Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky

František Josef Studnička

# O zásluhách Descartesových v oboru věd exaktních

*Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky*, Vol. 26 (1897), No. 2-3, 73--94

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/121621

# O záslubách Descartesových
## v oboru věd exaktních.

Přednesl

Dr. **F. J. Studnička,**

v. ř. professor mathematiky na c. k. české universitě.

*Veleslavné shromáždění!*

Když jsem před časy jako děkan české fakulty filosofické předsedával při tak zvaných rigorosech filosofických, a došlo ku poptávce, kterého filosofa si právě přítomný kandidat obral ku podrobnému prostudování, nejčastěji jsem slýchal jméno *„Descartes“*, jakoby nejslavnější tento filosof francouzský, čímž jej odborníci jednomyslně jmenují, požíval zvláštní obliby u nás. Když pak šlo o rozbor jeho učení filosofického, tu examinator i examinand dospěli ku konečnému závěrku svornému, že ani výtečník tento nerozřešil všech záhad filosofických vůbec a metafysických zvlášť, a že soustava jeho nauky představuje pouze jednu fási, arci velmi zajímavou, v rozvoji ducha lidského, po seznání posledních příčin všech zjevů pátrajícího.

V dějinách filosofie novověké zaujímá Descartes tedy postavení vysoce důležité, ale v moderní nauce filosofické místo jen podřízené; a vzdělaný svět nanejvýš z něho cituje výrok fundamentální *„cogito, ergo sum!“*

Jak jinak vypadá sláva jeho mathematická a vůbec v oboru věd exaktních získaná! Této s počátku sporé a málo chápané záslužnosti vědecké přibývalo v témže poměru, v jakém se uskrovňovalo uznávání jeho zásluh filosofických. A dnes představují úspěchy vědecké, jichž si Descartes dobyl v oboru *algebry, geometrie a fysiky,* pevný a nerozborný piedestal pomníku, jejž si sám zbudoval ostrovtipnými koncepcemi svými, s nimiž trvale spojen pokrok, ba obrat v oborech vědeckých právě jmenovaných.

V této příčině podobá se neméně geniálnímu a universálnímu veleduchu *Leibnice,* jehož sláva filosofická taktéž v stejném poměru bledla, v jakém zásluhy jeho mathematické během doby vynikaly a trvalého uznání docházely *). Co v mathematickém oboru nového objevili, platí dnes tak dobře, jako tehdáž, ba dosáhlo v dalším proudu pokrokovém teprva pravého významu svého, kdežto výsledky rozumování filosofického, založené na praemissách buď nedostatečných nebo přímo mylných, nedovedly si zachovati v dalším

*) Podobný osud stihl i našeho spanilomyslného *Bolzana,* kterýž nejprvé byl co filosof ctěn a vážen, trvale však se zakotvil jen v oboru mathematickém.

rozvoji filosofickém téhož uznání, jakéhož se jim dostávalo od souvěkých myslitelů na témže stupni logické dovednosti stojících.

Chce-li se krátce uvésti, čím si Descartes zjednal největší zásluhy a nehynoucí slávy, tvrdí se brachylogicky, že jest *tvůrcem analytické geometrie,* neb obsažněji řečeno, vynálezcem veleplodné methody, již krajané jeho tak rádi jmenují a tak elegantně pěstují co *„Application de l'analyse à la géometrie“.*

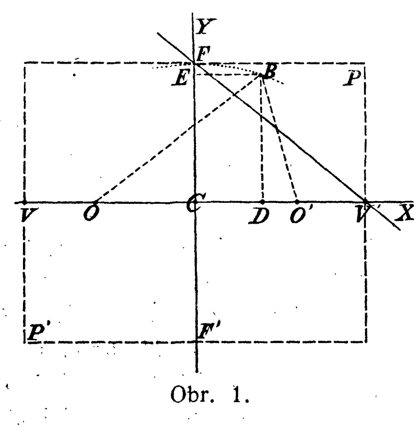
Základní myšlénka, jež vtělena jest v této velikolepé methodě rozborné, r. 1637 uveřejněné*), spočívá na tak zvaném pojmu koordinatním, jejž uvedl trvale do věd exaktních již starověký *Hipparch* a po něm *Ptolemaeus,* udávaje polohu světlých bodů na obloze pomocí vzdálenosti od dvou stálých kruhů největších, což na povrchu zemském mělo svou obdobu v souřadnicích geografických, tak zvané zeměpisné šířce a délce.

