

# Ronchi, Vasco

---

## Galileusz - mistrz techniki

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 10/3, 259-275

---

1965

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.



Vasco Ronchi

## GALILEUSZ — MISTRZ TECHNIKI\*

Czterechsetlecie urodzin Galileusza przysporzyło wiele sposobności, by podkreślić ogromne zasługi człowieka, który zostawił niezatarte ślady wszędzie tam, którądykolwiek przeszedł, i który po dziś dzień uważany jest przez cały niemal świat za jedną z najwybitniejszych postaci wszystkich epok.

Galileusz uczony, Galileusz filozof, Galileusz literat — oto kolejne aspekty tej wielostronnej osobowości; nigdy jednak nie doszły nas słuchy o Galileuszu techniku; prawdopodobnie dlatego, że rozważanie tego nurtu działalności Galileusza byłoby pożytywane przez wielu za pomniejszanie jego wielkości.

Mówiło się i mówi się nadal: nauka i technika; a przecież do dzisiaj, po tylu niezliczonych dyskusjach, nie udało się bynajmniej sformułować definicji, która by wyraźnie rozróżniła jedną i drugą sferę działalności ducha ludzkiego; niektórzy zaś doszli do wniosku, że prawdziwej różnicy właściwie tu nie ma. Obydwu pojęć używa się jednak stale, a mianowicie, z grubsza biorąc, o nauce mówi się zazwyczaj wtedy, kiedy chodzi o wysiłek głównie myślowy; do zakresu techniki zalicza się natomiast działalność, w której przeważa praca rąk lub w każdym razie manipulacje mechaniczne. Nie upieram się przy specjalnej wartości takiego właśnie podziału, ponieważ, jak już powiedziałem, wszelkie próby odgraniczenia nauki od techniki można uznać za zdecydowanie za chybione; z tym wszystkim, skoro powziąłem zamiar, by mówić o Galileuszu jako

\* W związku z czterechsetleciem urodzin Galileusza, obchodzonym uroczystie w 1964 r. na całym świecie, w niniejszym numerze „Kwartalnika Historii Nauki i Techniki“ zamieszczamy kilka prac, związanych z tematyką Galilejską. *Galileusz, Mistrz techniki (Galileo, Maestro di tecnica)* — artykuł Vasca Ronchiego, dyrektora Narodowego Instytutu Optyki (Istituto Nazionale di Ottica) we Florencji-Arcetri, w oryginale ukazał się w periodyku „Luce e Immagini“, Firenze, R. 18, nr 2/1964, oraz oddzielnie w serii *Publicazioni dell'Istituto Nazionale di Ottica*, seria 2, nr 1057. Artykuł z jęz. włoskiego tłumaczyła Maria Oderfeld. Następnie drukujemy prace przygotowane na warszawską sesję naukową Komitetu Historii Nauki i Techniki Polskiej Akademii Nauk (20 X 1964), poświęconą rocznicy Galilejskiej, a mianowicie: A. Teske, *Galileusz i metoda nauk ścisłych*; W. Vojsé, *Grocjusz, uczeń Galileusza* (referat wygłoszony był również podczas Galilejskiego Międzynarodowego Sympozjum Historii, Metodologii, Logiki i Filozofii Nauki we Florencji). Referat ogólny, który otwierał wspomnianą sesję: E. Rybka, *Galileusz w świetle współczesnej astronomii*, ukazał się w „Nauce Polskiej“, nr 1/1965. Ponadto niniejszy numer „Kwartalnika“ przynosi m. in. artykuł: A. Teske, *Z Padwy do Florencji i Rzymu. Zamiaty Galileusza i droga do procesu*; sprawozdanie W. Vojségo z włoskich imprez Roku Galileusza; w dziale *Recenzje*: A. Teske, *Galileusz w świetle dawnej optyki. Wyniki badań Vasca Ronchiego* (gdzie m. in. jest obszernie skomentowana wyżej zamieszczona praca). Pewne *Galileana* znajdują się także w dziale *Kronika*. Natomiast bogate zestawienie bibliograficzne *Nowości Galilejskie w polskich bibliotekach naukowych*, pierwsze w tym rodzaju w polskim czasopiśmie naukowym, przygotowane zostało do następnego numeru i ukaże się w „Kwartalniku“ nr 4/1965. (Przypis redakcji).

o mistrzu techniki, musiałem wspomnieć bodaj pobieżnie o znaczeniu, jakie tym dwom pojęciom nadaje.

