

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Rostislav Košťál

Život a dílo profesora Dr. Josefa Zahradníčka

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 2 (1957), No. 3, 303--319

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137215>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1957

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>

Dr ROSTISLAV KOŠTÁL

ŽIVOT A DÍLO PROFESORA Dr JOSEFA ZAHRADNÍČKA

Professor Dr Josef Zahradníček působil dlouhá léta jako profesor experimentální fyziky na Masarykově universitě v Brně. V roce 1956 se dožil 75 let. Pobočka JČMF uspořádala u příležitosti tohoto jubilea v říjnu 1956 přednášku o životě a díle prof. Zahradníčka, kterou proslovil Dr R. Košťál, profesor Vysokého učení technického v Brně.

Professor Zahradníček patří k vynikajícím představitelům české fyziky a svým dílem přispěl k udržování tradic české fyziky, založených Strouhalem a Kolářkem, jejichž byl žákem.

Redakce

Dne 9. srpna 1956 dožil se experimentální fyzik univ. profesor Dr Josef Zahradníček sedmdesáti pěti let.

Professor Zahradníček je syn továrního dělníka z moravského Horácka. Narodil se v Třebíči 9. srpna 1881. Jeho dědeček byl tkalcem a otec i matka se také původně věnovali tomuto zaměstnání. Otec Zahradníčkův odešel v jeho mládí jako dělník do továrny, odkud roku 1921 — ve svých sedmdesáti letech — šel do pense, kterou požíval jen krátkou dobu; zemřel v r. 1925. Matka, která byla o 10 let mladší otce, dožila se pěkného věku — zemřela v r. 1951, několik měsíců před dovršením sedmdesáti let svého syna.

V roce 1893 začal Josef Zahradníček studovat v rodném městě Třebíči na gymnasiu. Sociální podmínky ke studiu nebyly příznivé, finanční podpory z domova neměl. Peníze si musel vydělávat, na knihy se peněz nedostávalo. Svou schopností a pílí překonal všechny tyto překážky a dne 20. července 1901 vykonal s vyznamenáním zkoušku dospělosti. Po prázdninách odešel do Prahy na filosofickou fakultu Karlovy university, kde studoval matematiku a fyziku ve stud. letech 1901/02 až 1904/05. Tam poslouchal přednášky profesorů Strouhala, Kolářka, Ed. Weyra, Studničky, Petra a jiných. V roce 1905 pracoval v ústavě prof. Kolářka a dne 16. prosince 1905 vykonal zkoušku z matematiky a fyziky a hned za dva měsíce — 10. února 1906 — doktorát z theoretické a experimentální fyziky.

Po dokončení vysokoškolských studií působil na středních školách, a to od



1. ledna 1906 do 14. září 1907 na gymnasiu v Boskovicích, od 15. září 1907 do 31. srpna 1919 — tedy celých 12 let — na gymnasiu v Kroměříži a od 1. září 1919 na I. státní reálce v Brně, Antonínská ul. To bylo jeho poslední gymnasijsní působišťe, z něhož 1. července 1930 přešel úplně na vysokou školu. Po celou dobu této učiteléské činnosti byl na ústavech správcem fyzikálních sbírek a vedl fyzikální cvičení.

Při zakládání Masarykovy university nastoupil 1. září 1921 jako asistent ústavu experimentální fyziky na přírodovědecké fakultě u profesora Dr. Bedřicha Macků; asistentskou práci vykonával vedle činnosti na reálce. Teprve od 1. září 1923 měl úplnou dovolenou na střední škole. Na Dr. Zahradníčkovi, prvému asistentu ústavu, spočívala tehdy celá tíha realizace přebudování jedné z budov bývalého chudobince na fyzikální ústav. Věnoval se vybavování ústavu měřicími přístroji pro laboratorní cvičení, demonstračními přístroji pro přednášky i pro demonstrační cvičení posluchačů. Vedl praktická laboratorní cvičení posluchačů, připravoval experimenty ke speciálním přednáškám a zastupoval přetíženého jediného profesora experimentální fyziky Dr. Macků.

Jako asistent ústavu experimentální fyziky habilitoval se 3. března 1929 pro experimentální fyziku a po předčasné smrti prof. Dr. Macků byl jmenován 1. července 1930 mimořádným profesorem experimentální fyziky a ředitelem ústavu a od 28. října 1938 řádným profesorem. Jako profesor konal kromě přednášek pro budoucí učitele škol III. stupně ještě od r. 1934 přednášky z lékařské fyziky na lékařské fakultě Masarykovy university až do příchodu prof. Dr. Viktora Teisslera z bratislavské university před druhou světovou válkou. Kromě toho připravoval učitele pro měšťanské školy v kursech na přírodovědecké fakultě. Do konce stud. roku 1933/34 měl speciální přednášky, od studijního roku 1934/35 převzal úvodní přednášky a ponechal si jen některé přednášky speciální.

Za okupace byl dán 1. srpna 1940 spolu s jinými vysokoškolskými profesory na dovolenou s čekatelem. Okupace byla tak pro něho i dobou velmi krutého odloučení od práce, ke které za svého působení na vysoké škole přilnul a které se svědomitě věnoval. Bylo to odloučení od ústavu, ve kterém pracoval pravidelně vždy od časných hodin ranních až do večerních, ve všední dny i o nedělích a svátcích. V květnu 1945 se vracel do ústavu, aby jej znovu upravil pro potřebu přírodovědecké fakulty. Působil jako jediný profesor experimentální fyziky přírodovědecké fakulty až do konce studijního roku 1952/53, kdy odcházel do výslužby.

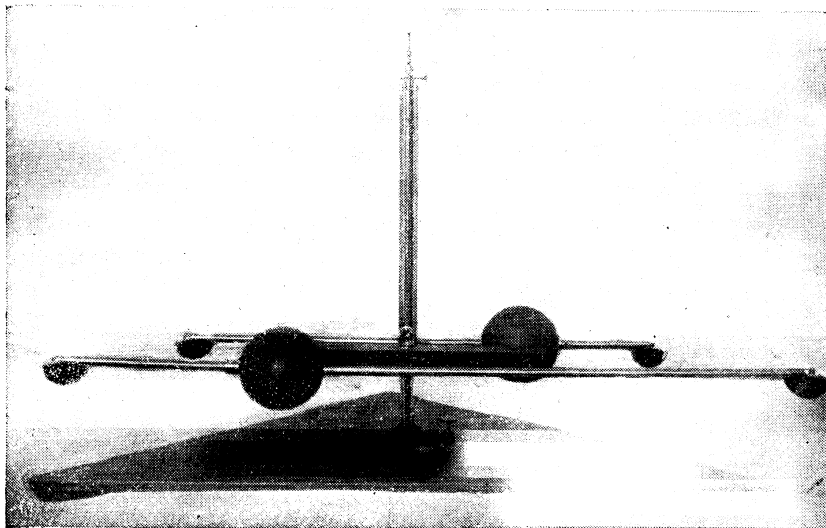
Vědecká činnost prof. Zahradníčka zasahuje do všech oborů fyziky. Můžeme ji rozdělit na činnost vyplývající z působení na gymnasiích a na činnost vyplývající z působení na vysoké škole.

Na gymnasiích začal s publikacemi ve výročních zprávách gymnasia v Kroměříži. Zde uveřejnil v r. 1908 práci *Aberrance* (93) a v roce 1909 práci *Problém dvou těles* (94). Svě zkušenosti z fyzikálních laboratoří na gymnasiu uložil v knížce *Fyzikální praktikum* (112), která vyšla v roce 1911 v Kroměříži, a pak ve výroční zprávě gymnasia v Kroměříži v r. 1913 (95). Práce na gymnasiu přilákala jej v té době i k matematice; ve výroční zprávě gymnasia v Kroměříži v r. 1914 pojednal o vyučování trigonometrii (96) a v Časopise pro pěstování matematiky a fyziky publikoval v r. 1918 článek z analytické geometrie o kuželosečkách (61) a v r. 1920 článek *O některých křivkách odvozených z kuželoseček* (64).

