

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Ferdinand Pietsch

Pokroky v osvětlování elektrickém. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 46 (1917), No. 2-3, 266--285

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120930>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1917

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>

Pokroky v osvětlování elektrickém.

Napsal Dr. Ferd. Pietsch, profesor gymn. Vinohradského.

Před několika lety seznámil jsem čtenáře Přílohy s celým vývojem žárovky elektrické, podáv také stručný nástin výroby žárovek*). Od té doby postoupil vývoj žárového světla elektrického opět o značný krok ku předu, vynořily se nové myšlenky, směřující ku zvýšení úspornosti žárovek, a výroba dosavad užívaných žárovek se zdokonalila. Myslím proto, že přijdu vhod čtenářům, uvedu-li stručně nynější stav všeobecně užívaných žárovek t. zv. jednovatovek a promluví-li šíře o nových žárovkách, jichž užití denně vzrůstá a jež známy jsou ode dvou let pod jménem půlvatovek.

Hned v původních žárovkách uhlíkových vyčerpávan byl vzduch, jenž odstraňován přirozeně proto, aby vlákno neshořelo. Avšak vakuum poskytovalo současně i té výhody, že tepelně isolovalo vlákno od skleněných stěn žárovky. Teplo ztrácelo se z vlákna jenom sáláním, takže stěny žárovky přes vysokou teplotu vlákna (kol 1900° C) jen mírně se zahřívaly. Nepatrná část tepla odváděla se též platinovými drátky, k nimž vlákno bylo přitmeleno. Toto teplo vyzářené nebo i jinak ztracené musí se přiváděti vláknu ve formě energie elektrické. Čím větší tudíž spotřeba tepla, tím větší také spotřeba energie na svíčku připadající. Již na počátku vývoje žárovky vyskytla se myšlenka plnit žárovky plynem netečným, na př. dusíkem, místo vyčerpávání vzduchu. Než shledalo se, že se žárovka značně zahřívala, vláknu se daleko více tepla odvádělo a lampa následkem toho spotřebovala více energie elektrické a stávala se neúspornou. Upustilo se tedy od této myšlenky, a ujal se všeobecně žárovky vzduchoprázdné. Žhoucí vlákno v žárovce vydává vedle sálaného tepla také světlo. Ale obnos viditelného záření tvoří právě velmi nepatrnou část energie ve vlákne ztrávené. Měřením shledalo se, že jen asi 3%—4% energie elektrické promění se v žárovce na světlo. To jevílo se u žárovky uhlíkové také tím, že měla velkou specifickou spotřebu 3,5 W/sv. Šlo tudíž o to, aby poměr světla k přiváděné energii se zlepšil. Poměr tento se

*) Ročník 1907.

mění s teplotou vlákna, což prakticky znamená s napětím na svorkách žárovky panujícím.

Zvyšováním napětí vzrůstá proud žárovkou procházející tím roste také energie strávená a tím i teplota vlákna. Současně vzrůstá obnos světla vyzařovaného, a to rychleji než energie přiváděná. Celá řada badatelů zkoumala závislost intenzity světelné na napětí a na energii přiváděné.

U obyčejných žárovek udáváme svítivost ve svíčkách heřnerových, rozumíme střední horizontální intenzitu. Měříme totiž intenzitu v různých bodech kruhu horizontálního, berouce pak průměr pozorovaných hodnot.

Stůž zde několik hodnot dle J. Russnera*):

Napětí <i>V</i>	Intenzita <i>A</i>	Energie <i>W</i>	Střední int. horiz. <i>sv.</i>	Specifická spotřeba <i>W/sv.</i>
115	0,5	57,5	18	3,19
125	0,56	70,0	32	2,19
135	0,62	83,6	51	1,64

Zvýšíme-li tedy napětí okrouhle o 6,7%, stoupne již svítivost o 78%, následkem toho klesne specifická spotřeba o 31%.

Přesněji sledovali spojitost těchto veličin Pirani a Meyer**), kteří zjistili zejména také příslušnou teplotu vlákna, používající zákona o záření podobného zákonu Stefanovu. Uvedme hodnoty pro žárovku uhlíkovou (tab. 1), z nichž lze poznati, že čím vyšší teplotu vlákno má, tím relativně více světla vydává, čímž tedy specifická spotřeba energie klesá. Mohli bychom tedy i s uhlíkovou žárovkou svítiti úsporně třeba při spotřebě 2 *W/sv.* Avšak při vyšší teplotě nastává mocnější rozprašování uhlíku na stěny a nálet černý na skle usazený snižuje svítivost žárovky. Klesne-li původní intenzita světelná u žárovky o 20%, není již rozumné dále ji svítiti a proto se žárovky vymění raději za novou. V praxi ustálil se požadavek, aby výměna dala se průměrně po 1000—1200 hodinách. Dle tabulky 2. vidíme, jak sou-

*) E. T. Z. 1911, seš. 41.

**) E. T. Z. 1912, seš. 18.

visí užitečná doba svícení se specifickou spotřebou u žárovky uhlíkové. Klesá-li specifická spotřeba, klesá také užitečná doba svícení. Totéž lze sledovati na grafu, který si laskavý čtenář snadno sám zhotoví.

Tabulka 1.

$W/sv.$	Teplota
10,0	1737
8,0	1790
6,0	1865
4,0	1981
3,0	2076
2,0	2211
1,5	2321
1,3	2377
1,1	2448
1,0	2489
0,90	2536
0,80	2590
0,70	2655
0,60	2736

Tabulka 2.

T	η
1075	4,0
630	3,5
340	3,0
167	2,5
67	2,0
21	1,5

Dr. J. Bloch*) udává závislost $T = 4,2 \eta^4$, kdež T značí užitečnou dobu svícení v hodinách, η pak specifickou spotřebu energie ve $W/sv.$ Při úspornějším svícení, na př. 2 $W/sv.$, snížili bychom již užitečnou dobu svícení na 67 hod. Proto bylo nutno spokojiti se u uhlíkové žárovky vysokou spotřebou energie kol 3,5 $W/sv.$

Snaha naléztí materiál, jenž by vydržel vyšší teplotu při téměř rozprašování vlákna, vedla ku zavedení vláken ze vzácných kovů zhotovených. Tím vznikly postupně žárovky osmiové, tantalové a wolframové, jež dnes jsou nejrozšířenější. Dle tabulek 3. a 4. **) vidíme opět, jak závisí specifická spotřeba žárovek

*) E. T. Z. 1912, seš. 31.

