Historie matematiky. I

Eduard Fuchs

Přehled vývoje matematiky

In: Jindřich Bečvář (editor); Eduard Fuchs (editor): Historie matematiky. I. Seminář pro vyučující na středních školách, Jevíčko, 19.8.-22.8.1993, Sborník. (Czech). Brno: Jednota českých matematiků a fyziků, 1993. pp. 4–19.

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/400583

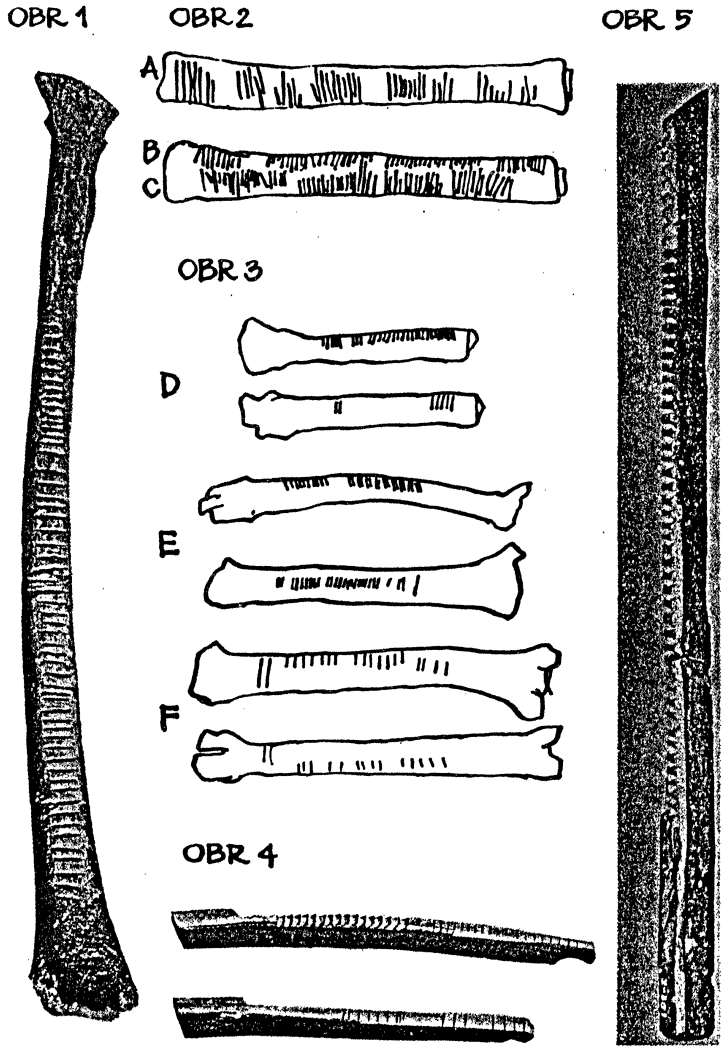
Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* http://dml.cz

VRUBOVKY



Na obr. 1 je tzv. **věstonická vrubovka**, kost mladého vlka dlouhá 18 cm, opatřená 55 zářezy. Objevitel prof. Absolon odhadl její stáří na 10 až 30.000 let.

Obdobné vrubové záznamy byly nalezeny i jinde. Na obr. 2 je kresba vrubovky ze Zaire, stará 6.500 až 9.000 let.

Na obr. 3 jsou vrubovky z Advejeva (Rusko). Na obr. 4 jsou vrubovky anglické finanční správy ze 13. stol., na obr. 5 vrubovka z roku 1627 z olomouckého muzea.

PŘEHLED VÝVOJE MATEMATIKY

EDUARD FUCHS

Pokusme se ve stručnosti naznačit základní rysy vývoje matematiky od prehistorie po dnešek. Přitom je snad zřejmé, že zachycení vývoje vědy v období několika tisíciletí je na několika stránkách nemožné. Proto tato úvodní kapitola nemůže sledovat jiný cíl, než poskytnout čtenáři nejzákladnější orientaci a umožnit mu, aby si mohl následující texty zařadit do širších souvislostí časových i věcných.

Formování prvních matematických poznatků

Jakkoliv se stavíme zamítavě k vulgárně-materialistické koncepci historického vývoje, jež nám byla vnucována v uplynulých desetiletích, je nepochybné, že první matematické poznatky vznikaly jako jeden z nástrojů popisu a poznávání reálného světa. Vytvoření přesného obrazu dávného vývoje prvních matematických pojmů a znalostí - jistě aritmetických a geometrických - je však nemožné, neboť se nám o tomto vývoji nedochovaly ze zřejmých důvodů žádné konkrétní doklady.

Vznik prvních matematických pojmů spadá do oblastí nejstarších *říčních kultur* (Egypt, Mezopotámie, Čína, Indie). První souvislé **matematické texty**, jež se nám dochovaly, pocházejí z Egypta a Mezopotámie z přelomu 3. a 2. tisíciletí př. n. l. Je však evidentní, že jim předcházelo dlouhé období formování pojmů, které se v těchto textech vyskytují. O tomto období však nemáme žádné **písemné** doklady a jen velmi málo dokladů **hmotných**.

