



## Thomas Young i jego wkład do dyskusji nad naturą światła

Bronisława Średniawa

bronias1@op.pl

### Thomas Young, krótki rys biograficzny

Thomas Young urodził się w roku 1773 w południowej Anglii. Był niezwykle mądrym dzieckiem – mając dwa lata czytał biegle, jako sześciolatek rozpoczął naukę łaciny, a w wieku 16 lat posługiwał się kilkunastoma językami starożytnymi i współczesnymi europejskimi oraz językami Wschodu. Młody Young znał podstawy matematyki i rozwijał zainteresowania fizyką, czytał wybitne dzieła naukowe (między innymi Newtona i Lavoisiera), sam budował aparaturę optyczną, na przykład mikroskop i teleskop.



Mimo że uczęszczał do szkół i miał prywatnych nauczycieli, to w gruncie rzeczy był samoukiem i ten sposób zdobywania wiedzy cenił najwyżej. Jego wybitne zdolności szły w parze z niezwykle pracowitością. Po latach wspominał, że jako dziecko w lecie wstawał godzinę wcześniej niż rówieśnicy, a w zimie kładł się spać dwie godziny później, by się uczyć. W całym życiu nie spędził ani jednego dnia beczynnym.

O wyborze zawodu lekarza zdecydowały namowy wuja, znanego w Londynie doktora Brocklesby'ego, który podziwiał jego osiągnięcia językowe, namawiał do dalszej działalności na polu translatorskim, ale równocześnie przestrzegał, zresztą skutecznie, przed wpadnięciem w nadmierny zachwyt nad sobą. Young studiował medycynę w Londynie, Edynburgu, Getyndze i Cambridge. Będąc na studiach w Getyndze, dla rozrywki stał się świetnym gimnastykiem i jeźdźcem. Z goryczą przyznawał, że dzięki temu był znany wśród braci studenckiej lepiej niż z powodu nieprzeciętnych osiągnięć językowych. W 1800 roku rozpoczął praktykę lekarską w Londynie. Od tego czasu również uczęszczał regularnie na spotkania w *Royal Institution*, gdzie w rok później Count Rumford (1753–1814) zatrudnił go jako profesora (z pensją 300 funtów rocznie). Young pozostał na tej posadzie przez dwa lata, prowadząc wykłady popularne. Były one zagmatwane, szczegółowe i techniczne, dlatego raczej nie najlepsze dla nieprofesjonalnej publiczności.

### Teoria widzenia

Z początkiem lat dziewięćdziesiątych XVIII wieku głoszono, że w akomodacji oka może brać udział zmiana kształtu rogówki, gałki ocznej lub soczewki oka. Co więcej, stwierdzenia o roli rogówki i kształtu gałki ocznej w akomodacji,

poparte wynikami prowadzonych przez siebie badań doświadczalnych, wspólnie publikowały uznane autorytety w tej dziedzinie, między innymi Everard Home (1756–1832), wzięty chirurg i członek *Royal Society*. Young przypuszczał jednak, że te poglądy są niesłuszne, i podejrzewał, że soczewka oka składa się z włókien mięśniowych, a impulsy nerwowe powodują zmianę długości włókien, tak że soczewka może stawać się bardziej lub mniej wypukła. W serii doświadczeń przeprowadzonych na oku wołu potwierdził możliwość występowania zmian kształtu soczewki, koniecznych do ostrego widzenia z bliska i z daleka. Young przeanalizował optykę oka i aby obalić nieprawdziwe teorie o zmianie kształtu rogówki i gałki ocznej, policzył, jakim zmianom musiałyby ulegać, by zapewnić ostrość widzenia przedmiotów bliskich i dalekich. Następnie eksperymentalnie udowodnił, że rogówka i gałka oczna takich zmian kształtu nie doznają. W ten sposób wykazał, że nie biorą one udziału w akomodacji. Badał również własną wadę wzroku – astygmatyzm. Badania te również potwierdzały poprzednie wnioski o zmianach kształtu soczewki w oku. Interesował się też teorią postrzegania barw, daltonizmem – zasugerował, że istnieją trzy kolory podstawowe: czerwony, żółty i niebieski. Już w pierwszej fazie prac nad teorią widzenia został doceniony do tego stopnia, że w wieku 21 lat wyróżniono go członkostwem *Royal Society*.