**) Pirani a Meyer E. T. Z. 1912, seš. 18.

kovových, wolframových a tantalových na teplotě vlákna, a shledáváme, že teplota vlákna při normálním zatížení žárovky jest již vyšší než u vláken uhlíkových. Z toho přirozeně vyplývá lepší zužitkování energie vláknu přivedené; proto obnáší specifická spotřeba u běžných žárovek 1,1—1,2 $W/sv.$

Tabulka 3. Wolframová žárovka.

$W/sv.$	Teplota
12,0	1547
10,0	1586
8,0	1638
5,0	1754
3,0	1901
2,0	2035
1,5	2140
1,3	2194
1,2	2226
1,1	2262
1,0	2301
0,90	2346
0,80	2399
0,70	2463
0,60	2538
0,50	2632
0,40	2762
0,30	2943

Tabulka 4. Tantalová žárovka.

$W/sv.$	Teplota
10,0	1575
8,0	1625
5,0	1744
3,0	1889
2,0	2021
1,5	2125
1,4	2151
1,3	2179
1,2	2219
1,1	2244
1,0	2283
0,90	2327
0,80	2380
0,70	2441
0,60	2514
0,50	2607
0,40	2730

Mnoho starostí nadělala konstruktérům výroba vláken z wolframu, jež jinak nejlépe se osvědčuje. Vzácný kov tento jest nad míru křehký i nedařilo se dlouho zhotoviti z něho drátek nebo lépe vlákno. Po mnoha pokusech ustálil se nejvíce ten pochod, že kov rozmělnil se buď mechanickou nebo chemickou cestou (leptáním kyselinou), k němuž pak jako lepidlo přimíšen na př. celloidin, a tím zjednána plastická hmota. Z takovéto pasty se vytlačovala vlákna pomocí diamantových forem jemnými otvory opatřených, jež měla tloušťku jen několik setin milli-

metru. Lepidlo z vláken se musilo opět odstraňovati jednak vypalováním v pecích, jednak ještě ve vzduchoprázdnotě pomocí proudu vláknem probíhajícího. Takovéto formování vlákna musí býti důkladné, jinak povstává černý nálet od částíček uhlíku, ze zbytku lepidla vzniklého, a mimo to vlákno se smršťuje. Dobře formované vlákno může svítiti až 2000—3000 hodin. V novější době docílilo se konečně stálým zahříváním wolframu až k určité teplotě, že se stal tažným, i bylo možno z něho vytáhnouti millimetr silný skutečný drát. Diamantovými formami byly z něho taženy drátky tenčí než 0,05 mm.

Tím zhotoven konečně jemný ohebný drátek, jenž dle údajů výrobců vyznačuje se větší pevností než vlákna tlačená z pasty. Ale i tyto drátky se při žhavění ještě smršťují a zavěšují se tedy zúmyslně volně, aby se při smršťování nepřetrhly. I z drátku taženého vylučují se nečistoty obsažené ve wolframu a tvoří opět nálet. Drátek stává se časem také křehčím, takže mnozí tvrdí, že není pevnější vlákna tlačенého.

Výhodou nespornou jest levnější výroba drátku. Dle dnešního stavu žárovek i s drátkem i s vláknem můžeme říci, že vynikají obě značnou pevností, netrpíce již nárazy, jak tomu bylo u prvních žárovek kovových. Zdokonalení výroby žárovek mělo za následek značné zlevnění tohoto výrobku; prodávajíc se u nás žárovky jednovatovky o běžné svítivosti a normálním napětí za 1 K 20 h. Vzhledem k této stále mírnější ceně žárovky nastává otázka, nemáme-li připustiti ještě vyšší teplotu vláknem, nehledíce na zkrácení užitečné doby svícení. Pisatel tohoto pojednání užívá žárovek osramových, na něž však připíná napětí o 5 až 8% vyšší než napětí, pro něž jsou žárovky zhotoveny*). Poněvadž svítivosti přibývá urychleně s napětím; jak vidno z tabulky 5., docílí tím, že místo nominálních 400 instalovaných svíček obdrží skutečných 520—600 svíček. Je-li roční spotřeba 150 KW hod., ušetříme vlastně asi 35 KW hod., o něž bychom více spotřebovali při zvýšeném počtu svíček. Ovšem bude nutno dříve vyměnit žárovky (některé hoří již 1000 hod.), kterážto výloha bude však víc než vyvážena úsporou na energii.

*) V Praze bývá napětí v síti 118 V; připojíme-li tedy žárovky 110 Voltové, jsou o 7,2% více zatíženy, ovšem na úkor doby svícení.

Jest zřejmo z tabulky 5., že přepnutím žárovky o 17% bychom svítivost zvýšili o 85%, kdežto spotřeba energie by stoupla jen o 29%. Úspora by nyní obnášela na energii asi 31%; při tom by se však zkrátila užitečná doba svícení. I mohlo by se při dalším zvyšování napětí státi, že by se doba užitečná žárovky zkrátila tou měrou, že by již úspora na energii nekryla výlohy

Tabulka 5.

Napětí V	Intensita A	Energie W	Svítivost sv. hef.	$W/sv.$
115	0,31	35,6	29	1,23
125	0,32	40,0	45	0,89
135	0,34	45,9	54	0,85

za žárovky. Do jaké míry jest tedy rozumné takovéto přepínání žárovek, závisí jednak na ceně žárovek, jednak na ceně energie. Čím dražší energie, tím více lze zatížit žárovku dané ceny. Touto otázkou podrobněji se zabýval Dr. Bloch *) a za základ svých výpočtů vzal si známé závislosti užitečné doby svícení na specifické spotřebě žárovky. Pro uhlíkovou žárovku užil vztahu $T = 4,2 \eta^4$, pro kovové pak relace $T = 1200 \eta^6$, kdež T značí počet hodin, η specifickou spotřebu $W/sv.$

Několik hodnot uvedeno v tabulce 6.