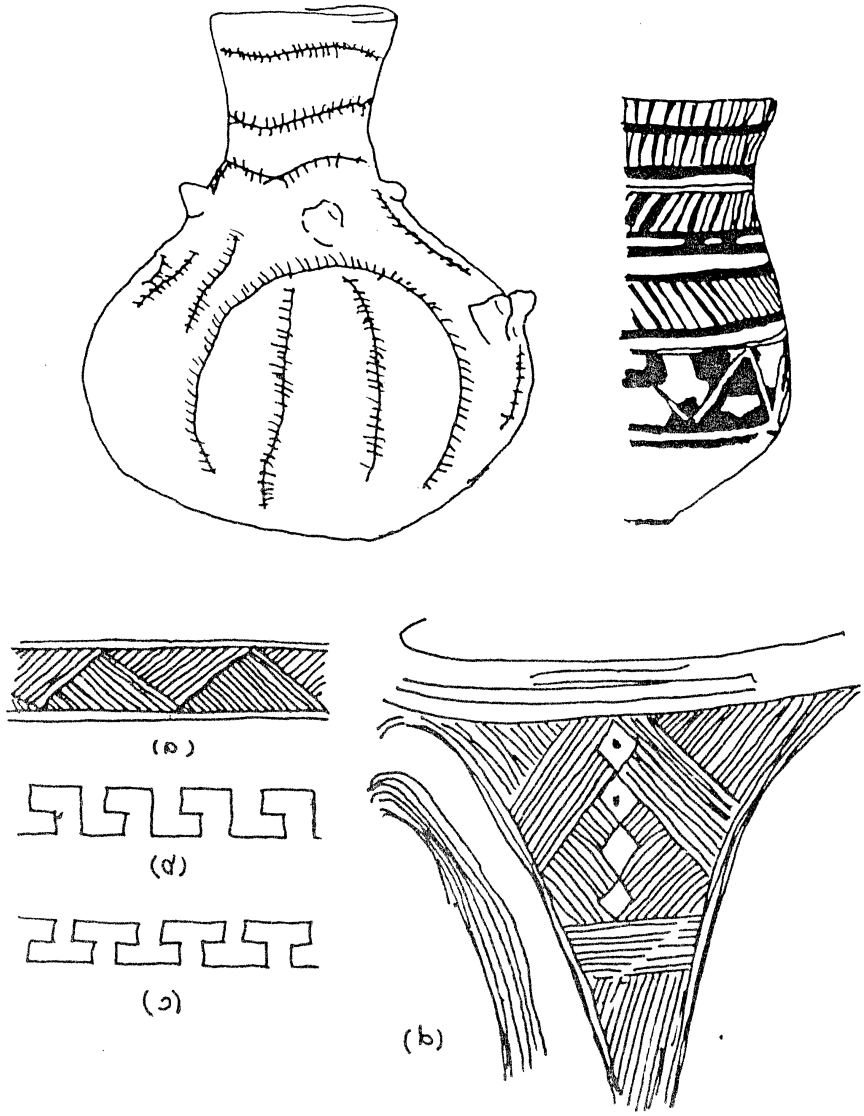
Některé z těchto předmětů, které nám poskytují alespoň dílčí informace, jsou v textu zobrazeny. **Geometrické ornamenty** jsou nejen dokladem estetického cítění, ale svědčí i o zvládnutí jisté elementárně-geometrické problematiky. **Vrubovky** pravděpodobně hrály roli jistého *počitadla*, plnily však - rozříznutím přes všechny vruby - i úlohu *smluvního* dokumentu.

Chceme-li si utvořit obraz tohoto prehistorického období, jsme nuceni obracet se k nepřímým pramenům, takže naše představy budou jen **logickým modelem**.

Odkud čerpáme přesvědčení, že náš model je alespoň částečně věrný a jaké jsou tyto **nepřímé prameny**? Jde zejména o:

(a) studium způsobů počítání u etnických skupin na nízké úrovni kulturního vývoje;
(b) studium jazyka, který dlouhodobě fixuje jisté postoje k matematickým pojmům;
(c) srovnávání početních postupů v různých oblastech světa;
(d) analogie mezi *ontogenezí* a *fytogenezí* (tj. mezi tím, jak si nové poznatky osvojuje jednotlivec a jak se k nim propracovávalo lidstvo).

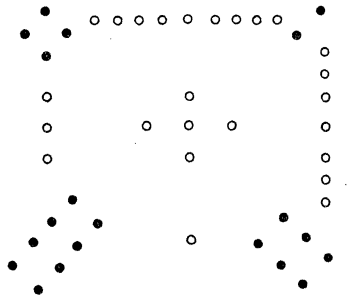
K jednotlivým bodům bychom nyní mohli přinést řadu konkrétních poznatků, značně bychom však překročili stanovený rozsah tohoto textu. Podrobnější informace však čtenář může nalézt v literatuře.



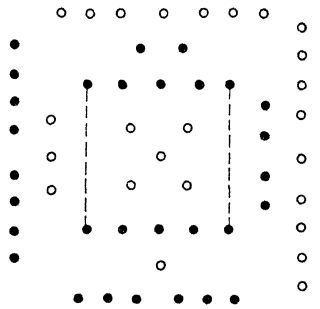
Váza z Mezopotámie (5. tis. před n.l.); váza z Bavorska (3. tis. př. n.l.) zdobená vpichy. (d) Ukázka výzdoby nádoby z Domice (4. tis. př. n.l.), (a) pásový motiv z lužické kultury (2. tis. př.n.l), (b) meandry v halštatské keramice, (c) meandry v laténské keramice.

Řadu poznatků o úrovni matematických znalostí lze odvodit z dalších artefaktů, zejména ze stavitelství. Za všechny jmenujme alespoň egyptské **pyramidy**, vznikající za *Staré říše* zhruba v polovině 3. tisíciletí př. n.l. I když odhlédneme od různých nesmyslných intepretací, jimiž se to v pokoutní literatuře v této souvislosti jen hemží, svědčí pyramidy o řadě praktických matematických znalostí.

