. 1911