

Jsou všechny žárovky stejné?

VÍT BEDNÁŘ¹, VLADIMÍR VOCHOZKA¹, JIŘÍ TESAŘ²,

¹Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita, Plzeň

²Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice

Abstrakt

Článek se zabývá základními principy běžných žárovek, které se používají v domácnostech (klasické žárovky, úsporné žárovky a LED žárovky). Prezentuje měření porovnávající jejich směrové fotometrické vyzařovací diagramy a světelné účinnosti daných žárovek. Tato měření lze zařadit do fyzikálního praktika na vyšších stupních škol.

Úvod

Žárovka je jeden z nejběžnějších zařízení přeměňující elektrickou energii na světelnou. Pro život v dnešní době je téměř nepostradatelná, její používání a využití se stalo zcela běžným. V současné době je na trhu nepřehledné množství žárovek. Na každé žárovce lze najít její základní parametry, jakými jsou například příkon, udávaná délka životnosti, či použitá technologie. Podle těchto parametrů se můžeme rozhodovat při výběru dané žárovky.

Tyto parametry ale nejsou jediné, které u žárovky lze najít. Na základě použité technologie můžeme zkoumat i jejich další vlastnosti. Mezi ně lze zařadit směrový fotometrický vyzařovací diagram žárovky a následně i určení světelné účinnosti zdroje. Právě na detailnější popis těchto dvou zmiňovaných vlastností je zaměřen tento článek.

Směrový fotometrický vyzařovací diagram světelného zdroje

Jedno z nejběžnějších měření, které se v oblasti fotometrie provádí, je měření velikosti osvětlení E na fotocitlivý prvek (luxmetr). Z teorie víme, že v případě bodového zdroje o svítivosti I a paprsků dopadajících pod úhlem α k normále plochy, můžeme velikost osvětlení počítat podle vztahu:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha \quad (1)$$

Velikost osvětlení je tedy nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti osvětlené plochy od zdroje světla a je tím slabší, čímž šikměji dopadají paprsky na fotocitlivý prvek. Pokud jsou světelný zdroj a luxmetr ve stejné výšce a paprsky tedy dopadají kolmo na luxmetr, pro velikost svítivosti pak platí vztah,

$$I = E \cdot r^2 \quad (2)$$

Svítivost I udává prostorovou hustotu světelného toku bodového světelného zdroje v různých směrech. Pomocí světelného toku Φ pak získáme informaci o celkovém množství světelné energie od světelného zdroje [1].

Svítivost je směrově závislá veličina. Pokud bychom zaznamenávali velikosti osvětlení, resp. směrové svítivosti pro konkrétní úhly, pod kterými měříme dané hodnoty do grafu a tyto hodnoty bychom následně spojili, dostali bychom směrový fotometrický vyzařovací diagram světelného zdroje. Konstrukce takového diagramu by ale musela být prováděna ve sférických souřadnicích a graf by byl trojrozměrný. Vzhledem ke složitosti konstrukce takového grafu tato úloha nenašla větší zastoupení ve fyzikálním praktiku na nižších stupních škol.

U světelných zdrojů, které mají přibližně tvar rotačního tělesa podle jedné osy, je konstrukce vyzařovacího diagramu značně jednodušší. Pokud bychom chtěli získat vyzařovací diagram, postačí, pokud provedeme konstrukci jednoho řezu fotometrickým tělesem v rovině vedené osou rotační symetrie. Již při tomto měření získáme dostatečný přehled o rozdělení svítivosti daného světelného zdroje. Žárovky lze obecně považovat za tělesa, která mají tvar rotačního tělesa podle jedné osy [2].

Světelná účinnost žárovky

Pokud známe hodnoty svítivosti I pro jednotlivé úhly natočení žárovky vzhledem k luxmetru, můžeme vypočítat průměrnou sférickou svítivost I_s z plochy vyzařovacího diagramu podle vztahu:

$$I_s = \sqrt{\frac{P}{\pi}} \quad (3)$$

kde P je plocha vyzařovacího diagramu, která se při úhlu otočení o 30° přibližně rovná součtu ploch všech 12 trojúhelníků vyzařovacího diagramu,

$$P = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{12} I_i \cdot I_{i+1} \quad (4)$$

Pokud známe průměrnou sférickou svítivost I_s pro daný světelný zdroj, můžeme vypočítat hodnotu světelného toku Φ zdroje podle vztahu,

