

ELEKTRODYNAMIKA

1. ELEKTROSTATICKÉ POLE

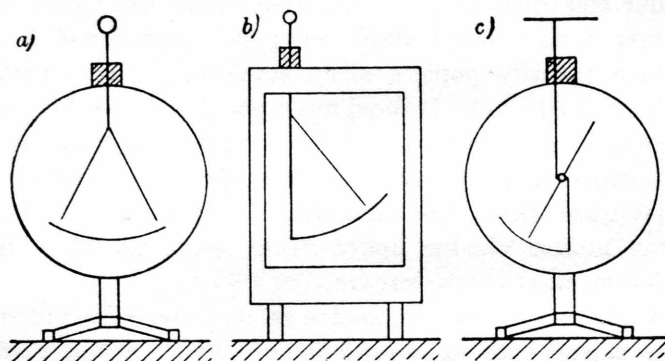
1.1. Základné elektrické javy. Ebonit trený srstou alebo olovnaté sklo trené amalgamovanou kožou nadobúdajú schopnosť priťahovať k sebe drobné a ľahké telieska (prúžky papiera alebo staniolu, korkovú drvinu, guľôčku z bazovej duše zavesenú na hodvábnnej niti a pod.). Takúto vlastnosť pozorovali už v staroveku na jantári (grécky *elektrón*). Anglický lekár a fyzik W. Gilbert (1540—1603), ktorý sa prvý začal sústavne zaoberať týmito javmi, nazval takto sa prejavujúce stavy telies *elektrickými stavmi*. Gray r. 1729 poznal, že elektrický stav možno vhodne upevnenému telesu udeliť aj tak, že sa ho dotkneme telesom už zelektrizovaným.

Pokusmi sa môžeme presvedčiť, že dve zelektrizované ebonitové tyče a dve zelektrizované sklené tyče sa navzájom odpudzujú, avšak vyššie opísaným spôsobom zelektrizovaná sklená a ebonitová tyč sa priťahujú (Dufay, 1733). Elektrické stavy zelektrizovaného ebonitu a skla sú teda kvalitatívne rôzne. Všetky zelektrizované telesá možno rozdeliť do dvoch skupín tak, že dve telesá z tej istej skupiny sa odpudzujú, avšak ak sme ich vybrali po jednom z oboch skupín, tak sa priťahujú.

Vlastnosti zelektrizovaných telies vysvetľuje *dualistická teória* (Symmer, 1759) predpokladom existencie dvojakej elektriny, dvojakých elektrických množstiev, tzv. kladného a záporného elektrického náboja určitých vlastností (súhlasné elektrické náboje sa odpudzujú, nesúhlasné sa priťahujú), ktoré sa v niektorých látkach, vo *vodičoch* elektriny, môžu aspoň čiastočne aj voľne pohybovať. Látky, v ktorých tento pohyb nie je možný, nazývajú sa *nevodičmi* alebo *izolátormi*.

Podľa dualistickej teórie elektrických javov teleso, ktoré neprejavuje elektrické vlastnosti, obsahuje také množstvo kladnej a zápornej elektriny, že sa ich účinky v okolí telesa rušia. Pri elektrizovaní telies nastáva separácia kladnej a zápornej elektriny, pričom teleso, v ktorom nakoniec je v prebytku jeden druh elektriny, javí sa príslušne (kladne alebo záporne) elektrickým. Podľa Franklina (1750) za kladné sa považuje elektrické množstvo, ktoré sa hromadí na skle pri jeho trení amalgamovanou kožou.

Dualistická teória elektrických javov je vo veľmi dobrej zhode s našimi dnešnými predstavami o zložení atómov, podľa ktorých sa každý atóm skladá z *jadra*, ktoré je nositeľom kladnej elektriny, a z tzv. *elektrónového obalu*, t. j. zo súboru najmenších možných množstiev zápornej elektriny, *elektrónov*, ktoré rôznou rýchlosťou a po rôznych dráhach krúžia okolo kladne nabitého jadra atómu. Elektrické náboje nie sú však samostatné existencie, ale len vlastnosti niektorých najmenších častíc hmoty, napríklad protónov a elektrónov, ktoré sa vyznačujú ešte aj inými vlastnosťami, najmä hmotnosťou a magnetickým momentom.

