Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky

František Michl

Evangelista Torricelli

Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky, Vol. 38 (1909), No. 2, 257--262

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/123776

Evangelista Torricelli.

Vlašské město Faënza uspořádalo letos výstavu a rozličné slavnosti na oslavu třistaletých narozenin nejznamenitějšího žáka Galileiova, geniálního mathematika a fysika Torricelliho, a celý vzdělaný svět súčastnil se této oslavy.

Evangelista Torricelli narodil se dne 15. října 1608 ve Faënze ve vlašské provincii Ravenně. Ve dvaceti letech šel do Říma, aby se zde súčastnil vyučování mathematika Benedikta Castelliho, žáka Galileiova. Povzbuzen „Rozpravami o dvou nových vědách, mechanice a místních pohybů“ Galileiho napsal Torricelli svoje „Pojednání o pohybu“, Trattato del moto, ve kterém nauku Galileiovu způsobem zcela původním odůvodnil a vyložil. V tomto prvním spisu nalézáme již zajímavou větu, že, drží-li dvě tělesa sobě rovnováhu, malý pohyb těchto těles nikdy stoupání nebo klesání společného těžiště jejich přivoditi nemůže. „Pojednání o pohybu“ vzal Castelli s sebou na cestu, která jej vedla Florencií, aby pojednání toto i s dopisem Torricelliho, ve kterém tento výrazy skromnosti a úcty svoji smělost omlouval, Galileimu odevzdal. Castelli nalezl svého stařičkého učitele sice slepého a chorého, ale duševně ještě čilého a plného tvořivé síly. Navrhl mu Torricelliho jako sílu pomocnou pro dokončení jeho „Rozmluv“. Na pozvání Galileiovo přišel Torricelli v říjnu 1641 do Florencie a sepsal pod vedením Galileiovým pátou rozmluvu. Delšího obcování se starým mistrem nebylo mu však popřáno, neboť již dne 8. ledna 1642 skonal Galilei v jeho náručí. Když se Torricelli chystal k návratu do Říma, jmenoval jej velkovévoda Leopold z Toscany následníkem v úřadech a hodnostech Galileiových a professorem mathematiky ve Florencii. Velkovévoda sledoval vědecké výkony Torricelliovy s nejčilejší účastí, obdaroval jej co nejštědřeji a vyznamenal jej udělením zlatého řetězu, který nesl medalii s nápisem: „Virtutis praemia“ (odměna ctnosti). Bohužel byl Torricelli již dne 27. října 1647 ze své neúmorné, nejkrásnější ovoce nesoucí činnosti smrtí vyrván.

Nejdůležitější díla Torricelliova jsou již uvedený a před r. 1641 sepsaný „Traktát o pohybu“ (Trattato del moto), dále

r. 1644 ve Florencii uveřejněná „Díla měřická“ (Opera geometrica), obsahující dvě knihy o kouli a kulovitých tělesích, dvě knihy o volném pádu a o pohybech vrhu, pojednání o kvadratuře paraboly a konečně dodatky s větami o cykloidě a šroubovnici. „Akademické přednášky“ (Lezioni accademiche), které r. 1715 Th. Bonaventuri z rozkazu Akademie della Crusca vydal, obsahují dvanáct přednášek Torricelliho. Velice důležitým pro znalost mathematických výkonů Torricelliových jest jeho „Vypravování o všelikých návrzích proslovených a ochotně vyměněných mezi mathematiky francouzskými a mnou v roce 1640“ (Racconto d'alcune proposizioni proposte e passate scambievolmente tra i matematici di Francia e me dall' anno 1640), uveřejněné Fabronim v prvním svazku jeho „Vitae Italorum doctrina excellentium, qui Saeculis XVII et XVIII floruerunt“ (Život vynikajících učených Italů, kteří v 17. a 18. století kvetli), a Torricelliovo pojednání „o polohyperbole logarithmické“ (de hemihyperbola logarithmica), které bylo vydáno r. 1900 slavným vlašským mathematikem Gino Loriou pod názvem „Nevydaná badání Evangelisty Torricelliho o křivce logarithmické“ (Le ricerche inedite di Evangelista Torricelli sopra la curva logaritmica. Bibl. math., 3. Ser. I.).

