

# PRVÉ ZPRÁVY O POZOROVÁNÍ OHYBU SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ V ČESKÝCH ZEMÍCH

6

JIŘÍ MAREK, PRAHA  
Sborník pro dějiny přírodních věd a techniky  
8 (1963) 5-42

Došlo 24. 4. 1962

## I. ÚVOD

Historii počátků fyzikální optiky byla věnována v literatuře již značná pozornost. V nejnovější době se počátky fyzikální optiky zabýval S. I. Vavilov,<sup>1</sup> rozsáhlé dílo věnoval vývoji fyzikální optiky až do své doby E. Mach.<sup>2</sup>

Historie počátků tohoto oboru může být však přesto obohacena dalšími nálezy, neboť optické práce dosud nejsou sebrány a dostatečně prostudovány. Pro dějiny fyzikální optiky nevhodně působí okolnost, že na počátku rozvoje tohoto oboru stojí hned jméno fyzikálního génia, jakým byl Newton. Jeho autorita, do značné míry ovšem vlivem vývoje samotných dějin fyziky, zastíňuje práce z předcházejícího období, i práce Newtonových současníků i následovníků.<sup>3</sup> Historické práce vztahující se na objevy právem či neprávem přičítané Newtonovi vyvolávají pak odpor jednostranně zaměřených historiků.<sup>4</sup> Pro správné podávání dějin přírodních věd je však nutno shromažďovat další materiál, který z různých důvodů upadl v zapomenutí, a připravovat — kde se bude jevit potřeba — revizi dosavadních názorů.

Až do 17. století se pěstovala geometrická optika. Zabývali se jí Eukleides (kolem r. 300 př. n. l.), Ptolemeus (2. st. n. l.), Alhazen (—1038), Vitelo (13. st.), Peckham (—1291). Díla těchto autorů představovala souhrn optických znalostí jejich doby a sloužila jako učebnice optiky. Počátkem 17. století rozvojem přírodních věd dostává také optika velký popud k rozvoji, a to hlavně požadavky astronomie, jak dosvědčuje např. Kepler již nadpisem své optiky: „Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur . . .“<sup>5</sup> Byly zde staré, ne zcela uspokojivě řešené otázky, jako je lom světelných paprsků při průchodu atmosférou, mění se velikost zdánlivého průměru Měsíce, otázky vidění předmětů okem, ale i otázky nové, jako po-

<sup>1</sup> Вавилов С. И., Исаак Ньютон, Москва, 1945.

<sup>2</sup> Mach E., Die Prinzipien der physikalischen Optik, Leipzig 1921.

<sup>3</sup> Tamtéž, str. 377.

<sup>4</sup> Rosenfeld L., Isis 17 (1932), 325.

<sup>5</sup> Viz také Keplerův dopis Herwartovi z Prahy 12. ledna 1603, kde píše, že při pojednání o optice se dá vést myšlenkou jejího použití v astronomii. (Johannes Kepler, Gesammelte Werke 2, München 1939 (ed. F. Hammer), str. 429).



užití dírkové komory pro pozorování zatmění, vysvětlení čí<sup>ti</sup> a výzkum nového přístroje — dalekohledu.

Okruh otázek, který se zde objevil, poskytl brzo příležitost k pozorování ohybu světla, vlivu velikosti štěrbin a předmětu na velikost obrazu, pozorování výskytu spektrálních barev při dalších dosud neznámých příležitostech, než jakými byly výskyt duhy a vznik spektrálních barev při průchodu světla hranolem.

Nejstarší dosud známé zprávy o těchto pozorováních se kladou do druhé poloviny 17. století, od kdy se počíná datovat rozvoj fyzikální optiky. Významný podíl na tomto úsudku má pravděpodobně autorita Newtonova. Jsou zde však ještě starší zprávy o pozorováních jevů, kterými se zabývá fyzikální optika, které pocházejí již z první poloviny 17. století. Věnujeme jim pozornost v tomto článku, pokud jsou uvedeny v pracích, které mají vztah k českým zemím.

## II. JAN KEPLER

Hned na počátku 17. století objevuje se významné optické dílo J. Keplera (1571—1630) „Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur...“, které Kepler psal během svého pobytu v Praze na dvoře císaře Rudolfa II. a které vydal r. 1604 ve Frankfurtu.

Podnětem k jeho sepsání bylo řešení otázky měnící se velikosti zdánlivého průměru Měsíce při různých vzájemných polohách Měsíce a Slunce. Na tuto otázku již dříve odpověděl Tycho de Brahe předpokladem o pulzaci Měsíce.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Tamtéž, Nachbericht, str. 399. Tycho de Brahe (1546—1601) při svých astronomických pozorováních používal také přístroje s kruhovým otvorem nebo podélnou štěrbinou, které fungovaly jako komora s dírkou. Tak ve svém spise o astronomických přístrojích „Astronomiae instauratae mechanica“ (Wandesburgi 1598; Opera omnia, ed. Dreyer, Hauniae, 1915, sv. V, 1, str. 154) popisuje Brahe konstrukci a použití přístroje ke zjišťování souřadnic nebeských těles (str. 155). Přístroj se skládal ze dvou čtvercových destiček, opatřených podél stran podélnými štěrbinami. Přední destička měla uprostřed kulatý otvor. Destičky byly vzájemně rovnoběžně připevněny kolmo k nosné desce na jejich koncích. Při popisu použití přístroje pro pozorování zmiňuje se Brahe také o pozorování Slunce, pro které přístroj není vhodný vzhledem k velké intenzitě dopadajícího slunečního světla. Přitom nedává najevo, že by snad pozoroval jevy, které by se vztahovaly k ohybu světla (uspořádání přístroje představovalo získání zdrojů koherentních vln a tím možnost pozorování interference vln. Tímto způsobem T. Young pozoroval r. 1802 jev interference). Podobně se nezmiňuje o těchto jevech na jiných místech knihy (str. 110 n.), kde hovoří o pozorování Slunce a Měsíce.

V jiné své knize „Astronomiae instauratae progymnasmata“ (Praha 1602; Opera omnia, ed. Dreyer, 1915, sv. II) odkazuje Brahe v souvislosti s pozorováním pomocí komory s dírkou na svou předchozí knihu (str. 153). V odstavci o zjišťování velikosti nebeských těles hovoří především o měření zdánlivých průměrů Slunce a Měsíce, jimž se podle vlastních slov věnoval často a po dlouhou dobu. K měřením používal přístroje, jehož podstatnou myšlenkou byl princip dírkové komory.<sup>11</sup> Ani při této příležitosti Brahe nenaznačuje, že by si někdy povšiml jevů způsobených ohybem světla na otvoru. Mluví sice o změnách zdánlivých velikostí nebeských těles, ale nevztahuje tyto změny na podmínky pozorování. Z barevných jevů se zmiňuje jen o pozorování atmosférických jevů, jako halo Měsíce (tamtéž, sv. IX, str. 70, 82) a duhy kolem Slunce (tamtéž, str. 117).

Kepler tento názor odmítl a ve svém řešení uvažoval při pozorování slunečního zatmění upravenou dírkovou komorou vliv velikosti štěrbin a geometrického uspořádání při pozorování na vlastnosti promítaného obrazu.

Při řešení těchto otázek pojal Kepler úmysl, že napíše doplňky k Vitelově knize, ve kterých uvede jak své vlastní výsledky, tak sepíše učebnici optiky své doby.

## 1. VZNIK A CHARAKTER KEPLEROVY KNIHY „PARALIPOMENA...“

Podnětem k sepsání Keplerovy knihy „Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur...“ bylo pozorování zatmění Slunce z r. 1600. Velikost zdánlivého průměru Měsíce se totiž při pozorování za různých podmínek měnila: při zatmění Slunce byl zjištěný zdánlivý průměr Měsíce menší než při měření tohoto průměru Měsíce v úplňku. Při pozorování zatmění používalo se již od 15. století projekce slunečního obrazu.<sup>7</sup> I na tomto promítnutém obrazu byla patrná změna velikosti průměru Měsíce. Tycho de Brahe ji vysvětlil předpokladem o pulzaci Měsíce s periodou synodického oběhu, což Kepler odmítl a hledal vysvětlení v geometrickém uspořádání pozorování. Předpokládal, že zobrazení v přístroji použitém k promítání je zatíženo chybou, protože na promítnutém obraze neúplného zatmění Slunce hroty slunečního srpku při zákrytu slunečního disku Měsícem nepozoroval jako ostré, jak se jevíly při pozorování pouhým okem, ale při promítání byly tyto hroty zakulacené.

Kepler v důsledku tohoto pozorování hledal tedy vysvětlení chyby, kterou je uspořádání při pozorování zatíženo. Sestrojil ke svým pokusům přístroj, jehož podstatnou částí byla otočná osa s připevněnou na ní štěrbinou a stínítkem. Osa se otáčela tak, že paprsky ze zobrazovaného předmětu dopadaly na štěrbinu i na stínítko kolmo (obr. 1). Byla to úprava primitivní dírkové komory, kterou Kepler poznal v Tubinkách u svého učitele Mästlina.<sup>8</sup> Kepler řešení úlohy našel a rozhodl se, že při příležitosti uveřejnění svého objevu napíše doplňky k Vitelově „Perspektivě“, která vznikla sice již více než před třemi stoletími, kolem r. 1270, ale ještě v 16. století byla třikrát vydána jako didakticky cenná učebnice optiky. Vitelova kniha byla souhrnem optických vědomostí své doby, založeným na knihách Euklidových, Ptolemeových a Alhazenových.

Není zcela vyloučeno, že by se nějaká poznámka svědčící o pozorování ohybu světla v rozsáhlém Braheově díle mohla vyskytnout, avšak Braheův zájem zde vzbuzen nebyl, když příležitosti popisu přístrojů a pozorování, které by snadno mohly vést k vybavení námi očekávaných souvislostí, nechává bez povšimnutí.

<sup>7</sup> Pauschmann G., Archiv f. Geschichte d. Naturwissenschaften u. Technik 9 (1922) 86.

<sup>8</sup> Kepler, Gesammelte Werke 2, str. 300 n., 307 n.



Keplerova kniha se dělí na dvě části. V první části Kepler uvádí více své vlastní výsledky v doplňcích Vitelovy knihy jako „Paralipomena in Vitellionem“, druhou část napsal jako učebnici astronomické optiky pod titulem „Astronomiae pars optica“. Kniha vyniká jasnou formulací, která jí však u současníků nedopomohla k pochopení.<sup>9</sup> Pro pokrok vědy je význam knihy v dokonalé teorii vidění, ve formulaci základního fotometrického zákona, početním vyhodnocování zatmění, ve zlepšených tabulkách lomu světla (přesto se Keplerovi nepodařilo odvodit přesný vztah pro lom světla, o který také usiloval) a v pojednání o kuželosečkách.

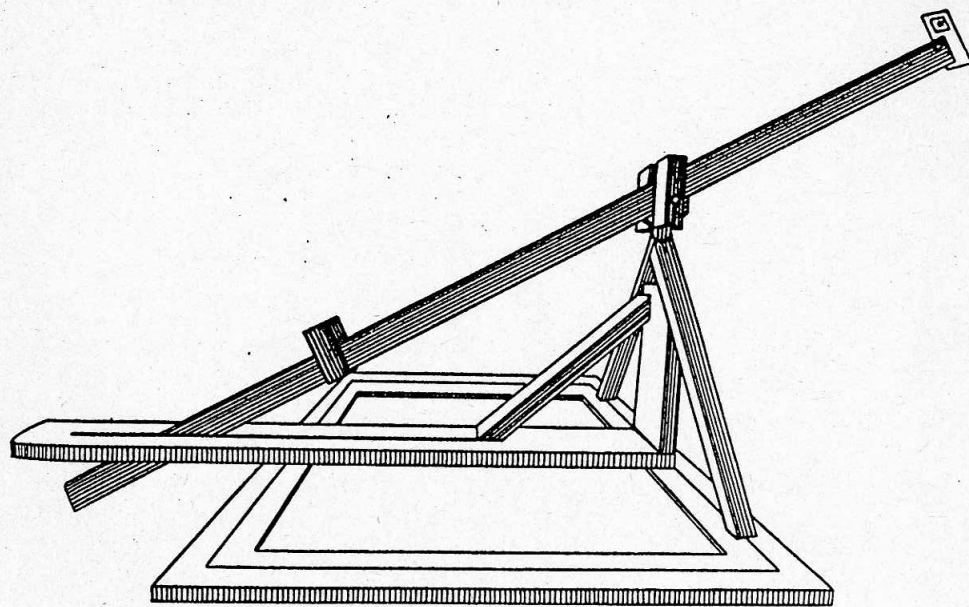
## 2. KEPLEROVO STUDIUM VLIVU GEOMETRICKÉHO USPOŘÁDÁNÍ PŘI PROMÍTÁNÍ ŠTĚRBINOU

Podnětem k sepsání Keplerovy optiky byly otázky spojené s pozorováním zatmění Slunce. Zatmění Slunce nebylo pozorováno v této době již jenom pouhým okem, ale také dírkovou komorou. Její zavedení do astronomických pozorování bylo již staršího data, uvádí se již od 15. století. Komoru s otvorem popsal Porta (1538—1615) v knize „Magia naturalis sive de miraculis“ (Neapol 1558), ale za jejího vynálezce se pokládá Bacon (1214—1294),<sup>10</sup> ačkoliv zprávy o její znalosti jsou ještě staršího data.<sup>11</sup>

Keplerův učitel Mästlin v Tubinkách používal dírkové komory ve velmi primitivní formě. Dírkovou komoru zde představovala půda kostela, štěrbinou byl otvor ve zdi a za stínítko sloužil list papíru, který pomocník držel v ruce. Jako ilustrace těchto metod pozorování může sloužit, mladší sice, vyobrazení z knihy Christofora Scheinera „Rosa Ursina sive Sol...“ (Bracciano 1630), na kterém je vyobrazeno několik způsobů metody pozorování Slunce spolu s použitím Scheinerem vynalezeného helioskopu (obr. 5b, kap. III,1).