Tego, że Galileusz był głębokim filozofem, nikt nie kwestionuje; to, że był uczonym najwyższego lotu, powtarza się do przesady; lecz jego maestrii technika o „złoty rękach“ nie głoszą już tak często. A przecież i w dziedzinie techniki, jak we wszystkich innych dziedzinach, w które wkroczył, położył Galileusz wielkie zasługi; nieprawdopodobnie wielkie. Należy uważać go za twórcę jednej z gałęzi techniki, i to gałęzi najbardziej precyzyjnej, jaka istnieje: precyzyjnej techniki optycznej.

Historia tej gałęzi jest mało znana, ponieważ niełatwo ją zbilansować; precyzyjna technika optyczna jest terenem zastrzeżonym dla wąskiej grupy wtajemniczonych, którzy znają wszystkie jej sekrety i potrafią je wykorzystać. Owe „sekrety“ nie są właściwie już dziś tajemnicą, ponieważ może je poznać każdy, kto ma na to ochotę; są publikowane drukiem w powszechnie dostępnych książkach; tylko że chętnych do ich zgłębnienia jest niesłychanie mało.

Ten jedynie, kto zna optykę precyzyjną, może pojąć znaczenie inicjatywy poprzedników i ocenić jej wartość i ważność; toteż nie należy się dziwić, że wśród tylu badaczy uprawiających historię nie pojawił się dotychczas ani jeden, który by skoncentrował się na twórczości Galileusza na polu techniki optycznej; technicy zaś nie lubią „tracić czasu“ na studiowanie historii, nawet historii domeny im samym najbliższej. Twierdzą, że gdyby zaczęli to robić, prawdopodobnie by nie żalowali.

Spróbuję zatem naszkicować twórczość Galileusza w zakresie optyki precyzyjnej; w razie potrzeby posłużę się pewnymi faktami z naszej współczesności, by ułatwić czytelnikowi zrozumienie faktów z przeszłości.

\*

Galileusz zaczął interesować się optyką od chwili, gdy zajął się lunetą. A stało się to w pierwszym tygodniu lipca 1609 roku. Moglibyśmy przyjąć tę datę jako punkt wyjścia; przyda się jednak zarys sytuacji i zdarzeń nieco wcześniejszych, umożliwi on bowiem zdanie sobie naprawdę sprawy, jak doniosły był tu wkład Galileusza.

Lunety wyrabiano już od iluś lat. Najwcześniejsza wiadomość historyczna o instrumencie tego typu pochodzi z 1590 r. Twórcą jego miał być nieznanymi Włoch, który wyemigrował do Holandii. Luneta stała bezużytecznie przez czternaście lat, aż wreszcie w 1604 r. jacyś rzemieślnicy skopiowali ją w pewnej liczbie egzemplarzy, które usiłowali — bezskutecznie — rozpowszechnić. Zarazem jednak przyrządy tego rodzaju zaczęli konstruować optycy i z wolna produkcja lunet wzrastała; w 1608 r. w Paryżu lunety można już było spotkać często w gablotach pracowni optycznych.

Dlaczego owe lunety nie cieszyły się powodzeniem? Odpowiedź na to pytanie wymagałaby długiego wykładu, ponieważ powody były dwa: filozoficzny i techniczny. Pierwsza przyczyna wiąże się z bardzo skomplikowanym problemem, który podjęto zaledwie kilka lat temu, i żeby go przedstawić, trzeba by napisać całą książkę; chodzi o ogromne dysproporcje w mentalności uczonych sprzed roku 1600. Ograniczę się zatem do niezbędnych wzmianek na ten temat, koncentrując się natomiast na zagadnieniach technicznych.