### **Światło to cząstki czy fale? – przegląd zjawisk optycznych znanych na przełomie XVIII i XIX wieku**

Od niepamiętnych czasów ludzie zastanawiali się, czym jest światło. Poglądy o dwojakim charakterze światła, falowym i korpuskularnym, zrodziły się w spekulacjach naukowych starożytnych Greków.

Zapewne jedno z najdawniejszych spostrzeżeń człowieka dotyczyło tego, że światło biegnie po liniach prostych i nie ugina się na przeszkodach. Od dawna również wiedziano, że dźwięk jest falą i ulega ugięciu, gdy natrafi na swej drodze na jakiś obiekt – dlatego chociażby muzykę można słyszeć, nie widząc jej źródła. Jednak taka prawidłowość w odniesieniu do światła byłaby trudna do przyjęcia na tamtym wczesnym etapie obserwacji i wiedzy. Zatem stwierdzenie rozchodzenia się światła po prostej drodze sugerowało jego charakter korpuskularny. Inny znany od bardzo dawna fakt, prawo odbicia, łatwo tłumaczono na bazie obu poglądów na naturę światła. Prawo załamania światła na granicy dwóch ośrodków było opisywane już przez starożytnych, jednak ujęcie go w prostej matematycznej formie, za pomocą sinusów kątów padania i załamania, nastąpiło dopiero w latach dwudziestych XVII wieku. Tłumaczenie tej prawidłowości na gruncie teorii korpuskularnej prowadziło do wniosku, jakoby prędkość światła w ośrodku gęściejszym (np. wodzie) była większa niż w rzadszym (np. powietrzu). Rozumowanie oparte na charakterze falowym prowadziło do przeciwnej konkluzji, a mianowicie, że światło biegnie szybciej w ośrodku rzadszym niż w gęściejszym. W tamtych czasach nie potrafiono jednak zmie-

rzyć prędkości światła w różnych ośrodkach przezroczystych (dopiero Foucault stwierdził doświadczalnie w 1850 roku, że prędkość światła w powietrzu jest większa niż w wodzie). Zatem pytanie o naturę światła pozostawało na razie otwarte. Niebagatelnym osiągnięciem było wyznaczenie przez Olausu Rømera (1644–1710) w 1676 roku wartości prędkości światła. Stwierdzenie, że światło ma skończoną prędkość, zwolennicy teorii falowej skomentowali tak, że prędkość fali w danym ośrodku może być stała. Aby jednak wzbudzić podejrzenia wobec konkurencyjnej teorii korpuskularnej, poddawali w wątpliwość, by w pewnym ośrodku wszystkie cząstki światła miały się poruszać z taką samą prędkością. Co więcej, załamaniu światła towarzyszy odbicie. Na podstawie falowego charakteru twierdzono, że część energii fali odbija się, reszta przechodzi dalej. Na podstawie teorii emisyjnej sam Izaak Newton (1642–1727) absolutnie poważnie pisał, że niektóre cząstki światła *fit to easy transition* (łatwo przechodzą), a inne *fit to easy reflection* (łatwo odbijają się).

Druga połowa XVII wieku przyniosła kolejne obserwacje, które zwolennicy obydwu teorii starali się wyjaśniać na swój sposób. Robert Hooke (1635–1703) w książce *Micrographia* (1665) opisał tęcze kolory – według jego słów „kolory fantastyczne” – które pojawiają się przy odbiciu światła od cienkich warstewek. Zjawisko to możemy obserwować na rozlanych plamach benzyny na ulicy lub na puszczanych przez dzieci bańkach mydlanych. Hooke stwierdził, że pojawiające się kolory zależą od grubości warstewki.

W 1665 roku opublikowano odkrycie dyfrakcji światła, dokonane przez Francesco Grimaldiego (zm. 1663), który obserwując cienie małych przedmiotów oraz światło przechodzące obok ostrych krawędzi, zauważył, że światło ulega ugięciu.

Erazmus Bartolin (zm. 1698) w 1670 roku odkrył zjawisko polaryzacji światła w trakcie doświadczeń ze szpatem islandzkim. Pomimo, że już od tego momentu prowadzono badania i próby wyjaśnienia zjawiska oraz obserwowanych prawidłowości (między innymi tymi zagadnieniami zajmował się Christiaan Huygens (1629–1695)), to dopiero w półtora wieku po pierwszej obserwacji promieni zwyczajnego i nadzwyczajnego w szpacie islandzkim rozwój optyki zaferował wytłumaczenie polaryzacji światła.

