

# Burchardt, Jerzy

---

## Odkrycie tęczy w kryształach przez Witelona

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 50/1, 155-166

---

2005

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



*Jerzy Burchardt*

Wrocław

## ODKRYCIE TĘCZY W KRYSZTALE PRZEZ WITELONA

Trzynastowieczny Witelo, „syn Turyngów i Polaków”<sup>1</sup>, który w swym liście, napisanym na Uniwersytecie Padewskim, nazwał Legnicę „grodem Polski”<sup>2</sup>, był synem Henryka de Cize, zarządcy (*procurator ducis*) księcia Henryka III we Wrocławiu i Polki, wywodzącej się z rycerskiego rodu panów na Borowie pod Jaworem na rdzennym Śląsku<sup>3</sup>. Urodził się już w Polsce w roku 1237. Po studiach sztuk wyzwolonych w Paryżu został nauczycielem w Legnicy, w drugiej po Krakowie szkole parafialnej w Polsce<sup>4</sup>. W 1268 r. wykładał w Padwie sztuki wyzwolone i napisał do magistra prawa kanonicznego, Ludwika we Lwówku Śląskim, list filozoficzny, wydany przeze mnie w 1979 r. z opracowaniem monograficznym<sup>5</sup>. Gdy jesienią w 1268 r. zmarł papież Klemens IV, wówczas przełożony Witelona, książę-regent wrocławski i arcybiskup w Salzburgu, Włodzisław, wysłał go do siedziby papieża w Viterbo, aby jako magister prawa kanonicznego załatwił mu ważne sprawy u nowego papieża<sup>6</sup>. Od tego roku dwa stronnictwa wśród kardynałów walczyły o wybór swego, i tylko swego, kandydata aż do IX 1271 r., gdy wybór padł na Grzegorza, który przebywał w Palestynie i do Viterbo przybył dopiero dnia 10 I 1272 r. W tym czasie za zachętą przyjaciela Wilhelma z Moerbeke, Witelo napisał ogromny, bo w X-ciu księgach, traktat z optyki geometrycznej *Perspektywę*<sup>7</sup>. Do dzisiaj historycy fizyki nie uporali się do końca z jego problematyką<sup>8</sup>. Potem Witelo był dyplomata króla czeskiego, Przemysła Otokara II<sup>9</sup>. Wiosną 1275 r. przybył do Polski i jako kanonik wrocławski otrzymał z rąk Henryka IV, zwanego Probussem, na rokach w Oleśnicy Śląskiej, prebendę Żórawinę mniejszą, inaczej Wilków, a od XIV

wieku do dziś zwaną Wilkowicami<sup>10</sup>. W roku 1276 wrócił do Viterbo i dnia 7 II 1277 r. był świadkiem testamentu kardynała Simone Paltanieri<sup>11</sup>. Po nieszczęśliwej dla Czechów bitwie pod Suchymi Krutami z 26 VIII 1278 r. Witelo przeszedł do służby prawnej króla Rzymian (*rex Romanorum*) i władcy Niemiec, Rudolfa von Habechspurch. Nie wiadomo, czy zmarł w klasztorze premonstrantów w Viterbo, jak sugeruje późniejszy rękopis berneński *Perspektywy*<sup>12</sup>.

Chronologia pisma rękopisu kantabrygijskiego została ustalona dnia 23 sierpnia 1991 r. przez znakomitą paleografkę francuską z Bibliotheque Nationale, Françoise Gasparri, na trzecią ćwierć XIII wieku<sup>13</sup>.

Opis odkrycia Witelona tęczy w kryształach górskich opieram na rękopiśmiennym tekście kantabrygijskim (Cambridge, Emmanuel College Library ms. 20), uzupełnianym i osobiście kontrolowanym przez samego autora, Witelona. Rękopis powstał w kurii papieskiej w Biterbium (dzisiaj Viterbo) w 1271 r., podczas przepisywania przez pisarza kaligrafa, pod ścisłą kontrolą autorską, z zaginionego potem brulionu. Brulion Witelona powstał wcześniej, między jesienią 1268 a końcem roku 1270.

Tekst kantabrygijski jest ogromnie ważny. Uzupełnienia Witelona znalazły się potem na kolumnach rękopisów: Paris, Bibliotheque Nationale Fonds Latin ms. 7248 z pierwszej ćwierci XIV w., Oxford, Merton College Library, ms. 308 z drugiej ćwierci tego wieku oraz ze zmianami hellenizującymi ważne słownictwo optyczne Witelona, dokonany przez Wilhelma z Moerbeke (np. *dyafonus* na *diaphanus*) w rękopisie Biblioteca Apostolica Vaticana ms. Borghese 64 z drugiej ćwierci XIV w. Inne rękopisy uwzględniły tylko niektóre uzupełnienia autora.

Ze względu na doniosłe znaczenie rękopisu kantabrygijskiego przytaczam tutaj kopie jego czterech stron (Ryc. 1–4).

