

Otakar Borůvka a diferenciální rovnice

Život a dílo O. Borůvky

In: Petra Šarmanová (author): Otakar Borůvka a diferenciální rovnice. (Czech). Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 1998. pp. 6--9.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/401461>

Terms of use:

© Masarykova univerzita

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>

I Úvodní část

1 Život a dílo O. Borůvky

Brněnský matematik Otakar Borůvka byl po dlouhá desetiletí jednou z vůdčích osobností matematického života nejen na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně, ale v celém Československu. Byl vynikajícím reprezentantem české vědy v zahraničí a skvělým učitelem a organizátorem vědeckého života.

O. Borůvka se narodil 10. května 1899 v Uherském Ostrohu, kde byl jeho otec ředitelem obecné a měšťanské školy. Zde také vychodil obecnou školu a 1. třídu školy měšťanské. V září 1911 byl přijat do 2. třídy gymnázia v Uherském Hradišti, kde setrval až do prázdnin roku 1916, kdy ukončil 6. třídu. Pod tlakem událostí první světové války pak přešel do posledního ročníku vojenské vyšší reálky v Hranicích na Moravě a později, v roce 1917, do vojenské technické akademie v Mödlingu u Vídně, kde zůstal do konce první světové války v roce 1918. Na vojenské akademii přednášel matematiku prof. Hartmann z vídeňské techniky a později prof. Weitzenböck, který po válce působil na univerzitě v Amsterdamu. Od nich se O. Borůvka naučil prvním základům vyšší matematiky. V roce 1917 složil maturitu na německé I. státní reálce ve Vídni a brzy potom, začátkem roku 1918, doplňovací zkoušku na gymnáziu v Uherském Hradišti.

V listopadu 1918, již v nové Československé republice, vstoupil do 1. ročníku České vysoké školy technické v Brně jako posluchač stavebního inženýrství. Na této škole reprezentovali matematiku profesori Matyáš Lerch a Jan Vojtěch, kteří střídavě přednášeli v prvním a druhém ročníku. V roce 1918, kdy O. Borůvka vstoupil na techniku, přišla v prvním ročníku řada na prof. Lercha a tato náhodná okolnost rozhodla o dalším životním zaměření O. Borůvky. Na tuto rozhodující životní etapu vzpomíná sám O. Borůvka. Citujme z [B16]: *Lerchovy přednášky byly pro mne pravým opakem všech jiných přednášek, jimž jsem dokonale rozuměl. Tak se stalo, že chci porozumět přednáškám Lerchovým, studoval jsem hlavně matematiku, která mne nakonec tak upoutala, že jsem jí věnoval celý život. Říkávám, že jsem se stal matematikem proto, že jsem ji neuměl. Vzpomínám si, že jsem při studiu Lerchových přednášek v II. ročníku samostatně odvodil vzorec*

$$\xi(s)\Gamma(s) = \int_0^{\infty} \frac{x^{s-1}}{e^x - 1} dx \quad (s > 1)$$

ovšem dávno známý, který byl mým prvním matematickým „objevem“.

Zkoušky u prof. Lercha O. Borůvka složil vždy s výborným prospěchem a to zajisté přispělo k tomu, že když M. Lerch přešel v roce 1920 na Masarykovu univerzitu, nabídl O. Borůvkovi místo asistenta při matematickém ústavu Přírodovědecké fakulty MU³. Od prosince 1920 do září 1921 byl O. Borůvka, jako posluchač 3. ročníku techniky, asistentem u prof. Vladimíra Nováka při fyzikálním ústavu České vysoké školy technické v Brně a od září 1921 asistentem u M. Lercha. V letech 1920 – 1922 byl posluchačem techniky a současně mimořádným posluchačem Přírodovědecké fakulty MU. Původně zamýšlel ukončit studia na obou školách, avšak v posledních ročnících studia nestačil plnit všechny úkoly zadané na technice, především z rýsování, a tak se rozhodl ukončit státními zkouškami jenom studium univerzitní. Státní zkoušky z matematiky a fyziky složil v prosinci 1922. V červnu 1923 dosáhl doktorátu přírodních věd na Přírodovědecké

³Masarykova univerzita (MU) byla založena roku 1919 a matematický ústav byl na její přírodovědecké fakultě zřízen roku 1920.

fakultě MU na základě disertace *O pomyslných kořenech rovnice* $\Gamma(z) = a$, kteréžto téma mu předložil M. Lerch nedlouho před svou smrtí v roce 1922. V této práci vyšetřuje, jakých hodnot nabývá funkce gamma pro komplexní argument v okolí bodu $z = 0$, a výsledků využívá k nalezení komplexních kořenů rovnice $\Gamma(z) = a$.

