

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Ferdinand Pietsch

O pokroku v osvětlování elektrinou. [I.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 39 (1910), No. 1, 95--102

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123376>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1910

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>

Z toho :

$$k = g, n = c = 9g, 3g = l = h = a, m = j = b = 2f = 6g.$$

Tedy:

$$(x^3 + 3x^2 + 6x + 9)^3 = (3x^2 + 6x + 9)^3 + (3x)^3 \\ + (x^3 + 3x^2 + 6x)^3;$$

anebo zavedeme-li místo x podíl $\frac{u}{v}$, máme identičnost

$$(u^3 + 3u^2v + 6uv^2 + 9v^3)^3 = (3u^2v + 6uv^2 + 9v^3)^3 \\ + (3uv^2)^3 + (u^3 + 3u^2v + 6uv^2)^3,$$

ze které snadno vyplývá

$$(3u^3 + 3u^2v + 2uv^2 + v^3)^3 = (3u^2v + 2uv^2 + v^3)^3 + (u^2)^3 \\ + (3u^3 + 3u^2v + 2uv^2)^3.$$

Klademe-li v těchto rovnicích za u, v celá čísla, dostáváme libovolný počet různých řešení dané rovnice celými čísly.

Na př.

$$9^3 = 8^3 + 6^3 + 1^3, \\ 6^3 = 5^3 + 4^3 + 3^3, \\ 19^3 = 18^3 + 10^3 + 3^3.$$

O pokroku v osvětlování elektrinou.

I. O žárovkách.

Není oborů v elektrině, na kterém by se úžasně rychlý vývoj elektrotechniky lépe jevil, jako na osvětlování elektrickém. Vidíme-li dnes milionová města v záři elektrických světél, stěží uvěříme, že teprve před 31 lety byly provedeny první pokusy směřující ku zhotovení žárovky. Roku 1878 Sawyer a Man sestrojili z papíru a z dřevěného vlákna první neumělé žárovky. Ze stadia pokusného vystoupily žárovky zásluhou Edisona, jenž r. 1880 s energií sobě vlastní zhotovil první potřebné žárovky z vláken bambusových a osvětlil jimi celý parník. Hned na to založil první továrnu na žárovky. Pařížskou výstavou r. 1881, kdež svítilo 1000 žárovek, uvedeno bylo světlo elektrické celému světu ve známost. Ihned založeny byly ve všech státech továrny a nastalo s tím spojené zdokonalování žárovky. O rych-

losti tohoto vývoje poučí nás nejlépe cena; první žárovky stály totiž 18—25 K, kdežto dnes dostaneme uhelnou žárovku dokonce i za 50 h.

Toto zdokonalení týkalo se však jen žárového světla, ve kterém hlavní součástí jest zuhelnatělé vlákno, jež majíc značný odpor se již slabým proudem rozžhaví do běla a tím světlo vydává. Vývoj osvětlení žárového se nezastavil u žárovky uhelné. Neboť ač tato byla neobyčejně zdokonalena, přece jen jedna vada jí zůstala. Spotřebujeť totiž příliš mnoho energie elektrické, čili mnoho prosvítíme.

Jelikož bývají mnohdy nesprávné názory o energii elektrické, objasníme několika slovy onen pojem. Napjetí elektrické dlužno si představití jako tlak ženoucí elektrinu z místa na místo podobně jako voda z jedné nádoby do druhé je hnána tlakem hydrostatickým, který je tím větší, čím větší jest rozdíl výšek čili spád vody. Ženeme-li vodou nějaký přístroj, tu záleží práce, kterou voda za vteřinu koná, jednak na tlaku vody vyplývající z spádu, jednak na množství vody, jež za 1 vteřinu se valí.

Totéž máme u elektriny. Práce, kterou elektrina za každou vteřinu koná, záleží jednak na napjetí, jednak na intenzitě čili množství elektriny za vteřinu drátem proudící. Tedy práce za vteřinu čili efekt jest dána součinem z napjetí ve Voltech a z intensity v Ampèrech.

Vraťme se nyní k naší žárovce. Normální žárovka 16svíčková musí mítí mezi konci vlákna napjetí 110 V, při čemž prochází vláknem proud 0,5 A.

Vezmeme tužku do ruky, abychom spočítali, co nás bude takové světlo stát. Nelekejte se složitých výpočtů, vystačíme násobením a dělením.

Násobíme-li 110 V . 0,5 A, obdržíme 55 Wattů. Na jednu svíčku připadá tedy 3,4 W.

Kdybychom 10 hodin svítili, tu bychom spotřebovali 550 Watthodin. Stojí-li KW hodina čili 1000 Watthodin 60 hal., pak by nás ona 16svíčková žárovka stála za 10 hodin 33 hal.