Lunety budowane przez wytwórców okularów nie miały powodzenia, bo były złe, a nawet bardzo złe. Trzeba doskonale zapamiętać sobie ten fakt: w ogóle wszystkie lunety istniejące przed lipcem 1609 r. były bardzo złe. Do ich produkcji używano bowiem soczewek okularowych. Rzemieślnicy wyrabiający okulary byli w owym czasie jedynymi konstruktorami soczewek i w okularach soczewki miały jedyne i wyłączne zastosowanie, w każdym razie na szerszą skalę. Ten i ów próbował umieścić soczewkę w otworze ciemni optycznej, w *camera obscura*. Lecz tego sporadycznego zastosowania możemy tu śmiało nie brać pod uwagę.

Warto natomiast przypomnieć, że soczewki były już wtedy w powszechnym użyciu od przeszło trzech stuleci. Pomińmy kilka rozsznanych wzmianek o nielicznych soczewkach, które wykonano i wykorzystano w czasach jeszcze wcześniejszych i które mogą interesować li tylko ze względów czysto historycznoporządkowych. Za to fakty godne podkreślenia wydarzyły się w latach 1280—1285; rzemieślnicy dokonali wówczas wielkiego odkrycia: zauważyli, że starcy dotknięci dalekowzrocznością i nie widzący gołym okiem bliskich przedmiotów, tak jak widzieli je za młodu, odzyskiwali tę cenną zdolność, umieszczając przed oczami krążki z przezroczystego szkła, z lekka wypukłe jak nasiona soczewicy. A ponieważ o nasionach soczewicy (po włosku *lenticchie* — uw. tłum.) mówiono wtedy potocznie, jak zresztą i dzisiaj: soczewki (*lenti* — uw. tłum.), owe szklane krążki o lekko wypukłej powierzchni zostały nazwane „szklanymi soczewkami“.

Nie wiadomo, kto dokonał tego wielkiego odkrycia; od bardzo dawna prowadzi się w tym kierunku niezliczone prace badawcze — lecz bez skutku. Powód jest prosty: prawdopodobnie był to jakiś rzemieślnik analfabeta — jak większość rzemieślników owych czasów — po którym nie pozostał żaden dokument; toteż jego imię nie będzie poznane już nigdy. Drugi powód, to dalsza historia owego odkrycia, całkowicie nieoczekiwana i niewiarogodna, przynajmniej z punktu widzenia człowieka dzisiejszego, który sposobem myślenia tak bardzo różni się od swoich trzynastowiecznych przodków. Otóż „szklane soczewki“ dostały się do rąk filozofów i matematyków, którzy zbadali je dokładnie i zdecydowanie potępili. Dosłownie potępili, orzeczeniem nieodwołalnym, które je osądziło jako „narzędzie oszustwa“.

Rzeczywiście, patrząc przez soczewkę, widzi się przedmiot większy lub mniejszy, bliższy lub dalszy, aniżeli oglądany gołym okiem; kształty bywają czasem zdeformowane, odwrócone lub otoczone tęczą obwódka; a — zatem zawyroковано, że szkła uniemożliwiają widzenie prawdy; kto nie chce być oszukany, niech strzeże się patrzenia przez soczewki.

Od tej pory, jeśli nawet jakiś matematyk czy filozof zajmował się soczewkami, to jedynie po to, żeby mówić o nich źle. Musiały upłynąć trzy wieki, powtarzam: trzy wieki, by dola soczewek uległa zmianie. Bo w ciągu tych trzech wieków soczewki nie obchodziły żadnego uczonego.

Jako że w to wszystko trudno wprost uwierzyć, przytoczę fragment z dzieła jednego z niewielu pisarzy (można ich policzyć na palcach jednej ręki), którzy w ogóle ośmielili się napisać cokolwiek o soczewkach. Chodzi o Girolamo Fracastoro, sławnego lekarza z Werony, który z pewnością nie był ignorantem, skoro papież Paweł III mianował go lekarzem Soboty Trydenckiego. Radząc wystrzegać się pokus, których źródłem mogą być złudzenia, tak pisał w *Inganni* w 1555 r. (zwróćmy bacznie uwagę na datę):

„...Bywają soczewki optyczne, które każą oglądać potworne odmiany kształtów, kiedy indziej złośliwie skarykaturowane, innym znów razem jeszcze dziłszsze i głupsze; są i takie [soczewki], że widzisz przez nie wszystko w tęczowej otoczce; linne wreszcie z jednego pierścienia położonego po środku stołu tworzą ci w oczach dwanaście, tak jednakowych, że kto by zamierzył wskazać prawdziwy, pomyli się, przy gremialnym wybuchu śmiechu obecnych“. Oto wszystko, co napisał Fracastoro o soczewkach w trzysta lat po ich wejściu do powszechnego użytku.