Newton zajmował się optyką dokładnie i szeroko, wykonywał i opisywał wiele doświadczeń, notował skrupulatnie wyniki pomiarów, komentował i wysnuwał wnioski. Widząc zalety i niedoskonałości poglądów falowego i korpuskularnego na charakter światła, ostatecznie opowiedział się za naturą korpuskularną. Współcześnie z Newtonem, Christiaan Huygens i Robert Hooke stali na stanowisku, że światło ma charakter falowy. Można przy okazji zauważyć, że *Optyka* (1704) Newtona doczekała się wydania dopiero po śmierci Hooke'a. Kilkanaście lat później ukazały się jeszcze książki druga i trzecia. W następnym stuleciu tylko nieliczni, a pośród nich Leonhard Euler (1707–1783) opowiadali się za poglądem falowym na naturę światła, natomiast zdecydowana większość

świata nauki – głównie z powodu autorytetu, jakim cieszył się Newton – popierała pogląd korpuskularny na naturę światła, nawet mocniej niż on sam sto lat wcześniej.

### **Prace Younga nad teorią falową światła**

W 1800 roku ukazała się praca Younga *Sound and Light*. Dalsze swoje osiągnięcia w dziedzinie odkrywania i dowodzenia falowego charakteru światła Young przedstawił podczas dwóch wykładów *Bakerian Lectures* w *Royal Society* w latach 1801 i 1803. W 1802 roku sformułował zasadę interferencyjną. Każde z tych wystąpień ukazało się nieco później w formie pisemnej, w *Philosophical Transactions*. Po kilku latach Young zebrał i częściowo przedredagował te wykłady, które opublikował pod wspólnym tytułem *Lectures on Natural Philosophy* (Wykłady z fizyki) (1807). Właśnie mijają dwa wieki od tamtej chwili.

W pracy *Dźwięk i światło* autor oddał należny hołd Newtonowi, chociaż Young dalej zaznaczył, że jego rozważania mogą zmniejszyć ciężar krytyki wobec poglądu falowego. Wskazał też, jakie trudności występują w teorii Newtona. Wymienił stałość prędkości światła niezależnie od tego, co jest jego źródłem, równoczesność odbicia i załamania oraz kolory cienkich płytek. Przede wszystkim jednak przedstawił analogię pomiędzy światłem i dźwiękiem.

W tym czasie Young wdał się w polemikę z autorem *Optics* (1738) i *Harmonics, or Philosophy of Musical Sounds* (1749), doktorem Robertem Smithem, uznanym wówczas autorytetem naukowym, profesorem astronomii w Cambridge, fundatorem renomowanej nagrody matematycznej własnego imienia. Young z wielką finezją językową, ale też i z dorównującym jej brakiem delikatności, nie zostawił na autorze suchej nitki. W obronie autorytetu stanęli inni znani przedstawiciele establishmentu naukowego, między innymi John Gough (1757–1825), sławny z tego, że jako człowiek niewidomy, był wybitnym botanikiem i nauczycielem Johna Daltona (1766–1844), oraz John Robison (1739–1805) szkocki matematyk i fizyk, który wziął stronę Henry'ego Broughama<sup>1</sup>, zaatakowanego przez Younga za artykuł opublikowany w 1798 roku w *Philosophical Transactions*.

W 1801 roku w wykładzie zatytułowanym *On the Theory of Light and Colours* Young opowiadał się za istnieniem świetlnego eteru, który miałby być w wysokim stopniu rzadki i elastyczny, przenikał Wszechświat, a fale (podłużne) były wzbudzane w tym eterze, gdziekolwiek ciała się świeciły. Pisał, że postrzeganie różnych kolorów zależy od różnej długości drgań wzbudzonych przez światło na siatkówce oka. Ostatnia hipoteza zawierała sugestię, że światło w powietrzu biegnie z większą prędkością niż w przezroczystych ciałach sta-

---

<sup>1</sup> Henry Brougham (1778–1868) prawnik, polityk, wieloletni członek Izby Gmin, Lord Chancellor, obrońca niewolników i wreszcie odkrywca i miłośnik Cannes, który tę rybacką wioskę podniósł do rangi miejsca spotkań europejskiej śmietanki towarzyskiej.