Kdyby staří Řekové byli znali Viètovu obecnou arithmetiku, kdyby pak byli se vyšinuli ku pojmu

*) Francouzský original »Géometrie« nerozšířil se mnoho, takže záhy pořízen překlad latinský »*Geometria* à Renato des Cartes Anno 1637 Gallicè edita; nunc autem cum notis *Florimondi de Beaune* in linguam Latinam versa et commentariis illustrata, Opera atque studio *Francisci Schooten.* 1649«. Věnován jest »Serenissimae Principi *Elisabethae,* Friderici Bohemiae regis, Comitis Palatini et Electoris Sacri Romani Imperii, filiae natu maximae«. Osobně ku průběhu bitvy na Bílé Hoře (1620) přihlížející Descartes zajisté se nenadál, že duchaplné dceři poraženého tu zimního krále Českého bude věnován spis jeho nejzásluhnější! Kus ironie osudu v tom zajisté spočívá.

nejen proměnlivosti veličin, nýbrž i spojitosti a rozpojitosti proměn, pak by zajisté byli ostrovtipem svým, jakýž osvědčili při budování geometrie *synthetické*, vytvořili odbor geometrický, jehož původ uvádí se na koncepce Descartesovy, předpokládající jmenované tu praemissy zvláštní. Od Hipparcha až do Cartesia uplynulo téměř 1800 let, a těch bylo zapotřebí, aby se duch lidský propracoval k té výši mathematické, na níž bylo možná trvale postaviti kolébku analytické geometrie a tím zjednati si badací apparát nevyčerpatelné mohutnosti.

Abychom aspoň trochu pochopili dosah tohoto velečinu Descartesova v oboru geometrickém, uveďme si na mysl, jak staří Řekové vyšetřovali různé vlastnosti ellipsy, a jak dosahuje se téhož účelu v geometrii analytické.




Obr. 1.

Jakož známo, jest ellipsa křivkou, u níž součet vzdáleností každého bodu od pevných dvou bodů daných jest týž, takže značí-li na př. — obr. 1. —

O, O' tyto pevné body a B libovolný bod ellipsy, platí

$$BO + BO' = VV' = 2a, \qquad (1)$$

nazveme-li součet obou vzdáleností, jakož jest obyčejem, krátce $2a$.

Vzdálenost obou pevných bodů od sebe jest veličinou stálou, pro určitou ellipsu zvolenou, *výstřednost* její měřící, takže se obdobně klade

$$OO' = 2e, \qquad (2)$$

načež tu střední bod C, o němž platí

$$OC = CO' = e,$$

představuje *střed* příslušné ellipsy. K tomu zavádí se obdobný pojem délky $b$ pro bod křivky, mající stejnou vzdálenost od obou bodů pevných, tak zvaných *ohnisek*, takže pak

$$b^2 = a^2 - e^2 = (a + e)(a - e). \qquad (3)$$

Další vyšetřování děje se pomocí trojúhelníkových vlastností způsobem konstruktivním, na určité ellipse prováděným, takže pak nutno vždy poukázati k tomu, že platí o každé křivce téhož druhu, co na zvoleném individui bylo shledáno.

Jak zcela jinak vypadá však studium ellipsy v geometrii analytické, kteráž místo výměru vzorcem (1) vyjádřeného klade výměr účelnější!

Zavede-li se k vytčení polohy bodu B dvé stálých, kolmo na sobě stojících přímek OO' a CY na obě strany do nekonečna jdoucích a *osy souřadnicové* zvaných, pak udá nám délka BD vzdálenost bodu B od tak zvané *osy úseček* CX a BE podobně vzdálenost téhož bodu od tak zvané *osy pořadnic* CY, kteréžto obě vzdálenosti s polohou bodu B se měnící vyjadřují se proměnnými veličinami $y$ a $x$; vlastnost ellipsy vzorcem (1) vyjádřená a podstatu křivky této jevící obdrží pak výraz analytický

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \tag{4}$$

což do mluvy obecné přeloženo jsouc ukazuje, že součet čtvercovaných poměrů úsečky k velké poloose a pořadnice k malé poloose činí 1, takže tu $x > a$ neb $y > b$ není možné.

