

Ohřev vodiče průchodem proudu

VÁCLAV PISKÁČ

Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno

Anotace: Příspěvek je zaměřen na demonstrační experimenty využívající nebo demonstrující ohřev různých vodičů při průchodu elektrického proudu.

Pečené jablko

Chcete-li uvést učivo o účincích elektrického proudu nezapomenutelným experimentem, připravte si jablko, plastovou misku, dva dlouhé vodiče s banánky (plné plastové banánky bez vyčnívajících šroubků nebo zdířek), dva silné hřebíky a dvě krokosvorky.

POZOR - k experimentu je nutné použít síťové napájení, pracujte s nejvyšší opatrností!!!

Jablko položte na misku a zarazte do něj hřebíky. **POZOR** - nesmí se uvnitř jablka dotýkat! Na vyčnívající konce hřebíků přichytněte pomocí krokosvorek vodiče. Jako poslední zapojte vodiče do zásuvky. Chvilí se nic neděje. Pak v jablku začne mírně hučet a kolem hřebíků začne proudit ven pára. Jablko uvnitř vaří a pára z něj tryská tak dlouho, až se voda vyvaří. Poté začne uvnitř proud vést obloukem - v zešeřelé místnosti je vidět, že jablko svítí. Při vypínání musíte jako první vytáhnout oba vodiče ze zásuvky.

Pro pokusy, ve kterých se zapojuje síťové napájení pomocí banánkových vodičů, je z hlediska bezpečnosti vhodné použít falešný adaptér. Vyrobite jej z plastové elektrikářské krabičky nebo z krabičky vyřazeného skutečného adaptéru. Do krabičky osadíte dvě zdířky a vyvedete z ní síťovou napájecí šňůru. Ve skutečnosti jsou tedy zdířky přímo připojeny na 230 V, o tom ale studenti nic neví a nenapadne je strkat banánky do zásuvky. Obvod zapojíte a do chodu jej uvedete zasunutím zástrčky do síťové zásuvky. Stejně tak obvod vypnete vytáhnutím ze zásuvky. Je to mnohem bezpečnější než operovat s banánky přímo v zásuvce.

Pálení pružinek a tužek

Pro demonstraci ohřevu vodiče průchodem proudu je vhodné použít vodič, který se nažhaví natolik, že svítí. Potřebujeme k tomu 12 V zdroj, který je schopen dodávat proud cca 8 A, a napájecí vodiče s krokosvorkami. Pokusy provádíme nad nehořlavou podložkou (alespoň alobal).

Jako kovový vodič se nejlépe osvědčily pružinky z průřepu nebo jim podobné. Místo pružinek lze použít ocelovou strunu. Uchytíme oba konce pru-

žinky do krokosvorek a zapojíme na zdroj. V ideálním případě se pružinka rozsvítí. Pokud se pouze zahřeje, posuňte jednu z krokosvorek blíže ke středu pružinky (poté co vychladne). Je-li pružinka příliš krátká, ihned se přepálí a z jejich konců odprskávají žhavé kousky jako z prskavky.

Podobně lze použít i tuha z tužky. POZOR - grafit se chová jako polovodič, jeho odpor s rostoucí teplotou klesá. Ze začátku se tuha tváří, jako by jí proud neprocházel. Až postupně s tím, jak se zahřívá a klesá její odpor, začíná žhnout. Jestliže se tuha jen zahřeje, přiblížte krokosvorky k sobě. Pokud máte dostatečně silný zdroj, tak se tuha po chvíli rozžhaví do žlutého jasu.

Při použití 24 V zdroje můžete do obvodu zapojit i tužku ořezanou na obou koncích. Dřevěný obal tužky je zahříván tuhou, pálí se lak a dřevo postupně uhořelí.

Máte-li k dispozici demonstrační ampérmetr s rozsahem alespoň 10 A, můžete předvést teplotní závislost obou typů vodičů. Poté, co se nažhaví, na ně začnete foukat - ochladíte je. Pružinkou při ochlazení teče větší proud než předtím, proud ochlazenou tuhou naopak poklesne.