Kepler tuto metodu dírkové komory zdokonalil v přístroji, který měl velkou přednost: dovoľoval měření. Na tomto přístroji, kde na otočné ose byla umístěna štěrbinina se stínítkem tak, že světelné paprsky mohly dopadat na obojí kolmo, zjistil Kepler vliv rozměrů svítícího zdroje a štěrbininy a jejich geometrického uspořádání, což je úloha, kterou později řešila fyzikální optika.<sup>12</sup> Kepler však ještě neznal vlnovou podstatu světla a nepředpokládal

ohyb světla na štěrbině. Oění světla za štěrbinou označuje výslovně jako ohyb teprve Francesco Maria Grimaldi (1613—1663) ve svém posmrtném díle „Physicomathesis de lumine, coloribus et iride aliisque adnexis“ (Bologna 1665). Kepler vysvětluje pozorovanou změnu velikosti obrazu, promítnutého v dírkové komoře a neostrost jeho okrajů čistě geometricky vlivem



1. Přístroj, který Kepler používal k pozorování zdánlivého průměru Slunce.

uspořádání pokusu. Kepler také zkoumá vliv barvy papíru stínítka na rozšíření.<sup>13</sup> Je to myšlenka, kterou později uplatňuje také Jan Marek Marci (1595—1667), když hledá vysvětlení svých pozorování barevných jevů při ohybu světla na štěrbině a dokazuje při tom, že barvy nevznikají mísením bílé a černé barvy, jak bylo tehdy rozšířeným míněním.<sup>14</sup>

Řekli jsme již, že Kepler si povšiml zakulacených hrotů srpku Slunce zakrytého Měsícem při pozorování projekce Slunce při jeho zatmění.<sup>15</sup> Z tohoto

<sup>9</sup> Kepler, c.d., str. 399.

<sup>10</sup> Ioannes Marcus Marci, Thaumantias. Liber de arcu coelesti... Praha 1648, str. 178.

<sup>11</sup> Propositio X. In specie vel radio Solis deficientis per fenestram orbicularem legitime intromissa, cornua non ut in coelo acuta, sed in obtusum reducta apparent, orbiculo fenestrae. Sit vera species inversa Solis deficientis DACE (viz. obr. 2), qualis et quanta per centrum fenestrae influat, per collararium tertiae, in cuius extremis D.E.C.A. scribantur circuli aequales fenestrae, D.H.E.G.C.F.A.B. per secundam. Cum ergo per quintam necesse sit confundi figuram lucentis acuminatam, et fenestrae rotundam, per corollarium vero tertium eiusdem, confusio haec circulo, quatenus circulus, nihil de figurae similitudine detrahat, sed tantummodo promoveat terminos fenestrae D.E.C.A. ut fiat I.G.K.F.B.H. Sola igitur cornua C.D. acuminata manent in causa: circumducta enim secundum circumferentiam figurae fenestrae, scribunt et ipsa talem circumferentiam H.I.K.F. uti prop. sexta patuit. Kepler, c.d., str. 60.

<sup>9</sup> O obtížnosti knihy píše Keplerovi Mästlin a Papius (tamtéž, str. 432 n.).

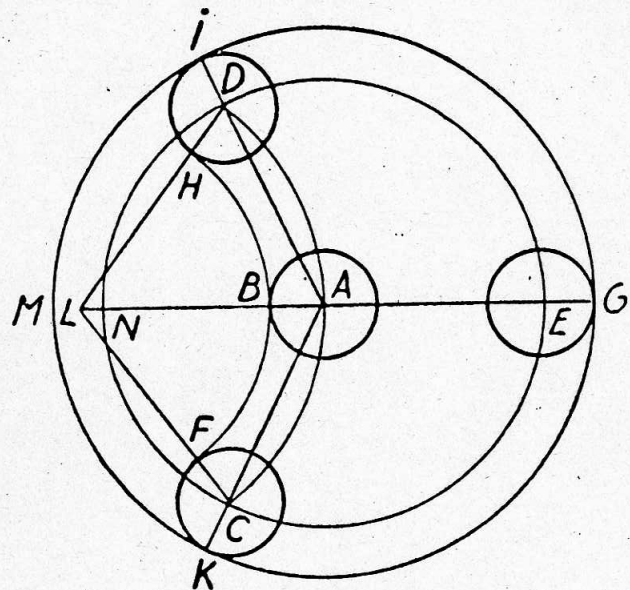
<sup>10</sup> Hoppe E. I., Geschichte der Optik, Leipzig 1926, str. 20.

<sup>11</sup> Znalost přístroje podobného dírkové komoře je připisována již Euklidovi (srv. Pauschmann, c.d., str. 88). Průchod paprsků ze světelného zdroje otvorem před stínítkem vyšetřoval Al Kindi (750—850) a prvá zmínka o použití dírkové komory se připisuje Alhazenovi (kolem 1000), který také vysvětlil vznik obrazu. K Alhazenově práci napsal komentář Kamal al Din al Farisi († 1320), ve kterém je patrné, že autor ovládal úplnou a správnou teorii dírkové komory, kterou používal k zobrazování nebeských i pozemských těles. Princip dírkové komory vysvětluje také Levi ben Gerson (1321 — tamtéž, str. 89).

<sup>12</sup> Ландсверг Г. С., Оптика, Москва 1954, str. 147.



pozorování předpokládal, že promítání v dírkové komoře je zatíženo chybou, kterou je nutno pro správné určování velikosti promítaných předmětů odstranit. Vysvětlení této chyby pomohlo také vysvětlit změnu velikosti zdánlivého průměru Měsíce mezi měřeními Měsíce v úplňku a při zatmění Slunce. Keplerovo vysvětlení spočívalo ve zjištění, že při promítání obrazu šterbinou na stínítko jsou okraje promítnutého obrazu rozšířené o pruh šířky poloměru kruhové šterbiny, kterou se předmět na stínítko promítá (obr. 2). Pro pozo-



2. Ke Keplerovu vysvětlení rozšíření obrazu Slunce promítaného šterbinou.

rování zatmění Slunce dírkovou komorou z toho plyne, že promítaný obraz Slunce je větší o pruh šířky poloměru kruhové šterbiny, temný Měsíc a stupeň zatemnění je pak menší.<sup>16</sup> Proto se také hroty slunečního srpku při neúplném zatmění Slunce jeví na promítnutém obrazu Slunce zakulacené a přechod k úplnému zatmění nastává při jeho pozorování v komoře skokem.

Zobrazení v dírkové komoře vysvětlil již dříve než Kepler, pomíneme-li arabské texty, Franciscus Maurolycus (1494—1577) ve své knize „Photismi de lumine et umbra“. Avšak Maurolykova kniha zůstala v rukopise a byla vydána až 1611 v Neapoli, tedy až po vydání Keplerovy knihy, a to, jak se

<sup>16</sup> Propositio XI. Diameter Lunae in huiusmodi radio minor apparet quam foris in coelo. Manente figura priori (viz obr. 2) continuetur DAC segmentum, eiusque circuli centrum L. connectatur cum C.A.D. Continuatur etiam DEC segmentum per N. eiusque circuli centrum A. connectatur cum C.E.D. punctis, et producat in K.G.I. Cum ergo DECA. per corollarium tertiae sit exacta figura partis de Sole deficiente residuae, cuiusmodi vero in coelo apparet, ideoque LA. ad AE. vel LD. ad DA. vel LC. ad CA. est vera proportio dimentionum Solis et Lunae. Tamtéž, str. 60.

zda, právě z podnětu uveřejnění Keplerovy knihy. Vysvětlení zobrazení v dírkové komoře podal Kepler tedy téměř s jistotou nezávisle na Maurolykovi, právě tak jako poznání funkce čočky v oku.<sup>17</sup>

Při vysvětlení zobrazení v dírkové komoře uvažuje Kepler několik případů uspořádání pokusu, a to v extrémních případech, kdy zřejmě přechází k myšlenkovému pokusu, který v důslednosti provedení požadovaných podmínek nemohl uskutečnit (předpokládá bodový zdroj, bodovou šterbinu, kdy hovoří o pojmu matematického bodu). Postupně probírá jednotlivé možnosti uspořádání pokusu a nejdříve uvažuje o vlivu velikosti zdroje na vlastnosti obrazu.

Je-li promítaný světelný zdroj bodový a v konečné vzdálenosti od stínítka, pak zdroj promítá na stínítko obraz šterbiny, který je podoben tvaru šterbiny.<sup>18</sup> Vzdaluje-li se světelný zdroj od stínítka do nekonečna, stávají se zdroj a obraz kongruentními.<sup>19</sup> Je-li světelný zdroj plošný, pak je možno obraz, který při promítání vznikne na stínítku, považovat za součet nekonečně mnoha obrazů z jednotlivých bodů zdroje.<sup>20</sup> Dále Kepler uvažuje o vlivu velikosti šterbiny na promítaný obraz. Je-li šterbina matematickým bodem, promítne se šterbinou této velikosti na stínítko převrácený obraz zdroje.<sup>21</sup> Promítáním plošnou šterbinou vznikne na stínítku obraz, který můžeme (analogicky podle případu plošného zdroje) považovat za součet nekonečně mnoha obrazů vznikajících na šterbině, kterou si představujeme jako soubor bodových šterbin.<sup>22</sup>

Uvažujeme-li vlivy velikosti šterbiny i velikosti zdroje současně, pak skutečný obraz, jak vysvětluje Kepler, vznikne vzájemným působením přímých obrazů šterbiny a převrácených obrazů předmětu.<sup>23</sup> O tom, zda převažuje na stínítku obraz šterbiny nebo předmětu, o tom rozhodují poměry jejich vzájemných vzdáleností. Nejlepším smísením obou vlivů podle Keplera bude, když poloměry šterbiny a předmětu budou v témže poměru jako jejich vzdálenosti od stínítka. Jestliže se z tohoto ideálního vzájemného postavení předmětu, šterbiny a stínítka pohybuje šterbina blíže ke stínítku, převažuje

<sup>17</sup> Tamtéž, str. 397.

<sup>18</sup> Propositio II. Si unicum punctum luceat, a pariete et fenestra propinquis inestimabili submotum intervallo, lumen in pariete recte obiecto non figuram tantum, sed et quantitatem fenestrae, quam recto itinere transiit, repraesentabit. Tamtéž, str. 50.

<sup>19</sup> Tamtéž, str. 59 n., 409.

<sup>20</sup> Corollarium. Sequitur hinc a quolibet superficie lucentis puncto, radium pyramidalem in obiectum parietem proici, cuius basis figurae fenestrae sit similis; itaque descendente a tota superficie lucente radium in illustratum parietem constare ex infinitis in potentia figuris, fenestrae similibus, se mutuo confundentibus, et fere in idem parietis spatium incumbentibus; quae terminos tamen singulae proprios habiturae sint, si separantur. Tamtéž, str. 50.

<sup>21</sup> Propositio III. Si fenestra punctum esse posset mathematicum, lumen recte obiecti parietis exquisite indueret figuram illustrantis superficie, sed inversam; et eadem foret proportio dimentionum lucentis superficie et illustrati parietis, quae est discessuum utriusque a puncto fenestrae. Tamtéž, str. 51.

<sup>22</sup> Corollarium. Sequitur hinc per singula fenestrae alicuius puncta, quorum infinita sunt, singulas, adeoque infinitas transmitti in superficiem illustratam imagines lucentis inversas, eodem ordine se mutuo consequentes, quem tenent ipsa puncta fenestrae. Tamtéž, str. 52.

<sup>23</sup> Propositio V. Figura radii in pariete confunditur ex lucentis inversa, et fenestrae directa figura, et eis ad hunc modum situ respondet. Tamtéž, str. 53.



v promítnutém obraze na stínítku obraz šterbiny a pro- nutý obraz bude ostřejší. V opačném případě, vzdaluje-li se šterbina od stínítka, vystupuje na stínítku do popředí obraz předmětu a zobrazení bude méně ostré.<sup>24</sup>

Tyto závěry o promítání obrazu předmětu šterbinou na stínítko Kepler aplikuje na pozorování zatmění Slunce dírkovou komorou. Při pozorování zatmění je pro pozorovatele žádoucí, aby byl získán skutečný obraz Slunce. To znamená, že je nutno odstranit chybu, kterou je promítání obrazu Slunce v přístroji zatíženo. Protože Slunce je možno považovat vzhledem k přístroji za nekonečně vzdálené, je obraz zobrazující šterbiny promítnutý z každého bodu Slunce ke šterbině kongruentní. Komora, kterou se zatmění pozoruje, dává tedy obraz Slunce, který se zdá být zvětšen na všech svých stranách o pruh šířky poloměru zobrazující kruhové šterbiny<sup>25</sup> (obr. 2).

### 3. DALŠÍ KEPLEROVA POZOROVÁNÍ OHYBU SVĚTLA

V odstavci, kde probírá otázku, zda při centrální konjunkci Slunce a Měsíce může nastat případ, aby Slunce nebylo celé zakryto, uvádí Kepler Claviovo pozorování zatmění Slunce z r. 1567.<sup>26</sup> Clavius ve svém popisu líčí, že při zatmění Slunce pozoroval kolem Měsíce zářící kruh. Pro nás je Keplerovo vysvětlení, které ke Claviovu pozorování připojuje, zajímavé tím, že zde Kepler připouští také možnost ohybu slunečního světla kolem temného tělesa Měsíce (v jeho atmosféře, o které Kepler nepředpokládá, že by se její hustota s výškou od měsíčního povrchu měnila; tento předpoklad může být zahrnut v Keplerově analogii měsíční atmosféry s atmosférou Země<sup>27</sup>) a tento předpokládaný ohyb má vliv na velikost stínu vrženého Měsícem.

