

Benoit B. Mandelbrot

FRAKTALISTA

Rebelem ve vědě



argo / dokořán

Benoit B. Mandelbrot

FRAKTALISTA

Rebelem ve vědě

Copyright © 2012 by Aliette Mandelbrot

All rights reserved.

Translation © Petr Holčák, 2014

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání (první elektronické) v českém jazyce.

Z anglického originálu *The Fractalist. Memoir of a Scientific Maverick* přeložil Petr Holčák.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Marie Černá.

Sazba Miloš Jirsa.

Obálka Pavel Růt.

Konverze do elektronické verze Tomáš Schwarzbacher Zeman.

Vydalo v roce 2014 nakladatelství Dokořán, s. r. o., Holečkova 9, Praha 5, dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz, jako svou 716. publikaci (159. elektronická).

ISBN: 978-80-7363-655-5

ARGO / DOKOŘÁN

Benoit B. Mandelbrot

FRAKTALISTA

Rebelem ve vědě

ARGO / DOKOŘÁN

Má dlouhá a klikatá cesta životem byla osamělá a mnohdy velmi členitá. Bez láskyplné pomoci několika lidí by byla krátká, ošklivá a neproduktivní. Přálo mi ale štěstí. Otec s matkou mě vyučili v umění přežít. Strýc mě bral jako neukázněného, leč vděčného žáka. Později se k nim připojila Aliette a spolu s našimi syny a vnuky mě naučila úsměvům. Obrázky z mého života, které jsem tady načrtl, věnuji těmto stálým majákům na své pouti.

Předkládám zde vzpomínky na svoje horlivé, byť poněkud neurovnané úsilí najít řád a krásu v drsnosti a členitosti, jež jsem vyvíjel s pomocí matematiky a ekonomie, přírodních věd, techniky a umění. Díky tomu jsem se na své cestě setkal s větším počtem výrazných osobností nejrůznějšího druhu, než by mi jinak osud dopřál. Mnozí byli vlídní a srdeční, jiní byli lhostejní, odmítaví či nepřátelští, a někteří i odporní. V této knize je rozhodně nemohu jmenovat všechny, ale každý z nich mě něčemu naučil a všem jsem za mnohé vděčen.

Památce Johannese Keplera, který spojil starověké údaje se starověkými hračkami a založil přírodovědu.

OBSAH

Úvod. Krása a členitost	9
-------------------------	---

Část první: Jak jsem se stal vědcem

Kapitola 1	Kořeny: O těle a mysli	19
Kapitola 2	Dětství ve Varšavě, 1924–36	36
Kapitola 3	Dospívání v Paříži, 1936–39	50
Kapitola 4	Chudá vysočina neokupované vichystické Francie, 1939–43	62
Kapitola 5	Do Lyonu: Tužší okupace a mé sebeobjevování, 1943–44	75
Kapitola 6	Koňským pacholkem nedaleko Pommiers-en-Forez, 1944	85
Kapitola 7	Sláva bohu! Válka končí, začíná nový život	90

Část druhá: Má dlouhá a složitá škola vědy a života

Kapitola 8	Paříž: Peklo přijímacích zkoušek, muka rozhodování a jeden den na École Normale Supérieure, 1944–45	95
Kapitola 9	Zahraničním studentem (tehdy vzácný jev) na École Polytechnique, 1945–47	109
Kapitola 10	Pasadena: Studium na Caltechu ve zlaté éře, 1947–49	121
Kapitola 11	Záložním důstojníkem u inženýrů francouzského letectva, 1949–50	136
Kapitola 12	Rostoucí závislost na klasické hudbě, zpěvu a opeře	143
Kapitola 13	Život postgraduálního studenta a zaměstnance Philips Electronics, 1950–52	147

