

## **Žárovka v projektové výuce**

*VERONIKA BURDOVÁ, JIŘÍ TESAŘ, VLADIMÍR VOCHOZKA, VÍT BEDNÁŘ*

Pedagogická fakulta JU, České Budějovice

### **Abstrakt**

V současné době prochází osvětlovací technika bouřlivým vývojem. Na tento vývoj musí zareagovat i samotná výuka fyziky. Příspěvek podává námět na projektovou výuku z fyziky. Ta se zabývá světelnými zdroji od jejich historie, přes jejich světelnou účinnost až po jejich spektrální složení. Součástí příspěvku je i ukázka měřícího zařízení a zpětná vazba z výuky.

### **1. Úvod**

V dnešní době je oblast osvětlovací techniky velmi diskutovaným tématem. Obvyčejné žárovky jsou nahrazovány žárovkami úspornými a LED žárovkami. Zákaz obvyčejných žárovek ze strany Evropské Unie vyvolal velkou polemiku. V tomto článku se podíváme na světelné zdroje z několika hledisek. V první části popíšeme historii žárovky, ta je velmi zajímavým tématem sama o sobě. V druhé části se podíváme na porovnání účinnosti žárovek, jež je hlavním argumentem EU k zákazu klasických žárovek a ve třetí části se zaměříme na spektrální složení světelných zdrojů.

### **2. Historie žárovky**

Zeptáme-li se studentů, kdo vynalezl žárovku, všichni odpovědí Thomas Alva Edison. Podíváme-li se ale do historie fyziky a techniky, zjistíme, že to tak jednoznačné už není. Podle historiků byl Edison ten, kdo uměl svůj objev prodat, a proto se v učebnicích píše většinou jen o něm. Do 19. století se svítilo něčím, co hořelo, tj. vydávalo světlo. V druhé polovině tohoto století dochází k zavádění svítivplynu do domácností – toto zařízení však představovalo vysoké riziko požáru a nedokázalo osvětlit velké prostory.

Mnoho vynálezců a fyziků se začíná zajímat o elektrické světlo. Předchůdcem skleněné baňky se stává oblouková lampa – trvalá „elektrická jiskra“ svítila na konci dvou uhlíkových tyčí. Uhlíkové lampy zdokonalil český vynálezce František Křížík, který dokázal jejich délku svícení 12krát prodloužit. Za tuto úpravu dostal zlatou medaili na světové výstavě v Paříži. Na této výstavě se ale

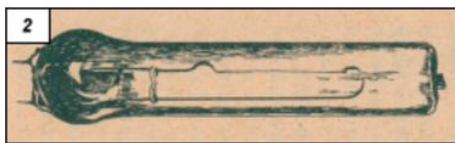
zároveň objevuje nový druh elektrického světla, který bude pro běžné užití mnohem výhodnější, a to je skleněná baňka. [1]

Za vynálezem žárovky stojí mnoho fyziků a vynálezců, my si všimneme tří z nich, kromě zmíněného Edisona to bude Sir Humphry Davy. Ten podle mnohých pramenů jako první rozsvítil elektrické světlo. Měl v roce 1802 k dispozici nejsilnější baterii své doby, ta zabírala několik místností. Elektrickou energii v ní akumulovanou použil pro experiment, který vešel do dějin jako (zřejmě) první elektrická svítidla na principu dnešní žárovky. Namísto uhlíkového vlákna použil proužek z platiny – to kvůli její vysoké teplotě tání. Nevýhodou byla kromě malého výkonu také nízká svítivost a vysoká cena. [2]

Na jeho experimenty navázali další vynálezci Joseph Wilson Swan a Thomas Alva Edison, oba dva začali vyvíjet elektrickou baňku, která by vydržela svítit dlouho a byla cenově dostupná. Při ohřívání vlákna průchodem elektrického proudu roste jeho teplota i odpor a vlákno žhne. Otázka, kterou museli Edison i Swan vyřešit, zněla: Z čeho vyrobit vlákno, aby dostatečně svítilo a vydrželo svítit dlouhou dobu?

Swan i Edisonův tým přichází s převratnou myšlenkou využití vakua uvnitř baňky, vlákno by pak neshořelo tak rychle. Jako vlákno testovali různé materiály od hedvábí přes pergamen až po korek. Edison dokonce zkoušel i vousy svých techniků. Nakonec Edison použil bambusové vlákno a Swan upravenou hedvábnou nit.