Studium na školách technického směru způsobilo, že měl O. Borůvka vždy plné porozumění pro technické a jiné aplikace matematiky. Brzy po ukončení první světové války byl v souvislosti s elektrifikací jižní Moravy požádán, aby z matematického hlediska řešil otázku co nejušpornějšího provedení elektrovodné sítě. Tento úkol úspěšně rozřešil a našel – dnes bychom řekli – minimální kostru konečného ohodnoceného grafu. Své výsledky, které spadají do v té době ještě neexistující teorie grafů, uveřejnil v roce 1926 a zajistil si tak světovou prioritu v řešení základního typu dopravního problému. Podrobnosti o Borůvkově práci v teorii grafů lze nalézt v monografii P. Šišmy *Teorie grafů 1736 – 1963* (Dějiny matematiky, sv. 8, Prometheus, Praha 1997).

Na uprázdněné místo po prof. M. Lerchovi nastoupil v roce 1923 prof. Eduard Čech, tehdy mladý, průbojný a ambiciózní vědec pracující v oboru projektivní diferenciální geometrie. E. Čech byl pracovitý a nadšený matematik, který vnesl do brněnského matematického života vzruch. O. Borůvku, který se do té doby věnoval klasické analýze, přivedl ke studiu diferenciální geometrie. V ní pak O. Borůvka aktivně pracoval asi deset let. Na radu E. Čecha se věnoval zejména studiu metod pařížského matematika E. Cartana, které byly tehdy zcela nové, a stal se jedním z mála geometrů, kteří již v té době Cartanovy metody ovládali a užívali je ve svých pracích. Ve školních letech 1926/27 a 1929/30 studoval O. Borůvka přímo u E. Cartana v Paříži. Zde měl příležitost seznámit se s mnoha matematiky světového jména jako jsou J. Hadamard, M. Fréchet, H. Cartan, A. Weil nebo J. Douglas. Po studiích v Paříži strávil O. Borůvka další semestr v Hamburku u W. Blaschkeho, kde bylo tehdy významné středisko diferenciální geometrie. Působili zde také jiní vynikající odborníci jako prof. E. Artin, E. Kähler nebo H. Zassenhaus.

Ve svých nejvýznačnějších pojednáních z projektivní diferenciální geometrie, které vznikly v letech 1924 – 1935, O. Borůvka poprvé studoval analytické korespondence mezi dvěma projektivními rovinami a odvodil jejich vlastnosti invariantní vzhledem ke dvojicím transformací projektivní grupy. Vypracoval obecnou teorii normální křivosti plochy v n -rozměrném prostoru s konstantní křivostí a podal rozšíření Frenetových vzorců pro analytické křivky vícerozměrného parabolického hermitovského prostoru.

Ve svých pracích Borůvka používal převážně metod E. Cartana, které v té době byly naprosto nové, a tím přispěl k jejich rozšíření. S tím souvisí i to, že byl v roce 1952 zvolen v Paříži do čestného výboru složeného asi z padesáti světových matematiků, který převzal péči o vydání úplného vědeckého díla E. Cartana.

V souvislosti s pracemi z projektivní diferenciální geometrie ještě poznamenejme, že na Borůvkovy práce o analytických korespondencích navázala geometrická škola v Bologni a že S. Chern v práci o minimálních varietách vnořených do nadkoulí nazývá diferenciální rovnice těchto ploch „Frenetovy-Borůvkovy vzorce“.