Kapitola 14	První keplerovský moment: Zipfovo-Mandelbrotovo rozložení frekvence slov	159
Kapitola 15	Velké postdoktorské turné začíná na MIT, 1953	168
Kapitola 16	Princeton: Poslední postdoktorský asistent Johna von Neumanna, 1953–54	176
Kapitola 17	Paříž, 1954–55	184
Kapitola 18	Namlouvání Aliette a svatba, 1955	190
Kapitola 19	V Ženevě s Jeanem Piagetem, Markem Kacem a Willym Fellerem, 1955–57	195
Kapitola 20	Nespokojený a netrpělivý rebelant mění působiště, 1957–58	201

Část třetí: Plodná třetí fáze mého života

Kapitola 21	U IBM Research v době jejího zlatého věku ve vědě, 1958–93	207
Kapitola 22	Na Harvardu: Buřičský nováček dělá revoluci ve financích, 1962–63	221
Kapitola 23	Vzhůru na fraktály: Pomocí ekonomie, techniky, matematiky a fyziky z IBM na Harvard, MIT a Yale, 1963–64	234
Kapitola 24	Přesuny z místa na místo a z oboru do oboru s IBM za zády, 1964–79	249
Kapitola 25	Zázračný rok na Harvardu: Mandelbrotova množina a další výpady do čisté matematiky, 1979–80	256
Kapitola 26	Slovo a kniha: „Fraktál“ a <i>Fraktální geometrie přírody</i>	270
Kapitola 27	Yale: Mezi univerzitní smetánkou, Sterlingova profesura, 1987–2004	284
Kapitola 28	Byla má práce základem první obecné teorie drsnosti a členitosti?	290
Kapitola 29	Krása a členitost: Kruh se uzavírá	296

	Doslov (<i>Michael Frame</i>)	307
	Poděkování (<i>Aliette Mandelbrotová</i>)	312
	Ilustrace	314
	Rejstřík	315

KRÁSA A ČLENITOST

Takřka všechny běžné struktury a tvary v přírodě jsou nerovnoměrné, vyznačují se neurovnaností, členitostí, drsností. Mají v sobě aspekty nádherně nepravidelné a fragmentované – nejenže jsou propracovanější než úžasná starověká Eukleidova geometrie, ale jsou i mnohonásobně komplexnější. Myšlenka měření nerovnoměrnosti a drsnosti byla po staletí jen marným snem. Je to jeden z těch snů, jimž jsem zasvětil celou svou vědeckou dráhu.

Dovolte, abych se představil. Jako tak trochu vědecký bojovník (a nyní už starý člověk) jsem toho napsal opravdu hodně, nikdy jsem ale nezískal publikum, jaké jsem očekával. Proto bych ve svých pamětech rád nastínil, za koho se považuji a jak jsem se dostal k mnohaleté práci na první teorii drsnosti. Ta se mi pak bohatě odměnila, když se z ní před mýma očima stala jedna ze složek teorie krásy.

* * *

Matematik mnoha talentů Henri Poincaré (1854–1912) poznamenal, že některé otázky musí lidé promyšleně formulovat, kdežto jiné jsou „přirozené“ a kladou se samy. Můj život byl takových otázek plný: jaký tvar má hora, pobřeží, řeka nebo hranice mezi dvěma povodími? Jaký je tvar mraků, plamenů nebo svařovaných spojů? Jaká je hustota rozložení galaxií ve vesmíru? Jak popsat – tak, aby se tím dalo řídit – kolísání cen na finančních trzích? Jak porovnávat a měřit slovní zásobu různých spisovatelů? Čísla měří obsahy ploch a délky. Mohla by nějaká jiná čísla měřit „celkovou hrubost“ zrezivělého železa nebo roztržitého kamene, kovu či skla? Nebo míru složitosti hudební skladby či abstraktního obrazu? Může geometrie splnit to, co slibuje řecký kořen tohoto slova – pravdivě měřit nejen obdělaná pole podél Nilu, ale i celou Zemi s veškerou její nespoutanou přírodou?