Claviovo pozorování svítícího okraje Slunce při úplném slunečním zatmění se zdá být podivné, jak uvádí Kepler, protože k vysvětlení tohoto jevu by

<sup>24</sup> Cum fenestra totidem suis dimetientibus a pariete distat, quot superficies lucons suis: confusio figurarum est evidentissima, et figura radii ex aequo participat de utriusque figura. At cum paucioribus suis dimetientibus abest a pariete fenestrae, figura radii, situsque eius propius accedit ad figuram fenestrae. Cum vero lucons paucioribus suis dimetientibus abest a pariete, figura radii magis imitatur figuram lucentis, everso situ, et quo magis illud, hoc magis et hoc. Tamtéž, str. 55.

<sup>25</sup> Tamtéž, str. 46n, 409, rovněž str. 302: Problema IX. Ex specie instrumenti seu radio quantumvis adulterato, veram Solis deficientis speciem elicere. Continuetur enim circulus, in quo tria puncta signata sunt, scilicet H.B.F. constituto eius centro L. (viz obr. 2). Id erit Lunaris corporis centrum. Inde ad LB. apponatur BA semidiameter fenestrae, et centro L. distantia LA scribatur circulus DAC corpus Lunae verum repraesentans. Eundem in modum ab AG auferatur GE semidiameter fenestrae, et centro A. distantia AE scribatur circulus DEC Solem repraesentans. Igitur DECA vera erit species Solis deficientis.

<sup>26</sup> Clavius (1537–1612), původním jménem Christof Schlüssel, jesuita, matematik a astronom německého původu.

<sup>27</sup> Causam refractionum si supra inter propositiones opticas in genere recte explicavimus, species quoque indidem recte derivari necesse est. At supra prop. 20. causam adduximus resistentiam medii, qua dispersio lucis impediatur, materiali necessitate. Videndum igitur, quorsum iis insistentes vestigiis pervadere queamus. Kepler, c.d., str. 104; podobně i str. 107.

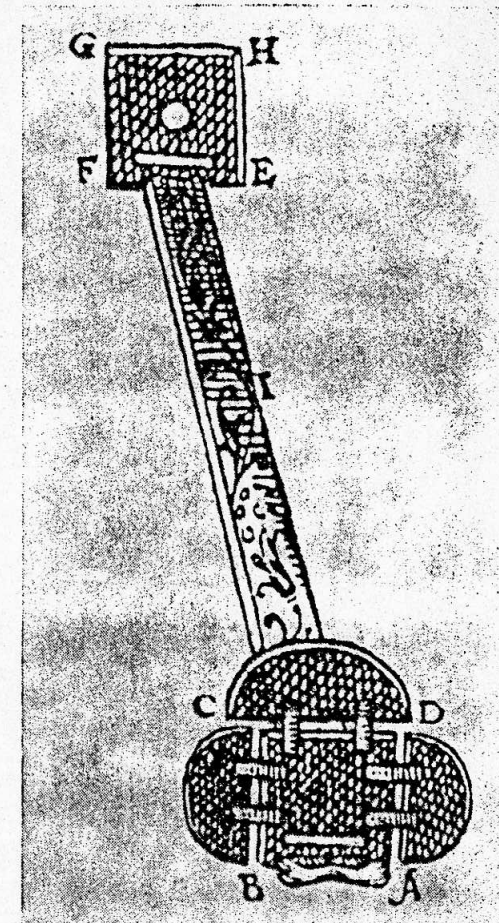
obrazy svítících zdrojů pozorovane okem nebo dírkovou komorou se zvětšují, jak zjišťuje Kepler. Přitom jak obrazy těles, jako v případě uvedeného zatmění Slunce obraz Slunce, která jsou pozorovanými tělesy zakryta, se zvětšit nemohou. Pozorování tohoto jevu není možno podle Keplera tedy připsat vlivu oka pozorovatele. Kepler odmítá myšlenku, že by snad Clavius pozoroval jen srpek slunečního disku při neúplném zatmění Slunce a nikoliv celé mezikruží. Kepler pokládá Claviovo vylíčení pozorování za správné a věrné.

Kepler uvádí pokusy svých předchůdců o vysvětlení možnosti, že by při úplném zatmění Slunce bylo vidět kolem Měsíce mezikruží slunečního disku. Vysvětlení svých předchůdců, které spočívá na Ptolemeově představě, že zdánlivý průměr Slunce se při pohybu Slunce po jeho dráze nemění, ale mění se průměr Měsíce v závislosti na poloze vzhledem k apogeu a perigeu, Kepler odmítá. Při Claviově pozorování nebyly Slunce a Měsíc v takové poloze vůči Zemi, aby Ptolemeova představa mohla vysvětlit viditelnou část nezakrytého slunečního disku. Kepler sám hledá vysvětlení pozorovaného jevu v předpokladu, že kolem Slunce existuje obal vzduchu, který září. Čím blíže je vrstva vzduchu k povrchu Slunce, tím je zářivější.<sup>28</sup> Na jiném místě Kepler

připouští, že zářící obal kolem Slunce může mít podstatu éteru, který je sice velmi řídký, ale přece má určitou hustotu.<sup>29</sup> Podobnou atmosféru připisuje Kepler také Měsíci na podkladě svých pozorování, při kterých se jednalo o pozorování difuse měsíčního světla a jeho ohybu na otvoru.

<sup>28</sup> Ita plane est, quamvis Sol tegatur totus, aer tamen Solem circumstans, quo Soli propior, hoc splendidior est. Tamtéž, str. 259.

<sup>29</sup> Tamtéž, str. 260.



3. Braheův přístroj. „Astronomiae instauratae mechanica.“



V jednom pozorování Kepler líčí, jak pozoroval Měsíc obklopený nevýraznou září, která nebyla přesně ohraničená a na jejíž polohu měl vliv pohyb hlavy pozorovatele.<sup>30</sup> Dále Kepler uvádí své pozorování Měsíce malým otvorem. Na obou koncích tyče připevnil po kovové destičce s malým otvorem. Obraz Měsíce, promítnutý otvorem v destičce na jednom konci tyče, pozoroval otvorem v destičce na druhém konci tyče. Proti Keplerovu očekávání jevil se zdánlivý průměr Měsíce větší, než jaká byla jeho velikost, plynoucí z jiných způsobů měření. Pozorovanou velkou hodnotu zdánlivého průměru Měsíce se Keplerovi nepodařilo snížit zkrácením vzdálenosti mezi oběma šterbinami.<sup>31</sup>

V dalším uvedeném pozorování promítal Kepler obraz Slunce dvěma otvory nestejných velikostí. Je to podstata Youngova pokusu k získání zdrojů koherentních vln pro jejich interferenci, který se však tímto způsobem u Keplera neuplatnil. Přitom popisuje Kepler také pozorování ohybu světla na šterbině a hledá vysvětlení pozorovaného jevu. Jestliže zakryl větší z otvorů, pak obraz promítaný menším otvorem neměl zřetelný okraj a ten přecházel do temné barvy. Okraj velikostí převyšoval rozměry menšího kruhu. Tento jev vysvětluje Kepler předpokladem existence svítící atmosféry kolem Slunce, která se současně zobrazuje šterbinou na stínítku s obrazem samotného slunečního tělesa. Sluneční paprsek průchodem těsným otvorem šterbinou se oslabí a není již schopen, aby osvětlil papír stínítko podstatně intenzivněji, než jak ho osvětlují paprsky, pocházející ze vzduchu, který obklopuje Slunce. Právě tyto okrajové sluneční paprsky rozšiřují promítaný obraz Slunce a jsou příčinou temné barvy na okraji obrazu.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> Tamtéž, str. 259 n.

<sup>31</sup> Simile quid mihi accidit sequenti 16. 26. Ianuarii vesperi, Luna in perigaeo versante, cum plurima admiratione. Rotulam acneam exquisite circularem stylo infibulata in perticæ duodecim pedes longæ termino altero, erexi perpendiculariter, ex altero termino applicavi oculum, et ante oculum tenuissimum foramen in altera laminula aerea, sic ut oculo per foramen in rotulam perpendicularis esset prospectus, nec quicquam oculi latitudinis occasione posset contingere. Cumque qualium intervallum oculi et rotulae erat 10368, talium rotulae latitudo 104 esset, tegens arcum 34 1/3' minorum: sperabam ista rotula Lunam plane tectum iri, propter alios modos observandi, quos una adhibebam. Atqui circumcirca Luna prominere videbatur hic me sollicitudo incessabat, ne fortassis alii modi, quibus plurimum fido, falsi essent. A fallaciam esse, statim patuit, oculo ad rotulam appropinquante. Etenim nondum sese recipiebat omnis illa claritudo post rotulam, etiam cum ad 10 pedum propinquitatem oculus veniret. Quomodo Lunam ultra 41' minuta repraesentare oportuisset, quod sciunt omnes falsum esse. Neque potui determinatam agnoscere distantiam, ex qua tegetetur Luna, semper enim lucidum quid circumcirca vidi, etiam a septem pedum intervallo. Tamtéž, str. 260. Přístroj podobného typu používal také Brahe, *Astronomiae instauratae mechanica*, Opera omnia, ed. Dreyer 1915 str. 154 (obr. 3).

<sup>32</sup> Nec multo aliud mihi anno 1600. Gratii obiciebatur, circa observationem diametri, per foramen intromissi. Apertis enim duobus foraminibus, altero milli, altero pisi magnitudine circulisque binis in tabella opposita depictis, quorum alter alterum excederet intervallo tanto quanto foramen maius a minore differabat: radius quidem Solis per maius foramen immisso aequabat maiorem circum, at maiori foramine obstructo, qui per minus ingrediebatur, neque terminum conspicuum, et limbum paulatim in fuscum colorem transcurrentem obtinebat, donique minorem circum longe superabat. Radius enim Solis per tam angustum foramen valde at tenuatus, non multo clarius illustrare poterat papyrus, quam radii ex aere Solem circumstantis quorum cum solaribus continuatio maiorem iusto amplitudinem, et fuliginosum colorem representabat. Erat autem eius diei aer supra modum splendidus, longe a Sole. Tamtéž, str. 260

Tedy svítící atmosféra kolem Slunce by bylo možno vysvětlit Claviovo pozorování svítícího mezikruží slunečního disku při úplném zatmění Slunce (a také by to podle Keplera bylo vysvětlením pozorování ohybových jevů při promítání obrazu Slunce malým otvorem) v tom případě, kdyby Clavius pozoroval, že svítící mezikruží má neostří okraj a jeho intenzity směrem ke kraji ubývá. Kdyby však Clavius pozoroval při zatmění Slunce mezikruží svítícího slunečního disku s ostrým vnějším okrajem, pak by Kepler vzhledem k tomu, že se na měsíčním povrchu předpokládá existence moří, hor a údolí jako na zemském povrchu, připsal analogicky k existenci zemské atmosféry také atmosféru Měsíci. Za předpokladu existence měsíční atmosféry by Claviovo pozorování podle Keplera vysvětlil ohyb paprsků v této atmosféře. Podobně jako v zemské atmosféře sluneční paprsky vykazují refrakci, tak i paprsky, které vycházejí z okrajových oblastí Slunce, by obcházely měsíční atmosférou těleso Měsíce jakýmsi obloukem, protože by se v měsíční atmosféře lámaly. Tak by kužel slunečních paprsků vzhledem k oku pozorovatele byl kratší a zdánlivý sluneční průměr by se jevil pozorovateli větší.<sup>33</sup>

Na myšlenku jiného vysvětlení poukázal Keplerovi zmínkou o průhledných okrajích Měsíce kterýsi příznivec astronomie.<sup>34</sup> Kepler vzpomíná zde také pozorování Jesenského (1566—1621), který pozoroval při neúplném zatmění Slunce jasný, zářící pás kolem Měsíce. Podle vzájemné polohy těles při tomto zatmění nemohl Jesenský podle Keplera pozorovat v zářícím pásu těleso Slunce. Kepler hledá příčinu tohoto jevu ve vzduchu.<sup>35</sup>

Kepler si však byl vědom potíží při vysvětlení existence zářícího pásu při zatmění Slunce průsvitností měsíčního okraje. Jak podotýká, okraje Měsíce by nemusely být průsvitné, mohly by být z hustší substance než z jaké je éterový vzduch či samotný Měsíc. Kepler si také klade otázku, proč v případě pravdivosti předpokladu o průsvitnosti měsíčních okrajů není tedy vidět zářící mezikruží Slunce při každém úplném slunečním zatmění? Zdá se, že mezi oběma uvedenými příčinami jevu se Kepler nerozhodl. Říká, že raději se tedy přiklání k myšlence, že Měsíc je obklopen vzduchem. Výška měsíční atmosféry není velká, takže zřídka může vyvolat tato atmosféra jev svítícího mezikruží Slunce při úplném slunečním zatmění. Ale ještě přitažlivější je pro Keplera myšlenka, aby platila příčina, kterou uvedl na předposledním místě a tuto chce mít v zásobě, aniž jí použil.<sup>36</sup> Tak nejistým se v těchto závěrech jeví Keplerův postoj.

<sup>33</sup> Tamtéž, str. 261.

<sup>34</sup> Tamtéž, str. 261 n.

<sup>35</sup> Tamtéž, str. 250.