To je nám ovšem poněkud drahé, neboť máme také světlo plynové, jež zejména vynálezem Auerovy punčošky tou měrou

bylo zdokonaleno, že při značné svítivosti má malou spotřebu plynu a tudíž jest levnější než elektrické.

Tato nebezpečná konkurence nutila vynálezce sestrojiti lampu ekonomičtější, jež by méně energie elektrické na svíčku spotřebovala. To se podařilo v novější době zejména žárovkami s vláknem kovovými, u kterých spotřeba energie na svíčku obnáší kol 1 W.

To znamená, že by 16svíčková žárovka 10 hodin svítící stála jen 10 hal, což znamená za 1000 hodin úsporu 23 K. Ovšem nerozhoduje tato úspora sama. Neboť i cena lampy, počet hodin, po který svítí, a jiné okolnosti mají vliv na cenu osvětlení. Než k celkovému tomuto porovnání přistoupíme, zmíníme se krátce o výrobě žárovek a jejich nejdůležitějších vlastnostech.

II. Žárovka s vláknem uhelným.

Výroba žárovky jeví se celkem v 10 fásích.

1. První fásí jest příprava vlákna, jež sama v sobě jest pravým uměním. Pomocí trojúhelníkovitých nožů se vyřezávala rostlinná vlákna o tloušťce as 0,15—0,28 mm. Rostliny ku přípravě vláken sloužící byly: bambus, piassava, kittu a jiné. Také bavlna, hedvábí, nitě, vlasy, střeva, papír sloužily za materiál vláknům. Nyní dává se přednost *gelatině*, jež leje se na tenké desky, z nichž pak se jemnými noži homogenní čtvercová vlákna vyřezávají. Také kolloidium jest vhodným materiálem; dlouhým a nebezpečným praeparováním chemickým mění se na cellulosu, ze které opět jemná vlákna se vyřezávají.

Nyní nastává druhá velmi důležitá fáse, totiž:

2. Zuhelnatění vlákna. Provádí se tak, že vlákno navine se na grafitové formy, vloží se do tyglíků grafitových vyplněných uhelným prachem a pak se vše vystaví na 5 - 10 hodin bílému žáru.

Aby nabylo ještě pevností a homogenností, praží se ve vaselině, petroleji, v oleji paraffinovém, nebo i v parách těžce prchavých olejů.

V novější době provádí se zuhelnatění i utvrzení vlákna pomocí plynu. Nejprve se udržuje po 10—12 hodin vlákno na teplotě 300° C, při čemž necháme proudit plyn. Na to teprve

se dá do grafitových kadlubů, kdež za přítomnosti proudícího plynu udržuje se na žáru 2500° C po dobu 6 hodin. Z plynu, jenž se při žáru rozkládá, usadí se na vlákně uhlík. čímž toto stane se pevným a stejnorodým.

3. Vlákna se stříhají, při čemž se přibližně odpor odměří.

4. Praeparování vlákna. Vlákno se musí tak upravit, aby mělo přesně předepsaný odpor, ku př. 2200. Za tím účelem se umístí vlákno pod recipientem, vzduch se vyčerpá, načež se vpustí plyn. Na to vláknem se vede proud, jež žhavic přibírá uhlík tak dlouho, až žádaný odpor se docílí. V tom okamžiku se proud samočinně vypne. Tím jest vlákno připraveno k zasažení.

5. Nyní připevní se na dva platinové do skla zatavené drátky, jež jsou roztepány tvořice trubičku.

Upevnění děje se buď kytlem z arabské gummy a grafitu, nebo se dokonalejšího spojení docílí tím, že se místo stykové ponoří do oleje vaselinového a proud vede se místem styku, kdež se usazuje uhlík působící úplně těsné spojení.

6. Na to vkládá se vlákno do nádobky skleněné známého hruškovitého tvaru, jejíž hoření konec vybíhá v trubici, jež spojí se s vývěvou rtuťovou. Vzduch čerpá se tak dlouho až se dosáhne vakua o tlaku $0,2 \text{ mm Hg}$, v tom okamžiku se trubice zataví.

7. Pak zkouší se pomocí Ruhmkorfu, je-li zředění dobré; při nedostatečném zředění jeví se světlo v celé žárovce, při dobrém zředění září jen sklo.

8. Na fotometru konstatuje se svítivost žárovky.

9. K platinovým drátkům se přiletují měděné, jichž konce se naletují jednak na plechový šroub, tak zvaný závit Edisonův a druhý na destičku. Na to vše zaleje se sádrou a nechá se několik dní tvrdnout.

