

Historie matematiky. II

Ivan Štoll

Jan Marek Marci v dějinách fyziky

In: Jindřich Bečvář (editor); Eduard Fuchs (editor): Historie matematiky. II. Seminář pro vyučující na středních školách, Jevíčko, 21. 8. – 24. 8. 1995, Sborník. (Czech). Praha: Prometheus, 1997. pp. 69–108.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/401037>

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>

JAN MAREK MARCI V DĚJINÁCH FYZIKY

IVAN ŠTOLL

Osobnost

Ioannes Marcus Marci, česky Jan Marek Marků, se narodil 13. června 1595 v Lanškrouně (nedaleko od Jevíčka), kde jeho otec, Marek Lanškrounský, působil jako zámecký purkrabí. Marciho matka Dorota byla dcerou Jiříka Peřiny; Jan Marek měl o dva roky mladšího bratra Davida a sestru, jejíž křestní jméno neznáme. Město Lanškroun se ke svému slavnému rodákovi hrdě hlásí, pojmenovalo po něm hlavní náměstí, v jehož rohu stál kdysi Marciho rodný dům (dnes č. p. 111–112), a u příležitosti oslav 400 let od Marciho narození mu naproti městskému muzeu odhalilo pomník.

V roce 1601 se Marciho rodina přestěhovala do Litomyšle, kde Marciho otec, vysoký panský úředník ve službách Pernštejnů, zakoupil na náměstí dům č. p. 70. V Litomyšli navštěvoval Jan Marek základní českou školu. Další, latinské vzdělání, získal na jezuitských školách. V létech 1608–12 studoval na koleji v Jindřichově Hradci, kde se též učil jeho bratr David a kde měl za spolužáka i pozdějšího pražského arcibiskupa Arnošta hraběte Harracha. V lednu roku 1615 přišel Jan Marek na olomouckou univerzitu. Podle univerzitních záznamů byl již 9. 5. 1615 promován bakalářem a 18. 8. 1616 magistrem filozofie.

O jeho dalších osudech v pohnutých letech stavovského povstání a následných událostí, které vyústily v třicetiletou válku, nic nevíme. Setkáváme se s ním opět v roce 1622, kdy studuje na obnovené lékařské fakultě pražské univerzity a kde je jeho profesorem Franco Roia de Aquista. Pod jeho vedením Jan Marek v roce 1625 obhájil disertační práci věnovanou čtveřici nervových chorob: epilepsii, závratí, mrtvici a obrně. V roce 1621 zemřel Janu Markovi otec; na studiích ho materiálně podporoval Zdeněk Vojtěch Popel z Lobkovic, manžel Polyxeny Pernštejnové.

Údaje o Marciho životním běhu jsou skromné, v jeho životě existují celá období zahalená mlhou nepovědomosti. Naštěstí se zachovala převážná část Marciho vědeckého, literárního díla, které může mluvit za něho. Marciho životopisci se v minulosti hodně zabývali některými problémy, které se nám dnes jeví jako relativně nedůležité. Jedním z nich byla Marciho národnost. I když v následujících stoletích byl Lanškroun městem s převážně německým obyvatelstvem, byla zde v Marciho době úředním jazykem čeština, a to i na pernstejnském panství. Marciho rodina byla rovněž česká, jak svědčí rodinná korespondence a další doklady (zachovaná svatební smlouva Markových rodičů). I v seznamu studentů v Jindřichově Hradci i Olomouci je Marci uváděn jako „Bohemus“.

Druhou podrobně diskutovanou otázkou byl Marciho vztah k jezuitskému řádu. Podle tendenčního životopisu, který byl sepsán nedlouho po Marciho smrti neznámým autorem, toužil Marci po celý život stát se členem jezuitského

řádu, ale zdravotní stav mu to nedovolil. Jeho přání prý došlo naplnění až těsně před smrtí. Aniž bychom zabíhali do podrobností, stačí uvést, že Marci studoval v Olomouci filozofii a poté v Praze medicínu, usiloval o to, aby se lékařská a právnická fakulta nedostaly pod jezuitskou správu a dostal se do filozofických sporů se známým španělským jezuitou Rodrigem Arriagou působícím tehdy na pražské univerzitě. Ve své závěti se nezmiňuje o úmyslu vstoupit do řádu ani neobmyšluje jezuitu nějakým odkazem. Je též zajímavé, že Markův bratr David, který se stal jezuitou, byl brzy z neznámých příčin z řádu vyloučen, a že Marciho syn Jan Ludvík se stal řeholníkem, nikoli však jako jezuita, ale jako člen řádu augustiniánů.

V posledních dnech života, kdy měl Marci údajně do řádu vstoupit, byl již natolik nemocen, že nemohl takové rozhodnutí odpovědně učinit, tím spíše, že prý odvolal vše ze svého učení, co se zásadám jezuitů přičilo. Po smrti byl vystaven ve svém pražském domě U zelené lípy v jezuitském hábitu, což podle dobového svědectví jeho přátelé přijímali s podivem i nesouhlasem.

Na druhé straně byl Marci upřímně věřící katolik, s jezuitu se po celý život stýkal a měl mezi nimi mnoho přátel. Mnoho z nich se ostatně zabývalo přírodními vědami a významně přispělo k rozvoji matematiky a fyziky. Mezi nejznámější z nich patřil Athanasius Kircher, s nímž se Marci seznámil za své italské cesty v roce 1638 nebo 1639 a s nímž si pak po celý život dopisoval.

Z domácích jezuitských přátel Marciho to byl především Bohuslav Balbín, který vděčil Marcimu za své vyléčení z černých neštovic, často doprovázel Marciho na jeho lékařských návštěvách a zanechal nám svědectví o jeho léčebných postupech a názorech. Ze své funkce byl Marci též lékařem klementinských otců jezuitů. Může být snad jediné s podivem, že v roce 1662 stanul v čele již zreorganizované jezuitské Karlo-Ferdinandovy univerzity jako rektor, aniž byl členem řádu. Děkanem lékařské fakulty byl volen opakovaně na Karlově univerzitě v rozmezí let 1638–1653, na Karlo-Ferdinandově v letech 1654–1657, 1660–1661 a 1663–1664.

Marci byl ovšem již známou a váženou osobností, stýkal se s mnoha příslušníky dalších řádů, které se cítily od jezuitů omezovány, s osvícenými a vzdělanými šlechtici, dokonce i s učenými rabíny a zajímal se i o práce protestantských exulantů. Nehledě na svůj katolicismus byl Marci natolik zvědavý a intelektuálně široce založen, že vstřebával nejrozumnější názory a myšlenkové proudy své doby. Byl polyhistor a polyglot, ovládal téměř všechny moderní i klasické jazyky, četl dokonce talmud a korán v originále.

Konečně třetí diskutovanou stránkou Marciho života byl jeho zdravotní stav. Podle některých zdrojů byl Marci v dětství slabý, trpěl různými plicními a očními neduhy, zadýchával se. Jistě mohl mít v životě období, kdy se necítil zdravý, ale dožil se konec konců na tehdejší dobu úctyhodného věku 72 let a jeho zdravotní stav se dramaticky zhoršil (oslepl) až těsně před smrtí. S představou churavého člověka kontrastuje jeho úžasná pracovní výkonnost — Marci zanechal na 13 obsáhlých vědeckých prací z medicíny, fyziky a filozofie, provedl mnoho vlastních měření a experimentů, obětavě vykonával lékařskou praxi často za riskantních podmínek (epidemie moru a neštovic,

válečné události), bránil dokonce Prahu proti Švédům, cestoval do Itálie a do Německa, vyučoval a zastával odpovědné akademické funkce a organizační úkoly.

Jako lékař měl velmi pokrokové názory na zdravý způsob života, odmítal módní pouštění žilou a používání drastických projímadel, doporučoval dobrou stravu, pohyb na čerstvém vzduchu, občas doušek dobrého vína a nebyl lhotejný k radostem života. Zachoval si také mnoho z chlapeckého údivu a postoje k světu, ve svých fyzikálních spisech se zabývá mechanikou různých míčových her, kulečnicku, mnohonásobných odrazů plochých kaménků na vodní hladině (koho nevzrušila otázka, proč se kamének po dopadu nepotopí!), pouštěním duhově zbarvených mýdlových bublin a dalšími. Jako první v Praze kouřil kvalitní brazilský tabák (i tyto novoty tenkrát zprostředkovávali jezuitští a další misionáři), a to pomocí vodní dýmky.

K nejčastěji citovaným odstavcům z Marciho díla patří rozkošná pasáž s návodem jak správně pít dobré červené víno. Zaznamenal jej Bohuslav Balbín ve spisku *Monita quedam ... aneb Připomenutí lékařská hledící k udržení zdraví, sebraná z rozprávek důvěrných držení s M. Markusem*. Spisek vyšel jako příloha k Marciho dílu *Otho-Sophia* vydaného posmrtně Marciho žákem J. Dobřenským v roce 1683. Balbín takto reprodukuje Marciho slova:

Už třicet let tomu bude, co se sám řídím tímto pravidlem: lačný se najím, dokud se řádně nenasytím, pak pohár vína ušlechtilého (neboť pivo nepiji) zvící jednoho pražského žejdlíku¹ jedním douškem vyprázdním, až zaslžím. Po krátkém oddechu ještě půl poháru vypiji a po nějaké době doušek ... Mezitím pak vzácný vína duch vzestoupí a mozek poněkud zahřeje ...

Vraťme se ještě k počátkům Marciho lékařské kariéry po ukončení pražských studií. Marek Marci na sebe brzy upozornil svými schopnostmi a již v roce 1626 se stává mimořádným, 1630 pak řádným profesorem lékařské fakulty. Zastává důležitou funkci jako „fysikus“, tedy něco jako hlavní hygienik království českého, později se stává i osobním lékařem napřed Ferdinanda III. a pak i Leopolda I.

V roce 1630 se Marek Marci oženil; jeho žena, jejíž křestní jméno ani léta narození a úmrtí bohužel neznáme, byla z rodiny italských brusičů drahokamů, Misseroniů. Víme jen, že zemřela ještě za Marciho života a byla pochována v Betlémské kapli, která tehdy náležela jezuitům. Zato však známe křestní jméno Marciho tchyně (Laura), na níž se Marci v jednom ze svých lékařských pojednání odvolává.

V roce 1631 se Markovi narodil první syn Jan Jiří, později též lékař. Druhozený syn Filip, do něhož Marci vkládal velké naděje, se v roce 1650 nešťastnou náhodou utopil ve Vltavě, třetí syn Jan Ludvík vstoupil do řádu augustiniánů a působil jako kanovník v Zaháni. Kromě toho měl Marci dvě dcery, Lucii a Barboru Cecilii, která zemřela v r. 1680 za morové epidemie.

Marciho život samozřejmě ovlivnila třicetiletá válka, která také zkomplikovala mezinárodní vědecké styky a rozdělila Evropu na katolickou a protestant-

¹ Pražský žejdlík byl 0,353 671 l.

skou. Za švédského vpádu do Prahy se Marci vyznamenal jako spoluorganizátor ozbrojeného odporu pražských studentů a jejich vojenský lékař. V této souvislosti stojí za zmínku epizoda z doby posledního obléhání Prahy Švédy. Švédský generál Wittenberg byl ležením na Zbraslavi a měl u sebe i manželku, která se roznemohla. Protože Švédové neměli k dispozici lékaře Marciho věhlasu, byla obléhaná pražská posádka požádána, aby umožnila Marcimu poskytnout generálově manželce lékařskou pomoc, s tím, že Marcimu bude dovoleno setkat se s arcibiskupem Harrachem, který byl Švédy zajat. Zdá se, že Marciho lékařský zásah i celá akce proběhly úspěšně; jen při průjezdu generálova kočáru s Marcim obrannou linií začala na něj neinformovaná vyšehradská posádka pálit a jeden z koní byl zasažen. To už se však válka chýlila ke konci.

Za tyto a další zásluhy byl Marcimu v roce 1654 udělen šlechtický titul „comes palatinus“, něco jako „říšský falckrabě“. S tímto titulem byla spojena i důležitá výsada, totiž právo legitimizovat nemanželské děti. Marci toho využil a listinou datovanou 6. 12. 1662 v Litomyšli legitimizoval svou dceru Kateřinu Singerovou. Marci si zvolil šlechtický přídomek „z Kronlandu“ v připomínku rodného Lanškrouna a do svého erbů umístil duhu jednak jako předmět svého vědeckého zájmu, jednak jako symbol míru, který konečně zavládl v Evropě.

Protože jeho syn Jan Jiří nezanechal mužských potomků a Jan Ludvík se stal řeholníkem, rod z Kronlandu již v druhé generaci vymřel po meči. V roce 1664 si Marci zakoupil u Prahy mlýn v Michli, kde trávil dny odpočinku a vytvořil si zde jakési „Marcellianum“.

Jan Marek zemřel o velikonocích, 10. dubna 1667, na mozkovou mrtvici. Ve své závěti si přál být pohřben buď v Betlémské kapli po boku své ženy nebo u sv. Salvátora v Klementinu. Jeho hrob se však nezachoval. Existují i informace, podle nichž byl Marci pohřben ve druhém klementinském kostele sv. Klimenta.

