

## Literatura

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 63 (1934), No. 4, 122--127

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122016>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1934

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>

## LITERATURA

### A. Recense.

*Odpověď p. prof. dru K. Teigeovi* na jeho Kritiku Sahánkovy teorie vzniku krátkých elektromagnetických vln z roku 1925.

V posledním odstavci na str. 59 ročníku 63 (1933) tohoto časopisu praví prof. Teige: „Zbývá ještě zabývat se S. výtkou, že nic nevím o českých pracích recensentových (Sahánkových) o tomto oboru. Já o těchto pracích velmi dobře vím, leč pokládal jsem za zbytečné se jimi zabývat ve své knize, poněvadž

1. jejich teoretické odvození pokládám za naprosto pochybené;
2. experimentální výsledky novějších prací jiných autorů tuto teorii vyvracejí.

O těchto tvrzeních poučí se čtenář v mém článku »Kritika Sahánkovy teorie atd.« na str. 64.“

Odpověď, kterou zde podávám, vznikla po delší písemné i ústní debatě mezi námi. Při rozmluvě pan prof. Teige přiznal, že zná jen prvé dvě moje práce o tomto oboru. Zdá se však, že prostudoval si jen prvou z nich z r. 1925. Ve vlastní kritice zabývá se jen touto. Jsou tedy svrchu citovaná tvrzení pana kritika jednak nepravdivá (nezná moje práce a předem je odsuzuje!), jednak nejsou ničím podepřena. Výtky p. kritikem přednesené mohou se tedy týkati jedině výsledků prvé mé práce.

Abych ukázal „co experimentální výsledky novějších prací jiných autorů“ o mých pracích prokazují, uvedu jen jeden citát z poslední doby. H. E. Hollmann ve své práci „Die ultradynamische Schwingungsanfachung durch Rückkopplung“, Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften 1933, na str. 5, ř. 12 zdola píše: „Im Verlaufe der zahlreihen in dieser Hinsicht ausgeführten Versuche ist von Sahánek eine Theorie bekannt geworden, die in vielen Punkten mit den vorliegenden Ergebnissen übereinstimmt,“ a na str. 21, ř. 10 shora: „Sahánek hat, von rein energetischen Erwägungen ausgehend, für die von einer Diode, auf die ja auch hier entwickelte Inversionstheorie zurückgeführt ist, gelieherte Energie den Ausdruck gefunden . . . dessen Verlauf in Figur 8 gestrichelt eingetragen ist.“ „Der Sahánsche Ausdruck stimmt mit dem Experiment (t. j. s výsledky Hollmannových měření) in Anbetracht der komplizierten Verhältnisse befriedigend überein.“

V kritice práce z r. 1925 na str. 64 snaží se pan kritik tvrzení pod 1. a 2. pronesená prokázati takto:

a) Prohlašuje za nepřijatelné zanedbání, které jsem učinil při výpočtu oscilační energie. Výrazy, ke kterým jsem došel počtem, platí podle kritiky „toliko tehdy, když doba pohybu elektronu mezi mřížkou a anodou je mnohem kratší (v kritice na ř. 10 stojí větší; pan prof. T. mi při rozhovoru sdělil, že se zde přepsal, správně že má zde státi kratší) než perioda elektromotorické síly“, což v oscilačních oborech mnou stanovených není splněno.

K tomu sděluji následující. Oscilační energii určil jsem početně za vhodných zjednodušujících předpokladů tak, že jsem určil jednak onu část energie, která se mění při dopadu elektronového proudu na anodu v teplo, jednak energii, kterou elektronový proud odnáší z prostoru anodamřížka na mřížku, nebo za mřížku do prostoru katodového. Výpočet nelze provésti přesně; při válcových elektrodách nelze jej ani vyjádřiti uzavřenou formou.