Nejspolehlivějším zdrojem informací však přese všechno zůstávají **písemné záznamy**. Patrně nejstarším dokladem souvisejícím s matematikou jsou schémata uvedená v posvátné knize taoismu *I-ting* (*Kniha proměn*) z doby cca 2 200 př. n.l. - viz následující obrázek.



4	9	2
3	5	7
8	1	6



			7			
			2			
		10		10		
8	3		5		4	9
		10		10		
			1			
			6			

Podle čínské tradice měla tato schemata na svém hřbetu posvátná želva, která vylezla na břeh z *Velké řeky*.

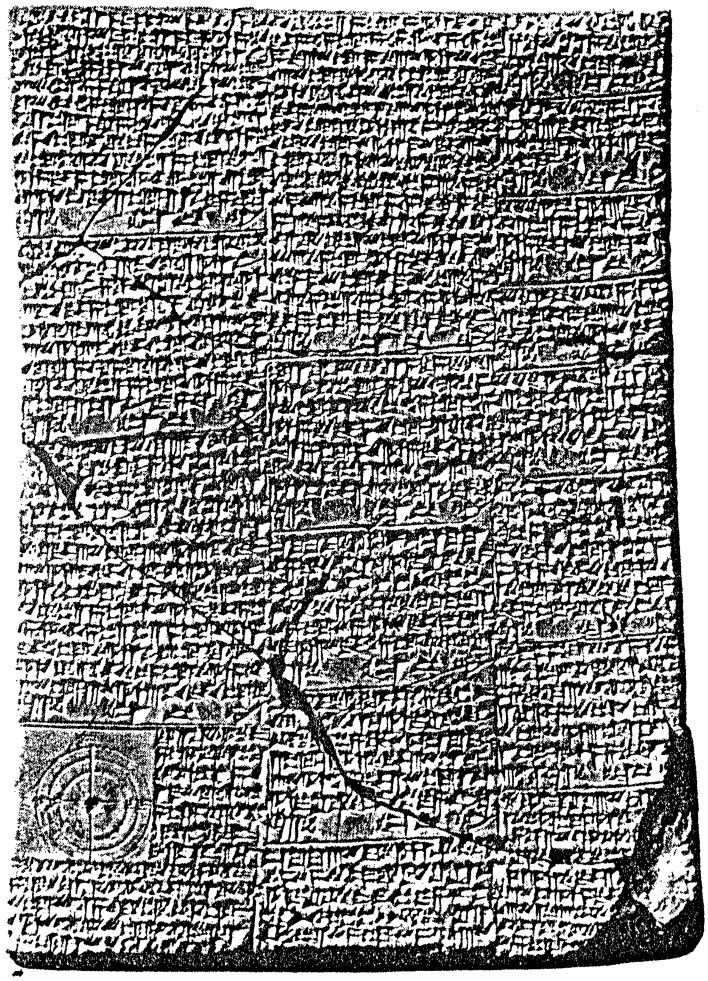
Když tato schémata přepíšeme do číselného vyjádření, vidíme, že první schéma je tzv. *magickým čtvercem*, druhé schéma - tzv. *Říční mapa* - je pozoruhodné svou mnohočetnou vnitřní symetrií. Například $5 + 3 = 8$, $5 + 1 = 6$, $3 + 10 + 2 = 8 + 7$, $3 + 10 + 1 = 8 + 6$ atd. Přestože tato schémata nejsou doprovozena žádným dalším komentářem, jsou svědectvím o početním umění, které přesáhlo ryze praktický rámec.

Jak jsme již uvedli, nejstarší vskutku matematické texty se nám dochovaly z Egypta a Mezopotámie. Vzhledem k tomu, že egyptské a mezopotámské ma-

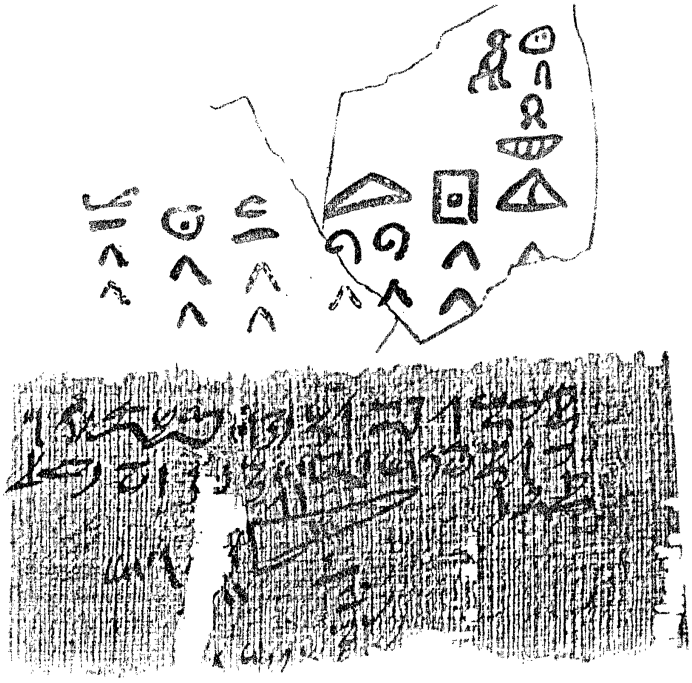
tematice budou věnované samostatné texty, nemusíme se tímto obdobím podrobněji zabývat. Poznamenejme pouze, že nejvýznamnějším zdrojem našich znalostí o egyptské matematice je tzv. **Moskevský papyrus** a **Londýnský (Rhindův) papyrus** z 19. a 17. století př.n.l.