Životem, dobou a dílem Jana Marka Marciho se u nás v minulém století zabýval F. J. Studnička. U příležitosti 300 let od úmrtí byla na domě U zele-
né lípy (původně U zlaté svině) v dnešní Melantrichově ulici v Praze, v němž Marek Marci bydlel a experimentoval, odhalena pamětní deska dokumentující jeho impozantní zjev. Společnost pro dějiny věd a techniky vydala tehdy zvláštní číslo svých Akt [1], v němž záslužně opublikovala faksimile základního díla Marka Marciho o mechanice, *De proportionibus motus*, dále stať o Marciho životě a díle od J. Smolky *J. M. Marci — his time, life and work* a prakticky úplnou marciovskou bibliografii do r. 1967 od D. Ledrerové. V pozdějších letech se Marciho zjevem a jeho lékařským dílem zabýval Z. Servít [2]. V souvislosti s 400. výročím Marciho narození 1995 připravila Karlova univerzita reprezentační sborník [3]; dále se objevila řada stať v odborném i populárním tisku [4]. Nakladatelství Prometheus zahájilo knihovničku životopisů slavných matematiků a fyziků právě postavou Jana Marka Marciho [5].

Přiznáním úlohy Marka Marciho jako vědce mezinárodního formátu bylo rozhodnutí 14. kongresu Mezinárodní astronomické unie v anglickém Brightonu v roce 1970, která se usnesla pojmenovat jeden z kráterů na Měsíci Marciho jménem. Kráter je sice na odvrácené straně Měsíce, ale na straně přivrácené

byly již všechny krátery obsazeny.

Marciho spis *Thaumantias* je dnes považován za jedno ze základních děl optiky. 20. mezinárodní spektroskopické kolokvium v Praze roku 1977 zhodnotilo Marka Marciho jako jednoho ze zakladatelů spektroskopie. Tehdy Československá spektroskopická společnost přijala jeho jméno a pravidelně uděluje prestižní *Medaili Jana Marka Marci z Kronlandu* předním našim i zahraničním spektroskopikům. Naposled se tak stalo v červnu 1995 na spektroskopické konferenci konané v Lanškrouně při čtyřístém výročí Marciho narození. Tam také proběhlo sympozium o jeho životě a díle [6] spojené s unikátní výstavou Marciho prací, dobových dokumentů a věcných exponátů v městském muzeu, odhalením pomníku slavnému rodáku a řada dalších kulturních akcí.

Dílo

Po ukončení studií a zahájení lékařské kariéry připravoval Jan Marek rozsáhlý lékařsko-filozofický spis *Idearum operatricium idea ... Teorie tvůrčích idejí ...*, který vyšel v roce 1635. Obsahuje názory na pohlavní rozmnožování živočichů, vztahy mezi neživými předměty, živočichy a člověkem, na lidskou duši, otázky dědičnosti a další. Spis vzbudil odpor některých jezuitských představitelů (Arriaga) a Marci se dostal do nebezpečných ideových filozoficko-teologických sporů.

Na druhé straně měl možnost diskutovat své pojetí se slavným anglickým lékařem W. Harveyem, který v roce 1636 navštívil Prahu jako člen diplomatického poselstva lorda Arundela (mecenáše Václava Hollara, který byl též v poselstvu). Marci a jeho žáci plně přijali Harveyův objev velkého krevního oběhu, který nebyl ještě zdaleka v Evropě uznáván. Naproti tomu, když Harvey později publikoval svůj spis o rozmnožování živočichů, který v mnohém korespondoval s Marciho názory, Marciho necitoval. Zkušenosti s přijetím svého prvního velkého vědeckého díla Marciho zřejmě alespoň na čas odvrátily od této problematiky a jeho další práce jsou věnovány fyzice.

V roce 1639 vychází pod názvem *De proportionem motus ... O úměrnosti pohybu ...*, jeho základní dílo věnované mechanice. Je to vlastně první fyzikální dílo u nás vydané (nepočítáme-li astronomické a optické práce Keplerovy) a z tohoto hlediska můžeme na Jana Marka Marciho pohlížet jako na prvního českého fyzika. Kniha obsahuje systematický výklad poznatků mechaniky, které historie fyziky připisuje Galileimu a navíc původní analýzu rázu pružných a nepružných těles.

V souvislosti s tímto Marciho dílem vzniká celá řada otázek, které patrně nebudou nikdy v úplnosti zodpovězeny. Předně není známo, že by Marci kdy studoval matematiku a fyziku, ani kdo byli jeho učitelé a vzory. Pozoruhodnou shodou vychází nejdůležitější Galileiho spis *Discorsi*, který obsahuje souhrn Galileiho mechaniky, v roce 1638, tedy rok před vydáním Marciho díla. Marci prokazatelně neměl možnost čerpat z tohoto Galileiova pramene. Sám se pokusil o kontakt s Galileim za své cesty do Říma 1638 nebo 1639, avšak

bezúspěšně. Ve svém pozdějším dopise Galileimu, který se zachoval, líčí jak mu matematik Guldin umožnil nahlédnout do Galileiho díla *Discorsi* během jednodenní zastávky ve Štýrském Hradci a byl překvapen, jak se jeho vlastní závěry s Galileiho výsledky shodují.

Je přitom zajímavé, že koperníkovsko-galileiovskou heliocentrickou soustavu a učení o rotaci Země Marci stejně jako většina jeho současníků (včetně Komenského) neuznával, i když o těchto otázkách se svými přáteli diskutoval. Praha byla sice v době Keplerově na světové špičce v budování moderní astronomie a nebeské mechaniky, ale Keplerův odkaz u nás nenašel v následujících desetiletích pokračování.

Pokud jde o základní poznatky pozemské mechaniky (zákon volného pádu, pohyb po nakloněné rovině, vlastnosti kyvadla a další), je sice možno dedukovat, že k nim Marci dospěl nezávisle na Galileim, i když je publikoval o rok později. Na druhé straně se tyto poznatky rodily v Evropě po dlouhá staletí a Marci mohl mít zprávy o Galileiho pokusech a výsledcích z jiných pramenů. Je ovšem pravda, že jeho formulace a zdůvodňování jsou jiné než u Galileiho, že dokonce dělá jiné chyby než Galilei, z čehož může pedagog usuzovat, že od Galileiho „neopisoval“. Historie fyziky však musí Marcimu přiznat prioritu alespoň kvalitativní analýzy rázu těles; Marci se tímto problémem zabýval o 30 let dříve než problém matematicky vyřešil Huygens pomocí zákonů zachování hybnosti a energie. Marci také, zřejmě jako první, navrhuje využít kyvadlo k měření krátkých časových intervalů, pulzu pacientů a astronomických pohybů.

V roce 1647 vydává Marci z podnětu Caramuela z Lobkovic krátké pojednání o přirozených příčinách červeného deště pozorovaného v Bruselu a v roce 1648 se znovu vrací k mechanice spiskem *De proportionibus motus figurarum rectilinearum ...*, *O úměrnosti pohybu přímočarých obrazců ...*, ve kterém rozvíjí a upřesňuje některá tvrzení své předchozí práce.

V témž roce, v roce Vestfálského míru a konečně válečného oddechu pro Evropu, vychází velký Marciho spis *Thaumantias. Liber de arcu coelesti ...* neboli *Kniha o duze*. Vedle popisu a pokusu o vysvětlení vlastností duhy obsahuje Marciho kniha výsledky mnoha experimentů s přírodními i umělými světelnými zdroji, pozorování ohybu světla na malých otvorech, překážkách, drátku, hraně i mřížce a všimá si také duhových barev mýdlových bublin. Na tuto skutečnost upozornil teprve v 60. letech našeho století český historik fyziky Jiří Marek [7].

Objev ohybu světla připisuje historie fyziky obvykle Francescovi Mariovi Grimaldimu (1618–1663), jehož spis *Physico Mathesis de lumine, coloribus et iride ...*, *Fyzikálně matematický traktát o světle, barvách a duze ...*, vyšel v Bologni až v roce 1665. Pokud jde o barvy tenkých vrstev, byl jejich objev přiznáván Robertu Boyleovi (1627–1691) (*Experiments and considerations touching colours*, Londýn 1663). Tyto objevitele Marek Marci tedy časově předstihl, i když nemohl ještě podat fyzikální objasnění pozorovaných jevů.

Jan Marek Marci navázal na práce Francesca Maurolyca (1494–1575), který jako první popsal rozklad světla hranolem (jeho práce *Photismi de lumine et umbra, Osvětlení světla a stínu*, vyšla posmrtně v roce 1611 v Neapoli). Marci

šel pak dále, podrobně zkoumal úhly lomu jednotlivých barevných paprsků a dokázal, že při průchodu dalším hranolem se takový paprsek už nemění. Také tento poznatek se objevuje až u Newtona v jeho slavném dopise Londýnské královské společnosti *New Theory about Light and Colors*, který byl publikován ve Philosophical Transactions roku 1672. Vedou se dohady o tom, zda Newton znal Marciho optické práce a pokud ano, proč je necitoval. Newton podal ovšem hlubší analýzu vlastností spektra, zejména pak dokázal, že bílé světlo je složené a skutečně je ze spektrálních paprsků zpětně vytvořil.

Největší nedostatek Marciho optiky je vázán na skutečnost, že Marci stále ještě neznal a nepoužíval Snelliův zákon lomu světla, ačkoli jej Descartes publikoval ve své *Dioptrice* již roku 1637 a použil jej k vytvoření matematické teorie duhy. Přes tyto nedostatky a nedůslednosti zůstává skutečností, že Marci svými experimenty a pozorováními objevil řadu nových optických jevů, podal kvalitativně správný popis vzniku duhy dvojitým lomem a vnitřním odrazem na vodních kapkách a systematicky popsal řadu jejích vlastností. Experimentálně také využíval umělé světelné zdroje (svíčku) ke zkoumání vlastností světla. Jak odpovídalo jeho poetické a filozofující povaze, byl světlem fascinován (ostatně zcela v duchu tehdejšího mystického pohledu na světlo jako na „kvintesenci“, zvláštní, nejjemnější substanci) a byl oprávněně uchvácen skutečností, že světlo lze předávat a rozmnožovat, od jedné svíčky lze zapálit stovky dalších, podobně jako se množí lidské bytosti nebo zažehávají nové myšlenky ...

V roce 1650 publikoval Marek Marci dvě další, drobnější práce o optice, *Disertatio in propositiones ...* a *Anatomia demonstrationis ...*, v nichž jednak opravuje některé své omyly ve spise *Thaumantias*, jednak polemizuje se svým univerzitním kolegou Balthasarem Konradem (1599–1660), který se rovněž zabýval optikou a výkladem duhy.

V témž roce se objevuje Marciho dílo s astronomickou tematikou, *De longitudine seu differentia inter duos meridianos ...*, *O zeměpisné délce aneb rozdílu mezi dvěma poledníky ...*. Určování zeměpisné délky bylo jak známo životně důležité pro oceánskou navigaci a tím i pro koloniální expanzi. Bylo k tomu třeba porovnávat místní čas s časem známého poledníku. Ten však musel být zjišťován buď pomocí pokud možno přesného chronometru nebo pomocí astronomických úkazů, jejichž časový průběh na daném místě byl tabelován. Protože použití kyvadlových hodin na rozbourěném moři bylo v té době stále problematické, byly astronomické metody aktuální. Je známo, že Galilei navrhl španělské koruně a později nizozemským stavům svou metodu založenou na pozorování Jupiterových měsíčků. Marci ve svém spisku věnovaném příznačně opět španělským Habsburkům doporučuje využít pozorování nepravidelností pohybu Měsíce, resp. jeho polohy vzhledem ke světovému rovníku. Metoda opět vyžaduje měření času kyvadlem, což nebývá na moři jednoduché.

Ve svém astronomickém spisku Marci též podrobně popisuje úplné zatmění Měsíce viditelné v Praze 14. dubna 1642. Marci měl na střeše svého domu vybavenou astronomickou observatoř, konal pozorování Jupiterových měsíců a dalších astronomických jevů.

○ čtyři roky později vydává Marci práci *Labyrinthus ...* věnovanou kvadra-

tuře kruhu. Tomuto věčnému dráždivému tématu se věnovali všichni významní matematici, dokud nebylo dokázáno, že úloha je eukleidovsky neřešitelná. Pak se jí ujali laici. Během historie byly navrženy stovky různých řešení této úlohy, z nichž každé má ovšem nějakou chybičku. Postupem času se z čistě matematického problému stala tato úloha dokonce jakousi estetickou hříčkou a duševním cvičením. Marek Marci se jí zabýval řadu let a ve svém *Labyrintu* uvádí asi 20 „řešení“ úlohy. Je si ovšem vědom, že každé má nějaký nedostatek, který je znehodnocuje, ale roztomile se domnívá, že čím více takových nesprávných metod uvede, tím lépe. Neboť „co se jedné nedostává, to poskytne druhá“. Vcelku byl ovšem Marci vůči možnosti řešení této úlohy skeptický, jak o tom ostatně svědčí i sám název spisku. Marciho pracemi o určování zeměpisné délky a o kvadratuře kruhu se zabýval v minulém století český matematik a numismatik J. Smolík [8] (viz též stať A. Šolcové v [6]).