Z textu kritiky nebylo patrné, kde mělo nastati nepřípustné zanedbání. Při debatě mi však pan kritik předložil svůj „výpočet živé síly, se kterou elektron dopadá na anodu“ (tedy výpočet mnohem jednodušší, jen pro jeden elektron a mezi elektrodami rovinnými) — jako příklad, jak jsem měl správně při svém výpočtu postupovati. Rozumí se, že i v tomto počtu musel provésti určitá zanedbání, a to přesně stejná, jaká jsem učinil já při výpočtu druhé, svrchu uvedené části oscilační energie. Myslím, že pan prof. T. asi tento svůj výpočet otiskne a každý má pak možnost, srovnáním jeho výpočtu s textem mojí práce se přesvědčiti o správnosti mého tvrzení. Tím tedy zřejmě odpadá jeho námitka proti této části mé práce.

Při výpočtu energie měnící se na anodě v teplo užil jsem pro zjednodušení výpočtu předpokladu, že energie dopadajícího elektronu je dána okamžitou hodnotou napětí anoda-mřížka, aniž jsem se početně přesvědčil, zda v oscilačních oborech, k nimž výpočtem docházím, tento předpoklad vyhovuje. Přibráním této části energie do výpočtu nevyplývají z mého výkladu žádné nové důsledky, nýbrž se tím jen mění absolutní hodnota získávané energie oscilační a poloha hranic oborů kmitočtů, které lze lampou buditi. Ježto výsledky mých pokusů i (pozdějších) pokusů jiných autorů o ohrazení oborů dosti dobře souhlasily s počtem, byl jsem přesvědčen, že uvedený předpoklad nemá na početní výsledek zřetelný vliv a dále jsem se jím nezabýval. (Absol. hodnotu vznikající energie nedovedeme ještě dnes při tak vysokých kmitočtech s potřebnou přesností pokusně určit.)

V případě rovinných elektrod lze výpočet ztrát na anodě provésti stejně přesně, jako svrchu zmíněný výpočet energie, kterou elektronový proud z prostoru anoda-mřížka odnáší. Provedu tento výpočet v samostatném článku. Jsem vděčen kritice pana prof. Teigea, že mne přivedla k tomuto zkoumání, které může jen znamenati další zdokonalení mého výkladu v podrobnostech.

b) V kritice se mi dále vytýká, že jsem zanedbal vliv průniku na pohyb elektronu mezi katodou a mřížkou, čímž prý vznikla tak velká chyba, že výpočet energie pozbývá smyslu.

Ve skutečnosti je věc jiná. Předpokládal jsem při výpočtu lampu bez průniku, protože jinak je nemožno výpočet provésti. Lze tedy očekávat, že důsledky teorie budou kvantitativně tím lépe splněny, čím více se bude užitá lampa blížit této lampě ideální. (Průnik úplně odpadá u diod. Tam také odpadají ztráty energie na anodě a tedy podle mého výkladu musí býti buzení ultrakrátkých vln diodami nejen možné, ale dokonce energeticky velmi výhodné, což jsem v poslední době také pokusně ukázal: „Buzení Hertzových vln diodami“. Spisy přírod. fakulty Masarykovy university 1932.) Pokusně se skutečně ukázalo (jeden z příkladů bude uveden níže), že lampy s malým průnikem projevují při buzení ultrakrátkých vln vlastnosti, které kvantitativně velmi dobře vyhovují výpočtu. Okolnost, že však i vlastnosti lamp s větším průnikem se jen poměrně málo od počtu odchyľují, svědčí o tom, že vliv průniku není naprosto tak důležitý, jak pan kritik tvrdí.

