

Jaroslav Šafránek

Některé fyzikální pokusy s katodovou trubicí

Časopis pro pěstování matematiky a fyziky, Vol. 66 (1937), No. 4, D285--D289

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123398>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1937

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Některé fyzikální pokusy s katodovou trubicí.

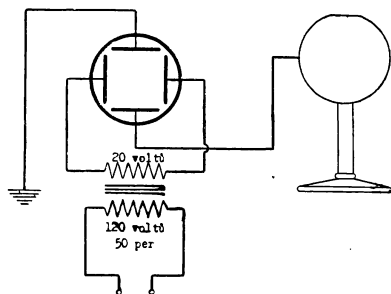
Doc. Dr. Jaroslav Šafránek, Praha.

Hlavní význam katodové trubice tkví v tom, že svým prakticky nehmotným systémem katodových paprsků umožňuje sledování rychle proměnlivých dějů elektrických. Proto tvoří podstatnou část moderních osciloskopů a oscilografů, jimiž je možno sledovati i děje vysokofrekventní.

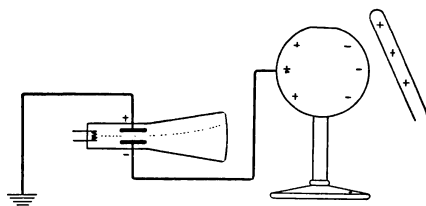
Kromě tohoto oboru působnosti, kde je katodová trubice jiným zařízením nenahraditelná, může býti dobrým služebníkem i při rozmanitých fyzikálních pokusech. V dalším uvedu některé příklady:

Katodová trubice jako elektroskop.

Dnes užívá se všeobecně katodových trubic, ve kterých vychyluje se paprsek katodový elektricky dvěma páry deštiček, z nichž jeden pár působí výchylku vertikální, druhý horizontální. Proto lze trubice použítí pro pokusy elektrostatické jako citlivého elektroskopu.



Obr. 1.



Obr. 2.

Při těchto pokusech budeme postupovati takto: Na jeden pár deštiček (obr. 1) přivedeme z malého síťového transformátorku napětí asi 20 voltů; tím docílíme toho, že katodové paprsky kmitají po stínítku na př. ve vodorovné přímce a nevypálí ve stínítku tmavou skvrnu. Můžeme proto prováděti další experimenty v klidu bez obavy, že stínítko poškodíme.

Vlastní elektrostatické pokusy provádíme za použití volného páru deštiček. Jednu deštičku uzemníme, druhou spojíme s izolovaným vodičem na př. s dutou plechovou koulí na skleněném noze. Vějířek katodových paprsků se vychýlí z rovnovážné polohy na př. vzhůru. Volná deštička se totiž nabíjí negativně, uzemněná jest vůči ní pozitivní a paprsek se tedy uchyluje vzhůru.

Ke kouli se přiblížíme se skleněnou kladně zeлектроvanou tyčí. (Obr. 2). Indukcí vznikne vázaný náboj záporný a volný náboj klad-

ný. Ten přejde na deštičku v katodové trubici, zneutralisuje její náboj záporný a nabije deštičku kladně. Proto katodový paprsek klesne rychle dolů. Pokles trvá jen tak dlouho, dokud se s tyčí blížíme. Jakmile se tyč zastaví, vrátí se paprsek do rovnovážné polohy, protože kladný náboj se rychle zruší stále dopadajícími elektrony. Jakmile tyč oddalujeme, uvolňuje se negativní náboj koule, který byl až doposud vázán kladnou elektrinou tyče, záporný potenciál deštičky stoupne nad normální hodnotu a proto katodový paprsek se ohne silně nahoru nad rovnovážnou polohu a potom pomalu se vrací do polohy rovnovážné, když obnovuje se normální negativní potenciál daný průměrným přílivem elektronů na volnou deštičku v katodové trubici.

Pracujeme-li s ebonitovou tyčí záporně zelektrisanou, budou poměry obrácené. Když se s tyčí přibližujeme, váže se v kouli indukovaná elektrina kladná. Záporná zvětšuje negativní potenciál deštičky a tedy světelný index běží na stínítku rychle nahoru. Když tyč zastavíme, vrací se pomalu do rovnovážné polohy. Když tyč oddálíme, přejde index rychle dolů a potom se vrací pomalu do rovnovážné polohy.

Pokus se daří velmi dobře i na vzdálenost několika metrů. Proti analogickým pokusům, jež lze prováděti s triodou, je toto uspořádání poněkud komplikováno tím, že neuzemněná deštička se trvale nabíjí negativně. Proto tento katodový elektroskop reaguje jen na pohyby zelektrovaných těles. Naproti tomu zase má výhodu, že nám umožňuje učiniti si představu o velikosti elektrických potenciálů při těchto pokusech elektrostatických, protože pomocí známého napětí můžeme si snadno zjistiti, jakým potenciálním rozdílem odpovídají různě veliké výchylky katodového paprsku.