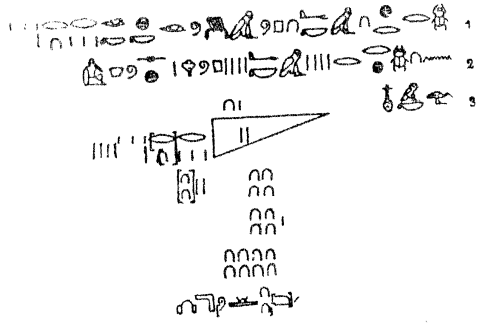
Pro ilustraci uvádíme ukázky mezopotámských a egyptských matematických textů.

UKÁZKA MEZOPOTÁMSKÉHO MATEMATICKÉHO TEXTU



STAROEGYPTSKÉ TEXTY





Při podrobnějším popisu vývoje matematiky v tomto „předvědeckém“ období bychom samozřejmě museli hovořit o celé řadě dalších faktorů. Stačí jen, abychom si uvědomili, jak podstatná je zdánlivě tak okrajová věc, jako je vývoj číselných zápisů. Představme si, jak komplikovaný by byl náš kalkulus, kdybychom dodnes užívali například římských číslic!

VÝVOJ ČÍSLIC

Na následující straně jsou ve dvou tabulkách ukázány číslice z různých dob a zemí.

Egyptské hieroglyfické číslice měly pro každý desítkový řád zvláštní symbol. V zápisu čísla se uplatňoval aditivní přístup, tj. znak se opakoval tolikrát, kolik jednotek toho řádu bylo zapotřebí (je to princip i dnes známé římské numerace). Číslice se zapisovaly ve skupinách od nižších k vyšším, ale zprava doleva (obr.1). Číslo 232 405 zapsané na obr.2 vyjadřuje údaj o majetku krále Sahury, jde o snímek ze stěny jeho hrobky z doby 2500 let př.n.l.

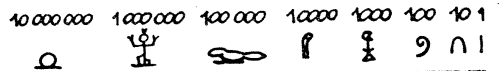
Mezopotámské klínopisné číslice jsou ukázány na obr.3; svislý klín vyjadřoval jednotky, vodorovně směřující klín značil desítky, ale ve všech šedesátkových řádech. (Symbol desítky asi souvisel s prací na počitadlech obdobných abaku.) Zápisy nebyly jednoznačné v řádech, např. na obr.3 může jít o $13.60 + 21.69^{-1}$ nebo $13.60^2 + 21$ apod., protože se sice užíval znak pro "prázdné místo" (nulu) - dva šikmé klíny, ale jen uprostřed zápisu, nevyznačovala se naše " desetinná čárka".

Starořecké číslice vznikly původně (kolem r. 1000 př.n.l.) jako zkratky číslovek, na obr.4 jsou tzv. *herodiánské* číslice. Spojováním znaku pro 5 s ostatními se vytvořily znaky pro 50, 500, 5000. Postupně se ujímaly tzv. *iónské* číslice využívající písmen alfabety (obr.5), stejný princip se přenesl i do slovanského písma (spodní řádek obr. 5). Pro číslice bylo použito 27 písmen označujících $1, 2, \ldots, 9, 10, \ldots, 90, 100, \ldots, 900$; jejich skládáním (bez opakování bylo ,možno zapsat $1, \ldots, 999$ a s určitou úpravou i větší čísla.

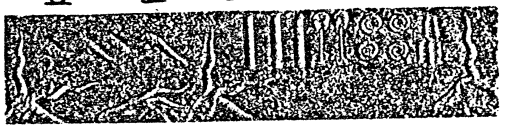
Indické číslice měly největší vliv na vytváření současných zápisů čísel. Nejstarší záznamy z ediktů krále Ašóky (3. stol. př.n.l.) ukazuje obr.6. Vznik desítkové soustavy brahmí (včetně znaku pro nulu) zahájil vývoj číslic dokumentovaný na obr.7 v průběhu 11 století. V různých asijských zemích se indické číslice tvarově pozměňovaly (obr.8).

Arabské číslice se opíraly rovněž o indické vzory a ve své západoafrické podobě "gobar" (obr.9) se přenesly v 9. a 10. století do Evropy, jejich španělskou variantu z r. 976 ukazuje obr.10. Rukopisnými opisy se tvary číslic dosti obměňovaly, jak dokládá obr.11; až rozšíření knihtisku v 15. století přispělo k ustálení tvaru číslic. Obr. 12 ukazuje číslice použité v jednom Dürerově spisu z počátku 16. století.