Takové otázky – a dlouhá řada dalších – jsou rozesety po celém spektru přírodních věd a teprve nedávno se jimi svět začal zabývat ... prostřednic-

tvím mé maličkosti. Když jsem během druhé světové války dospíval, stal jsem se obdivovatelem jednoho významného počínu dávného matematika a astronoma Johannese Keplera (1571–1630). Ten propojil elipsy starořeckých geometrů s omylem řeckých astronomů, kteří se domnívali, že v kruhovém pohybu planet existují a přetrvávají „anomalie“. Kepler využil svých znalostí ve dvou různých oborech – v matematice a astronomii – aby vypočítal, že pohyb planet nijak anomální není. Jejich oběžná dráha je ve skutečnosti elipsa. Mým snem z mládí bylo objevit něco podobného.

Jaký nepraktický sen! Nemohl vést ke kariéře v žádné uznávané profesi a nebyl ani cestou, jak v životě vyniknout – strýc Szolem, který byl význačným matematikem, můj sen opakovaně označoval za dětinský. Osud mi však svými vlastními cestami umožnil, abych celý život strávil sledováním své vize. Díky mimořádné přízni štěstěny a dlouhému a strašlivě komplikovanému životu jsem ji nakonec naplnil.

Při svém keplerovském pátrání jsem čelil řadě výzev. Dobré bylo, že jsem uspěl. Špatnou, nebo možná další dobrou zprávou bylo, že můj „úspěch“ vyvolal velké množství nových a velmi různorodých problémů. Mé příspěvky ke zdánlivě nesouvisějícím vědním oborům byly navíc ve skutečnosti úzce spjaté a nakonec mě dovedly k teorii drsnosti – k úkolu vytyčenému již ve starověku. Řecký filozof Platón jej předložil tisíce let před námi, nikdo ale nevěděl, jak na to. Byl jsem snad tím vyvoleným já?

* * *

Znal jsem se s energickým děkanem jedné významné univerzity. Když jsme se jednou potkali na rušné chodbě, zastavil se a řekl mi něco, na co jsem nikdy nezapomněl: „Vedete si velmi dobře, dáváte se ale osamocnou a obtížnou cestou. Stále přebíháte od jednoho oboru k druhému, vedete nepředvídatelný život a nikdy se nezastavíte, abyste si užil, čeho jste dosáhl. Na tom, kdo nemá stání, se neusazuje mech, ale lidé o vás – za vašimi zády – říkají, že jste úplný blázen. Já si ale vůbec nemyslím, že jste blázen; myslím, že v tom, co děláte, musíte pokračovat. Pro přemýšlivého člověka je nejvážnějším duševním problémem nebýt si jistý, kým je. Tím vy netrpíte. Nikdy nemusíte začínat od začátku, abyste se vyrovnal se změnou okolností; prostě jen jdete kupředu. V tomhle ohledu jste duševně nejzdravější člověk z nás všech.“

V poklidu jsem mu odpověděl, že nepřebíhám od jednoho oboru ke druhému, ale pracuji na teorii drsnosti. Nejsem jako člověk s velkým kladivem, pro něhož každý problém vypadá jako hřebík. Chtěl mi svými slovy složit poklonu, nebo mě chtěl jenom povzbudit? Brzy jsem to zjistil: prosazoval mě jako kandidáta na udělení významné ceny.

Je duševní zdraví slučitelné s odsouzením k takřka neovladatelnému nepokoji? V Dantově *Božské komedii* jsou ti, pro něž je vyhrazen nejhlubší kruh pekla, odsouzeni k věčnému hledání. Pro mě se ale věčné hledání napříč zdánlivě nesouvisejícími vědeckými disciplínami stalo jedním ze zdrojů životního štěstí. Možná jsem byl nestálý, nikoli ale netečný. Byl jsem hyperaktivní a vnitřně motivovaný, zbožňoval jsem, když jsem se mohl posunovat vpřed a zastavovat se, abych naslouchal a modlil se ve světských klášterech všeho druhu – někdy okázalých a pyšných, jindy zapadlých a opuštěných.