Na závěr historie zmíníme ještě jednoho vynálezce, který stál u zrodu žárovky. Heinrich Göbel, ten do své žárovky ulomil kousek bambusu ze své vycházkové hole a zatavil ho do flakonu od voňavky, vývěvou vysál přebytečný vzduch. Jeho žárovka v roce 1854 svítila 220 hodin, což na tuto dobu byl zážrak, jenž předčil i Edisona. [3]



Obr. 1 Göbelovo uhlíkové vlákno zatavené do flakonu od parfému

### 3. Měření účinnosti žárovky

V experimentální části projektu se studenti mohou zabývat dvěma parametry světelných zdrojů. Tím prvním je světelná účinnost a druhým pak spektrální složení vydávaného světla. Světelná účinnost je hlavním argumentem zákazu klasických žárovek. Světelné zdroje vyzařují elektromagnetické záření, které

může vystupovat ze zdroje všemi směry. Výkon přenášený zářením se nazývá tok záření  $\Phi_e$ . Naše oko nedokáže vnímat celý tok záření. Vnímá jen tu část, na kterou je citlivé. Tuto část nazýváme světelným tokem  $\Phi$ , jeho jednotkou je v soustavě SI lumen. Poměr světelného toku k toku záření  $\Phi_e$ , procházejícím stejnou plochou, je světelná účinnost záření, přičemž  $K$  má nenulové hodnoty pro viditelný rozsah záření.

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e}$$

Pro určení světelné účinnosti můžeme využít fotometrický vyzařovací diagram světelného zdroje. Ten získáme tak, že vyneseme velikosti směrové svítivosti pro jednotlivé úhly z jednoho středu do grafu. Z plochy ohraničené fotometrickou křivkou získáme sférickou svítivost podle vztahu

$$I = \sqrt{\frac{S}{\pi}},$$

kde  $S$  je plocha ohraničená fotometrickou křivkou. K určení plochy můžeme použít milimetrový papír, případně využít známé vztahy pro výpočet ploch trojúhelníka při zpracování v MS Excel. Světelný tok určíme pomocí vztahu

$$\Phi = 4\pi I$$

a hledanou světelnou účinnost pomocí vztahu

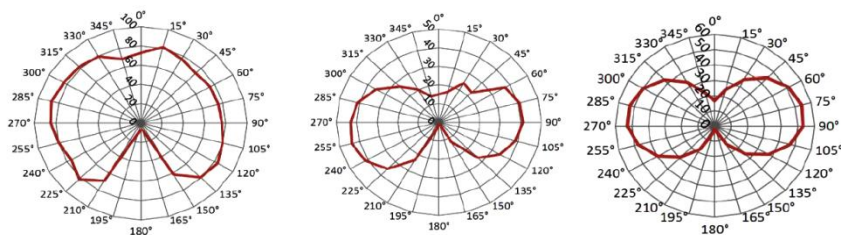
$$K = \frac{\Phi}{P},$$

kde  $P$  je příkon žárovky ve wattech. Svítivost určíme ze známého vztahu po změření osvětlení pomocí luxmetru a vzdálenosti světelného zdroje od luxmetru. Měření provádíme na optické lavici při konstantní vzdálenosti na zařízení, které umožňuje otáčet žárovkou (obr. 2).



Obr. 2 Měřicí souprava – detail otočného systému

Následující obr. 3 ukazuje tvar vyzařovacích diagramů pro různé druhy v současnosti nejčastěji používaných žárovek.



Obr. 3 Vyzařovací diagramy klasická žárovka 75 W, LED žárovka 4 W, kompaktní žárovka 11 W

Z mnoha měření vycházejí následující hodnoty světelné účinnosti žárovek:

|                  |             |
|------------------|-------------|
| Klasické žárovky | 10–14 Lm/W  |
| Úsporné žárovky  | 30–48 Lm/W  |
| LED žárovky      | 80–110 Lm/W |

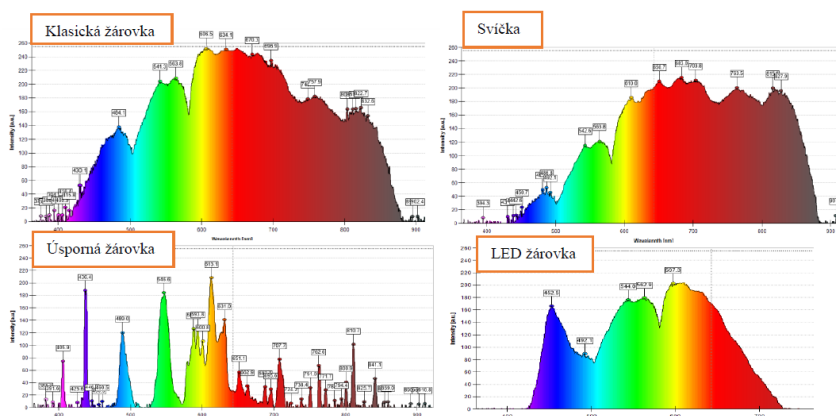
#### 4. Měření spektrálního složení světelných zdrojů

Světlo od každé z výše uvedených žárovek vnímáme odlišně, je to způsobeno tím, že každá vyzařuje světlo, které má odlišné spektrální složení. Ke kvalitativnímu porovnání spekter různých světelných zdrojů můžeme použít např. spektrometr SPECTRA-1 [4], nebo soupravu pro on-line měření např. Vernier [5]. Pro jednoduché měření bylo na našem pracovišti sestaveno zařízení, které umožňuje rychlé proměření spektra různých světelných zdrojů obr. 4).