Tedy tato námitka je zcela pochybená. Neboť pan kritik mi nemůže předpisovati, pro jakou lampu mám počet provésti, zvláště pak ne, abych počítal případ, který řešiti početně vůbec není možno. Idealisování děje, které jsem provedl, je ve fysice zcela obvyklé a pokus ukázal, že lze prakticky ideální děj uskutečniti. Ostatně vliv průniku na děje v lampě lze lehko odhadnouti. Nemohu se však touto věcí zde zabývati. V mých pracích i v pracích jiných autorů je celá řada zmínek o tomto vlivu.

c) Dále se v kritice uvádí, že výpočet poloměru virtuální katody  $\varrho_0$ , t. j. plochy, z níž si můžeme mysleti vystupovati s nulovou rychlostí elektro-

nový proud, od anody k mřížce se vracející, „je naprosto neodůvodněný. Kdybychom takto počítali, tak (prý) dokážeme všechno možné!“

K tomu zjišťuji, že v mé práci žádný výpočet pro  $\varrho_0$  není proveden! Na str. 8 jest přímo podán vztah

$$\varrho_0 = e^{\ln \varrho_a - V_0/V_R \cdot \ln \varrho_a / \varrho_m}, \quad (5)$$

kde  $\varrho_a$ ,  $\varrho_m$  jsou poloměry anody a mřížky (válcové),  $V_R$  je konstantní část napětí mřížka-anoda a  $V_0 = \frac{1}{2}(V_R - V_m + V_t)$ , kde  $V_m$  jest napětí mřížka-záporný konec katody,  $V_t$  je napětí žhavicí, t. j. potenciální rozdíl mezi konci katody.

Označíme-li  $V_{xa}$  potenciální rozdíl mezi bodem katody, který je ve vzdálenosti  $x$  od kladného jejího konce, tak na anodu nedopadnou ty elektrony, které vyšly z těch částí katody, kde je  $0 \leq V_{xa} \leq V_R - V_m + V_t = 2V_0$ , tedy z části katody, jež je kladnější anody. Elektrony, pro něž je  $V_{xa} = 0$  obracejí se těsně u anody, ostatní v nějaké vzdálenosti od ní, a to ve vzdálenosti tím větší, čím je  $V_{xa}$  větší. Ve skutečnosti jest ovšem  $V_{xa}$  malé proti  $V_R$ , takže body obratu jsou všechny zcela blízko u anody.

Střední poloměr obratu je pak rovný  $r_s = \varrho_0 = \frac{1}{2V_0} \int_{-2V_0}^0 r_x \cdot dV_{xa}$ . Při tom je

$r_x = r_a \cdot \left(\frac{r_m}{r_a}\right)^{\frac{V_{xa}}{V_R}}$ . Integrováním docházíme k hodnotě  $r_s = \frac{V_R \cdot r_a}{2V_0 \ln r_a/r_m} \times$   
 $\left(1 - e^{-\frac{2V_0}{V_R} \ln \frac{r_a}{r_m}}\right)$ . Rozvineme-li mocninu  $e$  v potenční řadu a vzhledem k tomu, že  $2V_0/V_R \ll 1$ , zanedbáme čtvrtý a další členy rozvoje, obdržíme

$$r_s = \varrho_0 = e^{\ln r_a (1 - V_0/V_R \cdot \ln r_a/r_m)}. \quad (5')$$

Vidíme, že ve výrazu (5') v mé práci vypadla při tisku za  $\ln \varrho_a$  závorka a jednička. (Výraz (5') je též, na rozdíl od (5), rozměrově správný a je vidět, že čím  $V_0$  bude menší, tím více se bude  $\varrho_0$  blížit  $\varrho_a$ .)

Pan kritik, když jsem jej upozornil, že jde o tiskovou chybu a nikoliv „o podivné počítání, kterým lze všechno dokázat“, mi sdělil, že jeho „vypočítaná hodnota se liší od této hodnoty o jistý faktor“. Bude tedy nyní na něm, aby ukázal, kde v právě uvedeném mém výpočtu je chyba, kde mi ten „jeho faktor“ vypadl. Ale nejen to. Pan kritik dále tvrdí, že tato tisková chyba se vleče celým výpočtem, že pro veličinu  $x = \sqrt{\ln \varrho_0/\varrho_m}$ , dále v mé práci se vyskytující „podle Sahánkem opraveného vzorce plyne hodnota podstatně jiná, než ke které dospěl Sahánek ve své práci! Jelikož pak tato hodnota rozhoduje o celém výpočtu, plyne z toho zcela jasně pochybenost celého výpočtu!“

