

## Úloha VII.2 ... Pomalé elektrony

6 bodů; (chybí statistiky)

Typická rychlost, kterou se elektrony pohybují vodičem (a tvoří tak elektrický proud) je menší než 1 mm/s. Jak je tedy možné, že žárovka ve středu místnosti se rozsvítí téměř ihned po sepnutí vypínače na zdi? Umíme prodlevu mezi sepnutím obvodu a rozsvícením žárovky pozorovat?

Rychlost elektronů ve vodiči lze vypočítat poměrně jednoduše. Z výkonu žárovky (typicky  $P = 60$  W) a z napětí v elektrické síti ( $U = 230$  V) lze dopočíst proud, který žárovkou musí téct. Uvědomíme-li si, že proud ve vodičích odpovídá posunu elektronů – nositelů elektrického náboje, proud  $I$  lze také zapsat jako součin

$$I = Nev,$$

kde  $N$  je počet elektronů (vztážen na jednotku délky), jenž se ve vodiči pohybuje,  $e$  je elektrický náboj jednoho elektronu<sup>1</sup> a  $v$  je rychlost elektronů ve vodiči.

Dosadíme-li do výše uvedeného vztahu hodnoty typické pro nejčastější rozvodní kabely z mědi ( $N = 2,7 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-1}$ )<sup>2</sup> a typickou žárovku, dostaneme rychlost elektronů pouze

$$v = \frac{P}{U Ne} = \frac{60 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 2,7 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \doteq 0,006 \text{ mm/s}.$$

Nicméně, takto spočtená rychlost neodpovídá rychlosti šíření elektrických signálů. Elektrony totiž mezi sebou silově působí (tzv. elektromagnetickými silami). Takže těsně po sepnutí spínače na zdi začnou na uzavřený elektrický obvod reagovat elektrony v blízkosti spínače. Prostřednictvím silového působení se však informace o sepnutí obvodu začne šířit velkou rychlostí<sup>3</sup> k elektronům v žárovce. Tyto elektrony pak žárovku rozsvítí, a to téměř okamžitě po sepnutí spínače.

Někdy však mezi sepnutím spínače a rozsvícením žárovky můžeme pozorovat krátkou prodlevu. To ovšem není dáno prodlevou v šíření signálu, ale téměř výlučně tím, že vlákno žárovky se musí nejdříve rozžhavit protékajícím proudem na dostatečně vysokou teplotu, aby začalo svítit (v případě modernějších úsporných zářivek pozorujeme podobnou prodlevu, ale její vysvětlení je komplikovanější).

Abyste toho nebylo málo, drtivá většina žárovek v domácnosti je napájena střídavým proudem, kdy se elektrony ve vodiči pohybují rychle tam a zpátky. Pomocí silového působení mezi elektrony je i tak zabezpečen přenos elektrické energie a správné fungování žárovek.

*Patrik Švančara*

pato@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

<sup>1</sup>Elektrický náboj elektronu ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C) je velice malý.

<sup>2</sup>Uvažujeme kabel s poloměrem 1 mm.

<sup>3</sup>Teoreticky je tato rychlost rovna rychlosti světla, tzn. 300 000 km/s.