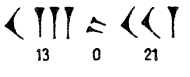
OBR 1



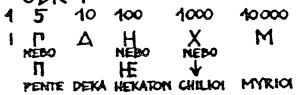
OBR 2



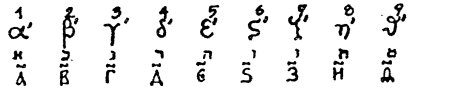
OBR 3



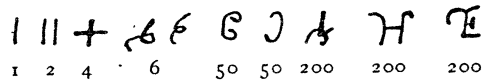
OBR 4



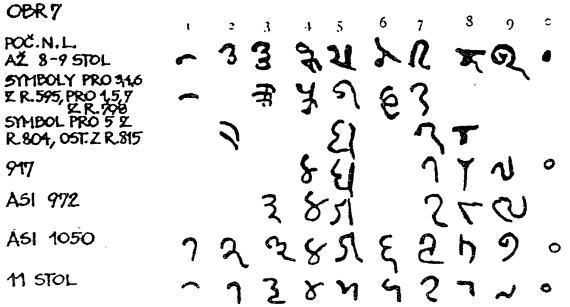
OBR 5



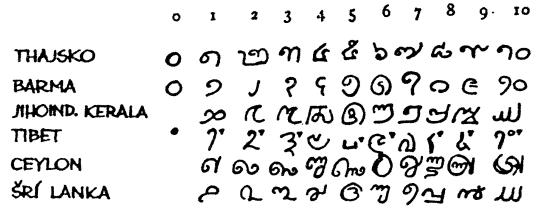
OBR 6



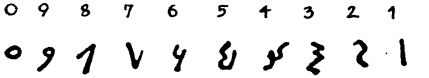
OBR 7



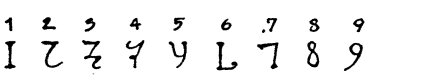
OBR 8



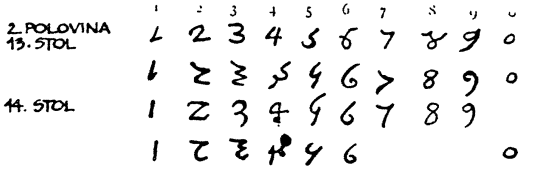
OBR 9



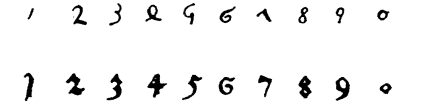
OBR 10



OBR 11



OBR 12



Vznik a rozvoj matematiky jako vědy

Egyptská i *mezopotámská* matematika (stejně tak jako matematika *indická* a *čínská*, o nichž zde nehovoříme téměř vůbec) přinesla řadu mnohdy pozoruhodných poznatků. Přesto však v tomto období ještě o matematice nehovoříme jako o **vědě** v moderním slova smyslu. Tento přerod se udál až v antickém Řecku cca v 6. století př.n.l. Teprve Řekové totiž učinili zásadní krok od dosavadní tříště převážně empiricky získaných poznatků k *deduktivně* budované vědě, krok od izolovaných, nezdůvodňovaných a vzájemně nepropojených poznatků k systematicky budovaným teoriím, v nichž se **důkaz** předkládaných tvrzení stává jedním ze základních požadavků a které se cílevědomě snaží o systematické rozšiřování dosavadních poznatků.

Vzhledem k tomu, že řecké matematice je ve sborníku věnována rozsáhlá kapitola J. Bečváře, můžeme se omezit jen na několik drobných poznámek.

Především je nutno si uvědomit, že se antická matematika vyvíjela v období dlouhém téměř jedno tisíciletí. Prvním významným řeckým matematikem byl THALES z Milétu (asi 624 - asi 543 př.n.l.) (všichni známe například *Thaletovu větu*), jedním z posledních pak slavný DIOFANTOS z Alexandrie (3. stol. n.l.). Nesmíme tedy podlehnout klamnému dojmu a pohlížet na antickou vědu jako na **statický** stav; jde o dlouhodobý vývoj s mnoha dramatickými proměnami.

Vznik matematiky jako vědy je spojen především s učením tzv. **pýthagorejské školy**. Jméno PÝTHAGORA ze Samu (asi 560 - asi 480 př.n.l) sice znají všichni školáci, Pýthagorás samotný však v žádném případě není objevitelem slavné *Pýthagorovy věty*; ta totiž prokazatelně byla známa například v Číně a v Mezopotámii mnohá století před ním. V jistém slova smyslu je dokonce za ironii osudu možno považovat fakt, že je Pýthagorovo jméno známo především z této „geometrické“ souvislosti. V celé historii matematiky lze totiž vystopovat střet dvou základních koncepcí, které pracovně můžeme nazvat *aritmetickou* a *geometrickou* podle toho, která část matematiky byla v příslušné době považována za základní a která za odvozenou. Pýthagorejská koncepce matematiky a fakticky nejen matematiky, ale veškeré filozofie, byla vyhraněně aritmetická: **čísla** (rozuměj *přirozená čísla*) a jejich vzájemné **poměry** (tj. *racionální čísla*) se stala základem pýthagorejské koncepce výkladu světa. Aritmetika byla pro pýthagorejce základem matematiky a matematika se stala nástrojem jejich výkladu světa.

Tato pýthagorejská téze se ovšem zhroutila ve chvíli, kdy pýthagorejci sami zjistili, že například úhlopříčku v jednotkovém čtverci nelze vyjádřit poměrem přirozených čísel (neboť $\sqrt{2}$ je iracionální). Toto *zhroucení koncepce* matematiky je často nazýváno **1. krizí matematiky**, která byla posléze překonána pozdější *geometrizací matematiky*.

Pro úplnost ještě dodejme, že žádné dílo Pýthagora samotného se nedochovalo; přesněji řečeno, žádné jeho dílo se ani dochovat nemohlo, protože učení pýthagorejců bylo tajné a předávalo se pouze ústně.

Přes pozdější zhroucení pýthagorejských koncepcí zůstane jejich zásluhou systematické zavedení důkazu do matematiky. Jimi zavedený trend posléze vyvrcholil v díle ARISTOTELA ze Stageiry (384-322 př.n.l.), který přesně zformu-

loval, jak má být správně budována *deduktivní teorie*, nejen tedy matematika.

Základní podobu antické matematiky po zhroucení pýthagorejských koncepcí ovlivnila ještě jedna skutečnost: postoj k **nekonečnu** a jeho možným formám. Tato problematika je příliš složitá, než aby ji bylo možno stručně vyložit na několika řádcích; proto se spokojíme jen velmi hrubým přiblížením.