łych i cieczech. Dalej nastąpiło rozwinięcie teorii falowej, opisane w serii „propozycji”, z których trzecia dotyczyła dyfrakcji światła, a w ósmej przedstawił takie stwierdzenie: „Gdy dwie fale, z różnych źródeł, zbiegną się, albo w dokładnie tym samym, albo w bardzo bliskim kierunku, ich wspólny wynik działania jest kombinacją ruchów należących do każdej z nich”. Zatem Young pierwszy sformułował zasadę interferencji fal dla światła, a tłumaczył ją na przykładzie fal w zbiornikach wodnych. Co więcej, opisał jeszcze obserwację obrazu interferencyjnego (do prążków czwartego rzędu), otrzymanego za pomocą światła słonecznego odbitego od szeregu równoległych rowków naciętych na płytce szklanej. Kolejnym osiągnięciem było wyliczenie długości fal świetlnych dla 7 kolorów z widma widzialnego z danych pomiarowych Newtona, z rozmieszczeń pierścieni Newtona; były to pierwsze w historii obliczone wartości długości fal świetlnych. Young również wyjaśniał jakościowo, jak powstaje kolorowe światło po przejściu przez cienkie warstwy, a także całkowite wewnętrzne odbicie oraz tworzenie kolorów przy ugięciu światła. Wywody te podsumował wnioskiem o falowej naturze światła.

W lipcu 1802 roku nadał pełne brzmienie zasadzie interferencji światła: „Kiedykolwiek dwie porcje tego samego światła dochodzą do oka po przebyciu różnych dróg, albo dla tego samego, albo bardzo zbliżonego kierunku, to staje się ono najbardziej intensywne, gdy różnica ich dróg jest dowolną wielokrotnością pewnej długości, a najmniej intensywne w stanie pośrednim interferujących ze sobą porcji światła, a ta długość jest inna dla światła o różnych kolorach”.

W 1803 roku na wykładzie *Bakerian Lecture* pod tytułem *Experiments and Calculations Relative to Physical Optics* przede wszystkim opisał doświadczenie, w którym w świetle wiązki światła słonecznego przepuszczonego przez dziurkę zrobioną igłą w przesłonie, obserwował cień paska papieru o szerokości  $1/30$  cala (0,8 mm) w różnych odległościach od niego. Zaobserwował na ekranie obraz interferencyjny: kolorowe prążki interferencyjne oddzielone były od siebie ciemniejszym cieniem, jednakże zawsze w środku cienia paska papieru pojawiał się biały prążek. Następnie wyliczył długości fal światła z danych doświadczalnych swoich i Newtona. Wyniki zgodziły się w granicach 13%. Young badał też zjawisko tęczy. Zauważył zgodność swoich obserwacji z obserwacjami Newtona, w szczególności, że im gęściejszy ośrodek, tym mniejsze odległości między prążkami. Jednak wynikało stąd, że światło wędruje szybciej w ośrodku rzadszym niż w ośrodku o większej gęstości, zatem świadczyło na korzyść charakteru falowego światła.

W 1803 roku wspomniany Henry Brougham opublikował, zresztą anonimowo, trzy polemiki przeciwko Youngowi i jego teorii. Artykuły te bardzo zaszkodziły powszechnemu przyjęciu teorii falowej światła i zdruzgotały opinię Younga jako uczonego. Ton tych artykułów wiązał się zapewne jeszcze z atakiem Younga (sprzed kilku lat) na wywody Broughama. Young wtedy również nawet nie wymieniał obiektu swojej krytyki z nazwiska, cierpkie słowa tyczyły

się nie tylko meritum sprawy, ale też autor nie powstrzymywał się od zwykłej złośliwości. To właśnie spowodowało, że Brougham stał się zaciekle wrogiem wielkiego zwolennika teorii falowej światła i tylko czekał na okazję, aby „odpłaci pięknym za nadobne”.

Jednakże pomimo sformułowania zasady interferencji i wyliczenia długości fal świetlnych dla poszczególnych kolorów przez Younga, współcześni mogli mieć wątpliwości co do przyjęcia poglądów na naturę światła z powodu braku przedstawienia zmatematyzowanej teorii falowej światła, na której powstanie trzeba było poczekać jeszcze kilkanaście lat.