Tabulka 6.

η	T
1,2	2988
1,1	2128
1,05	1606
1,0	1200
0,95	1030
0,90	638
0,80	262,5

*) E. T. Z. 1912, seš. 31.

Užívaje těchto hodnot došel Bloch k výsledkům, dle nichž jest zřejmo, že přetížením žárovek lze lépe využítí zejména žárovek o větší svítivosti, u nichž lze snížití spotřebu specifickou na 0,85 W/sv.

Výpočty ty. vztahující se na různé ceny energie a žárovek, platí tím spíše pro dnešní poměry, kdy žárovky opět zlevnily. Na podrobnosti výpočtu nezbývá místa; i odkazují čtenáře na příslušné pojednání. Uvedl jsem tuto okolnost jen proto, že nám jasně staví před oči snahu po opětném zvýšení teploty žhouchího vlákna. Tomu se však nejvíce v cestu staví rozprašování vlákna, jímž vznikající nálet na skle zkracuje užitečnou dobu svícení. Fysikové i konstruktéři obrátili tudíž zvýšenou pozornost na příčiny rozprašování vlákna a přišli na nové myšlenky, jak by se mu dalo zabránití nebo aspoň zmenšití. Jakmile by se nám podařilo podstatně zmírnití vyprchávání vlákna, měli bychom cestu otevřenu k dalšímu zvyšování teploty a mohli bychom jítí až k mezi dané měknotím vlákna.

Dle německého patentu Skaupy hleděl zamezití rozprašování vlákna tím, že přidával do žárovek takové sloučeniny, jež vlivem světla se rozkládaly, vydávajíce elektropositivní plyny, šeslabující vodivost zbytků plynových v lampě. Plyny ze sloučenin vzniklé slučovaly se mimo to s poletujícími částicemi wolframu, dávajíce s ním sloučeniny světlo propouštějící.

Důležitý obrat v technice žárovek nastal vlivem prací fysika Dra. Langmuira, stojícího ve službách známé americké firmy General Electric Co., jenž obral si za úkol přesně vyšetřití příčiny rozprašování vláken. Nejprve shledal, že po čase vakuum žárovky se zhorší plyny, okludovanými ve stěnách žárovky, a zjistil přítomnost vodní páry, kysličníku uhličitého a dusíku v poměru 100 : 7 : 1. Vypuzení okludovaných plynů jest velmi obtížné, neboť lze je provéstí jen zahříváním stěn žárovky na teplotu vysokou až 500° C, při které již sklo pravidelně měkne. Langmuir hleděl dále zjistití vliv různých plynů na rozprašování vlákna a shledal, že je nejvíce podporuje vodní pára, kdežto ostatní plyny nemají vůbec vlivu nebo působí dokonce proti rozprašování. Vliv vodní páry spočívá v tom, že voda se rozkládá žhavým vláknem na vodík a kyslík, tvořící s wolframem kysličnk.

Částičky kysličníku, odmrštěné ke stěnám žárovky, redukuje se vlivem vodíku opět na wolfram, čímž vzniká opět vodní pára.

Máme zde tedy kruhový proces s trvalou regenerací vodní páry. Langmuir soudil, že vyčerpáním vodní páry ze žárovky přestane vyprchávání vlákna. Avšak shledal, že očekávané zlepšení nenastalo, z čehož soudil, že není hlavní příčinou zjevu nedokonalost vakua, nýbrž, že tu jde vlastně o vypařování vlákna. Dříve panovalo přesvědčení, že napětí par wolframových i při vysoké teplotě vlákna v žárovce jest tak nepatrné, že zůstává bez znatelných účinků. Proto podrobil Langmuir zkoumání napětí par wolframových a shledal na př., že u lamp efektních se spotřebou $0,85 \text{ W/sv.}$, u nichž teplota vlákna obnáší 2130° C , dosahují páry wolframové napětí $7,5 \cdot 10^{-8} \text{ mm Hg}$. Podobně při specifické spotřebě $0,5 \text{ W/sv.}$, odpovídající teplotě 2350° C , mají páry již napětí $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ mm Hg}$; konečně při teplotě tání 3030° C a $0,18 \text{ W/sv.}$ dosahují napětí $8 \cdot 10^{-2} \text{ mm Hg}$. Poněvadž vlákno nalézá se ve vakuu, i při tomto relativně malém napětí nastává již znatelné vypařování žhoubního vlákna. S teplotou vzrůstá napětí par wolframových urychleně, jak z několika právě uvedených hodnot patrné. I lze z toho souditi, že zejména při požadavku malé specifické spotřeby by vypařování bylo citelnější a krátilo by užitečnou dobu svícení. Touto cestou přišel tedy Langmuir ku překvapujícímu poznatku, že totiž ne nedokonalost vzduchoprázdnoty, ale dobré vakuum vlastně podporuje vyprchávání vlákna.

Rozprašování vlákna mohli bychom tedy nejlépe čelití odstraněním dosavad obvyklého vakua a naplněním žárovky plynem netečným, jenž by netvořil sloučenin se žhoubním kovem. Bude-li mít tento plyn dostatečný tlak, třeba atmosferický, pak částičky nemohou býti tak snadno odmršťovány silami elektrickými na stěny lampy. Plyn odstraní také škodlivý vliv zbytku vodních par a kyslíku, jež se plynem netečným zředí. Zmírněním vypařování budeme nyní mítí možnost zvýšiti teplotu vlákna a tím zvýšiti hospodárnost lampy.

Tato myšlenka, opustiti dosavad všeobecně užívané vakuum, znamená značný obrát v technice žárovek. Vracíme se vlastně k původní myšlence, majíce ovšem za sebou řadu zkušeností, jež nás dovedla k používání kovů, snášejších vysokou teplotu.