Z činnosti na gymnasiu v Kroměříži a na reálce v Brně vyplynuly práce pojednávající o úlohách ve fyzikálních cvičeních a o pokusech demonstračních v před-

náškách. Jsou to články *Z fyzikálního praktika* (62), *Rubensova trubice* (63), *Stroboskopická metoda ve fyzikální praxi* (65, 66) a článek *Versuche mit der Rubenschen Flammenröhre* (85) publikovaný v roce 1920.

Za působení na vysoké škole uveřejnil nejdříve v r. 1922 kratší článek v *Rozhledech matematicko-přírodovědeckých* *O interferenci vln elektromagnetických* (86) a v roce 1925 článek *Zrcadlo kuželové* (87).



Obr. 1

Působením na vysoké škole byly mu zlepšeny podmínky k vědecké práci. Jeho práce zasahují do všech oborů fyziky: mechaniky, akustiky, termiky, elektřiny a magnetismu, optiky a atomistiky.

Práce z mechaniky se týkají gravimetrie, kmitů a měření modulů pružnosti.

Prvá jeho publikace z gravimetrie vyšla v roce 1927 v didakticko-metodické příloze *Časopisu pro pěstování matematiky a fyziky* (68). V tomto oboru začal od statické metody měření gravitační konstanty (68). K měření použil gravimetru konstruovaného v ústavě, který byl zjednodušeným typem gravimetru Eötvösova a který během doby upravoval. Podstatný rozdíl proti gravimetru Eötvösovu byl v tom, že použil jen jednoduchých obalů — nikoliv trojitých, jak mají Eötvösovy gravimetry. Původní gravimetr měl závěs křemenný, další gravimetry byly sestrojovány se závěsem platino-iridiovým o průměru asi 0,04 mm. Vahadlo bylo vodorovné z hliníkového drátu a neslo na konci olověné kuličky; bylo v mosazné trubici, k níž byla připojena trubice nesoucí otáčivou hlavu s připevněným závěsem. Trubice byla opatřena trojnožkou se stavěcími šrouby. Výchylka byla způsobována těžkými olověnými koulemi, které se posunovaly na tyčích rovnoběžných s vahadlem a stavěly se před malé kuličky gravimetru (obr. 1). Z původní a výsledné polohy po uklidnění vah — tedy statickou metodou — lze tímto zařízením určit gravitační konstantu (68,6). Aby bylo možno přesně vypočítat gravitační

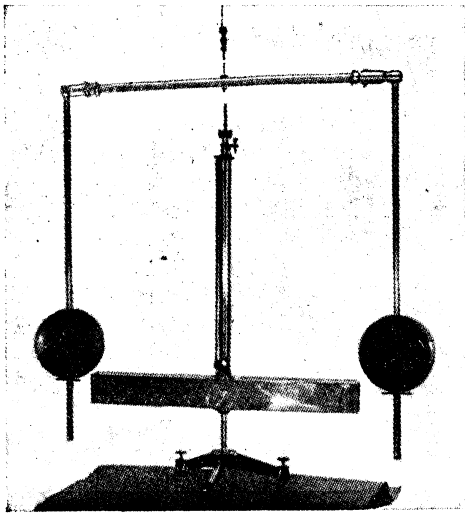
konstantu, všímá si netoliko vzájemného působení velkých a malých koulí, nýbrž zavádí i korekční členy vyjadřující silové působení velkých koulí na vahadlo (6).

Pro demonstraci zákona Newtonova potřeboval váhy s velkým útlumem. Proto na konci vahadla přidal hliníkové plechy, které pohyb tlumily.

Vedle tohoto, t. zv. horizontálního variometru, konstruoval vertikální variometr, u něhož vahadlo bylo tvaru Γ nebo \perp , tedy v úpravě Schweydar—Bambergově, a neslo na koncích olověné kuličky nebo válečky. Těmito variometry lze určit složky změny vektoru gravitační intenzity $\frac{\partial g}{\partial x}$, $\frac{\partial g}{\partial y}$ a $\frac{\partial g}{\partial z}$ tím, že se tyto gravimetry natáčejí do různých azimutů vyznačených na připojeném kruhu a měří se přitom doba kyvu. Doba kyvu vychází různá v různých azimutech.

Používané gravimetry mají dlouhou dobu kyvu a proto si všiml nejprve měření doby kyvu gravitačních vah (3 a 6). Nulovou polohu vah počítá z bodů obratu (určovány jsou na stupnici s dalekohledem). Aby určil dobu kyvu, měří doby průchodů jednotlivými délkovými intervaly mezi body obratu; tyto intervaly zmenšuje při druhém, příp. dalším kyvu. V intervalu, který je nejrychleji proběhnout, leží rovnovážná poloha vah a příslušnou dobu průchodu určí interpolací. Později měřil doby kyvu užitím dvou stopek (34).

V době jeho práce v tomto oboru vyšla práce J. Kunze »Resonanzmethoden für die Bestimmung der Gravitationskonstanten G« ve *Physikalische Zeitschrift* 31, 764, 1930. Na této metodě již sám pracoval a proto hned po vyjití Kunzovy práce upozornil na některé její nedostatky (40). Zahradníček použil k této metodě (6, 42) dvou torsních kyvadel (obr. 2) — gravimetru jako vah sekundárních a těžkých torsních kyvadel jako vah primárních. Koule primárních vah (5 kg nebo 10 kg) kývaly kolem gravimetru. Rovnovážnou polohu měly oboje torsní váhy v jedné vertikální rovině. Nastavení stejných period obou kývajících soustav bylo dosaženo změnou momentu setrvačnosti primárních vah.



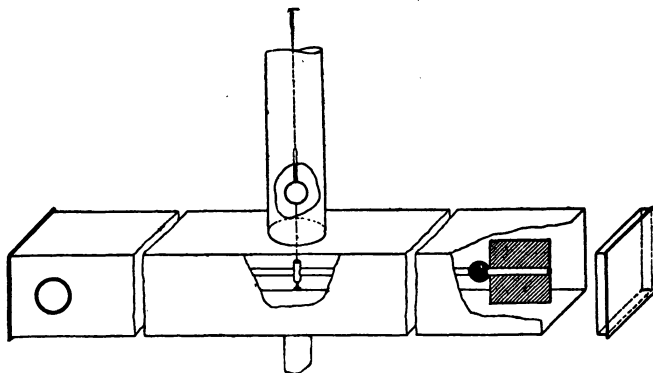
Obr. 2

i vynucených kmitů odvodil výraz pro gravitační konstantu. Při měření bylo postupováno tak, že z klidové polohy vychýlil primární váhy, které byly takřka netlumené. Při kmitavém pohybu primárních vah vynutily se kmity na vahách sekundárních a určil jejich amplitudu. Při přesnějším měření přihlédl i k útlumu primárních vah.

Tuto metodu upravil pak na metodu dynamickou (6, 42). Sekundární váhy při této metodě konaly pohyb při pevné poloze primárních vah, a to jednou v jejich poli axiálním — vertikální roviny proložené koulemi u obou systémů splývaly — nebo v jejich poli ekvatorálním — když tyto roviny byly navzájem kolmé. Z obou period těchto kmitů lze určit pak gravitační

konstantu. Přitom opět neomezují se jen na silové působení koulí, nýbrž počítá i korekce na vahadlo. Tato metoda je obdobná metodě Eötvösově, který použil k měření dvou olověných sloupů, mezi nimiž kývaly torsní váhy buď v poloze axiální nebo ekvatoreální.