Bo soczewki stosowano wtedy powszechnie, lecz nie nauka się tu zaślżyła; powiem nawet, że dewaluowała ich znaczenie, a w najlepszym przypadku ignorowała je; tylko rzemieślnicy, którzy nie byli filozofami i nie troszczyli się o „widzenie prawdy“, uznali za pożyteczne produkowanie soczewek i okularów, by umożliwić starszym ludziom, zatracającym z wiekiem zdolność akomodacji wzroku, widzenie bliskich przedmiotów.

I mimo że „szklane soczewki“ znajdowały się całkowicie poza programami nauki, a w konsekwencji nie były przedmiotem jakichkolwiek studiów, a tym bardziej badań teoretycznych — to jednak przez niepiśmiennych rzemieślników, tylko na drodze praktycznych prób, osiągnięte zostało odkrycie, że dla ludzi w różnym wieku potrzeba soczewek o mniejszej lub większej krzywiznie; doszło nawet i do takiego odkrycia, że dla niektórych ludzi, dobrze widzących z bliska, a źle z daleka (zwano ich już wtedy krótkowzrocznymi lub „o słabym wzroku“), pożyteczna jest kompensacja wady wzroku przy pomocy przezroczystych szkieł o powierzchniach wklęsłych. Ponieważ nie ma wklęsłych ziaren soczewicy, nazwę „soczewki“ uznano w tym wypadku za nieodpowiednią i mówiono po prostu „szkła wklęsłe“. Jasne, że i nazwisko owego producenta okularów — analfabety, który odkrył korekcję optyczną krótkowzroczności — pozostanie na zawsze nieznanie.

Tak więc, przez trzy wieki nauka odrzucała soczewki i nie chciała brać ich pod rozwagę; soczewki wiodły żywot w środowisku rzemieślniczym, które troszczyło się o nie, doskonaliło je, popularyzowało i stosowało, rozprowadzając okulary wśród rzesz klientów.

Warto wspomnieć, że pierwszym, który napisał o soczewkach bez złośliwej intencji, w książce ogłoszonej drukiem, był Giovan Battista Della Porta, neapolitańczyk. Poświęcił on soczewkom cały rozdział wydania z 1589 r. swej słynnej *Magia Naturalis*; w 1593 r. Porta pokusił się jeszcze, jako pierwszy, o zarysowanie teorii soczewek w rozdziale ósmym innej swej książki, zatytułowanej *De Refractione*. Trzeba wszakże dodać, że próba teoretyczna Porty okazała się pozbawiona wszelkich podstaw i szybko poszła w zapomnienie.

Reasumując — około roku 1590, kiedy powstała pierwsza luneta, o soczewkach nie wiedziano nic ponadto, co znane było rzemieślnikom-optykom, wytwórcom okularów, którzy wykonywali i stosowali soczewki wyłącznie dla poprawy bliskowzroczności i dalekowzroczności.

Bez wątplenia wynika stąd wniosek, że luneta wyszła również z rąk jakiegoś optyka tego typu, dzięki praktycznym próbom, bez jakichkolwiek przesłanek teoretycznych. A więc był to owoc techniki, a nie nauki.

Zresztą owoc był raczej niedojrzały. Dziś, gdy tyle zjawisk przejrzało się na wylot, rozumie się oczywiście, dlaczego instrument zbudowany przez producentów okularów musiał być niewiele wart; lecz wówczas nie było można zrobić nic lepszego. Przecież nie da się skonstruować do-

brej lunety z soczewkami okularowymi, nawet z tymi produkcji dzisiejszej. A tym bardziej z soczewkami okularowymi sprzed trzystu czy czterystu lat.