I malé dítě chápe, že přirozených čísel 1,2,3,4 ... je nekonečně mnoho, protože ke každému číslu n existuje číslo ještě větší, například $n+1$. Tuto nekonečnost můžeme však chápat ve dvojím smyslu. Buďto tak, že nikdy nevypíšeme **všechna** přirozená číslo, neboť každou *předem stanovenou mez*, byť by byla sebevětší, lze překročit. Nekonečno je takto chápáno jako nikdy neukončený **proces**. Takové nekonečno nazýváme nekonečnem **potenciálním**. Zcela jiný je náš dnešní přístup: množinu **N** chápeme jako *již utvořený* celek a zkoumáme vlastnosti tohoto nekonečného systému. Takto chápané nekonečno se nazývá **aktuální**.

Z mnoha důvodů se antická věda přiklonila k nekonečnu potenciálnímu. Aktuální nekonečno se po více než dvě tisíciletí stalo něčím, co nebylo podrobeno lidskému zkoumání. Tato bariéra byla překročena až v 19. století vznikem *teorie množin*.

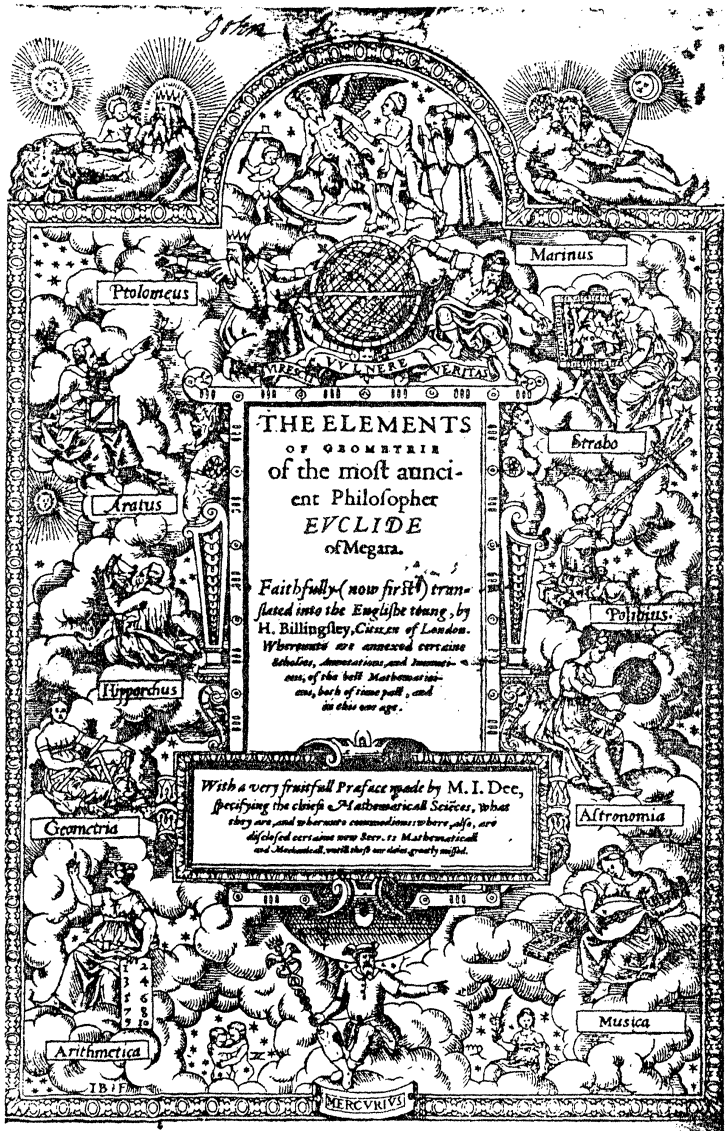
* * *

Výše zmíněný proces „geometrizace“ matematiky geniálním způsobem završil EUKLEIDÉS z Alexandrie (asi 340 - asi 278 př.n.l), který kolem roku 300 př.n.l. ve slavné knize *Základy* (řecky *Stoicheia*) shrnul většinu tehdejších matematických znalostí. Tato kniha ovlivňovala vývoj matematiky prakticky po dvě tisíciletí.

Z řady vynikajících řeckých matematiků připomeňme jen ARCHIMÉDA ze Syrakús (asi 287-212 př.n.l.), který mimo jiné rozvinul *exhaustivní metodu*, kterou vytvořil EUDOXOS z Knidu (408-355 př.n.l.) a APOLLÓNIA z Pergé (2. pol. 3. stol. př.n.l. - začátek 2. stol. př.n.l.), který v díle *Kóniká* podal systematický výklad kuželoseček.

Po zániku antického světa, přičemž v antickém Římě nedosáhla věda toho rozmachu jako v Řecku, upadá dílo řeckých myslitelů pomalu v zapomenutí. Období nového rozmachu evropské vzdělanosti se skrývá v nepředstavitelně vzdálené budoucnosti. Spojovacím článkem mezi antickou a středověkou vědou se stává arabský svět. Mohutná islámská říše rozprostírající se v 7.-10. století od Španělska po střední Asii se stává centrem tehdejší vzdělanosti. Vynikající arabští vědci se v řadě disciplín hlásí k antickému odkazu, studují a překládají antické texty. Mnohá antická díla, včetně například Eukleidových Základů, se nám dochovala právě jen díky těmto překladům, neboť původní rukopisy byly nenávratně ztraceny nebo zničeny.

Titulní list prvního anglického vydání Eukleidových *Základů*



Arabští vzdělanci byli vesměs univerzální a ovlivňovali řadu vědeckých odvětví. Z těch, kteří se o matematiku zasloužili nejvýznamněji, si připomeňme alespoň některé.