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot I_s \quad (5)$$

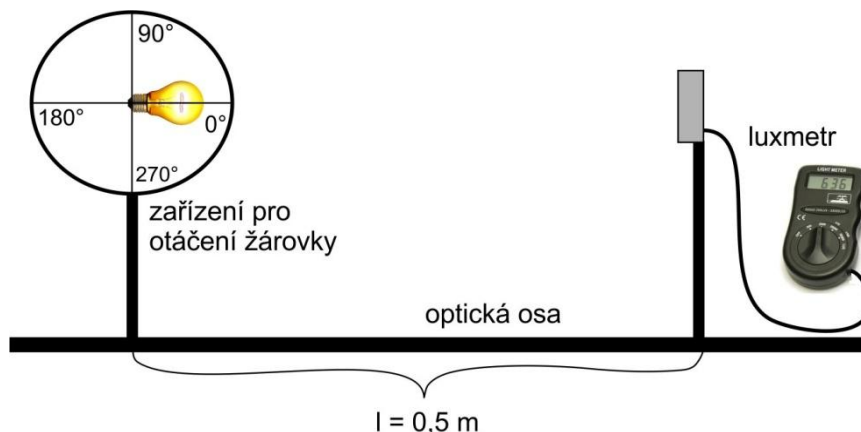
a určit světelnou účinnost zdroje podle vztahu,

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_p} \quad (6)$$

kde Φ_p je rovno příkonu žárovky ve wattech. Tento údaj najdeme nejen na každém obalu od žárovky, ale často i na patici žárovky.

Směrový fotometrický vyzařovací diagram žárovky ve fyzikálním praktiku

Pro konstrukci takového diagramu potřebujeme optickou lavici, na kterou do zvolené vzdálenosti, např. $l = 0,5$ m umístíme na opačné strany luxmetr pro zaznamenávání hodnot osvětlení, resp. svítivosti a otáčivé zařízení, pomocí něhož lze žárovku natáčet ve stejné rovině, jako je luxmetr a pod určenými úhly, viz obr. č. 1. Veškeré měření probíhá v prostoru, kde je vyloučeno okolní osvětlení.



Obr. č. 1 Schéma zapojení pro získávání hodnot osvětlení pro příslušný úhel natočení

Postupně otáčíme žárovkou o 30° v rovině optické lavice a odečteme hodnotu osvětlení potřebnou k výpočtu směrové svítivosti k danému úhlu. Výsledkem je pak tabulka naměřených hodnot osvětlení a příslušné směrové svítivosti.

V programu MS Excel zvolíme z nabízených druhů grafů tzv. paprskový graf, pomocí něhož zobrazíme naměřené hodnoty a získáme směrový fotometrický vyzařovací diagram pro příslušnou žárovku.

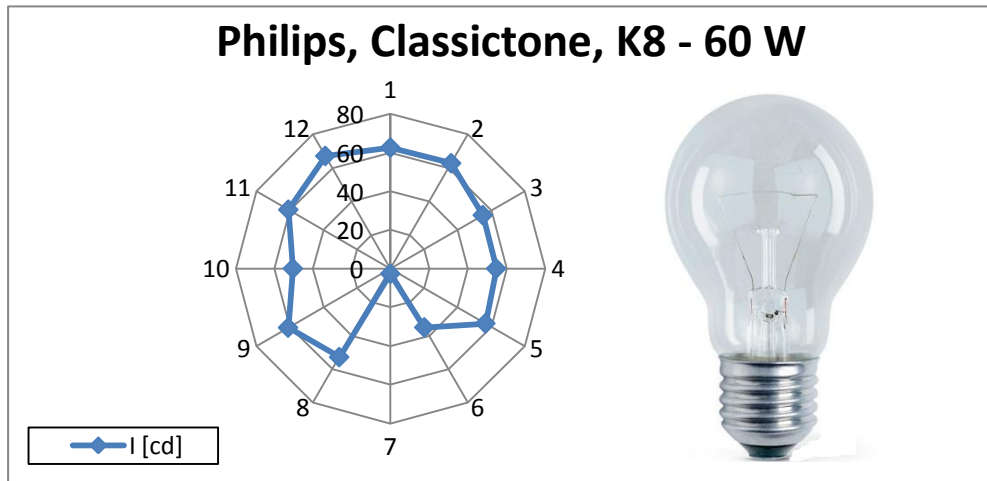
Vyzařovací diagramy, průměrná sférická svítivost, světelný tok a světelná účinnost

Pro měření bylo zvoleno pět žárovek různých druhů a parametrů.