\*

W tym miejscu warto otworzyć nawias i w dygresji podać nieco informacji technicznych, które pozwolą lepiej zrozumieć nasze rozważania tym przede wszystkim, którzy nigdy o podobnych sprawach nie słyszeli.

O soczewkach do okularów mówi się dużo, wiele osób korzysta z nich, by po prostu lepiej widzieć. A ponieważ soczewki są przedmiotem niezwykle szerokiej dystrybucji handlowej, stosuje się także i do soczewek chwytły propagandy reklamowej. W konsekwencji przyjęło się słownictwo niezbyt ściśle z punktu widzenia technicznego, lecz za to przydatne do przykuwania uwagi i pobudzania entuzjazmu klientów, żeby bez większych oporów płaciła nader wysokie sumy, których zażądają od niej za jakąś parę okularów. Najpospolitsze frazesy mówią o „soczewkach specjalnych“, a zwłaszcza o „soczewkach idealnych“.

Wspominam o tym szczególnie związanym ze szklami do nowoczesnych okularów, ponieważ dla zrozumienia sytuacji z 1609 r. należy jasno zdać sobie sprawę, że nigdy nie istniały i nie istnieją soczewki okularowe „idealne“ z punktu widzenia optycznego. W procesie produkcji optycznej stosuje się wyraźne rozróżnienie między soczewkami przeznaczonymi dla wytwórni okularów a soczewkami do wmontowania do lunet, mikroskopów, obiektywów fotograficznych i innych instrumentów precyzyjnych. Drugie soczewki należą do „optyki precyzyjnej“, pierwsze — do „optyki zgrubnej“; podział ten znajduje odbicie w głębokiej różnicy między soczewkami dwojakiego rodzaju, zarówno jeśli chodzi o surowce, jak i technologię, a wreszcie także — cenę.

Soczewki do okularów wytwarza się ze szkła fabrykowanego identycznie jak szkło do lusterek czy na szyby okienne, co wpływa, oczywiście, na bardzo niską cenę, przy czym właściwości techniczne są nader prymitywne („przejrzystość“, tak ceniona przez klientów, jest jedną z cech najmniej ważnych). Na soczewki optyki precyzyjnej bierze się natomiast szkło jak najściślej określonej jakości, zwane właśnie „szkłem optycznym“, które kosztuje co najmniej dziesięć razy drożej niż szkło okularowe. Wymienione szkło wytwarzają wysoce wyspecjalizowane fabryki, których liczba na całym świecie nie przekracza tuzina; technologia jest niezmiernie trudna i kosztowna, tak dalece, że mimo wysokiej ceny sprzedawanego produktu, fabryki te zwykle istnieją tylko dzięki subwencjom.

Przy produkcji szkieł do okularów robi się drastyczne oszczędności, maszyny wypuszczają je w wielkich seriach i z wygodną dla danej fabryki tolerancją. Przeciwnie zaś, soczewki dla optyki precyzyjnej muszą być szlifowane pojedynczo lub w małych seriach, z precyzją, której nie spotyka się gdzie indziej: tolerancja bowiem schodzi tutaj poniżej jednej dziesięciotysięcznej milimetra. Istnieje cała specjalna technologia, która pozwala wykonywać soczewki na potrzeby optyki precyzyjnej z całą niezbędną dokładnością; tylko że ta technologia została doprowadzona do należytego poziomu dopiero w okresie między ostatnimi dwiema wojnami!

Chociaż dziś już łatwo wypracować obiektyw do lunety „doskonały“ (mowa o perfekcji technicznej, opartej o dane techniczne, a nie o „per-

fekcji" polegającej na reklamarskiej iluzji) — to jeszcze nawet przed wiekiem było to absolutnie niemożliwe. Lecz zarazem ponownie podkreślmy, że gdyby dzisiaj, przy wykorzystaniu zdobyczy całego postępu technicznego i technologicznego ostatnich czasów, ktoś uparł się przy budowie lunety z najbardziej cenionymi aktualnie soczewkami do okularów, powstałoby narzędzie nie zasługujące nawet na porównanie z przyrządami konstruowanym przy użyciu kryteriów optyki precyzyjnej.