Obr. 4 Měření spekter světelných zdrojů

Obr. 5 ukazuje spektrální složení světla žárovek, u kterých byla proměřena i jejich světelná účinnost. Je zřejmé, že klasická žárovka má téměř rovnoměrné rozložení v celé viditelné oblasti spektra, podobně jako plamen svíčky. Úsporná žárovka vykazuje výrazné maxima u vlnových délek, které odpovídají spektru rtuťové výbojky, neboť úsporná žárovka je vlastně tvarově upravená rtuťová výbojka. LED žárovky se vyrábějí ve dvojím provedení „teplá“ a „studená“. Jejich spektrum je podobně jako u klasické žárovky víceméně rovnoměrné, liší se intenzitou ve fialové, resp. v červené oblasti spektra podle toho, o jaký typ LED žárovky se jedná. Na spektrogramu je vidět, že oproti klasické žárovce nevyzařuje v infračervené oblasti spektra.



Obr. 5 Spektra různých světelných zdrojů

## 5. Zpětná vazba z výuky

Tato projektová výuka byla realizována na Gymnáziu Pierra Coubertina v Táboře. Z ohlasů studentů lze odvodit, že takto pojatý projekt je pro ně „smysluplný“, protože se zabývá praktickou fyzikální aplikací z běžného života. Z hlediska fyzikálního bylo pro studenty největším překvapením spektrální složení LED žárovek a souvislost úsporných žárovek se rtuťovou výbojkou. Z hlediska společenského tento projekt vyvolal neformální diskusi o nařízení EU. Z hlediska mezipředmětových vztahů k biologii vyvstala polemika o vlivu jednotlivých světelných zdrojů na lidský zrak, jeho únavu a vnímání barev.

## 6. Závěr

V článku jsou nastíněny možnosti využití projektové výuky zaměřené za světelné zdroje. Tento projekt byl navržen na katedře aplikované fyziky a techniky Pedagogické fakulty JU České Budějovice a realizován na gymnáziu v Táboře a v modifikované podobě byl prováděn na různých propagačních akcích, zaměřených na fyzikální problematiku. Hodnoty naměřené při řešení projektu odpovídají obecným zkušenostem a ukazují, že studenti měřili s dostatečnou přesností.

Největší předností projektové výuky je její atraktivnost z hlediska motivace studentů k výuce fyziky jako takové. Na rozdíl od klasické výuky a klasických fyzikálních praktik realizují studenti tento projekt s větším zájmem a zaujetím, přemýšlí o dané problematice a navrhuji vlastní řešení. Vzhledem k jednoduchosti použitých měřicích přístrojů a nenáročnému zpracování je možné tento projekt využít i na dalších středních školách.

## Literatura

- [1] František Křižík. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Franti%C5%A1ek\\_K%C5%99i%C5%BE%C3%ADk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Franti%C5%A1ek_K%C5%99i%C5%BE%C3%ADk)
- [2] Co bylo, než se rozsvítila první žárovka. Hledá se nástupce. *Technet* [online]. Praha: MAFRA, 2007 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: [http://technet.idnes.cz/co-bylo-nez-se-rozsvitila-prvni-zarovka-hleda-se-nastupce-pmu-/tec-technika.aspx?c=A070622\\_160523\\_tec-technika\\_pka](http://technet.idnes.cz/co-bylo-nez-se-rozsvitila-prvni-zarovka-hleda-se-nastupce-pmu-/tec-technika.aspx?c=A070622_160523_tec-technika_pka)
- [3] Cesta žárovky historií: Strípky světla zapomenutého prvenství. *Světlo: Ša-sopis pro světlo a osvětlování* [online]. Praha: FCC PUBLIC, 2005 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/cesta-zarovky-historii--16441>
- [4] Spektrometr SPECTRA 1. *SKOLAMARKET E-SHOP* [online]. Háj ve Slezsku: SKOLAMARKET E-SHOP, 2017 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <https://www.skolamarket.cz/Spektrometr-SPECTRA-1-d435.htm>
- [5] Vernier Spectrometer. *Vernier CZ: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů* [online]. Praha: Edufor s. r. o., 2017 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/v-spec/>
- [6] STACH, Vojtěch a TESARŠ, Jiří. *Fyzikální praktikum III*. České Budějovice, 1979.

- [7] Světelná účinnost zdrojů světla (žárovky, kompaktní zářivky, výbojky a dalších): Žárovka, úsporná žárovka a jiné zdroje z pohledu množství světla. *Stavebnictví 3000* [online]. Hradec Králové: Vega, 2008 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla/>
- [8] BAČÁKOVÁ, Martina. *Světelné zdroje a jejich účinnost* [online]. České Budějovice, 2017 [cit. 2017-07-11]. Dostupné z: <http://theses.cz/id/r035i8/> Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce doc. PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D.
- [9] BEDNÁŘ, Vít, VOCHOZKA, Vladimír a TESAŘ, Jiří. *Jsou všechny žárovky stejné?* In: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 19: Sborník z konference* (ed.: V. Vochozka, V. Bednář, O. Kéhar, M. Randa). Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 92-96. ISBN: 978-80-261-0439-1