Na pierwszej z nich autor deklaruje, że jest synem Turyngów i Polaków (*Witelo, filius Thuringorum et Polonorum*). Niezwykle ważna jest tutaj następna strona. Pochodzi z katoptrycznej księgi piątej. Między twierdzeniami 51 i 52 pisarz przepisał z brulionu nienumerowane twierdzenie: „*Forma unius puncti duobus speculis planis incidente, sic quod perpendicularis ducta a dato puncto super communem sectionem superficierum speculorum sit equaliter distans ab amobus visibus et speculis, una sola ymago ambobus visibus occurret*”. Po przepisaniu twierdzenia, Witelo swoim odchylającym się w lewo charakterem pisma uzupełnił je zwrotem: „*dum tamen linea .ad. sic perpendicularis super communem ipsorum sectionem eat*”. Potem jednak raz jeszcze z głębokim zastanowieniem przeczytał całość, przekreślił całe to twierdzenie i na lewym marginesie dodał zakaz ponownego kopiowania słowami: „*Hanc obmittas, quia falsa est*”. Tego twierdzenia nie ma już w kolejnych rękopisach perspektywy Witelona.

Kopie trzeciej strony rękopisu kantabrygijskiego przytaczam ze względu na uzupełnienie autora. W księdze dziesiątej, w twierdzeniu 72, „*In aliquo puncto orizontis existente centro corporis luminosi necesse est tantum semycirculum ab*

*eo causate yridis videri*”, Witelo na prawym marginesie przyznał się do swego pochodzenia z Polski: *terre scilicet polonie*. Inne rękopisy przejęły to marginalne uzupełnienie autora do swych kolumn. Na koniec, na ostatniej, czwartej tutaj kopii z rękopisu kantabrygijskiego, z ostatniej jego strony przytaczam fragment twierdzenia 81 dziesiątej księgi, gdzie mowa jest o odkryciu tęczy w kryształach. Są to linie 5–9 : „*Et istius signum est, quod si accipiatur cristallus exagona [...] tunc videbitur etiam ex cristallo modica yris maxima et pulcherrima et clarissimi coloris, quod fit propter aggregationem totius luminis ab omnibus superficiebus ad interiorem incidentis, qui ad locum unicum aggregatur*”. Wbrew znanemu z edycji bazylejskiej F. Risnera z roku 1572, w rękopisie kantabrygijskim mowa jest, że „*aliquid nigrum superponatur*”, a więc że górną część doświadczalnego kryształu Witelo nakrywał czymś czarnym, natomiast tekst przekazany przez Risnera stwierdzał, że „*aliquid nigrum supponatur*”, a więc – że wbrew autorowi czarne nakrycie znajdowałoby się poniżej kryształu.

W dziesiątej księdze *Perspektywy* Witelo zajął się przechodzeniem światła z jednego ośrodka do drugiego, problemami astronomicznymi, meteorologicznymi i powstawaniem tęczy. Księga ta nigdy przedtem nie była opracowana, tłumaczona i komentowana. W prologu księgi wymienił przezroczyste kamienie – kryształ górski i beryl, nie mylić z pierwiastkiem berylem; (w tekście zapewne mowa o krzemianie berylu i glinu o wzorze  $\text{Be}_3\text{A}_{12}\text{Si}_6\text{O}_{16}$  – *red.*). Ze względu na podobieństwo dodał do nich szkło. Dodał też, że figury szkieł i przezroczystych kamieni są okrągłe, płaskie lub nieregularne. Właśnie od tej różnorodności linii i powierzchni zależy różnorodność doznań w odbiorze obojga oczu<sup>14</sup>. W twierdzeniu 48 X księgi Witelo udowadnia, że gdy sferyczny kryształ wystawić na słońce, wówczas można wzniecić ogień w przedmiocie palnym, znajdującym się za kryształem. Witelo zapalał w ten sposób pakuły (*stupa*). Na zakończenie twierdzenia dodał jeszcze, że kiedy mniejszą od połowy część kuli kryształu użyć w takim doświadczeniu, to przedmiot palny, położony w jej środku ogarnie mocniejszy płomień, bo wówczas wszystkie padające prostopadle promienie spotykają się w środku kuli. Jednak przy takich doświadczeniach panuje wielka różnorodność zakresu badania (*latitudo*). Jest to problem do rozwiązania dla tych, którzy są ciekawi<sup>15</sup>.

W dzisiejszych Włoszech przezroczyste kryształy górskie z kwarcu w postaci długich, heksagonalnych pryzmatów, występują na Elbie oraz w szczelinach białego marmuru karraryjskiego. Berylowa akwamaryna występuje wśród granitów również na Elbie. Witelo pisząc X księgę *Perspektywy* przebywał w Laccjum, w Viterbo, około 80 km na północ od Rzymu<sup>16</sup>.

Ostatnie pełne wydanie całości dziesięciu ksiąg *Perspektywy* Witelona nie zawsze uwzględnia ścisłość autorską. Jego wydawca z 1572 r., F. Risner, nie znał czystopisu kantabrygijskiego. Dlatego mój przekład odkrycia tęczy w kryształach oparłem na tym czystopisie<sup>17</sup>.

Ten ważny tekst jest fragmentem twierdzenia księgi X numerowanym w czystopisie jako 81 ( w wydaniu Risnera jako 83 ) pod tytułem *A crystallo exagona soli opposita colores yridis generantur* czyli *W kryształe sześciokątnym, wystawionym na słońce, powstają kolory tęczy*. Fragment ten znajduje się na ostatniej stronie czystopisu kantabrygijskiego i na ostatniej stronie wydania Risnera, które ma gorszy tekst<sup>18</sup>.