Další vyšetřování děje se pak pomocí analytické rovnice této tak snadně, jak obecně, jelikož i veličiny $a$, $b$, tak zvané *poloosy* ellipsy, mohou hodnoty své měniti, jak libo. Kdybychom na př. položili

$$\frac{x^2}{a^2} = \frac{1}{m}, \quad \frac{y^2}{b^2} = \frac{1}{n},$$

obdržíme místo rovnice (4)

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{n} = 1$$

nebo-li $$m + n = mn,$$

z čehož patrno, že $m$ i $n$ jest větší nežli 1; zároveň pak poznáváme, že čtverec úsečky jest menší nežli čtverec velké poloosy, čtverec pořadnice pak též menší nežli čtverec malé poloosy, poněvadž tu platí

$$a^2 = mx^2, \quad b^2 = ny^2,$$

při čemž součet multiplikatorů $m$, $n$ rovná se jich součinu $mn$.

Mimo to poznáváme z rovnice (4), že body ellipsy jsou rozloženy souměrně jak k ose pořadnic tak k ose úseček v poloze tuto volené se nacházejících.

A podobně vede se analytické vyšetřování dále, takže na př. rovnice *tečny*, vedené k elliptickému bodu $x'$, $y'$, krátce zní:

$$\frac{x'}{a^2}x + \frac{y'}{b^2}y = 1, \tag{5}$$

což jednoduchý má též význam geometrický.

Jak z příkladu tohoto patrno, děje se celé vyšetřování obecně a to početně tak, že mathematický překlad slovného znění předloženého úkolu tak dlouho se operacemi účelnými přeměňuje, až konečně dojde tvaru, jehož zpátečný překlad slovný dává žádanou odpověď.

Kdežto synthetická geometrie operuje s individuem, zanáší se geometrie analytická se specií, obecně příslušnou rovnicí danou, z níž pak vyvádí dle libosti zvláštní individua. A poněvadž i obecná rovnice jest dalšího zobecnění různým směrem schopna, stává se zřídlem dalších badání geometrických a kolébkou četných útvarů geometrických obdobných.

Představme si na př., abychom již u ellipsy zůstali, že místo nejmenší sudé mocniny 2 položíme v rovnici (4) obecnější číslo sudé $2k$ *); tím obdržíme celou soustavu obdobných křivek

$$\left(\frac{x}{a}\right)^{2k} + \left(\frac{y}{b}\right)^{2k} = 1, \qquad (6)$$

uzavřených vesměs v obdélníku PP', majícím za šířku

$$FF' = 2b,$$

za délku pak již vytčenou osu velkou

$$VV' = 2a,$$

a tím více se jemu blížících, čím větší jest positivní celistvé číslo $k$. Toť zobecnění rovnice (4) směrem jedním.

Připojíme-li pak ke členům rovnice (4) třetí, podobný, obdržíme z ní

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1, \qquad (7)$$

což analyticky vyjadřuje prostorový útvar geometrický obdobný, kterýž redukuje se pokaždé na ellipsu, jakmile některá z prostorových souřadnic $x$, $y$, $z$ se na příklad annulluje. Všechny tečny k bodu $x'$, $y'$ $z'$ tohoto ellipsoidu vedené zahrnuje rovnice s (5) obdobná

---

*) Že se tu pro $k = 1/2$ obdrží rovnice *přímky* FV', netřeba zvláště připomínati znalcům věci, jakož i že pro $k = 1/8$ obdrží se zvláštní *astroida*.

$$\frac{x'}{a^2}z + \frac{y'}{b^2}y + \frac{z'}{c^2}z = 1. \tag{8}$$

Toť zobecnění rovnice (4) směrem druhým, anoť možná rozšířiti ještě dále i do $n$—dimensionálního prostoru zvolením $n$ souřadnicových proměnných $x_k$ a $n$ různých poloos $a_k$, takže ideální tento útvar vyjádřen bude rovnicí

$$\left(\frac{x_1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{x_2}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{x_3}{a_3}\right)^2 + \dots + \left(\frac{x_n}{a_n}\right)^2 = 1, \tag{9}$$

načež rovnice plochy, mající styk 1. stupně s ideální plochou touto, obdrží obdobný tvar

$$\sum_{k=1}^{n} \frac{x'_k}{a_k^2} \cdot x_k = 1, \tag{10}$$

představujíc tak analogii roviny tečné u ellipsoidu nebo tečny u ellipsy.