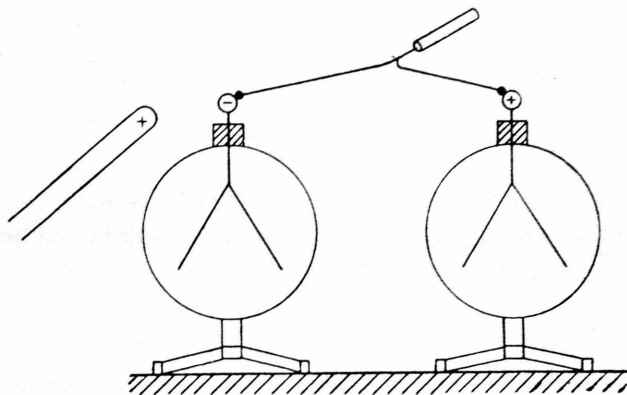


Obr. 1.1.

Prístroje slúžiace na štúdium elektrického stavu telies sa nazývajú *elektroskopy*. Najjednoduchší typ elektroskopu je sklená fľaša guľového tvaru (obr. 1.1a), do ktorej zasahuje kovová tyč, opatrená na hornom konci kovovou guľkou alebo kruhovou doštičkou a nesúca na dolnom konci dva veľmi tenké a ohybné papierové, staniolové, hliníkové alebo zlaté prúžky. Namiesto dvoch prúžkov používa sa tiež len jeden prúžok, nalepený na strane zvislej latky elektroskopu (obr. 1.1b), alebo okolo vodorovnej osi otáčavej kovovej latky s osou prechádzajúcou v malej vzdialenosti nad jej ťažiskom (obr. 1.1c). Je veľmi výhodné, keď obal elektroskopu, ktorý sa potom pri používaní spája vodivo so zemou, je aspoň čiastočne kovový. Elektrický náboj privedený na guľku alebo doštičku elektroskopu sa čiastočne usadí aj na vnútorné pohyblivé časti elektroskopu a v dôsledku vzájomného odpudzovania sa súhlasných elektrických nábojov spôsobí ich rozstup, ktorý je tým väčší, čím väčší je aj náboj privedený na elektroskop. Keď je elektroskop opatrený stupnicou, nazýva sa *elektrometrom*.

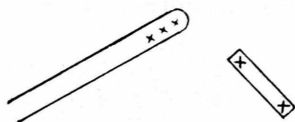
Dva elektroskopy, ktoré sme spojili pomocou drôtu na izolujúcom držadle (obr. 1.2), umožňujú demonštrovať dôležitý jav — tzv. *elektrostatickú indukciu*.

Priblížme k jednému elektroskopu sklenú tyč zelektrizovanú kladne. Vzdialíme nato drôt spájajúci elektroskopy a až potom indukujúcu sklenú tyč. Rozstup lístkov ukazuje, že oba elektroskopy sú nabité, a ľahko sa môžeme presvedčiť, že bližší k indukujúcej sklenej tyči nesúhlasne a vzdialenejší súhlasne. Vplyvom náboja prítomného na sklenej tyči nastala separácia nesúhlasných nábojov ešte vtedy, keď boli elektroskopy pomocou vodivého drôtu spojené.

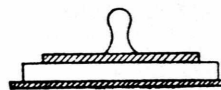


Obr. 1.2.

Elektrostatická indukcia je hlavnou príčinou toho, že sa k zelektrizovaným telesám priťahujú ľahké telieska. Predstavme si, že sme sa s kladne zelektrizovanou sklenou tyčou priblížili k papierovému prúžku spôsobom vyznačeným na obr. 1.3. Pretože obyčajný papier nie je dokonalý elektrický izolátor, elektrickou indukciou po krátkom čase v tom konci papierového prúžku, ktorý je bližšie ku kladne zelektrizovanej sklenej tyči, je v prebytku záporná elektrina, a v odľahlom konci kladná elektrina. V dôsledku toho bližší koniec papierového prúžku sa priťahuje ku sklenej tyči a vzdialenejší sa od tyče odpuďuje. Obidve tieto sily sa skladajú do výslednice, ktorá smeruje k tyči, lebo odpudivá sila pôsobiaca na vzdialenejší koniec papierového prúžku je absolútne menšia než príťažlivá sila pôsobiaca na bližší koniec. Podobnou, avšak obyčajne menej účinnou príčinou priťahovania sa nevodičov k zelektrizovaným telesám je ich dielektrická polarizácia (čl. 1.7), ktorá spočíva v pomerne veľmi malom vzájomnom posunutí kladných a záporných nábojov len v atónoch a molekulách nevodičov.