A oto przekład strony teoretycznej twierdzenia:

„Tego rodzaju kolory powstają z osłabienia światła jego załamaniem ku prostopadłej, wiodącej od środka ciała słońca do powierzchni jednego równoległoboku z boków kryształu. A ponieważ – jak żeśmy wyjaśnili w twierdzeniu 27 drugiej księgi niniejszego dzieła – jest oczywiste, że od słońca oświetlona zostaje więcej niż połowa naprzeciwległego walca, to znaczy w okrągłym walcu, okrągła. Tego zaś w walcu o bokach kątowych być nie może, bo gdy pojedynczo przybywają do średnicy ciała, na równi dzielącego podstawę na połowy, to wtedy oświetlona zostaje tylko połowa przez spadanie promieni, jak żeśmy tam powiedzieli. Ale gdy to ciało walcowate jest przezroczyste, wówczas druga połowa tego ciała zostaje oświetlona ze względu na załamanie się promieni. Jeżeli więc przezroczyste powierzchnia ciała, przeciwległa słońcu, jest jedyna, jak w ciałach czworobocznych, wtedy jest jedno mocne załamanie światła i światło w formie światła przejdzie do strony naprzeciwległej ciała i zgromadzi się poza ciałem pod formą światła. To również mocniej się realizuje w przezroczystym ciele sferycznym, nie wklęsłym, dlatego, że od powierzchni większej części całego tego ciała sferycznego, następuje załamanie do promienia, który prostopadle pada na powierzchnię styczną do ciała, równoległą do powierzchni przecinającej ciało słońca przez jego środek, dzięki aspektowi widzenia oświetlanego ciała, jak wykazaliśmy w 46 twierdzeniu niniejszej księgi. Ze skupienia tyłu i tak wielu promieni, chociaż nie do jednego punktu, ponieważ to jest niemożliwe na skutek różnicy między powierzchniami padania, to jednak w miejscu naturalnie małym dochodzi do skupienia światła, przy czym światło nie zabarwione pozostaje pod formą światła. I to skupione światło ogrzewa przeciwległe ciało i zaraz zapala ciało palne –, pakuły, lub jakieś inne, zawierające w sobie możliwość przechodzenia do zapalenia się. Jeżeli jednak ciało przezroczyste, naprzeciwległe słońcu, ma wiele powierzchni, aniżeli tylko jedną płaską, lub kolistą i tą, która leży naprzeciw słońca, tą mianowicie, która jako ciało czworokątne przez jeden ze swoich kątów leży naprzeciwko słońca, wówczas nastąpi załamanie się promieni, padających na jedną powierzchnię, do obu naprzeciwległych powierzchni, jak również promieni padających na drugą powierzchnię. A gdy od strony przeciwległej załamanemu światłu, pojawi się powietrze, które jest ciałem o rzadszej przezroczystości, to załamaniu ulegną promienie od obu powierzchni – i to od tej prostopadłej, która poprowadzona w ciele od kąta do kąta, podstawę jego na równe części podzieli, albo innej do niej równoległej i znajdującej się w innym, gęstym ciele, poniżej tego przezroczystego ciała, ziemi, albo innego dowolnego ciała, wtedy niekiedy ukażą się dwa jasne światła, a innym razem znowu kolorowe, tak jakby przezroczyste ciało miało równe kąty i powierzchnie. A to jest jasne dla eksperymentującego. Widać wtedy kolory przemieszane i nie ma ich więcej: kolor czerwony i inny zmieszany, jakby zielony, które zgodnie z właściwością kryształu, lub innego ciała są wyraziste, lub słabo widoczne. Jeżeli powierzchnie ciała, zwracające się w stronę naprzeciwległego słońca, są

trzy – jak w heksagonalnym kryształach, wtedy od dowolnej z nich z trzech przeciwległych słońcu, odebrane światło zostaje oddane do ziemi, lub innego ciała i pojawiają się trzy światła, z których środkowe znajduje się na samej prostopadłej kolumnie kryształowej, dzielącej swoją podstawę na równe części i równoległej do samej linii rozdzielającej. A światło to jest widzialne, chyba że światło słońca przeszkadza. Inne dwa załamują światło od wymienionej prostopadłej ze względu na naturę drugiego ośrodka przezroczystego, rzadszego – powietrza. Powiedziano w czwartym twierdzeniu niniejszej księgi, że gdy w drugim rzadszym ośrodku załamanie odbywa się od prostopadłej i jest jakby pewnym rozszczepieniem się promieni (*dispersio radiorum*). Wśród tych światła, odbitych i rozproszonych, pojawiają się kolory z powodu domieszania się czerni koloru kryształu do przenikającego światła i z powodu domieszania się cieni części samego kryształu padających z góry, dzięki ostrzu ich kątów, które przy 11 twierdzeniu księgi drugiej niniejszego dzieła ulegają przerzutowi do strony przeciwległej padaniu promieni, na stronę przeciwną wobec ciała świecącego. Liczba tych cieni stwarza różnorodność kolorów, gdy one mieszają się ze światłem, bo gdzie promień pada bliżej niż do powierzchni padania blisko której w sąsiedztwie odbywa się skupienie promyków bardzo licznych, zmieszany kolor kryształu i cienia się odbija, bo ten promień jest mocno rozświetlony, to wtedy powstaje kolor czerwony. W innych, słabszych promieniach, ze względu na zmieszanie się wielu kolorów ciał i cieni, powstają inne, pośrednie kolory. Tworzą się przy tym trzy kolory, bo z trzech wyższych powierzchni gromadzą się promienie na dowolnych, niższych powierzchniach, a kolor czerwony stale od tej strony widać, jako prostopadły do powierzchni kryształu, w utworzonej tęczy, na przeciwległej słońcu, gromadząc wszystkie swoje promienie, pada na swoją powierzchnię po załamaniu zachodzącym na skutek przezroczystości rozdzielającego powietrza. I wtedy czasem trzy tęcze się tworzą, z powodu potrójnej natury załamania, w rzadszym ośrodku drugim, przezroczystym, jak to już napisano, gdyż trzy razy trzy tworzy kwadrat, czyli dziewięć. A więc będzie wówczas dziewięć nierozdzielnych kolorów. Gdy pomnoży się liczbę wyższych trzech powierzchni, w ten sposób z trzech dolnych trzy będą osobno wymienione kolory. I w ten sposób, u tych kolorów na kątach ciała będzie wyraźne rozróżnienie (*sensibilis distinctio*), bo od linii kątów, która jest aktem i jest niepodzielna, odbite, lub załamane promienie tworzą niepodzielne i naturalne całości. Te kolory tęczy z kryształu nie powstają przez naturę kolorów prawdziwej tęczy, których rozróżnianie odbywa się tylko we wzroku, ale pochodzi od natury światła, odbitej od figury wymienionego ciała. Stąd i przyczyną ich nie jest odbicie do oczu. Z natury bowiem nie są widoczne jako odbite, ale poprzez proste widzenie, tak jak inne rzeczy widzialne, dochodzące do wzroku i przez kogośkolwiek w tym samym miejscu są widziane. Rozróżnienie kolorów odbywa się dzięki figurze ciała. Albowiem także od dowolnego innego kryształu, lub od małego ciała innej figury ukazują się różne kolory, których zgodnie z położeniem kolorów tęczy nie można wyodrębnić<sup>19</sup>.