Je známo, že například i Leonardo da Vinci navrhl mnoho variant řešení tohoto problému. V Marciho době to byl známý matematik, jezuita Gregorius a Santo Vincentio (1584–1667), který se zabýval kvadraturou kruhu ve svém objemném, tisícistránkovém díle z roku 1647. Gregorius působil v Praze v letech 1629–1631 a jistě se s Marcim znal. Jak praví Ottův slovník naučný, „proklubávající se tehdejší metoda infinitesimální měla v něm zvláštního zástupce s Cavalierim závodícího“, takže se mezi jezuity udržovalo mínění, že jest zakladatelem tohoto počtu. Gregorius byl jistě významný matematik, i když jeho díla nebyla bez omylů, a mohl Marciho v tomto směru ovlivnit.

Posledním dílem, které vyšlo za Marciho života, byl filosofický spis *Philosophia vetus restituta, Obnovená stará filosofie*. Rozsáhlá kniha o 580 stranách do jisté míry navazuje na první Marciho dílo *Idearum operatricium idea* a spojuje lékařský přístup s přírodní filosofií. Kniha má rovněž řecký název *Παν εν παντιων*, *Pan en panton*, *Vše ve všem*, a v duchu platónské filozofie uvažuje o postavení člověka a živých organismů ve vesmíru, o souvislosti individuální a světové duše apod. Posouzení a zařazení Marciho filozofické soustavy je velmi obtížné, nacházíme zde názory příbuzné Platonovým, Ficinovým, Telesiovým, Kusanovým, Spinozovým, Lockovým, v mnohém připomínají i postoje Giordana Bruna, pro něž tento italský filosof skončil o 62 let dříve na hranici. V Marciho době a v Praze byla tehdy už situace zcela jiná a Marci byl na vrcholu společenského uznání. Příspěvky ke zhodnocení Marciho filozofie najdeme jednak v [2], jednak ve statích S. Sousedíka (viz např. [3], [6]), který se touto problematikou již déle zabýval.

O Marciho nesmírné pracovitosti svědčí i to, že ještě po jeho smrti vycházejí dvě rozsáhlá díla péčí jeho oddaného žáka Jakuba Jana Václava Dobřenského. První z nich, *Lithurgia mentis ...*, *Řád myslí ...*, je věnován lékařské problematice, především podstatě epilepsie, ale také vnímání, představivosti, paměti a psychofyziologii. Představuje vlastně první vědecké dílo o epilepsii, která byla v historii dříve spojována s představami o posedlosti zlým duchem, a řadí tak Marciho k zakladatelům moderní medicíny a epileptologie.

Druhá posmrtně vydaná kniha nese název *Otho-Sophia seu philosophia impulsus universalis ...*, *Otho-Sophia aneb obecná nauka o nárazu ...*; je opět vě-

nována převážně fyzice, obecné teorii pohybu a gravitaci. Výraz „*othisophia*“ je zřejmě Marciho lingvistický výtvar vzniklý spojením řeckých slov „*náraz*“ a „*moudrost, nauka*“. Spisem prolínají fyzikální úvahy o přirozených a nepřirozených pohybech, stále ještě částečně poplatné aristotelismu, totiž o pohybech vyvolaných počátečním impulsem, násilně, a pohybech způsobených přitažlivostí, přirozeně. U prvních pohybů impuls postupně zaniká, u druhých naopak roste. Marci se zde zabývá příčinami svalových pohybů, zabíhá do hydromechaniky, zkoumá pohyb plynů, uvažuje o vlivu měsíčních paprsků na příliv a odliv, podává teorii vah, páky a kola na hřídeli. Přiloženy jsou dopisy, které si Marci vyměňoval s Caramuelem z Lobkovic a s Aloisem Kinnerem o poloze středu světa a zemské rotaci. Od str. 188 je přiložen výše zmíněný Balbínův spis *Monita quedam*, který byl později též publikován samostatně, německy i česky.

Celkem se zachovalo 13 Marciho spisů, počítáme-li i jeho disertační práci a dvě díla vydaná posmrtně péčí Dobřenského. Několik dalších spisů se nezachovalo, známe jen jejich názvy (*Observationes exotico-philosophicae, De imaginatione, De vita et calido innato, De vita et morte, Praxis medica*) a možná i některé další. Pro přehled uvádíme Marciho bibliografii v časovém sledu:

- [I] *Disputatio medica de temperamento in genere et gravissimorum morborum tetrade, epilepsia, vertigine, apoplexia et paralyse ... (Lékařské pojednání o vrozeném temperamentu a čtveřici těžkých chorob, epilepsii, závratí, mrtvici a obrně ...)*, Praha 1625; věnováno knížeti Václavu Františkovi z Lobkovic, nalezeno v lobkovické knihovně. Disertace se konala v roce 1625, sama práce mohla vyjít tiskem později.
- [II] *Idearum operatricium idea sive hypotyposis et detectio illius occultae virtutis quae semina faecundat et ex iisdem corpora organica producit (Teorie tvůrčích idejí aneb předpoklad a odhalení oné skryté síly, která semena oplodňuje a z nich organická těla utváří)*, Praha 1635.
- [III] *De proportionemotus seu regula sphymica ad celeritatem et tarditatem pulsuum ex illius motu ponderibus geometricis librato absque errore metiendam (O úměrnosti pohybu neboli o sfygmickém pravidle k bezchybnému určení rychlosti a pomalosti nárazů z jejich pohybu vyvolaného geometrickými tíhami)*, Praha 1639. Výraz „sfygmický“ lze též přeložit jako „nárazový“, „sfygmograf“ je přístroj k měření tepu.
- [IV] *De causis naturalibus pluviae purpureae Bruxellensis ... (O přirozených příčinách červeného deště v Bruselu ...)*, Praha 1647.
- [V] *De proportionemotus figurarum rectilinearum et circuli quadratura ex motu (O úměrnosti pohybu přímočarých obrazců a kvadratuře kruhu na základě pohybu)*, Praha 1648.
- [VI] *Thaumantias, liber de arcu coelesti, deque colorum apparentium natura, ortu et causis, in quo pellucidi opticae fontes a sua scaturigine, ab his vero colorigeni rivi derivantur. Ducibus geometria, et physica hermetoperipatetica*



IOANNES MARCVS MARCI Boëmus Medicinæ
 Doctor, et annis Universitatis Pragenſis
 Profeſſor, tum Decanus ac demum Univer-
 ſitatis euſdem Rector Magnificus.

Jan Marek Marci

- (*Thaumantias*, kniha o duze nebeské a o povaze, původu a příčinách jejích zjevných barev, v níž jsou uvedeny optické zdroje záření podle svého zřídla a svého toku rodícího barvy, za pomoci geometrie a hermetoperipatetické fyziky), Praha 1648.
- [VII] *Anatomia demonstrationis habitae in promotione academia die 30. maii per R. P. Conradum, Soc. Iesu, matheseos professorem. De angulo, quo iris continetur* (Posudek práce Ctihodného Otce Conrada, řádu Tovaryšstva Ježíšova, „O duhovém úhlu“, předložené k habilitaci profesorem matematiky dne 30. května), Praha 1650.
- [VIII] *Dissertatio in propositiones physicomathematicas de natura iridis, r. p. Balthassaris Conradi, Soc. Iesu, Aa. Ll. et philos. magistri, ordinarii que matheseos professoris* (Rozprava o fyzikálně-matematických thezích o povaze duhy předložených Balthasarem Conradem (uvedeny tituly), řádným profesorem matematiky), Praha 1650.
- [IX] *De longitudine seu differentia inter duos meridianos una cum motu vero lunae inveniundo ad tempus datae observationis* (O (zeměpisné) délce neboli rozdílu mezi dvěma poledníky a jejím určování podle skutečného pohybu Měsíce k danému pozorovacímu dni), Praha 1650.
- [X] *Labyrinthus, in quo via ad circuli quadraturam pluribus modis exhibetur* (Labyrint, v němž je předváděna cesta ke kvadratuře kruhu více způsoby), Praha 1654.
- [XI] *Παν εν παντων seu philosophia vetus restituta* (Vše ve všem aneb obnovená stará filozofie), Praha 1662.
- [XII] *Lithurgia mentis seu disceptatio medica, philosophica et optica de natura epilepsiae illius ortu et causis, deque symptomatis quae circa imaginatorem et motum eveniunt. In qua multa scitu digna, difficilia et recondita deteguntur* (Řád mysli, aneb úvaha lékařská, filozofická a optická o podstatě epilepsie, jejím vzniku a příčinách, jakož i příznacích týkajících se imaginace a pohybu, v níž se mnoho poznání hodného, obtížného a skrytého odhaluje), Řezno 1678.
- [XIII] *Otho-Sophia seu Philosophia impulsus universalis ...* (Otho-Sophia aneb Obecná nauka o nárazu ..., v níž jsou zevrubně vysvětleny podivuhodné vlastnosti vznikání, přírody, pokroku, sil, impulsu jak u živočichů, tak v tekutinách a v pevných tělesech. Dílo je určeno k užítku a potěšení zainteresovaným lékařům, matematikům a filosofům ...), Praha 1683.

Titulní list knihy *O úměrnosti pohybu*

O úměrnosti pohybu

Všimneme si nyní trochu podrobněji Marciho výsledků z oblasti mechaniky. Některé z nich jsou ještě poplatné aristotelovské mechanice, jiné korespondují s mechanikou Galileiho a byly publikovány pouhý rok po vyjití Galileiova díla *Discorsi*, a konečně některé jsou původním Marciho přínosem (věty o pružném a nepružném rázu, některé aplikace kyvadla). Nejdůležitější Marciho dílo o mechanice je spis [III] z r. 1639, o mechanice dále pojednávají díla [V] (1648) a [XIII] (1683).

Marciho spis *O úměrnosti pohybu* byl vytištěn v Praze tiskařem Janem z Bíliny v roce 1639 a je věnován Ferdinandu III., který byl Marciho příznivcem. Na titulní stránce knihy je symbolicky naznačen její obsah. Znázorňuje krajinu s mořem v pozadí pozorovanou ze schodiště jakéhosi zámku. U sloupu na otevřeném schodišti sedí u stolu starý lékař a měří tep pacientovi s kordem po boku. Před nimi si dva amorci pohrávají s Markovým vynálezem, malým kyvadélkem proměnné délky k měření tepu nemocného. Plachetní loď na obzoru zaměřují pobřežní opevnění a na pobřeží vystřeluje dělo do stojících koulí na podstavci (demonstrace pružného rázu). V přední části se rozkládá nádvoří s věží a viaduktem nad arkádami. S věže kdosi hází kaménky a zkoumá volný pád, na viaduktu pod širým nebem stojí kulečník a pod arkádami se několik postav zabývá činnostmi, které souvisejí se zkoumanými mechanickými jevy. Jedna stojí u brusu, od něhož odlétají jiskry směrem tečny, druhá se houpe na houpačce, třetí hraje s míčem a pozoruje jeho odraz od stěny a další dvě se přetahují lanem.

Forma Marciho knihy se může zdát překvapující. Nemá charakter dialogu, který využíval Galilei a která by se u autora sympatizujícího s platónskou filozofií dala očekávat. Připomíná spíše Eukleidovy *Základy* s výchozími obecnými definicemi a axiomy a systémem 41 vět, které se Marci snaží dokazovat. Občas uvádí i některé úlohy a praktické aplikace. Matematický aparát, který má Marci k dispozici, je ovšem omezený. Používá především geometrické metody, pouček o podobnosti trojúhelníků, ale také Archimedových výsledků týkajících se rovnováhy na páce. Běžně operuje s trigonometrickými funkcemi a udává jejich hodnoty na pět platných číslic. Občas si vypomáhá intuicí a odvolává se na zkušenost či experiment. Marci zřejmě skutečně hojně experimentoval, především ovšem v optice, ale nezanechal bohužel přesný popis těchto experimentů, ani jejich kvantitativní vyhodnocení. Fyzikální pojmy, kterých používá, nejsou přesně definovány, takže například jeho ústřední pojem „impuls“ chápe někdy jako hybnost, jindy sílu, moment síly, rychlost apod.

Tím více musíme obdivovat jeho fyzikální intuici tam, kde se samostatně dobral správných výsledků. Je ovšem třeba přiznat, že jeho geometrické úvahy jsou často neprůkazné, mnohoslovné, těžko sledovatelné a poznamenány snahou všechny jevy za každou cenu vysvětlovat. Mladý a geniální Christian Huygens po seznámení s Marciho spisy nebyl jeho geometrickou metodou uspokojen a vyjádřil se o ní až přezíravě.