<sup>36</sup> Tamtéž, str. 262.



Kepler v uvedených pokusech studoval za různých podmínek vlivy geometrického uspořádání a velikosti zdroje a štěrbinu při promítání dírkovou komorou na vlastnosti obrazu. Vliv uvedených činitelů studoval Kepler pro použití při přesnějších pozorováních dírkovou komorou, kterou zdokonalil pro astronomické účely. Mimo dírkovou komoru se stínítkem používal také komory se dvěma otvory, při jejímž použití pozoroval také jev ohybu světla na štěrbině. Vliv pozorovaných jevů ohybu světla hledal Kepler v atmosférách zářících nebeských těles.

V Keplerových pokusech pak dále pokračoval Christofor Scheiner, který pro pozorování Slunce sestrojil helioskop, a Baltasar Konrád s Melchiorem Baltasarem Hanělem, kteří při opakování Scheinerových pokusů za změněných podmínek pozorovali výskyt spektrálních barev při ohybu světla na otvoru.

Kepler sám se sice zmiňuje, pouze však obecně, o problému barev také v některých svých dopisech,<sup>37</sup> ale výslovně odmítá věnovat tomuto problému pozornost.<sup>38</sup> Zastává názor, že barvy vznikají mísením černé a bílé barvy v různých poměrech.<sup>39</sup>

### III. CHRISTOFOR SCHEINER

Pokračovatelem v Keplerově studiu astronomické optiky byl Christofor Scheiner (1575—1650). Scheiner rozvíjel dále Keplerovu metodu pozorování a zdokonalil ji do konstrukce helioskopu, který Scheinerovi hlavně sloužil k pozorování a zakreslování tvaru a pohybu slunečních skvrn. Sluneční skvrny spolu s rotací Slunce Scheiner nedlouho po svých předchůdcích Galileo Galileim (1564—1642) a Janu Fabriciovi (1587—1615) a nezávisle na nich také objevil. O svých pozorováních, z nichž prvé vykonal podle svého udání 11. března 1611, uveřejnil 1612 dopisy.

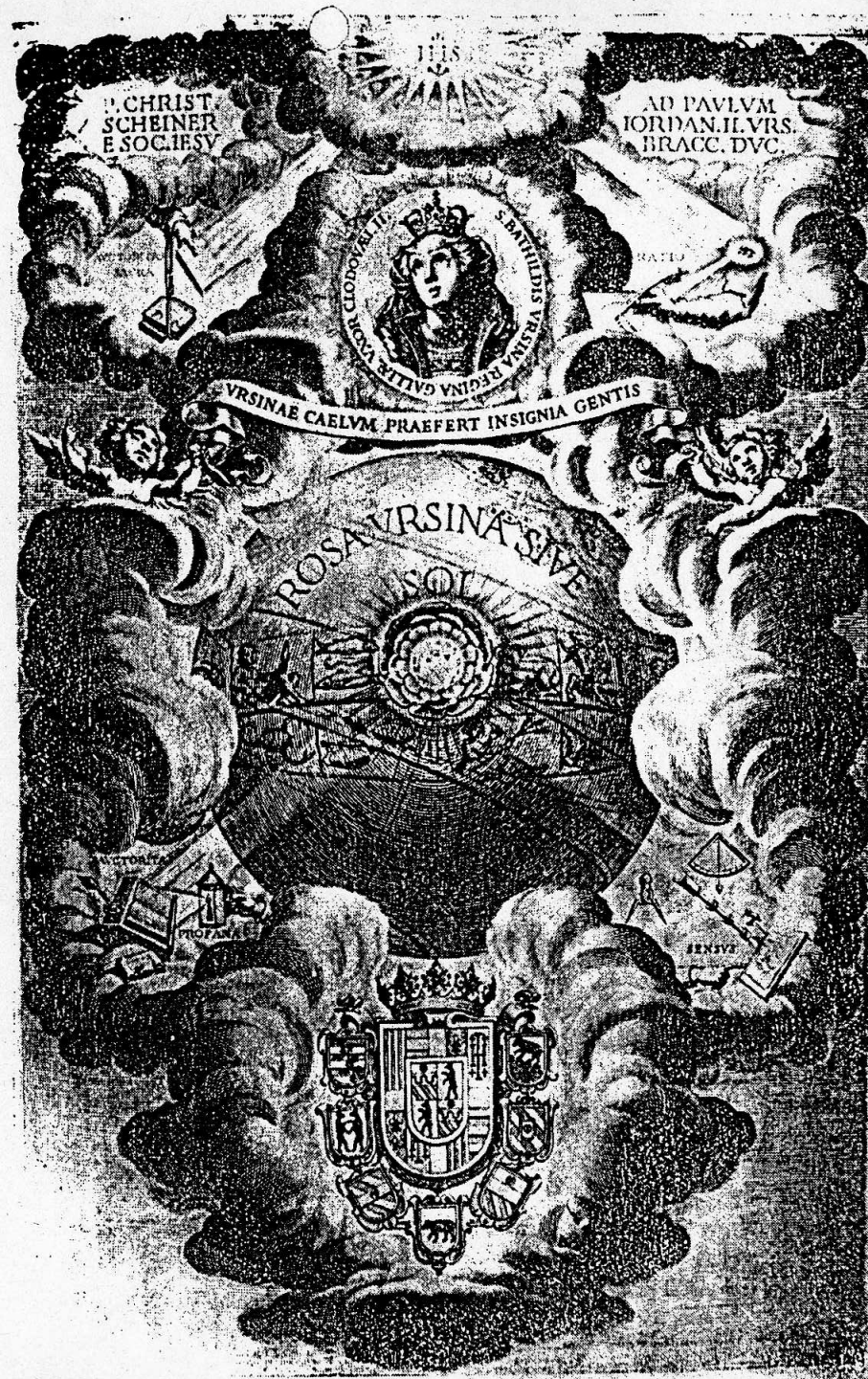
Podobně jako Keplerovi je i Scheinerovi optika jen prostředkem, který umožňuje pečlivější astronomická pozorování.<sup>40</sup> Zmínky o pozorováních, která pokládáme za zprávy o pozorování ohybu světla, nalézáme v Scheinerově knize „*Rosa Ursina sive Sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius*“, která vyšla 1630 v Braccianu.

<sup>37</sup> Kupř. Keplerův dopis T. Harriotovi z Prahy r. 1606, tamtéž, str. 433.

<sup>38</sup> At quae sit colorum forma, quae differentia specifica, plane ignoro. Tamtéž, str. 437, pozn. ke str. 23.

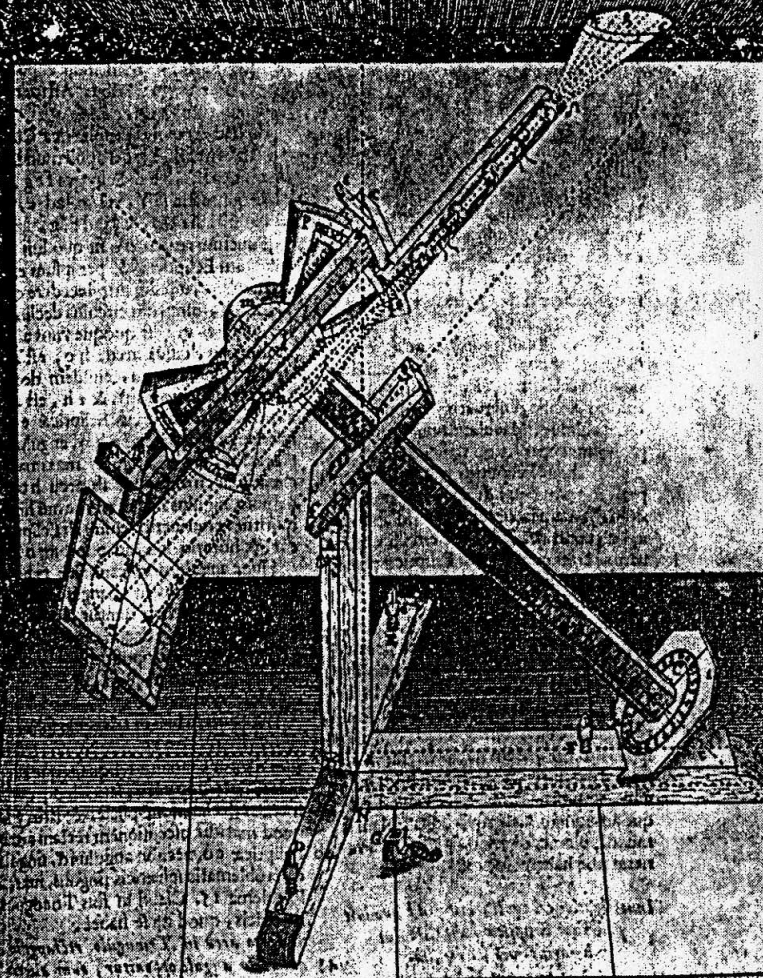
<sup>39</sup> ... colores tantum gradibus lucis et tenebrarum differunt... Tamtéž, str. 33.

<sup>40</sup> Některá podrobnější pojednání odkazuje Scheiner do optických prací: „... num haec in Opticis pertractari solent...“. *Rosa Ursina sive Sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius*, Bracciano 1626—30, str. 610.



4. Frontispice Scheinerovy knihy „Rosa Ursina“ ...“.

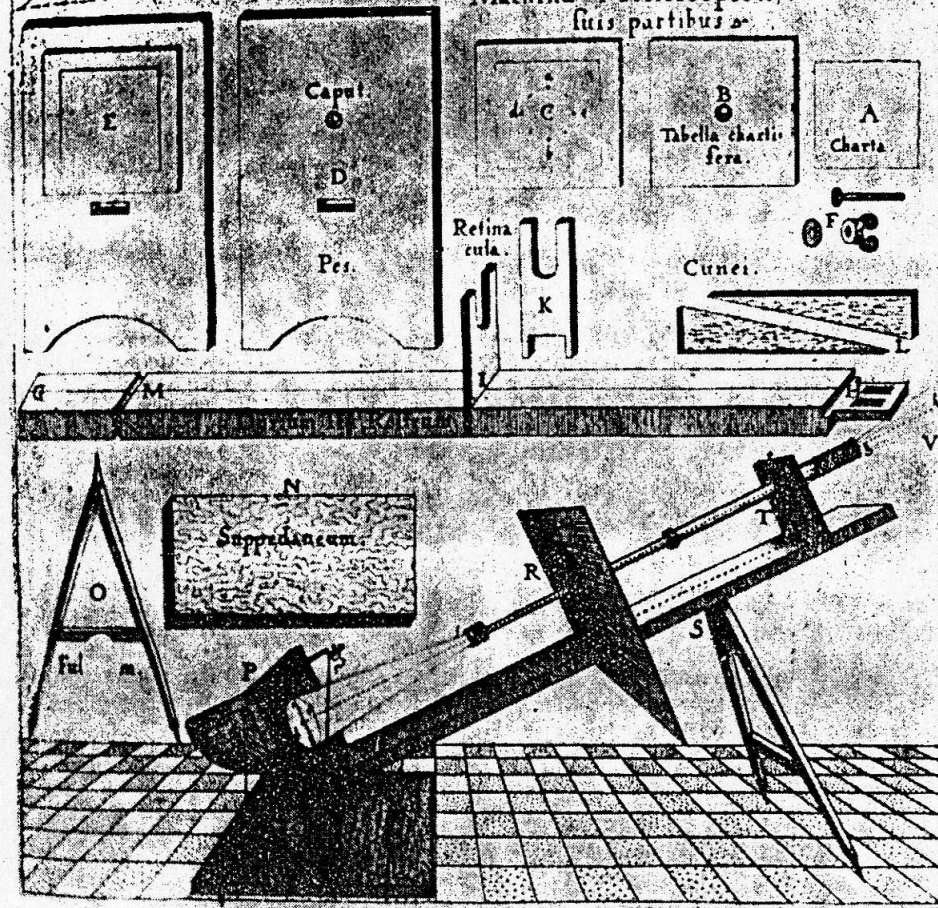




Helioscopii Telescopii sine Telescopij Helioscopici figura, qua  
 Machina Macularum Solaris absq[ue] ullo speculo, aut laboriosa  
 Leptica ad verticalem Orientum inclinationem acquiritur.

5a. Scheinerův helioskop.

Machina Helioscopica cum  
 suis partibus



I. nea recte fig h, per centra solaris bascos  
 & centri observationis, a d b e, itemq[ue] lē-  
 tum & Solis incidens, ad plana illorum  
 cōtata, longitudinem, i k m, rostro, Q S,  
 paranda.

Quasi autem lentū tubo inclinarum  
 sit dispositio, patet ad aspectum in tubo,  
 a e n t b, in quo convexa lens, c, d, in-  
 terta est arundini maiori, a e f b, concava

II. K l m n, minori, e k l ē Sol per tubum ex-  
 ceptus, p, cuius axis radiosus, p g, in di-  
 rectum fertur cum axe tubi, g h o, ex cē-  
 tro Solis, p, per centra lentium, i & o, ad  
 quarum plana perpendiculariter erectus  
 est. Et hæc est necessaria & bona Tubi  
 seu Telescopij cuiuscunque constitutio.