### A oto przekład polski fragmentu

„Jeżeli wziąć sześciokątny kryształ górski (*crystallus exagona*) i pokryć jego dwie powierzchnie czerwonym lub innym woskiem tak, żeby trzecia powierzchnia nie była w cieniu, wtedy z kryształu na jego trzech innych powierzchniach, wystawionych na Słońce przez niewielki otwór – o ile tylko miejsce tej czynności



nie jest za bardzo oświetlone i górą położy się nieduży czarny przedmiot (aliquid nigrum superponatur) – ukaże się zachowująca swą stałą miarę tęcza, piękna i o jasnych kolorach. Powstaje ona dzięki skupieniu całego światła ze wszystkich górnych powierzchni, spadającego w dół i skupionego w jednym miejscu.” (koniec cytatu w przekładzie)<sup>20</sup>.

Do tekstu swego kaligraficznego pisarza Witelo nad linią dorzucił wyraz: duas, to jest dwie, a pisarz, niewątpliwie Włoch, zamiast *inferiora* zapisał z włoska *inferiore*<sup>21</sup>.

Po opisanu tego odkrycia Witelo kontynuował, co podaję w tłumaczeniu, informacje związane z badaniami nad światłem w kryształach.

„Jeżeli trzy powierzchnie, dotąd wystawione na słońce, znajdują się na dole, a inne trzy u góry, wówczas niekiedy ukaże się jedna tęcza, a kiedy indziej jej nie będzie. Kto się tym wesoło pobawi, przekona się o tym, com tu napisał. Znajdzie także wiele tego, com tu dla swej przyjemności odkrył” (koniec cytatu)<sup>22</sup>.

Dorzucę jeszcze całe zakończenie twierdzenia. „A jeśli kto jedną z sześciu wymienionych powierzchni w doświadczeniu zasłoni, wtedy przez obrót kryształu ku różnym miejscom odkryje podobne zjawiska. Gdy więc ustawi kryształ naprzeciw oczu tak, aby trzy niezacienione powierzchnie stały naprzeciw wzroku, to przez te trzy ujrzy czerwony wosk. Gdy będzie obracał kryształ przed oczami, znajdzie wiele rozmaitych pozycji z przesuwanymi kolorami zawsze z przymieszką cienia. Albowiem taka jest natura odbicia form we wzroku i światła, które do oczu wpada. Bo kolor i widziana forma napływają do oczu dzięki naturze światła, która w nim się znajduje. Do tego zaś com napisał może dodać wiele pilny badacz. Dowiodłem więc swego twierdzenia”<sup>23</sup>. Tu cytat się kończy.

Już znacznie wcześniej w księdze X *Perspektywy* Witelo badając w twierdzeniu czystopisu 65 (w wydaniu Risnera 67) zjawisko tęczy, wyróżnił jej kolory: górny kolor purpury fenickiej, czyli czerwony (*puniceus*), pod nim zielony, kolor poru (*prasinus*), a między nimi kolor żółty (*xanthus*), a poniżej zielonego kolor błękitu Morza Tyrreńskiego czyli lazurowy (*alurgus sive lazurius*). Witelo bywał nad tym morzem i oglądał jego zmiany barwy. Kolorom tęczy przyjrzał się uważnie, gdy pod Viterbo oglądał tęczę na wodospadzie staczającym się ze wzgórza Balneum Scopuli<sup>24</sup>.

Witelo objaśnił, że światło słońca jest załamywane przez kroplę we mgle i odbite do oka obserwatora przez wypukłą powierzchnię kropli głębiej we mgle i tworzy w ten sposób tęczę<sup>25</sup>.

