

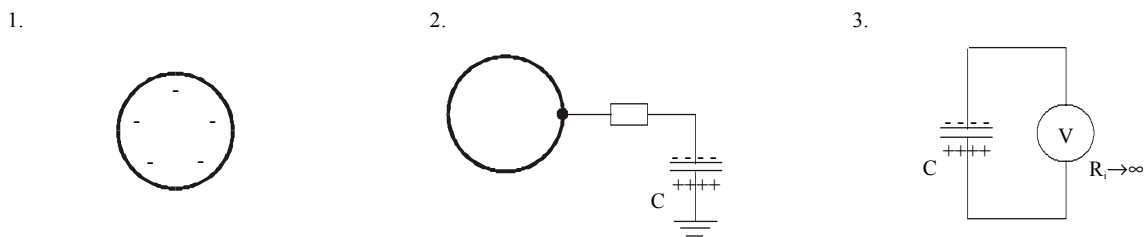
# Indikátor a měřič elektrického náboje

Žilavý Peter, KDF MFF UK Praha

Nedílnou součástí fyzikálních pokusů z elektrostatiky je indikace a měření elektrického náboje. K indikaci náboje se často používá elektroskop (elektrometr) založený na vzájemném odpuzování souhlasně nabitých částí. Jeho výhodou je, že je elektricky nezníčitelný. Jeho nevýhodou je poměrně jemná mechanická konstrukce, malá citlivost a to, že nedává informaci o znaménku náboje. Výchylka ručičky je úměrná potenciálu elektrody elektrometru, neměří tedy přímo náboj, který nese zkoumané těleso. Uvedené nedostatky řeší elektronická náhrada elektroskopu - indikátor a měřič elektrického náboje. Popisovaný přístroj indikuje znaménko náboje (s nastavitelným prahem indikace - červená a modrá LED), který po připojení k demonstračnímu voltmetru slouží i jako měřič elektrického náboje. Díky velké citlivosti přístroje můžeme (na rozdíl od klasického elektroskopu) v základních pokusech z elektrostatiky indikovat a určit znaménko náboje např. liščího ohonu při tření ebonitové tyče.

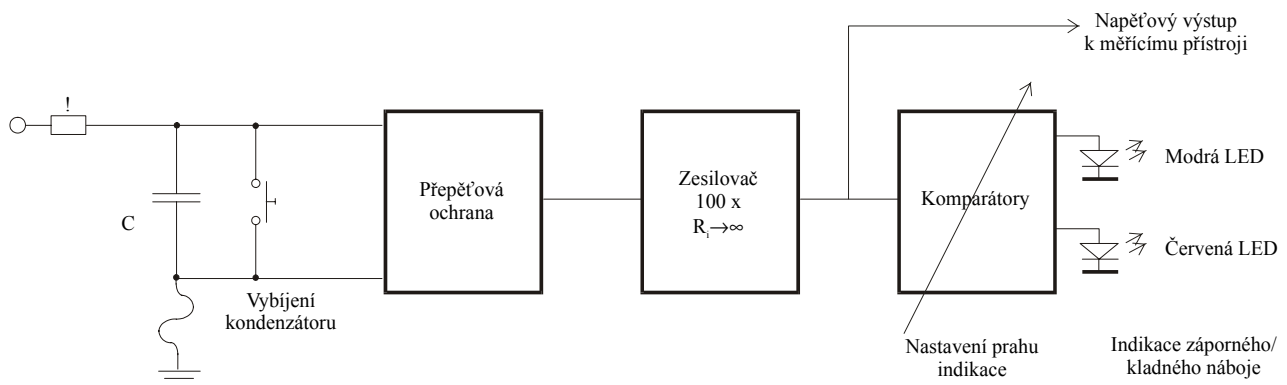
Princip měření elektrického náboje

Jeden z možných principů měření elektrického náboje ukazuje obr. 1. Předpokládejme, že máme nabitě kovové těleso např. nábojem záporného znaménka. Připojme nyní k němu přes rezistor  $R$  o odporu desítek kiloohmů vybitý kondenzátor  $C$  (řádově  $1 \mu\text{F}$ ), kterého druhá elektroda je vodivě spojena se Zemí. Rozdíl



Obr. 1

potenciálu nabitěho tělesa vůči Zemi a potenciálu neuzemněné elektrody (na počátku je stejný jako potenciál Země) kondenzátoru způsobí přesun náboje z nabitěho tělesa na tuto elektrodu a díky elektrostatické indukci i přesun náboje opačného znaménka ze Země na uzemněnou elektrodu - kondenzátor se nabije. Přitom se potenciál původně nabitěho tělesa vyrovná s potenciálem neuzemněné elektrody kondenzátoru. Za předpokladu, že kapacita kondenzátoru bude mnohonásobně větší než kapacita nabitěho tělesa (kapacita koule o průměru 5 cm je přibližně 3 pF), změna napětí na kondenzátoru bude zanedbatelná vůči změně



