

KRIŽOVATKY NA CESTE K MATEMATIZÁCII PRÍRODY V 17. STOROČÍ

MÁRTA FEHÉROVÁ

Narodila sa v r.1942. Študovala na Filozofickej fakulte Univerzity Loránda Eötvösa v r. 1960-1965 matematiku a fyziku, v r. 1965-1968 filozofiu; v r. 1976 pôsobila na Queens College. V r. 1987-88 bola hosťujúcou profesorou na Rutgers University v New Jersey. V súčasnosti vedie ako docentka Katedru filozofie na Fakulte prírodných a spoločenských vied Technickej univerzity v Budapešti. Zaoberá sa metodologickými a historickými aspektami otázok prírodovedného poznania. Jej hlavné diela: *A tudományok problémái az elméletig* (Od vedeckého problému po teóriu, spoluautorka 1977); *A tudományfejlődés kérdőjelei* (Otázníky vývoja vied, 1983).

Od 18. stor. podiel matematiky na opise fyzikálnych javov neustále rástol a dnes je už taký veľký a prenikavý, že sa nám zdá až samozrejmy. No čo je dôležitejšie, *spôsob*, akým sa matematika aplikuje vo fyzike (a v iných vedách), sa zdá byť samozrejmy či skôr jediný správny. Dokonca aj historici vedy väčšinou považujú zrod idey matematizácie prírody (t. j. fyziky) a spôsob, akým ju uskutočňovali Galileo a Newton, za jeden a ten istý proces.

Matematizovateľnosť celej stvorenej prírody (vrátane pozemskej) „bola vlastne najcitlivejším bodom konfliktu medzi dominujúcim aristotelizmom neskorého stredoveku a trochu do úzadia zatlačeným, ale stále živým platonizmom. Platonizmus považoval univerzálnu matematiku prírody za legitímnu (hoci otázka, *ako ju treba aplikovať*, nepochybne ešte nebola vyriešená)“, píše Burt ([3], 54, podč. M. F.).

V 16. stor. a v prvej polovici 17. stor. už spor o potrebe matematiky v prírodovede nejestvoval. Stále sa však viedli pomerne veľké spory o spôsobe jej uplatnenia v prírodovede.

Vo svojom článku chcem podporiť tvrdenie, že proces matematizácie (pozemskej) prírody, ktorý začal v 15.-16. stor., sa uberal *dvomi* divergentnými smermi, pričom každý z nich vychádzal z myšlienky, že príroda je matematizovateľná a že Kniha prírody je napísaná v jazyku matematiky. Spôsob, akým sa matematika pri opise prírody uplatňovala v 17. a 18. stor. (a aj v našom), čerpá z dedičstva iba jednej (tej druhej) z dvoch línií matematizácie – hermetickej a mechanistickej. Ani jeden z týchto dvoch prúdov nebol následníkom druhého, boli to dve reálne alternatívy.

Uznávam teda reálny kognitívny význam hermetizmu vo vývine mladej novovekej vedy a nedegraduujem ho na prejav číreho iracionalizmu, z hľadiska skutočnej vedy vonkajší a irelevantný. Považujem hermetizmus (tento zvláštny amalgám helenistického gnosticizmu, novoplatonizmu, pytagoreizmu a kabalizmu) za iniciátora a prvého šíriteľa myšlienky, že podstata prírody (nielen nebeskej, ale aj pozemskej) je matematická, preto je matematizovateľná celá veda (a nie iba tradičné zmiešané vedy). Pripúšťam však, ba vlastne zdôrazňujem, že hermetistický spôsob uplatňovania matematiky v prírodovede musel byť prekonaný a potom odmietnutý (aj s emocionálnym nádychom opovrhnutia a podceňovania) v mene legitimizovania nového spôsobu rozvíjania matematickej fyziky raného novoveku.

A hoci historici vedy nikdy neignorovali význam zrodu kvantifikovanej fyziky, úlohu, ktorú v tomto procese zohrala ne-novoveká alebo pred-novoveká matematika, si nevšimli. Dlhý čas prevládal názor, že hermetizmus bol patologickým oživením iracionalizmu a povieť sprevádzajúcim rozklad scholasticko-aristotelovského racionalizmu. Podľa tohto názoru vytriezvenie z tohto obrovského bludu prišlo až v 17. stor. s „vedeckou revolúciou“. (Hovorí sa, že jeden z prvých článkov W. Pagela o hermetizme vyšiel v r. 1954 pod názvom *Obrana nezmyslu*).

Po vydaní prác L. Thorndika [26] a najnovšie aj ako dôsledok argumentov, ktoré vo svojich prácach rozvinula F. Yatesová ([27], [28], [29]), sa úloha hermetizmu pri zrode mladej novovekej vedy prehodnotila. Zatiaľ čo dovtedy sa hermetizmus považoval za modelový príklad iracionalizmu, mysticizmu a tmárstva (v porovnaní s predchádzajúcim aristotelizmom, ako aj s neskoršou galileovskou matematickou vedou), Yatesová začala považovať hermetistu za „bezprostredného predchodcu vedca 17. storočia“ ([28], 225) a pytagorejsko-kabalistický spôsob uvažovania za „nevyhnutnú prípravnú fázu zrodu vedy“ ([28], 258).

Tu by som chcela podporiť iné (tretie) hľadisko. Podľa môjho názoru hermetizmus (s jeho charakteristickým pytagoreizmom a numerológiou) nebol ani modelovým vzorom iracionalizmu, ani bezprostredným predchodcom novej, galileovskej matematickej vedy. Bol skôr *zásadne* odlišnou či *alternatívnou* cestou k matematizácii prírody, ktorú neskôr vedci opustili v prospech inej cesty ku galileovskému typu matematizácie a zároveň k technicky užitočnému poznaniu. Súhlasím teda s M. Hesseovou, že „predstava o taviacom kotli novej vedy, do ktorého vtiekol hermetizmus spolu s mechanizmom, je nesprávna... Hermetizmus nebol v polovici storočia iba potlačený, ale umožnil aj vznik novej filozofie, aby tak zvýraznil svoju relatívnu nezávislosť na všetkých podobných tradíciách“ ([18], 141).