Zahradníček uvažoval též o určování gravitační konstanty z frekvence gravimetru, když jsou primární koule v klidu v poloze axiální, a z frekvence, když jsou primární koule odstraněny. Měření horizontálním variometrem v různých azimu-



Obr. 3

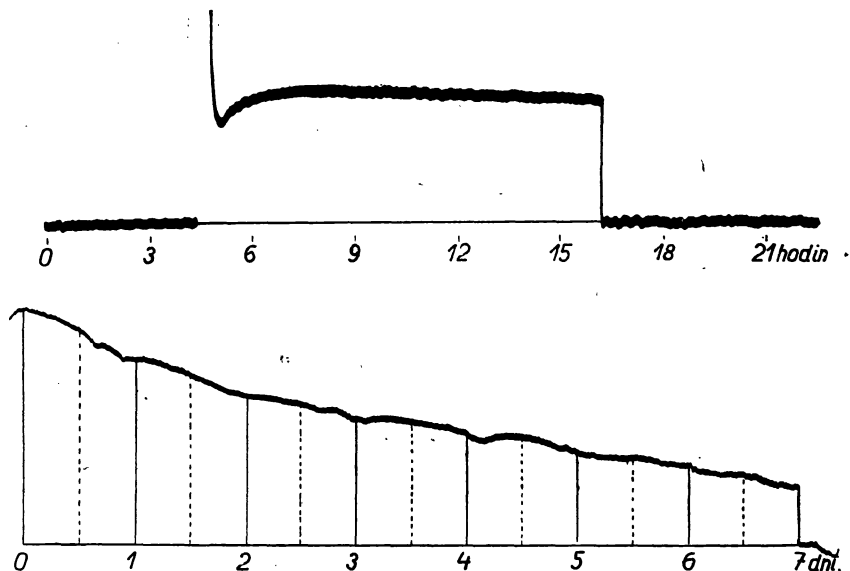
tech je tedy vlastně metodou dynamickou, při níž je pole způsobeno naší Zemí (11).

Zahradníček zabýval se též elektrickým gravimetrem (47). Podstatou tohoto přístroje jsou dva oscilační obvody vysoké frekvence se samoindukčnostmi a kapacitami přibližně stejnými. Při změně kapacity v jednom obvodu vzniká diferenční kmit. V jednom oscilačním obvodu je otočný kondensátor s mikrometrickým pohybem, v druhém pak kondensátor vytvořený dvěma deskami, z nichž jedna je zatížena na prohyb závažím. Se změnou intenzity gravitačního pole souvisí změna vzdálenosti desek a tedy změna kapacity. Byly-li oba obvody nastaveny na stejnou frekvenci, lze z rázů určit změnu frekvence, a tedy i změnu intenzity gravitačního pole. Pojednání o tom napsal se svými asistenty Dr Gajdošem a Nesporem. Přednost tohoto gravimetru proti obvykle užívanému gravimetru Haalckovu jest v jednoduchosti a rychlosti práce.

Konstruovaného gravimetru použil též pro měření aktivity radiových preparátů (53, 5, 41, 12). Od dřívějších metod, u nichž šlo vždy o měření proudu, resp. poklesu napětí mezi deskami kondensátoru způsobeného ionisací paprsky Roentgenovými nebo látek radioaktivních, liší se tato metoda tím, že nepoužívá vůbec kondensátorů, nýbrž jen vhodně upravených torsních vah. Vahadlo torsních vah opatřil na konci kromě kuličkou ještě destičkami z tenkého hliníkového plechu. Proti destičkám byly v kovovém obalu kruhové otvory přikryté z vnější strany lístkem alumina tloušťky 0,005 mm. Pod folií byla okénka přelepena tenkým papírem, aby se zabránilo případnému protržení folie při nárazu vahadla (obr. 3).

Radioaktivní preparát kladl do vhodné vzdálenosti před okénko. Pokusy provedl jednak s radonem v množství asi 100 millicurie bezprostředně po zatavení emance do tenkých kapilár, jednak s preparátem chloridu radnatého o množství

159,1 mg, 42,04 mg a 4,90 mg radia. Ve všech případech se vždy rameno vah, k němuž byl přiblížen radioaktivní preparát, přitáhlo k preparátu. Lze to vysvětlit tím, že kolem radioaktivní látky vzniká pole elektrické a pohyblivá tělesa (vahadla torsních vah) snaží se dostat do míst o největší intenzitě elektrického pole.



Obr. 4

Během prvních čtyř hodin po vyrobení preparátu radonu zjistil narůstání aktivity, pak ubývání podle exponenciely, jak ukazuje obr. 4. Horní obrázek zachycuje průběh chodu vah před vložením preparátu, za působení preparátu po 12 hodin a po odstranění preparátu. Dolní obrázek zachycuje ubývání aktivity během 7 dní. Z těchto křivek určoval koeficient rozpadu. Při působení preparátu radia nenastalo, během doby zmenšování výchylky pro malý rozpadový koeficient radia. Dále si všiml závislosti aktivity na vzdálenosti preparátu od vah a pak absorpce deskou hliníkovou a platinovou a z měření určoval koeficient absorpce.

K měření radioaktivity vrátil se znovu v roce 1936, kdy si všiml měření nejen torsními vážkami, ale i elektrometrem a fotočlánkem (12). Uvádí, že nejvhodnější pro laboratorní práce je metoda elektrometrická. Metoda fotoelektrická (užitím selenového článku) je méně přesná. Metoda torsních vážek hodí se pro větší množství.

Souborně o pracích z oboru gravimetrie pojednal v Zeměměřičském obzoru, a to jednak v práci *O přístrojích gravimetrických* (59), jednak v práci *Měření Eötvösovými gravimetry* (60). V první práci věnoval pozornost vahám Eötvösovým jednoduchým i dvojitým, původním i v úpravě Schweydarově (Askania), ale kromě toho pojednal zde i o statickém gravimetru Haalckově, bifilárním gravimetru Schmidově, horizontálním kyvadle, o gravimetru Holweckově—Lejayově a o elektrickém gravimetru. V druhé práci pojednal o Eötvösových vahách, jejich theo-

rii a úpravě původní i úpravě Schweydarově, pak o měření ve třech, čtyřech a pěti azimutech.

Z těchto problémů gravimetrických vznikla práce *Tvar a hmota Země* (18). Vychází ze vztahu pro hodnotu intenzity tíže zemské, který byl přijat na mezinárodním sjezdu geodetů a geofysiků v roce 1930 ve Stockholmu, místo dřívější užívané hodnoty Helmertovy, a určuje hodnotu zploštění Země a z hodnoty pro gravitační konstantu určuje hmotu Země a střední hustotu Země. Tyto hodnoty vyšly mu poněkud jiné, než se dosud uvádělo v literatuře, a proto na ně upozornil.

Nejen silové pole gravitační, nýbrž silová pole vůbec byla předmětem jeho zájmů. Bylo to vidět nejen na přednáškách pro posluchače, nýbrž i na přednáškách pro středoškolské profesory. V nich, na př. v r. 1931 (91), vykládal nejen silové pole gravitační i s teorií Eötvösových vah, nýbrž i pole elastické, pole akustické a pole elektromagnetické. Pro vyšetřování pole akustického užíval Rayleighovy destičky, s jejíž teorií i užitím seznamoval posluchače. U pole elektromagnetického zdůrazňoval tlak elektromagnetického záření a poukazyval na první pokusy, které provedl v letech 1898—1910 Lebeděv a kterými byl změřen světelný tlak. Pro opakování klasických pokusů Lebeděvových sestavil v ústavě torsní vážky podobné gravimetrům, u nichž vahadlo mělo vedle kuliček (resp. válečků) aluminiové plíšky a prostor uvnitř vah byl vyčerpán. Světelným paprskům postavil do cesty kyvetu s vodou, aby bylo odstraněno tepelné záření. Tento přístroj byl nepoměrně citlivější než zařízení Lebeděvovo (91).

Veškerá měření na gravimetrech podrobil na konec otázce, zda se při působení silovém uplatňuje jen síla Newtonova či zda se uplatňuje i síla Coulombova (20).

Své přednášky z toho oboru shrnul do publikace *Základy gravimetrie* (104).