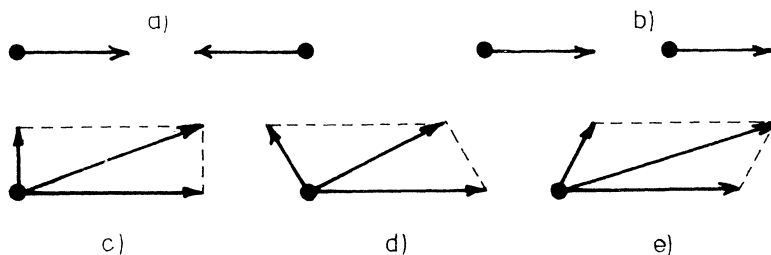
Je možno říci, že Marci ve své práci dospěl k těmto výsledkům, které se pokusil uvést do logicky vázané soustavy:

- běžně používá představ o nezávislosti mechanických pohybů a jejich skládání podle pravidla rovnoběžníku,
- udává zákon volného pádu, závislost rychlosti a dráhy na čase,
- udává zákonitosti pohybu po nakloněné rovině v homogenním tíhovém poli a dotýká se i přímočarého pohybu v centrálním poli,
- zdůrazňuje, že všechna tělesa padají touž rychlostí nezávisle na jejich tíze a případné rozdíly v rychlostech jsou vyvolány odporem prostředí,
- uvádí a snaží se zdůvodnit izochronismus kyvadla a navrhuje jeho použití k přesnému měření času,
- uvádí a zdůvodňuje úměrnost periody kyvadla druhé odmocnině jeho délky,
- rozlišuje přímý a šikmý ráz koulí,
- rozlišuje ráz těles pružných, nepružných a křehkých podle jejich materiálu,
- popisuje průběh pružného rázu koulí jako proces, v němž „impuls“ zaniká a opět se rodí,
- formuluje věty o rázu pružných koulí stejných i různých hmotností.

Knihu zahajuje osm obecných definic:

1. *Opačností se nazývá to, co se vzájemně zmenšuje nebo ruší.*
2. *Podobností se nazývá to, co se vzájemně zvětšuje nebo zdokonaluje.*
3. *Smíšeností se nazývá to, co vyvolává smíšené akce.*

Dalších pět definic zavádí pojmy dokonale a nedokonale opačných a podobných a dokonale smíšených pohybů. Marci chápe tyto vlastnosti obecně, vztahuje je nejen na mechanické pohyby, ale opačnostmi jsou mu i vlastnosti jako teplo a chlad, sladké a kyselé apod., které se mohou mísit v různých poměrech. Začíná tedy na způsob Eukleida vymezením nejobecnějších pojmů, které pak aplikuje na mechanické pohyby.



Obr. 1

Co rozumí opačností, podobností a smíšeností u mechanických pohybů demonstruje na obr. 1. Pohybují-li se dvě tělesa na jedné přímce proti sobě (a), jde o pohyby opačné, pohybují-li se v též směru (b), jsou to pohyby podobné, pohybují-li se pod pravým úhlem (c), smíšené. Pokud se pohybují pod tupým úhlem (d), jsou nedokonale opačné, pokud pod ostrým (e), nedokonale podobné. Ale nedokonale opačné jsou i pohyby dvou stejných těles, která se pohybují proti sobě různými rychlostmi nebo dvou těles o různých hmotnostech, která se pohybují proti sobě stejnými rychlostmi!

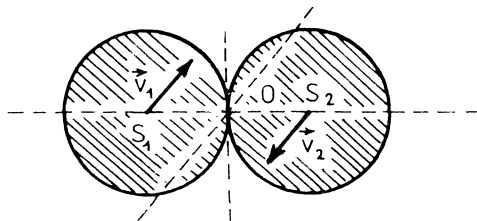
Zdálo by se, že takto obecné, triviální definice nemohou sloužit k dalším logickým dedukcím. Není tomu však tak. Především zde Marci plně využívá principu nezávislosti a skládání mechanických pohybů, a to vektorového. I když vektorové skládání sil a pohybů zavedl již Stevin v 16. století, ani v Marciho době to nebyla ještě samozřejmost a ani Galilei si zpočátku plně neuvědomoval význam této možnosti. I Newton považoval za nutné formulovat pravidla o vektorovém skládání sil v návaznosti na své tři pohybové zákony v podobě prvních dvou „corollarí“.

Ještě hlubší je Marciho úvaha o opačných pohybech. Položme si otázku spíše filozofickou než fyzikální, co je opakem rovnoměrného přímočarého pohybu. Descartes na ni odpovídá v tom smyslu, že opakem takového pohybu je klid a dostává se tím na scestí při řešení úlohy o srážkách těles. Marci má za to, že opakem takového pohybu je pohyb protichůdný, tedy rovnoměrný přímočarý pohyb opačnou rychlostí. V takovém případě se ovšem oba pohyby ruší! To vede Marciho k analýze rázu stejných koulí pohybujících se proti sobě rychlostmi o téže velikosti. Při nepružné srážce mechanický pohyb (podle Marciho impuls) skutečně zaniká, při pružné srážce postupně zaniká a opět se rodí. Marci tak popisuje srážku jako proces zániku a zrodu impulsu, který probíhá v konečném čase.

Vedle těchto dvou možností uvažuje Marci i o třetím druhu rázu, křehkém, kdy se tělesa prostě rozbijí. To ho vede k rozsáhlým úvahám o mechanických vlastnostech materiálů (je tedy v jistém smyslu také zakladatelem nauky o materiálu) s mnoha ilustracemi z technické praxe. Jako lékař zároveň aplikuje teorii rázu i na medicínu a udává možný výsledek nárazu na kost (za třicetileté války jistě častého případu), který může vyústit v pružnou restituci, trvalou deformaci nebo dislokaci.

Po definicích následuje šest výchozích tvrzení nazývaných „positiones“:

1. *Podobné a rovné zvětšuje své podobné v témž poměru* (tj. části se zvětšují v témž poměru jako celek).
2. *Opačné zmenšuje nebo ruší své opačné stejným způsobem.*



Obr. 2

Zde Marci předběžně rozvíjí kvantitativní úvahy o tom, co se stane, narazí-li na sebe dvě koule nestejnou rychlostí a pohyb tedy nebude dokonale opačný. Podle rychlosti a hmotností koulí může takový pohyb vyústit opět v pohyb (nedokonale) opačný, tj. koule se rozletí na opačné strany, nebo (nedokonale)

podobný, kdy se budou pohybovat stejným směrem. Podobně nedokonale opačný bude pohyb i při šikmém rázu, který Marci definuje přesně dnešním způsobem (relativní rychlost obou koulí neleží ve společné normále k rovině doteku) — viz obr. 2.

Další dvě výchozí tvrzení

3. *Smísí-li se síly, smísí se akce v témž poměru, v jakém byly síly smíšeny,*
4. *Síla a akce jsou si rovny a týmž způsobem vzrůstají,*

je třeba chápat spíše intuitivně v tom smyslu, že účinky jsou úměrné příčinám. Někdy bývá v tomto tvrzení spatřován jakýsi náznak Newtonova zákona síly, ale domnívám se, že neoprávněně. Pojem síly („vis“, „virtus“, „virtus agens“, „impulsus“ apod.), ani pojem akce nejsou u Marciho přesně definovány a tyto výroky nemají tedy charakter fyzikálních vět či zákonů. Některé Marciho formulace jsou skutečně dosti krkolomné a není snadné je dešifrovat. Teprve následující, zpravidla obsáhlá diskuse jednotlivých vět dává vytušit, co měl Marci na mysli. Tak následující tvrzení

5. *Stupeň dokonalosti se zvětšuje takovým způsobem, že trojúhelník si zůstává podobný*

vyjadřuje prostý fakt, že grafem přímé úměrnosti je přímka procházející počátkem. Musíme si však uvědomit, že Marci neměl ještě k dispozici způsob znázorňování v kartézských osách souřadnic.

Konečně poslední výchozí tvrzení

6. *Tíhový impuls se zvětšuje úměrně vzdálenosti těžiště od bodu opory*

formuluje Marci s výslovným odkazem na Archimeda a jeho spis *O rovnováze*. Zároveň avizuje, že tento Archimedův poznatek bude využívat i ve své knize *O duze*. Ta vyšla až o devět let později a zdá se, že Marci měl všechny své práce v podstatě promyšleny a z větší části sepsány vždy mnoho let dopředu. Marciho „tíhový impuls“ zde odpovídá momentu tíhové síly.

Následuje 41 vět (*propositiones*), z nichž si všimneme jen některých, fyzikálně nejzajímavějších.

1. *Impuls je síla neboli hybná kvalita, která může působit jen v konečném čase a prostoru.*

Typická Marciho věta, napůl filozofická napůl fyzikální, kde se směšují základní dosti vágní pojmy, příčiny a následky. Pod impulsem se zde intuitivně chápe množství pohybu, ale také příčina pohybu, síla v aristotelovském duchu.

O impulsu můžeme soudit jen podle jeho účinku, množství pohybu lze tedy měřit například vzdáleností, kterou těleso projde do svého zastavení. Impuls nutí těleso přemisťovat se z jednoho místa na druhé. Může však nastat i takový případ, kdy těleso osciluje kolem rovnovážné polohy, kdy se vlastně jeho celková poloha nemění a mění se jen polohy dílčí. To se pak může dít dvojím způsobem, „zárodečným“ a „dokonalým“, dnes bychom řekli mikroskopickým a makroskopickým. V prvním případě se těleso ani jeho části nepřemisťují v prostoru (impuls je k tomu příliš malý), chvějí se jen jeho atomy, těleso po úderu vydává zvuk. Dílčím pohybem může být ovšem i rotace tělesa,

kdy jednotlivé části mění své vzájemné polohy. Marci rozebírá rotaci pohárku s vodou, kdy při určité úhlové rychlosti začne kapalina vystřikovat.

Dále Marci rozebírá otázku konečnosti pohybu. Těleso se nemůže přemísťovat okamžitě, potřebuje k tomu vždy konečný čas, ani se nemůže pohybovat v konečném prostoru nekonečně dlouhou dobu, je-li pohyb *stále úměrný a sám sobě podobný*, tj. rovnoměrný přímočarý. Kdyby ovšem rychlost úměrně klesala, bylo by možné procházet konečný úsek nekonečnou dobu. Naproti tomu těleso nemůže projít nekonečný prostorový úsek za konečnou dobu. Těmito úvahami se Marci snaží zdůvodnit, že impuls může působit vždy jen v konečném čase a prostoru, tedy že zásoba pohybu v tělese je omezená.

2. *Impuls je nezbytný činitel a vyvolává sobě rovný pohyb.*

Zpočátku impuls vyvolává rychlý pohyb a postupně odumírá, což se projevuje v zahřívání. Impuls je možno tělesu dodat nebo zbrzděním odebrat. Je-li těleso ponecháno samo sobě, impuls se postupně zmenšuje a přechází v teplo.

3. *Impuls může vyvolat pouze přímočarý pohyb.*

Jak tedy vznikají křivočaré pohyby? S touto spletitou otázkou se Marci snaží vypořádat v dosti rozsáhlé diskusi. Předně zdůrazňuje, že i při rotačním pohybu působí impuls vždy po tečně, jak o tom svědčí směr pohybu jisker odlétajících z roztočeného kotouče brusu. Čím větší vzdálenost od osy rotace, tím větší je tečný impuls a tím větší silou musí být těleso v rotačním pohybu udržováno. Marci to ilustruje na příkladu mlýnských kamenů různých velikostí a dokonce i na rotaci střel vyletujících z rýhovaných hlavních; tak daleko už byla vojenská technika jeho doby.

Zkoumá ovšem i šikmý vrh kamene nebo letícího šípů. Otázkou se zabýval jako první N. Tartaglia v 16. století a dokázal, že oproti Aristotelovu mínění je dráha vržené střely po celou dobu letu zakřivena. Také Marci se to domnívá a uvádí, že pohyb šípů musí být složen ze dvou pohybů — přímočarého pohybu vyvolaného počátečním impulsem a pohybu po kružnici *se středem v oku lučištníka!!* Touto fantastickou geometrickou konstrukcí dostává jeho trajektorie šípů podobu oblouku cykloidy! Přitom ovšem počáteční impuls díky tření ubývá, takže vzniká křivka celkem dosti podobná balistické. Teprve Galilei složil parabolickou trajektorii vrženého tělesa (ovšem ve vakuu) ze dvou přímočarých pohybů, ale Marci tento jeho výsledek zřejmě ještě neznal.

4. – 11. větu uvedeme jen ve stručnosti.

4. *V každém bodě kružnice působí impuls ve směru tečny.*

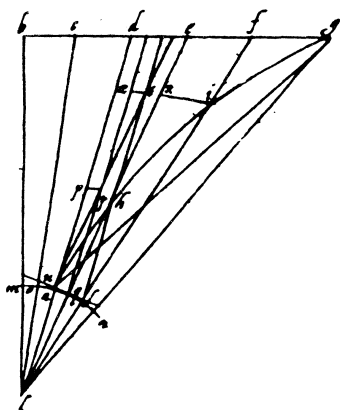
Marci dovozuje, že těleso uvolněné při kruhovém pohybu odletí po tečně mimo ni a nemůže se dostat dovnitř kružnice.