Hermetizmus rozpracoval *metodológiu* nového, nearistotelovského typu poznania prírody (bol teda, Kuhnovými slovami, uchádzačom o dominantné postavenie v spore paradigiem, ktorého neskôr zvrhla galileovsko-newtonovská analyticko-mechanistická paradigma). Podľa môjho názoru bol však vo svojej dobe svojím spôsobom prijateľný a racionálny, hoci jeho premisy a najmä jeho spôsoby logickej argumentácie sa značne líšili od neskorších, newtonovských (a od našich súčasných) spôsobov. Neriadil sa logikou *príčin* ani neuvádzal matematické objekty do vzťahu s objektami prírody prostredníctvom *merania* a *idealizácie*, riadil sa skôr logikou *znakov* [12] a vzťah medzi matematikou a objektami prírody nestanovoval meraním, ale prostredníctvom teórie (tzv.) *korešpondencií* spočívajúcich prevažne na metafyzickom základe (t. j. prostredníctvom matematického mysticismu). V rámci tejto koncepcie sa *matematické entity* chápali ako *analogické prírodným objektom*, pripisovali sa im teda prírodné alebo morálne vlastnosti (ako napríklad rod či spriaznenosť). Hermetistická matematizácia sa teda od galileovského typu matematizácie podstatne odlišovala tým, že *matematické entity* chápala ako *analogické prírodným entitám*, a nie *naopak* – nenarábala s prírodnými objektami tak, akoby to boli matematické entity (t. j. nepoužívala pri budovaní svojich vedeckých teórií namiesto reálnych objektov a procesov idealizáciu a matematické abstrakcie).

Ako je známe, hermetické spisy (*Corpus Hermeticum*) boli súborom gnostických textov z 2. a 3. stor. pred n. l., ale v 16. stor. sa ich vznik kládol do Mojžišových alebo aj starších čias, pričom mali vzniknúť v Egypte a ich autorom mal byť Hermes Trismegistos (alebo Thoth). Hermetické spisy obsahovali prvky novoplatonizmu, judaizmu a kresťanstva. Podľa hermetizmu sú prírodné entity navzájom spojené korešpondenciami (ne-príčinnými vzťahmi), skrytými väzbami sympatie a antipatie a skrytými vplyvmi. Tieto všetko prenikajúce spojenia vraj vytvárajú celok univerza a zjednocujú ho (univerzum už teda nie je rozdelené na sublu-nárne a supralunárne sféry). Zvlášť dôležité boli korešpondencie medzi človekom a mikrokozmosom a ostatnou prírodou – makrokozmosom. Poznanie týchto spojení vytváralo základ

„prirodzenej magickej“ vlády nad prírodou. Prostriedky jej ovládania sa chápali prevažne v magickom duchu (zaklínadlá, amulety, obrázky, symboly, hudba a numerológia). Popri intenzívnom štúdiu *Corpus Hermeticum* (v 16. stor.) došlo k oživeniu platónskych názorov na matematiku a objavili sa nové texty vrátane Proklova (novoplatonik žijúci v 5. stor.) komentára k Euklidovým *Základom*. V druhej polovici 16. stor. boli založené katedry platonizmu v Pize, Ferrare a Ríme (pozri [20])¹. Až dovtedy zaujímalo štúdium matematiky v živote univerzity pomerne okrajové miesto. V dôsledku tohto oživenia matematického platonizmu sa v 16. stor. začali neutíchajúce diskusie o platnosti matematiky a tom, či je istejšie matematické, alebo sylogistické usudzovanie. (Ako je známe, Galileo vo svojom spise *Rozpravy o matematike*... tvrdil, že matematika sa vyrovná logike, ba že ju dokonca predčí; podľa neho „... medzi fyzikálnou a matematickou poznateľnosťou už nie sú žiadne rozdiely“ – píše Clavelin ([5], 389)). Táto myšlienka sa objavuje už v 15. stor.: Pico della Mirandola (*Conclusiones mathematicae*) prehlasuje, že „... čísla sú prostriedkom na skúmanie a pochopenie každej poznateľnej veci“ (ako uvádza anglický hermetik 17. stor. John Dee vo svojom diele *Mathematical Praeface to Euclid*), čo v origináli znie: „Per numeros habetur uia ad omnia scibilis inuestigationem et intellectionem...“ ([31], 101). A podľa Mikuláša Kuzánskeho (*De docta ignorantia*) svetskú i božskú pravdu môžeme dosiahnuť iba poznaním čísel – v tejto súvislosti sa odvoláva na *Knihu múdrosti* (11:17), kde je napísané, že Boh stvoril všetko „sub numero, pondere et numera“ (porovnaj [8], 3).

Myslenie novoplatonizmu ovplyvnilo už mnohých cirkevných otcov (predovšetkým sv. Augustína).

Mystiku čísel môžeme nájsť v prácach Macrobia i Martiana Capella, ktoré boli v ranom stredoveku veľmi populárne; Boethiove diela *De institutione arithmetica* a *De institutione musica* napísané v pytagorejskom duchu predstavovali základné texty, ktoré sa často citovali až takmer do renesancie (porovnaj [8], 7).

Istý typ kabalistickej numerológie sa do západoeurópskeho myslenia dostal už v 14. stor. vďaka Raymundovi Lullovi, ktorý vychádzal z diela Abrahama Abulafia zo Španielska (1240-1300).

Všetky tieto prvky – gnosticizmus spisov *Corpus Hermeticum*, pytagorejstvo, platonizmus a niektoré mystické prvky judaizmu, t. j. kabalizmus, vytvorili vo svojom spojení vplyvnú a revolučnú alternatívu prevládajúceho aristotelizmu. Hermetizmus teda môžeme považovať za istú proti-kultúru scholasticizmu. V rámci hermetizmu našli spoločnú platformu myslitelia s veľmi odlišným sociálnym a vzdelanostným zázemím. V radoch jeho predstaviteľov možno nájsť vzdelancov i laikov, urodzených i obyčajných ľudí. (Nemôžem sa tu venovať sociálnemu významu tohto hnutia, hoci ani z hľadiska problému, ktorým sa tu zaoberám, ho nepokladám za irelevantný).

Sústredíme sa teraz iba na problém epistemologického statusu a aplikovateľnosti matematiky. Tu treba zdôrazniť, že diskusia o úlohe matematiky má svoj počiatok u Aristotela, ktorý nesúhlasil s Platónom v otázke ontologického a epistemologického statusu matematických entít a odmietal používanie matematiky vo fyzike ako vede o pozemských objektoch. Pokladal substancie a ich atribúty (objekty prírodovedy) za individuálne, ne-vzťahové a neredukovateľné na nejaké základnejšie entity a ako také sa nedali definovať v jazyku matematiky. Matematické vedy sa považovali za vedy narábajúce s abstrakciami a to znamenalo okrem iného aj to, že podľa stredovekých filozofov neposkytovali správny či adekvátny model reálneho sveta, aký ponúkali prírodné vedy, t. j. Aristotelova fyzika.

¹ Odtiaľ Galileov platonizmus. (Jacopo Mazzoni, priateľ Galileovho otca, viedol katedru platónskej filozofie v Pize v r. 1588-98).