Naplníme-li tedy žárovku netečným plynem, zamezíme částečné vypařování, avšak setkáme se s novým činitelem, jenž bude působiti proti získané výhodě. Neboť odstraněním vakua odstranili jsme současně tepelnou izolaci zhoucího vlákna od stěn žárovky. U vzduchoprázdné žárovky ztrácelo se teplo hlavně sáláním, nyní bude teplo odváděno také prouděním. Částičky plynu dotekem s vláknem oteplené dostanou se do trvalé cirkulace, i budou odváděti teplo ke stěnám žárovky. Vláknem se tím bude ochlazovati a budeme tudíž nuceni přiváděti mu více energie, abychom je udrželi na téže teplotě jako ve vakuu. Tak na př. má-li vlákno 905 mm silné tvar oblouku, spotřebuje, rozžhavujíc se ve vakuu, jen 0,9 W/sv, aby se udrželo na teplotě 2115° C.

Naplníme-li touž žárovku dusíkem o normálním tlaku 760 mm Hg, zvýší se spotřeba energie při téže teplotě na 2,82 W/sv. Tím bychom tedy docílili vlastně zmenšení hospodárnosti; ovšem nutno dodati při této teplotě. Poněvadž však můžeme nyní, neobávajíc se tolik rozprašování, zvyšovati teplotu, poroste svítivost lampy a úspornost lampy se může změnit v příznivém směru dle toho, jak rychle se mění jednak ztráty tepla prouděním, jednak svítivost žárovky.

Tuto otázku podrobil nyní Langmuir podrobnému zkoumání, a to užívaje dusíku, rtuťových par a vodíku. Vodík jeví se nevhodným k plnění žárovek, neboť způsobuje značné ztráty tepla, zejména při vysokých teplotách. Rtuťové páry ukazují příznivý účinek dokonce lepší než u dusíku. Také ostatní plyny netečné chovají se podobně jako dusík, pokud nenastává dissociace při vysokých teplotách.

Na těchto plynech shledal důležitou okolnost, jež úspornost plněných žárovek teprve umožnila, že totiž ztráty tepelné, prouděním vznikající, rostou s teplotou daleko pomaleji než ztráty, vznikající sáláním tepla z vlákna. Teplo prouděním odváděné roste s 1,5 mocninou teploty vlákna, kdežto teplo ve vakuu vyzařované roste s 4,7 mocninou teploty.

Jest tedy zřejmo, že čím vyšší bude teplota vlákna, tím menší bude relativní rozdíl ztrát mezi žárovkou plněnou a vzduchoprázdnou.

Uvedme výsledky zkoumání ztrát konvekci tepla vznikajících v tabulce 7. Čísla, udávající specifickou spotřebu plněné žárovky pro různá vlákna, pocházejí od Langmuira. Teploty a příslušnou spotřebu ve vakuu připojili Pirani a Meyer.*)

Tabulka 7.

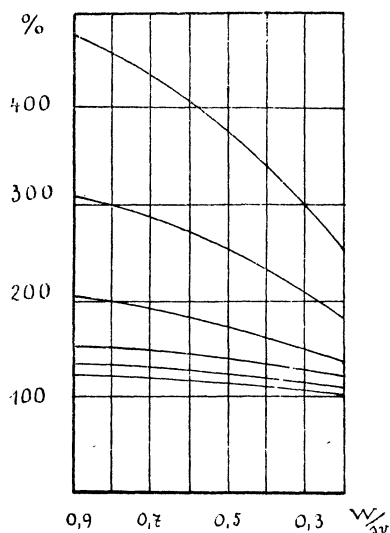
Pravá teplota v °C	Specifická spotřeba ve vakuu W/sv hor.	Specifická spotřeba wolframu v dusíku při 760 mm Hg, ve W/sv h. v průměru vlákna mm						
		0,025	0,051	0,127	0,25	0,51	1,27	2,54
2115	0,9	4,32	2,82	1,82	1,43	1,22	1,06	1,00
2290	0,57	2,28	1,54	1,03	0,84	0,73	0,65	0,62
2440	0,41	1,39	0,96	0,67	0,56	0,48	0,45	0,44
2590	0,30	0,9	0,64	0,45	0,39	0,35	0,32	0,31
2760	0,23	0,63	0,46	0,33	0,30	0,27	0,25	0,24
2940	0,19	0,47	0,35	0,27	0,23	0,22	0,21	0,20
3030	0,18	0,41	0,31	2,24	0,22	0,20	0,19	0,19

Na obr. 1. udány jsou výsledky v procentech ztrát ve vakuu. I lze pozorovati z průběhu křivek, že relativní ztráty jsou při větším průměru menší a že se blíží určité mezi, přestávající záviseti na teplotě. Relativních ztrát ubývá s teplotou u všech drátů, nejrychleji však u nejtenčích. Při téže teplotě jest při silném vlákně zvýšení spotřeby energie relativně menší. Tyto výsledky vedou tedy k tomu, že by bylo nejlépe zhotovovati žárovky se silným vláknem. To by bylo však možno jen u žárovek pro nízké napětí (14 V 24 V), jichž se někdy užívá při systému seriovém. Jinak bylo by nutno u střídavého proudu připojení ku každé lampě transformator, kteroužto komplikací by úspora na energii pozbyla opět své ceny. Chceme-li tudíž přidržeti se napětí normálního 120 V nebo stále se rozšiřujícího napětí 220 V, jsme omezeni na vlákna velmi tenká, jen setiny mm čítající, u normálních žárovek o nízké svítivosti.

Teprve při sestrojení žárovek o velké svítivosti na př. 110 V a 3000 sv můžeme použítí vláken 0,4 mm silných.

*) E. T. Z. 1915, seš. 39.