Na základě svých prací z diferenciální geometrie se O. Borůvka roku 1928 habilitoval z matematiky na Přírodovědecké fakultě MU a v roce 1934 byl na této fakultě jmenován mimořádným profesorem matematiky. Tehdy byli na brněnské univerzitě jen tři profesori matematiky. Kromě O. Borůvky a E. Čecha ještě Ladislav Seifert, který se staral o výuku geometrie a deskriptivní geometrie. Ostatní přednášky museli zajistit E. Čech a O. Borůvka. To je také jeden z důvodů, proč se O. Borůvka tehdy začal hlouběji zabývat moderní algebrou, v níž pak řadu let vědecky pracoval. Dalším nezanedbatelným důvodem hledání nové problematiky bylo, že diferenciální geometrie

v té době zabíhala již do značných podrobností, a to O. Borůvku nelákalo.

Začal se zabývat analýzou pojmu grupy; zejména ho zajímala otázka, jak závisí vlastnosti grupy na jejích axiomech. Ukázal, že základní pojmy teorie grup (podgrupa, homomorfismus, kongruence) lze přenést i na obecnější algebraickou strukturu, tzv. grupoid. Ten vznikne, když vynecháme všechny axiomy kladené na grupovou operaci. Svou teorii grupoidů O. Borůvka vybudoval stupňovitě. Na nejnižším stupni prováděl úvahy s množinami bez jakékoliv algebraické struktury, na středním stupni úvahy specializoval na grupoidy a na nejvyšším je ještě dále specializoval na grupy. Přitom si na nejnižším stupni vybudoval teorii rozkladů na množině a v množině, kterou pak vydatně využil v teorii grupoidů a grup.

Teorie grupoidů byla důležitou etapou na cestě vedoucí od speciálních algebraických struktur (jako jsou grupy, okruhy, tělesa, vektorové prostory, svazy) k pojmu obecné nebo univerzální algebry. Ukázalo se, že základní pojmy teorie grupoidů je možno přenést až na tyto univerzální algebry a protože je grupoid struktura velmi jednoduchá, mají úvahy o grupoidech velkou cenu metodickou.

A tak O. Borůvka vytvořil na množinovém základě pojmový aparát obecné algebry, vybudoval teorii grupoidů, jako jeden z prvních studoval rozklady množin a položil základy teorie vědeckých klasifikací. Své výsledky z teorie grupoidů shrnul v monografii *Základy teorie grupoidů a grup*, která vyšla několikrát česky a byla vydána také německy (1960) a anglicky (1974). Z lineární algebry vydal O. Borůvka knihu *Základy teorie matic* (1971), v níž zejména poprvé knižně zpracoval výsledky českého matematika Eduarda Weyra, které jsou v úzkém vztahu s tzv. Jordanovým kanonickým tvarem matic. Více o pracích O. Borůvky z algebry i diferenciální geometrie lze nalézt v obsáhlém článku [A1] nebo v monografii [A43].

Německá okupace a druhá světová válka násilně přerušila příznivý vývoj matematiky v Brně ve třicátých letech. V roce 1939 byly vysoké školy uzavřeny a profesori posláni na tzv. dovolenou s čekatelným. Nucené přestávky v pedagogické práci využil O. Borůvka k tomu, že v knižní formě zformuloval své hlavní výsledky z teorie grupoidů.

Po ukončení druhé světové války byl O. Borůvka jmenován, s platností od roku 1940, řádným profesorem matematiky na Přírodovědecké fakultě MU.

V prvních několika letech po válce přednášel nejenom na Přírodovědecké fakultě MU, ale i na Pedagogické fakultě MU, na brněnské technice a také na Přírodovědecké fakultě Komenského univerzity v Bratislavě. V Bratislavě vypomáhal s výukou až do roku 1958, celkem 23 semestrů. Setkal se zde s mnoha nadanými a pilnými žáky, kteří se později stali vedoucími osobnostmi matematiky na Slovensku.

V padesátých letech se O. Borůvka začal cílevědomě věnovat studiu diferenciálních rovnic, disciplíně v té době v Československu málo pěstované. Ve školním roce 1946/47 začal vést seminář pro studium diferenciálních rovnic, jehož činnost se počátkem padesátých let zaměřila na studium globálních vlastností lineárních diferenciálních rovnic n -tého řádu, speciálně na rovnice řádu druhého. Výsledkem je kvalitativní teorie globálního charakteru, vyznačující se vysokým stupněm geometrizace a algebraizace. Základní principy a výsledky této moderní teorie shrnul O. Borůvka v monografii *Lineare Differentialtransformationen 2. Ordnung* [16], která vyšla v roce 1967 německy a roce 1971 anglicky. Řada českých i zahraničních matematiků využívá dodnes výsledků a metod této teorie k řešení problémů týkajících se nejen rovnic druhého řádu, ale i řádů vyšších.