Jak patrno, zahrne se takto jedním tvarem rovnicovým celá spousta útvarů geometrických, a vyvinou se z něho způsobem početním — application de l'analyse à la géometrie — veškeré vlastnosti jejich co nejrychleji a nejobecněji. Každá změna relace mezi úsečkovým $x$ a pořadnicovým $y$, plodíc nové způsoby, jakými probíhají příslušné body v rovině, vede k nové křivce, takže chce-li kdo vynalézti nějakou dosud neznámou křivku, potřebuje napsati jen novou nějakou relaci mezi $x$ a $y$ pomocí libovolných veličin stálých, tak zvaných parametrů $a, b, c, \dots$

Jaké slávy požíval u starých Řeků známý *Diokles,* že sestrojil do té doby neznámou křivku *cissoidu!* Spojenoť jméno jeho trvale s tímto geometrickým útvarem, takže stal se historicky nesmrtelným. Podobně pak ještě náš *Descartes* si *foliem* svým *) zjednal téhož druhu pomník trvalý.

A takové zásluhy dovoluje analytická geometrie snadno, ba hračky zjednati si každému, kdo dovede algebraickou orthografií správně spojiti písmenky $x, y$ $a, b, c, \ldots$ **) a tak sestrojiti novou rovnici tvaru

$$f(x, y, a, b, \ldots) = 0. \qquad (11)$$

A zase naopak umožňuje tato methoda zachytiti každou stopu pohybující se křivky, pošinující se přímky, roviny, a podobných pohybů, jakýmiž vznikají geometrické útvary křivek v rovině neb prostoru jakož i ploch,

*) Rovnice této křivky stupně třetího, *folium Cartesii* zvané, jest v pravoúhlých souřadnicích

$$x^3 - 3ax\,y + y^3 = 0,$$

z čehož patrno, že přímka, daná rovnicí

$$y = x,$$

jest osou souměrnosti, a kolmo na ní stojící přímka

$$x + y + a = 0$$

jest příslušnou asymptotou její; souřadnicové osy jsou pak tečnami bodu dvojného

$$x = 0, \; y = 0,$$

zvoleného tu za počátek soustavy pravoúhlé.

**) I tento způsob zvláštního užívání písmen v abecedě prvních a posledních zavedl a ustálil Descartes!

příslušnou rovnicí analytickou tak pevně, že možná jejich podoby a rozlohy konkretně podle toho zobraziti kdykoli. Kdyby na př. botanik chtěl užiti této methody při klassifikaci rostlinných listů, položil by místo slov méně přesných, jako *kopinatý, srdčitý*, a t. d. zcela určité rovnice, na př. polární tvaru

$$f(r, \varrho) = 0,$$

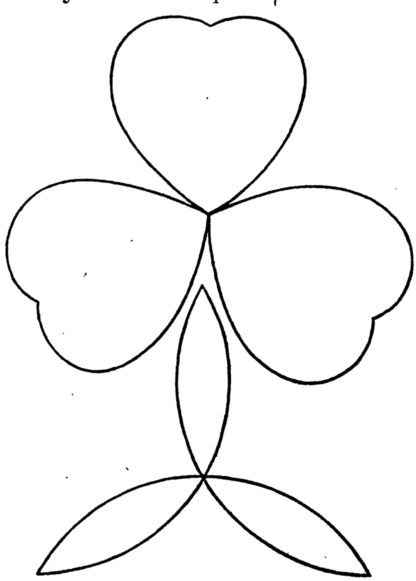
jež tyto tvary kongruentně reprodukují*). Kdyby měl

---

*) Vergleichen wir das Blatt des in der Sonne wachsenden Steinklees (Melilotus) mit dem des Schatten liebenden Sauerklees (Oxalis) und ebenso ihre analytische Form

$$r = 4\,(1 + \cos 3\varphi) \pm 4 \sin^2 3\varphi,$$

so drängt sich der Gedanke auf, es müsste $4 \sin^2 3\varphi$ den retardirenden Einfluss der Sonne auf das Wachsthum darstellen« praví v této příčině *B. Habenicht* ve spise svém »Die analytische Form der Blätter« 1895, z něhož tuto vyňat obr. 2. pro + a obr. 3. pro — .



fysik dopodrobna určiti klikatou dráhu, již vzduchem probíhá australský bumerang, vyjádřil by příslušnou křivku prostorovou rovnicemi taktéž případnými, na př. tvaru soumístně platného

$$f(x, y, z) = 0, \quad F(x, y, z) = 0.$$

A zcela podobně by dovedl zoolog rovnicemi plošnými, na př. tvaru

$$F(x, y, z) = 0,$$

rozlišovati různé tvary ptačích vajec!