* * *

Ve svých dvaceti letech jsem byl jedním z dvacítky lidí, kteří se ten rok dostali na nejvýlučnější univerzitu ve Francii, École Normale Supérieure. Když jsem v osmdesáti odcházel do důchodu, měl jsem definitivu v podobě Sterlingovy profesury na katedře matematiky Yaleovy univerzity – byl jsem tak jednou ze zhruba dvaceti osob, které se mohly honosit nejvyšší akademickou hodností této školy. Do „aktivního života“ jsem vstoupil a odešel z něj v nejvybranějším a nejváženějším postavení. A během své dráhy se na mně přece jen usadila trocha toho „mechu“.

Od svých pětatřiceti, mého bodu obratu, jsem vedl krajně atypický život na mnoho nejruznějších, ale vždy plodných způsobů. Připomíná mi to pohádku, v níž hrdina spatří na neočekávaném místě tenkou nit, zatahne za ni, tahá silněji a silněji, a najednou se před ním odhalí paleta neuvěřitelně zázračných a naprosto neočekávaných věcí. Všechny tyto neočekávanosti „patřily“ do oborů vzájemně od sebe velmi vzdálených. Člověk je mohl se značným užitek zkoumat nezávisle na sobě, jako jsem to dělal v počátcích kariéry. Později jsem se k tomu postavil z širší perspektivy – a byl jsem za to bohatě odměněn. Bylo najednou snazší zkoumat všechny podobné fenomény z různých oborů tak, aby se jevíly jako „hrášky v lusku“, jako perly různých velikostí na jednom dlouhém náhrdelníku.

Jsou všechny ty různé obory od sebe nepřekonatelně vzdálené? Roztříštil jsem snad své úsilí tak, že se z něj stal sebedestruktivní výstřelek? Možná. Díky přísné a promyšlené sebekontrolě se mi ale dařilo soustředit se na ony drsné a členité tvary, které sice žádné společné označení neměly, ale důrazně si o něj říkaly. To, že jsem propojil všechny tyto oddělené obory do jednoho celku, mě dostalo, krok za krokem, do nečekaného, vzácného a nebezpečně nechráněného postavení zakladatele nového vědeckého oboru, který získává právo na jeho pojmenování. Nazval jsem jej fraktální geometrií.

Každý klíčový aspekt fraktální geometrie trpěl problémem, který fyzikové počátku 20. století označovali za „katastrofu“. Tehdejší teorie předpovídaly, že energie vyzařovaná určitými objekty musí mít nekonečně velké hodnoty. Ve skutečnosti to tak samozřejmě nebylo, takže někde musela být chyba! Tuto „katastrofu“ vyřešila kvantová mechanika, jedna z velkých revolucí fyziky 20. století, jež se stala základem většiny moderních technologií včetně počítačů, laserů a satelitů.

To, co všechny mé „perly v náhrdelníku“ sjednocovalo, byla opačná strana téhož problému. Jádrem mnoha vědeckých oblastí, v nichž jsem se pohyboval, byly veličiny, u nichž se předpokládaly dobře definované konečné hodnoty, jako například délka pobřeží. Tyto konečné hodnoty se ale přesnému určení vzdíraly. Měření délky pobřeží kratšími měřidly odhalovalo menší a menší prvky a vedlo ke stále větší hodnotě. Základním poznatkem ze studia takových oborů bylo, že je zapotřebí takovým veličinám umožnit, aby jejich hodnoty mohly být nekonečné.