Na str. 10 vztah (10) mé práce stanovím hodnotu  $x$  výrazem

$$x = \sqrt{\frac{V_R - V_m - V_t}{2V_R} \ln \frac{r_a}{r_m}}. \quad (6)$$

Dosadíme-li do výrazu  $x = \sqrt{\varrho_0/\varrho_m}$  za  $\varrho_0$  opravenou hodnotu (5'), dostaneme

$$x = \sqrt{\ln \left[ \frac{r_a}{r_m} \left(1 - \frac{V_0}{V_R} \cdot \ln \frac{r_a}{r_m}\right) \right]}.$$

To je výraz, který T. uvádí jako správný a o němž tvrdí, že „jeho hodnota je podstatně jiná než hodnota (6)“. Vzhledem k tomu, že při používaných lampách je  $V_0/V_m \cdot \ln r_a/r_m \ll 1$ , obdržíme rozvinutím logaritmu v řadu přibližný vztah

$$x = \sqrt{(1 - V_0/V_R) \ln r_a/r_m} = \sqrt{\frac{V_R - V_m - V_t}{2V_R} \ln r_a/r_m},$$

což je můj vztah (6). Ve vztahu (5) jde tedy skutečně jen o chybu tiskovou, žádná chyba se netáhne celým výpočtem.

Byl jsem nucen tento výpočet zde podrobně uvést, ježto pan kritik při naší debatě houževnatě na svém tvrzení trval a vyvozoval z něho prostou pochybenost celého mého výkladu, ačkoliv je ze vztahu přímo patrné, že je prakticky  $q_0 = q_a$ ; že v blízkosti anody je pole nejslabší a tedy energetické změny nejmenší, takže by ani nemohla vzniknouti patrná chyba, kdybychom kladli přímo  $q_0 = q_a$ .

Tím jsem vyčerpal všechny námitky Teigeovy proti teoretické části mé práce. Další tvrzení: „výsledky pokusů mluví proti ní“ podpírány jsou v kritice takto:

1. „Na str. 26 naměří S. délku (vlny) 100 cm, zatím co podle teorie by měla býti 60 cm. S. však tuto chybu vykládá (z větší části) prostorovým nábojem, aniž by ukázal, že prostorový náboj bude vskutku působiti odchylku ve směru označeném.“

K tomu poznamenávám, že uvedený výsledek jest na str. 23 a nikoliv 26 v mé práci, kde však v ř. 10 zdola výslovně pravím, že celý tento nesouhlas nelze připsati prostorovému náboji. Vysvětluji jej naopak z větší části nepřesností měření poloměrů elektrod (zvláště mřížky) a velkým průnikem použité lampy (jiné jsem tehdy neměl ještě k dispozici!). V mé práci, v tomto časopise v roce 1930 otištěné, mohl se pan prof. Teige přesvědčiti na str. 187, že při užití lampy s malým průnikem (síťková hustá mřížka) a při přesnějším určení poloměrů elektrod (byly mnohem větší) je souhlas mezi měřením a výpočtem velmi dobrý (naměřená vlna byla 105 cm, vypočítaná 101 cm). Ježto pak prostorový náboj skutečně působí ve směru, který já udávám — což pan kritik při našem rozhovoru nahlédl — a podle Kapzova a Gwosdóvera (Z. f. Physik, 45, 1927, str. 123, obr. 7) obnáší prodloužení vlny vlivem prostorového náboje jen několik málo procent, je souhlas mojí teorie s pokusem v tomto bodě naprostý.

Námitku právě projednanou bere tedy pan kritik zčásti zpět. Zbývající část vyvracím poukazem na to, že je v kritice nesprávně reprodukováán můj text a při užití lampy vyhovující předpokladům, které jsem při výpočtu použil, je mezi pokusem a počtem úplná shoda.