Z čehož jde jasně na jevo, jak dalekosáhlého významu a obrovského dosahu jest koncepce Descartesova, z níž se vyvinula velikolepá budova geometrie analytické, takže již tímto mathematickým veledinem postavil se v první řady úspěšných badatelů vědeckých náš dnešní oslavenec!

Na této cestě hojného užívání a diskutování rovnic měl pak Descartes příležitost zjednati si nových zásluh v oboru novém, v *nauce o algebraických rovnicích*, jež tu na druhém uvádíme místě.

Jakož známo, počíná nová doba algebry provedením obecného řešení rovnic stupně *třetího*, jež podařilo se poprvé důvtipu *Scipiona Ferrea* (1515), na něž pak skoro bezprostředně následovalo řešení rovnic stupně *čtvrtého*, jímž se proslavil *Ferrari* (1545). Vyjádřiti kořeny takové rovnice co *algebraické* funkce příslušných koefficientů stalo se pak úkolem dalším pro podobné rovnice stupňů vyšších, jež zahrnuje obecný typus

$$f(x) \equiv x^m + a_1^{m-1} x + a_2^{m-2} x + \cdots \\ + a_{m-1} x + a_m = 0, \qquad (12)$$

značí-li tu $m$ positivní číslo celistvé, takže pak rovnice tato jest stupně $m$-tého, a koefficienty $a_k$ představují čísla reální.

Poněvadž se nevydařilo, a jakož dnes víme, nemohlo podařiti vytčeného rázu obecné řešení takovýchto rovnic pro

$$m > 4,$$

vyhledávali algebristé znaky, podle nichž by se bezpečně aspoň usouditi dalo, jakého číselného rázu jsou kořeny předložené rovnice, předpokládajíce arci, což teprva *Gaussem* (1799) bylo nezvratně dokázáno, že má vůbec kořen všeobecně do oboru čísel soujemných připadající; z čehož pak dále dovozeno, že jich má vesměs tolik, kolik jednotek obsahuje nejvyšší mocnitel $m$, což i Descartes již zřejmě tvrdil.

Poněvadž však čísla soujemná v sobě zahrnují co zvláštní případ čísla reální, tato pak se zřetelem k jich významu konkretnímu rozlišují se v čísla positivní a negativní, vzešlo při rozboru algebraických rovnic dvé hlavních úkolů, vyšetřiti totiž, kolik jest kořenů *reálních* a kolik *soujemných* vůbec, v prvním pak případě, kolik jest *positivních,* z čehož naopak plyne, kolik jich má označení *negativní.*

Že možná ze složení rovničného polynomu (12) takové výsledky obdržeti, pozná se bez hlubšího do věci vniknutí v některých případech přímo. Jsou-li na př. všechny koefficienty $a_k$ positivní, na levé straně rovnice tedy obsažen součet positivních členů, patrno, že neannulluje se positivní hodnotou neznámé $x$, že tedy nemůže tu býti kořenů positivních. Podobně patrno, že nemůže míti rovnice kořenů reálních, obsahuje-li jen sudé mocniny neznámého $x$ ve spojení additivním. Taktéž patrno, že nemá rovnice

$$x^3 - 1 = 0$$

nežli 1 kořen reální, poněvadž obsažený v polynomu levé strany faktor jeden vede k rovnici

$$x^2 + x + 1 = 0,$$

jejíž kořeny $x_1$, $x_2$ mají hověti známým podmínkám

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &= -1, \\ x_1 \cdot x_2 &= +1 \end{aligned}$$

reálními čísly nesplnitelným, což ostatně přímo plyne i z příslušné poučky Hermite-ovy.