* * *

Jak to všechno začalo? Strýc Szolem a já jsme se narodili ve Varšavě. Oba jsme měli dobrou vizuální intuici a ostatní nás oba řadili mezi matematiky. Jenomže nadmíru zajímavé časy, které kletbou stihly jeho a později i moje mladá léta, z nás vytvořily zcela odlišné individuality. Strýc našel svou životní roli v postavení pronikavě cílevědomého a zavedeného specialisty, zatímco já si užíval pozici těžko zařaditelného individualisty.

Strýc dospíval v době první světové války, při toulkách po Rusku, jež tonulo v agonii revoluce a občanské války. Brzy se nechal zasvětit do dobře definovaného oboru, který v sobě neměl nic vizuálního: do klasické francouzské matematické analýzy. Stala se pro něj celoživotní láskou

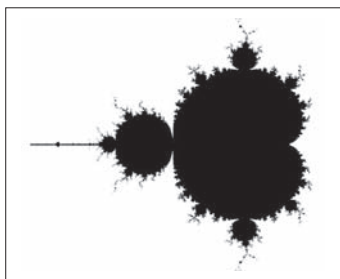
a strýc se dostal až k jejím samotným zdrojům. Zanedlouho převzal její pochodeň a udržoval její plamen v dobrém i špatném počasí.

Moje dospívání připadlo na léta druhé světové války. Útočiště jsem našel na izolované a chudé vysočině střední Francie, kde jsem se prostřednictvím staříčkových, bohatě ilustrovaných knih o matematice nechal uvést do světa obrazů. Po válce a přijetí na École Normale Supérieure jsem si uvědomil, že matematika odstřižená od tajemství skutečného světa není nic pro mě; má cesta proto směřovala jinam.

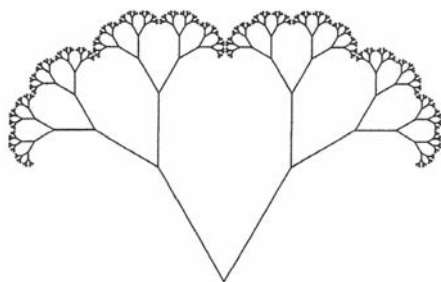
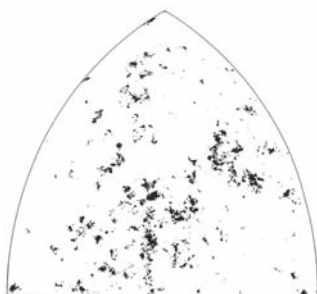
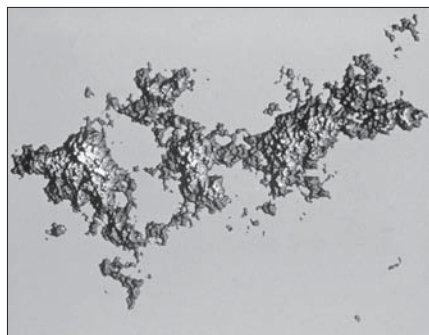
* * *

Půl století před mým narozením Georg Cantor (1845–1918) prohlásil, že *podstata matematiky spočívá v její svobodě*. Jeho kolegové dál vynalézali – tak to alespoň chápali – série tvarů, jimž dávali jména jako „monstra“ nebo „patologie“, a jejich výzkum tlačil matematiku záměrně co nejdále od světa přírody. Já jsem si ale takové tvary s pomocí počítačů sám kreslil a přitom jsem jejich původní záměr obracel zcela naruby. Vymyslel jsem jich později mnohem více a v některých z nich jsem objevil nástroje, jež by mohly přispět k řešení mnoha velmi dávných konkrétních problémů – „otázek vyhrazených kdysi jen básníkům a dětem“.

Zevnitř nejčistší matematiky mě má troufalá hra s opuštěnými „patologiemi“ dovedla k řadě dalekosáhlých objevů. Nádherně složitý tvar známý nyní jako Mandelbrotova množina se považuje za nejsložitější matematický objekt. Studoval jsem jako první stohy obrázků a vytěžil z nich řadu abstraktních hypotéz, které se ukázaly jako mimořádně obtížné, motivovaly ke spoustě tvrdé práce a vynesly řadu vysoce prospěšných výsledků.