10. Vyleptá se značka na sklo značící počet Volt, pro něž žárovka určena, jakož i svítivost její v normálních svíčkách.

Již toto stručné vylíčení výroby poučuje nás o tom, co práce je vloženo v takové na pohled jednoduché žárovce. Že lze přes to žárovky tak levně prodávati, dá se pochopiti jen tím, že práce v továrnách takových je velmi dobře organizována, a že užívá se velmi dokonalých strojů, jež mnohé výkony

samočinně obstarávají. Nejobtížnějším jest dobré vyčerpání vzduchu, za kterýmžto účelem byla sestrojena celá řada vývív velmi dokonale a rychle pracujících. Říkává se, že za málo peněz málo muziky, o žárovce však nemůžeme to tvrditi; slyšme, co vše žádáme za pouhých 60 haléřů na žárovce.

1. Vlákno musí být homogenní, stejně silné, tvrdé, musí mít předepsaný odpor.

2. Průřez má býti kruh, neboť plocha ochlazující jest pak nejmenší a tudíž ztráta energie malá.

3. Dobré spojení s drátky platinovými, nejlépe sraženým uhlíkem (jinak snadno se v onom místě přepálí).

4. Dobré vakuum bez jakýchkoli par, aby nenastalo záření tepla na úkor svítivosti.

5. Při 3,5 Watech na svíčku musí lampa svítit 1000 hodin.

6. Zmenšení intenzity světla za tu dobu nesmí být přes 30%.

Ačkoli tedy jest vzduch v žárovce vysoce zředěný, přece se na konec vlákno přepálí. Neboť při vysokém záru kol 2000° C se uhlík stále rozprašuje tvoře černý nálet na skle. Tím zmenšuje se ovšem svítivost lampy ke konci až o 30%.

Toto rozprašování jest zejména silné, svítí-li žárovka při kolísavém napjetí.

Každá žárovka má tedy jen určitý počet hodin, po který svítí, načež stává se nepotřebnou.

Průměrný „život“ žárovky obnáší kolem 1000 hodin. Na toto trvání má však také vliv napjetí, při kterém žárovka svítí. Necháme-li žárovku místo při 110 V svítit při 120 V, tu shledáme, že její svítivost stoupne v daleko rychlejším poměru než napjetí. Jinými slovy energie na svíčku připadající jest menší, čili lampa svítí oekonomičtěji. Žárovka však majíc vyšší teploturu, dříve „dohoří“. Tabulka na násl. str. nám ukazuje, jak souvisí spotřeba Watt na svíčku s trváním lampy.

Vidíme, že oekonomie a trvání lampy jsou úplně protichůdné. Lampa svítící při vyšším napjetí by spotřebovala sice na svíčku méně energie, ale zase by se musila brzy nahraditi novou.

Počet Watt na svíčku	Trvání žárovky
1,5	45
2,0	200
2,5	450
3,0	700
3,5	1000
4	2500
5	5000

Proto volí se střední cesta, při které žárovka má dosti značnou spotřebu 3,5 *W*, za to však průměrně trvá asi 1000 hodin. To znamená, že některá z nich svítí i po dobu 1500, jiná zas 500 h.

Že vlivem napjetí světlost tak silně vzrůstá, souvisí s vlastností uhelného vlákna. Uhlí majíc vysoký specifický odpor 50 *O*, má také tu vlastnost, že zvýšením teploty se stává vodivějším. U žárovky klesá při zavedení proudu odpor až na polovici; pozorováno bylo, že za $\frac{1}{5}$ vteřiny stoupl proud z 0,15 *A* na 0,30 *A*.

Zvýší-li se napjetí, tu klesne odpor vyšší teplotou a tím se intensita proudu ještě zvýší. Proto jest lampa tak citlivá na kolísání napjetí.

Co se týče vakua, bývá rozšířen mylný náhled, že vzduch vyčerpává se jedině proto, aby žárovka neshořela v přítomnosti kyslíku. To však není příčina hlavní; vždyť bychom mohli naplniti nádobku plynem indifferentním, svítiplynem, dusíkem, vodíkem. Tu by však nastalo něco, co laik neočekává. Teplo by se totiž tak silně vyzařovalo, že by žárovka byla velmi horká a žárovka sama by spotřebovala dvakrát tolik energie, neboť by ztráta tepelná se musila nahrazovati, žárovka taková by více hřála než svítila. Uvažme naproti tomu, že ve zředěném vzduchu jest tak malé vyzařování tepla a tudíž tak malé zahřátí obalu, že, ačkoli vlákno má teplotu kolem 2000° C, přece lze žárovku v ruce držeti.

Vakuum tedy má hlavní účel zabrániti záření tepla a tím ztrátu energie, jakož i tím způsobené nebezpečí vysokého zahřátí obalu.