Matematické entity sa považovali za abstrakcie zmyslovo vnímateľných vecí zbavených všetkých zmyslovo vnímateľných kvalít. Matematické vedy preto nemohli skúmať ani podstaty materiálnych látok, ani ich kvantitu, pokiaľ bola súčasťou týchto substancií – nemohli teda skúmať ich existenciu. Táto koncepcia metód a predmetu matematických vied vysvetľuje aj výroky arabských komentátorov Aristotela spochybňujúce oprávnenosť používania matematiky pri skúmaní (pozemskej) prírody. Tak napríklad podľa Al-Kindiho všetko, čo je prírodnej (fyzikálnej) povahy, je materiálne. Preto sa pri skúmaní existencie materiálnych vecí matematika nedá použiť. Takéto skúmanie je vhodné iba v prípade vecí nemateriálnej povahy. Averroes formuluje zovšeobecnenie, že matematika sa zaoberá nemateriálnymi vecami alebo tými aspektami materiálnych vecí, ktoré nie sú ovplyvnené hmotou (pozri [20], 80). Avicenova klasifikácia v platónskom duchu (v *Aqşam al-Ulūm*), v ktorej je fyzika medzi teoretickými vedami na poslednom mieste, matematika uprostred a metafyzika na najvyššom mieste, je výnimkou. Podľa ortodoxných aristotelikov sa matematika mohla používať iba v astronómii, optike a hudobnej teórii; tieto kombinované či zmiešané vedy sa však nepovažovali za preukázateľné vedy, a teda ani za „vedy“ v striktnom zmysle slova. (Mali totiž rôznorodé premisy, a preto sa nedal určiť ich stredný člen a nedal sa pre ne vytvoriť demonštračný syllogizmus.)

Je však známe, že v období vrcholnej scholastiky existovali pokusy o kvantifikáciu kvalít, o ich zmenu a zdôvodnenie v rámci aristotelovskej epistemológie (napr. problémy „intensio et remissio formarum“ u Oresma alebo problémy rovnomerného a nerovnomerného pohybu v Mertonovej škole). Ako píše J. Murdoch, „ku koncu 13. a začiatkom 14. stor. sa zrodila skutočná mánia odmerať všetko, čo sa len dá“ ([18], 62) – dokonca aj to, čo dnes považujeme za nemerateľné, napríklad milosť, dobročinnosť či vinu. Musím však hneď na tomto mieste zdôrazniť, že Murdochovu terminológiu považujem za zavádzajúcu. Títo počtári 14. stor. totiž veci a kvality „nemerali; uskutočňovali iba čisto pojmové operácie, pričom jednoducho a svojvoľne pripisovali kvalitám „mieru“, t. j. numerické hodnoty či geometrické veličiny, a vôbec sa ich nepokúšali odmerať. Sám Murdoch k svojmu výroku dodáva, že „...problém merania treba vidieť skôr ako logický problém označovania. Tak napríklad meranie zahrnuté vo výpovedi, že uniformne diformne teplé teleso je rovnako teplé ako uniformne teplé teleso so strednou teplotou uniformne diformne teplého telesa, presne zodpovedá logickému problému označenia predmetu predikátom „modrý““ ([18], 62). Z tohto hľadiska sa ich postup podobal postupu hermetikov. Prírodní filozofi 14. stor. skutočne kvantifikovali prírodu v tom zmysle, že istým abstrakciám svojvoľne pripisovali numerické veličiny, s ktorými narábali ako s číslami, pričom tvrdili, že číslami nemôžu byť: to však nie je to isté ako považovať podstatu prírody a prírodných procesov za matematickú. Ak si to uvedomíme, potom už nebude také záhadné, prečo sa nikdy nepokúsili aplikovať svoje výsledky na reálne prípady, napríklad prečo sa nik pred D. de Sotom, t. j. dvesto rokov potom, čo „počtári“ zaviedli Mertonovo pravidlo, vlastne nepokúsil aplikovať teorému priemernej rýchlosti na zrýchlený pohyb pri voľnom páde. Súhlasím preto s prof. Murdochom, že „nech už tento smer mal akékoľvek pokračovanie, celkový duch stredovekej tradície merania je celkom iný než duch tradície založenej Galileom a jeho nasledovníkmi; táto odlišnosť je v skutočnosti taká veľká, že by bolo mylné sa domnievať, že jedna tradícia v podstate prešla v druhú“ ([18], 96).

A tento prechod skutočne ani nemohol byť vzhľadom na spomenuté konceptuálne obmedzenia aristotelovskej fyziky plynulý. Aby sa uvoľnilo zovretie scholastického aristotelizmu, musel zapôsobiť oživený platonizmus a musel doň začať prenikať hermetizmus. Platónsko-pythagorejský matematický realizmus pripravil cestu novej koncepcii skutočnosti, ktorá tvrdila, že skutočná podstata vecí leží za hranicami zmyslovo vnímateľných javov, že je

matematická, preto sa dá postihnúť iba duchovne. Platón a vôbec platonici totiž tvrdili, že matematické entity existujú mimo zmyslovo vnímateľných objektov a zaujímajú *prostrednú* pozíciu medzi ideami a zmyslovo vnímateľnými objektami. Od týchto objektov sa pritom líšia tým, že sú vzhľadom k nim vonkajšie, nemenné a poznateľné rozumom, a od ideí zasa svojou mnohosťou, zatiaľ čo idey sú jedinečné. Tvrdili ďalej, že skutočná veda sa nezaobrába zmyslovo vnímateľnými vecami, ale rozumovo poznateľnými objektami. A aj metodológia, ktorá podľa platonikov mala viesť k postihnutiu matematickej podstaty, bola primerane tomu odlišná. Na rozdiel od aristotelovskej epistemológie (a aj neskoršej, mechanistickej epistemológie 17. storočia) sa do veľkej miery spoliehali na intuíciu, na zjavenie (ako formu rozpomínania) a na posvätnú tradíciu. Z tohto hľadiska je mimoriadne príznačný Proklov spomenutý komentár k Prvej knihe Euklidových *Základov*. Hovorí, že matematické entity zaujímajú stredovú pozíciu, preto aj medzi poznaním vnímateľných vecí obmedzeným na vieru a domnienku a čisto racionálnym poznaním ideí stojí poznanie založené na pochopení, ktoré využíva obraznosť nižších foriem poznania a postupne cez predpoklady prichádza k záverom. V tomto postupe má teda skutočne svoje miesto *dianoia* (vzhľad) i *phantasia* (predstavivosť). (Neskôr uvidíme, ako J. Dee, významný anglický hermetik, čerpá vo svojej práci *Matematický úvod k Euklidovým „Základom“* práve z týchto platónskych myšlienok).

Napriek rozšírenému biblickému heslu M. Kuzánskeho (poznatie: „sub numero, ponderé et mensura“) teda hermetici (tak ako predtým scholastici) odmietali pri svojej intelektuálnej práci používať obyčajné metódy (ako napríklad meranie). Ich čísla neboli číslami kupcov a bežného počítania – boli to racionálne, formálne a prirodzené čísla, ktoré považovali dokonca za skutočnejšie a podstatnejšie než fyzikálne príčiny prírodných procesov.