Ostrovtipu Descartesovu podařilo se pak dokázati obecně, kolik positivních a negativních, dohromady tedy kolik reálních kořenů nanejvýš míti *může* rovnice taková, čímž se stal předchůdcem *Budana* (1803), *Fouriera* (1830) a *Sturma* (1835). K tomu cíli zavedl do řady znamének, spojujících jednotlivé členy polynomu $f(x)$, pojem *změny* ($\pm\, \mp$) a *nezměny* ($\pm\, \pm$), takže *úplný* polynom, kde tedy

$$a_k \neq 0, \ (k = 1, 2, \ldots, m),$$

obsahuje obecně $z$ změn a $n$ nezměn, při čemž

$$z + n = m.$$

V tomto případě pak učí Descartes, že *rovnice (12) má nanejvýš $z$ kořenů positivních*)*.

Zavedeme-li však do polynomu $f(x)$ místo $x$ hodnotu opáčně značenou $(-x)$, takže obdržíme příslušnou rovnici

$$f(-x) = 0, \qquad (13)$$

mající kořeny stejně velké jako (12), avšak s opačným označením, patrno, že positivní kořeny nové rovnice této budou odpovídati negativním kořenům rovnice (12), z čehož patrno, že bude míti tolik kořenů negativních, kolik změn obsahuje polynom $f(-x)$ anebo nezměn polynom $f(x)$.

Spojíme-li tedy oba závěrky a předpokládáme-li, že jsou kořeny rovnice (12) vesměs reální, smíme tvrditi, že bude positivních $z$ a negativních $n$.

---

*) Především učí: »incognita quantitas in qualibet Aequatione tot diversas radices seu diversos valores habere possit, quot ipsa habet dimensiones«; o jich jakosti pak tvrdí na základě indukce »tot in ea *veras* haberi *posse*, quot variationes reperiuntur signorum $+$ *et* $-$; *et* tot *falsas*, quot vicibus ibidem deprehenduntur duo signa $+$, vel duo signa $-$, quae se invicem sequuntur«; při čemž sluje radix *vera* kořen *positivní*, radix *falsa* nebo-li »minor quam nihil« kořen *negativní*. Dále konečně vykládá »radices tam verae quàm falsàe non semper sunt reales, sed aliquando tantum *imaginariae*. Viz jeho »*Geometria*« pag. 78 ...

Podle toho čítá rovnice stupně 4. samé realní kořeny obsahující

$$f(x) \equiv x^4 - 4x^3 - 19x^2 + 106x - 120 = 0$$

positivní kořeny 3 a negativní 1, poněvadž v řadě znamének

$$+ \quad - \quad - \quad + \quad -$$

obsaženo tré změn a jedna nezměna, jakož body tu vyznačeno; zároveň patrno, že o polynomu

$$f(-x) \equiv x^4 + 4x^3 - 19x^2 - 106x - 120$$

vykazuje příslušná řada znamének

$$+ \quad + \quad - \quad - \quad -$$

naopak tři nezměny a jednu změnu*).

Není-li polynom $f(x)$ *úplným*, a nejsou-li kořeny vesměs reální, učí Descartes, že nemůže býti *více* kořenů positivních nežli čítá jednotek počet změn *z* — *méně* jich tedy může býti a to počtem, vyjádřeným číslem *sudým* —.

Podle toho *může* míti rovnice

$$f(x) \equiv x^5 - 7x^3 + 8x^2 + 2x - 12 = 0$$

*nanejvýš* 3 kořeny *positivní;* a poněvadž polynom

$$f(-x) \equiv -x^5 + 7x^3 + 8x^2 - 2x - 12$$

2 změny obsahující poukazuje k 2 kořenům positivním,

---

*) Příklad tento uvádí Descartes na str. 79, předpokládaje kořeny 2, 3, 4, — 5.

může míti předložená rovnice *nanejvýš* 2 kořeny *negativní.*

Dalším rozborem se pak poznává, že rovnice tato má 2 kořeny soujemné, 2 negativní a jenom 1 positivní; annullujeť se tento polynom hodnotami