A) Philips – Classicitone K8, 60 W

č.m.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
E_1 [lx]	236	233	209	212	238	165	9	209	232	204	241	269
E_2 [lx]	254	259	223	220	215	136	12	214	248	200	240	267
E_3 [lx]	260	262	230	224	227	120	11	211	252	200	249	270
E [lx]	250	251	221	219	227	140	11	211	244	201	243	269
I [cd]	63	63	55	55	57	35	3	53	61	50	61	67
Průměrná sférická svítivost $I_s = 52$ cd												
Světelný tok $\Phi = 649$ lm												
Světelná účinnost $K = 11$ lm/W												

Tabulka č. 1 Získané hodnoty osvětlení a směrové svítivosti

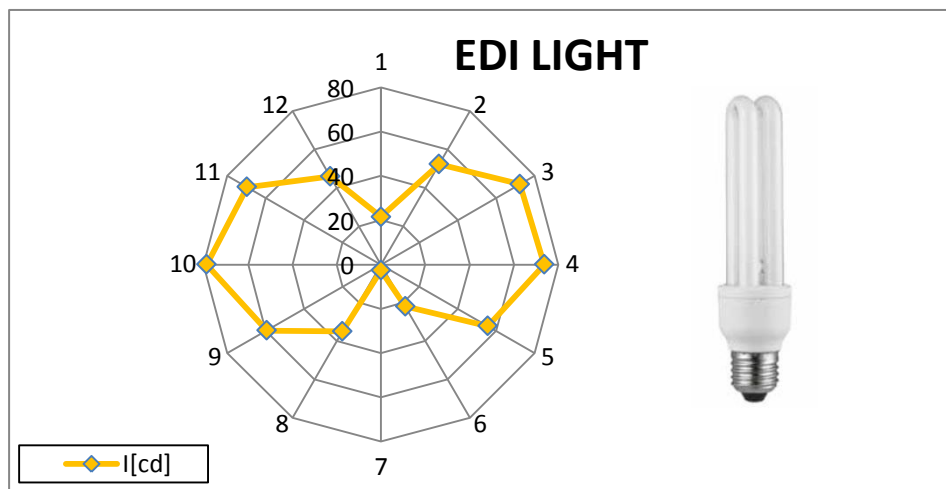


Obr. č. 2 Směrový fotometrický vyzařovací diagram

B) EDI LIGHT – úsporná žárovka, 15 W

č.m.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
E_1 [lx]	86	206	288	300	233	90	10	137	279	315	270	183
E_2 [lx]	85	208	291	296	219	97	10	136	272	310	275	175
E_3 [lx]	86	213	289	288	215	76	12	146	164	320	294	192
E [lx]	86	209	289	295	222	88	11	140	238	315	280	183
I [cd]	21	52	72	74	56	22	3	35	60	79	70	46
Průměrná sférická svítivost $I_s = 51$ cd												
Světelný tok $\Phi = 637$ lm												
Světelná účinnost $K = 42$ lm/W												

Tabulka č. 2 Získané hodnoty osvětlení a směrové svítivosti

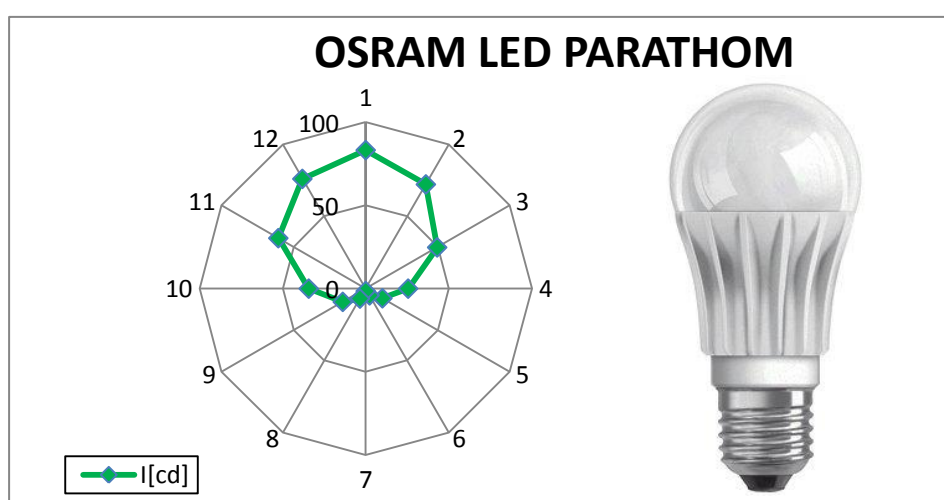


Obr. č. 3 Směrový fotometrický vyzařovací diagram

C) OSRAM LED PARATHOM, 7,5 W

č.m.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
E_1 [lx]	338	295	205	108	48	19	5	27	59	128	240	310
E_2 [lx]	335	291	195	109	43	18	6	27	65	145	247	306
E_3 [lx]	326	282	195	89	48	19	7	29	67	138	241	298
E [lx]	333	289	198	102	46	19	6	28	64	137	243	305
I [cd]	83	72	50	26	12	5	2	7	16	34	61	76
Průměrná sférická svítivost $I_s = 45$ cd												
Světelný tok $\Phi = 560$ lm												
Světelná účinnost $K = 75$ lm/W												

