ÚVODNÍ SLOVO

Tato monografie je upravenou verzí mé disertační práce, kterou jsem sepsala během doktorského studia na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze a obhájila v červnu 2014. Je věnována historii indické matematiky od nejstarších poznatků obsažených ve starověkých védských textech až po znalosti uvedené v klasických středověkých aritmetických a algebraických dílech.

Hlavním motivem k sepsání této práce byla skutečnost, že neexistuje ucelený česky psaný text věnovaný matematice ve staré Indii. Zmínil se o ní již Josef Úlehla v knize *Dějiny matematiky I* vydané v roce 1901 (viz [Ul]), v sedmdesátých letech dvacátého století pak vyšel překlad knihy Adolfa Pavloviče Juškeviče nazvané *Dějiny matematiky ve středověku*, v níž je indické matematice věnována druhá kapitola (viz [Ju]).

Cílem mé práce bylo odstranit tento nedostatek a vytvořit knihu, kde jsou podrobně popsány matematické znalosti, výpočetní postupy a aritmetické, algebraické a geometrické metody, které staří Indové znali a používali od starověku až do doby Nárájany, tj. do 14. století. Její přínos tedy spočívá ve vypracování rozsáhlého a uceleného českého textu, který je založen na překladu velkého množství původních úloh a analýze jejich řešení v současné matematické formulaci a symbolice. Některé zajímavé úlohy indické matematiky jsou též porovnány s podobnými úlohami, které byly řešeny ve staré Mezopotámii, Egyptě, Řecku, Číně nebo v islámských zemích.

* * *

Kromě úvodního slova a závěru obsahuje kniha devět kapitol, krátkou poznámku k sanskrtským textům a anglické resumé. Na konci je připojen seznam použité literatury a rejstřík.

První kapitola přináší stručný přehled dějin Indie. Specifické přírodní a klimatické podmínky umožnily osídlení Indického poloostrova mnoho tisíc let před naším letopočtem. Vývoj společnosti i politická situace ovlivňovaly rozvoj vědy a vzdělávání. Hrubá orientace v historii tak přispívá k lepšímu pochopení vývoje indické matematiky.

Ve druhé kapitole je přiblížena nejstarší civilizace Indického poloostrova. Na základě studia sekundární literatury (popis a analýza nejdůležitějších archeologických nálezů a výzkumů) je dokázána existence vysoce rozvinuté společnosti, přítomnost matematické vyspělosti a velké geometrické přesnosti užívané při plánování i výstavbě tehdejších měst. Zdá se pravděpodobné, že starověká civilizace v povodí Indu měla jednotný systém měr a vah založený na desítkovém základu.

Nejstarší indické geometrické znalosti jsou obsaženy v textech zvaných *šulbasútry* neboli *pravidla provazce* (1. tisíciletí př. n. l.), v nichž jsou uvedena

nejdůležitější pravidla používaná při stavbě obětních oltářů. Jejich překlad, analýza a matematický komentář jsou náplní třetí kapitoly.

Ve čtvrté kapitole jsou shrnuty matematické poznatky z doby kolem počátku našeho letopočtu. Výrazným impulzem rozvoje tehdejší matematiky byla džinistická kosmologie, která používala při výpočtech velká čísla a motivovala tak matematiky k zajímavým úvahám o nekonečnu. Poznamenejme, že v této době se rozvíjela také kombinatorika; např. prozodik Pingala (kolem roku 200 př. n. l.) popsal schéma binomických koeficientů, které dnes známe jako Pascalův trojúhelník.

Za klasickou éru indické středověké matematiky bývá předními znalci historie matematiky považováno období počínající dílem Árjabhaty I., tj. od 5. až 6. stol. n. l., a končící prací Nárájany, tj. 14. stoletím. Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně dlouhé období, v němž působilo mnoho indických vědců a myslitelů a v němž vznikla řada textů, je v páté kapitole uveden komentovaný chronologický přehled nejvýznamnějších učenců a jejich nejdůležitejších děl.

Šestá kapitola analyzuje vývoj vyjadřování čísel a jejich zápisů a přibližuje nejdůležitější proměny matematické terminologie. Protože náš dnešní zápis čísel v desítkové poziční soustavě má své kořeny v Indii, je této problematice věnována poměrně velká pozornost.

Se způsobem zápisu čísel velmi úzce souvisí provádění základních aritmetických operací – sčítání, odčítání, násobení a dělení. Staří Indové mezi ně řadili také výpočet druhé a třetí mocniny, druhé a třetí odmocniny a některé algoritmy, které dnes považujeme spíše za algebraické (např. pravidlo tří, tj. trojčlenka, metoda falešného předpokladu, směšovací počet, úrokový počet). Podstatnou součástí indické aritmetiky bylo též počítání se zlomky. Podrobný komentovaný popis a výklad indických algoritmů základních aritmetických operací a metod je obsahem sedmé kapitoly.

Osmá kapitola se zabývá středověkou indickou algebrou, v níž indičtí matematici patrně dosáhli největších úspěchů, a pojednává o období od 6. do 14. století. Již tehdy indická algebra zahrnovala operace se zápornými čísly a velmi obratné počítání s iracionalitami. Jejím hlavním tématem však bylo řešení slovních úloh, které dnes reprezentujeme rovnicí s jednou neznámou nebo rovnicemi s více neznámými. Indičtí učenci formulovali pravidla pro řešení lineárních a kvadratických rovnic a jejich soustav, zabývali se rovněž některými rovnicemi vyšších stupňů a zejména neurčitými rovnicemi. Pozoruhodná je jejich metoda *kuttaka*, kterou užívali k řešení neurčité lineární rovnice se dvěma neznámými (tj. tzv. diofantická rovnice) a algoritmus pro řešení tzv. Pellovy rovnice. Poznamenejme, že indičtí matematici neměli k dispozici dnešní názornou a propracovanou symboliku; neznámé, resp. operace označovali zkratkami slov, strany „rovnic“ zapisovali pod sebou, algoritmy popisovali slovně a předváděli je na konkrétních příkladech.