$$1 + i, 1 - i, - 1, - 3, + 2.$$

Jakkoli se cení význam zde vytčené poučky našeho slavného filosofa i algebristy v rozvoji obecné arithmetiky vůbec, algebry čili nauky o rovnicích pak zvláště, vyniká nejvíce tím, že číslům *negativním* a úkolu, jakýž hrají co kořeny rovnic, dal pravý podklad a zjednal občanské právo v exaktním badání mathematickém. Nebo před ním štítili se jich počtáři jako nesmyslů hotových, takže ještě r. 1544 výtečný jinak *Stifel* ve svém spise »Arithmetica integra« je nazývá »numeri ficti infra nihil« anebo krátce »numeri absurdi«! Ba ještě r. 1830 se náš *Jandera* s nimi nespřátelil, an v rozvláčném spise svém »Beiträge zur Arithmetik« mezi jiným praví »dass ich diese ganze Behandlungsweise der entgegengesetzten Grössen in der Mathematik für eine *Hypothese,* für etwas *Willkürliches,* in der Natur der Sache nicht Gegründetes ansehe, welches zuerst *Vièta* und *Descartes* der reinen Arithmetik eingepfropft und dann Andere, vornehmlich *Euler,* weiter ausgebildet haben, um den Weg der scharfsinnigen Alten verlassend, geometrische Sätze arithmetisch *abthun* zu können!« —

Jakožto *třetí* záslužný velečin, jímž se *Descartes* vyznamenal v oboru věd exaktních, budiž zde uvedeno vyzpytování zákona, dle něhož se paprsek světla odbočuje od svého směru při vniknutí do jiného ústředí čili media, tedy krátce tak zvaného *lomu světla* — o theorii *duhy* nebudiž tu zmínka činěna, ač výklad jejího vzniku, založený na tak zvaných »účinlivých« paprscích, byl oproti tomu, co r. 1611 uveřejnil splitský biskup *Antonio de Dominis*, velikým pokrokem, takže se více vtipně nežli správně od té doby tvrdilo, že »Descartes sestrojil obojí duhu, Newton pak ji barvami přiodil.« —

Znaliť sice již starověcí optikové různosměrnost dráhy, jakou volí světlo, majíc na př. ze vzduchu vniknouti do vody; učiliť již stařořečtí filosofové, jako na př. *Heron*, že příroda vše s minimem námahy provádějící*) tu v nejkratší době probíhá prostor mezi východiskem a cílem světla**), takže dráha v ústředí řidčím, kde pohyb jest volnější, stává se úměrně delší, nežli by byla při spojení obou bodů přímém: ale příslušný zákon, kterýž ostatně plyne již z minimálního času, potřebného ku proběhnutí dráhy do dvou nestejně hustých medií připadající, zákon lomu světla neznal se před Descartesem, takže do jeho doby zakládala se nauka o lomu světla na zkušenostech *indukcí*

*) Novověký *Fermat* praví: »La nature agit toujours par les voies les plus courtes«.

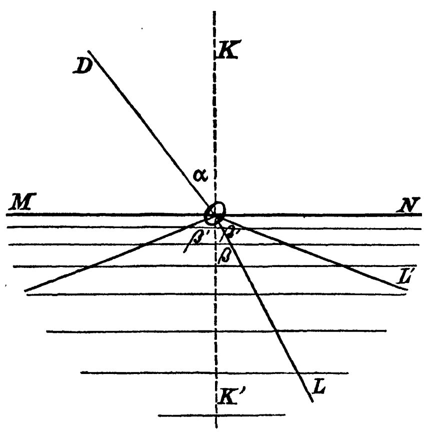
**) Důkaz viz ve spise: *Studnička* »O počtu differenciálním« II. vyd. pag. 101.

nabytých; a teprva objevem tímto r. 1637 uveřejněným ve spise »Dioptrica«, stala se důležitá nauka tato *deduktivní* dioptrikou.

Toť, stručně řečeno, jest význam Descartesova objevu, zahrnujícího jednoduchým vzorcem

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \qquad (14)$$

podstatu lomu světla vůbec, značí-li $\alpha$ — obr. 4. — úhel, jejž svírá paprsek v ústředí prvním rychlostí V postupující s kolmicí, vztýčenou na rovinu MN v bodě dopadu O obě ústředí dělící, a podobně úhel $\beta$ vy-



Obr. 4.

jadřuje obdobný sklon v ústředí druhém, v němž týž paprsek postupuje rychlostí v, takže

$$\alpha = \sphericalangle \mathrm{DOK}, \; \beta = \sphericalangle \mathrm{LOK'}.$$

Věru, nepatrná to formule, a zahrnuje celý svět optických zjevů v sobě!