Potem około roku 1310 Teodoryk z Freibergu w *De iride et de radialibus impressionibus* przedstawił teorię aktualną do dzisiaj, że promieniowanie słońca załamując się wchodzi do kropli deszczu, a w samej kropli podlega trzem odbiciom na tylnej powierzchni kropli, przy czym jedno z nich tworzy pierwotną tęczę, a drugie i trzecie łuk. Tak załamane promienie wychodzą z kropli i dochodzą do oka obserwatora<sup>26</sup>.

Teodoryk z Freibergu, Marcus Marci z Kortlandu, René Descartes i Francesco Grimaldi sądzili, że owalne rozszczepienie kolistego snopu światła przechodzącego przez pryzmat jest spowodowane tym, że źródło światła nie składa się z punktów, a tylko jest obiektem fizycznym. Natomiast Newton wywnioskował z doświadczeń, że otrzymanym efektem jest to, że spektrum jest pięć razy dłuższe niż jego szerokość i dlatego pryzmat musi załamać więcej tych promieni w stopniu znacznie większym aniżeli pozostałych<sup>27</sup>.

W roku 1604 Johannes Kepler opublikował we Frankfurcie swoje dodatki i uzupełnienia do *Perspektywy Witelona – Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiae pars optica traditur*. Nie zajął się jednak dalszymi badaniami nad tęczą w kryształach, ale lokalizacją obrazu siatkówkowego w oczach. Witelo twierdził, że obrazek na siatkówce jest prosty, a Kepler po dłuższych zmaganiach ze sobą uznał, zgodnie z prawdą, że jest odwrócony<sup>28</sup>.

Wedle I. B. Cohena, autora znakomitego artykułu o Newtonie w *Dictionary of Scientific Biography* Gillispiego, Newton znał nie traktat Keplera, uzupełniający Witelona, ale tylko jego *Dioptrykę*, przedrukowaną w roku 1653 w Londynie<sup>29</sup>. Newton czytał tylko prace drukowane, nie interesował się rękopisami średniowiecznymi, mimo studiów w Cambridge Trinity College, toteż nie mógł znać czystopisu Witelona przechowywanego w tym mieście w Emmanuel College Library. Ale nie czytał też *Opticae thesaurus* z *De aspectibus* Alhacena i *Perspektyw* Witelona, wydanych w roku 1572 w Bazylei przez F. Risnera.

Dnia 11 stycznia 1672 r. Newton przedstawił Royal Society swoje *experimentum crucis*, wykonane w 1666 r. na dwóch szklanych trójkątnych pryzmatach, w ciemni optycznej, gdzie rozszczepił światło słoneczne na heterogeniczną mieszaninę różnorodnie załamanych promieni<sup>30</sup>. Najmniej podzielne i załamane promienie dały mu kolor czerwony, a promienie o największej podzielności – głęboki fiolet<sup>31</sup>. Tu dodam, że do roku 1359 Europa łacińska nie znała jeszcze koloru fioletowego. Wtedy pojawił się jako wyodrębniony we Francji (*violet*)<sup>32</sup>.

Inną wersję doświadczeń nad światłem, potwierdzającą wyniki doświadczenia z 1666 r., przedstawił Newton w swej *Optics* z roku 1704. Użył wtedy trzech szklanych równoległoboków (parallelopipedów) oraz stwierdził, że światło jest różnorodną mieszaniną promieni o różnych kolorach. Po rozszczepieniu na widmo (*spectrum*), światło zawiera kolory: zielony, żółty, pomarańczowy i czerwony. Nie wspomniał przy tym już o kolorze fioletowym<sup>33</sup>.

Natomiast pierwszym w historii nauki, który zajął się badaniem ciemni optycznej (*camera obscura*), był badacz arabski, astronom Thabit ibn Qurra al-Harrani, działający w drugiej połowie IX wieku w Bagdadzie. Studiował on to zjawisko świetlne w sytuacji gdy światło słoneczne wchodzi przez mały otwór do ciemnego pomieszczenia. Wiemy o tym od al-Biruniego, bo tekst Thabita nie zachował się<sup>34</sup>.



W roku 994 w Reju pod Teheranem astronom i matematyk Abu Mahmūd al-Huġandī obmyślił i zbudował wielki sekstans z użyciem ciemni optycznej. Przez niewielki otwór do sekstansu wchodziło światło słoneczne, padające na kamienny łuk cylindryczny, umiejscowiony na południku tego miejsca, mający wyznaczyć kolejne stopnie nieboskłonu, nachylenie ekliptyki i wyznaczenie szerokości geograficznej miejsca po ustaleniu kulminacji słońca podczas przesilenia letniego i zimowego<sup>35</sup>. Około roku 1022 Al-Biruni uściślił te ustalenia w swym *Traktacie wyczerpującym o cieniach*<sup>36</sup>, około roku 1038 Ibn al-Haitham w Egipcie zastosował inny typ ciemni optycznej do obserwacji kształtu zaćmienia słońca w traktacie *Maqāla fi-Šūrat al-Kusūf*, *O kształcie sierpowatym zaćmienia słońca*<sup>37</sup>. Natomiast Witelo w księdze X *Perspektywy* zastosował ciemnię optyczną do uzyskania tęczy w kryształach górskich<sup>38</sup>.