5. *Při stejném impulsu tělesa uběhnou za stejnou dobu stejnou dráhu.*

6. *Při větším impulsu tělesa uběhnou za stejnou dobu delší dráhu, při menším impulsu kratší dráhu.*

7. *Rychlost pohybu je v témž poměru jako interval, tedy nepřímo úměrná času.*

moueri cepit, fit relapsus, verum ad pro cursum jaculan-
tis in anteriora profertur. Itaq; auem in volatu deiice-
re volentes, illius volatum tantisper oculis & arcu in-
tentis sequuntur, & tum in ipso motu sagittam ejacu-
lantur: qui motus non videtur fieri per lineam rectam.
Ut si quis ex *b* in *f* sseratur, sagitta per lineam *b o* cillius
volatum secuta, in lineam demum *a d* à neruo excussa ean-
dem figet in *g*. at verò ex *a* in *g* non nisi arcuatim & per
lineam inflexam, cuiusmodi *a h i g* euadit: propterea
quòd motus sagittæ videtur compositus ex illo motu,



quo ad motum arcus, & quo à neruo impulsa mouetur:
at verò motus, quo cum arcu mouetur, est circularis ha-
bens centrum in oculo sagittantis: motus ergo ab hoc
in

Poslední tři věty se zřejmě týkají rovnoměrného pohybu a Marci prakticky ztotožňuje impuls s rychlostí. Zavádí dokonce pojmy „rychlý impuls“ a „pomalý impuls“. Přitom na jiném místě (v diskusi k 37. větě) jasně uvádí, že impuls musí být úměrný hmotnosti tělesa, že železné koule musíme udělit větší impuls než dřevěné, aby se pohybovaly touž rychlostí. Takových nedůsledností se ovšem Marci dopouští často. Na druhé straně zdůrazňuje, že impuls obsažený v tělese lze posuzovat jen podle jeho projevů, tedy času, který těleso potřebuje k uražení určité dráhy.

8. *Na počátku volného pádu je rychlost rovna tíze, při šikmém pohybu je menší.*

Je to míněno tak, že při volném pádu, který se děje bez počátečního impulsu, musí mít těleso jakousi zásobu pohybu danou jeho tíhou (v dnešní terminologii potenciální energii) a při pohybu po nakloněné rovině je tělesu bráněno, aby ji plně využilo.

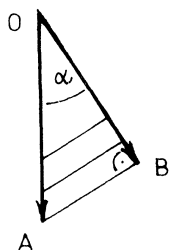
9. *Rychlost kontinuálně roste při přirozeném pohybu a klesá při násilném pohybu.*

To jsou ovšem aristotelovské pojmy, přirozený pohyb směřuje do středu světa. Tělesa padající z větší výšky dopadají s větší prudkostí, stejně tak kyvadlo více vychýlené bude procházet nejnižším bodem větší rychlostí. Naproti tomu těleso vržené vzhůru má zpočátku velkou rychlost a postupně ji ztrácí. To může být buď povahou pohybu nebo působením tíhy opačným směrem. Pak vzniká smíšený, symetrický pohyb a těleso dopadne stejnou rychlostí, jakou bylo vrženo.

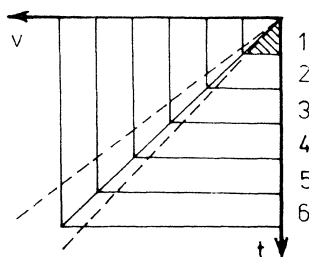
Marci se tu zamýšlí nad „přirozeným pohybem“. Kde se bere impuls tělesa padajícího ze stavu klidu? Připouští dvě možnosti. Buď má těleso svůj „interní“ impuls odpovídající jeho tíze, nebo tento impuls pochází zvenčí je „externí“, a vyvolává ho „magnetická“ síla Země. Marci je tu ovšem na stopě představě o všeobecné gravitaci, ovšem Newtonovo jablko mu bohužel na hlavu nespadlo.

10. *Rychlost při volném pádu a při pohybu po nakloněné rovině roste v témž poměru.*

Na nakloněné rovině se tíže nemůže plně projevit. Poměr rychlostí při pohybu na nakloněné rovině a při volném pádu ve stejných okamžicích je stálý a roven kosinu úhlu náklonu, který Marci vždy měří od svislého směru (viz obr. 3).



Obr. 3



Obr. 4

podle Archimeda určuje moment tíhové síly vzhledem k bodu dotyku koule s nakloněnou úsečkou. Zjišťuje, že tento moment síly je úměrný délce nakloněné úsečky. Protože moment síly, který ovšem nazývá také impulsem, musí být podle předchozích vět úměrný času, za který těleso projde danou dráhu, považuje Marci větu za dokázanou. Získaný výsledek je náhodou správný.

Přitom však Marciho odvození selhává u pohybu po svislé úsečce — aby doba pohybu koule po ní byla stejná jako po nakloněné, musela by se koule i po svislé úsečce valit, což nelze fyzikálně realizovat. Galilei dokazoval toto tvrzení poukazem na izochronnost kyvadla, tedy vycházel z nesprávného předpokladu a nesprávným způsobem uvažování dostal rovněž správný výsledek. U géníů se to stává.

14. *Pohyb po méně nakloněné přímce je rychlejší než pohyb po více nakloněné přímce v poměru sinů doplňkového úhlu k úhlu náklonu.*

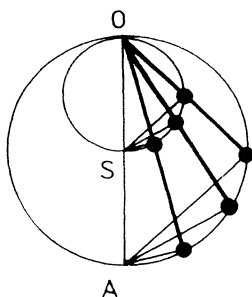
Připomeňme, že Marci měřil náklon přímky od svislice.

15. *Pohyby ze stejného bodu po těživách jsou rovny pohybu po průměru těžce kružnice.* Rozumí se kružnice ve svislé rovině a pohyby vycházející z jejího nejvyššího bodu. Odmyslíme-li si valení koulí a představíme-li si prostě postupné pohyby těles bez tření pod vlivem příslušné složky tíhové síly, zjistíme, že všechna tělesa dosáhnou obvodu kružnice za stejnou dobu $t = \sqrt{2d/g}$, kde d je průměr kružnice. Jde o oblíbený příklad z mechaniky v prvním ročníku vysoké školy.

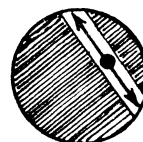
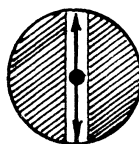
16. *Pohyb tíhový po více nakloněné přímce ve větší vzdálenosti od centra končí ve stejném okamžiku.*

17. *Pohyb tíhový z téhož bodu po přímkách nakloněných k horizontále končí na kružnici, jejíž průměr tvoří vzdálenost mezi tímto bodem a centrem světa.*

Tady Marci nenápadně přechází od homogenního tíhového pole k poli centrálnímu. Představíme-li si centrální přitažlivé silové pole se silou směřující do „centra světa“ S na obr. 6 a pohyb z bodu O po přímkách jdoucích mimo bod S , dosáhnou tělesa rovnovážné polohy na kružnici o průměru OS ve stejném okamžiku a budou kolem této polohy kmitat. Jejich druhá krajní poloha bude ležet na kružnici se středem S a poloměru OS . To je smysl 16. a 17. věty.



Obr. 6



Obr. 7

vadla je tato úsečka úměrná $\sin \gamma$. Marci tedy formuluje 22. větu (je omylem označena jako 12. věta):

22. *Pohyb po oblouku téže kružnice má též poměr jako sinus úhlu γ , který je dvojnásobkem úhlu β doplňkového k úhlu náklonu tětiny α .*

Není to sice pravda, ale není to tak říkajíc od pravdy příliš daleko. Použijeme-li jako Galilei zákon zachování energie, zjistíme, že rychlost kyvadla ve spodním bodě je úměrná $\sin \frac{\gamma}{2}$.

Dále Marci konstatuje, že pohyb kyvadla po oblouku kružnice je nerovnoměrný a hledá poměry mezi délkami prošlých oblouků a odpovídajících tětin. Pak formuluje větu

24. *Kyvadlo se z libovolného bodu své kružnice vrací do rovnovážné polohy za stejnou dobu.*

Myslel si to i Galilei a teprve Huygens dokázal, že doba kyvu závisí na počáteční výchylce, i když pro malé počáteční úhly slabě. S důkazem tohoto tvrzení měli jak Marci tak Galilei potíže, což není divu vzhledem k tomu, že věta neplatí. Marci se snaží izochronismus na mnoha stránkách složitě geometricky zdůvodnit, počítá průměrné rychlosti na dílčích obloucích, uvažuje dvě kyvadla téže délky spuštěná z různých výšek a snaží se dokázat, že obě musí dospět do dolního bodu současně.

Konečně přechází k otázce, jak závisí doba kyvu kyvadla na jeho délce (26. – 29. věta). V podstatě se odvolává na zákon volného pádu (svou 12. větu) a naprosto nesrozumitelně praví

28. *Kruhové pohyby jsou v poměru svých dob, které odpovídají poměrům jejich zdvojených průměrů.*

V diskusi této věty převádí pohyb kyvadla na svislé pohyby po dráze rovné dvojnásobku délky kyvadla a říká, že doba kyvu je úměrná druhé odmocnině délky kyvadla.

30. – 35. věta je věnována různým případům skládání přímočarých pohybů podle pravidla rovnoběžníku a konečně počínaje 36. větou se Marci zabývá problematikou rázu koulí.

36. *Pohybuje-li se těleso vlivem impulsu nebo vlivem tíhy a narazí na stěnu, odrazí se od ní po přímce.*

Marci se nejprve zabývá přímým pružným rázem a obecně formuluje: při nárazu záleží na tom, jaký odpor je pohybu kladen. Nepřeváží-li tento odpor nad impulsem, bude pohyb pokračovat původním směrem, byť menší rychlostí. Je-li odpor větší než impuls, odrazí se těleso nazpět původní rychlostí. Po těchto poněkud vágních tvrzeních uvažuje jednak horizontální pohyb (například míče) s kolmým nárazem na stěnu, jednak svislý pohyb s odrazem od země. Těleso se přitom odráží stejnou rychlostí, s jakou narazilo.

37. *Je-li těžiště a bod dotyku na téže linii pohybu, odráží se pohyb do sebe sama.*

Marci tak prostě charakterizuje přímý ráz, ale v následující osmistránkové diskusi k této větě vykládá v kostce své názory na problematiku rázu vůbec. Vidí jej přitom jako fyzikální proces a zabývá se otázkou, co se vlastně při

rázu děje s impulsem. Impuls se předává od jednoho tělesa k druhému, úplně nebo částečně, stejné proti sobě se pohybující koule si při rázu své impulsy vyměňují. Impuls při rázu částečně nebo úplně zaniká a pak se znovu rodí. Je to podmíněno vlastnostmi materiálu srážejících se těles.

Marci rozděluje tělesa na měkká, deformovatelná (uvádí jíl, vosk, vlnu, olovo) nebo tvrdá, a to dvojího druhu — absolutně tvrdá, jestliže se nedeformují vůbec (kovy), nebo křehká (sklo, pálená hlína, tuf), jestliže se při rázu rozbijí. Absolutně tvrdá tělesa dělí dále na znělá, která při nárazu zvučí, jejichž části zůstávají pohromadě, ale atomy v nich vibrují, a dále neznělá, hluchá, která nezvučí a jejichž atomy se intenzivního pohybu nezúčastní. Pružná koule se od stěny odrazí, nepružná ztratí impuls a spadne na zem, těžká železná koule stěnu prorazí. Pružnou sílu demonstruje Marci dokonce i na příkladu magnetky, která se po vychýlení vrací do rovnovážné polohy.

Na závěr této diskuse formuluje Marci několik tvrzení, z nichž je patrné, že si byl dobře vědom toho, že při rázech nejde o geometrickou velikost koulí, ale o jejich hmotnost:

1. *Aby těleso bylo uvedeno do pohybu, musí být dodaný impuls úměrný tělesu — železné kouli je třeba dodat větší impuls než dřevěné.*
2. *Nezáleží na velikosti, ale na tíze tělesa, při stejném impulsu budou mít stejně velká dřevěná a železná koule různé rychlosti.*
3. *Srážka těles neprobíhá okamžitě, ale v konečném čase. Nestací pouhý kontakt, nějakou dobu trvá, než se impuls předá a potom opět získá. Impuls postupně klesá, pak opět roste a obnoví se buď úplně nebo jen částečně.*
4. *Zanikne-li impuls úplně, jde o dokonalý ráz, zanikne-li částečně, je ráz nedokonalý.*

Tyto úvahy svědčí o hluboké fyzikální intuici Marciho a o tom, že se nakonec při chápání impulsu a průběhu rázu, byť kvalitativně, přiblížil dnešnímu pojetí. Vlastnosti pružného rázu dvou koulí Marci formuluje v podobě osmi jakýchsi tézí („porismat“). Používá-li v nich termíny „větší“ a „menší“ koule, rozumí tím podle smyslu koule těžší nebo lehčí. Uvedeme formulace těchto tézí.