Inými slovami, hermetici chceli previesť svoju myšlienkovú loď medzi Scyllou intelektuálneho ortodoxného scholasticizmu, ktorý pokladali za prekonaný a bezcenný, a Charybdou bežného praktického a užitočného poznania, ktoré zasa považovali za plytké, povrchné a nekultivované. Chceli sa stať šíriteľmi novej myšlienkového tradície (s výlučným nárokom na pravdu), preto sa oddelili od oficiálnej učnosti a jej inštitúcií (univerzít) a zakladali svoje vlastné oficiálne i neoficiálne vysoké školy a spoločnosti (napríklad Rozenkruciáni). Zároveň sa pokúšali dištancovať sa od kupcov a vyššej remeselníckej vrstvy – odtiaľ ich tajuplnosť a používanie metaforického, obrazného jazyka, ktorý bol pre nezasvätených iba ťažko zrozumiteľný. Je zaujímavé, že – ako upozorňuje Rossi ([22], 262) – F. Bacon odmietal hermetizmus medzi iným preto, že sa nedal pretlmočiť *laikom*. Od prvej polovice 17. stor. sa totiž laici stali hlavným adresátom a prvým spojencom novej galileovsko-baconovskej vedy, ktorá sa už nebála začleniť poznatky remeselníkov typu „vedieť, ako na to“ (Galilei sa dokonca pýši tým, že sa učil od remeselníkov z Arsenalu) do svojich koncepcií, prinášať užitočné poznatky (Bacon), ba dokonca definovať skutočné vedecké poznanie ako „konštruktívne“ (Descartes), ako výsledok skúmania a napodobňovania fungovania nástrojov a strojov postavených na roveň prírodným procesom.

Na rozdiel od baconovsko-galileovskej vedy si hermetizmus osvojil anti-empiricistickú metodológiu a odmietal upraviť jej tvrdenia a teórie empirickým potvrdením, resp. nepotvrdením, pričom zdôrazňoval nadradenosť intuitívneho a zjaveného poznania. Musím však hneď dodať, že tento rozdiel nebol z určitých hľadísk taký veľký a jasný, pretože galileovská (a karteziánska) metodológia bola tiež anti-empiricistická, no nikdy úplne nestratila kontakt so skúsenosťou – napriek tomu, že pripúšťala veľké diskrepancie medzi teoretickými predpovedami a empirickými dôkazmi (napríklad v prípade Galileovej teórie prílivu a odlivu či Descartových zákonov nárazu dvoch pevných telies). Charakteristickou črtou hermetistickej metodológie bolo skôr zisťovanie analógií medzi oblasťami zmyslovo vnímateľných a rozumovo poznateľných entít. Hermetici pritom predpokladali, že tieto dve oblasti nesúvisia navzá-

jom podľa presných pravidiel, ale iba prostredníctvom voľných korešpondencií (hermetici sa pritom stotožňovali s krajinou formou matematického realizmu, pokladali teda matematické entity za reálne existujúce, hoci zmyslovo nevnímateľné).

Preto neprekvapuje, že v druhej polovici 16. a v prvej polovici 17. stor. už zástancovia mechanistickej filozofie prírody za svojho hlavného ideologického nepriateľa nepovažovali aristotelizmus, ale hermetizmus. Ako píše Heilbron: „Mersenne nebol jediný, kto v 17. stor. za najväčšiu hrozbu pre pravú fyziku označil Fluddových stúpcov, a nie scholastických filozofov. Tým istým opovrhnutím voči hermetizmu okorenili svoju odpoveď Fluddovmu stúpcovi J. Websterovi na jeho útok proti univerzitám v r. 1684 aj oxfordskí matematici Seth Ward a John Wilkins“ ([16], 28). Mersenne i Ward považovali Aristotela za svojho spojenca proti hermetikom. Mersenne im vytyka ich používanie numerológie, obhajuje prísny nominalizmus a namieta, že hermetici nechápu, že slová sú „flatus vocis“, že sú to iba konvenčné znaky, a nie obrazy či príčiny. V tomto zmysle aj vzájomná vzdialenosť planét môže vytvárať harmóniu, ale či je tomu tak, to nezáleží od kozmických analógií, ale od skutočnosti. Mersenne považoval útok proti Fluddovi a hermetizmu za taký dôležitý, že požiadal Gassendiho, aby sa ujal tejto úlohy, čo Gassendi neochotne urobil vo svojej práci z r. 1629 *Examen Philosophiae R. Fluddi*. Okrem Mersenna (*La vérité des sciences*, 1625) a Gassendiho (*Examen Philosophiae R. Fluddi*, 1629) treba ešte spomenúť F. Bacona, ktorý „bojoval proti magicko-hermetickému ideálu múdrosti ako stvorenej a inšpirovanej Bohom“ ([22], 262), ale i Roberta Boyla a jeho ironické poznámky na adresu Paracelsových nasledovníkov. Seth Ward v spomenutej odpovedi ostro odmietol Websterovu myšlienku o podobnosti medzi Fluddom a Baconom založenej na ich experimentalizme. Ward píše: „Na svete niet dvoch protichodnejších ciest, než sú cesty Lorda Verulámskeho a dr. Fludda – jedna založená na experimente a druhá na mystických ideálnych príčinách“ (citované podľa [10]). Predovšetkým som však azda mala spomenúť Keplera, ktorý proti Fluddovi a proti hermetistickému používaniu matematiky vystúpil v *Appendixe* ku svojej práci *Harmonices Mundi Libri V*.

Keplerov postoj je azda najpríznačnejší, pretože sa stavia práve proti hermetistickému spôsobu používania matematiky. Ako je známe, v iných smeroch zastával aj niektoré základné myšlienky takých hermetikov, ako boli John Dee či Robert Fludd, pričom sám bol presvedčeným novoplatonikom a novopytagorejcom. Je známe aj to (pozri [7]), že vypracoval schému hudby („harmónie“) sfér podľa pomeru ich vzdialeností od slnka. A skutočne, jeho známy zákon vyjadrujúci vzťah medzi priemernou vzdialenosťou planét od slnka a dobou ich obehu okolo slnka ($a^3/T^2 = \text{konšt.}$) je výsledkom jeho hľadania pytagorejskej nebeskej harmónie. Je pritom iróniou, že elipsovité tvar dráh planét považoval za nevyhnutný dôsledok hudobnej harmónie slnečnej sústavy. Na druhej strane Galileo, ktorého možno považovať iba za platonika, ale nie za hermetika, sa pridržal predstavy o kruhových obežných dráhach a možnosť ich elipsovitého tvaru odmietal.

V prvých desaťročiach 17. stor. možno teda vystopovať tri odlišné a veľmi významné postoje k hermetistickej idei matematizácie prírody (okrem tých, ktoré sa explicitne hlásili k hermetizmu). Ich predstaviteľmi boli okrem iných Bacon, Kepler a Galilei.