Nejširším kruhům stal se Torricelli známým objevením tlaku vzduchu a pokusy, kterými se tento tlak měří. Účinky tlaku vzduchu, obzvláště vystupování vody v čerpadlech, připisovalo se až do doby Torricelliovy „horroru vacui“ čili odporu přírody proti prázdnému prostoru. Veliký rozruch způsobilo svého času ve Florencii faktum, že nebylo možno dostati z hluboké studně vodu pomocí pumpy čili čerpadla, jelikož toto vodu toliko do výše asi 10 *m* zvedlo. Galilei měl za to, že odpor proti prázdnému prostoru, čili jak se fysikálněji vyjádřil, odpor prázdného prostoru, určitou velikost míti musí, a hleděl tuto důmyslným způsobem změřiti. Konečné rozřešení této záhady podařilo se však teprve po smrti Galileiově Torricellimu. Tento poznal, že bude pro další pokusy výhodněji, nahraditi dlouhou a neprůhlednou rouru čerpadelní skleněnou trubicí o délce 1 *m* a vodu rtutí. Vymyslil pak známý, po něm pojmenovaný pokus, dle kterého se na jednom konci uzavřená skleněná trubice úplně rtutí naplní, načež se otvor prstem uzavře a obrácená trubice ústím do nádoby se rtutí ponoří. Nejdříve provedl Viviani, žák Torricelliův, tento pokus. Jak Torricelli předvídal, zůstal v trubici jenom asi 76 *cm* vysoký sloupec rtuti státi. Tím bylo tedy nejprve dokázáno, že odpor prázdného prostoru proti 76 *cm* vysokému sloupci rtuťovému jest právě tak veliký, jako proti 10 *m* vysokému sloupci vody, jelikož oba sloupce touž váhu mají. Torricelli poznal však, že se na místě odporu prázdného prostoru uvnitř trubice tlak zevně na rtuťovou nádobu působícího vzduchu klásti musí, neboť váha vzduchu byla již Galileim — arci jenom přibližně — určena. Jelikož vzduch podle domněnky učenců, kteří se jako Portugalec Nuñez zjevy soumrakovými zabývali, do značné výšky dosahoval, tedy musil působiti takovým tlakem, který úplně k zvednutí vody v čerpadlech a k vysvětlení Torricelliova pokusu stačil. Častější opakování tohoto pokusu ukázalo, že výška sloupce rtuťového jest v jistých mezích proměnlivou, a právě ve svém přístroji poznal Torricelli prostředek k měření těchto proměn a stal se takto vynálezcem tlakoměru čili barometru. V oné době, totiž kolem r. 1643 byl Torricelli příliš měřickým badáním zaneprázdněn, takže ničeho o svém vynálezu uveřejniti nemohl. Na štěstí zachovaly se nám dopisy, které v této záležitosti Michelangelu Riccimu psal. Byly již ve vzácném spise Carla Datiho, žáka Torricelliova, r 1663 uveřejněny a r. 1715 v „Akademických přednáškách" opět otištěny. Nové vydání jejich vyšlo r. 1897 v „Novotiscích spisů a map o meteorologii a zemském magnetismu" vydaných prof. Hellmannem, jakožto čís. 7.: Evangelista Torricelli „Esperienza dell' argento vivo". (Pokus se rtutí.) Torricelli domníval se již, že vzduch na vysokých horách jest řidším a lehčím, což brzo potom r. 1648 Périerem, švakrem Pascalovým, na pobídku posledního dokázáno bylo. Torricelli poznal také již, že výška sloupce rtuťového v tlakoměru závisí, ačkoliv v mnohem menší míře, na teplotě. Pro nás jsou nyní arci zjevy tlaku vzduchu něčím všedním a samo srozumitelným. Abychom však správně ocenili převrat způsobený objevem Torricelliovým, musíme sobě připomenouti, že Jan Müller z Královce čili Regiomontanus se proti myšlence Peurbachově, že se země otáčí, z toho důvodu vyslovil, že, kdyby země vzduchem letěla, nebyli by ptáci s to dosáhnouti svého hnízda; neboť tehdáž se myslilo, že celý svět jest vzduchem naplněn, a neuvážilo se, že země svůj obal vzduchový s sebou nese. Současník Torricelliův, znamenitý fysik Mersenne (r. 1588 až 1648), kterému horror vacui také nedostačoval, mínil, že částice vzduchu mají háčky, kterými vodu v čerpadlech do výše vytahují. Myšlenka tato byla dosti pošetilou, aby doznala mnohostranného souhlasu.