Verum enim vero, quia hæc sunt val-  
 de generalia, & interim ex his de hoc

K 2 vel

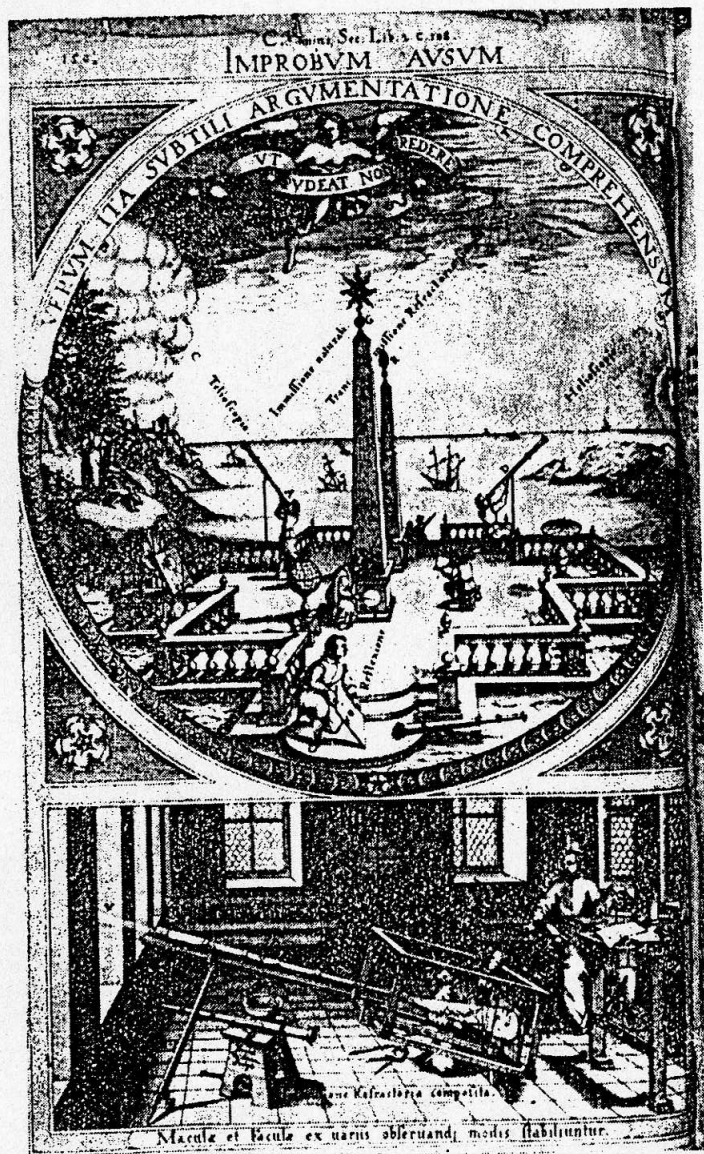
5b. Scheinerův helioskop.



Pro nás je zajímavé, že Scheiner byl mj. rektorem jesuitské koleje v Nise ve Slezsku. Nisa patřila k pražské řádové provincii, takže Scheiner byl v Praze iště častějším hostem. Na jednom místě své knihy „Rosa Ursina“ vzpomíná iaké svých pozorování v Praze.<sup>41</sup> Výtisk této knihy, který je uložen v Uni-

versitní knihovně v Praze (sign. 14 A 32), je opatřen poznámkou, že ho autor daroval pražské koleji.

#### 1. SCHEINEROVO POZOROVÁNÍ OHYBU SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ



6. Různé způsoby pozorování Slunce.

Hlavním předmětem Scheinerovy vědecké činnosti, jak již nasvědčuje název jeho rozsáhlé knihy, byl výzkum Slunce. Scheiner objevil nezávisle na Galileim a Fabriciovi existenci slunečních skvrn a pro jejich pozorování a obecně pro pozorování slunečního povrchu navrhl a sestrojil helioskop.<sup>42</sup> Byl umístěn v temné místnosti a pozorovatelé zakreslovali promítaný obraz Slunce na stínítku (obr. 6 — ostatní obrázky představují další různé metody pozorování Slunce).

Při svých astronomických zájmech věnoval Scheiner také pozornost úloze, která tehdy budila značný zájem, totiž určení zdánlivé velikosti slunečního průměru. Proto Scheiner navrhl a sestrojil také přístroj (obr. 6). Byla to v podstatě komora s dírkou, jakou používal Kepler. Scheiner promítal obraz Slunce na stínítko malým otvorem a pozoroval při svých měřeních zřejmě ohyb světla na štěrbině: pozoroval rozšíření obrazu, neostrost jeho krajů. zmiňuje se také o zabarvení okrajů promítaného obrazu slunečního kotouče a popisuje i pozorování „duhy“, tj. spektrálních barev na okraji promítaného obrazu.<sup>43</sup> Scheiner na tomto místě shrnuje svá pozorování barevných jevů na průmětech Slunce a zmiňuje se nejen o pozorování výskytu „plošných“ barevných jevů (které by mohly představovat snad nejen změny v barvě od středu obrazu slunečního disku k jeho okraji, ale tato zmínka by mohla být také odkazem na zjištění barevných jevů u slunečních skvrn,<sup>44</sup>) ale hovoří přímo o pozorování spektrálních barev. Z této Scheinerovy zmínky však není žel jasné, za jakých okolností toto pozorování probíhalo.

Scheiner při měření zdánlivého slunečního průměru systematicky měnil podmínky pozorování, aby dosáhl co největší přesnosti. Měnil také velikost otvoru štěrbinu a pozoroval vliv její velikosti na velikost a osvětlení obrazu,

<sup>42</sup> Scheiner popisuje helioskop takto: Voco omne instrumentum ex lentibus coloratis ad Solom indemni oculo corruendum fabrefactum, Helioscopium. Quotcunqve vero modis res aliae per vitra et instrumenta diaphana artificiose spectantur, tot etiam Sol per Helioscopia lustrari potest. Sive convexo uno, seu concavo et convexo; seu convexis duobus, sive denique pluribus artificiose constructis ... Tamtéž, str. 132.

<sup>43</sup> Existunt autem et visuntur quandoque in eodem Sole colores quidem alii extraordinarii, vel arearum, vel iridium ex parte, vel denique variegati ... Tamtéž, str. 613.

<sup>44</sup> Maculae crassiores, nucleis faecundae aut sibi vicinae, plerumque coloribus quibusdam peregrinis tinguntur, ... Tamtéž, str. 160. Colores etiam varios ostendit (tj. sluneční skvrna), versus centrum caeruleo, et subalbidis, versus marginem autem e flavo in furvum declinantes. Tamtéž, str. 166. Je pochopitelné, že při pozorování dalekohledem či jiným přístrojem opatřeným čočkou, se uplatňovala také chromatická vada čoček, která byla studována teprve později.

<sup>41</sup> ... similia (tj. pozorování) etiam olim feci in Germania, Ingolstadii, Oeniponti, Fryburgi, Viennae, Pragae ... Tamtéž, str. 578.



o čemž se zmiňuje příležitostně na různých místech své knihy.<sup>45</sup> Mimo tyto zmínky podává na dvou místech přehled vlastností obrazu Slunce, promítnutého malým otvorem. Nemluví výslovně o prázdném otvoru štěrbinu, který není opatřen čočkou, avšak jeho popis se týká pravděpodobně průmětu pouhým otvorem bez čočky.

Scheinerův přístroj se skládal z podstavné desky označené jako hranol *abcdef*, která byla opatřena měřítkem (obr. 7). Na hraně desky u počátku měřítka byla připevněna kolmo k desce kovová destička *abik*, která v místě *l* byla opatřena otvorem pokud možno malých rozměrů, který sloužil jako promítací štěrbinu. Na opačném konci desky rovnoběžně s kovovou destičkou se štěrbinou byl připevněn držák *mnesf*, na který se připevňoval papír *opqr* jako stínítko pro promítaný obraz.<sup>46</sup> Při měření byl přístroj umístěn v uzavřené místnosti, kam nemělo vnikat vnější světlo. Přístroj se namířil proti Slunci v poloze *stu* tak, aby se obraz Slunce promítl jen otvorem *l* na papír stínítko, kde se zakreslil jako kruh *xyz*.<sup>47</sup>

V další kapitole popisuje Scheiner vlastnosti obrazu Slunce, promítnutého štěrbinou popsaného přístroje. Na počátku se zmiňuje o nehomogenním rozložení intenzity světla po celé ploše promítnutého obrazu a výskytu barevných jevů na okraji obrazu. Obraz Slunce je ve středu jasný a ve čtvrtině poloměru k okraji je již slabý a temný. Zde pokles intenzity dopadajícího světla přináší také změnu v barvě obrazu: ve středu obrazu je velká plocha bíle zbarvená, směrem k okraji obrazu prudce slábne a mění se v barvu, smíšenou z černé a červené.<sup>48</sup> Zmínka o pozorování barevných jevů je na tomto místě poněkud nejasná. Mohlo by se jednat o zjev kontrastu, Scheiner však na jiném místě hovoří o podobné souvislosti u pozorování duhy, tj. spektrálních barev, při tomto způsobu pozorování průmětu Slunce. Na druhé straně jsou v Scheinerově knize místa, v nichž se o pozorování barevných jevů na promítnutém obraze přitom nezmiňuje.

Scheiner dále uvádí, že sluneční světlo je po celé ploše obrazu rozloženo spojitě, bez přerušení, a že obraz se v různých ročních dobách v různých dnech hodinách při různých výškách Slunce nad obzorem nemění. Promítnutý

Instrumentum

Observatorium pro capiens  
Laminam Solis Diametri.

Observationes Visualium Solis Diametrorum.  
Annis 1625, 1626, 1627, Roma.

AB Linea ducentarum decem particularium, qualis  
tota foramina a charta distantia, fuit 100000000  
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

| Annu | Menſi                   | Die     | Diametri visuales obſervate. | per Foramen.            |
|------|-------------------------|---------|------------------------------|-------------------------|
| 1625 | Octob.                  | 17      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
|      |                         | 23      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
|      | Novemb.                 | 21      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
|      |                         | 28      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
| 1626 | Mart.                   | 24      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
|      |                         | 26      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
|      | Octob.                  | 19      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |
|      |                         | Decemb. | 21                           | 72 02 07<br>100 100 100 |
| 23   | 72 02 07<br>100 100 100 |         | Minimum.                     |                         |
| 25   | 72 02 07<br>100 100 100 |         | 1. Minimum.                  |                         |
| 27   | 72 02 07<br>100 100 100 |         | 2. Maius.                    |                         |
| 1627 | Iunij.                  | 24      | 72 02 07<br>100 100 100      | 3. Ampli' priorc.       |
|      |                         | 26      | 72 02 07<br>100 100 100      | 4. Mai' priorc.         |
|      | Sept.                   | 22      | 72 02 07<br>100 100 100      | 5. Maximum.             |
|      |                         | 27      | 72 02 07<br>100 100 100      | Minimum.                |

I. tam! Putabam ego, quemadmodum  
etiam nunc, ex eodem fundamento fieri & decidi, ex quo maius foramen minorem Solem praesentat. Fortior enim lux vixitq. sensum debilioris suffocat; & sic, lucēs illæ angulares, ob sui tenuitatem, reliquarum vigore, & abundantia obruantur, restante id quotidiana experientia. Sed de hac re alibi si Deo

II. placuerit ex instituto.

Notationes in observationem diei  
25. Decemb. anni 1625.

Anno eodem, die 25. Decembris, per minimum foramen, accepi Solis diametros non maximas, sed imagini lucida bene immerſas, a c. partium 136. minuto

7. Scheinerův přístroj k měření zdánlivého průměru Slunce s tabulkou výsledků.

<sup>45</sup> Dio 23. Martii (r. 1626) immisi Solem per ordinarium foramen minimum, quod P. Gregorius Vincentius, libero aspectu ob parvitatem non vidit... Sol in medio illustris, ad extrema subfurvus, et non bene praecisus... Deinde per foramina alia quattuor, ordine sensim maiora figuram Solis proposui, quae ad maiora foramina semper et sensibilibiter minor, sed luce validior affulsit. Tandem edocui ipso experimento, parvum admissum aliunde lumen, imminuere solari conii basin, per foramen haustam, augere demptum. Tamtéž, str. 582, dále i 580, 620 aj.

<sup>46</sup> Podobný způsob pozorování bez držáku papíru popisuje Kepler, c.d., str. 260.

<sup>47</sup> Intra cameram clausam undique, ita ut nil lucis penitus uspiam intret, oppone instrumentum laminam ai, Soli stu, ita ut per unicum foramen l tralucaat in chartam qo, ibique dopinga lucidam sui speciem circularem xyz... Scheiner, Rosa Ursina..., str. 573.