### Przypisy

<sup>1</sup> *Prologus Witelonis Perspectivae in initio: Veritatis amatori fratri Wilhelmo de Morbeka Witelo, filius Thuringorum et Polonorum, aeternae lucis irrefracto mentis radio felicem intuitum et intellectum perspicuum subscriptorum*, [w:] Clemens Baeumker: *Witelo. Ein Philosoph und Naturforscher des XIII. Jahrhunderts*. Münster Westfalen 1908, s. 127.

<sup>2</sup> Tamże: wyjątki z Witelona księgi IV twierdzenia 28, s.162: „*et uisus est lupus iuxta Ligniz, castrum Poloniae, aequalis altitudinis ipsi nemori, sed hoc accidit in horis crepuscularibus, ubi lux est dubia*”.

<sup>3</sup> Jerzy Burchardt: *Witelo filosofo della natura del XIII sec. Una Biografia*, Wrocław 1984, s. 23–25.

<sup>4</sup> Tamże, s. 37–40.

<sup>5</sup> Tamże, s. 44. Jerzy Burchardt: *List Witelona do Ludwika we Lwówku Śląskim*. „*Studia Copernicana*”, t. XIX, Wrocław 1979, s. 161.

<sup>6</sup> J. Burchardt: *Witelo filosofo...*, s. 48–50.

<sup>7</sup> Tamże, s. 50–51.

<sup>8</sup> Wydano przekłady z edycjami łacińskimi na angielski i komentarzami matematyczno-fizycznymi: Sabetai Unguru: *Liber primus*. „*Studia Copernicana*”, t. XXIII, Wrocław 1983. S. Unguru: *Liber secundus et liber tertius*. „*Studia Copernicana*”, t. XXVI-II, Wrocław 1991. Z komentarzami fizycznymi i przekładem na polski wyszły księga II–III, opracowane przez Lecha Bieganskiego, Andrzeja Bielskiego, Romana S. Dydałę i Witolda Wróblewskiego. „*Studia Copernicana*”, t. XXIX, Wrocław 1991, Księga IV opracowana przez Lecha Bieganskiego, Andrzeja Bielskiego i Witolda Wróblewskiego, „*Studia Copernicana*”, t. XXXIII, Warszawa 1994 i księgi V, VI, VII (katoptryczne), „*Studia Copernicana*”, t. XL, Toruń 2003, opracowane przez Andrzeja Bielskiego i Witolda Wróblewskiego. Wyszła też moja „*Kosmologia i psychologia*” Witelona. „*Studia Copernicana*”,

t. XXX, Wrocław 1991, prace te prowadzone przez fizyków, okulistów i znawców łaciny wymagają ogromnej erudycji, wiedzy i maksymalnej ścisłości.

<sup>9</sup> *Witelo filosofo...*, s. 57–58.

<sup>10</sup> Tamże, s. 60–62, s. 77–79. Józef D o m a n i s k i : *Nazwy miejscowe dzisiejszego Wrocławia i dawnego okręgu wrocławskiego*. Wrocław 1967, s. 114.

<sup>11</sup> *Witelo filosofo...*, s. 66.

<sup>12</sup> Tamże, s. 70–73.

<sup>13</sup> F. Gasparri, list z 23 sierpnia 1991: Pour le manuscrit : Cambridge Emanuel College libr. 20 il me semble pouvoir dater cette écriture de la deuxième moitié du XIII<sup>e</sup> siècle, mais pas nécessairement de la Fin du siècle: on pouvait peut-être dire= troisième tiers du XIII<sup>e</sup>.

<sup>14</sup> Rękopis Cambridge, Emanuel College Library, ms. 20 (rękopis kantabrygijski): „Prologus. Alia uero corpora dyafona nobile assueta sunt quidam lapides, ut cristallus, berrillus et similes et sunt vitra... Vitrorum uero et lapidum dyafonorum figure sunt rotunde aut plane uel irregulares. Unde si secentur a planis superficiebus fiunt in illis communes sectiones, aut circuli, aut linee recte, aut irregulares, secundum quarum diuersitatem variatur diuersitas passionum, que visibus occurrunt”.

<sup>15</sup> Tamże, lib. X prop. 46.: „crystallo sphaerica soli opposita ignem possibile est accendi in re combustibili, que post illam. Sit centrum solis punctus a sitque cristallus soli opposita, cuius centrum b, sitque ut superficies plana centra amborum, quae sunt a et b, pertransiens secet ipsam cristallum sphaericam secundum circulum per 69 primi huius, qui sit *cdefg*. Dico quod si aliquid combustibile ponatur post hanc cristallum, ita quod cristallus sit media inter solem et rem combustibilem, ut stupam uel aliquid consimile, possibile est, ut ignis in illo corpore accendatur. [...]. Forte tamen portio spere cristalline minor hemisperio fortius inflammaret in loco centri sui posita re inflammabili, quoniam omnes radii totali illi superficiei sperice perpendiculariter incidentes concurrerent in centro per 72 primi huius. Sed in horum experimentatione est maxima latitudo, quam relinquimus ad talia curiosis”.

<sup>16</sup> Frida R e c h i n g e r - M o s e r , Otto W e t t s t e i n , Max B e i e r . Italien, Stuttgart 1961, s. 201–203.

<sup>17</sup> Cambridge Emmanuel College Library codex 20, s. ostatnia. Opticae Thesaurus, Vitellonis Thuringopoloni libri decem, Basileae 1572, lib. X prop. 83, s. 474.