W roku 1807 Young wydał swoje prace z lat 1800–1803, nieco zmienione przez kilka lat przemyśleń, i do tej wersji dołączył opis swojego sławnego doświadczenia interferencji światła na dwóch szczelinach, będącego koronnym dowodem na falową naturę światła oraz piękną ilustracją zjawiska dyfrakcji i interferencji fal. Na podstawie tego eksperymentu wyliczył również długości fal świetlnych, które wynosiły  $1/36\ 000$  cala ( $0,71\ \mu\text{m}$ ) dla czerwieni i  $1/60\ 000$  cala ( $0,42\ \mu\text{m}$ ) dla skrajnego fioletu.

W drugim dziesięcioleciu XIX wieku nastąpiła seria odkryć w dziedzinie polaryzacji światła. Odkryto między innymi polaryzację światła przy odbiciu, polaryzację chromatyczną i kołową. Przy tym stanie wiedzy Young w **1817 roku** zasugerował, że fala światła może posiadać niewielką składową poprzeczną oprócz składowej podłużnej.

Podsumowując dokonania Younga na tym polu, trzeba stwierdzić, że bezsprzecznie wznosił fundamenty dla teorii falowej światła.

### Dalsze życie Younga

W 1803 roku Young, po rezygnacji z posady w *Royal Institution*, powrócił do zawodu lekarza. Wiosną, jesienią i zimą pracował w Londynie, a w lecie – w Worthing, modnej miejscowości nad kanałem La Manche, dokąd udawała się stołeczna socjeta na wypoczynek. Praktykę lekarską kontynuował do 1814 roku, jednakże nie odniósł większego sukcesu, gdyż w kontaktach zawodowych był zbyt chłodny i pewny siebie, by wzbudzać zaufanie chorych. Inaczej w życiu prywatnym: nigdy się nie wywyższał i okazywał dobry charakter. W 1804 roku poślubił Elizę Maxwell, szkołką arystokratkę. Young lubił światowe rozrywki, muzykę, taniec, jazdę konną. Był towarzyski, lubił dyskusję z wyrafinowanym rozmówcą. Urodzony i wychowany w rodzinie kwakrów, już jako student opuścił tę wspólnotę wyznaniową. Był człowiekiem zamożnym, w roku 1797 zmarły wuj pozostawił mu dom z biblioteką i dziełami sztuki w Londynie wraz z bajeczną sumą 10 000 funtów.

Young piastował liczne urzędy, między innymi sekretarza w *Board of Longitude* (300 funtów rocznie), kierował pracami *Nautical Almanac* (100 funtów rocznie). Napisał, przeważnie anonimowo, dziesiątki artykułów o nauce, w tym ponad sześćdziesiąt do suplementu *Encyclopaedia Britannica*. Young jest rów-

niez autorem *A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*, monumentalnego dzieła w dwóch tomach, spisane go na niemal 1500 stronach, zawierającego okazały indeks i bibliografię zestawioną z 20 000 (dwudziestu tysięcy!) pozycji. Autor ujął w tym dziele wiedzę fizyczną, na którą składały się: mechanika, hydrostatyka, hydrodynamika, nauka o materii, elektryczność, magnetyzm, a także wiedzę inżynierską o maszynach, pompach, silnikach parowych, następnie astronomię, wiadomości o meteorach, roślinach, zwierzętach i wiele innych. Napisane trudnym językiem dzieło raczej onieśmiela zwykłego czytelnika niespotykaną erudycją autora. To on użył po raz pierwszy terminu „energia” w odniesieniu do iloczynu  $mv^2$ . Znany nam dziś moduł Younga pochodzi od jego modułu sprężystości, przeddefiniowanego na sposób współczesny w drugiej połowie XIX wieku. Zajmował się również teorią przyływów, ruchem wahadła i jeszcze wieloma innymi zagadnieniami. Nie można zapomnieć o tym, że to właśnie Young rozszyfrował pierwsze hieroglify na kamieniu z Rosetty<sup>2</sup>. Na łożu śmierci kończył jeszcze jedno swe dzieło – słownik egipski. Zmarł w wieku zaledwie 56 lat.