<sup>48</sup> Lux huius imaginis solaris yzx non est ubique aeque intensa, sed in medio clara, versu margines ad quartam semidiametri partem valde debilis et obscura... Noque decrementum ipsius uniforme, sed difforme videtur. In medio enim magno spatio aequabili ferno nitore ead dicat, doinde vehementer ad extrema deficit, in colorem ex rufo et furvo mixtum. Tamtéž str. 574.



z se však změnil, jestliže se změnila vzdálenost štěrbinou od stínítka (při té velikosti štěrbinou). Jestliže se zmenšila, pak se zmenšil také promítnutý z i méně osvětlené okraje obrazu. Jestliže se naopak vzdálenost zvětšila, šily se také zmíněné světelné jevy na obraze.<sup>49</sup>

dalším popisuje výsledky svých pozorování promítaného obrazu v různých polohách Slunce nad obzorem; při východu, západu a v poledne. Při rodu Slunce nezobrazí se štěrbinou nic z červánků a jasu oblohy před obzorem, dokud Slunce samo nevystoupí nad obzor. Jakmile se však objeví paprsky Slunce nad horizontem, objeví se na papíru stínítka počátek obrazu, ovšem převrácený. Promítnutý obraz Slunce na stínítku roste, jak se sluneční kotouč stoupá nad obzor, a doplní se na úplný kruh až teprve tehdy, až celý sluneční kotouč vystoupí nad obzor. Podobně jakmile začne Slunce zapadat pod obzor, jeho obraz odpovídajícím způsobem ustupuje, až úplně zmizí, když zhasnou poslední paprsky Slunce. I když po západu Slunce obloha nad západem jasně září, stínítko přístroje je již jen temné. Za poledne pozoroval Scheiner průchod obrazu Slunce přes stínítko při zobrazení malým otvorem tak, že nechal „vycházet“ a „zapadat“ Slunce vzhledem ke svému obrazu na troji za stěny, které se nacházely v zorném poli pozorování. Při tomto pozorování zjistil, že se na stínítku neobjeví žádný úkaz, dokud na stínítku nezačnou dopadat paprsky „vycházejícího“ Slunce. Tvar promítnutého obrazu slunečního disku odpovídal tomu, jaká část Slunce nezakrytá otvorem byla viditelná. Aby vyloučil jakékoliv pochybnosti, dal Scheiner pozorovat Slunce současně několika pozorovatelům různými způsoby: sám pozoroval promítnutý obraz Slunce svým přístrojem, další pozorovatelé pozorovali zbrojeným okem, helioskopem a dalekohledem. Podle svého pozorování obrazu na stínítku přístroje udal okamžik prvního či posledního zachytiteltvo promítnutého slunečního paprsku při východu a západu Slunce, přičemž ostatní pozorovatelé se neměli vzájemně na tento okamžik upozorňovat. Při pozorování nezávislosti pozorování souhlasil Scheinerem udaný okamžik zjistiteltvo prvního či posledního paprsku při všech způsobech pozorování i u ostatních pozorovatelů. Týž souhlas u všech pozorovatelů při stejně uspořádaném pozorování usiloval zjistil Scheiner také při pozorování v poledne. Pro vyloučení vlivu zeměpisné polohy prováděl Scheiner tyto pokusy na různých místech. Při výpočítávání vlastností obrazu Slunce promítnutého malým otvorem, uvádí se zde Scheiner také o jevu, který představoval pozorování ohybu světla na štěrbině. Okraj obrazu Slunce promítnutého malým otvorem nebyl světelně ohraničen, ale jevil se nerovný a zhrublý, zvláště při pozorování v poledne, takže se obtížně dala určit hranice obrazu a jeho temného okolí. Při

pozorování promítnutého obrazu z větší vzdálenosti byla tato hranice zřetelnější.<sup>50</sup>

Při svých měřeních Scheiner zjistil, že velikost promítnutého obrazu, tj. velikost zdánlivého průměru Slunce, závisí na poloze Slunce vzhledem k Zemi v době měření. Jestliže se měří vždy za týchž podmínek, pak promítnutý obraz je nejmenší v apogeu a největší v perigeu. Při polohách Slunce na jeho dráze mezi těmito body leží naměřené velikosti promítnutého obrazu mezi oběma extrémními hodnotami velikosti obrazu. Avšak Scheiner podotýká, že rozdíl mezi oběma extrémy nelze snadno určit, protože světlo na okraji obrazu je málo intenzivní a velikost zjištěného průměru je odhadnuta nestejně.<sup>51</sup>

Závěrem uvádí Scheiner vliv velikosti štěrbinou na velikost promítnutého obrazu. Jsou-li ostatní podmínky pozorování zachovány, pak se při použití menší štěrbinou promítnutý obraz Slunce zvětší, avšak je méně intenzivní. Jestliže se použije větší štěrbinou, poměry jsou opačné: velikost obrazu se zmenší a intenzita vzroste. Velikost použité štěrbinou má však podle Scheinera zjištění svoji hranici, za kterou již uvedený výsledek neplatí. Při použití značně velké štěrbinou je promítnutý obraz Slunce také větší, než při promítání štěrbinou malých rozměrů.<sup>52</sup>

Jev změny intenzity osvětlení obrazu při promítání štěrbinou vysvětluje Scheiner na jiném místě knihy tím, že větším otvorem štěrbinou vniká ze sféry každého zářivého zdroje více paprsků.<sup>53</sup> Uvádí zde také pokus, který častěji demonstroval, kdy otvor v mosazné destičce neznatelný při pohledu v odraženém světle byl patrný jen při postavení destičky proti světelnému zdroji, aby otvorem světlo procházelo.

Popisuje také vliv velikosti štěrbinou na jakost okraje promítaného obrazu.

<sup>50</sup> Peripheria huius solaris imaginis non ut munditer praecisa, sed molliter lacera et aspera. ut a tenebrarum consortio aegre discernatur, praesertim si oculus vicinus conatum adhibeat. Nam si paululum absistat, distinctionem confinium inter lucem et tenebras maiorem assequetur, id quod etiam aliis umbris a Sole proiectis familiare est. Tamtéž, str. 576.

<sup>51</sup> Imago haec, ceteris omnibus paribus, minima est, Sole apogaeum occupante, maxima perigaeum, media in distantia media. Excessus tamen maximae supra minimam, aut huius defectus ab illa aegre acquiri potest ob lucis marginalis tenuitatem et perimetri inaequalem praecisionem. Tamtéž, str. 576.

<sup>52</sup> In hoc observandi modo, haec perpetua et constans proprietates reperitur, quod quo minus foramen adhibetur, caeteris omnibus paribus, circulus solaris lucidus maior extensione, sed minor intensione luminis evadit. Quando foramen maius intercedit, minuitur extensio circuli luminosi, sed intensio augetur, id ipsum tamen intra certam magnitudinis metam verum, quam usus et experientia facile ostendunt observatori sedulo. Nam si foramen notabilis magnitudinis adhibeas, figura Solis maior evadet, quam per foramen minus etc. Tamtéž, str. 576.

<sup>53</sup> ... unde per minimum physicum foramen luculem quasi minimam deferet, ex puncto Solis quolibet nimirum radium unicum, quia alii infiniti foraminis exilitate excluduntur. Quando autem foramen, vel uno quasi atomo, augetur, statim lux coni immisi sensibiliter clarescit.

Quare hoc? Quia ex radiosa solaris puncti cuiuslibet allucentis sphaera per foramen maius plures radii in basin coni solaris collucescunt. Acepi autem ego foramen physico quasi minimum, ita ut in lunella orichalcea etiam visum acutum, cuiusmodi meum arbitror, effugeret. Ostendi lamellam multis. Dixi, ipsi inesse foramen subtilissimum. Non potuere invenire, nisi obversa ad lucem lamina. Per talia ergo foramina traiectus in locum obscurissimum Sol, suam figuram tenuissimi splendoris exhibet. Per maiora autem statim clarior evadit etc. Tamtéž, str. 618.

<sup>49</sup> Si eodem retento foramine chartam rpi propius admoveas, circulus lucidus minuetur margines minus lucidi etiam contrahuntur in arcibus versus contrarium y. Si amoveas chartam, illa dilatabuntur. Tamtéž, str. 574.



Okraj obrazu je ostřejší, je-li šterbina větší, a naopak: je-li šterbina menší, okraj obrazu je více nerovný.

Pro nejlepší podmínky pozorování velikosti průměru Slunce Scheiner vyžaduje, aby prostor pozorování byl dokonale uzavřen proti vnikání okolního světla a aby otvor šterbiny byl pokud možno nejmenší. Pak se promítnutý obraz jeví největší. Jestliže vniká do prostoru pozorování vnější světlo, promítnutý obraz se zmenšuje.<sup>54</sup> I když zde Scheiner používá výrazů, ze kterých by pro nás plynula nutnost světlotěsnosti, je pravděpodobné, že jeho nároky nebyly tak značné. Tomu nasvědčuje popis pozorování, vyobrazení metody pozorování (obr. 6) a další úprava metody Konrádem a Hanělem, kde autoři při popisu pozorování výskytu barevného spektra při ohybu světla na šterbině vysvětlují, že Scheiner tento jev nemohl pozorovat právě pro nedosta- tečné zatemnění.

Je zajímavé, že při vysvětlení vlivu velikosti šterbiny na velikost promíta- ného obrazu se Scheiner neodvolává na Keplerovo vysvětlení z jeho knihy „Ad Vitellionem paralipomena . . .“, ačkoliv ji znal. Je možno však říci, že vliv Keplerovy knihy je u Scheinera patrný. Scheiner dále ve své knize vy- světluje pozorování, podle kterého zmenšení otvoru šterbiny působí zvětšení obrazu Slunce, a naopak: obraz Slunce je menší, použije-li se větší šterbiny.<sup>55</sup> Scheinerovo vysvětlení vlivu velikosti šterbiny na velikost promítaného ob- razu spočívá na dvou předpokladech; že sluneční paprsky dopadající na šter- binu jsou intenzivnější tehdy, vycházejí-li ze středu Slunce, a méně inten- sivní, přicházejí-li z okrajových bodů, a že se při pozorování změny velikosti promítaného obrazu při změně velikosti šterbiny uplatňuje různá vnímavost oka pozorovatele pro různě velké stupně intenzity světla.

Scheinerovo vysvětlení zmíněného jevu pak spočívá v této představě. Použije-li Scheiner za šterbinu velmi malého otvoru, dostane na stínítku jednoduchý obraz Slunce zobrazený v každém svém bodě paprskem z odpo- vídajícího bodu Slunce. Tak do středu promítaného obrazu dopadnou inten-

<sup>54</sup> Septimo. Si locus sit penitus oclusus, ita ut alienae atque externae lucis nil penitus intret, et foramen physico minutissimum, imago Solis apparebit sub ea magnitudine, sub qua potest; si vero alterius lucis vel parum ingrediatur, in illam cameram, magnitudini imaginis aliquid decedet. Tamtéž, str. 617.

<sup>55</sup> Quare minus foramen offert maiorem Solis imaginem, maius minorom? Haec experientia fatigavit ingenia multorum hucusque ostendi enim eam multis peritissimis mathematicis. Quam experiri cuilibet est facillimum. Oportet autem caetera omnia esse paria, distantiam foraminis a charta, locum penitus obscuratum, coeli serenitatem maximam . . . Dico igitur Solem per minimum foramen maiorem sui speciem in obiecta charta exhibere visui, quam per foramen maius. Propterea quod species ipsius per minimum foramen ingressa, constet ex simplicibus maius. Propterea quod species ipsius per minimum foramen ingressa, constet ex simplicibus et bene ordinatis radiis, „quorum singuli a singulis Solis punctis sunt allapsi“, et quia singuli luce tenui splendent, eaque differenti (nam medii maximo, extremi minimo iubare pollent) et splendorum illi medii soli et intermixti aliis in chartam accidunt, ideo tanto fulgore non praestant, ut extimorum debilissima lumina a sensu visus arceant. Quod si autem paullo maior foraminis apertura fiat, statim plures conii solaris radii ingressi, basin radiosi conii solaris magis quidem lumine intensam, sed minus quantitate extensam offerent. Non quod haec imago ex parte rei minor fiat, quam fuerit prius, sed quod visus minorom, quam re vera sit, percipiat, quippe qui maioris lucis praesentia imbutus, minorom quamvis praesentem, et lucidi circuli extrema occupantem, non sentiat. Tamtéž, str. 620.

sivnější paprsky na okraj. Avšak ony intenzivnější paprsky ve středu obrazu nejsou dosti intenzivní k tomu, aby zabránily přezáření slabších paprsků na okraji obrazu v jejich vnímání oku pozorovatele. Jestliže se však šterbina zvětší, pak promítaný obraz se skládá z průmětu většího počtu slunečních paprsků, které zvyšují jasnost obrazu, avšak promítnutý obraz se zdá být menším. Toto zmenšení obrazu je podle Scheinera jen zdánlivé. Podle jeho představy nenastalo zmenšení obrazu proti případu šterbiny s velmi malým otvorem, avšak zdánlivé zmenšení je možno vysvětlit tím, že obraz je nyní jasnější, oko již není schopno v sousedství intenzivněji osvětlené střední části postřehnout méně jasné osvětlení okrajů obrazu. Zde Scheiner používá Keplerovy myšlenky, podle které obraz, promítaný šterbinou o větší ploše, je možno představit jako součet obrazů z jednotlivých bodů plochy šterbiny. Od Keplerova vysvětlení se však odklání, nehledá vysvětlení zmenšení ob- razu v geometrickém uspořádání pozorování, ale v omezené rozlišovací schop- nosti našeho oka při zvětšeném intervalu velikostí intenzit vnímaného světla.

Na potvrzení svého vysvětlení uvádí Scheiner několik příkladů, kterým je společné to, že světelné jevy, které jsou pozorovány v temnotě, zmenšují svou velikost a intenzitu, jakmile pozorující oko je rušeno vnikáním světla z jiného zdroje. Tak Scheiner uvádí jako příklad opět obraz Slunce promítaný velmi malým otvorem zatemněným prostorem. Jakmile do zatemněného pro- storu vnikne byť i málo vnějšího světla, průměr obrazu Slunce se zmenší, podobně při promítání obrazu srpku Venuše dalekohledem. Jako další případ uvádí Scheiner pozorování úplného a částečného zatmění Měsíce. Posledním Scheinerovým příkladem je „svítící kámen“, který po osvětlení umístěn ve tmě září. Jakmile však temnotu poruší vnikání vnějšího světla, oko pozoro- vatele záření kamene přestává vnímat.