Bacon (ktorý prekonal svoje pôvodné sympatie k hermetizmu) analyzuje, kritizuje a potom odmieta hermetistickú prírodnú filozofiu a jej používanie matematiky (in toto) pri opise prírodných javov; zachováva a nástojčivo odporúča však metódu (dovedy považovanú za typický alchymistický prístup) *experimentovania* ako *legitímny spôsob* získavania platného poznania o prírode. Bacon odmieta matematizáciu, pričom ani neuvažuje o možnosti iných, nepytagorejských spôsobov jej použitia, preto F. Yatesová hodnotí Deeho dielo (zanietený hermeticky ladený *Úvod* k Billingsleyho vydaniu Euklida v r. 1570) vyššie ako Baconovo dielo. „Dee totiž čo najostrejšie zdôrazňuje zásadný význam matematiky – píše Yatesová –,

zatiaľ čo Baconove odmietanie či relatívne podceňovanie matematiky je, ako všetci vieme, osudovým temným miestom Baconovho náhľadu a hlavnou príčinou, prečo jeho induktívna metóda nevedla k vedecky cenným výsledkom“ ([28], 262). A skutočne, v *De Argumentis Scientiarum* Bacon poznamenáva: „Forma svetla vôbec nebola patrične preskúmaná... neuskutočnili sa nijaké výskumy v perspektíve ani iné výskumy, ktoré by priniesli nejaké výsledky. Skúma sa jeho žiarenie, ale nie jeho pôvod. Tento i ďalšie nedostatky spôsobilo práve to, že sa k nemu pristupovalo z pohľadu matematiky a že sa vedci príliš unáhlele vzdali fyziky (citované podľa [11], 48).

Začiatkom 17. stor. existoval v Anglicku dokonca vedecký protimatematický smer ([3], 163). Strach pred možným obvinením z hermetizmu poznačil dokonca aj Descarta, ktorý napriek tomu, že bol veľkým matematikom, podľa všetkého zaniateným pre myšlienku matematizácie fyziky, nikdy matematickú fyziku nerozpracoval.

Z tohto hľadiska je azda zaujímavá aj Descartova zmienka o tom, že počas svojho pobytu v Nemecku sa pokúsil nadviazať kontakt s tajomnými Rosenkruciánmi (práve v tom čase mal svoj známy sen o univerzálnej vede, kľúčom ku ktorej by bola matematika a jej metódy). Po návrate do Paríža zistil, že jeho priatelia sa obávali, že kým bol preč, stal sa zaniateným Rosenkruciánom – bola to obava, ktorú považoval za potrebné vyvrátiť. „Táto epizóda by možno vo väčšine výkladov Descartovho diela bola uvedená ako poznámka pod čiarou – píše Debus ([11] –, no je ďalším príkladom ťažkostí, s akými sa stretáva historik, ktorý sa v období začiatku 17. stor. snaží striktné oddeliť racionálne od iracionálneho“ ([11], 106). Na záver tohto krátkeho odbočenia ešte jedna poznámka: predná strana Leibnizovho *Ars Combinatoria* je ozdobená krížom so štyrmi žlvami s ružou uprostred (znak Rosenkruciánov).

Naproti tomu Galileo, ktorého hlavným protivníkom bol aristotelizmus (a nie hermetizmus) a ktorého hermetická filozofia prírody vôbec neovplyvnila, používa matematiku novým (či skôr starým, platónsko-archimedevským) spôsobom, akým ju používali kupci a remeselníci, t. j. určuje vzájomný vzťah medzi matematickými a prírodnými entitami pomocou *meraní a abstrahujúcej idealizácie*. Galilea už ako študenta priťahoval Archimedes, ktorého práce, hoci neboli v stredoveku úplne neznáme (Moerbekeov latinský preklad pochádza z 13. stor.), sa v 16. stor. nanovo prekladali a dostávalo sa im patričnej pozornosti. Ich prvými vydavateľmi boli Commandino a Tartaglia. Tartaglia značne ovplyvnil Galilea svojimi prácami o váhach a pohybe (*Nova Scientia*, 1537 a *Quaesiti et Inventioni*, 1546) i prostredníctvom svojho žiaka Ostilia Ricciho, ktorý vyučoval matematiku na florenskej Academia del Disegno, kde Galileo študoval matematiku – veľmi prakticky orientovanú matematiku – spolu s maliarmi, architektami a inžiniermi. Udržoval kontakty s Benedettim a Guidobaldom del Monte, ktorý sa vo svojej práci *Liber Mechanicorum* (1577) pokúšal dokázať vedecký status mechaniky. A pretože v 16. stor. takmer každé myšlienkové hnutie malo svojho Euklida (uvidíme, že aj hermetici jedného mali – vydal ho J. Dee), bude zaujímavé uviesť, že Galileovho Euklida, v ktorého Úvode obhajuje používanie matematiky vo vedách, vydal Christopher Clavius v r. 1598. Titulná stránka zobrazuje Euklida a Archimeda s ich nástrojmi; Clavius venoval dielo G. B. Benedettimu z obdivu nad jeho praktickým uplatňovaním matematiky (pozri [30], 147).

Keplerove miesto je niekde v strede: prijíma istú časť hermetickej prírodnej filozofie, ale aj novopytagorejskú metafyziku matematiky; základný rozdiel medzi vedeckým a hermetickým pohľadom na prírodu však vidí práve v otázke aplikovania matematiky na nebeské, ako aj na pozemské prírodné javy. To je základný problém jeho polemiky s Fluddovou prácou *Utrisque cosmi... historia* (1617) v jeho *Appendixe k Harmonices Mundi Libri V* (1619); Fludd na ňu odpovedal vo svojej práci *Demonstratio quaedam analytica* (1621), Kepler svojou *Apologiou* (1622) a neskôr opäť Fludd svojím *Replicatio* (1622).

Keplerovou hlavnou námietskou je, že Fludd a hermetici používajú na vyjadrenie objektov a ich „harmónií“ (ich vzájomných pomerov) *abstraktné*, bezrozmerné čísla, pričom si nevšímajú otázku, *ako* tieto čísla môžu reprezentovať objekty („...vim harmoniarum ex numeris abstractissimè credebant, ... nulla cura, cuius modi unitates illo numero accumuletur“). Naproti tomu on, Kepler, nikdy nehľadá harmóniu, ak sa kvantita týchto objektov nedá vyjadriť rovnakým meraním („ego nuspiam doceo quaerere harmonias, ubi res, inter qua sunt harmoniae, non posunt mensurare eadem quantitatis mensura, sic ut causa quantitatis eadem sit inter illas proportio quae inter duas chordas eiusdem tensionis, cause longitudinis“ ([32], 333).