Jak z tabulky i grafu patrné, byli bychom nuceni zatížití tenká vlákna dosti vysokou teplotou, abychom docílili malé specifické spotřeby energie. Poněvadž však vypařování vlákna v plněné žárovce není úplně zamezeno nýbrž jen zmírněno, nesníme příliš velkou teplotu voliti, chceme-li docílití žádané v praxi užitečné doby svícení 800 až 1000 hodin. Tato nutnost vedla k tomu, že teplo prouděním odváděné hleděli konstruktéři zmenšiti vhodným tvarem drátu žhnoucího.



Obr. 1. Relativní ztráty tepelné v závislosti na spec. spotřebě pro dráty různé tloušťky.

Langmuir a Orange *) stočili vlákno do spirály s těsnými závity, čímž plocha aktivní zmenšena. Čím těsnější jsou závity spirály a čím větší průměr spirála má, tím menší jest plocha styku s proudícím plynem.

Takovým způsobem podařilo se skutečně i u žárovek malé svítivosti čili u žárovek s tenkým vláknem snížití specifickou spotřebu energie pod míru u jednovatovek obvyklou. Ovšem průměr spirál nesmí být příliš veliký, ježto žhavý kov měkne a spirála by se tudíž prohnula. Proto také sestává spirála

*) Transaction of the Am. Instr. El. Eng. 1913.

z krátkých oddílů, jen jednoduchým drátkem spolu souvisících, takže žhnoucí tělísko spirály samo vzdáleno jest od opor, jež by teplo spirály odváděly. Jednoduchý drát, jenž na oporách spočívá, jest chladnější, máje menší hmotu, a neodvádí tudíž tolik tepla. Tento způsob závěsu spirál patentován jest v Německu.

V žárovkách o větší svítivosti umístěn bývá slídový kotouč, uzavírající krček žárovky proti ostatnímu prostoru. Tím jsou chráněna místa, kde dráty vcházejí do žárovky, proti horkým vystupujícím plynům a současně zachycují se částečně přehající částičky vlákna, jimiž by se jinak sklo černilo. Tato konstrukce patentována jest v Rakousku.

Co se týče náplně žárovek ukázalo se, že pro intenzivní lampy, od 600 svíček počínajíc, nejlépe hodí se dusík. U menších lamp nelze, hledíc k pevnosti, spirálu točenou z tenkého drátku, vinouti s velkým průměrem, jak by toho právě vyžadovalo zmenšení aktivní plochy. Proto hledán byl plyn, jenž by ještě méně tepla odváděl než dusík. Touto vlastností se honosí argon. Poněvadž však tento plyn jest dosti špatným izolátorem elektrickým a jeho přítomnost v žárovce působí nebezpečí krátkého spojení, plní se žárovky menší směsí dusíku a argonu. Tento způsob náplně patentován je v Německu.

Tato okolnost jest ostatně při výrobě žárovek vítána, neboť argon v obchodě se vyskytující bývá vždy smíšen s dusíkem, jehož odstranění jest obtížné.

Tlak plynu v žárovce bývá za studena $\frac{1}{2}$ až $\frac{1}{3}$ tlaku atmosferického, takže při rozsvícení žárovky stoupne na tlak normální nebo o něco vyšší, než je tlak vnější. Že se teplo prouděním převádí od žhavé spirály ke stěnám žárovky, jest patrné z vyšší teploty stěn, jež měří na nejteplejších částech 150—200° C. Jak z dosavad uvedeného patrné, jest teplota vláken při téže specifické spotřebě v půlvatovkách vyšší než v jednotovkách. Neboť vlákno musí jednak vydávati relativně více světla, jednak nahrazovati teplo prouděním odváděné. To potvrzují výsledky měření, jež provedli Pirani a Meyer*) prozatím jen na žárovkách o velké svítivosti, a to 1000—3000 sv pro

*) Elektrotechnik und Maschinenbau 1915, st. 397.

110 V napětí. Tabulka 8. uvádí příslušné hodnoty pro různou specifickou spotřebu, vztaženou na intenzitu sférickou.

Při normálním v praxi se vyskytujícím zatížení žárovky plněné $0,55 \text{ W/sv} \circ$ bývá teplota vlákna kol 2500° C, tedy o 450° C vyšší než u normálních jednovatovek. Kdyby evakuovaná lampa svítila při též zatížení $0,55 \text{ W/sv} \circ$, byla by její teplota o 90° C nižší, což odpovídá ztrátám konvekcí tepla u plněných žárovek vznikajícím.

Tabulka 8.

$W/sv \circ$	T
10,0	1615
5,0	1770
4,0	1820
3,0	1870
2,0	2005
1,0	2240
0,8	2325
0,6	2450
0,5	2535
0,4	2650
0,3	2815

Qualitu žárovek charakterisuje také emisní mohutnost vlákna. Dle Pirani a Meyera vyzařuje 1 mm^2 vlákna 8 sv , což jest pětkráté tolik než u jednovatovky. Ježto mimo to vlákno jest svinuto ve spirálu, jest světlo u těchto žárovek silně koncentrováno, oslňuje oko přímo na žárovku hledící. Projekci ve směru maxima, změřením omezené plochy a intenzity světla lze vyjádřit koncentraci světla poměrem 20—400 sv/cm^2 oproti 2 až 12 sv/cm^2 u jednovatovek. Soustředění světla je výhodné při sestrojení lamp projekčních, u nichž lze dosáti koncentrace až 600 sv/cm^2 .