Podobným způsobem Scheiner vysvětluje také pozorování, uvedené v šes- tém bodě svého přehledu vlastností obrazu, promítaného šterbinou. V tomto šestém odstavci přehledu vlastností obrazu Scheiner uvádí, že obraz Slunce, promítaný větším otvorem, má hladší okraje než při použití menší šterbiny. Tento jev vysvětluje Scheiner představou o různé jasnosti obrazu, kterou použil již v předchozím. Obraz promítnutý větším otvorem je jasnější a jeho větší jas brání oku pozorovatele, aby postřehlo světelné paprsky menší in- tensity na okraji. Slabé paprsky vycházejí z nepravidelně ohraničeného slunečního okraje a tím také okraj promítnutého obrazu je nepravidelný. Tím, že oko pozorovatele tyto slabší paprsky na okraji obrazu přestává vnímat, jeví se okraje jasnější části obrazu Slunce hladšími.<sup>56</sup>

<sup>56</sup> Quare sub maiore foramine solaris figurae perimeter apparet mundior, sub minore lacera- ta? Quia maius foramen Solem copiosiore admittit. Quo fit, ut lux intensior et fortior ex- terioribus et Solem inaequaliter terminantes radios a visus sensu eliminat . . . Tamtéž, str. 621.



## 2. SCHEINEROVA POZOROVÁNÍ OHYBU SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ POMOCÍ DALEKOHLEDU

O výskytu barevných jevů zmiňuje se Scheiner také při pozorování dalekohledem přes představenou štěrbinu. Tento způsob připomíná Frauenhoferovu etodu pozorování ohybových jevů.<sup>57</sup> Při tomto způsobu pozorování umísťuje Scheiner před objektiv dalekohledu destičku, do níž vyřezává nožem štěrbiny tvaru písmen. Pozoruje-li takto upraveným dalekohledem, jeví se středunce velmi jasným a jeho barva přechází směrem k vnějšímu okraji do barvy, kterou označuje za červenavou barvu ohně. Při použití helioskopu, jak žádá Scheiner, je možno pozorovat pestřejší barevný průmět obrazu: okraj slunečního obrazu je velmi málo intenzivní a přechází do červenavé barvy, která je také ostře ohraničen.

Výskyt tohoto jevu byl zřejmě pro Scheinera překvapující. Aby vyloučil možnost klamu, vyvolává jev použitím různých čoček v zobrazujícím systému: čoček čirých i barevných, jedné konvexní čočky i složených systémů konvexní a konkávní čočky či dvou konvexních čoček. Při pozorování mění Scheiner také nejrůznější okolnosti pokusu, aby zjistil jejich vliv na vlastnosti jevu: pozoruje při různých polohách Slunce během jeho denního pohybu po obloze, při východu k západu, pozoruje také během všech ročních dob a na různých místech Evropy. Zjišťuje, že získávaný obraz je stále stejný, ať je Slunce pozorováno z jakéhokoli místa, ať je osvětleno mraky, prosvitá mlhou či svítí na vyjasněné obloze.

K pozorování uvedeného jevu pomocí dalekohledu udává Scheiner návod, jak je třeba pozorující oko umístit do míst dopadu okrajových paprsků, které mají menší intenzitu, aby oko nebylo zasaženo středovými, velmi intenzivními paprsky. Oko je také zapotřebí k pozorování vycvičit, aby nepozorovalo jen osvětlenou čočku nebo se nedalo mýlit různými stíny, jasnými skvrnami, svítícími čarami, jejichž vznik připisuje Scheiner oku nebo čočce pod vlivem modifikovaného světla.<sup>58</sup> Je možné, že při tomto způsobu pozorování bylo dopřáno pozorovat Scheinerovi více, než byl schopen svými pojmy popsat.

<sup>57</sup> Srv. *Handbegr.*, c. d., str. 141.

<sup>58</sup> *Experientia secunda per telioscopium et helioscopium in Solem directa.*

Si tubi boni optici vitrum convexum superposita lamella qualicunque opaca ita obtogas, ut in medio foramen exiguum, acu aliqua majuscula aperias, et per illud deinde, reliquis omnibus te dispositis, sub apertura tali, qualem Sol exigit. Oculo ad lentem cavam applicito, Solem aspicias. Videbis ipsius corpus in medio valde fulgidum, luce ad colorem argenteum vergente, quidem telioscopio utaris. Sin helioscopio, afficietur ab illo aliquantum Solis color. Extremus autem disci solaris limbus, quarta quasi semidiametri solaris parte, visetur luce multo ebulliore circumcirca eaque in colorem rubeum seu igneum, flammae acuminatae evibrata milium. Et illa lux mediae luci in medio valde arcuissimo continuata atque copulata comparat, ipsa unen versus exteriora valde attenuatur et variis fulcata apiculis perimetrum asperatum circumcirca manifesto ostendit . . . Oportet autem spectatorem oculum sensim et lente, a marginalibus oculis incipiendo ad hoc spectaculum admittit, ne radiorum solarium vigore percussus horreat ut habescat, sunt enim satis validi. Deinde oportet visum in ipsum obiectum Solem aducare, non in lento convexa illustrata haerere, neque morari observantes, umbrulas aut luculas, aut idiosas quasi lineas, aliave phantasmata, de quibus cavendis in oculo meo satis dixi. Est haec enim non sunt Solis, sed oculi lentiumque effectus, ex abundante et vario affectu aut afficiente lumine etc. Scheiner, *Rosa Ursina* . . . , str. 622.

Barvu na obrazu Slunce, kterou pozoruje na průmětu, Scheiner nevysvětluje. Vylučuje jen některé vlivy, které podle jeho mínění nejsou příčinou vzniku této barvy, jako lom světla v čočce nebo šikmý dopad slunečních paprsků na čočku, který by se projevil na promítaném obraze.<sup>59</sup> Pozorování vzniku barev na slunečním disku není také možno připsat oku pozorovatele. Zde je pro Scheinera významná ta okolnost, že barevné jevy se pozorují také při zobrazování Slunce pouhým otvorem neopatřeným čočkou. To je pro Scheinera důkazem, že zde oko nevnáší žádnou změnu a jev má objektivní platnost.<sup>60</sup>

Scheiner hodnotí výsledky svého pozorování slunečního obrazu pozorovaného dalekohledem tak, že Slunce se jeví blíže ke středu intenzivněji zářící než směrem ke krajům. Pro toto tvrzení uvádí Scheiner důvod, že by oko vnímalo celou plochu slunečního disku stejně intenzivně osvětlenou, kdyby Slunce vyzařovalo všude stejně intenzivní světlo.<sup>61</sup> Další Scheinerův závěr se týká barevných jevů při tomto způsobu pozorování. Část slunečního disku pozorovaného dalekohledem se jeví v načervenalé barvě (Scheiner ji přirovnává k barvě ohně), která přechází dále do černé. Mezi dalšími vlivy, které Scheiner vylučuje jako možné příčiny vzniku barevných jevů, jmenuje dále prostředí, kterým se světlo od Slunce šíří k pozorovateli. Prostor neobsahuje barvu, kterou se barví okraj slunečního obrazu, dokazuje Scheiner, protože barevnost jevu se nemění, ať se Slunce pozoruje v kterékoli poloze na obloze a v kterémkoli čase.<sup>62</sup> Potvrzuje to svými pokusy s pozorováním ostatních nebeských těles. Kdyby prostředí mezi svítícím tělesem a jeho pozorovatelem mělo vliv na zabarvení obrazu, pak by více než Slunce se zbarvovaly Měsíc, Venuše, Jupiter a ostatní planety. Protože však Scheiner tento jev nepozoroval, uzavírá z toho, že prostředí, ve kterém se šíří světlo od svítícího zdroje, vliv na zabarvení obrazu nemá. Pro potvrzení správnosti svého důkazu uvádí Scheiner ještě další závažný důvod: kdyby na zabarvení obrazu mělo vliv prostředí, pak by se zbarvil tímž způsobem celý sluneční disk a nikoliv jen jeho okraje, jak se děje při pozorování.

Scheiner uvádí zde ještě Keplerovu domněnku, že zabarvení obrazu při pozorování Slunce působí ohňový éter, který Slunce obklopuje, ale odmítá ji.

<sup>59</sup> Praefatam vero coloris solaris apparentiam non esse a lentibus per refractionem aliquam, manifestum est, quia margo seu limbus solaris talis apparet, etiam in centro et axe lentium consideratus. Et media Solis portio in marginibus lentis conspecta, non apparet aliter, quam in medio eiusdem. Igitur obliquae radiorum in lentem incidentiae haec solaris speciei coloratio attribui non potest. Tamtémž, str. 622.

<sup>60</sup> Sed neque oculo attribui posse hanc apparentiam praeter superior paullo antedicta, addo nunc et has rationes . . . Quia hisce similia repraesententur in specio Solis per nudum foramen in chartam transmissa, . . . Tamtémž, str. 623.

<sup>61</sup> . . . Solem esse in partibus profundioribus versus centrum luculentiorum, quam sit in partibus orae solaris vicinis; quod inde evincitur, quia si in partibus hisce marginalibus aequae lucidus esset atque in mediis, appareret oculo etiam neque lucidus. Tamtémž, str. 623.

<sup>62</sup> Sed huic medio hunc colorem non inesse, clarum est ex eo, quod Sol hanc marginalem colorationem in omni coeli positu uniformiter exhibeat, sive in horizonte, sive in vertice, sive alter utrumque spectetur et tempore quocumque . . . Tamtémž, str. 623.



Uvádí, že barevné jevy na promítaném obraze se objevují v y, ale výskyt éteru kolem Slunce Kepler označuje za zjev, který se objevuje zřídka. Zabarvení obrazu také nastává vždy ve stejné velikosti, což by podle Keplerovy domněnky nenastalo. Keplerem předpokládaný éter se také neprojeví ani při pozorování dalekohledem ani při promítání štěrbínou na stínítko před východem a po západu Slunce.

### 3. POZOROVÁNÍ JEVŮ FYSIKÁLNÍ OPTIKY U SCHEINERA — SHRUTÍ

Při popisu pozorování jevů, které byly později vysvětleny jako ohyb světla na štěrbíně, Scheiner vyzdvihuje změnu velikosti obrazu v závislosti na velikosti štěrbiny. Scheinerův popis vlastností okrajů promítaného obrazu je výstižnější než Keplerův, zřejmě vlivem vhodnějších podmínek pozorování. Při popisu pozorování barevných jevů, které mohly vzniknout při ohybu světla na štěrbíně, se omezuje Scheiner na konstatování přítomnosti červené barvy, mimo ojedinělou zmínku o pozorování celého barevného spektra. Na Scheinerův způsob pozorování navázali dále Haněl a Konrád, kteří za pozměněných podmínek pokusu pozorovali již barevné jevy při ohybu světla na štěrbíně.

Při popisu svých pozorování uvádí Scheiner také způsob pozorování ohybu světla na štěrbíně pozorovaného pomocí dalekohledu, které připomíná Fraunhoferovu metodu pozorování ohybových jevů.

### IV. HANĚLOVA DISERTACE U PROFESORA KONRÁDA

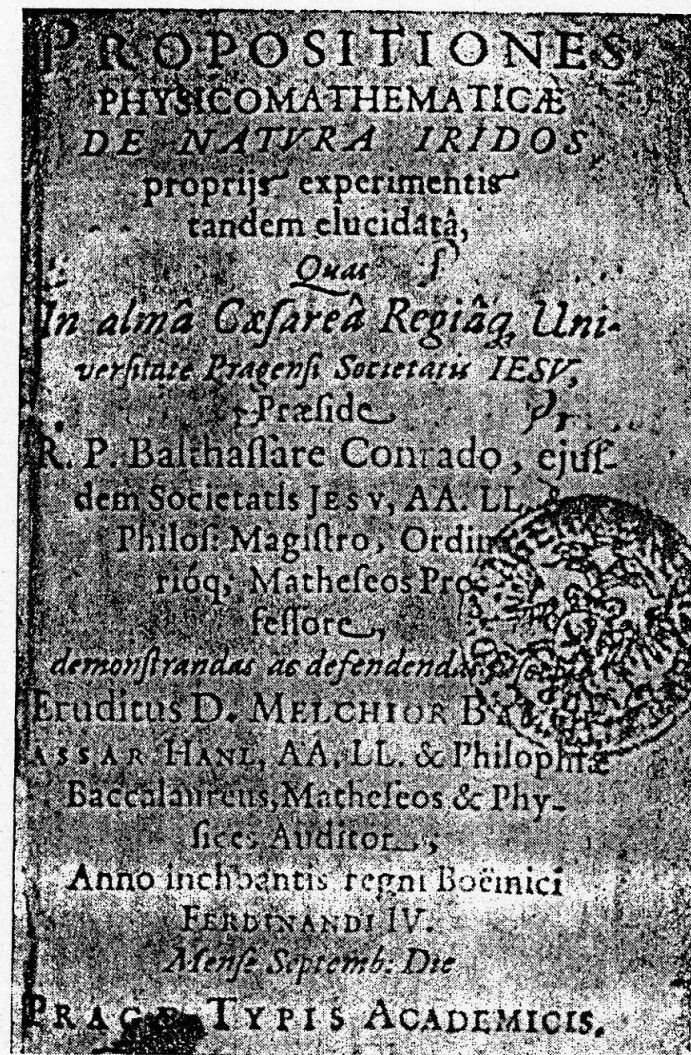
Na Scheinerovy pokusy s pozorováním Slunce navázal Baltasar Melchior Haněl, který u profesora pražské university Baltasara Konráda obhajoval r. 1646 disertaci „De natura iridos“. Zde je již popsáno pozorování spektrálních barev také vyššího řádu při ohybu světla na štěrbíně. Příčina jevu však ještě tehdy známa nebyla.

Autorství disertace není zcela jednoznačné. Borecký připisuje autorství disertací uveřejněných do konce 18. století profesorům, u kterých byly obhajovány nebo i oběma autorům (v 17. století).<sup>63</sup> Schmid a Rozsivalová v seznamu lékařských disertací, které byly obhajovány v Praze, však připisují autorství všech disertací posluchačům, kteří disertace předkládali.<sup>64</sup> Proto také např. spisek „Disputatio medica de pulsu et eius usu“ nepřipisují profe-

<sup>63</sup> Borecký J., Pravidla katalogu základního, Praha 1925, str. 61 n.