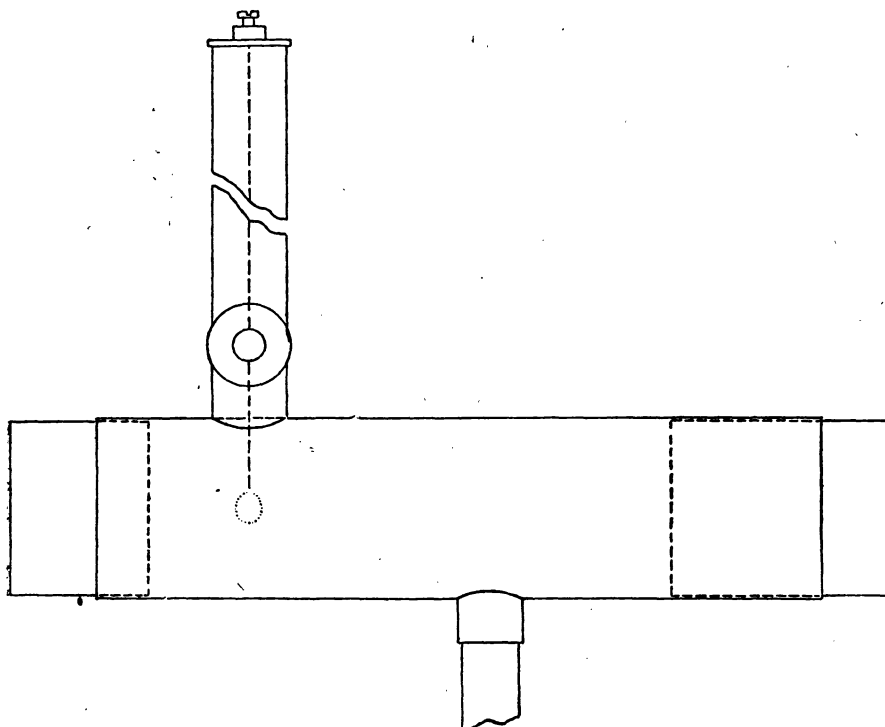
Druhým velkým oborem, v němž prof. Zahradníček pracoval, bylo studium kmitů vůbec a zvláště pak studium spřažených kmitů. Mohli bychom do tohoto oboru zařadit i velkou část předcházejícího oboru, poněvadž při užitém zařízení šlo vždy o kmity volné příp. i vynucené, jako na př. u metody rezonanční. Práce zde zařazené se však liší od předcházejících svým účelem — vlastním studiem kmitů. V tomto oboru zabýval se především studiem spřažených torsních kmitů (31). Použil k tomu dvou torsních kyvadel, z nichž každé mělo za vahadlo zmagnetovanou ocelovou tyč se dvěma koulemi o hmotě asi po 5 kg. Torsní váhy byly postaveny do magnetického poledníku. Zabýval se pohybovými rovnicemi a jejich řešením. Spřažené kmity zachycoval na autografické válce za různých podmínek.

K otázce spřažených torsních kyvadel vracel se několikrát (35, 49, 17). Řešil pohyb těchto kyvadel a vztahy verifikoval z počtu rázů, správněji z počtu minim v amplitudě. Svou pozornost obrátil i k více spřaženým kyvadlům, ale jen ve speciálních případech (17).

Torsních kyvadel jak lehkých, tak i těžkých, používal ke zjištění — detekci — otřesů způsobených dopravními prostředky i periodického pohybu vynuceného na budovách chodem strojů a pod. (9).

Zaměřil se speciálně na netlumené kmity a ukázal, že je třeba k tomu klesající charakteristiky příslušného systému. Všiml si proto energie, která se musí dodávat kyvadlu v hodinovém stroji a která se musí regulovat stoupacím kolečkem a kotvou, aby kmity byly netlumené (10 a 15). Zabýval se vztahy pro energii a pohybovými rovnicemi volně kmitajících systémů a všiml si, jak se změní doba kmitu vazbou k pevnému tělesu. Tato měření konal na pružné tyči, k níž přidával elastickou vazbu, pak na elektromagnetické pružině s elastickou vazbou (Meldeův

pokus) (22). Jazýček u píšťaly s ozvučnou je případem obdobným. Všiml si u něho závislosti výšky tónů píšťaly na délce komory a na délce ozvučny. Tímto měřením na jazýčkových píšťalách za vedení prof. Zahradníčka zabýval se v ústavě Josef Žák. Tyto kmity, které označuje Zahradníček jako vázané, jsou vlastně speciál-



Obr. 5

ním případem kmitů sprážených, když druhý systém je zadržen, tedy v klidu, ale vazba je provedena.

Z tohoto oboru vydal knižně v Cestě k vědění v roce 1942 *Mechanické kmity* (101) a pro posluchače v roce 1950 přednášky *Elektromagnetické kmity* (111).

Theorie kmitů vedla ho k vhodným dynamickým metodám pro měření modulů pružnosti. Zabýval se měřením modulu pružnosti v tahu z podélných kmitů drátu (29) i z příčných kmitů tyče (1, 29). Místo jemného měření prodloužení nebo prohnutí při statických metodách měří zde dobu kmitu; jsou to metody velmi vhodné. Zahradníček zabýval se též měřením modulu pružnosti metodou prof. Macků (38), který jemná prodloužení drátu převedl na posunutí hladiny rtuti v trubici sahající do širší nádoby se rtutí.

Řada jeho prací jest z oboru akustiky. Jeho zájem soustředil se zde na řadu problémů.

Zabýval se především měřením intenity zvukového pole. K měření je zapotřebí takového přístroje, jehož výchylka je úměrná druhé mocnině rychlosti; přístroj,

jehož výchylka by závisela na prvé mocnině měřené veličiny, neukázal by výchylku, protože by se uplatnila setrvačnost přístroje. Této podmínce vyhovuje Rayleighova deska (9, 30, 39) — malá destička kruhová zavěšená na tenkém závěsu — která se v akustickém poli stáčí kolmo ke směru intenzity pole. Tato deska dává se do válcového resonátoru obr. 5, aby byly odstraněny rušivé vlivy a aby byla zvýšena citlivost desky. Maximum účinku na desku je v kmitně resonátoru. Rayleighova deska však udává jiné výsledky, když je v resonátoru, poněvadž záleží značně na tom, na jaké vlny je resonátor naladěn. Vyšetřování prováděl s válcovým resonátorem o délce rovné čtvrtině délky vlny znějícího tónu; resonátor byl na jednom konci uzavřen a na druhém otevřen. Polohu destičky uvnitř resonátoru měnil tím, že na jedné straně resonátor zkracoval a na druhé stejně prodlužoval. Ukázal, že je značný rozdíl mezi průběhem theoretickým a skutečností. Tento rozdíl souvisí s tím, že deska i otvor pro závěs desky mění silové pole uvnitř resonátoru. Kromě toho zkoušel, jak závisí výchylka Rayleighovy desky na délce resonátoru. Jestliže se volný konec opatřil kruhovými clonkami různých průřezů, měnila se poloha maxima, a to tak, že maximum výchylky bylo nejen nižší, nýbrž se i s menším průřezem posunovalo blíž k otevřenému konci resonátoru. Jako zdroje bylo používáno trvale znějící ladičky. Závislost na frekvenci při stále délce resonátoru zkoušena nebyla; rovněž nebyla zkoušena závislost na intenzitě zvuku — tedy na vzdálenosti od zdroje.

Práce s Rayleighovou deskou přivedly jej ke zkoumání akustiky staveb (90).

Interferenci zvukových vln prováděl trubici Quincke—Stefanovou (39) v obyčklé úpravě. Kromě toho však použil ve vhodně upravené interferenční trubici Quincke—Stefanově (33) dvou zdrojů a ukázal, že koherence vln není nutnou podmínkou interference akustických vln, jak je tomu při interferenci vln světelných. Jako detektoru použil citlivého plamene (33, 43, 9) buď se sítkou Gaviho nebo dlouhého plamene Tyndalova, který vhodně upravil, aby nepotřeboval přetlak 20 cm H_2O a byl citlivý již při normálním přetlaku 6 cm H_2O . Plamének s užším otvorem (asi 1,5 mm) je citlivý i na vysoké tóny, dokonce i na tóny supersonické. Plaménky nastavují se tlačkou na hraniční fázi mezi tokem laminárním a turbulentním. V klidném prostředí hoří tento plamen tokem laminárním; akustické pole se prozradí neklidným hořením plaménku.