1. *Narazí-li koule na stejnou nehybnou kouli, odrazí ji a zastaví se.*
2. *Narazí-li větší koule na menší nehybnou, odrazí ji a pokračuje v pohybu.*
3. *Narazí-li menší koule na větší nehybnou, přičemž její impuls převáží nad poměrem hmotností, odrazí ji a sama se odrazí nebo zůstane v klidu.*
4. *Narazí-li menší koule na větší nehybnou, přičemž poměr hmotností převáží nad jejím impulsem, zůstane větší koule v klidu a menší se odrazí.*
5. *Narazí-li na sebe v pohybu dvě stejně těžké koule, obě se odrazí.*
6. *Narazí-li větší koule v pohybu na menší, přičemž impuls menší koule převáží nad poměrem hmotností, obě se odrazí.*
7. *Narazí-li větší koule v pohybu na menší, přičemž poměr hmotností převáží nad impulsem menší koule, odrazí ji a pohybuje se dále.*
8. *Narazí-li větší koule v pohybu na menší, přičemž impuls menší koule vyrovnává poměr hmotností, menší se odrazí a větší zůstane stát.*

Tyto Marciho téze o rázu jsou až na drobné nepřesnosti správné. Je otázka, nakolik k nim dospěl pouze úvahou a nakolik je ověřoval experimentálně. Případy, kdy obě koule jsou stejné (1. a 5. téze), uvádí Marci přesně a dodává, že koule si při rázu vymění rychlosti.

Marciho výsledek bývá srovnáván s obdobnými větami, k nimž dospěl René Descartes ve svém díle *Principia philosophiae* o pět let později, v roce 1644. Descartes se například domnívá, že narazí-li pohybující se těleso na stejné nehybné, budou se obě tělesa po srážce pohybovat, i když se o správném výsledku lze přesvědčit jednoduchým experimentem. Descartes ovšem nerozlišuje mezi srážkami pružnými a nepružnými, čímž úlohu beznadějně komplikuje. Pokud jde o pružné srážky koulí s přibližně stejnými koulemi nehybnými, nemohl Descartes jistě tušit, že jich budeme jednou využívat ke zpomalování neutronů v jaderných reaktorech a k ochraně před neutronovým zářením.

Marci je tímto výsledkem natolik fascinován, že formuluje dvě úlohy — jak zastavit dělovou kouli a jak přimět stojící kouli, aby se po nárazu dala do pohybu a pak se zastavila v předem určeném místě. V obou případech stačí postavit do cesty dělové kouli stejně velkou nehybnou kouli, která na sebe vezme všechny pohyb. Stejně tak je možno nastavit celou řadu vzájemně se dotýkajících stejných koulí. Pohyb je postupně předáván řadou koulí a teprve poslední z nich bude pokračovat v pohybu.

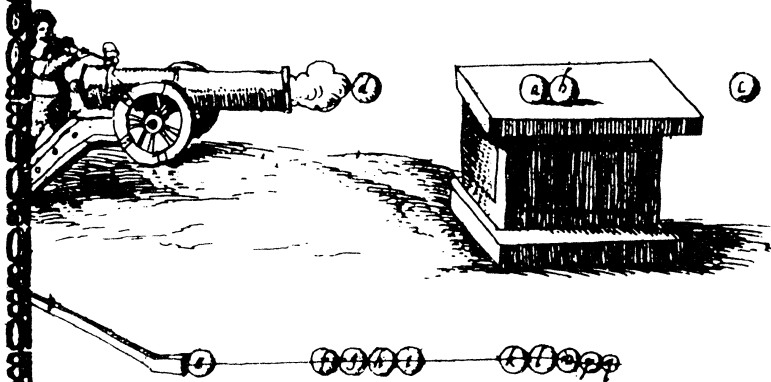
Marci to ilustruje poněkud legračním obrázkem obrázkem děla, které střílí na koule rozmístěné na plošině. Je to samozřejmě pokus myšlený, který bychom těžko realizovali ve skutečnosti. Bylo by možno použít kulečnickových koulí, ale tam je opět výsledek komplikován rotací koulí a drsností jejich povrchů. Nejlépe je tedy použít rázostroje, řady koulí zavěšených na nitích. Marci toto zařízení zřejmě používal, neboť v dalším diskutuje dokonce pružné rázy koulí zavěšených na nestejně dlouhých závěsech, kdy dochází k rázu šikmému.

Nepřesné jsou Marciho 3. a 4. téze — v obou případech nemůže žádná z koulí zůstat po srážce v klidu. Také Descartes se mylně domníval, že narazí-li lehčí koule na těžší nehybnou, nemůže ji uvést do pohybu. Pokud jde o Marciho 6., 7. a 8. tézi, jsou kvalitativně správné a je pouze třeba upřesnit vzájemné vztahy mezi hybnostmi koulí. Při $m_1 > m_2$ bude 6. téze platit za podmínky

$$m_2|v_2| > \frac{1}{2} (m_1 - m_2)|v_1| .$$

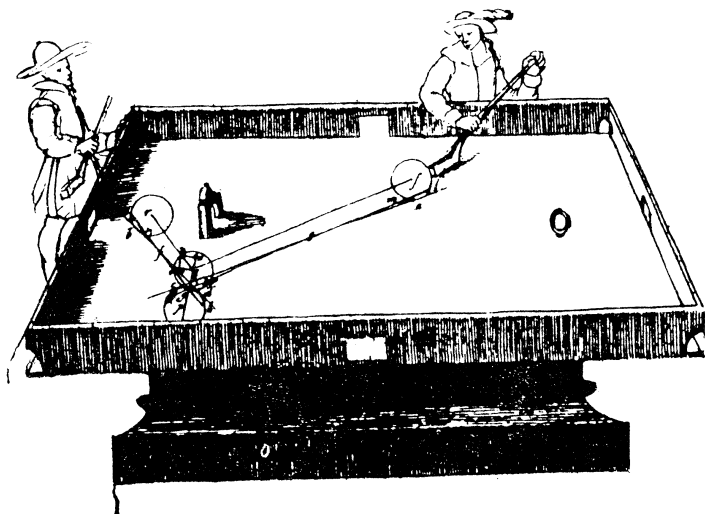
7. téze odpovídá obrácené nerovnosti, 8. téze rovnosti. Bude-li $|v_1| = |v_2|$, dostaneme pro případ 8. téze $m_1 = 3m_2$. Je zajímavé, že Christian Huygens, který dostal tento výsledek ze zákonů zachování hybnosti a energie (ovšem až v 60. letech), vytýká Marcimu v dopise společnému známému A. Kinnerovi, že tento případ neodvodil a zůstal jen u kvalitativních dohadů. Věty 38. — 40. se týkají šikmého rázu a Marci geometricky dokazuje rovnost úhlu dopadu a odrazu při nárazu na stěnu. Následuje „úloha o kulečnicku“ doprovázená obrázkem z Marciho knihy nejčastěji reprodukováným. Kulečník, francouzský karambol, byl v tehdejší době stále ještě módní novinkou vyhrazenou dvorským a šlechtickým kruhům, jak svědčí i úbor zobrazených hráčů.

liberè, & absq; ullo nexu : que percuti volumus ab alio globo, æquali tamen aut minori, quacūq; violentia, atq; adeò à machinà bellicà effulminato, neq; tamen suo loco moueri : quod quidem nullis machinis, aut retinaculis, sed duntaxat unius globi appositione consequemur,

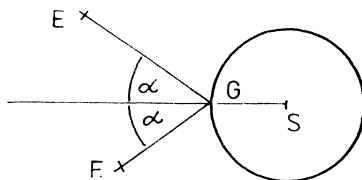


mur, qui iram illius fulminis à globo percusso hauriat & absumat. Appone ergo à tergo alium globum illi æqualem *b*, & sit linea motus pilæ ad utrumq; globum perpendicularis, dico globum *a* nulla ratione loco moueri à globo *d*. Quia enim globus *a* eodem momento, quo percutitur à globo *d*, percutit globum *b* sibi æqualem, inducet illà percussione plagam perfectam, ac proinde per

centri describat lineam sq , describet punctum m motu simili lineam as illi parallelam, tangetq; globus s globū p in puncto g : dico punctum m ex g per lineam gi , centrum verò q per lineam qr illi parallelam reflecti. Erit enim gy linea hypomochlus, ad quam ex q cadat linea



perpendicularis qe , atq; huic æqualis sumatur in lineā motus centri qz , a cuius termino z ducta linea perpendicularis secabit circulum in puncto x , per quod transit linea motus reflexi per Prop 39. tribus ergo globis extra lineam rectam assumptis punctum determinauimus in
O
globo



Obr. 10

Jak však najít bod odrazu G ? To je ovšem historicky slavná Alhazenova úloha (obr. 10), kterou se fyzikové zabývali skoro po dva tisíce let. Jde o stanovení tzv. blyštícího se bodu na zakřiveném zrcadle, v němž se má odrazit světelný paprsek vycházející z daného bodu, aby po odrazu dospěl do oka pozorovatele. Alhazenovo řešení pocházející z 11. století je velmi komplikované a bylo publikováno v latinském překladu v Basileji až v roce 1572 (39. věta knihy V.). O konstrukci Alhazenova bodu se pokoušel Leonardo da Vinci s vyčerpávajícím úsilím a nakonec zkonstruoval k tomuto účelu speciální kloubový mechanismus, který se zachoval ve sbírkách neapolské univerzity. Úlohu nakonec vyřešil až Huygens v roce 1676. Marek Marci odbývá řešení jednoduchou větou: bod najdeme způsobem, který používají optikové. Zda Marek nějaký způsob řešení této úlohy znal ovšem nevíme.

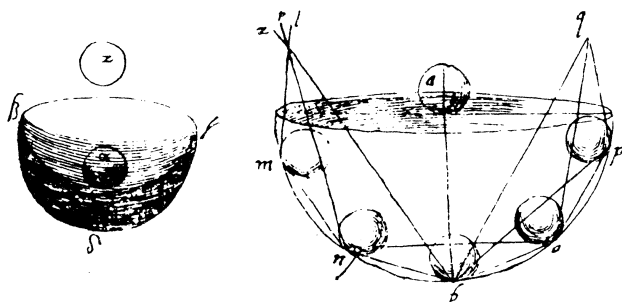
Další úlohou, kterou se Marci zabývá, jsou „žabky“, mnohonásobný odraz kaménků na hladině vody. Kdy a na které vodní hladině kaménky házel, není známo, ale ve svých pracích se často odvolává i na různé dětské hry a zábavy. Marek se zamýšlí nad dvěma problémy:

1. Proč kamének vržený šikmo na hladinu vody sebevětší prudkostí měkkou vodu neprorazí a nepotopí se,
2. jak a v jakém poměru vzniká vodorovná složka impulsu při následných odrazech, když tíže působí svisle.

Jeho výklad je dosti komplikovaný a je založen jen na zákonu odrazu. Podle Marciho si kámen na hladině vody vytváří jakýsi kulový důlek a na jeho stěnách se několikanásobně odráží.

Následující odstavec *O odrazu při kruhovém pohybu* se zabývá pokusy s rázostrojem. Dvě stejné pružné, zřejmě dřevěné koule, které se vzájemně dotýkají, jsou zavěšeny v témž bodě na závěsech stejné nebo různé délky. Vychýlíme-li jednu z koulí a necháme narazit na druhou, můžeme studovat vlastnosti jak přímého, tak šikmého rázu. Narazí-li koule na delším závěsu na nehybnou volně visící kouli na kratším závěsu, předá jí pohyb, sama zvětší napětí závěsu a zůstane v klidu. Narazí-li naopak koule na kratším závěsu na nehybnou volně visící kouli na delším závěsu, předá jí pohyb a sama se odrazí.

dunt in se ipsas, & veuti complanantur, atq; ita plagam inducunt latiore; mox verò à plagâ impulsu geminato rearsurgunt: idem enim fit siuè planum, siuè mobile eidem plano allisum eà ratione moueatur. Similes ictus repetiti sunt in cauo sphærico, cuiusmodi peluis: ab



uno enim puncto reflexus globus in alia porro offendit & allidit: ut si globus ex l demittatur in peluim $msbp$, à puncto m ad angulos reflectit æquales in n , ex n verò in b , ex b in o , tum in p , à quo extra peluim reflectit in q . Idē ex r delapsus in s maiori angulo reflectens, ob cordas maiores, pauciores inducit plagas. Ex z demum in b reflexus quia nullibi offendit, quemadmodum neq; in linea perpendiculari ab , nullam præterea inducit plagam. Tertium Problema.

O 3

DE

V další stati pod názvem *O pádu nestejně těžkých těles* se Marci zabývá zásadní otázkou, jejíž řešení mělo rozhodující význam pro odmítnutí aristotelovské fyziky. I když řada starších učenců (počínaje Philoponem z Alexandrie v 5. století) zastávala názor, že všechna tělesa padají ve vakuu stejnou rychlostí, teprve Galilei svými experimenty tuto skutečnost prokázal. Jak víme, je to fyzikální poznatek založený výhradně na experimentu, o nějž se opírá moderní teorie gravitace, obecná teorie relativity.