<sup>64</sup> Schmid L., Rozsivalová E., Pražské lékařské disertace, Praha 1957, str. 7.

sorovi Markovi Ma ale doktorandovi J. Forbergerovi, který ho u Marka jako disertaci r. 1642 obhajoval.<sup>65</sup> Jan Marek Marci, který s názory Hanělovy disertace polemizoval v disputaci téhož názvu uveřejněné v Praze r. 1650, se obrací jen proti Konrádovi (již v nadpise své práce „Dissertatio in propositiones mathematicas de natura iridos R. P. Conradi...“). Konrád měl



5. Titulní list disertace „De natura iridos“, kterou B. M. Haněl obhajoval r. 1646 u B. Konráda

<sup>65</sup> Tamtéž, str. 17, 32; srv. též Kruta V., Československá fyziologie 6 (1957), 559 a obr. 2; Roman B., Filosofické názory J. M. Marci, Praha 1957, str. 20.

<sup>66</sup> Petzel F. M., Böhmische, Mährische und Schlesische Gelehrte und Schriftsteller aus dem Orden der Jesuiten..., Praha 1780, str. 25.



ké podle některých životopisců (Pelzel,<sup>66</sup> Sommervogel<sup>67</sup>) vydán již r. 1639 Olomouci „Propositiones physico-mathematicae de flamma iridis atque de interitu flammae, in quibus multa sunt curiose observata“. Sommergel k citaci této práce připojuje poznámku, že Marek Marci proti názorům zřejmým v této práci vystoupil s disputací z r. 1650. Porovnáme-li disertaci Hanělovu a Markovu disputaci, vidíme, že Marek větu za větou odpovídá Hanělovu disertaci z r. 1646.

Marek ve své polemice „De natura iridos“ uvádí také časovou souvislost, totiž Hanělova disertace byla připravována v době, kdy se tiskla jeho díla „Thaumantias“, která vyšla r. 1648. Tento údaj nasvědčuje tomu, že i tato práce, Hanělova disertace a Markova disputace, nebyly od sebe asi tak daleko vzdáleny, aby Marek odpovídal na dílo z r. 1639.

Je nutno poznamenat, že Hanělova disertace je datována údajem „anno regni Boemici Ferdinandi IV“ (obr. 8). Ferdinand IV. byl korunován 5. srpna 1646 (disertace byla obhajována v září). Datování disertace vztahuje tedy na r. 1646.

Konrádovu práci z r. 1639 jsem dosud nikde nenalezl. Jde tedy o rozhodnutí otázky, zda se životopisci v udání r. 1639 mýlí (avšak jimi udávaný titul souhlasí s titulem Hanělovy disertace z r. 1646) nebo je-li Sommervogelova známka o Markově disputaci z r. 1650 proti Konrádově práci 1639 chybná konečně zda snad existuje dnes již případně ztracená mimo Hanělovy disertace z r. 1646 ještě jiná disertace z r. 1639. Prvému mínění by nasvědčovala okolnost, že životopisci Hanělovu disertaci z r. 1646 neznají. Že však u Konráda mohly být obhajovány další disertace s podobnou tematikou plyne z toho, že Marek Marci ve své práci „De angulo, quo iris continetur“ uveřejněné v Praze r. 1650 se také obrací proti disertaci Konrádova žáka, kterou známe.

Protože je nesnadné rozhodnout, kdo či jakým podílem z obou v disertaci uvedených je autorem pozorování ohybu světla, jehož popis je v disertaci „De natura iridos“ z r. 1646 uveřejněn, budeme předpokládat spoluautorství obou vědců.

Pro doplnění charakteristiky několik slov o obou autorech. Haněl jako suitský řádový učitel uveřejnil několik prací, které se však většinou netýkají fyzikální tematiky. Jeho životopisy se nezmiňují ani o disertaci, kterou obhajoval u Konráda r. 1646.<sup>68</sup> Z filosofického hlediska pojednává o fyzikálních otázkách Haněl v knize „Disputationes peripateticae in octo libros Physicorum Aristotelis“, kterou vydal r. 1662 v Praze.<sup>69</sup> Haněl byl také žákem Kircherera, u kterého studoval hebrejštinu, jak o tom píše Kirchner v před-

<sup>67</sup> Sommervogel C., Bibliothèque de la Compagnie de Jésus II, Bruxelles 1891, str. 1371.

<sup>68</sup> Srv. Pelzel, str. 67; Sommervogel IV, str. 66.

<sup>69</sup> V knihovně PNP v Praze, sign. DD VI 10 je uložen rukopis „Disputationes peripateticae universam physicam a Melchioro Hanel traditam. Scripsit Ioannes Norbertus Motellius“, datovaný r. 1661.

mluvě k Hanělově knize „Parabola vulpium rabbi Barachiae Nikdani“ vydané v Praze r. 1661 (Haněl ji připsal Markovi). Kircher uveřejnil ve své knize „Oedipus Aegyptiacus“ jednu Hanělovu stať.

Konrád napsal několik spisů teologických a přírodovědeckých. Životopisci mu připisují dílo „Propositiones physico-mathematicae de natura iridis, atque de ortu et interitu flammae“, které mělo vyjít v Olomouci r. 1639, spis „De natura soni“, který vyšel v Olomouci r. 1641 (je to však disertační práce, kterou u Konráda obhajoval Chr. L. Schaffgotsch) a disertační práci Christofora Norberta Knautta „De perfectione solarium horologiorum“ vydanou v Praze r. 1645. R. 1650 uveřejnil Konrád v Praze knihu „Nova tabularum chronographicarum ratio, edita ad specimen tabulae utriusque hemispherii in cono recto rectangulo, cuius basis est aequator Terrae, vertex vero polus“.

Konrád připravoval také rozsáhlejší dílo o otázkách spojených s výzkumem dalekohledu, o němž si dopisoval s různými matematiky v Evropě. Gaspar Schott uveřejnil dopis, který napsal Konrád nedlouho před svou smrtí jako zprávu o zamýšleném díle. Dopis obsahuje formulaci pěti problémů (převážně o přesnosti získaných ploch čoček a zrcadel), které Konrád rozřešil, a vyzývá ke spolupráci na zdokonalení dalekohledu.<sup>70</sup>

Mezi dopisy v úvodu k Schottově knize „Cursus mathematicus“ (Bambergae 1616) je otištěn také list, ve kterém Konrád píše o obtížnosti a vhodnosti Schottovy knihy.

#### POZOROVÁNÍ OHYBU SVĚTLA V HANĚLOVĚ DISERTACI

V Hanělově-Konrádově knize nalzáme již zprávu o pozorování ohybu světla na šterbině s výskytem spektrálních barev také vyšších řádů. Popis pozorování výslovně navazuje na Scheinerovu metodu pozorování Slunce. Na konci Hanělovy disertace je totiž uvedena úloha, která požaduje, aby se kolem Slunce vytvořila trvalá duha.<sup>71</sup> Úloha je řešena tak, že se v destičce

<sup>70</sup> P. Balthasar Conradus, celeberrimus mathematicus et eius scientiae in diversis universitatibus multorum annorum professor publicus, cum paucos ante annos Vratislaviae eandem praelegeret, insigni omnino opus dioptricum conscribere inchoaverat et iam libros aliquot composuerat, ut datis identidem ad me litteris significavit. Sed superiorum nostrorum mandato alteri muneri applicatus et inchoatum opus et vitam ipsam reliquit. Ediderat non diu antea, quam moreretur. Epistolam ad omnes Europae mathematicos, meditanti ac inchoati operis nuntiam, qua simul quid moliretur indicabat, simul supplicas a viris doctis implorabat. Spero tamen, inchoatum opus a docta quopiam manu continuatum, aliquando lucem visurum. Interim, ut quid in illo tractare auctor cogitaverit, ex citata paulo ante epistola perspiciat lector, eam hic subiecere placuit. Schott C., Technica curiosa sive mirabilia artis, Heribipoli 1687, str. 853.

<sup>71</sup> Perpetuam facere circa Solem Irin.

Accipio orichalcum laminam, eamque in foramen rotundum, minimum, alicubi pertundo (rotundum sit foramen, aliqui Solem non reliquet rotundum; et minimum sit, quantum fieri potest moraliter), tum per id foramen adspicio Solem. Et ecce Solem circumdatum Irido primaria conspicio. Imo aliquando plures, quam unam circa Solem Iridem deprehendi.



vytvoří pokud možno malý kulatý otvor, kterým se hledí směrem ke Slunci. Slunce pozorované tímto otvorem se jeví obklopené hlavní duhou, která je mnohdy vícenásobná. Vznik duhy při tomto pozorování štěrbinou je vysvětlován lomem dopadajících slunečních paprsků ve vzduchu naplněném parami. Myšlenka, že by barevný jev kolem Slunce mohl vzniknout odrazem na stěnách otvoru štěrbinou vyhloubené v destičce, je odmítnuta.

K úloze je připojeno vysvětlení, jakým způsobem se řešení objevilo. Pro potřeby astronomů, kteří měřili průměry světelných zdrojů (hlavně Slunce), konal autor pozorování, pro která byl zhotoven dlouhý dutý hranol, dobře utěsněný proti vnikání světla zvenčí, a to výslovně proto, aby uvnitř hranolu byla pokud možno největší temnota. Hranol byl opatřen velmi malým otvorem, kterým se pozorovalo Slunce tím způsobem, že se hlava vsunula dovnitř hranolu. Při pozorování Slunce bylo vidět kolem Slunce bílou koronu oddělenou od obrazu Slunce stínem. Někdy se jevila tato korona zdvojená. Barevná spektra se objevovala kolem Slunce jak při pohledu otvorem ve stěně hranolu směrem ke Slunci, tak i při promítání obrazu Slunce na papírové stínítko.

Jak je patrné, způsob tohoto pozorování je upravená metoda Scheinerova. Autor zprávy o tomto druhu pozorování také uvádí, že tento jev vznikající při pozorování Slunce dutým hranolem ukázal Scheinerovi a podotýká, že se Scheiner tomuto úkazu podívoval. V Hančlově disertaci je také uvedena metoda porovnávána s metodou Scheinerovou. Scheiner, jak se uvádí, nemohl zmíněný výskyt spektrálních barev pozorovat, protože pracoval pouze v uzavřené místnosti, kde nedosáhl tak velké temnoty, jaké je možno dosáhnout ve světlotěsném hranolu. Pak ovšem Scheiner nemohl rozlišit obraz Slunce od

*Oritur ex refractis in aëre nostrò vapido radiis solaribus. Sed ne quis forte existimet, hoc esse solam reflexionem a foramine luminæ, ideo adiungam hic historiolum observationum mearum, quas aliquando Olomueii feceram, et maxime in gratiam astronomorum, qui circa visuales luminum diametros laborant.*

*Itaque observaturus diametrum Solis præcipue, feceram mihi parallelepipedum cavum, facile 10 pedum. Idque indique bene communiveram contra lucem incidentem. Summas enim tenebras volebam intus habere. Tamen versus Solem modicissimo foramine aperui et sic coepi. immerso etiam capite in illud cavum, observare diametrum Solis. Et ecce vidi Solem circumdatum alba corona, intercedente quasi umbra inter utrumque, idque perpetuo. Idemque phaenomenon monstravi R.P. Christoforo Scheinero, miranti. Subinde etiam duas conspexi circa Solis discum coronas.*

*Cum ergo transpiciendo per tale foramen appareant Iridos circa Solem, et traiciendo Solem per foramen idem, in charta Sol coronetur, et quidem ad tantam distantiam, non videtur posse esse hæc emphasis reflexio a crasso foramine, sed debet esse refractio Solis per guttas vapidas aëri innatantes.*

*Hoc autem astronomos sic iuvat. Sciunt, quantum diametrum Solis invenerit R.P. Scheiner, traiciendo Solem per exiguum foramen. Cum tamen certum sit, cum non posso esso tantam.*

*Unde ergo accidit error? Ecco inde, quia ipse cum non per cavum tale, per quale ego, observavit Solem, sed solum per clausum cubiculum. Non potuit ipse tantas habere tenebras, quantas ego. Ideo nec distinguere inter verum Solem et coronas eiusdem. Unde nimium ille invenit Solis diametrum, quantum ego quidem nunquam potui invenire. Ulterius hoc etiam notent astronomi, quod sicut in Irin refringitur Sol hoc modo observandi, ita etiam ipsa veru Solis imago necessario aliquam patitur refractionem. Unde hæc ratione in veram diametri cognitionem nunquam astronomi devenerint.*

*Hantl M. B., Konrád B., De natura iridos, úlohu 11.*

koron, které Slunce obklopují; z toho se uzavírá, že tedy měření průměru Slunce až dosud nebylo správné.

Autor se v disertaci snažil pozorovaný jev také vysvětlit. Nezdá se mu být pravděpodobné, že by jev vznikl na stěnách otvoru štěrbinou při o.lrazu dopadajících paprsků, které vnikají do dutiny hranolu. Za správné pokládá vysvětlení, kterým vysvětluje také vznik duhy na obloze při dešti: sluneční paprsky se lámou v kapkách par přítomných ve vzduchu.



6. Titulní list Markova spisu „De natura iridos“, z r. 1650.

V. JAN MAREK MARCI

Na Hančlovu disertaci u Konráda odpověděl profesor lékařské fakulty pražské university Jan Marek Marci (1595—1667) r. 1650 spisem „Dissertatio in propositiones mathematicas de natura iridos R. P. Balthasar Conradus...“.