2. Dále se v kritice tvrdí: „Podle S. by krátké vlny měly vystupovati toliko v okolí anodového napětí, kde nastává rychlé klesání anodového proudu. To však není (viz na př. W. Orgel 1933) pravda.“

Zde pan kritik chce poraziti můj výklad tím, že z něho vyvozuje a srovnává s pokusem něco, co z výkladu vůbec nevyplývá a ani vyplývati nemůže. Na str. 6, II. kapitola, přímo pravím, že v dalším se vyšetřuje, zda v oboru anodového proudu T. uváděném mohou oscilace vznikati! O tom, co se bude díti za jiných podmínek, není proto možno z výsledků v této práci získaných naprosto nic usuzovati. Tedy ani to, že mimo tento obor nemohou oscilace vznikati, ani — jak v debatě pan kritik své tvrzení pozměnil — že při přechodu z tohoto oboru do jiného musí vznikati rozpojitosti, nebo skoky v intenzitě buzených oscilací.

Ve své pozdější práci (Sahánek: „K problému buzení netlumených elektrom. vln“, Spisy přír. fak. M. univ. 1930) jsem naopak ukázal, že i v sousedních oborech je proces buzení vln Hertzových zcela obdobný, takže podle mé teorie nelze očekávati při přechodu z jednoho oboru do druhého nějaké rozpojitosti (což souhlasí s výsledky W. Orgela).

Tím jsem vyčerpал všechny námítky Teigeovy a doufám, že jsem jasné prokázal naprostou neoprávněnost nepříznivé kritiky mé práce.

Sahánek.

*Odpověď panu univ. doc. dr. J. Sahánkovi.* Sahánek ve své odpovědi nevyvrací přímo mé námítky proti své teorii, nýbrž prostě se odvolává na to, že jiní autoři užili téhož postupu a že jeho teorie je potvrzována experimenty.

Avšak při přibližných výpočtech platí spíše než kdekoli jinde přísloví: „Činí-li dva totéž, není to totéž“.

Gill a Morrell, na jejichž postup se Sahánek odvolává, mají i na mřížce i na anodě dosti vysoký potenciál, takže doba dráhy elektronu mezi mřížkou a anodou může být považována za krátkou proti době oscilace kmitajícího okruhu, takže energie, se kterou dopadne elektron na anodu, můžeme počítati tak, jako by se elektron pohyboval v elektrostatickém poli. Do recense se mi vloudila chyba. Správně má tam státi, jako zde, že tato doba musí být krátká, neboť jinak nemáme uvedený případ kvasistacionární. To je tak zřejmé, že každý na zmíněné přepsání musí přijíti. Přesto uvedení autoři jsou si vědomi, že jejich výpočet je toliko přibližným, což vyjádřili slovy: „The theory on which the calculations are based can only be expected to account for the main factures of the experiments.“

Není dále pravdou, že poměry napětí u Gilla a Morella jsou tytéž jako u Sahánka, vždyť Sahánek počítá vlastně toliko případ kritického napětí, kdy anodové napětí se blíží napětí katodovému, k čemuž se ještě vrátíme.

U Sahánka druhý člen ve výrazu pro voltovou rychlost dopadajícího elektronu na anodu

$$(V_m - V_R) - E_0 \sin \frac{2\pi}{T} t,$$

musí být tak přesný, že možno počítati i s druhou mocninou tohoto malého výrazu. U Sahánka totiž na str. 7 máme v závorce výraz

$$(V_m - V_R)^2 - 2E_0 (V_m - V_R) \cdot \sin \frac{2\pi}{T} t + E_0^2 \cdot \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