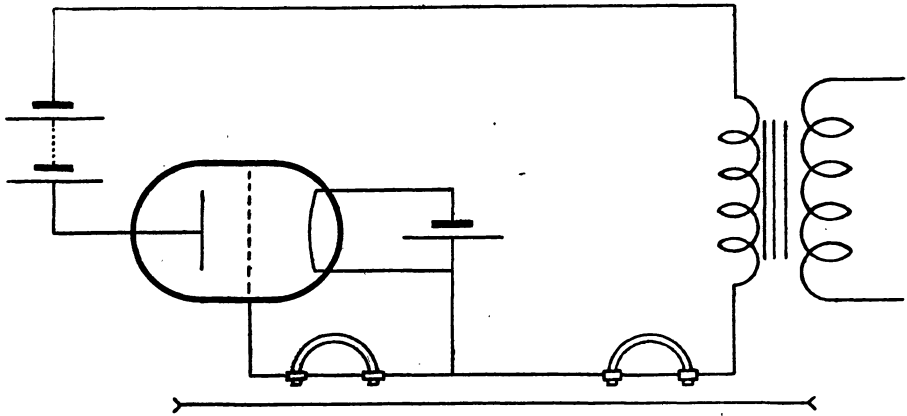
Vedle pole všiml si oscilátorů samočných (7). Kmitočet všech oscilátorů akustických vyjadřuje pomocí setrvačnosti (nyní hmota setrvačná) a pružnosti, tak jak tyto veličiny zavedl B. Macků. Pojem modulu pružnosti se od pojmu pružnosti liší v tom, že moduly pružnosti jsou konstanty materiálu, kdežto pružnost je konstanta individua. Odvozuje setrvačnost a pružnost u tyče podélně kmitající, příčně kmitající, u struny — u níž přihlížel i k tuhosti, u torsního kyvadla, u písčalů retné, u desky a u blány. Experimentálně zjišťoval, jak vyhovuje pro tuhou strunu vzorec Taylorův, Rayleighův, Seebeckův, Mackův a jeho. Nejmenší odchylky měl vzorec Seebeckův a Mackův (7).

Dále se z akustiky zajímal o kmity struny. Spolu se Zdiradem Žákem sestavil zařízení pro trvale znějící kovové struny (58) (obr. 6). K rozezvučení použili magnetisačních cívek a elektronky. Podle toho, jaký harmonický tón je třeba strunou vyloudit, musí být cívky postaveny do vhodných vzdáleností. Podařilo se jim tímto způsobem strunu trvale rozkmitávat až do 25. harmonického tónu.

S velkým zájmem věnoval se studiu písčal (8, 45). Vznik tónů v retných písčalách se vykládá Strouhalovou teorií třecích tónů nebo Krügerovou teorií vírů.

Třetí tóny vznikají podle Strouhala rozrácením vzduchového proudu, vycházejícího z komory, ostrou hranou rtu. Z těchto tónů zesiluje pak píšťala ten tón, na nějž je rezonanční trubice naladěna. Krügerova theorie říká, že při dopadu proudu vzduchu na ret vzniknou víry o periodě závislé na rezonanční trubici; víry v prostoru vnějším jsou proti vírům v prostoru vnitřním posunuty o půl periody.

Zahradníček ukázal, že nutnou podmínkou pro vznik tónu v, retné píšťale jsou



Obr. 6

víry na obou stranách rtu; víry na jedné straně rtu nejsou pro vznik tónů postačitelny. Stejný proud vzduchu vycházející z komory mění se tímto způsobem ve střídavý proud, a to za stejných podmínek jako u oscilujícího oblouku. Zahradníček srovnává retnou píšťalu s oscilujícím obloukem (8, 10). Místo el. proudů nastupuje intenzita proudu vzduchu i , t. j. objemové množství vzduchu procházející průřezem vodiče v jednotce času, elektromotorické síle, t. j. energii jednotkového množství elektrického, odpovídá přetlak p , t. j. energie souvisící s objemovou jednotkou akustického pole, místo samoindukčnosti, odporu a kapacity nastupuje setrvačná hmota, odpor P a převratná hodnota pružnosti. Podle podmínky u oblouku zní pak podmínka netlumených oscilací u píšťaly

$$P + \frac{dp}{di} = 0,$$

tedy charakteristika vodivé dráhy musí být klesající. Věnoval se proto zjištění statické charakteristiky retné píšťaly. Intenzitu i určoval Rayleighovou destičkou umístěnou na konci vodivé dráhy. Přetlak mezi komorou a vnějším prostorem měřil otevřeným manometrem kapalinovým, jehož jedno rameno bylo hadicí spojeno s nástavkem píšťalové komory.

Z měření vyšlo, že charakteristika vodivé dráhy píšťaly není trvale klesající, podobně jako u oblouku. Do píšťal vkládal dřevěné vložky (8, 45) příp. je vkládal i vně u rtu a zjišťoval, kdy oscilace vznikají a kdy odpor nabývá mezní hodnoty a oscilace zanikají. Zjistil, že pro vznik oscilací je nutnou podmínkou nesouměrná

vodivá dráha. Dále zjišťoval užitím tlakového detektoru, připojeného na manometr skloněný k vodorovné rovině pod malým úhlem, rozdělení tlaku v ose píšťaly (8, 45).

Pak vykládal i vznik tónů v jazýčkových píšťalách (8, 13, 10, 15); dají se vyložit z periodických změn tlaku vzduchu v komoře píšťaly, při čemž jazýček svou pružností a setrvačností jest regulátorem těchto změn. Tlak vzduchu se v komoře zvětšuje, až vychýlí jazýček; tím určité množství vzduchu odejde, tlak se změní a jazýček se vrátí do původní polohy a děj se opakuje. Tím se rozkmitává s touto frekvencí vzduch v resonančním prostoru. Maximum účinku nastane v případě resonance. Charakteristika jazýčku je závislost rychlosti toku z komory do ozvučny na přetlaku mezi komorou a ozvučnou. Pro malé hodnoty rychlosti a přetlaku je charakteristika stoupající a teprve po dosažení určité hodnoty — záleží na jazýčku — přechází charakteristika v klesající (13, 48). V jazýčkové píšťale všiml si opět rozdělení tlaku. Křivka tlaku liší se zde podstatně od křivky tlaku u píšťaly retné.

Spolu se svým asistentem Nesporem zabýval se znovu touto otázkou (48) a určoval charakteristiky varhanních píšťal; zjistili, že kmity jazýčku nastávají jen v oboru, v němž charakteristika je klesající.

K měření tlaku používal tlakové sondy (9); byla to mosazná trubice 1 cm v průměru a 60 cm délky, jež byla uzavřena na jednom konci kruhovou destičkou s otvorem 1 mm, překrytým muším křídélkem přilepeným silnějším koncem, a volný konec byl připojen hadičkou k manometru. Tímto způsobem se dá určit amplituda tlaku. Aby měření bylo správné, bylo by však nutné, aby tímto detektorem bylo silové pole rušeno co nejméně.

Potom vyšetřoval energetické poměry v jazýčkových píšťalách (14) a experimentálně ukázal, že maximum energie vydávané píšťalou nenastává v případě resonance jazýčku s ozvučnou. Tímto problémem zabýval se v ústavě též Josef Žák.

Od vyšetřování poměrů v akustickém poli užitím Rayleighovy desky, citlivého plamene a akustického ventilu přešel v roce 1937 k analýze zvuku a demonstraci základních úkazů z akustiky katodovým oscilografem (16). Ukazoval tímto způsobem přímočaré šíření zvuku, ohyb, odraz, lóm, absorpci a interferenci a vedle toho prováděl záznamy zvuků vydávaných nástroji strunovými, píšťalami a záznamy samohlásek, jak je dříve mnohem obtížněji prováděl Helmholtz, Müller, Stumpf a K. Wagner.