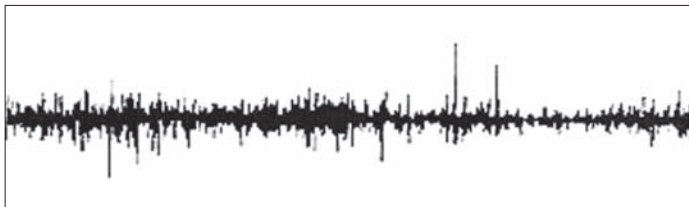


Na poli přírodních věd jsem se stal průkopníkem studia důvěrně známých tvarů – hor, pobřežních linií, oblaků, turbulentních vírů, shluků galaxií, stromů, meteorologických jevů a bezpočtu dalších.



Při zkoumání lidských výtvorů jsem začal velmi neobvyklým tématem: zákonem četnosti výskytu slov. Vrcholu jsem dosáhl studiem problému, který byl z hlediska čisté vědy mimořádně přízemní: nepravidelností v pohybu cen na spekulativních trzích. A svou troškou jsem přispěl i ke studiu výtvarného umění.

Kam tedy *skutečně* patřím? Nehodlám říkat, že kamkoli – to se až příliš snadno může změnit na nikam. Když s tím na mě někdo naléhá, říkám o sobě, že jsem fraktalista. Problém, s nímž se neustále střetávám (a nikdy jsem uspokojivě nevymyslel, jak jej vyřešit), spočívá v tom, jak učinit zadost jak částem, tak celku. V těchto pamětech se o to velmi usilovně snažím.



Sečteno a podtrženo, obyčejná staromódní drsnost a členitost ve vědě a umění už přestala být zemí nikoho. Vypracoval jsem pro ni teorii a prokázal, že díky účinným novým nástrojům lze nyní řešit pozoruhodně široké spektrum otázek. Jsou to nástroje, které zpochybňují tradiční pohled geometrie na přírodu, pohled, který považuje nepravidelné formy za beztvaré. Vypadá to, jako bych odpovídal na starověkou Platónovu výzvu a rozšířil záběr racionálního zkoumání na další základní lidský pocit, který zůstával tak dlouho vědecky neuchopený.

V mém životě, jehož běh byl neuspořádanější, než bych si přál, mi základní stabilitu zajistilo třicet pět let u IBM Research a poté dlouhá léta na Yale; žil jsem dost dlouho na to, aby si mé dílo ještě za mého života získalo mnohem velkolepější ocenění, než jsem si kdy dovedl představit.

Kdybych své paměti napsal dříve, možná by byl můj profesionální život o něco snadnější. Odklad byl ale prospěšný – zahladil některé méně důležité podrobnosti a má životní dráha je teď jasnější i mně samému.

ČÁST PRVNÍ

JAK JSEM SE STAL VĚDCEM

*Již objevené pravdy je snadné pochopit –
těžké je jejich objevení.*

GALILEO

KOŘENY: O TĚLE A MYSLI

V poklidných a zámožných zemích mají děti statkářů, pekařů nebo bankéřů snadnou volbu: pokračují v rodinných tradicích a věnují se tomu, co dělali jejich předci. Já se ale narodil v Polsku a moje rodina sem přišla z Litvy – žádná z obou zemí neoplývala klidem ani bohatstvím. Jak poznamenal jeden ze spisovatelů z této části Evropy – *Běda básníku narozenému v bouřlivé době na vzrušujícím místě.*

Většina dědičného majetku mých předků sestávala ze sbírky hodně ohmataných knih. Ano, naši rodinnou tradicí, přetrvávající po mnoho generací, bylo nedbat na hmotný majetek a uctívat místo toho díla mysli.