### **Epilog, czyli co dalej, optyko?**

Następnym milowym krokiem naprzód w optyce, który zapewnił falowej teorii światła należne miejsce w nauce, były badania Augustina Jeana Fresnela (1788–1827), francuskiego inżyniera trudniącego się głównie budową dróg, który optyką zajmował się niejako hobbystycznie, w przerwach w pracy. Przyczyna pierwszej z tych przerw była raczej nietypowa, spowodowała ją bowiem gotowość Fresnela do wsparcia rojalistów, gdy Bonaparte maszerował na Paryż w 1815 roku, w czasie „stu dni Napoleona”. Bonapartyści profilaktycznie zamknęli młodego budowniczego dróg w areszcie domowym, a dzięki przymusowemu urlopowi optyka stała się treścią życia Fresnela. Był on niezwykle sprawnym doświadczalnikiem i matematykiem, cechowały go równocześnie niezwykła pracowitość i poczucie obowiązku. Niestety, słabe zdrowie i praca na stanowisku inżyniera znacznie utrudniały mu badania naukowe, a przerwała je w 1824 roku zaawansowana gruźlica, która trzy lata później stała się powodem jego przedwczesnej śmierci w wieku 39 lat.

Fresnel połączył zasadę Huygensa z zasadą interferencji, formułując tzw. prawo Huygensa-Fresnela: „drgania fali świetlnej w każdym jej punkcie należy rozpatrywać jako sumę elementarnych fal, które byłyby wysłane w tej samej chwili przez wszystkie działające i izolowane części tej fali, rozpatrywanej w jakimkolwiek ze swoich poprzednich położań”. Na podstawie tej zasady, używając zaawansowanego aparatu matematycznego, Fresnel wyliczył natężenia prążków interferencyjnych. Ponadto w 1821 roku uznał, że światło jest falą

---

<sup>2</sup> Znalaziona w 1799 roku w delcie Nilu granitowa tablica z wrytym dwujęzycznym tekstem zapisanym w trzech wersjach: w języku egipskim alfabetem hieroglificznym i demotycznym oraz w języku greckim – eksponowana w British Museum w Londynie, wstęp bezpłatny.

poprzeczną. Doszedł do takiego przekonania po wnikliwej analizie i kilkuletnim namyśle nad wynikiem obserwacji dyfrakcji i interferencji światła spolaryzowanego równolegle i prostopadle względem siebie. Dla obserwatorów zadziwiające i niewytłumaczalne było, że wiązki światła spolaryzowanego w kierunkach prostopadłych do siebie nie interferowały. Ta właściwość – poprzeczność fali świetlnej – stała się kluczem do zrozumienia zjawisk związanych z polaryzacją światła. Niestety, to odkrycie miało też nieoczekiwany wpływ na prywatne życie Fresnela: spowodowało odsunięcie się od niego przyjaciela i protektora Dominika Arago (1786–1853), który zgoła nie dopuszczał takiej właściwości fal świetlnych.

Fresnel w ciągu 8 lat działalności naukowej stworzył podstawy optyki falowej. Jego obliczenia dotyczące zjawisk odbicia, załamania, dyfrakcji i interferencji oraz polaryzacji dawały wyniki zadziwiająco zgodne z eksperymentem<sup>3</sup>. Fresnel nie ukończył swych badań. Jego dzieło było uzupełniane i kontynuowane.

#### Literatura

- [1] A. Wood, *Thomas Young, Natural Philosopher (1773–1829)*, Cambridge 1954.
- [2] E.W. Morse, *Young Thomas*, w: *Dictionary of Scientific Biography tom XIV*, Charles Scribner's Sons, New York, 1976, s. 562–572.
- [3] G.A. Cox, *Thomas Young (1773–1829)*, Phys. Edu. vol. 8 (1973), 396.

#### Od Redakcji:

Redakcja poleca stosowne rozdziały *Historii fizyki* Andrzeja Kajetana Wróblewskiego, PWN. Znajdą w nich Państwo fascynujące cytaty z oryginalnych prac uczonych, fotokopie dzieł i ciekawe ilustracje.

---

<sup>3</sup> Tylko w kilku skomplikowanych przypadkach, jak na przykład dla eliptycznej polaryzacji powstałej przy odbiciu od metali doświadczenia nie potwierdziły jego wzorów.