Jak snadno vysvětluje se tímto vzorcem Descartesovým tak zvaná *totální reflexe!*

Zvětšuje-li se $\beta < \alpha$, zvětšuje se i spůsobem tuto vytčeným $\alpha$, až dosáhne hodnoty $90^0$, načež dalším zvětšením tohoto úhlu $\beta' < 90^0$ nevniká více paprsek L'O z ústředí spodního do svrchního, nýbrž se v bodu O jak na zrcadle odráží. Zároveň při tom jasno, že tu pro $\alpha > \beta$ platí $n > 1$, takže

$$V = n\,v,$$

a tedy lomitel $n$ jest číslo, jímž se udává, kolikrát jest rychlost v ústředí řidčím větší nežli v ústředí hustším, což na př. u vody zlomkem $^4/_3$ jest vyjádřeno.

Stejně důležitým jak pro theorii tak pro praksi stával se zákon tento čím dále tím více, jakmile přikročeno k řešení problemu achromasie optických čoček, o němž i náš oslavenec pracoval s úspěchem nemalým, což vedlo pak ke zdokonalení refraktorů a pokrokům pozorovací astronomie tak překvapujícím, že zajisté neměl *Descartes* ani tušení, co všechno zahrnuto jest sinusovým vzorcem (14), jejž zvláštním obratem historickým někteří připisují *Snelliovi* *). A tímto

---

*) Že Angličan tento snad dříve vyšetřil týž zákon lomu na základě tabulky *Vitellia*, udávající pro jednotlivé hodnoty úhlu $\alpha$ příslušné hodnoty úhlu $\beta$ při vnikání paprsků ze vzduchu do vody, jak *Huygens* poznamenal, nemění na prioritě Descartesově ničeho, poněvadž se o tom r. 1637 veřejně nevědělo. Zcela případně praví tu *Arago*, že by některé oddíly historie věd byly hotovým románem,

mnohostranným využitkováním zákona Descartesova vychází teprva na jevo nesmírná důležitost jeho a tedy velikolepost i záslužnost celého objevu tuto na třetí místo postaveného.

Uvážíme-li, aniž bychom pátrali po dalších zásluhách oslavence našeho a zabíhali do příslušných podrobností, jak obsah tak dosah všech uvedených tuto vymožeností Descartesových a jich souvislost s objevy obdobnými na počátku XVII. století v oboru věd exaktních provedenými, pochopíme zcela jasně vynikající postavení našeho slaveného badatele v řadě velikánů duševních, již v té době pobořivše na klamu založenou budovu starověkého názoru světa položili pevný základ k budově nové, na jejímž všestranném zdokonalení i naše moderní věda dosud pracuje.

---

kdyby se nepřihlíželo všemožně ku pramenům tištěným a datovaným. Kdyby Snellius byl uveřejnil svou dedukci v čas, nebyl by Descartes mohl později, i kdyby *samostatně* byl přišel k témuž poznání, ani si přáti, aby se zval objevitelem jejím. Vedlé toho pak jest nemálo závažnou i okolnost další, že náš Descartes i theoreticky i prakticky využitkoval svou formuli ve prospěch optiky, jak jen mohl. Ostatně viz *Korteweg* »Descartes et Snellius d'après quelques documents nouveaux«. Zde jenom ještě připomínáme, na zřeteli majíce dřívější porovnání oslavence našeho s Leibnicem, jemuž Angličané podobným způsobem upírali prioritu koncepce počtu differenciálního, že i v této příčině oba byli stejným osudem stiženi. Platiž ovšem i zde, co jsem o zmíněném tu sporu pověděl na str. 41. svého spisu »O původu a rozvoji počtu differenciálního a integrálního«. Lépe, že vynalezli uvedený zákon lomu světla badatelé dva, nežli kdyby tehdáž nebyl objeven nikým! Pokroku veškerého člověčenstva jest i zasloužená sláva jednotlivého člověka zcela lhostejnou.

K slavným jménům Angličana *Bacona z Verulamu,* Dána *Tychona,* Němce *Keplera,* Vlacha *Galileiho* řadí se důstojně i *Descartes* jakožto zástupce duchaplného národa francouzského, a bude se stkvíti ve sboru obdivuhodných budovatelů moderního názoru světa plným jasem tak dlouho, pokud lidský duch nezapře vyšší své povolání, a nevyhyne z lidských prsou láska k nejideálnějším pokladům dosažitelným, ku pravé vzdělanosti a ryzí osvětě!