Zvyšování teploty žhoubního vlákna má také značný vliv na jakost světla. Čím vyšší je teplota vlákna, tím vyšší barvy spektrální vysílá a tím bělejší jeví se oku. Spektrální analysou světla

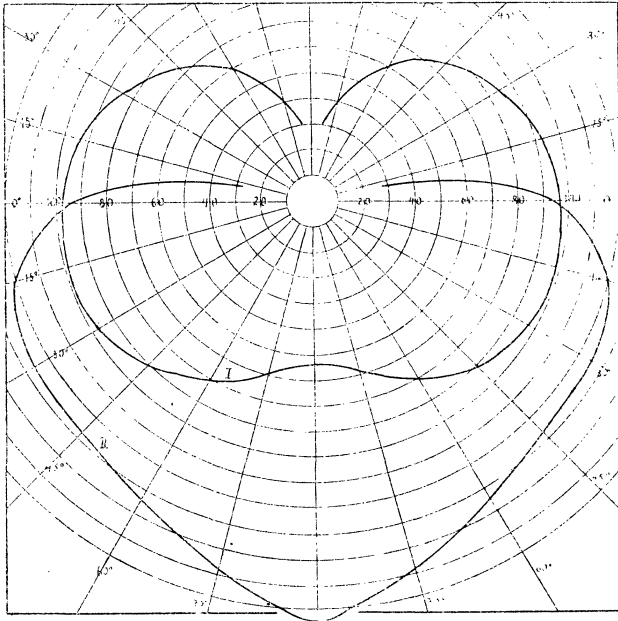
z jednovatovek, která provedena byla řadou badatelů, shledáno, že již u jednovatovek jsou zastoupeny více barvy vyšší než u žárovek uhlíkových. Oku jeví se tudíž vlákno jednovatovek hřejší než vlákno žárovky uhlíkové. U půlvatovek jest emise světelná ještě mocnější, takže vlákno vysílá nejen všechny barvy spektrální, ale i paprsky ultrafialové. Obvyčejné sklo propouští tyto paprsky jen nepatrně, čímž chráněno jest naše oko proti zraku nebezpečným paprskům ultrafialovým. K účelům lékařským zhotovují se půlvatovky se sklem zvaným „Uviola“, jež záření ultrafialové propouští. Úplnost spektrálních barev jednovatovky jeví se také tím, že reprodukce barev při osvětlení půlvatovkou jest lepší než při světle žárovek jednovatových.

Konstrukce lampy, zejména umístění a tvar vlákna, má značný vliv na rozdělení světla v prostoru. Od dob vynálezu žárovek ustálil se zvyk, udávati svítivost žárovky tak zvanou horizontální střední intenzitou. Stanovíme-li totiž fotometrem intenzitu světla, na př. ve 24 bodech na kruhu horizontálním, a utvoříme ze všech hodnot průměr, obdržíme střední intenzitu horizontální, jež se obvyčejně udává ve svíčkách hefnerových. Jednovatovky bývají tak sestrojeny, že vlákno vedeno je v lomené linii, opírajíc se nahoře i dole o věnec háčků po obvodě válce. Intenzita horizontální, to jest ve směru na osu válečku kolmém, jest téměř na všechny strany stejná, směrem osy válečku jest však intenzita daleko menší. Proto udávají výrobce žárovek střední intenzitu horizontální, jež na žárovce bývá vždy uvedena. Jeví se v tom patrně snaha udávati intenzitu ve směru, v němž objevuje se maximum světla. Potom jeví se ovšem také specifická spotřeba lampy příznivější. Také jednovatovky bývají někdy stočeny do spirály a tato vedena buď v kruhu nebo půlkruhu s osou vertikální nebo také na plášti válce. U kruhovitěho tělesa žárového jeví se přirozeně maximum světla v ose vertikální. U takto konstruovaných žárovek neudávají výrobce intenzity horizontální, nýbrž intenzitu buď hemisferickou nebo sferickou. Myslíme-li si kolem žárovky kouli, jest intenzita v každém bodě na povrchu koule jiná. Myslíme-li si žárovku nahrazenou svítícím bodem ve středu koule, jenž by vysílal stejné množství paprsků, ale tak, aby intenzita byla na všech místech stejná, nazýváme intenzitu tohoto svítícího bodu střední sferickou

intenzitou. Podobně zaváděla se zvláště u žárovek o velké svítivosti, vzhledem k obloukovkám a podobným lampám, střední intenzita hemisferická. Chceme-li porovnávat různé zdroje mezi sebou, jest ovšem nutno, abychom svítivosti vyjádřili stejným způsobem. Nejsprávněji poznáme účinnost zdroje světelného intenzitou sferickou, ve které obsaženo jest veškeré světlo od lampy do prostoru vyzářené. Poněvadž však lampy slouží k nejrozmanitějším účelům, jest také důležité znáti rozdělení světla v prostoru, abychom mohli rozhodnouti, zdali se lampa k hledanému účelu hodí. Nejčastěji potřebujeme světla dole přímo pod lampou. Žárovka obyčejná, mající vlákno na plášti válce vedené, mívá však směrem vertikálním menší intenzitu než směrem horizontálním; proto pomáháme si stínítky, reflektory, koulemi skleněnými čirými neb opálovými, jimiž působíme změnu v rozdělení světla, ale také zeslabení světla nebo světlo diffusní. Je-li vlákno žárovky stočeno ve spirálu a vedeno v kruhu nebo půlkruhu, jest rozdělení světla jiné než v případě předchozím a největší síla světlosti objeví se právě ve směru vertikálním. Úplný obraz o žárovce obdržíme tedy teprve tehdy, udáme-li nejen specifickou spotřebu energie, nýbrž i příslušné rozdělení světla v prostoru. Ježto žárová tělesa bývají symmetrická, stačí nám měřiti intenzity světelné v jediné rovině, osou žárovky jdoucí. Postupujeme li na př. po 15° a na paprsek nanášíme příslušné intenzity, obdržíme křivku udávající rozdělení světla. Otočením křivky kol osy vertikální obdržíme rotační těleso, jež nám znázorňuje příslušné rozdělení světla v prostoru. Uvádím dva grafy, znázorňující rozdělení světla dle měření, jež vykonali Pirani a Meyer.*) U prvé žárovky (obr. 2.), jež má spirálu vedenou ve tvaru lomené linie na plášti válce, jest světlost v různých směrech udána relativně vzhledem k střední intenzitě horizontální, jež položena $= 100\%$. Křivka I., patřící žárovce prosté bez armatury, ukazuje, že žárovka má nejvíce světla ve směru horizontálním, kdežto ve směru vertikálním má jen 60% intenzity horizontální. Jest to tak zvaná Wotanpůlvatovka pro 110 V a 1000 W. Křivka druhá na obraze 2. ukazuje rozdělení světla žárovky s armaturou, jež je čirou koulí skleněnou. Rozdělení

