

Elektrický proud v plynech a ve vakuu

V. Brandštýl, I. Horňák

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
v.brandstyl@centrum.cz

Abstrakt

V tomto článku se budeme zabývat elektrickými výboji v plynech. Zjistíme, jak se chová plyn při různých napětích. Ověříme, zda skutečně izoluje a kdy přestává být izolantem. Jako výsledek uvidíme, že plyn se může změnit na vodivé prostředí. Může vytvořit plazmu. Budeme sledovat vlastnosti plynu v ionizační komoře a uvidíme rozdíl mezi samostatným a nesamostatným výbojem. Uvedeme, kde se s těmito jevy setkáme mimo laboratoř. Poté přejdeme k výbojům za sníženého tlaku. Také se zmíníme o jeho širokém technickém využití. Např. u televizní obrazovky. Na závěr se pokusíme alespoň zmínit co nejvíce příkladů technických využití těchto jevů.

1 Úvod

Jak všichni jistě dobře víme, vzduch se ve většině případů chová jako izolant. Můžeme těsně k sobě přiložit dvě rozdílně nabitě desky (elektrody), mezi kterými bude jen tenká vrstva vzduchu. I když bude mezi deskami velké napětí, nebude probíhat proud. Z tohoto bychom mohli vyvodit závěr, že vzduch je za normálních podmínek izolant. Když však přiložíme do prostoru mezi deskami svíčku a na aparaturu připojíme ampérmetr, zjistíme, že probíhá proud. Co se změnilo?

2 Princip

Před tím byl vzduch izolantem z důvodu, že neobsahuje žádné ionty. Molekuly jsou neutrálně nabitě a proto nevodivé. Aby vzduch byl vodivé prostředí musí se vytvořit ionty – vzduch se musí ionizovat. Víme, že neutrální molekula se může rozštěpit na ion a elektron – může excitovat elektron. Princip při jakém k excitaci dochází, je zde asi zbytečné uvádět, neboť je všeobecně známý. Můžeme tedy říci, že excitační energie je poskytována plamenem svíčky. Vytvoří se tedy ionty, které přenášejí náboj. Jakmile svíčka zhasne, ionty se přestávají tvořit a prostředí již není vodivé. Právě jsme si charakterizovali nesamostatný výboj. Nesamostatným výbojem nazýváme proud v plynu, který trvá jen po dobu působení ionizátoru. Ještě je třeba říci, že jako ionizátor se obvykle používá záření, které také poskytuje ionizační energii.

Vlastnosti plynu při různých napětích zkoumáme v ionizační komoře. Když se vytvoří ionty, jeden je nabit kladně, druhý záporně. Jelikož jsou desky rozdílně nabitě, jednotlivé ionty jsou odtrženy od sebe. Nezbývá čas na rekombinaci. Čím větší je napětí, tím více prochází náboje. Do ionizační komory pouštíme paprsky, abychom ionizovali plyn a zvětšujeme napětí. Dokud nepřekročíme jisté napětí, platí Ohmův zákon, že proud je přímo úměrný napětí. Po jeho překročení je napětí již dost velké na to, aby zabránilo jakékoliv rekombinaci. Proud se dále nezvětšuje. To se změní, když překročíme takzvané zápalné napětí. Víme, že elektrické pole dodává elektronům kinetickou energii. Pak je kinetická energie iontů tak velká, že při nárazu rozštěpí molekulu. Plyn ionizuje sám sebe. Dále ionizátor nepotřebujeme. To charakterizuje samostatný výboj. Ten trvá, i když ionizátor přestal působit.

Kde se setkáváme se samostatným výbojem? První praktické využití je obloukový výboj. Dvě elektrody mají oblé konce. Přiblížíme je k sobě, čímž se zahřejí a ionizují vzduch. Dále probíhá proud jako samostatný výboj. Mezi elektrodami vzniká teplota několika tisíc stupňů Kelvina. Vzniká velice intenzivní zdroj světla. To se využívá např. v lampách pouličního osvětlení. Dále se obloukového napětí užívá při sváření železa.

Další jev samostatného výboje vzniká v přírodě jako vyrovnání napětí mezi mrakem a zemí. Zeus dokázal metat blesky pomocí božské síly. Nám osud nedal sílu bohů, ale nadělil nám Ruhmkorffův transformátor. Blesk vzniká jako vyrovnání napětí mezi elektrodami, když není možné trvale dodávat proud, jako při vybití kondenzátoru. Hrom je zvukový efekt rozčísnutí vzduchu. Jak bylo řečeno výše, blesk můžeme simulovat v laboratoři pomocí Ruhmkorffova transformátoru.

Pro vyrovnání napětí v malých prostorech vzniká jev koróna. To jsou ty malé blesky, které vidíme na drátech elektrického napětí, nebo zřídka také na skalách.

Je jisté, že čím více zmenšíme hustotu molekul, tím menší budeme potřebovat napětí, aby kinetická energie přesáhla ionizační energii molekul. Za sníženého tlaku stačí menší napětí k excitaci elektronů. Elektrony a ionty létají prakticky volně od anody ke katodě a obráceným směrem.

Prvním z jevů, který nastává, se nazývá doutnavý výboj. Když „nahodíme“ proud, po celé trubici se začne zvolna šířit světlo. Celá trubice je zaplněna anodovým světlem - světlo jedné barvy a u katody nastává změna světla – tam vládne katodové doutnavé světlo.

Anodového světla se využívá v reklamních tabulích. Je to další využití fyziky v běžném životě. Nebýt anodového světla, neviděli bychom na míle, kde se prodává Coca-Cola. Používá se ho i v zářivkách – světlo je intenzivnější než v žárovkách i při menším proudu.

Doutnavky se často využívají jako kontrolní osvětlení. Ještě více jsou známé jako okrasné zářivky, protože se dají použít prakticky všude kvůli malé spotřebě. Obrovský boom těchto zářivek nastal poslední dva roky u tuningových automobilových srazů a nelegálních závodů – osvětlení motorů, podsvícení aut. Rozšíření těchto světel je motivované výše zmíněnou malou spotřebou, a jak známe lidskou povahu, také jeho nelegálností.

Představme si nyní, že elektrony letící ke katodě skrz ní proniknou a letí dále – tomuto jevu říkáme katodové záření. O něm se nemusíme mnoho rozepisovat, neboť tento jev je také všeobecně známý. Elektrony se dají dále ovlivňovat elektrickým polem. Nejlepší uplatnění tohoto jevu bylo v minulosti u televizí. Momentálně je však vytlačované novými technologiemi.

3 Shrnutí

Zmínili jsme si tedy různé druhy výbojů, jejich energetickou náročnost a využití. Na každém tématu ve vědě je něco fascinujícího. Tyto jevy nejsou záhadné, nemají kouzlo novosti, neboť je využíváme už téměř sto let. Fascinující na nich je to obrovské využití, jejich všudypřítomnost. Proto jsme si vybrali toto téma, abychom na tyto skutečnosti upozornili.

4 Reference

- [1] O. Lepil, P. Šedivý, *Elektřina a magnetismus*, Prometheus, Praha, 2005, str. 116-127
- [2] anonym, Elektrický proud v plynech,
http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_proud_v_plynech
- [3] anonym, Elektrický proud v plynech, <http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/~marble/d/?p=3>