Obr. 2

potenciálu tělesa - těleso odevzdá prakticky všechny svůj náboj kondenzátoru. Pokud nyní změříme napětí  $U$  na kondenzátoru ideálním voltmetrem (nekonečný vnitřní odpor), jsme schopni ze vztahu  $Q = C \cdot U$  určit velikost i znaménko náboje, který neslo nabitě těleso. Technický problém spočívá v měření napětí

voltmetrem ("slušný" voltmetr s vnitřním odporem  $10\text{ M}\Omega$  vybíjí kondenzátor o kapacitě  $1\text{ }\mu\text{F}$  s časovou konstantou  $10\text{ s}$ ) a díky setrvačnosti měřicího přístroje neodečteme přesně počátečnou hodnotu napětí.

Praktická realizace vychází z uvedeného principu. Základní částí měřiče (viz obr. 2) tvoří měřicí kondenzátor, napěťový zesilovač s velmi vysokým vstupním odporem (řádově  $10^{12}\text{ }\Omega$ ) a komparátory s nastavitelným prahem překlopení. Principiální součástí měřiče je dlouhý rezistor na vstupu představující místo v elektrickém obvodu, na kterém se v okamžiku připojení přístroje k nabitému tělesu objeví napětí rovno potenciálu tohoto tělesa (i několik desítek kV). Jeho hodnota v součinu s hodnotou měřicího kondenzátoru udává časovou konstantu s jakou se náboj přenáší z tělesa do kondenzátoru. Důležitou vlastností indikátoru a měřiče náboje z hlediska jeho použitelnosti ve škole je jeho odolnost vůči přepětí, proto je opatřen účinnou přepět'ovou ochranou nevybíjející měřicí kondenzátor (výchylka měřicího přístroje neklesá). Přístroj snáší opakovaný přímý dotek i přeskok jisker z nabitě koule velkého školního Van de Graafova generátoru, stejně jako i přímý dotek (měkkého) školního vn zdroje  $10\text{ kV}$ . Přístroj je v provedení do ruky napájen  $9\text{ V}$  destičkovou baterií. Součástí přístroje je tlačítko na vybíjení měřicího kondenzátoru.

Přístroj se zapíná posuvným spínačem na pravé straně. Zapnutí indikuje žlutá svítivá dioda vedle spínače. Před začátkem měření zasuňte „sondu“ s kuličkou do černé zdičky přístroje a připojte uzemňovací vodič k uzemnění (topení, kovová kostra jiného přístroje připojeného třívodičovou šňůrou do zásuvky...).

Před přiblížením indikátoru k nabitému tělesu nejdříve vybijte měřicí kondenzátor stiskem tlačítka na přední stěně přístroje. Při přiblížení sondy indikátoru k nabitému tělesu přístroj (díky elektrostatické indukci) ukazuje znaménko náboje tohoto tělesa (červená LED – kladný náboj, modrá LED – záporný náboj). Pokud nyní stisknete vybíjecí tlačítko (LED zhasne) a poté přístroj oddálíte od nabitého tělesa, rozsvítí se svítivá dioda indikující opačné znaménko náboje.

Při dotyku sondy a kovového tělesa (resp. přeskočtu jiskry) je náboj z tělesa odveden do přístroje a jeho znaménko je indikováno rozsvícením příslušné LED i po oddálení sondy indikátoru od tělesa dokud není stisknuto vybíjecí tlačítko.

K přístroji je možné pomocí konektoru CINCH na přední stěně připojit demonstrační voltmetr s nulou uprostřed. Pláš' tohoto konektoru je spojen s uzemňovacím vodičem a slouží také pro odvedení náboje z experimentátora. Napětí  $1\text{ V}$  na výstupu odpovídá náboji  $10\text{ nC}$  na měřicím kondenzátoru, rozsah výstupu (lineární část) je přibližně  $\pm 3\text{ V}$ . Propojovací kabel není součástí dodávky.

V případě jakýchkoliv dotazů kontaktujte prosím autora:

Peter Žilavý, EXACT, Vítkova 1007, 390 01 Tábor  
Tel. 381 253 478, 602 822 831, zilavy@telecom.cz

případně na adrese KDF MFF UK Praha, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8  
Tel. 221 912 432, 221 912 407.