<sup>18</sup> Tamże, Cambridge, Emanuel College Library, ms 20, s. przedostatnia i ostatnia.

<sup>19</sup> Tamże. „A crystallo exagona soli opposita colores yridis generantur. Huiusmodi enim colores generantur ex debilitate luminis propter refractionem ad perpendicularem, ductam a centro corporis solis ad superficiem unius parallelogrammi ex lateribus cristalli. ... Si uero corpus dyafonum, soli oppositum, fit plurium superficialium quam unius plane uel circularis, secundum eam scilicet partem, qua soli opponitur, utpote si **corpus quadrangulum secundum unum suorum angulorum soli opponatur**, tunc fiet refractionis radiorum incidencium uni superficiei ad ambas superficies oppositas et similiter radiorum incidencium alteri superficiei. Et cum ex parte opposita lumini refracto aer, qui est corpus rarioris dyafoni, occurrerit, refringentur radii ab utraque superficie, ab illa perpendiculari, que ab angulo ad angulum ducta, in corpore basem ipsius per equalia diuideret, uel alia ei equedistante et in alio corpore denso, illi corpori dyafono subiecto, ut

terra uel alio corpore quocunque, tunc quandoque apparebunt duo lumina clara, aliquando uero colorata, ut (W : si) corpus dyafonum fuerit equalium angulorum et superficierum. Et hoc patet experimentanti. Eruntque tunc ibi duo colores confusi, non plures: color scilicet rubeus et alius mixtus, quasi viridis, qui secundum cristalli uel alterius peruii (W: corporis) dispositionem magis (W: sunt) intensi, uel remissi. **Quod si superficies corporis, quo ad partem soli oppositam, fuerint tres, ut sunt in cristallo exagona, tunc a qualibet superficierum oppositarum soli, que sunt tres, receptum lumen, cuiuslibet superiorum trium superficierum reddit corpori opposito**, ut terre uel alteri corpori cuicumque **fiuntque tria lumina, quorum medium manet in ipsa perpendiculari columpne crystalline, basem suam per equalia diuidente uel ipsi diuidenti equidistante**. Et fit visibile (W: mg dex.: e lumini illud), nisi ut lumen solis inpediat. **Alia uero duo refranguntur a dicta perpendiculari propter naturam secundi dyafoni rarioris scilicet aeris**. Dictum est enim in 4 huius, quod medio secundi dyafoni rariore existente, refractio fit a perpendiculari. Et est quasi quedam dispersio radiorum. Apparent autem colores in istis luminibus sic reflexis et refractis propter mixtionem nigredinis coloris cristallini cum lumine penetrante et propter admixtionem umbrarum parcium ipsius cristalli prominentium secundum acumen suorum angulorum, que per XI secundi huius proiciunt ad partem oppositam incidencie radiorum in partem auersam corpori luminoso, quarum umbrarum numerus facit diuersitatem colorum, quando lumini permiscetur, quoniam ubi radio luminis perpendiculari magis quo ad superficiem incidencie, circa quam in viciniore multorum radiolorum fit aggregatio, color cristalli et umbre commixtus reflectitur, quia ille radius magis est luminosus, tunc fit color rubeus. In aliis uero radiis secundum sui debilitatem et colori corporis et umbrarum plurium commixtionem alii colores medii generantur. Fiunt autem tres colores, quoniam ex tribus superficiebus superioribus radii colliguntur ad quamlibet inferiorum superficierum et color rubeus semper ab illa parte videbitur, ubi (W: in mg. dex. : radius per) perpendicularis super superficiem cristalli in generate yridis, oppositam soli, aggregatis omnibus radiis, sue superficiei incidit, post refractionem factam ex aeris interpositi dyafonitate. Et tunc quandoque tres yrides generantur, propter triplicem naturam refractionis in medio secundi dyafoni rarioris, ut premissum est. Et quia ter tria faciunt quadratum, qui est nouem, erunt tunc nouem colorum indiuidua, multiplicatis trium superficierum superiorum numero in numerum trium inferiorum. Tres uero erunt specificie difference colorum. Et fit istorum colorum per angulos corporis sensibilis distinctio, quoniam a linea angulorum, que actu etiam et indiuisibilis est, reflexi uel refracti radii indiuisibiles nihil sensibile producunt. Non autem fiunt isti colores yridis per cristallum penitus per naturam colorum uere yridis, quorum distinctio formaliter est tantum in visu, sed fiunt per naturam lucis reflexe a natura dicti corporis. Unde et causa ipsorum non est ad uisum facta reflectio. Nec enim videntur per modum reflexionis, sed **per modum simplicis uisionis**, ut alia uisibilia, que uisui offeruntur et a quolibet in eodem loco videntur. Fit itaque colorum distinctio a figura corporis quoniam a qualibet alia cristallo uel corpore per uio alterius figure colores uarii apparent (W: in mg. dex. qui) secundum situm colorum yridis non (W: sunt) distincti”.

<sup>20</sup> Tamże, Cambridge, Emmanuel College Library codex 20, Witelonis *Perspectiva*, lib. X prop. 81, p. 202: „Et istius signum est, quod si accipiatur cristallus exagona et due eius superficies cera rubea uel alia tegantur, sic quo inter illas duas tertia superficies maneat non opaca, tunc et tribus aliis soli transeunti per foramen non magnum oppositis, si locus operationis non sit alias valde luminosus, aliquid nigrum superponatur, tunc videbitur etiam ex cristallo modica yris maxima, pulcherrima et clarissimi coloris. Quod fit propter agregationem totius luminis ab omnibus superficiebus superioribus ad inferiora incidentis, qui ad locum unicum agregantur”.

