Plazmová koule

PETR DUCHÁČEK

Gymnázium J. Nerudy, Praha

Plazmová koule se poprvé objevuje na začátku 70. let 20. století, když ji sestrojil student MIT *Bill Parker* při laboratorních experimentech. Plazma jako zdroj světla ale poprvé použil již *Nikola Tesla* při svých experimentech s vysokofrekvenčním střídavým napětím.

Vnitřek plazmové koule je vyplněn vzácnými plyny o tlaku 2 až 10 torr (což odpovídá tlaku 300 až 1 300 Pa). Nejčastěji se používá neon. Typ plynu určuje barvu výboje. Při malém tlaku by hustota plazmatu nebyla dostatečná na to, aby vznikla vlákna (filamenty) plazmatu. Při velkém tlaku by nedošlo k dostatečné ionizaci vlivem přiloženého napětí. Napětí, které se používá, je v řádech jednotek kV při frekvencích kolem 35 kHz. Vysokofrekvenční střídavé napětí je generováno pomocí Teslova transformátoru. Proudy jsou malé a i po rozebrání je možné sahat na drát vyčnívající kolmo na desku s elektrickými obvody. Toto je primární cívka Teslova transformátoru. Sekundární cívka transformátoru je přímo vidět pod sklem plazmové koule (obr. 1). Navíc vlivem vysokofrekvenčního napětí dochází ke skinovému jevu, tzn. že proud vzniká pouze po povrchu předmětů, kterými prochází. Čím vyšší je frekvence střídavého proudu, tím do nižší hloubky ve vodiči proud proniká. V případě lidského těla to znamená, že proud teče po kůži.

Obr. 1

Obr. 2

Po zapnutí plazmové koule můžeme pozorovat, že vlákna jsou rovnoměrně rozložena v prostoru (obr. 2). Příčinou je vzájemné odpuzování jednotlivých filamentů. Důvod, proč směřují ke sklu nádoby je, že hledají

nejsnazší cestu k zemi, která směřuje přes sklo a vzduch. Vlivem vysokofrekvenčního napětí se okolní objekty chovají jako kondenzátor a proud je schopen jimi hůře či lépe procházet. To závisí na jejich impedanci, která je primárně určená kapacitancí. Čili plyn uvnitř koule je jedna deska kondenzátoru a vnější vzduch je deskou druhou a sklo je vrstva dielektrika takovéhoto kondenzátoru.

Nejjednodušší experiment, který můžeme provést, je přiložit prsty ruky ke sklu plazmové koule. To, co okamžitě pozorujeme, je zformování filamentů pod konci našich prstů (obr. 3). Naše tělo je vodivé a umožňuje tak snazší cestu do země, než okolní vzduch, takže si filamenty vyberou cestu k našim prstům. Tělo se stane vodičem s nižší impedancí, než je okolní vzduch. Prsty jsou sice odděleny od vláken sklem, které je dielektrické, ale vlivem toho, že jde o střídavý proud, tvoří soustava plazma, sklo a prsty kondenzátor, který je principiálně propustný pro střídavý proud vlivem elektrostatické indukce na deskách kondenzátoru.

Pokud se prstem dotkneme ze strany koule, tak vlákno stoupá směrem vzhůru a neudrží stálý tvar. Vlivem vyšší teploty vlákna stoupá ionizovaný plyn výše a tak se pohybuje i vlákno výše. Pokud se prstem dotkneme seshora, tak filament plazmatu stoupá přímo nahoru a drží tvar (obr. 4).

Obr. 3

Obr. 4

Když prst umístíme do menší vzdálenosti od skla než 1 mm, můžeme pozorovat výboj ve vzduchu mezi sklem a prstem. K tomu dochází vlivem průrazu vzduchu na tuto malou vzdálenost dostatečné velkým napětím. Pokud bychom přilepili kus alobalu na povrch plazmové koule a potom těsně nad něj přiložili prst, může být vzdálenost prstu od alobalu větší a výboj bude mnohem silnější. Takový výboj je mnohem jasnější a je schopný propálit i list papíru. Pokud přiložíme list papíru nad alobal a držíme-li v blízkosti papíru prst nebo klíč, dojde k viditelnému propálení papíru. Papír lze takto i zapálit. Pokud v tomto případě necháme prst chvilku

nad alobalem, tak nám výboj v prstu vypálí na kůži černou tečku. Teplo výboje snadno spálí během chvíle lidskou pokožku a vytvoří tak malou spáleninu, která během několika dní zmizí. Současně cítíme i proud procházející prstem. Vysvětlení tohoto jevu je, že přidáním alobalu se změní vlastnosti druhé desky kondenzátoru. Plocha alobalu je větší než povrch prstu, zvětší se tedy kapacita a zmenší kapacitance vzniklého kondenzátoru. To se projeví zmenšenou impedancí v obvodu, zvětší se proud a výboj je jasnější.