Spolu s Dr Kozumplikem zabýval se srovnáním elektromagnetických kmitů, jak je budili triodou Barkhausen a Kurz, magnetronem Žáček, diodou Sahánek a pozměněnou methodou Kozumplik, s třecími tóny Strouhalovými vzbuzenými vzduchem proudícím rychlostí u proti napjatému drátu. Strouhalův vztah platí i pro retné píšťaly (36). Stejně jako drát určitého průměru, délky a napětí zesiluje určitý třecí tón vzniklý při rychlosti vzduchu u čili při určitém přetlaku, nebo jako ozvučna píšťaly retné zesiluje určitý tón třecí vznikající na rtu, je tomu i u kmitů Barkhausenových, Žáčkových i Sahánkových.

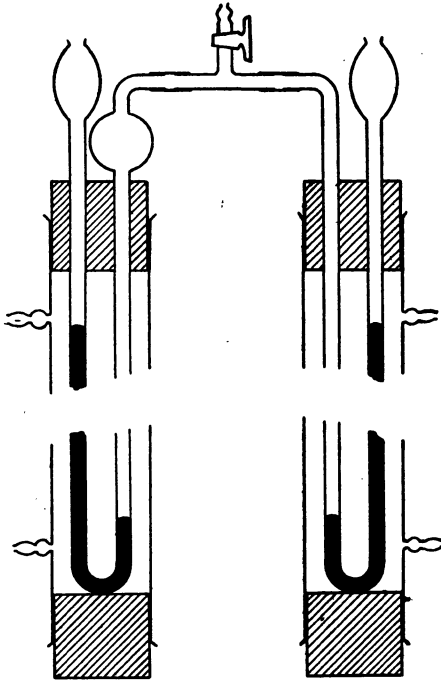
Pokud je doba průtoku vzduchu mezi rty píšťaly kratší než perioda tónů ozvučny, je výška tónů retné píšťaly dána kmitem ozvučny. Vyšší kmit dá se u píšťaly budít zmenšením vzdálenosti mezi rty při téměř přetlaku v komoře. Při nižších tónech nerozhoduje přetlak o výšce tónu podobně jako je tomu u triody při kmitech Meissnerových, kdy nerozhoduje vzdálenost elektrod a kmitočet závisí jen

na konstantách připojeného oscilačního obvodu. U píšťaly zazní od určitého tlaku p základní tón se slabými vrchními tóny, při zvyšování tlaku zesiluje se oktáva, a při přetlaku $4p$ základní tón mizí a zůstává oktáva a tak lze postupovat k vyšším vrchním tónům. Strouhalův vzorec $N \sim \sqrt{p}$ byl potvrzen Kármánem pro kapaliny. Ukázal tedy spolu s Dr Kozumplíkem, že vzorec $N \sim \sqrt{p}$ platí jako obecný zákon fyzikální jak pro pohyby částic plynů a kapalin narážejících na překážky, tak i pro pohyb elektronů v triodě s kladnou mřížkou nebo v magnetronu nebo v diodě s vnější katodou a vnitřní vláknovou anodou.

Z akustiky vydal v roce 1930 přednášky *Fyzikální základy akustiky* (103), jež byly základem ke knize *Akustika*, která vyšla v r. 1938 (100).

Charakteristickým bylo pro Zahradníčka řešení jednotlivých problémů s hlediska energie. Tak tomu bylo i při kmitech u problémů akustických. Ve svých přednáškách zdůrazňoval vždy přeměny energií; svůj způsob výkladu uložil do publikace uveřejněné v Práci Moravské přírodovědecké společnosti (23). Od otázek energetiky ve světovém prostoru přešel k otázkám energie mikročástic (24) a jejich vzájemné přeměny a svůj způsob výkladu uložil opět v publikaci Práce Moravskoslezské akademie věd přírodních (spol. s dr. Čížkem). Pro posluchače zpracoval *Energetiku základních úkazů fyzikálních* (98), která vyšla ve dvou vydáních.

Z termiky zabýval se určováním tepelné roztažnosti tyčí přístrojem, který k tomuto účelu dal sestavit prof.



Obr. 7

Macků (38). Tepelná roztažnost u kapalin určuje se obtížně, poněvadž se roztahuje i nádobka. Absolutně byla tato veličina určena metodou Dulong—Petitovou. Tuto metodu nahradil jednodušší, které se dá použít nejen pro rtuť; k měření použil dvou U-trubic navzájem spojených a opatřených kohoutkem k vytvoření stejného přetlaku v trubicích (44, 46). Každá trubice je v samostatné lázni (obr. 7). Změnu výšek určoval kathetometrem.

Prvá jeho práce z oboru elektřiny vyšla v roce 1926 (26). V ní pojednával o doutnavce a jejím použití k přerušování proudu, při měření kapacit, dielektrických konstant, samoindukcí a odporu.

Zahradníček zabýval se galvanomagnetickými a thermomagnetickými úkazy transversálními i longitudinálními, potenciálovými i temperaturními. Podrobně zpracoval ve své habilitační práci thermomagnetický longitudinální úkaz potenciálový (2, 57); jeví se tím, že na kovové tyčince protékané tepelným proudem a dané do magnetického pole vzniká na proudové čáře potenciálový rozdíl, kromě

toho, který je tam v důsledku různých teplot. Měření provedl na různém materiálu. Poněvadž efekt je poměrně slabý u látek s permeabilitou blízkou 1, použil metody multiplikační, při níž se potenciální diference znásobila. Úkaz tento se jeví u látek silně diamagnetických a ferromagnetických. Našel, že potenciální rozdíl je v tomto případě stejnosměrný s rozdílem teploturním v celém rozsahu kromě u železa a oceli, kde mění charakteristiky jednou svůj směr. Vedle toho zabýval se též demonstrováním Thomsonova úkazu (28) a Peltierova úkazu (32).

Pro posluchače vydal v roce 1949 z tohoto oboru přednášky *Fyzikální úkazy na rozhraní dvou různorodých hmot* (110).

K zachycení struktury látek pokusil se užít Maxwellových proudů a upozornil, že by bylo možné užít těchto proudů i v případech, v nichž by viditelné záření nebo Roentgenovy paprsky nevedly k úspěchu (19).

Práce Zahradníčkovy zasahují i do atomistiky a theorie relativity. Pojednal o Bohrových podmínkách (50), Ramanově úkazu (51) — provedeném u benzenu a vody, o problému dvou těles s hlediska theorie relativity (54), o spektrech Roentgenových (52), o posuvu Merkurova perihelu (21) — (vydal společně s Dr Čížkem). Pro posluchače vydal v r. 1947 přednášky *Fyzika atomů* (107).

Na začátku vysokoškolské dráhy byla jeho pracovním oborem optika. Zabýval se měřením indexu lomu polarizační metodou, již se užívá při určování optických konstant absorbujících látek (25). Odvodil výraz pro index lomu látek bez absorpce a uvedenou metodou měřil index lomu skla kor., vápence isl., křemene, vody, ebonitu, celuloidu a parafinu. Přesnost této metody je však vzhledem k měření spektrometrickému poměrně malá (asi 2 %) a proto se hodí jen pro rychlou orientaci o hodnotě indexu lomu, jak sám uvádí.

Pak si všímal speciálně kovů a navázal na práce Drudeovy a prof. Macků (4, 56). Výklad a demonstrování Zeemanova úkazu daly podnět ke kratší zprávě z tohoto oboru (55).

Pro posluchače vydal přednášky *Optiku krystalů* I. vyd. z r. 1931, II. vyd. z r. 1949 (105) a *Záření* (109), které se stalo základem pro knihu *Záření* (99).

Ani při působení na vysoké škole nezapomněl prof. Zahradníček na konání pokusů na střední škole a na gymnasiích a na praktická cvičení na těchto školách. V přednáškách vždy zdůrazňoval nutnost pokusů a sám vždy pečlivě připravenými pokusy doplňoval své přednášky, v praktiku fyzikálních pokusů seznamoval posluchače s pokusy, které je třeba konat na gymnasiích, v kursech pro učitele měšťanských škol seznamoval posluchače s pokusy pro dřívější školu měšťanskou. Svou praxi demonstrátora a své zkušenosti z praktik demonstračních i měřicích, které získal za působení na gymnasiích i na vysoké škole, ukládal do sdělení a metodických článků publikovaných nejčastěji v didakticko-metodické příloze Časopisu pro pěstování matematiky a fyziky. V pracích, které vznikly již z praxe středoškolské a na začátku praxe vysokoškolské, pokračoval nepřetržitě dál.