*) E. T. Z. 1915, seš. 40.

světla jest jiné, neboť nejvyšší stupeň intensity jeví se již ve směru vertikálním. Na obr. 3. jest podobně znázorněno rozdělení světla žárovky púlvatové se spirálou, v kruhu vodorovném uspořádanou. Intensity udávány opět relativně vzhledem k střední intensitě vertikální, jež položena = 100⁰/₀: Nejvyšší stupeň intensity jeví se nyní v ose žárovky, kdežto ve směru vodorovném obnáší svítivost jen 67⁰/₀. Křivka II. udává opět rozdělení světla

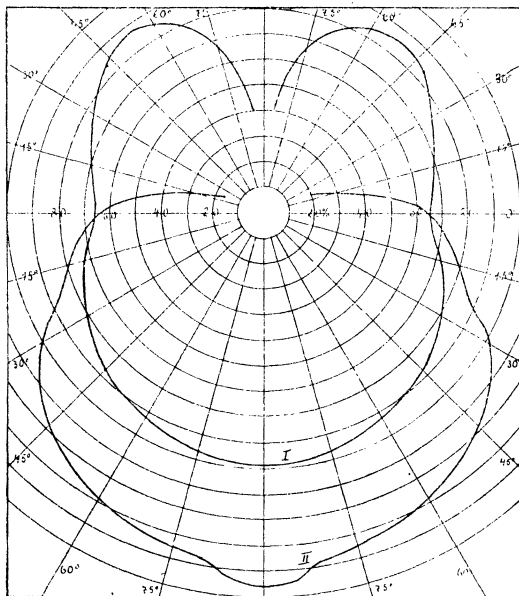


Obr. 2. Rozdělení světla u žárovky se spirálou vedenou v lomené čáře na plášti válce. I. bez armatury, II. s armaturou.

vlivem armatury, jež způsobuje opět, že světlo se soustředí většinou v dolní polokouli, kdež pak dosahuje nejvyššího stupně vertikálního více než 140⁰/₀.

Zkoumejme nyní, jak dalece jest oprávněn název nových žárovek, s nimiž setkáváme se nejvíce pode jménem púlvatovek. Žárovky ty objevily se na trhu na podzim r. 1913, a to nejprve jen jako žárovky intensivní o velké svítivosti, konkurující tudíž s obloukovkami nebo intensivními jednovatovkami. I vztahovala se u nich spotřeba specifická na dolní polokouli, jako tomu

bylo zvykem u obloukovek, a v tom případě obnášela tudíž spotřeba energie skutečně kolem půl wattu na svíčku. Později objevovaly se na trhu typy s menším počtem svíček a nyní obdržíme již „půlvatovky“ i pro 50 svíček, a to nejen pro napětí normální 120 V, ale i pro napětí nízká i vyšší (240 V).

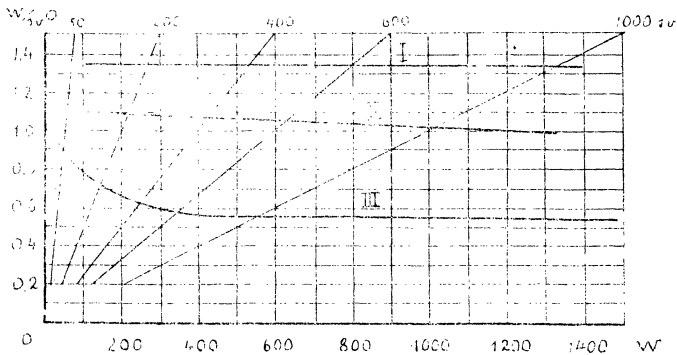


Obr. 3. Rozdělení světla u žárovky se spirálou v kruhu vodorovném.
I. bez armatury, II. s armaturou.

Na obr. 4. jest graficky znázorněna specifická spotřeba pro žárovky o normálním napětí 110 V, v závislosti na výkonu žárovky. Křivka III. platí pro plněné žárovky. Na př. 800-wattová půlvatovka vykazuje dle křivky spotřebu 0,56 W/sv., čili její střední sférická intenzita obnáší asi 1400 sv. Žárovka 300-wattová má již spotřebu asi 0,6 W/sv., čili dává asi 500 sférických svíček. Žárovka 80-wattová má již větší spotřebu, asi 0,8 W/sv., majíc asi 100 svíček. Vidíme tudíž, že žárovky o menší výkonnosti nejsou již tak úsporné jako žárovky intenzivní. Není tedy u malých žárovek oprávněn název půlvatovek, neboť spotřeba energie, na sférickou střední intenzitu vztahovaná, obnáší v nejméně příznivém případě 0,9 W/sv. ○. Proto upustili někteří výrobci

od povšechně užívaného názvu pŕlvatovek, dávající plněným žárovkám jiná označení. Na trhu vyskytují se uvedené žárovky nejčastěji pod názvy Nitalampa, Osrampŕlvatovka, Azolampa, pod 100 svíčkami také jakožto Wotanlampa. Patent opravňuje k výrobě až dosavad tři firmy Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Deutsche Gasglühlicht A. G. a Siemens a Halske A. G. Vraťme se nyní ještě ku grafu č. 4.