Magnet nebude nijak pozorovatelně vychylovat vlákna plazmatu, protože střídavý proud výboje má vyšší frekvenci a vlákno se jen rozkmitá s malou amplitudou. Když použijeme koncovku jack od reproduktorů, a dotkneme se jí koule, nebo použijeme lidské tělo jako anténu (čili dotkneme se koule jednou rukou a jacku druhou), tak jsme schopni slyšet plazmovou kouli v reproduktorech. Jistě to nebude na frekvenci kolem 35 kHz, protože to je mimo rozsah sluchu i reproduktorů, přesto lze slyšet šum plazmové koule. Při zapojeni sondy do osciloskopu můžeme na osciloskopu zaznamenávat průběh elektrického pole v závislosti na vzdálenosti od koule, měřit frekvenci střídavého napětí a určit i jeho amplitudu. Mnou provedeným měřením na osciloskopu bylo zjištěno napětí kolem 80 V mezi kolíkem zásuvky (tedy zemí) a povrchem plazmové koule. Při přibližování ruky ke kouli ale napětí klesalo, čili není to tvrdý zdroj. Frekvenci jsem změřil necelých 25 kHz, což se liší od na internetu uváděných 35 kHz. Tyto hodnoty mohou být pro různé plazmové koule jistě mírně odlišné.

Elektrické pole kolem plazmové koule může rozsvítit i zářivky. Když dáme jeden konec zářivky dostatečně blízko k plazmové kouli (několik cm), aby byl ještě ve větším elektrickém poli, tak jsme schopni rozsvítit zářivku (obr. 5). Mezi koncem zářivky blízko plazmové koule a místem uchopení se vytvoří dostatečné napětí a dochází ke svícení luminoforu zářivky vlivem proudu procházejícího zářivkou. V místě dotyku ruky zářivka přestane svítit a toto místo lze měnit posouváním ruky. Průchod proudu mezi vnitřkem zářivky a naší rukou je opět na principu kondenzátoru. Máme teď soustavu několika kondenzátorů spojených sériově. První kondenzátor je koule a vzduch. Druhý je vzduch a vnitřek zářivky a třetí je vnitřek zářivky a naše ruka. Sériově spojené kondenzátory mají tu vlastnost, že jejich kapacita se přibližuje nejvíce nejmenší zapojené kapacitě. Pokud například mezi ruku a zářivku dáme suchý hadr, který by měl elektricky izolovat, tak dojde k přidání dalšího kondenzátoru do obvodu. Tento kondenzátor nemá nejmenší kapacitu (tu má ten, kde je lidská ruka) a tak

prakticky nijak nezmění vlastnosti obvodu a zářivka svítí dále, i když se jí dotýkáme přes suchý hadr. Pokud se přímo dotkneme plazmové koule jednou rukou a druhou rukou se dotkneme kolíku na zásuvce, ucítíme v ruce proud procházející naším tělem.

Obr. 5

Plazmová koule také může vyvolat katodové záření v Thomsonově trubici či výboje ve výbojových trubicích bez nutnosti použití Ruhmkorffův transformátor. Stačí tyto trubice přiblížit k plazmové kouli.

Plazmové koule stojí pár set korun a není důvod, aby dnes nebyly v každém fyzikálním kabinetu. Lze na nich ukázat celkem velký počet jevů, ale na vysvětlení nejsou úplně nejjednodušší.

Představy mladších žáků o gravitačním působení

EVA HEJNOVÁ

Přírodovědecká fakulta UJEP, Ústí nad Labem

(Dokončení z minulého čísla)

Závěry z výzkumu a diskuse k učebnicím přírodovědy

Co se týče naší výzkumné otázky, u všech úloh se ukázalo, že zatímco v nižších ročnících si žáci vybírají svou odpověď víceméně mezi všemi nabízenými možnostmi, děti v 6. ročníku se soustředí téměř výhradně na