Z toho všeho pozorujeme, že žárovka jest pravým uměleckým kouskem, u níž není jediné součásti, jejíž účel by nebyl dobře promyšlen. I ony dva drátky platinové, na něž vlákna se připevňují a jež zajisté lampu zdražují, jsou nutné. Neboť roztaživost platiny a skla jest skoro stejná, i roztahuje se oteplením sklo i drátek stejně rychle a nemůže povstati ve skle trhlinka, jež by při jiném materiálu se objevila.

Po 30letém vývoji byla tedy žárovka tou měrou zdokonalena, že si nedovedeme představit ještě nějaké zlepšení. Přes to ona vlastnost, o níž jsme již dříve mluvili, ona velká spotřeba energie nutila vynálezce ohlížeti se po jiném materiálu při zhotovení žárovek. První vynález, jenž sliboval světlu elektrickému dáti onu pohřešovanou vlastnost malé spotřeby energie, byla

III. Nernstova žárovka.

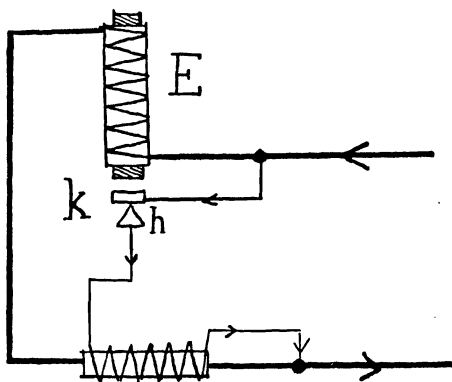
R. 1898 rozšířila se poprvé zpráva o nové lampě elektrické, sestavené profesorem Nernstem v Göttingách. Hlavní součástí jest tenký váleček z těžce tavitelných oxidů vzácných zemin (ku př. CaO , MgO). Tento vodič má při obyčejné teplotě tak veliký odpor, že jest prakticky nevodivým. Zvyšováním teploty jeho odpor však klesá, takže při žhavění má specifický odpor 2500 Ω .

Odpor žhavého válečku jest ku př. 220 Ω .

Z toho vyplývá, že nutno onen váleček předhřívati, což se děje spirálou platinovou, jež proudem žhavic váleček uvede na takovou teplotu, že se stane vodivým. Jelikož pak proud dále spirálou procházející by byl neúčinný, jest to zařízeno tak, že proud se ze spirály samočinně vypne, jakmile válečkem začne procházeti proud. Ze schematického obrázku č. 1. lze snadno celé zařízení pochopit. Před elektromagnetem E jest kotva k , jež v klidu jest přitlačována pružností ku hrotu h . Tudíž proud běží spirálou, hrotem a kotvou zpět; jakmile však váleček se zahřátím stane vodivým, může proud jíti elektromagnetem, jenž přitáhne trvale kotvu a tím proud ze spirály vypne. Mimo to

chráněna jest lampa před přílišnou intenzitou železnou spirálou ve skleněném válci uzavřenou.

Lampa Nernstova má tu výhodu, že není třeba žádného vakua, váleček může žhavěti na vzduchu. Ovšem je v tom skryto opět nebezpečí ohně od žhavého válečku. Spotřeba energie jest skutečně malá; neboť udává se na 1,5 až 1,8 W na svíčku. Tu bychom prosvítili za 10 hodin při 16 svíčkách asi 17 haléřů oproti 33 haléřům u uhelné žárovky. To znamená za 1000 hodin úsporu 16 K.



Obr. 1.

Lampy zhotovují se s výhodou pro vysoká napjetí 200 až 250 V dávající při tom světlo kol 250 svíček. Při větším napjetí jsou oekonomičtější. Bohužel tato výhoda lampy jest zastíněna nevýhodami do očí bijícími. Achillovou patou je ono předhřívání. Neboť zařízení k tomu nutné zdražuje lampu, zejména platinová spirála. Jsou také ovšem lampy nemající předhříváče a ty lze rozsvítiti, zahřejeme-li je sirkou. Zajisté dosti kuriosní zapalovat elektrickou lampu sirkou. Praktické ovšem takové rozsvícení není a nedá se ho všude užiti.

Trvání válečku jest také omezeno a bývá jen 400 hodin oproti 1000 hodinám obyčejné žárovky. Ke konci stává se váleček křehkým a ztrácí také na svítivosti. Nutno tedy váleček častěji obnovovat, čímž cena svícení stoupne.

Naděje až přemrštěné, jež se v tuto žárovku kladly, celkem zklamaly; proto nedošla lampa takového rozšíření, jak se očekávalo.

(Pokračování.)