Dvojice žárovek [1]

Pro tento demonstrační experiment jsou nutné dvě shodné žárovky, nejlépe se osvědčily žárovky 24 V/25 W, které se používají pro osvětlení výtahů. Jsou napájené ze 12 V zdroje - viditelně svítí, ale neoslňují. Žárovky jsou propojeny sériově, k propojovacímu vodiči je připojena zdířka navíc.

Nejprve připojíme žárovky na zdroj sériově - obě mírně svítí. Poté na zdroj připojíme jen jednu žárovku - svítí mnohem silněji.

Následující operaci musí demonstrátor provést co nerychleji - přemístí napájení ze střední zdířky na krajní zdířku. Namísto toho, aby se rozsvítily obě žárovky stejně, začne svítit jenom ta, která byla předtím zapojena a druhá ne-svítí vůbec. Do "normálního" stavu, kdy obě svítí slabě, se žárovky dostanou až po několika sekundách.

Pokus doporučuji opakovat, přepnutí žárovek třída odpočítává "3-2-1-tesť".

Příčinou tohoto jevu jsou rozdílné teploty vláken žárovek. Žárovka, která těsně předtím svítila, má vlákno ještě pořádku ohřáté. Díky tomu má větší odpor než žárovka s chladným vláknem, ze začátku je na ní větší napětí než na chladné žárovce. Až po chvíli se jejich teploty a díky tomu i odpory vyrovnají.

Po této demonstraci může následovat měření odporu vlákna. Při použití ohmmetru je vlákno zatěžováno jen velmi malým proudem, který ovlivňuje teplotu vlákna jen minimálně. Odpor studeného vlákna je 2 Ω , odpor vlákna žárovka těsně po vypnutí je 5 Ω . Teplotu vlákna můžeme odhadnout na základě

známého vzorce $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \Delta t)$, kde $\alpha = 0,0044 \text{ K}^{-1}$ pro wolfram (předpokládaný materiál vlákna). Vychází $340 \text{ }^\circ\text{C}$.

Žárovkou při provozním napětí 24 V protéká proud 1 A . Odpor vlákna je tedy $24 \text{ } \Omega$, což odpovídá teplotě $2\,520 \text{ }^\circ\text{C}$, což odpovídá údajům udávaným výrobcí žárovek (např. [2]).

Topná spirála

K pokusu je nutná topná spirála z rychlovarné konvice, např. $230 \text{ V}/2\,100 \text{ W}$. Spirálu připojíme na zdroj 24 V . Pokusíme se najít dobrovolníka, který by byl ochoten spirálu podržet v ruce (po předchozím upozornění na příkon spirály nebude snadné ho najít). Spirála kupodivu jen mírně hřeje.

Při rychlém vysvětlování zanedbáme změny odporu s teplotou. Napětí na spirále kleslo cca desetkrát. Obdobně klesl i proud. Příkon je $P = UI$, proto klesl stokrát na hodnotu 21 W .

(Podrobnější úvaha musí vycházet z toho, že $P = U^2/R$, napětí klesne desetkrát, ale odpor díky snížení teploty klesá také, proto je výsledný příkon větší než 21 W).

Tavná pojistka

Sestavíme obvod z 12 V žárovky, 12 V zdroje a vypínače. Součástí spojovacích vodičů je krátká ocelová struna (pod ní doporučuji položit nehořlavou podložku - např. allobal). Zapneme obvod - žárovka svítí. Pomocí nůžek nebo jiného kovového předmětu zkratujeme po předchozím upozornění žárovku - proud v obvodu prudce naroste a ocelová struna se přepálí.

Poznámka na závěr

Fotografie a videozáběry doplňující text příspěvku naleznete na stránkách autora <http://fyzweb.cuni.cz/piskac> v sekci *Pokusy*.

Literatura

- [1] Piskac V.: *Light bulbs take a while to get going*. Physics Education, January 2006.
- [2] http://www.bulbs.com/lightingguide/tech_i_history.asp
(citováno 21.8.2006)