Ten má tři členy různé velikosti. Prvý člen, základní, je toliko přibližný, neboť zanedbává průnik, druhý pak člen, malý proti prvním, je taktéž toliko přibližný, neboť vznikl násobením dvou veličin, z nichž každá je toliko přibližná. Prvá  $(V_a - V_R)$  zanedbává průnik, druhá předpokládá elektrostatické pole v lampě; třetí člen je malý druhého řádu. A tu základní chyba celého výpočtu je ta, že celý výpočet se redukuje na malé veličiny druhého řádu, zatím co základní veličiny jsou již toliko přibližné. A v tom je absurdnost celého výpočtu. Druhá námítka týká se výpočtu energie uvedené pod c) na str. 7. Nejen že tam máme všechny chyby, které jsme právě uvedli, nýbrž setkáváme se zde ještě s jakousi střední hodnotou polo-měru virtuální katody, při čemž tato střední hodnota je jakýmsi prapodivným způsobem počítána. Když jsem tuto střední hodnotu počítal integrováním, tak, jak se střední hodnoty počítají, dospěl jsem k hodnotě zcela jiné. Sahánek to vysvětluje tiskovou chybou a říká, že tam má být

$$e_0 = e^{\ln e_a (1 - V_m/V_R \ln e_a/e_m)}.$$

Ale moje vypočítaná hodnota se liší od této hodnoty o faktor

$$e^{-V_m/V_R \cdot \ln e_a/e_m}.$$

I když od tohoto faktoru abstrahujeme, tu uvedená hodnota  $e_0$  by mohla být snadno tiskovou chybou — jenomže další výpočet, a to vzorec (10) na str. 10, kde je

$$x = \sqrt{\ln \frac{\varrho_0}{\varrho_m}} = \sqrt{\frac{V_R + V_m - V_t}{2V_R} \cdot \ln \frac{\varrho_a}{\varrho_m}}$$

nás poučuje, že Sahánek počítá na základě chybné hodnoty v práci uvedené, a že to tedy není toliko místní chyba, nýbrž chyba jdoucí celým výpočtem. Podle vzorce, kde podle Sahánka je tedy tisková chyba,

$$\varrho_0 = e^{\ln \varrho_a - V_0/V_R \cdot \ln \varrho_a/\varrho_m}$$

plyne

$$\ln \varrho_0 - \ln \varrho_m = \ln \varrho_a - \frac{V_0}{V_R} \cdot \ln \frac{\varrho_a}{\varrho_m} - \ln \varrho_m,$$

odkud máme přímo

$$\ln \frac{\varrho_0}{\varrho_m} = \left(1 - \frac{V_0}{V_R}\right) \ln \frac{\varrho_a}{\varrho_m} = \frac{V_R + V_m + V_t}{2V_R} \ln \frac{\varrho_a}{\varrho_m}.$$

Podle vzorce Sahánkem opraveného pak plyne

$$x = \sqrt{\ln \frac{\varrho_a}{\varrho_m}} = \sqrt{\ln \left[ \frac{\varrho_a}{\varrho_m} \cdot \left(1 - \frac{V_R - V_m + V_t}{2V_R} \cdot \ln \frac{\varrho_a}{\varrho_m}\right) \right]},$$

což je hodnota podstatně jiná, než ke které dospěl Sahánek. Jelikož pak tato hodnota rozhoduje o celém výpočtu, plyne z toho zcela jasně pochybenost celého výpočtu.

Tím jsem zcela jasně ukázal, že Sahánkovi se nepodařilo otřásti žádnou z mých námitek proti jeho teorii. Pokud jde o experimentální potvrzení Sahánkovy teorie, tu si nutno nejprve uvědomiti toto: Celá Sahánkova teorie je budována toliko pro případ, kdy anoda je na potenciálu některého bodu kolem středu katody. Pro jiný případ anodového napětí pak přirozeně Sahánkův výklad neplatí. Avšak mění-li se spojitě napětí anody, jak to ukázal W. Orgel, tu při uvedeném napětí intenzita vzniklých kmitů nijak se neliší od intenzity kmitů při jiných napětích, ba ani žádné maximum, nebo nějaká diskontinuita v intenzitě vzniklých kmitů nenastává. Proto tímto experimentálním faktem padá celý Sahánkův výklad.

Celkem je tedy patrné, že Sahánek neotřásl mými námitkami, ani pokud jde o teoretické zpracování, ani pokud jde o experimentální potvrzení jím postavené teorie.

K. Teige.