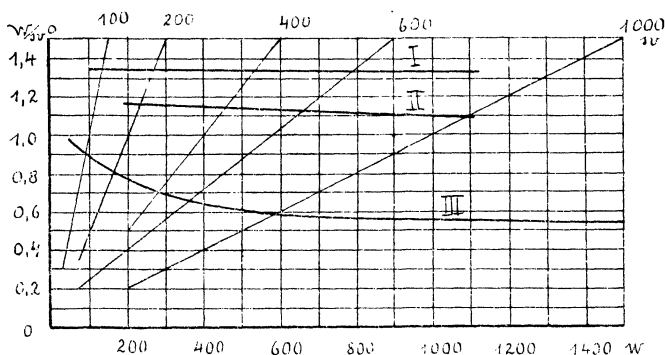
Aby mohla býti porovnána úspěšnost, jsou čarami I a II uvedeny závislosti specifické spotřeby na výkonu lampy také u jednovatovek obyčejných a tak zvaných efektních. Jak patrné, kolísá spotřeba energie u jednovatovek kolem $1,35 \text{ W/sr.}$ ovšem



Obr. 4. Specifická spotřeba pro žárovky o napětí 110 V v závislosti na výkonu žárovky.

vztažena opět na střední sférickou intenzitu. Název jednovatovek pochází z obyčejného užívání intenzity horizontální, vzhledem k níž jeví se spotřeba kol $1,0 \text{ W/sr. h.}$ U lamp efektních, jež jsou více zatíženy než obyčejné jednovatovky, jeví se spotřeba $1,1—1,0 \text{ W/v. O.}$ Vzhledem k střední horizontální intenzitě bývá u nich spotřeba $0,85 \text{ W/sr. h.}$ Na poslední křivce vidíme, jak specifická spotřeba u žárovek plněných klesá rapidně s výkonností a ustaluje se od 600 Watt počínaje na hodnotě $0,55 \text{ W/sr. O.}$ Pro tyto žárovky o velké svítivosti jest plně oprávněn název pŕlvatovek, neboť vůči efektním lampám, s nimiž vlastně závodí, vykazují úsporu 50%. U malých lamp jest ovšem úspora menší, na př. u 50-wattové žárovky obnáší úspora na energii 30–40% proti jednovatovce. Klesání specifické spotřeby

s výkonností souhlasí úplně s dříve uvedenými fakty, neboť čím je větší výkonnost, tím silnější proud žárovkou prochází a tím silnější je vlákno v žárovce. Abychom mohli lépe přirovnávat různé typy žárovek o stejném počtu svíček, jsou vedeny šikmé přímký, příslušící postupně 50, 100, 200, 400, 600 a 1000 svíčkovým žárovkám. Tak na př. 200-svíčková žárovka jednotavová má $1,35 \text{ W/sv. } \odot$, táž efektní $1,09 \text{ W/sv. } \odot$ a plněná $0,71 \text{ W/sv. } \odot$. Na obr. 5. vidíme výsledky měření na žárovkách pro napětí 220 V . Křivka III. platí opět pro žárovky plněné a ukazuje celkem větší specifickou spotřebu než v případě předešlém.



Obr. 5. Specifická spotřeba žárovek pro napětí 220 V v závislosti na výkonu žárovky.

To jest ovšem pochopitelné, neboť žárovky o stejné výkonnosti mají při vyšším napětí slabší proud a tudíž i tenčí vlákno. Nicméně při lampách, asi přes 900 Watt čítajících souhlasí již specifická spotřeba se spotřebou lamp 110 Voltových . Pro lepší porovnání různých žárovek jsou vedeny opět přímký pro 100, 200, 400, 600 a 1000 svíček.

Aby bylo zřejmo postupné zdokonalování žárovek, stůž zde tabulka, jež uvádí specifickou spotřebu různých žárovek, a to vztahovanou jednak na obvyklou střední horizontální intenzitu, jednak na střední sférickou intenzitu; čísla v posledním sloupci charakterisují nejlépe stále se zdokonalující využitkování energie elektrické, udávající, kolik lumen připadá na jeden watt.

Při tom lumen značí takové množství světla, jež - dovede ve vzdálenosti 1 metru způsobiti intenzitu jedné svíčky. Jedna

svíčka odpovídá tudíž $4\pi = 12,5$ lumen. Dělíme-li tudíž 4π čísla v sloupci druhém, obdržíme sloupec poslední.

Tabulka 9.

Druh lampy	$W/sv. h$	$W/sv. \bigcirc$	Lumen/Watt
Uhlíková	3,5	3,9	3,2
Metallisovaná	2,2	2,45	5,1
Nernstova	1,7	2,10	6,0
Osmiová	1,5	1,90	6,6
Tantalová	1,6	2,0	6,3
Jednovatovka (Wolfram, Osram)	1,1	1,35	9,3
Effektivní a intenzivní	0,85	1,05	12,0
Půlvatovky	—	0,9—0,55	14—22,8

(Dokončení.)

Astronomická zpráva na duben, květen a červen 1917.

Veškerá udání v čase středoevropském vztahují se na meridián středoevropský a 50° severní zeměpisné šířky.

Přehled oběžnic.

Merkur, který 24. dubna dosáhne největší východní elongace, zapadá v druhé polovici dubna a začátkem května 2 hod. po Slunci, takže jest v té době viditelný pouhým okem. Záhy zmizí, neboť vstoupí 16. května do spodní konjunkce se Sluncem. V druhé polovici května a po celý červen ztrácí se v paprscích vycházejícího Slunce. Uprostřed června, kdy dosáhne největší západní elongace, vychází ne celou hodinu před Sluncem.

Venuše po celý duben mizí v paprscích Slunce, s nímž vstoupí 25. dubna do svrchní konjunkce. V květnu objeví se na obloze večerní; zapadá koncem května $\frac{3}{4}$ hod., koncem června více než hodinu po Slunci.

Datum	<i>Mars</i>		<i>Jupiter</i>		<i>Saturn</i>		<i>Slunce</i>		
	<i>v</i>	δ	<i>z</i>	δ	<i>z</i>	δ	<i>z</i>	<i>v</i>	δ
IV. 1.	17,5	+ 1	9,1	+ 14	15,0	+ 22	6,5	17,6	+ 4
V. 1.	16,2	+ 10	7,7	+ 16	13,1	+ 22	7,3	16,6	+ 15
31.	15,0	+ 17	<i>v</i>	+ 18	11,3	+ 21	8,0	15,9	+ 22
VI. 30.	14,1	+ 22	13,6	+ 19	9,5	+ 20	8,2	15,9	+ 23

Uran dlí v souhvězdí Kozorožce, *Neptun* v souhvězdí Raka.