V Marciho době nebyl stále ještě všeobecně přijímán a není divu, že Marci jej obhazuje polemickým tónem. Zdravý lidský rozum opírající se o denní zkušenost nám říká, že kámen dopadne na zem dříve než períčko puštěné ze stejné výšky. Marci přímo říká, že ti, kdo aplaudují mínění davu, soudí spíše podle svých smyslů než podle rozumu. Uvádí příklad padajícího tělesa, které má v horní části prohlubeň a v ní volně ležící jiné, lehčí těleso. Ptá se, jak bude tato soustava padat, zda se lehčí těleso oddělí a bude při pádu zaostávat za tělesem těžším či zda budou obě tělesa padat společně stejnou rychlostí. Všechna tělesa, říká Marci, padají pod vlivem tíhy tímž způsobem nebo v téměř stupni, touž rychlostí, bez ohledu na svou tvrdost, tvar a tíhu. Pokud různě těžká tělesa padají různým způsobem, způsobuje to odpor prostředí, v němž se těleso pohybuje. Lze to ostatně ověřit, pozorujeme-li pád těles ve vzduchu a ve vodě.

V závěru své knížky si Marci klade dvě praktické úlohy. Jedna z nich (označena jako 41. věta) zní:

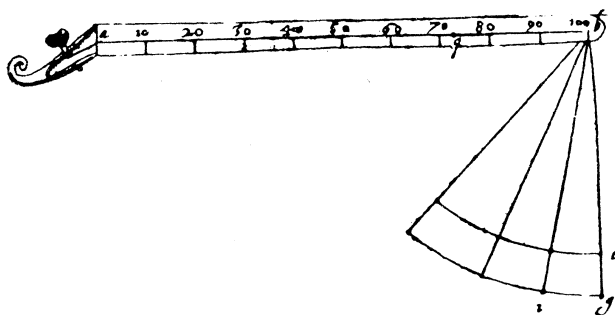
Zkonstruovat zařízení k bezchybnému měření rychlosti a pomalosti tepu.

Na obrázku vidíme roztomilé Marciho lékařské kyvadélko proměnné délky. Jeho závěs je veden otvorem na jednom konci vodorovného ramene a na druhém konci je navinut na krátké osičce. Délku závěsu a tím periodu kyvadla můžeme tedy měnit podobně jako napínáme strunu na hudebním nástroji. Podél ramene je vyznačena stupnice a synchronizujeme-li kyvy kyvadélka s tepem nemocného, ukáže nám poloha uzlíku na závěsu příslušnou frekvenci tepu.

Konečně poslední úloha žádá zkonstruovat kyvadlové hodiny, které by měřily čas s přesností jedné třetiny sekundy. Délku sekundového kyvadla je k tomu třeba zkrátit devětkrát. Marci uvádí, že takovou přesnost měření vyžadují astronomové a že Tycho Brahe mohl měřit čas s přesností nejvýše jedné sekundy. Zmínka o Brahovi není bez zajímavosti, neboť z jiných pramenů víme, že Marci měl k dispozici některé přístroje, s nimiž pracoval Tycho Brahe, a že je používal. Sama myšlenka použít k měření času kyvadla byla v té době nová, uvažoval o ní Galilei a první kyvadlové hodiny sestrojil až o několik desetiletí později Huygens.

Jak víme, k problematice mechaniky se Marci vrátil opět za devět let ve svém spisku [V] *O úměrnosti pohybu přímočarých obrazců*. Na jeho titulním listě vidíme dvě postavy na skalních útesech, z nichž jedna drží v ruce kouli a kružítko, druhá velkou dvouruční pilu a hoblík. Spis je věnován mladému Ferdinandu IV. a v tomto věnování Marci zdůrazňuje význam pohybu v přírodě i pro lidské zdraví. Podotýká přitom, že pohyb myslí je vždy rychlejší než jakýkoliv pohyb tělesný.

Regula hæc nullo apparatu, sed hac arte simplici confit siue ex ligno, siue ex qualibet aliâ materiâ. Huius longitudo *ab* unius cubiti, aut ad placitum: quó enim maior, eò plures differentias tarditatis indicabit: nam ad velocitatem summam indicandam quælibet magnitudo sufficit. Latitudo verò, quæ cordam seu filum capiat cum numerorum notis eidem adscriptis. Filum porro eo modo, quo fidibus aptatur; parte superiore trochleâ versatili conuolutum, parte verò inferiore foramine transmissum, globulum habens dependentem, qui eidem rectitudinem præstat & pondus. Tota longitudo regulæ, quæ continetur inter foramen & trochleam, æqualiter secetur in partes quotlibet Vg. 60, aut 100.



quas trochleâ laxatâ nodulus *q*, globulo interea descenden-

V souvislosti s tím se zde objevuje jízlivá zmínka na účet Koperníka, Galileiho a celého zástupu heliocentristů, kteří svým názorem spíše projevují pomalost (zpozdilost) své mysli (!).

Druhá kniha o mechanice, v níž se Marci již na rozdíl od své první knížky zhusta odvolává na Galileiho *Dialog*, nedosahuje svým významem první a proto jen stručně uvedeme, čím se zabývá. V první části vyvrací Marci námitky některých oponentů proti svým tvrzením v práci [III]. B. Conrad namítal proti 13. větě, J. Ciermans proti téži o tom, že narazí-li pohybující se koule do stejné nehybné, sama se zastaví. Marci poznamenává, že to vědí i kluci hrající kuličky. Pak opravuje svou 20. větu z práce [III] a uvádí, že útlum kyvů kyvadla je způsoben odporem prostředí. Argumentuje s odvoláním na Galileiho také tím, že ve vodě útlum kyvů vzroste a praví, že ve vakuu by kyvy kyvadla byly netlumené.

Znovu se takřka zoufale snaží dokázat nedokazatelné — nezávislost periody kyvadla na počáteční výchylce. Porovnává pohyb kyvadla po oblouku kružnice a po jedné, dvou či více návazných těživách, podobně jako Galilei. Nakonec jakoby u něho došlo k jakémusi zkratu a v páté větě práce náhle prohlašuje, že doba pohybu po oblouku a po těživě je stejná! Je to ovšem v rozporu i s jeho předcházejícími tvrzeními.

Ve druhé části se věnuje pohybu těles jiného tvaru než kulového a převádí jej na pohyb řezů takových těles v podobě rovnostranných mnohoúhelníků. Zkoumá tedy například stabilitu a valení tří-, čtyř- a pětibokého hranolu na drsné nakloněné rovině, síly působící v těžišti a v okrajových bodech tělesa. Rozlišuje přitom tíhu hybnou a tíhu klidovou, která je vyrovnávána reakcí opory. V nehomogenním silovém poli mohou na různé části tělesa působit různé síly, pro postupný pohyb je však rozhodující síla působící v těžišti. Marci tak jasně rozlišuje mezi postupným a rotačním pohybem a pojímá těžiště nikoli jen staticky, ale zároveň jako dynamicky významný bod tělesa. Dospívá k závěru, že hranol se bude valit po rovině tím rychleji, čím více má hran, nejrychleji se tedy bude valit válec. Těmito zárodečnými úvahami Marci předjímá některé vlastnosti pohybu tuhého tělesa a přibližuje se pojmu momentu setrvačnosti, který později zavedl a přesně definoval Huygens. Uvažuje dokonce, zda by nebylo možno srovnáním pohybu válce a hranolu o čtvercové podstavě nějak experimentálně provést kvadraturu kruhu!

Ve třetí části zkoumá Marci ráz těles obecného tvaru, při čemž správně rozlišuje ráz středový (těžiště leží na normále v bodě dotyku) a výstředný. U koulí to nebylo třeba, tam je ráz středový vždy. Zároveň se znovu vrací k trajektorii tělesa šikmo vrženého v tíhovém poli a dovozuje, že nemůže být obloukem kružnice, ani žádně z kuželoseček. Bere ovšem v úvahu i odpor prostředí, který v průběhu pohybu stále *zmenšuje impuls, nikoli však tíhu* a pojednává tak vlastně o křivce balistické.

Konečně ve čtvrté části uvádí Marci některé aplikace mechaniky rázu v medicíně a ve vojenství. Vysvětluje zkušenost vojenských chirurgů, že někdy může dojít k prasknutí lebeční kosti na straně opačné k místu nárazu („*contrafissura*“) a uvádí zajímavé úvahy o šíření lomu v tělesech.

Titulní list knihy *O duze*

Navrhuje také budovat věže opevnění s kosočtverečným půdorysem, tak aby se dělové koule od stěn odrážely. Těchto poznatků se někde skutečně používalo, podobnou věž najdeme například na hradě Pernštejně.

V závěru se pak zabývá poněkud kuriozním tématem, pohybem „orbikulí“, tedy malých kotoučků na způsob hracích kamenů dámy, a jejich různých nárazů. Věnuje tomu čtyři definice a dvacet vět, pravděpodobně motivován nějakou dobovou stolní hrou. Přidává pak ještě pojednání o vlastnostech povrchů těles, jejich broušení a leštění, o politurách, odrazu světla na vyleštěných plochách, opracování kovů a drahokamů.

Kniha o duze

Všimneme si, alespoň ve stručnosti, hlavních fyzikálních výsledků obsažených v Marciho optickém spise [VI], *Thaumantias*. Jeho název byl zvolen v duchu oblíbené antické mytologie. Thaumantias, plným jménem Iris Thaumantias, *καλη και ποικιλη*, „kalé kai poikilé“, řecky „krásná a pestrobarevná“, byla řecká bohyně duhy, dcera boha divů Thaumanta a Okeanovny Elektry. Podle Ottova slovníku naučného

jako rychlonohá poselkyně bohů, zejména Zeva a Héry, jež s větry o závod zlatými nebo růžově třpytnými křídly uhání, plna jsouc rosy, v níž slunce tisícerymi barvami se láme, by vykonala rozkazy jejich, proniká až do hlubin mořských.

Kniha vyšla v Praze a byla vytištěna v akademické tiskárně. Ve věnování Ferdinandu III. uvádí Marci do souvislosti duhu jako symbol míru po třiceti letech pustošivé evropské války. V úvodu pak oslavuje krásu duhy, nejkrásnějšího ze všech optických jevů. Zmiňuje některé předchozí autory, kteří se duhou zabývali, především Francesca Maurolyca, a uvádí, že dosud nikdo nevysvětlil kruhový tvar, velikost a příčiny barev duhy ani přesně nezměřil duhový úhel. O podstatě duhy panují různá mínění: souvisí prý s tvarem mraků, zhušťováním a zředováním mraků, sekundární duha je prý odrazem primární atd. Marci cituje Maurolyca:

To tvrzení je pravdivější, které více odpovídá zkušenosti.

Marcimu zřejmě nejsou ještě známy práce Descartovy, v nichž byla podána matematická teorie duhy a duhový úhel vypočten.

Kniha obsahuje řadu definic, 111 vět a několik vložených statí věnovaných nejrůznějším tématům. Nejprve se Marci věnuje šíření světla a vychází ze základní představy o světelném paprsku. Ten se šíří přímočaře, není-li mu bráněno, a to nejkratší možnou cestou. Na optickém rozhraní se odráží podle zákona odrazu a vstupuje-li do hustšího prostředí, láme se ke kolmici.

Zákon lomu ovšem Marci nezná, ale uvádí experimentální hodnoty úhlů při lomu paprsku ze vzduchu do vody, které sám měřil. Za úhel lomu podle tehdejšího zvyku nebere ovšem úhel, který svírá lomený paprsek s pevným směrem, kolmicí k rozhraní, ale odchylku od původního směru šíření. Svá měření srovnává s hodnotami klasického díla Vitelliova a s měřeními svého přítele Athanasia

Kirchera. Pro zajímavost uvádíme tyto výsledky a připojujeme hodnoty plynoucí ze zákona lomu pro index žlutého světla $n = 1,33$.² Z tabulky je patrné, že nejpřesnější hodnoty pro úhly lomu udává Kircher, a Marci jim také věřil víc než svým vlastním. Komická situace nastává pro úhel dopadu 80° , kdy Marci naměřil odchylku dvojnásobnou a odbývá to prostým konstatováním, že musel mít zřejmě halucinace.