Vo svojich úvahách Kepler tvrdil, že „jeho opis univerzálnej harmónie možno nazvať ‘matematickým’, zatiaľ čo Fluddove výklady sú ‘aenigmaticos, pictos, Hermeticos’“. Tvrdil ďalej, že Fluddove diela sú plné symbolických obrazov, zatiaľ čo jeho sú vybavené skutočnými matematickými diagramami“ ([9], 26). Fludd zasa vyjadril svoje opovrhnutie voči „obyčajným“ matematikom, ktorí šikovne používajú matematiku pomocou meraní, a získavajú tak o prírode iba nejasné, povrchné a nepodstatné poznanie. („Nam mathematicorum vulgarium est circa umbras quantitativas versari, Chimici et Hermetici veram corporum naturalium medullam amplectuntur... Hi (obyčajní matematici – M. F.) ergo umbras pro substantia metiuntur, ... illi umbra rejecta, substantia amplectantur, veritatisque visiones gaudent“ (Fludd, J.: *Demonstr. Analyt.*, s. 12-13). Namiesto tejto „obyčajnej“ matematiky navrhuje Fludd používať „formálnu“ matematiku, pomocou ktorej môžeme preniknúť *do podstaty* vecí a nezaoberať sa ich vonkajšími, náhodnými vlastnosťami. („Sed hic tota latet difficultas, quod ipse (Kepler – M. F.) motus rei naturatae exteriores excogitat, ego (Fludd – M. F.) actus internos et essentials ab ipsa natura profluentes considero“ (Fludd, J.: *Demonstr. Analyt.*, s. 13, citované podľa ([20], 152)). Hermetik bol presvedčený, že takto vylúšti skrytý, tajomný význam Knihy prírody a že sa teda nezastaví pri užitočnom poznaní o prírode, o aké usilovali „obyčajní“ matematici.

Je však zaujímavé, že Galileo, ktorý, zdá sa, hermetizmus ignoroval, si tiež osvojil neskôr pomerne rozšírený názor, že Kniha prírody je napísaná v jazyku matematiky. No táto „univerzálna analógia s ‘Knihou prírody’ je sama veľmi mnohohznačná“, ako na to poukázal aj W. Shea ([24], 7). Kepler s Galileim ju chápali inak než napríklad Porta, Campanella, Dee či Fludd; a „metodologický program týchto dvoch škôl bol zásadne odlišný. Metafora ‘Kniha prírody’, ktorú používali všetci, tieto rozdiely zakrýva“ ([24], 8). Celkom súhlasím so Sheacom a dodávam, že v odlišnej interpretácii metafory „Kniha prírody“ môžeme nájsť jeden zo základných rozdielov medzi hermetikmi a reprezentantmi novej (ranonovovekej) vedy. Hermetici totiž chápali túto metaforu *doslovne*. Pre nich bola matematika *ne-konvenčným* a *ne-svojvoľným* jazykom a jej slová (čísla a geometrické tvary) mali bohatý sémantický obsah a boli obrazným vyjadrením skutočnosti, ku ktorej sa vzťahovali tak, ako sa symboly vzťahujú k symbolizovaným objektom, či skôr tak, ako sa znaky vzťahujú k označovanému. Je známe, že hermetici považovali matematiku za súbor magicko-symbolických hieroglyfov (štylizovaných zobrazení a vecí) reprezentujúcich objekty, ktoré sa vyznačovali istým vzťahom podobnosti. (Tak „dokonalé“ čísla a geometrické tvary, ako napríklad kruh, reprezentovali „dokonalé“ veci – napríklad dráhy nebeských telies.) Dee vlastne celý svoj spôsob uvažovania označuje za „hieroglyfický“. Navyše, u hermetikov hrala matematika určitú *sprostredkujúcu* úlohu medzi *hmotným* a *duchovným*, medzi *mikrokozmosom* a *makrokozmosom*, ktoré boli navzájom prepojené vzťahmi korešpondencie. Hermetická novopytagorejská numerológia bola skutočne celá založená na analógiách, na podobnostiach a korešpondenciách (zväčša veľmi povrchných, no vyrastajúcich zo systému sociálne pevne zakorenených asociácií) medzi entitami z rôznych prírodných a nadprírodných oblastí skutočnosti. Matematické entity sa

pri tom považovali za sprostredkovateľov medzi vyššími a nižšími úrovňami tejto skutočnosti. „Veci matematické – píše J. Dee, vychádzajúci z Prokla, vo svojom *Úvode k Euklidovi* – sú uprostred medzi vecami nadprirodznými a prírodnými“ (citované podľa [28], 262). Dee rozlišuje medzi dvomi druhmi matematiky: 1. pytagorejskou, ktorú používajú mágovia a ktorá poskytuje vyššiu pravdu a hlbší pohľad, a 2. utilitaristickou, ktorú používajú fyzici (mechanici). Hermetizmus totiž zachoval či skôr oživil spodný prúd pytagorejskej mytológie – metafyziky matematiky, ktorá matematické entity považovala za analogické prírodným objektom; mali teda také antropomorfné prirodzené vlastnosti, ako napríklad *rod* (neprárne čísla boli napríklad mužského a párne ženského rodu), alebo *morálne vlastnosti*, ako napríklad dokonalosť či „spriaznenosť“. V tejto mytológii matematiky sa napríklad oveľa viac cenila *pravidelnosť* (povedzme, geometrických tvarov) alebo *racionalnosť* (vzájomná porovnateľnosť) kvantít než nepravidelnosť a vzájomná neporovnateľnosť; prvý druh tvarov a čísel sa teda pripisoval iba tým entitám, ktoré v hierarchii stvoreného patrili k jeho vyšším úrovňam. V tomto hermetickom spôsobe uvažovania, ktoré „sa neriadi ani logikou pojmov, ani logikou príčin, ale logikou znakov“ ([25], 446; [15], 39-49), mali matematické entity i materiálne veci zároveň navzájom si zodpovedajúce fyzikálne, duchovné i sémantické vlastnosti, ktoré boli takto kľúčom k pochopeniu ich vzájomného prepojenia, a teda i k pochopeniu tajomného zmyslu univerza (cestou „hieroglyfického uvažovania“, ako píše Dee v *Monas Hieroglyphica*).

V hermetizme existovali tri odlišné spôsoby určovania vzťahu medzi matematickými a prírodnými objektami: 1. novopytagorejský, ktorý využíval údajne spoločné (analogické) vlastnosti matematických entít a reálne existujúcich vecí. Táto metóda vychádzala z pytagorejskej tradície mytológie matematiky (z matematického mysticismu); 2. kabalistický (ars cabbalistica), vychádzajúci z predpokladu *ne-konvenčného vzťahu* medzi entitami skutočnosti (napríklad planétami) a ich *menami* (v istých privilegovaných, posvätných jazykoch ako hebrejčina či gréčtina), napríklad menami planét, kovov, alebo ich *znakmi* (napríklad zverokruhom a pod.). Čísla (celé čísla) zodpovedajúce (hebrejským alebo gréckym) písmenám v slove vyjadrujúcom danú entitu sa potom chápali ako matematické (numerologické) vyjadrenie tejto entity. Tento postup sa nazýval gematria. Existovali aj ďalšie dva kombinatorické spôsoby rozvíjania „ars cabbalistica“ (ako sa uvádza v *Sefer jecira, Knihe stvorenia*): a) postup nazývaný *notarikon*, pri ktorom kombináciou prvých a posledných písmen slov určitého výrazu vzniká nové slovo alebo výraz. Tak napríklad meno Adam sa malo vzťahovať na mená Dávid a Mesiáš a malo ich anticipovať; b) pri druhom postupe zvanom *temoura* sa písmená v určitom slove nahrádzali inými písmenami podľa platných konvencií alebo pravidiel (ako pri zašifrovaných nápisocho).