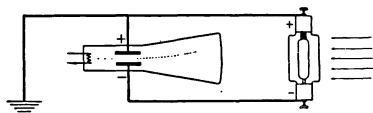
Demonstrace fotoelektrických zjevů katodovou trubicí.

Katodovou trubicí můžeme velmi snadno demonstrovati fotoelektrickou činnost emisních fotočlánků.

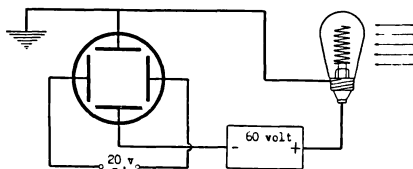
Stačí zapojiti fotoelektrický článek (lhostejno, zda vakuový či plynový) oběma elektrodami k vychylovacím deštičkám, se kterými jsme v predešlém odstavci prováděli pokusy elektrostatické (obr. 3). Bude s výhodou spojití anodu s deštičkou, která je uzemněna, katodu s deštičkou volnou. Pokud je fotočlánek ve tmě, vychyluje se na stínítku světelná stopa vzhůru, kde zaujme jistou rovnovážnou polohu. Jakmile na fotočlánek posvítíme, počne poloha světelného indexu klesati tím více, čím je dopadající světelný tok větší.

Citlivost zařízení můžeme ještě zvýšiti, když do proudokruhu fotočlánku zapojíme pomocnou suchou baterii správně pólovanou.

Za použití katodové trubice můžeme bez nesnázi ukázati fotoelektrické schopnosti některých neonových lamp. Zapojení provedeme podle obr. 4. Použijeme spirálové neonky pro napětí



Obr. 3.



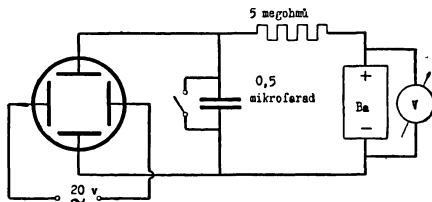
Obr. 4.

120 voltů a zapneme ji do serie s baterií asi o 60 voltech a s deštičkami katodové trubice. Potom stačí posvítiti na neonovou lampu kapesní svítilnou, aby světelný index běžel po stínítku z horní polohy do polohy střední.

Katodová trubice jako mikroampérmetr.

V předešlých fotoelektrických pokusech jsme viděli, že při osvětlení fotočláneku, který je zapojen přímo na uchylovací deštičky katodové trubice, klesá úchylka světelného indexu úměrně s velikostí světelného toku. Osvětleným fotočlánekem protéká elektrický proud. Zdrojem elektrické energie jest potenciální rozdíl obou uchylovacích deštiček (kól 50 voltů). Deštičky představují zdroj o velmi měkkém svorkovém napětí. Sebe menší odběr proudu znamená značný pokles svorkového napětí, protože příliv energie na deštičky není tak značný, aby se potenciální rozdíl udržoval na stálé hodnotě. To se vskutku projevuje při osvětlení fotočláneku. Vždyť je všeobecně známo, že proud, který propouští vakuový emisní fotočlánek má poměrně mizivé hodnoty, řádově několika mikroampér. To tedy znamená, že proudy protékající vnějším okruhem uchylovacích deštiček, při kterých světelná stopa se pohybuje v rozmezí stínítko katodové trubice, jsou proudy o hodnotě několika mikroampér.

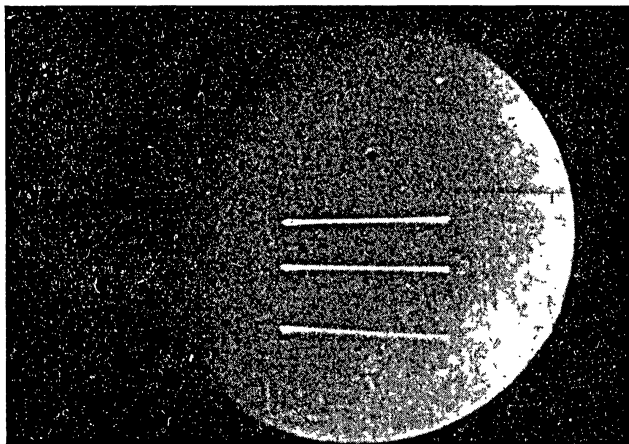
O velikosti těchto proudů se můžeme přesvědčiti z pokusů, při kterých nabíjíme zdrojem známého napětí kondensátor přes veliký odpor. Katodová trubice bude při těchto pokusech fungovati i jako voltmetr i jako mikroampérmetr.