Poznamenejme ještě, že v roce 1953 byl O. Borůvka zvolen členem korespondentem a v roce

1965 řádným členem ČSAV⁴. Významně se zasloužil o založení nového brněnského matematického časopisu *Archivum mathematicum* v roce 1965 a o založení Matematického ústavu ČSAV v Brně v roce 1969, kde také od tohoto roku až do své smrti 22. července 1995 pracoval. Přehledná data o dosaženém vzdělání a zaměstnání O. Borůvky jsou uvedena v *Příloze 1*.

Během své vědecké i učitelské činnosti vychoval O. Borůvka řadu vědecky aktivních matematiků. Lze říci, že většina matematiků působících na vysokých školách na Moravě i na Slovensku jsou jeho žáci nebo žáci jeho žáků.

Životu a dílu tohoto brněnského matematika byla věnována řada drobnějších i obsáhlejších článků, které vycházely k významným příležitostem a jeho životním jubileím. Jejich seznam je uveden v části *Literatura*, oddíl A. Významnější prací o životě O. Borůvky je rozsáhlá monografie *Otakar Borůvka* [A43] z roku 1996, jež byla vytvořena na základě osobního vypravování O. Borůvky zaznamenaného na magnetofonové pásky při příležitosti jeho 90. narozenin.

Ukončeme tento stručný průřez životem O. Borůvky citací z jednoho z posledních rozhovorů s tímto matematikem, jež byl ještě ve svých 96-ti letech duševně svěží a plný zájmu o matematické dění:

Letos v květnu jsem oslavil své šestadevadesáté narozeniny, což je hodně, ale ne nejvíc, a já nechci, aby moje vzpomínání vyznívalo jako nějaký nekrolog nad léty minulými, nad jedním z životů kterékohoiv z nás. A možná právě proto, že nikdo z nás neví, který den bude jeho dnem posledním, jsem se snažil vědomě a podle svých sil v každém z nich naplno žít a pracovat. Tak jako žili moji učitelé – Matyáš Lerch, Ladislav Seifert a Eduard Čech. Dali mi mnoho, a tak i já cítím povinnost co nejvíc z toho předat mladé nadané generaci. Oni vždycky stranili nadaným a pilným, to bylo jejich a posléze i moje krédo: na koně vás posadím, ale jet musíte sami! [A43]

2 O. Borůvka a diferenciální rovnice

Z předchozí kapitoly víme, že se O. Borůvka v padesátých letech začal cílevědomě věnovat studiu diferenciálních rovnic a toto téma neopustil až do konce svého života.

Vzniku každé teorie však vždy předchází období přípravné práce a systematického studia dané problematiky. Nejinak tomu bylo v případě Borůvkovy teorie globálních transformací diferenciálních rovnic 2. řádu, jež byla souhrnně vyložena roku 1967 v monografii *Lineare Differentialtransformationen 2. Ordnung* [16]. Přípravné práce k vytvoření této teorie O. Borůvka započal již ve čtyřicátých letech. V následujícím odstavci se pokusme ukázat souvislosti, za kterých došel O. Borůvka k rozhodnutí věnovat se v budoucích letech diferenciálním rovnicím.

Rozhodnutí věnovat se diferenciálním rovnicím

Ke konci druhé světové války se začínaly vést diskuse o budoucích potřebách naší matematiky se zřetelem k výchově studentů a k rozvoji vědecké a technické práce. Do těchto diskusí se zapojil také O. Borůvka, který celou situaci probíral především s profesorem Františkem Vyčichlem z Prahy. A z těchto rozhovorů s F. Vyčichlem vzešlo rozhodnutí O. Borůvky věnovat se v budoucích letech aktivní práci v oboru diferenciálních rovnic.

⁴Československá akademie věd (ČSAV); dnes Akademie věd České republiky (AV ČR).