Predtým, než by sme tieto snahy odsunuli bokom ako prinajlepšom infantilné pokusy nájsť vzťah medzi matematickými a reálnymi či prírodnými entitami, pripomeňme si, že v tomto období sa zavedené a používané (dokonca i medzi ne-hermetikmi) matematické a najmä algebraické *symboly* nepovažovali za neutrálne a konvenčné znaky (ako je tomu dnes), ale za znaky označujúce okrem daného označovaného predmetu prostredníctvom analógie alebo svojej konotácie s mnohými asociáciami aj mnoho iných vecí. Tak napríklad, keď Robert Recorde navrhol používať znak =, ktorý používame aj dnes, ako symbol matematickej rovnosti, ako dôvod uviedol, že „nič nemôže byť rovnakejšie ako dve rovnobežky“ ([1], 145-163). Hermetici používali toto *kabalistické* umenie spolu s pytagorejskou mystikou čísel v nádeji, že preniknú do podstaty prírody a do podstaty skúmaných vecí, ako aj do tajomstiev prírody.

3. pri treťom spôsobe hermetici rozpracovali a používali matematické symboly ako čosi, čo by sme dnes nazvali mnemotechnickými prostriedkami a čo malo viesť k ucelenému a nanajvýš jednotiacemu vyjadreniu poznatkov o prírode. Deeho „monas hieroglyphica“, symbol vytvore-

ný z astronomických znakov Merkúra a Barana, orámovaný oválnym kartušom (pripomínajúcim kozmické vajce, z ktorého vznikol vesmír), je typickým príkladom takéhoto používania matematického či kvázimatického symbolizmu. Podľa Deeho (prvá veta *Monas Hieroglyphica*) „prvým a najjednoduchším prejavom a zobrazením existujúcich i neexistujúcich vecí i vecí skrytých za závojom prírody je priamka a kruh“. Celú túto svoju knihu venuje vysvetleniu toho, ako tento symbol pozostávajúci z kruhu, troch polkruhov, dvoch pretínajúcich sa priamok a bodu, tento hieroglyfický monas, symbolizuje celý vesmír, zem a jej živly, slnečnú sústavu a všetky jej (vtedy známe) planéty a ako táto konštrukcia zobrazuje spojenia a vzťahy medzi týmito, ale aj vzdialenejšími, skrytými či abstraktnými entitami, ako sú čísla, písmená, zvieratá, ľudské i nadľudské bytosti a ich vzájomné vzťahy. (Navyše sa celá kniha nesie v alchymistickom duchu). Spôsob uvažovania potrebný na odhalenie rozmanitých významov tohto „monasu“ nazýva Dee „hieroglyfickým uvažovaním“, ktoré znamená zámerné využívanie dvojznačnosti, nejasností, širokej siete asociácií (konotácií), ako aj rozmanitosť označovaných objektov.

Ako prvý oddelil matematiku od pytagorejskej metafyziky Galileo, ktorého tak môžeme považovať za prvého „pozitivistu“, pokiaľ ide o matematiku (ale v žiadnom prípade pokiaľ ide o fyziku). Už na samom začiatku svojho *Dialógu* odmieta aj posledné zvyšky pytagoreizmu, dokonca v podobe, v akej sa s nimi stretávame u Aristotela – totiž, že svet je dokonalý, pretože je trojrozmerný (pozri [33]). Galileo odstránil mytológiu či metafyziku matematiky, a tak jedinou cestou, ako stanoviť vzťah medzi matematickými a prírodnými entitami, bola pre neho tá, ktorú pred ním použil Archimedes (matematickou idealizáciou fyzikálnych objektov), alebo cesta, ktorú používali kupci a remeselníci – *meranie*. (Na dôležitú úlohu, ktorú vo vývoji novej vedeckej metodológie zohrali pojednania príslušníkov vyšších remeselníckych kruhov, poukázal P. Rossi [22]). Matematika, ktorú pri meraniach používali títo noví vedci, bola zbavená akýchkoľvek metafyzických konotácií a takto získané číselné hodnoty a matematické vzorce nemali okrem seba už žiadny iný význam. Tieto vzorce sa však dali používať pri konštrukcii strojov a na ovládanie prírodných javov, skrátka, na technické (na rozdiel od čisto duchovného) ovládanie prírody.

Hermetici naopak nechceli vytvárať užitočné veci, nástroje a stroje, chceli skôr preniknúť do podstaty onoho tajomného zmyslu sveta a pochopiť ho. Knihu prírody nechápali totiž iba ako súbor „návodov na použitie“, ale skôr ako Knihu zjavenia napísanú v kryptogramoch, ktorej posolstvo môžeme pochopiť, iba ak dokážeme rozlúštiť kód, ktorý používa sama príroda. (Dokonca aj Descartes sa „odvoláva na analógiu s rozšifrovaním posolstva, aby ukázal metódu a druh istoty, akú môžeme očakávať od fyziky“ – píše D. Clarke ([4], 116)). Podľa hermetikov mala príroda svoju vnútornú hodnotu, bola čímsi hodným uctievania, a nie iba zdrojom úžitku (ako u F. Bacona, ktorý *veritas* stotožňoval s *utilitas*). Noví vedci – mechanici merali vlastnosti prírody tak, ako kupci merali svoje tovary, porovnávajúc ich bez ohľadov *sub numero, pondere et mensura*, pričom náhodným hodnotám získaným meraním neprispevovali žiadny ďalší význam. Metafora hodinového stroja, ktorá v druhej polovici 17. stor. nahradila metaforu Knihy prírody, zohrala pri vzniku nového, galileovsko-newtonovského spôsobu používania matematiky a novej vedeckej racionality dôležitú úlohu.