Al-CHVÁRÍZMÍ Muhammad ibn Músa ibn Abdulláh (1. pol. 9. stol.) měl velký vliv na pozdější evropský vývoj. V jeho dílech mají mj. původ pojmy *algoritmus* a *algebra*.

Al-FÁRÁBÍ Abú Nasr Muhammad ibn Tarchan Uzlag (asi 870-950) je autorem významných prací z trigonometrie a komentářů k Eukleidovým Základům.

IBN SÍNÁ Abú Alí al-Husajn ibn Abdalláh (980-1037), známý pod latinským jménem AVICENNA, se pokoušel o důkaz 5. Eukleidova postulátu.

Omar CHAJJÁM (1048-1131) je kromě svých geometrických prací dobře znám především jako vynikající básník.

V evropském středověku se věda včetně matematiky rozvíjela zpočátku jen zvolna. Prvním velkým matematikem tohoto období byl Leonardo PISÁNSKÝ (asi 1170 - po 1240), zvaný FIBONACCI. Jeho *Liber abaci* (1202) byla dlouhé období oficiální učebnicí matematiky v řadě evropských zemí, kde od 12. století vznikají první univerzity. Výraznější rozmach však matematika zaznamenala až v 16. století, především v souvislosti s řešením algebraických rovnic.

Vznik a rozvoj moderní matematiky

Řešení algebraických rovnic třetího a vyšších řádů odolávalo po dlouhá staletí veškerému úsilí generací matematiků. Zásadní zlom nastal až v 16. století díky celé plejádě znamenitých italských matematiků působících na řadě italských univerzit.

První průlom učinil Scipione del FERRO (1465-1526), který v roce 1515 nalezl metodu řešení kubických rovnic tvaru $x^3 + mx = n$. První řešení rovnic 4. stupně později odvodil Lodovico FERRARI (1522-1565). Zásadní pokrok v této oblasti učinil geniální samouk Nicollo TARTAGLIA (1499-1557), který kolem r. 1635 našel metody řešení kubických rovnic všech typů, jeho výsledky však uveřejnil ve své knize *Ars magna* (*Velké umění*) v r. 1645 Gierolamo CARDANO (1501-1576) a Tartagliovy výsledky jsou tak dodnes známy pod názvem *Cardanovy vzorce*. Zmíněná Cardanova kniha je často označována za první knihu moderní matematiky.

V 16. století se tak pozvolna rodí tvář moderní algebry. Významným mezníkem je rok 1591, kdy Francois VIÈTE (1540-1603) ve své práci *Isagoge in artem analyticam* jako první užívá písmen pro označení konstant i proměnných a tím se začíná rodit nová moderní matematická symbolika.

Zcela zásadní zlom v rozvoji vědy však přináší 17. století; tento zlom je natolik zásadní, že zcela mění náš obraz světa a hovoříme v této souvislosti o vzniku **nové racionality**. Čtenáři je jistě zřejmé, že tento zvrat způsobily především nové objevy fyzikální a astronomické, významný podíl na vědeckém rozmachu v tomto období však má i matematika. Z řady pozoruhodných matematických výsledků se omezme jen na ty nejvýznamnější.

Pierre de FERMAT (1601-1665), francouzský právník a matematik a René DESCARTES (1596-1650) pokládají základy **analytické geometrie**. První kroky v tomto směru učinil Fermat již v roce 1629, dovršil je však až na jaře roku 1636; jeho práce však zůstala v rukopise a tak první publikací obsahující prvky analytické geometrie se až v r. 1637 stala proslulá Descartesova *Rozprava o metodě*.

V 17. století vznikají první **mechanické počítače**. První sestrojil již v r. 1623 Wilhelm SCHICKARDT (1592-1635), rozšíření se však dočkal až stroj, který v r. 1642 sestrojil Blaise PASCAL (1623-1662).

V r. 1654 se ve vzájemné korespondenci FERMATA a PASCALA formují první zákony **teorie pravděpodobnosti**.

Významného pokroku bylo dosaženo v **teorii čísel**. Do r. 1621 spadá známá historie o tom, jak FERMAT při čtení právě vyšlé Diofantovy *Aritmetiky* zformuloval na okraji stránky proslulou **velkou Fermatovu větu** (*pro přirozené* $n > 2$ *nemá rovnice* $x^n + y^n = 2^n$ *řešení v přirozených číslech*), jež se stala jedním z nejznámějších problémů moderní matematiky aby byla - snad definitivně - dokázána až v červnu 1993 kanadským matematikem Andrew WILESEM.

Ze všech matematických výsledků 17. století je však nejvýznamnější zrod **infinitesimálního počtu**, spojený se jmény Isaaca NEWTONA (1642-1727) a Gottfrieda Wilhelma von LEIBNIZE (1646-1716). Diferenciální a integrální počet, který vytvořili, se stal centrální matematickou disciplínou nastupujícího 18. století, neboť nalezl okamžitě ohromnou řadu aplikací nejen v matematice samotné, ale i ve fyzice; koneckonců právě potřeby fyziky byly pro Newtona impulsem k jeho zformování.

Z řady výjimečných matematiků 18. století, kteří se zasloužili o rozvoj **matematické analýzy**, jmenujme alespoň Lenharda EULERA (1707-1783), Jacoba BERNOULLIHO (1654-1705) a jeho bratra Johanna BERNOULLIHO (1667-1748).