Zmíním se zde aspoň, čeho se tyto práce týkaly:

Poggendorffova metoda (78), stroboskopická metoda (65,66), padostroj Atwoodův (69), padostroj Obermayer—Edelmannův (69), padostroj Lippichův (62, 69), Duffova nakloněná rovina (69, 70), zákon zachování hybnosti (83), pokusy na akci a reakci (62), zákon zachování energie (82), deformace v tahu (83), vodní zvony (75), měření tlaku manometrem (78), balon (78), buzení netlumených vln na strunách (83), buzení netlumených kyvů a kmitů u píšťal (75), charakteristiky vodivých drah (78), Rubensova trubice (63, 85), Rayleighova deska (75), kmitající

plaménky (72, 37), akustický ventil (75), měření kmitočtu resonancí (62), zařízení pro interferenci zvuku (62), vznik tepla z práce (73), zvýšení bodu varu kapaliny tlakem (73), zvýšení bodu varu u roztoků (73), zvýšení resp. snížení teploty při změně adiabatické (73), přístroj na ukázání tekutého kysličníku uhličitého (81), tepelné vlastnosti skla a křemene (78), pokusy z elektrostatiky (81), elektrické siločáry (78), sádka kapacit (74), pokusy z elektrodynamiky (62), velké odpory (37), užití thermočlánu (73), elektromagnetická pružina (67), závislost magnetismu na teplotě (78), články koncentrační (76), charakteristika elektronky (75), princip Chatelier—Braunův (78), pokus Einstein—de Haasův a Barnettův (71), Barkhausenův pokus (71), změna modifikace pevného železa s teplotou (71), pilové kmity (74), katodový oscilograf v elektřině (79), katodový oscilograf v akustice (77), zpívající oblouk elektrický (74), rezonanční křivka (74), energie Roentgenových paprsků (76), počítání α a β paprsků (71), ohyb světla na plošných mřížkách (76), polarisace chromatická a rotační (76), celofán ve fyzice (78), diapositivы na filmech celofánových (76), projekční teploměry (78), seznam základních pomůcek pro střední školu (84).

Pro posluchače vydal návody pro praktikum fyzikálních pokusů, které vyšly ve dvou vydáních (102) a byly základem ke knize *Základní pokusy fyzikální*, které vyšly rovněž ve dvou vydáních (97). Pro fyzikální cvičení pokročilých posluchačů vydal návody — vyšly ve dvou vydáních (106). Pro posluchače farmacie vydal stručný přehled fyziky (108).

Z článků o významných osobách je nutno uvést článek k úmrtí prvního ředitele ústavu experimentální fyziky MU prof. Dr. B. Macků, ve kterém zhodnotil jeho vědeckou činnost (27) a pak v r. 1950 vzpomínku *Ke stým narozeninám fysika Čeřka Strouhala* (88).

Kromě této činnosti nutno uvést jeho každoroční přednášky v JČMF v Brně, v Extensích vysokých škol i přednášky mimo Brno.

Jako vysokoškolský profesor věnoval se vědecké výchově budoucích středoškolských profesorů, a to jednak v přednáškách, jednak v praktických cvičeních a samostatných pracích. Za jeho vedení vyšla z ústavu i řada prací jeho žáků. Kromě již zmíněných jsou to práce Jar. Linhart, Frant. Mikulíčka, Tad. Gajdoše, Josefa Žáka, Eng. Keprta, R. Koťové, M. Chytilové, Ant. Čížka, Františka Kozumplíka a jiných.

Za jeho působení na vysoké škole vyšla z ústavu řada absolventů, kteří působí jako profesori na středních školách, jako asistenti, docenti a profesori na školách vysokých, ve vědeckých ústavech nebo v průmyslu. Jim všem byl za vedení prof. Zahradníčka položen v ústavě dobrý základ k další vědecké i pedagogické činnosti.

PRÁCE PROF. Dr. JOSEFA ZAHRADNÍČKA

1. Spisy přírodovědecké fakulty Masarykovy university

1. Měření modulu pružnosti v tahu metodou dynamickou (Determination of the Elasticity Modulus of a Rod as Cantilever or with Loads by dynamical Methods), č. 89, 1927.
2. Měření termomagnetického longitudinálního efektu potenciálového (De l'effect thermomagnétique longitudinal), č. 95, 1928.
3. Měření doby kyvu gravitačních vah (Mesure de la période du gravimètre), č. 118, 1930.
4. Odraz světla na kovech (Réflexion métallique), č. 127, 1930.
5. Nová metoda měření radiace látek radioaktivních (L'action de force des substances radioactives sur la balance de Coulomb), č. 138, 1931.

6. Měření gravitační konstanty točivými vázkami (Mesure de la constante de gravitation par la balance de torsion), č. 153, 1932.
7. Konstanty akustických oscilátorů (Über die Konstanten akustischer Oszillatoren), č. 174, 1933.
8. Vznik tónů v píšťalách (Über die Tonbildung in Pfeifen), č. 181, 1933.
9. Detektory mechanických kmitů (Über die Detektoren mechanischer Schwingungen), č. 190, 1934.
10. Výklad vzniku netlumených kmitů mechanických (Über die Erregung von ungedämpften mechanischen Schwingungen), č. 198, 1934.
11. Dynamická metoda pro měření gravitačního pole zemského (Dynamische Messmethode des Gravitationserdfeldes), č. 216, 1935.
12. Měření radioaktivity torsními vázkami, elektrometrem a fotočlánkem (Mesures de la radioactivité par la balance de torsion, par l'électromètre et par la photocellule), č. 226, 1936.
13. Klesající charakteristika píšťalového jazyčku (Sur la caractéristique descendente de la languette d'un tuyau), č. 226, 1936.
14. Energetické poměry v jazyčkových píšťalách (Energieverhältnisse in den Zungenpfeifen), č. 229, 1936.
15. Netlumené oscilace mechanické s buzením vlastním (Ungedämpfte mechanische Schwingungen mit Selbsterregung), č. 246, 1937.
16. Akustická měření katodovým oscilografem (Akustische Messungen mit dem Kathodenoszillographen), č. 252, 1938.
17. Energetika torsních kyvadel (Étude des oscillations non amorties d'un système de pendules de torsion couplés), č. 277, 1946.
18. Tvar a hmota Země (Figure et masse de la terre), č. 286, 1947.
19. Fotochemické účinky Maxwellových proudů (Photochemical effects produced by Maxwell's currents), č. 301, C 1, 1948.
20. Měření volných elektronů torsními vázkami (Измерение заряда свободных электронов с помощью крутильных весов — Mesure des actions des électrons libres avec la balance de torsion), č. 334, C 6, 1952/2.
21. — A. Čížek: Posuv Merkurova perihelu (Смещение перигелия Меркурия — Perihelverschiebung des Merkur), č. 365, 1955.

2. *Práce Moravskoslezské akademie věd přírodních
(Práce Moravské přírodovědecké společnosti)*

22. O kmitech soustav vázaných, XV, 1; F 147; 1943.
23. Přeměny energie ve světovém prostoru, XVII, 7; F 181; 1945.
24. — A. Čížek: Problémy mikroenergetiky, XXV, 16; F 294; 1953.