Jiná úloha, která Torricellim rozřešena byla, bylo stanovení výtokových rychlostí kapalin, čímž se již Sext. Jul. Frontinus a také učitel Torricelliův zabývali. Věty, které Torricelli o předmětě tomto ve spise „Opera geometrica" uveřejnil, postačily by, aby mu čestné místo v dějinách fysiky zabezpečeno bylo. Mají následující znění: 1. Voda vytéká z otvoru boční stěny nádoby v oblouku parabolickém. 2. Nachází-li se otvor ve středu výšky tekutiny, tedy jest parametr paraboly největší. 3. Otvory, které se ve stejné vzdálenosti nad, případně pod středním otvorem nalézají, dávají proudy výtokové o menší, ale mezi sebou stejné dálce obloukové. 4. Pro stejné otvory mají se ve stejných dobách vytékající množství vody k sobě jako druhé kořeny výšek tekutiny. Věta tato byla, jak nás o tom Torricelli v „Opera geometrica" zpravuje, Rafaelem Magiottim pokusně zkoušena. 5. Rozdělíme-li v případu, že výtokový otvor se nachází ve vodorovném dnu nádoby, k jejímu vyprázdnění nutný čas ve stejné oddíly časové, pak tvoří těmto časovým oddílům odpovídající výtoková množství sestupnou řadu arithmetickou, jejížto členy jsou k sobě v poměru lichých čísel až k jednotce. Pro rychlost výtokovou udal tehdy Torricelli formuli

$$v = A\sqrt{h},$$

dnešní obvyklá formulka

$$v = \sqrt{2gh}$$

pochází od Daniela Bernouilliho.

Torricelli zabýval se také optickými pracemi, které zvláště vysoko cenil. Dovedl vyrobiti ze skla malé kuličky, kterých se dalo velmi dobře jako jednoduchých drobnohledů použíti. Konal theoretické zkoušky o nejpříhodnějším tvaru čoček pro dalekohledy a shledal, že prakse výsledky těchto výzkumů co nejkrásněji potvrzuje. Ve fysikálním kabinetě ve Florencii ukazuje se ještě dalekohled s objektivem o ohniskové dálce 10 *m*, který dal Torricelli zhotoviti. Byl prý také prvním, kdo pruhy po obou stranách rovníku Jupiterova pozoroval.

Mathematické objevy Torricelliovy nejsou méně významnými nežli fysikální, jsou však pro svoji abstraktnější povahu méně známy. Ve svých Opera geometrica vypočítává kvadraturu paraboly 20 různými způsoby, a to čistě měřicky, mechanicky a pomocí úvah infinitesimálních. Kvadratura cykloidy, kterou Galilei empiricky vážením papírových kotoučů ve formě cykloidy a kruhu tvořícího rozřešiti se pokusil, byla Torricellim proti všemu očekávání, skorem aniž by byl po ní pátral, nalezena a správnost její pěti různými způsoby dokázána. V Opera geometrica sděluje methodu, jak sestrojiti pomocí rovnoběžníku sil tečny k parabole, a dodává, že se tato methoda hodí pro každou kuželosečku, jakož i pro Archimedovu spirálu a pro cykloidu.