Ak by sme naše úvahy chceli zhrnúť: podľa môjho názoru medzi hermetizmom a ranonovovekou vedou galileovského typu boli hlavné rozdiely v používaní matematiky v prírodovede (fyzike pozemských telies) tieto:

a) predovšetkým, tieto smery používali odlišnú matematiku; hermetici sa totiž výrazne opierali o aritmetické, algebraické a dokonca aj o kombinatorické postupy, t. j. o odvetvia matematiky, ktoré v tom čase neboli oficiálne či akademicky uznanými disciplínami. (Pripomeňme, že Galileo používal vo svojich spisoch výlučne *geometriu* a že aj Newton sa vo

zverejnenej verzii svojich *Základov* cítil povinný previesť svoje výpočtami dosiahnuté výsledky do geometrickej podoby);

b) hermetici považovali matematické entity za analogické prírodným entitám, t. j. pripisovali im prírodné a morálne vlastnosti (rod, dokonalosť, spriaznenosť a pod.). V týchto svojich úvahách som tento prístup nazvala pytagorejským matematickým mysticismom (alebo metafyzikou matematiky). Hermetici potom takto chápané matematické entity stavali do vzťahu s prírodnými entitami *via* tieto analogické vlastnosti, t. j. do kvalitatívneho vzťahu. Naproti tomu Galileiho stúpenci narábali s prírodnými objektami (prostredníctvom idealizácie a abstrakcie) ako s matematickými objektami; redukovali teda prírodné entity na ich kvantifikovateľné vlastnosti, na vlastnosti, ktoré boli najprístupnejšie pomocou vtedajších metód merania. (Boli to takzvané primárne kvality.) Ako sme videli, tieto dva spôsoby používania matematiky sa uberali opačným smerom;

c) ranonovovekí vedci zaviedli a rozpracovali metódy merania ako hlavný prostriedok stanovenia vzťahu medzi matematickými a prírodnými entitami a javmi.

Meranie bolo pre nich istým druhom *vzájomného* porovnávania týchto entít (alebo ich aspektov) – t. j. ich porovnávania so štandardným vzorom; na rozdiel od nich hermetici porovnávali a zoradzovali tieto entity podľa výrazne antropomorfnej stupnice, t. j. podľa ich podobnosti ľuďom, podľa ich užitočnosti a významu pre ľudí. Oba smery sa však zhodovali v tom, že kritériom pravdy je matematická správnosť, a oba boli anti-empiricisticky orientované. Ranonovoveká veda prijala – prinajmenšom – ideál teórie presne zodpovedajúcej skúsenosti, zatiaľ čo hermetici odmietali podriaďť (matematické) poznanie vyššej úrovne verdiktu (empirického) poznania nižšej úrovne. Navyše, hermetici zámerne zachovávali mnohoznačnosť a bohatosť v príbuzných konotáciách matematických pojmov, zatiaľ čo galileovsko-newtonovská matematika sa usilovala byť presná a jednoznačná.

Z anglického originálu *The 17th Century Crossroads of the Mathematization of Nature* preložila Ľubica Hábová

LITERATÚRA

- [1] BOAS, G.: *The Scientific Renaissance*. 1962.
- [2] BOAS, G.: *Philosophies of Science in Florentine Neoplatonist*. In: Singleton (vyd.); *Art, Science and History in the Renaissance*. John Hopkins Press 1967.
- [3] BURTT, E. A.: *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. 1924. (Anchor Books vydanie 1954; citované z tohto vydania).
- [4] CLARKE, D.: *Descartes' Philosophy of Science*. Manchester University Press 1982.
- [5] CLAVELIN, M.: *La Philosophie Naturelle de Galilée*. Paríž 1968.
- [6] CLULEE, N. N.: John Dee's Mathematics. In: *AMBIX*, XVIII./3, 1971.
- [7] COHEN, H. F.: *Quantifying Music*. Reidel 1984.
- [8] DEBUS, A.: *Chemistry, Alchemy and the New Philosophy*. In: *AMBIX*, XV., 1968.
- [9] DEBUS, A.: *Dee's Mathematical Preface to Euclid's Elements*. New York 1975.
- [10] DEBUS, A.: *Fludd and his Philosophical Key*. New York 1977.
- [11] DEBUS, A.: *Man and Nature in the Renaissance*. Cambridge 1978.
- [12] DEBUS, A.: *The Chemical Debates of 17th century: the Reaction to R. Fludd and J. B. van Helmont*. In: M. Righini-Bonelli – W. Shea (vyd.): *Reason, Experiment and Mysticism*. New York 1974.
- [13] FINOCCHIARO, M.: *Galileo and the Art of Reasoning*. Dordrecht, Reidel 1980.
- [14] GALILEO, G.: *Dialogue*. (Prel. S. Drake.) University of California Press 1907.
- [15] HACKING, I.: *The Emergence of Probability*. Cambridge 1975.

- [16] HELIBRON, J. L.: Introductory Essay on John Dee's Mathematics and Physics and his Place in the Scientific Revolution. In: W. Shumaker - J. L. Heilbron (vyd.): John Dee on Astronomy. University of California Press 1978.
- [17] HEILBRON, J. L.: Electricity in 17th and 18th centuries. University of California Press 1975.
- [18] HESSE, M.: Reasons and Evaluation in the History of Science. In: Teich - Young (vyd.): Changing Perspectives in the History of Science. Londýn 1974.
- [19] MURDOCH, J.: Philosophy and the Enterprise of a Science in the Later Middle Ages. In: Y. Elkana (vyd.): The Interaction between Science and Philosophy. Humanities Press 1974.
- [20] PAULI, W.: Der Einfluss Archetypischen Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler. In: C. G. Jung - W. Pauli (vyd.): Naturerklärung und Psyche. Zürich 1952.
- [21] PINES, Sh.: Philosophy, Mathematics and the Concepts of Space in the Middle Ages. In: Y. Elkana (vyd.): The Interaction between Science and Philosophy. Humanities Press 1974.
- [22] ROSSI, P.: Hermeticism and Rationality. In: M. Righini-Bonelli - W. Shea: Reason, Experiment and Mysticism. New York 1975.
- [23] SCHMIDT, J.: Science at the Italian Universities in the 16th and Early 17th Century. In: M. Crossland (vyd.): The Emergence of Science in Western-Europe. Londýn 1975.
- [24] SHEA, W.: Trends in the Interpretation of 17th century Science. In: Righini-Bonelli - Shea (vyd.): Reason, Experiment and Mysticism. New York 1975.
- [25] SIMON, G.: Kepler's Astrology; The Direction of a Reform. In: A. a P. Beer (vyd.): Kepler. Pergamon Press 1975.
- [26] THORNDIKE, L.: The History of Magic and Experimental Science. 8 zv. New York 1923-58, 6. a 7. zv.
- [27] YATES, F.: Giordano Bruno and the Hermetic Tradition. Londýn 1964.
- [28] YATES, F.: The Hermetic Tradition in Renaissance Science. In: Singleton (vyd.): Art, Science and History in the Renaissance. John Hopkins Press 1967.
- [29] YATES, F.: The Rosicrucian Enlightenment. Londýn 1972.
- [30] WALLACE, W.: Galileo and His Sources. Univ. of Notre Dame 1984.
- [31] PICO: Opera omnia. Zv. 1. Bazilej 1572.
- [32] KEPLER, J.: Opera omnia. Zv. 5 (vyd. Ch. Frisch). Frankfurt 1864.
- [33] GALILEI, G.: Dialóg o dvoch systémoch sveta. Bratislava 1962.