Být vědcem, myslitelem, vynálezcem se považovalo za vyšší povolání, za něco takřka božského. O vědci nebo jiném tvůrčím člověku se říkalo, že je „ohromný“. Pro mladé příslušníky naší domácnosti a mé přátele bylo fantastickou a mimořádnou výsadou moci zasvětit život myšlení a vědě. Peníze mnoho neznamenal a o bohatství nebo kariéru se u nás neusilovalo. Vůbec ne! Naopak, každý se chtěl obětovat pro vědu.

Autorem citovaných slov je můj strýc Szolem (1899–1983). Vědě jsme se obětovali oba, i když každý zcela jinak. On se stal známým matematikem tehdejšího hlavního proudu. Jeho slova znějí trochu naivně, snad až staromódně. Zasahují mě ale pozoruhodnou směsí židovských a ruských tradic, která v mnoha případech znamenala vrchol ochoty postavit se tváří v tvář neřešitelným problémům. Jeho svět nechápal význam slova „staromódní“ a to vedlo k řadě podob hrdinství... ale i zkázy a zmaru.

Nadanému mladíkovi takové prostředí neposkytovalo naprosto žádný pocit, že by měl na cokoli nárok, a nikdo ho tam nepovzbuzoval žádnými lichotkami. Nejenže nebylo úkrytem před tragickou realitou života, ale ještě navíc před člověka kladlo velký úkol: být úspěšným vědcem nebo

se alespoň o to snažit, ale ne natolik, aby mu to ubíralo čas na rodinu a zábavu.

Jak jsem se k tomu postavil? Jednoduše řečeno, vyhověl jsem. Ale na rozdíl od strýčka a pod vlivem druhé světové války ve Francii jsem se dal cestou, o níž se předtím nepokusil nikdo, koho jsem znal.

PAMÁTNÁ SLAVNOSTNÍ VEČEŘE

Význam nějaké události často vychází najevo, až když je příliš pozdě na její přesné zaznamenání. Řada divadelních her nebo historických vyprávění tak zařazuje na počátek scény, která se vrací do minulosti, kde se objevují všichni hlavní aktéři. V mém životě se taková scéna odehrála a byla náležitě zaznamenána v červnu 1930 v rodinném domě, v němž jsem se 20. listopadu 1924 narodil.

Ona mimořádná událost svedla k jednomu stolu několik nejdůležitějších lidí v mém životě. Díky nim měly matematické myšlenky z konce 19. století na můj život a práci silnější a přímější vliv než vynález počítače ve 20. století.

Dějištěm události byla jídelna v bytě naší rodiny na Muranowské ulici 14 ve varšavském ghettu. Bylo z ní vidět přes parčík na skelet velké budovy, která zřejmě nebyla dostavena ani v době, kdy druhá světová válka okolní oblast srovnala se zemí a smetla celý tento svět.

Najatý profesionální fotograf vytvořil z tohoto okamžiku rodinný klenot, který vyvolával obdivné komentáře po dlouhá desetiletí. Dokumentoval velkou část historie mé rodiny a dokládal, že jsem vyrůstal v prostředí, které se dalo označit za přibýtek matematiky.

Každý z účastníků této večeře hluboce ovlivnil můj temperament i mého ducha. Stali se pro mě v různých dobách příklady hodnými následování, nepoddajnými oporami i přísným soudním sborem. Jako individualistovi, který v přítomnosti příliš nezakotvil, mi byli rovněž trvalým zdrojem útěchy. Nyní všechny z nich představím a pak se v klidu vrátím k hlavním aktérům.

Hostitelkou a jedinou ženou na fotografii byla teta Helena Lotermanová. Byla třetí z otcových čtyř sester (mezi nimi dvou zubařek) a jediná, která byla ochotna a schopna starat se o domácnost. Ve společenství, v němž se ženám dostávalo formálního vzdělání častěji než mužům – a očekávalo se, že budou pracovat mimo domov, pokud to půjde – zů-