V pojednání o pohybu vrhovém nalézá se také na svou dobu velmi podivuhodná věta, že, vyhodíme-li z téhož místa a s touž počáteční rychlostí tělesa do výšky, dáme-li však úhlu, pod kterým vyhozeny jsou, veškeré možné hodnoty, tedy nejzazší body těchto vrhových parabol mají za geometrické místo novou parabolu. Torricelli tedy první tušil pojem křivky obalové.

Torricelli nazývá rotační těleso povstalé otáčením části plochy mezi obloukem hyperbolickým a sousedící s ním asymptotou kolem téže asymptoty „solidum hyperbolicum acutum“ a dokazuje pro pravoúhlé asymptoty, že toto těleso rotační, ač jest o délce neobmezené, má přece konečný čili obmezený obsah. Skorem současně s Descartesem, ale úplně samostatně, objevil Torricelli řadou velice podivných vlastností se vyznamenávající logarithmickou spirálu. Její polární rovnicí jest

$$\varrho = \frac{\omega}{ce\sqrt{a^2 - 1}},$$

při čemž c a a jsou konstantami. Jest šikmou čili stejnoúhlou traktorií svazku paprskového. Body dotyčné z libovolného bodu roviny k logarithmické spirále sestrojených tečen leží na kruhu oním bodem a pólem jdoucím. Logarithmická spirála proměňuje se každou inversí, jejímžto středem oko spirály jest, ve stejnou křivku. Rozvineme-li ji po přímce, tedy jest místem středů zakřivení pro jednotlivé body dotyčné přímka. Stereografická projekce loxodromy jest logarithmická křivka. Torricelli dal jí jméno geometrické spirály, jelikož vektory ležící na každém paprsku z oka spirály vycházejícího, tvoří geometrickou řadu. Jméno logarithmické spirály dostala od Varignona.

Torricelli udal netoliko dva způsoby povstání čili sestrojení této zajímavé křivky, totiž jeden geometrický a jeden mechanický, nýbrž také její rektifikaci, *první to rektifikaci* křivky transcendentní, a její kvadraturu.

Torricelli znal také již křivku logarithmickou a mluví o ní v dopise k Michelangelu Riccimu, ve kterém se jeho pojednání „De hemihyperbola logarithmica" cituje. Nalezl první pro tuto křivku velice charakteristickou vlastnost, totiž že její subtangenta ve vztahu k Y-ose jest stálou, následkem čeho dotyčné body tečen z libovolného bodu k logarithmické křivce vedené leží na kuželosečce, která prochází oním bodem. Torricelli nalezl také kvadraturu této křivky a zvláštní větu, že neobmezená plocha ležící mezi křivkou, asymptotou a některou ordinatou rovná se pravoúhlému trojúhelníku, jehožto odvěsnami jsou tato ordinata čili pořadnice a subtangenta. Také zabýval se Torricelli otázkami o kubatuře této křivky a obdržel velmi zajímavé výsledky.

Neobyčejné výsledky, jakých se Torricelli v nauce o křivkách dodělal, stávají se nám pochopitelnými, uvážíme-li, že nejenom elementární geometrii suverénně ovládal, nýbrž také, že pomocí svých vědomostí v mechanice si s největší snadností kinematické povstání křivek představiti dovedl a že rovněž v úvahách infinitesimálních Cavalieriem v „Indivisibiliech" uveřejněných dokonale se vyznal.

Torricelli byl všestranně vzdělaným mužem. Jeho spisy ukazují intimní obeznalost s klassickým starověkem, jeho přednášky vtip a ducha. Psal elegantní latinou a také, jak Accademia della Crusca výslovně vytýká, bezvadnou vlaštinou. Při tom byl, jak z jeho dopisů patrno, mužem vzácné roztomilosti a skromnosti. Nebylo zajisté nemístné, věnovati slavnému učenci a badateli tuto skromnou vzpomínku na oslavu jeho třistaletých narozenin.

Fr. Michl.