Obr. 1.3.



Obr. 1.4.

Na elektrostatickej indukcii sa zakladá aj *Voltov elektrofor* (obr. 1.4). Je to kruhová ebonitová doska na vodivom podklade. Na dosku možno položiť kovový kotúč s nevodivým držadlom. Trením ebonitovej dosky srstou zelektrizuje sa doska záporne. Keď položíme na zelektrizovanú ebonitovú dosku kovový

Na elektrostatickej indukcii sa zakladá aj *Voltov elektrofor* (obr. 1.4). Je to kruhová ebonitová doska na vodivom podklade. Na dosku možno položiť kovový kotúč s nevodivým držadlom. Trením ebonitovej dosky srstou zelektrizuje sa doska záporne. Keď položíme na zelektrizovanú ebonitovú dosku kovový

kotúč a potom sa ho dotkneme prstom, odvedieme súhlasnú, odpudzovanú (voľnú) elektrinu do Zeme. Po oddialení kovového kotúča od ebonitovej dosky je kovový kotúč nabitý kladne.

Väčšie množstvá elektriny možno získať pomocou tzv. *elektrík*, ktoré sa delia na trecie (Winter) a na založené na indukcii (Holtz, Töpler, Wims-hurst a i.). Súčasnými takýmito strojmi sú rozličné elektrostatické generátory používané ako zdroje vysokého jednosmerného elektrického napätia na urýchlovanie iónov v atómovej fyzike.

1.2. Coulombov zákon. Práve tak, ako sme v mechanike zaviedli abstraktný pojem hmotného bodu, zavádzame z podobných príčin v náuke o elektrických javoch pojem *bodového elektrického náboja*. Bodovým nazývame taký elektrický náboj, ktorý je sústredený v priestore pomerne malom vzhľadom na vzdialenosti, v ktorých sledujeme jeho účinky. Praktickou realizáciou bodového elektrického náboja je malá zelektrizovaná guľôčka dostatočne vzdialená od ostatných telies.

Dva bodové elektrické náboje považujeme za rovnako veľké, keď na iný takýto náboj, na voľbe ktorého podľa pokusných zistení nezáleží, účinkujú v rovnakej vzdialenosti rovnakými silami. Keď za jednotku náboja zvolený kladný náboj q_0 účinkuje na ľubovoľný pomocný náboj silou s absolútnou hodnotou f_0 a náboj, ktorého veľkosť q chceme určiť, na ten istý pomocný náboj v rovnakej vzdialenosti silou s absolútnou hodnotou f , píšeme: $|q| : |q_0| = = f : f_0$, takže

$$q = \pm \frac{f}{f_0} q_0 \quad (1)$$

pričom znamienko závisí od toho, či sú náboje q a q_0 súhlasné alebo nesúhlasné. Takýmto spôsobom — opierajúc sa o ich silové účinky — meriame elektrické náboje ich ľubovoľnou jednotkou q_0 . Tieto a podobné merania treba však konať vo vákuu alebo aspoň vo vzduchu, lebo vplyvom svojej polarizovateľnosti (pozri čl. 1.7) nevodivé hmotné prostredie silové účinky medzi voľnými elektrickými nábojmi nepozmeňuje, predsa však ich skresluje.

Dva jednotkové bodové elektrické náboje nech na seba pôsobia vo zvolenej vzájomnej vzdialenosti silou f_{00} . Keď jeden z nich nahradíme nábojom q_1 , podľa vzorca (1) abs. hodnota medzi týmto nábojom a zostávajúcim jednotkovým nábojom q_0 pôsobiacej sily bude

$$f_{10} = f_{00} \frac{|q_1|}{q_0}$$

Keď nahradíme aj druhý jednotkový náboj nábojom veľkosti q_2 , bude absolútna hodnota sily pôsobiacej medzi nábojmi q_1 a q_2 , ktoré sme zvolili ľubovoľne