<sup>21</sup> Tamże.

<sup>22</sup> Tamże, kontynuacja fragmentu: „si uero ille superficies tres, que nunc soli fuerint opposite, inferiores fiant et e conuerso alie tres superiores, tunc yris quandoque una et quandoque nulla apparebit. Et qui ludum istum iocosum reuoluerit, inueniet que hic scripsimus plurima quam et per nos in tali solatio sunt inuenta”.

<sup>23</sup> Tamże, zakończenie kontynuacji fragmentu: „et si unam ex VI superficiebus dictis experimentans opacauerit, ille similia per reuolutionem cristalli ad diuersos situs inuenient. Et si cristallum oculo opposuerit sic, ut tres non opace superficies ad oculum uertantur, per omnes tres oculo oppositas illam ceram rubeam videbit. Et si reuoluerit cristallum coram oculo, plures occurrent diuersitates, quas generationibus colorum applicare quis poterit, semper siderans umbrarum immixtionem quoniam eadem est natura reflexionis formarum ad uisum et luminis ad ea, quibus incidit. Non enim defertur color uel forma uisibilis ad uisum nisi per naturam lucis, que est in ipso. Poterit per experientiam hic dictis multa addere diligens inquisitor. Patet itaque propositum”.

<sup>24</sup> W i t e l o : *Perspectiva* lib. X prop. 65 czystopisu kantabryjskiego: „uisus iudicat magis ab albo receder quam puniceum videturque ibi lumen reflexum sibi viride seu prassinum et secundum hunc colorem prassinum pyramidum facta reflexione, cum dicte conditiones sensibiliter a prius entibus conditionibus variantur, videtur lumen plus nigra accedere et fit uisui color alurgus siue lazurius, ...Color uero xanthos qui inter colorem uiridem et colorem puniceum videtur in yride non est color distinctus ab aliis. ...Inuenimus et nos diebus estiwis circa horam uespertinam uel ante modicum circa Biterbium in quodam precipitio apud balneum, quo dicitur Scopuli, aquam uehementer precipitari. Descendentesque ad uidendum, quid in ipso posset accidere, soli sibi opposito uidimus yridem perpetuam, sole sibi circa aspectum sibi debitum existente et multas ex proprietatibus yridis notauimus”.

<sup>25</sup> David C. L i n d b e r g : *The science of optics*, [w:] *Science in the middle Ages*. Edited by D.C. L i n d b e r g . Chicago 1978, s. 362. W i t e l o : *Perspectiva*, lib. X prop. 67 (Risner s. 461) „«Tricolor est omnis yris»: colores autem iridis secundum uerum, quod se nobis post multos cogitatus et experientias obtulit, sic possunt declarari. Quia enim totus uapor roridus (qui est materia iridis) in superficie et profundo est irradiatus, et ipsius est multa profunditas: patet quia ipse in aspectu sui ad solem serenius et immixtius habet lumen, mixtum tamen cum colore uaporis, qui niger est, ut in aquosis uaporibus euidens est (sunt enim omnes nigri) natura aute lucis est immiscere se coloribus rerum, ad quas reflectitur”.

<sup>26</sup> Tamże, 362.

<sup>27</sup> I. B. C o h e n : *Newton Isaac*, [w:] *Dictionary of Scientific Biography*. Editor Gillispie 1972, vol X, s. 88 przypisy 75–76.

<sup>28</sup> David C. L i n d b e r g : *Theories of vision from Al-Kindi to Kepler*. Chicago 1976, s.200–202.

<sup>29</sup> Tamże, s.43.

<sup>30</sup> Tamże, s.53.

<sup>31</sup> Tamże, s.53

<sup>32</sup> Oscar B l o c h , Walter v o n W a r t b u r g : *Dictionnaire étymologique de la langue française*. Paris 1996, s. 674: un drap violet. W doświadczeniu z *Optica* Newtona nie wymienił już koloru fioletowego

<sup>33</sup> I. B. C o h e n : *Newton Isaac...* , s. 56–58.

<sup>34</sup> Jean-François O u d e t : *Le principe de la chambre noire et les sextants monumentaux de Rayy (Xe s.) et Samarkand (XVe s.)*, *École Pratique des Hautes Études – IVe section sciences historiques et philologiques*, V, *Hautes Études Médiévales et Modernes* 73, *Comprendre et maîtriser la nature au moyen âge*. Mélanges d’histoire des sciences offertes a Guy B e a u j o u a n . Geneve 1994, s.51.

<sup>35</sup> Tamże, s. 30–31.

<sup>36</sup> Tamże, s. 51.

<sup>37</sup> Tamże, s. 52, Eilhard W i e d e m a n n : *Über die Camera obscura bei Ibn al-Haiṭam*, *Sitzungsberichter der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen*. 46 Band, 1914, „Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften”, XXXIX, s. 156. A. I. S a b - r a , I b n a l - H a y t h a m : *Dictionary of Scientific Biography*. Edited by Gillispie , s. 208 Maqāla fi-Surat al-Kusūf.

<sup>38</sup> W i t e l o : *Perspectiva*, czystopis autora, Emanuel College Library 20, lib. X, prop. 81.