úhel dopadu	Marci	Vitellius	Kircher	ze z. lomu
10°	$2^\circ 05'$	$2^\circ 05'$	$2^\circ 26'$	$2^\circ 30'$
20°	$4^\circ 18'$	$4^\circ 30'$	$4^\circ 59'$	$5^\circ 10'$
30°	$6^\circ 49'$	$7^\circ 30'$	$7^\circ 49'$	$7^\circ 50'$
40°	$9^\circ 49'$	$11^\circ 00'$	$11^\circ 00'$	$11^\circ 10'$
50°	$13^\circ 50'$	$15^\circ 00'$	$14^\circ 45'$	$14^\circ 50'$
60°	$19^\circ 44'$	$19^\circ 30'$	$19^\circ 08'$	$19^\circ 20'$
70°	$30^\circ 08'$	$24^\circ 30'$	$24^\circ 12'$	$25^\circ 00'$
80°	$60^\circ 03'$	$30^\circ 00'$	$30^\circ 00'$	$32^\circ 10'$

Marci se snaží lom světla vysvětlit. Vychází z toho, že v hustším prostředí se světelný paprsek šíří obtížněji, má kratší dosah. Dopadá-li na rozhraní šikmo, nemá takovou sílu jako paprsek kolmý a částice prostředí na něj působí více, mění jeho směr a oslabují ho. Vznik barev při lomu spatřuje ve zhušťování a zředování „barvorodého“ paprsku a polemizuje s názory, k nimž se přiklání ještě Kepler, že barva vzniká ze světla přimíšením tmy. Spektrální barvy jsou ovšem podle tehdy panujících názorů zdánlivé, zjevné, na rozdíl od barev trvalých, skutečných, jako vlastností barevných těles. Pokud jde o bílou a černou, má Marci za to, že to nejsou barvy, bílý paprsek je prostě nejméně zhuštěn (při kolmém dopadu na rozhraní prochází nezbarven a je nejsilnější), zatímco „černý paprsek“ je nejvíce zhuštěn.

Velkou pozornost věnuje ovšem pozorování a vlastnostem duhy a vyjmenovává dvanáct jejích vlastností:

Duha má tvar kruhového oblouku, někdy delšího a někdy kratšího. Pozorování ukazuje, že vrcholový úhel kužele primární duhy je o něco menší než pravý; uváděl to již Maurolycus. Marci tento výsledek diskutuje, ale nemůže jej ovšem vysvětlit. Oblouk primární duhy je rozdělen na barevné pásy vždy se stejným pořadím barev, které Marci uvádí jako červená – zelená – modrá – fialová. Připouští ovšem další přechodové barevné odstíny.³ Duha vzniká a zaniká spolu s deštěm, a to okamžitě, i když se nemusí objevit celá najednou. Abychom mohli duhu pozorovat, musí se oko nacházet na spojnici slunce a středu duhového oblouku. K primární duze existuje koncentrická duha sekundární s obráceným pořadím barev; sekundární duha se nemůže objevit samostatně, bez primární. V 93. větě Marci připouští, že by mohlo existovat i více duh než dvě. Výskyt duhy je nejčastější na podzim, v létě bývá vzácnější.

² Mezní odchylka odpovídající úhlu dopadu 90° činí $41^\circ 10'$, což odpovídá meznímu úhlu lomu $48^\circ 50'$.

³ Vitellius uváděl tři barvy duhy, Maurolycus sedm.

Marci podává správný kvalitativní výklad podstaty duhy dvojitým lomem a jedním odrazem na vodních kapkách. Uvažuje však i jiný možný mechanismus vzniku duhy při průchodu atmosférou, podobně jako vznikají například červánky. V atmosféře pak musí existovat obdoba optického hranolu, na němž se světlo láme. Marci uvažuje i lom a odraz na kapkách eliptického tvaru a vysvětluje další jevy, jako je halo a sluneční korona, barevné kruhy kolem slunce, měsíce a hvězd. Zabývá se i otázkou, jakou duhu měl na mysli Bůh, když v Bibli praví Noemovi „Arcum meum dedi in nube“, „Duhu svou postavil jsem na oblaku“ (Marci cituje hebrejsky).

Marci prováděl velké množství optických pokusů. Rozkládal sluneční světlo, ale také světlo svíčky hranolem, měřil úhly lomu a intenzitu jednotlivých barevných paprsků. Zdůrazňoval, že „hranolová duha“ má stejnou podstatu jako duha nebeská a vytvořil si dokonce zvláštní „náramkový hranol“ jako prsteneц ohraničený z vnitřní strany válcovou a z vnější strany kuželovou plochou, aby mohl pozorovat spektrum kruhové. Zdůrazňuje, že každé barvě odpovídá určitý úhel lomu a dospívá k novému poznatku formulovanému v 29. větě, že *při druhém lomu se již barvy nemění*. Ověřuje, že spektrum vzniká pouze lomem a nikoli odrazem; tento poznatek umožnil Newtonovi zkonstruovat zrcadlový dalekohled a vyloučit tak chromatickou vadu dalekohledu s čočkami. Jako lékař se ovšem zabývá i funkcí lidského oka a zobrazováním na sítnici.

Snad nejvýznamnější Marciho přínos v optice spočívá v experimentech s ohybem světla a vznikem spektra při ohybu na malých otvorech a překážkách. S barevnými jevy při pozorování malými otvory se ovšem setkali již dříve astronomové (Kepler, Galilei, Scheiner, Konrad, Haněl), když pozorovali Slunce dírkovou komorou, ale neuměli je vysvětlit. Marci se těmito jevy zabývá systematicky a v 25. větě uvádí, že spektrum může vznikat i jiným způsobem než při rozkladu hranolem:

Jestliže jehla nebo nožik zastíní mezi světelným zdrojem a hranolem libovolnou část zdroje, vidíme okraje stínu barevné. Nebo destička s otvory ve tvaru mřížky či stočená vlákna dají vznik tolika duhám, kolika otvory či skulinami světlo prochází. Tak mají také své duhy jednotlivá kulatá skla v oknech. Avšak jestliže před některé z nich postavíme sítku, objeví se opět tolik duh, kolik je otvorů. V obraze za hranolem, vložíme-li nožik mezi obraz a hranol, vznikne stín s opačnou duhou, ve které při pohybu nožiku mizí hned tyto hned ony barvy nebo se mění novým míšením barev.

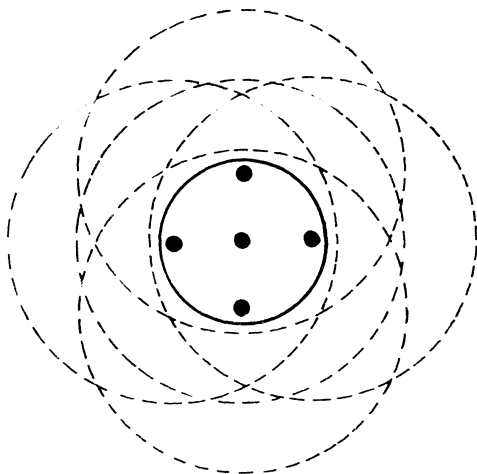
Marci si vysvětluje tyto jevy správně odklonem směru paprsku procházejícího otvorem, jeho „rozostřením“ (decussatio). Aby si ověřil, že vznik barev v blízkosti otvorů nesouvisí s barevností papíru, v němž je otvor vyřezán, používá papírů různobarevných.

Marci předstihl v jistém smyslu i Huygense a jeho slavný princip. Vycházel z toho, že světlo se šíří z jednotlivých bodů zdroje nebo rozhraní, na nějž dopadá, přímočaře na všechny strany a má konečný dosah záviselý na vlastnostech prostředí. Oponoval tak Keplerovi, který měl za to, že světlo se šíří na nekonečnou vzdálenost, byť stále více oslabováno. Podle „Marciho principu“ v homogenním prostředí paprsky vycházející z daného bodu končí

na kulové ploše a světlo přicházející z různých bodů zdroje se pak v daném místě sčítá (obr. 11). Marci ovšem nepojímal světlo jako vlnu šířící se konečnou rychlostí v daném prostředí a nemohl tak produktivně využít Huygensovu metodu konstrukce vlnoploch.

Ve stati *O bublině a pění a jejích barvách* se Marci zabývá barvami mýdlových bublin. Předem se omlouvá, že toto téma by se mohlo zdát poněkud dětinské, ale že vědec se nesmí při hledání pravdy vyhýbat žádné otázce:

Co se týče bublin a jejich barev, mohlo by se zdát, že je pro muže nedůstojné s nimi experimentovat a přísluší to spíše malým chlapcům. Já jsem naopak přesvědčen, že naprosto nic není pro filosofa neslušného, co vede k poznání pravdy. Tím je pak hanebnější ignorovat příčiny, čím je věc nepatrnější a všednější.



Obr. 11

Marci obdivuje ladnost barev a proměn mýdlových bublin a uvádí zajímavé pozorování, že těsně před prasknutím bubliny se na ní objevují tmavá místa. Podruhé si toho všiml až Newton a souvisí to s tím, že zmenší-li se tloušťka stěny bubliny, zaniknou podmínky pro interferenci. Marci se dále snaží vysvětlit bílou barvu pěny, mléka a sádry a zkoumá i zbarvení skleněných nádob vyfukovaných skláři. Bohužel si přitom neuvědomil rozhodující význam tloušťky tenkých vrstev a pokusil se vyložit barvy mýdlových bublin prostě tím, že uvnitř bubliny je jiné počasí než vně, vodní kapky v ní stékají po vnitřní stěně, na níž se promítá duha.

Vedle čistě optických témat si Marci všímá celé řady dalších jevů. Pojednává o podstatě ohně, plamene a kouře, a také studeného světla svatojanských mušek. Zajímavá je stať o vakuu, v níž diskutuje Pascalovy experimenty s vodou a vínem. Existenci vakua sice popírá, ale připouští, že zředěný vzduch má jiné

vlastnosti než nezředěný. Vyčerpáme-li ze skleněné trubice vzduch, zůstane tam pátý živel, „spiritus“, éter. Jinak by se musela trubice roztrhnout.

Velkou pozornost věnuje Marci ve své knize chemickým otázkám. Je známo, že se chemií zabýval. Známy pražský chemik Jiří Bareš mu odkázal svou knihovnu, Marek sám vlastnil lékárnu, připravoval léky a prováděl chemické pokusy. Byl zřejmě blízko i alchymii, jak svědčí různé hermetické a alchymistické symboly, které nacházíme na jeho autorizovaném portrétu v jeho knihách. Tak se Marci pokouší vysvětlit podstatu a účinky střelného prachu, třaskavého zlata (AuN_2H_3), píše o rozpustnosti látek, barvách roztoků, krystalizaci, barvířských technologiích, popisuje různé chemické nástroje. Ve statí *O atmosféře* uvažuje o vlastnostech vzduchu, který podle něho je bližší vodě než éteru, má hustotu a tíži, jeho hustota se mění zahříváním. Různou hustotou vzduchu a vody v atmosféře lze také vysvětlit vznik červánků, zbarvení mraků a další meteorologické jevy.

Vidíme tedy, jak široký byl záběr Markových zájmů, jeho pozorovací schopnosti a sepětí s přírodou a technickou praxí jeho doby. I když jeho vysvětlení přírodních jevů byla často naivní, poplatná spekulacím a aristotelismu, nelze mu upřít mimořádně bystré postřehy a vidění rozsáhlých souvislostí. Jeho práce a myšlenky jsou i pro nás inspirující, zvláště zasadíme-li je do rámce historických podmínek, v nichž vznikaly, a které stále vnímáme jako součást naší národní a historické kontinuity. Mezi různými přídomky a označeními, kterých se Markovi dostalo, zůstává nejvýstižnější hodnocení Studničkovo, který Marciho zařadil mezi bohatéry ducha.

LITERATURA

- [1] Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum 3 (1967), Prague.
- [2] Servít Z., *Jan Marek Marci z Kronlandu, zapomenutý zakladatel novověké fyziologie a medicíny*, Veda Bratislava, Academia Praha, 1989.
- [3] Svobodný P. (ed.), *Ioannes Marcus Marci a Kronland 1595–1667*, Praha, Karolinum, 1996.
- [4] Svobodný P., *Křesťanský Euklidés, český Platón, pražský Hippokratés Jan Marek Marci z Kronlandu (1595–1667)*, Dějiny a současnost (1995), č. 5; Štoll I.: *Jan Marek Marci z Kronlandu a ráz pružných koulí*, Rozhledy matematicko-fyzikální 1995, č. 6; Štoll I.: *Velká postava české vědy Jan Marek Marci z Lanškrouna*, Vesmír 75 (1996), 523–526; Štoll I.: *Jan Marek Marci — český Galileo Galilei*, Čs. čas. fyz. (v tisku); Štoll I.: *Jan Marek Marci — první český fyzik*, Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 1996, č. 6.
- [5] Štoll I., *Jan Marek Marci*, edice Velké postavy matematiky a fyziky, Prometheus, Praha, 1997.
- [6] Kolektiv, *Jan Marek Marci 1595–1667. Život, dílo, doba*, Sborník přednášek k 400. výročí narození. ROSA Lanškroun 1995.
- [7] Marek J., Sborník pro dějiny přírodních věd a techniky 5 (1960), str. 210; 7 (1962), str. 62; 8 (1963), str. 5; 9 (1964), str. 71; Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 1967, str. 356.
- [8] Smolíček J., *Jan Marek Marci a jeho spisy. I. De longitudine ..., II. Labyrinthus ...*, Živa 7 (1871).



MICHELANGELO BUONAROTTI:
Studie ženského aktu