Obr. 5.

Zapojení provedeme podle obr. 5. V něm zapojíme k uchylo-

vacím deštičkám kondensátor o kapacitě 0,5 MF. Kondensátor budeme nabíjeti ze suché baterie *Ba* o napětí asi 82 voltů přes veliký odpor 5 megohmů. Napětí baterie měříme voltmetrem. Postup měření bude tento: Nejprve odpojíme baterii. Zaznamenáme si na stinítku rovnovážnou polohu světelného indexu, která jest asi uprostřed stinítka (obr. 6). Potom spojíme odpor 5 megohmů na krátko a dáme na polepy kondensátoru nějaké napětí na př. 31,5 voltů. Zaznamenáme si polohu světelného indexu. Potom dáme na kondensátor nějaké větší napětí na př. 82 voltů. Při něm



Obr. 6.

bude světelný index až na spodním kraji stinítka. (Obr. 6.) Tím jsme si provedli potřebnou kalibraci voltovou. Potom zapojíme odpor 5 megohmů a připojíme napětí 82 voltů. Zjistíme, že index běží z nulové polohy dolů pohybem nejprve přibližně rovnoměrným, ke konci pak zpomaleným. Než nabude index spodní polohy, uplyne několik vteřin. Chceme-li pokus opakovati, vybijeme kondensátor krátkým spojením vypínače, jenž je k polepům připojen. Vidíme, že nabíjení kondensátoru trvá určitou dobu a děje se podle křivky (exponenciální) naznačené na obr. 7.

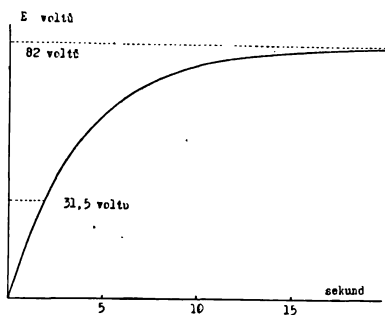
Po této přípravě provedeme snadno vlastní měření. Kondensátor spojíme na chvíli na krátko. Potom krátké spojení rozpojíme a současně stiskneme stopky. Světelný index běží dolů. Jakmile přijde na přímku, jež je označena 31,5 voltu, stiskneme stopky po druhé. Tím jsme změřili čas, jehož je potřebí k tomu, aby se kondensátor nabil přes odpor 5 megohmů na 31,5 voltu. Nalezený čas jest 1,87 sek.

Pro uvedené děje platí

$$E \text{ voltů} = \frac{Q \text{ coulombů}}{C \text{ faradů.}}$$

Dosadíme-li tedy $E = 31,5$ voltů, $C = 0,000\ 0005$ faradu, vypočítáme $Q = 0,000\ 01575$ coulombů. Toto množství nabilo kondensátor za 1,87 sek. Za 1 sekundu prošlo tedy do kondensátoru 0,000 0084 coulombů. Průměrný proud, který kondensátor nabíjel měl tedy intenzitu 0,000 0084 ampérů čili 8,4 mikroampéru. Tento výpočet nám udává jenom řádovou velikost proudu, neboť proud na začátku děje má největší intenzitu a ta potom klesá rychle podle křivky exponenciální k hodnotě nulové. Ve skutečnosti v době 1,87 sekund po připojení baterie protékal proudokruhem proud pouze 0,000 0063 ampér.

Všeobecně platí, že pohyb indexu na stínítku katodové trubice je znamením, že vnějším kruhem protéká velmi slabý elektrický proud. Rychlejší pohyb indexu odpovídá proudu většímu a naopak.



Obr. 7.

Podobně, jako jsme zkoušeli nabíjení kondensátoru přes veliký odpor, můžeme zkoušet také jeho vybíjení přes veliký odpor a provádět celou řadu měrných úloh, jako měření kapacit a měření velikých odporů.

Závěr: Katodová trubice má svůj význam netoliko pro studium rychle proměnlivých dějů elektrických, ale dovoluje předvádění fyzikálních experimentů, které dříve byly těžko proveditelné. Je to zejména studium různých otázek elektrostatických. Provádění podobných pokusů přinese kromě toho i ten užitek, že nám dovolí vniknouti do mechanismu, podle kterého katodová trubice pracuje. Lze plným právem očekávat, že katodová trubice stane se v brzku hlavním inventárním číslem každého středoškolského kabinetu.

Nahoře uvedené pokusy provedeny byly s vakuovou katodovou trubicí PHILIPS 3957.