Devátá kapitola připomíná středověkou indickou geometrii. Obsahuje výklad tradičních i netradičních metod výpočtů obsahů základních rovinných útvarů

a objemů těles. Připojeny jsou také četné zajímavé úlohy, jejichž vzorové řešení je komentováno a doplněno přehlednými a názornými obrázky.

Staří Indové se věnovali také astronomii, konali četná astronomická pozorování a měření, která přispěla k rozvoji rovinné a sférické trigonometrie. Dnes je všeobecné známo, že indické astronomické texty z počátku našeho letopočtu obsahují rozsáhlé tabulky hodnot sinů (s krokem $3°45'$). Trigonometrii však indičtí učenci považovali jen za speciální astronomickou aplikaci geometrie a pozdější samostatné matematické texty ji již neobsahovaly. Proto nebyla do této práce zařazena.

Primárními prameny při zpracování této práce byly překlady sanskrtských textů, vybrány byly zejména z knihy H. T. Colebrooka *Algebra, with Arithmetic and Mensuration from the Sanscrit of Brahmegupta and Bhascara* (viz [Col]),[1] práce *Ganita-sara-sangraha of Mahaviracarya with English Translation and Notes*, jejímž autorem je M. Rangacarya (viz [Ran]),[2] díla W. E. Clarka *The Āryabhaṭīya of Āryabhaṭa* (viz [Cla]).[3] Jako další zdroje byly použity práce K. S. Shukla: *The Pāṭīgaṇita of Śrīdharācarya* (viz [Shu1]),[4] P. Dvivedi: *The Gaṇita-kaumudī by Nārāyaṇa Paṇḍita (Part II)* (viz [DvP]),[5] H. R. Kāpadīā: *Gaṇita Tilaka by Śrīpati* (viz [KaHR]),[6] a články A. Bürka: *Das Āpastamba-Śulba-Sūtra* (viz [BuA1] a [BuA2]).[7]

Podrobný a inspirativní přehled vývoje indické matematiky je uveden v dvoudílné monografii B. Datty a A. N. Singha: *History of Hindu Mathematics (part I and part II)* (viz [DS1] a [DS2]), z novějších publikací je vhodné připomenout knihu *Mathematics in India* od K. Plofker (viz [Pl1]). Historií indické geometrie se zabývají například T. A. Sarasvati Amma v knize *Geometry in Ancient and Medieval India* (viz [SA]) a B. Datta, jenž je autorem práce *Ancient Hindu Geometry: The Science of the Sulba* (viz [Dat]).

* * *

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří svými podněty a nápady pomohli ke vzniku a zkvalitnění této knihy.

Je mou milou povinností poděkovat především svému školiteli, doc. RNDr. Jindřichu Bečvářovi, CSc., za cenné rady a věcné připomínky, které mě obohatily a motivovaly, a zejména za jeho laskavost a nekonečnou trpělivost, s jakou

[1] Jedná se o překlad komentovaných matematických kapitol (12. a 18.) astronomické práce *Bráhmasphutasiddhánta* (Brahmagupta, 7. stol.) a dvou textů Bháskary II. (12. stol.) – aritmetického *Lílávatí* a algebraického *Bídžaganita*.

[2] Sanskrtský text matematika Mahávíry (9. stol.) s anglickým překladem a opatřený komentáři.

[3] Komentovaný překlad astronomické práce Árjabhaty I. (přelom 5. a 6. stol.).

[4] Sanskrtský text Šrídhary (přelom 9. a 10. stol.) s anglickým překladem.

[5] Sanskrtský text Nárájany (14. stol.) s anglickým překladem.

[6] Sanskrtský text Šrípatiho (11. stol.) s anglickým překladem.

[7] Německý překlad Ápastambovy *šulbasútry* s podrobným výkladem.

mě vedl v průběhu celého studia. Velký dík si zaslouží RNDr. Ivan Saxl, DrSc., který stál u nápadu věnovat se historii indické matematiky a upozornil mě na některé pozoruhodné výsledky indických učenců.

Upřímně děkuji také oběma oponentům, doc. RNDr. Jiřímu Veselému, CSc. z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze, a RNDr. Magdaleně Hykšové, Ph.D. z Fakulty dopravní Českého vysokého učení technického v Praze, jejichž náměty přispěly k výsledné podobě monografie.

Speciální poděkování věnuji prof. PhDr. Jaroslavu Vackovi, CSc. z Ústavu jižní a centální Asie Filozofické fakulty Univerzity Karlovy za konzultace k sanskrtu, spousu času a energie, které mi ochotně a nezištně věnoval. Chtěla bych touto cestou rovněž vyjádřit poděkování RNDr. Evě Ulrychové, Ph.D. z Vysoké školy finanční a správní za pomoc s kontrolou rukopisu.

Vřelý dík za morální podporu a pevné zázemí samozřejmě patří i mé rodině a přátelům.

Irena Sýkorová