V této době však vznikají i nová matematická odvětví. Tak například Joseph Louis LAGRANGE (1736-1813) buduje základy **variačního počtu**, GASPARD MONGE (1746-1818) zakládá **deskriptivní geometrii**, abychom jmenovali alespoň ty nejvýznamnější.

* * *

Dalším zásadním mezníkem ve vývoji matematiky se stává 19. století, v němž lze hledat bezprostřední kořeny téměř všech moderních matematických disciplín. Popis byť těch nejdůležitějších výsledků 19. století by byl natolik obsáhlý, že se zde musíme omezit jen na heslovitá připomenutí těch událostí, které byly pro další rozvoj matematiky klíčové.

Niels Henrik ABEL (1802-1829) a Évariste GALOIS (1811-1832) ve svých pracích o neřešitelnosti algebraických rovnic stupně vyššího než čtvrtého budují základy **teorie grup**. Z tohoto impulsu se rodí **moderní algebra**.

Tisícileté marné úsilí o důkaz 5. Eukleidova postulátu o rovnoběžkách završují Carl Friedrich GAUSS (1777-1855), János BOLYAI (1802-1860) a Nikolaj Ivanovič LOBAČEVSKIJ (1792-1856) objevením **neeukleidovské geomet-**

rie. Gauss však své práce z této oblasti nikdy nepublikoval a výsledky Bolyaie a Lobačevského byly tvrdě odmítány. Zlom nastal až ve druhé polovině 19. století poté, co jejich výsledky zobecnil Bernhard RIEMANN (1826-1866) a poté, co byly nalezeny *modely* neeukleidovské geometrie.

Zpřesňování **matematické analýzy**, která byla od 17. století založena na nejasném pojmu *nekonečně malé veličiny*, zahájili Bernard BOLZANO (1781-1848) a především Augustin Louis CAUCHY (1789-1857), který kolem r. 1820 zavedl pojem **limita funkce**. Tento proces dovršili Karl WEIERSTRASS (1815-1897), jeho žák George CANTOR (1845-1918) a Richard DEDEKIND (1831-1916). Weierstrass dobudoval dodnes užívaný (a studenty nepříliš oblíbený) „$\varepsilon - \delta$" *jazyk* matematické analýzy, Cantor a Dedekind vybudovali - každý jinak - **teorii reálných čísel**.

Pro další rozvoj matematiky však měl zásadní význam zrod **teorie množin**, kterou počínaje rokem 1873 začal systematicky budovat již zmíněný Georg CANTOR.

Teorie množin se po prvním prudkém odmítání, způsobeném především tím, že porušila od antiky udržovanou bariéru **aktuálního nekonečna**, stala světem, do něhož se ponořila celá matematika. *Množinově-logický jazyk* současné matematiky se stal natolik samozřejmým, že jeho prvky začaly - mnohdy neuváženě - pronikat až do matematiky školské, jak jsme toho byli v uplynulých letech svědky.

Všeobecné přijetí teorie množin bylo vystřídáno o to větším šokem, když se na přelomu 19. a 20. století v této teorii objevily tzv. **antinomie**, které prokázaly, že celou matematiku je nutno budovat zcela jinak, než tomu bylo po dlouhá tisíciletí.

Nejúplnější program nápravy tohoto stavu zformuloval David HILBERT (1862-1943). V tzv. *hilbertovském programu* měla být matematika nejprve *formálně přesně vybudována* a poté měla být dokázána její *bezespornost*. Tím by byly jednou provždy odstraněny pochybnosti o její vnitřní konsistenci. Tento program se však zhroutil poté, co Kurt GÖDEL (1906-1978) v r. 1930 dokázal a v r. 1931 publikoval tzv. **větu o neúplnosti**.

Přes zásadní omezení možností axiomatických metod, které Gödelova věta znamená, se přesto axiomatická výstavba matematiky stala nejběžnějším nástrojem budování současné matematiky. Šíře metod a disciplín matematiky 20. století je však natolik rozsáhlá, že podrobnější popis se zcela vymyká možnostem tohoto textu.

* * *

Na následujících dvou stranách jsou uvedeny orientační chronologické tabulky.

700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 1950

al-CHVÁRÍZMÍ
Bháskará
Cardano
PASCAL
EULER
ABEL
GÖDEL
Ferro
Fourier
Bolyai
von NEUMANN
Fibonacci
DESCARTES
Dirichlet
al-Fárábí
Ferrari
Johann BERNOULLI
Tartaglia
Bolzano
Hausdorff
FERMAT
Laplace
HILBERT
Hamilton
VIÉTE
Jacob BERNOULLI
CAUCHY
Galilei
LAGRANGE
Turing
GALOIS
Dedekind
Monge
Chajjám
Kepler
Paracelsus
CANTOR
LEIBNIZ
GAUSS
ibn Síná
Tomáš Akvinský
M. Kusánský
NEWTON
LOBAČEVSKIJ
WIENER
Dům moudrosti
První univerzity
Leonardo da Vinci
Cavalieri
RIEMANN
Padova
Kant
Cyril a Metoděj
Bologna
Praha
WEIERSTRASS
Neapol
Babbage
Paříž

3000 2000 1000 700 600 500 400 300 200 100 0 100 200 300 400 500 600 700

Pythágorás Eudoxos Apollónios DIOFANTOS Brahmagupta

Thales ARCHIMÉDÉS

Erastosthenés

Eg.papyry

EUKLEIDÉS

I-ting

Anaxagorás

Zénón Aristotelés

Homér Buddha

pyramidy Platón Boethius

KRÉTA ŘECKO→→ ŘÍM→→

MEZOPOTÁMIE ZÁKLADY

EGYPT EGYPT

stará ř. střední ř.

nová ř.