Tabulka č. 3 Získané hodnoty osvětlení a směrové svítivosti

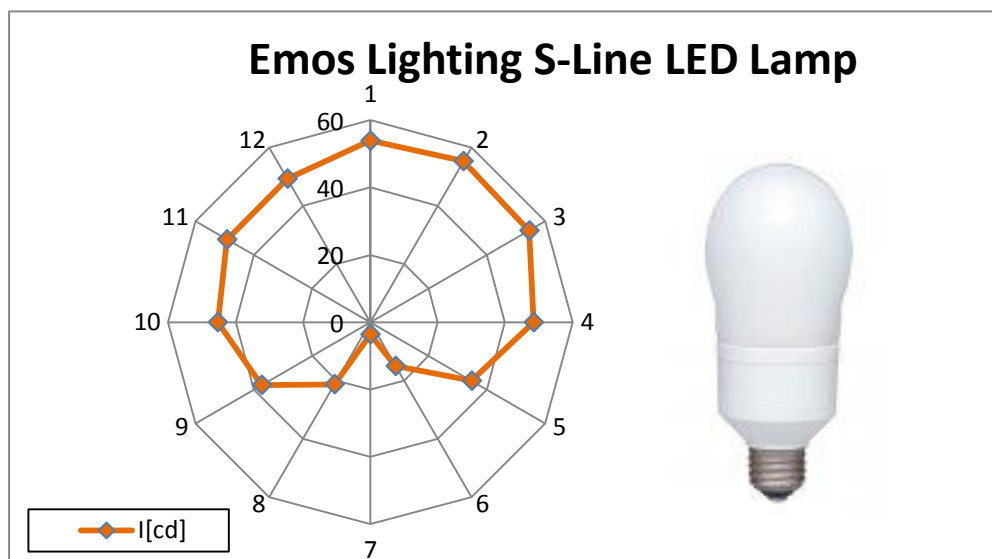


Obr. č. 4 Směrový fotometrický vyzařovací diagram

D) EMOS LIGHTING S-LINE LED LAMP A60, 11 W

č.m.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
E_1 [lx]	224	230	227	203	142	55	11	89	165	204	221	218
E_2 [lx]	218	224	222	195	143	65	17	83	155	183	200	202
E_3 [lx]	205	209	205	184	132	60	15	83	127	157	169	171
E [lx]	216	221	218	194	139	60	14	85	149	181	197	197
I [cd]	54	55	55	49	35	15	4	21	37	45	49	49
Průměrná sférická svítivost $I_s = 41$ cd												
Světelný tok $\Phi = 511$ lm												
Světelná účinnost $K = 46$ lm/W												

Tabulka č. 4 Získané hodnoty osvětlení a směrové svítivosti



Obr. č. 5 Směrový fotometrický vyzařovací diagram

Vyzařovací diagramy proměřovaných žárovek poskytují na základě změřené svítivosti informaci o rozdělení hustoty světelného toku. Podle jednotlivých grafů můžeme říci, že různé druhy žárovek mají rozdělení hustoty světelného toku odlišné. Největší rozdíl je u úsporné žárovky EDI LIGHT, obr. č. 3, o čem svědčí i zcela odlišný tvar této úsporné žárovky. Prostorové rozdělení světelného toku je zde velmi odlišné.

Závěr

Při koupi žárovky nás vždy bude zajímat, kolik množství světla dostaneme ze spotřebované elektřiny, neboli kolik „lumenů dostaneme z jednoho wattu“ příkonu elektrické energie. Klasická žárovka Philips - 60 W měla světelnou účinnost ze všech proměřovaných žárovek nejmenší, žárovka patří mezi nejstarší a v dnešní době již málo používané. Novější modely žárovek mají mnohem vyšší světelnou účinnost. Největší světelnou účinnost pak měla žárovka značky OSRAM.

Uvedená měření je možno brát jako inspiraci především pro rozšíření experimentální činnosti žáku či studentů při výuce fyziky v oblasti fotometrie. Zařízení sloužící k otáčení žárovky je konstrukčně velmi jednoduché a lze ho tak pořídit či sestavit za malý finanční obnos. Studenti se tak mohou blíže seznámit s dalšími vlastnostmi světelných zdrojů, žárovek.

Literatura

- [1] Stach, V., Tesař, J.: *Fyzikální praktikum III (Optika)*. PF JU České Budějovice, 1992.
- [2] Kupka, Z.: *Fyzikální praktikum z kmitů, vlnění a optiky*. Olomouc, 1983.