3. *Časopis pro pěstování matematiky a fyziky; část fyzikální*

25. Měření indexu lomu metodou polarisační, 54, 354—360, 1925.
26. Lampa s doutnavým světlem jako přerušovač proudu, 55, 172—184, 1926.
27. Prof. Dr Bedřich Macků, 59, 22—29, 1930.
28. Jednoduchá metoda k ukázkám Thomsonova zjevu, 59, 137—140, 1930.
29. Měření modulu pružnosti v tahu metodou dynamickou, 59, 189—193, 1930.
30. Akustická měření Rayleighovou deskou, 60, 183—191, 1931.
31. Kyvy spřažených kyvadel torsních, 61, 268—275, 1932.
32. Nová metoda pro měření Peltierova tepla, 62, 188—192, 1933.
33. Příspěvek k interferenci zvuku, 62, 193—196, 1933.
34. Měření doby kyvu pomocí dvojích stopek, 63, 277—283, 1934.
35. Kyvy spřažených netlumených kyvadel torsních, 70, 133—152, 1941.
36. — Frant. Kozumplík: Strouhalův vztah mezi rychlostí větru a výškou třecích tónů — obecný zákon fyzikální, 75, 97—102, 1950.

4. *Physikalische Zeitschrift*

37. Zwei Demonstrationsversuche, 30, 554—556, 1929.
38. Zwei Apparate nach B. Macků, 30, 925—928, 1929.
39. Zwei akustische Vorlesungsversuche, 32, 56—59, 1931.

40. Bemerkungen zum Aufsatz: »Resonanzmethoden für die Bestimmung der Gravitationskonstanten G« von Jakob Kunz in der Physik. Zeitschr. 31, 764, 1930—32, 149—150, 1931.
41. Messung der Aktivität der radioaktiven Substanzen mittels der Drehwaage, 32, 630—634, 1931.
42. Resonanzmethode für die Messung der Gravitationskonstante mittels der Drehwaage, 34, 126—133, 1933.
43. Notiz zur empfindlichen Flamme nach Tyndall, 34, 182, 1933.
44. Notiz zur Messung des absoluten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Flüssigkeiten, 34, 386, 1933.
45. Zur Tonbildung in Lippenpfeifen, 34, 602—604, 1933.
46. Bemerkung zu meiner Mitteilung »Notiz zur Messung des absoluten thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Flüssigkeiten«, 34, 624, 1933.
47. — Gajdoš—Nespor: Elektrisches Gravimeter, 41, 109—110, 1940.
48. — Nespor: Negative Charakteristik der Pfeifenzunge, 41, 419—420, 1940.
49. Ungedämpfte Schwingungen zweier gekoppelter Torsionspendel, 45, 81—83, 1944.

5. Zeitschrift für Physik

50. Eine Bemerkung zu der Borschen Theorie der Wasserstoffserien, 59, 723—724, 1930.
51. — B. Vlach: Eine einfache Beobachtungsmethode des Ramaneffektes in Flüssigkeiten, 60, 402—404, 1930.
52. Relativistische L-Dubletts im Röntgengebiet, 60, 712—715, 1930.
53. Messung der Aktivität der Radiumemanation mittels der Drehwaage, 61, 719—724, 1930.
54. Das Zweikörperproblem vom Standpunkt der speziellen Relativitätstheorie, 62, 687—693, 1930.
55. Eine Bemerkung zu der elementaren Theorie des Zeemaneffektes, 62, 694—695, 1930.
56. Zur Metallreflexion, 65, 814—823, 1930.
57. Der longitudinale thermomagnetische Potentialeffekt, 66, 425—430, 1930.

6. Annalen der Physik

58. — Z. Žák: Saitenoszillator, 12, 662—664, 1932.

7. Zeměměřičský obzor

59. O přístrojích gravimetrických, 5/32, čís. 6, 81—89, 1944.
60. Měření Eötvösovými gravimetry, 7/34, čís. 7—8, 109—118; 9—10, 143—150; 11—12, 170—174, 1946.

8. Časopis pro pěstování matematiky a fysiky; vyučování (příloha didakticko-metodická)

61. Metodický příspěvek k analytické geometrii kuželoseček, 47, 204—211, 1918.
62. Z fyzikálního praktika, 48, 78—83, 1919.
63. Rubensova trubice, 48, 230—234, 1919.
64. O některých křivkách odvozených z kuželoseček, 49, 174—181, 281—284, 1920.
65. Stroboskopická metoda ve fyzikální praxi, 50, 68—76, 1921.
66. Stroboskopická metoda ve fyzikální praxi, 50, 200—204, 1921.
67. Upotřebení elektromagnetické pružiny, 55, 209—214, 1926.
68. Měření gravitační konstanty, 56, 17—22, 1927.
69. Několik poznámek k padostrojům, 57, 24—30 a 37—39, 1928.
70. Z praktika fyzikálních pokusů, 60, 49—54, 1931.
71. Z fyzikální praxe, 61, 53—57, 1932.
72. Kmitající plaménky, 62, 1—3, 1933.
73. Termočlánek ve školní praxi, 62, 33—35, 1933.
74. Sádka kapacit, 62, 49—52, 1933.
75. Několik pokusů fyzikálních, 66, 136—140, 1937.
76. Několik pokusů fyzikálních, 66, 199—203, 1937.

77. Katodový oscilograf v akustice, 67, 205—214, 1938.
78. Několik pokusů fyzikálních, 68, 14—21, 1939.
79. — Vlad. Vaněk: Katodový oscilograf v elektřině, 68, 137—158, 1939.
80. Seminář pro středoškolskou fyziku, 69, 129, 1940.
81. Z fyzikální praxe, 69, 131, 1940.
82. Zákon zachování energie na střední škole, 69, 198—205, 1940.
83. Několik pokusů o pružnosti, 70, 126—133, 1941.
84. Seznam základních pomůcek fyzikálních pro střední školu, 70, 133—137, 1941.

9. *Zeitschrift für den phys. Unterricht*

85. Versuche mit der Rubensschen Flammenröhre, 33, 220—224, 1920.

10. *Rozhledy matematicko-přírodovědecké*

86. O interferenci vln elektromagnetických, II, 20, 1922.
87. Zrcadlo kuželové, IV, 181—183, 1925.
88. Ke stým narozeninám fysika Čeňka Strouhala, 29, 65—68, 1950.
89. O rovnicích ve fysice, 33, 59—61, 1954.

11. *Věda a život*

90. Akustika moderních staveb, I, 220—226, 1935.

12. *Sborník matematicko-přírodovědeckých kursů pro středoškolské profesory, konaných v Brně ve dnech 20. března až 1. dubna 1931*

91. Měření silových polí fyzikálních, str. 87—101.
92. Z praktika fyzikálních pokusů, str. 102—109.

13. *Výroční zpráva gymnasia v Kroměříži*

93. Aberrace, r. 1908, str. 1—24.
94. Problém dvou těles, r. 1909, str. 1—15.
95. Z fyzikálního praktika, r. 1913, str. 1—13.
96. Pomůcka pro vyučování trigonometrie, r. 1914, str. 1—8.

14. *Knihy*

97. Základní pokusy fyzikální, I. vyd. 1935, Brno, II. vyd. 1946, Brno.
98. Energetika základních úkazů fyzikálních, I. vyd. 1936, Brno, II. vyd. 1939, Praha.
99. Záření, 1937, Brno.
100. Akustika, 1938, Brno.
101. Mechanické kmity, Cesta k vědě sv. 16, JČMF 1942, Praha.

15. *Přednášky*

102. Návod pro praktikum fyzikálních pokusů, I. vyd. 1926, SPPF Brno, II. vyd. 1930, SPPF Brno.
103. Fyzikální základy akustiky, 1930, SPPF Brno.
104. Základy gravimetrie, 1931, SPPF Brno.
105. Optika krystalů, I. vyd. 1931, SPPF Brno, II. vyd. 1949, Brno.
106. Návod pro fyzikální měření, I. vyd. 1931, SPPF Brno, II. vyd. 1946, Brno.
107. Fysika atomů, 1947, Brno.
108. Přehled fysiky pro posluchače farmacie, 1949, Brno.
109. Záření, 1949, Brno.
110. Fyzikální úkazy na rozhraní dvou různorodých hmot, 1949, Brno.
111. Elektromagnetické kmity, 1950, Brno.

16. *Pomocné knihy pro střední školu*

112. Fyzikální praktikum, 1911, Kroměříž.