A więc teraz wreszcie stało się dostatecznie jasne, że lunety budowane w końcu XVI i na początku XVII wieku przez wytwórców okularów, którzy posługiwali się soczewkami okularowymi ówczesnej jakości, musiały być doprawdy okropne.

W dodatku Holendrzy, którzy pierwsi podjęli inicjatywę budowy lunety, nie byli wcale najbiegłymi technikami, jeśli chodzi o ten rodzaj pracy. Najbardziej z nich znany, to Zachariasz Janssen; zachowały się o nim dosyć dziwne wiadomości. Pracował najpierw w fabryce fałszywych monet; fabrykę tę założyli Holendrzy, aby poderwać zaufanie do monety bitej przez Hiszpanię, z którą toczyli wówczas wojnę. Gdy wojna skończyła się, fabrykę zamknięto, lecz Janssen uznał, że nieźle będzie zajmować się dalej fałszowaniem monet na własne konto; wytoczono mu proces i skazano na ugotowanie we wrzącym oleju, zgodnie z obowiązującym wtedy prawem. Udało mu się jednak uciec, uniknąć kary, lecz później wszelki śluch o nim zaginął. A znów innym rzemieślnikiem, znanym także z budowy holenderskich lunet, był Hans Lipper-shey, skądinąd z zawodu murarz.

Jak widzimy, początki historii lunety były naprawdę bardzo skromne. Lunety fabrykowane przez osoby na takim poziomie, przy użyciu soczewek okularowych, nie mogły przekroczyć trzykrotnego powiększenia. Powyżej tej granicy obraz zamazywał się tak bardzo, iż instrument stawał się nie do użytku.

Gdy taki właśnie przyrząd pokazywano uczonym, odrzucali go natychmiast. Każda soczewka z osobna była niedoskonała; w tym większym stopniu wadliwość charakteryzowała kombinację soczewek. Ocena zatem nie była trudna, powstawała niemal automatycznie. Nikt nie podejmował się obrony lunety.

\*

Tak więc na początku roku 1609 luneta była, lecz była źle konstruowana przez optyków-wyrobników, bezapelacyjnie potępiana przez filozofów i uczonych, lekceważona przez ogół, który wprawdzie nie miał teoretycznych przesądów wyższej filozofii, ale po prostu uważał za bezużyteczny przyrząd powiększający najwyżej trzy razy i ukazujący w dodatku figury kompletnie zamazane.

Nie od rzeczy będzie przytoczyć tu nieco materiału dokumentacyjnego. W Archiwum Państwowym we Florencji przechowuje się pakiet bardzo interesujących listów napisanych przez niejakiego Giovanniego Bartolego, attaché ambasady florenckiej w Wenecji. Jak wiadomo, w owym okresie Toskania i Wenecja były oddzielnymi państwami, a w Wenecji miał siedzibę ambasador Florencji. Florencją nadal władali Medyceusze; ich kanclerz, Belisario Vinta, ilekroć miał coś do załatwienia w Wenecji, czynił to na drodze dyplomatycznej; a ponieważ poczta między obydwooma miastami kursowała raz na tydzień, zachowały się różne listy Bartolego do Vinty z jesieni 1609 r., pisywane w regularnych odstępach tygodniowych.

Medyceusze pragnęli, oczywiście, mieć lunety, o których dokoła tyle się rozprawiało; interesując się żywo problematyką naukową, postanowili prawdopodobnie sprawdzić na własne oczy, na czym rzecz polega. Ponieważ zaś rozgłaszano wówczas pogłoskę, iż Wenecję zamieszkuje pewien „Francuz“, który buduje lunety, Vinta zamówił ich kilka u Bartolego. Listy Vinty zaginęły, lecz interesujące wiadomości można wydobyc z listów Bartolego, który nie chciał nawet słuchać o zakupie lunet, mimo że kosztowały „mniej niż dwa cekiny“. Taka suma na pewno nie miała dla Medyceuszów najmniejszego znaczenia, lecz — jak pisał Bartoli — i dwom cekinom lunety „nie czynią zadosyć“.

Nie będą przytaczał wszystkich listów, które do dziś przetrwały, ograniczyć się tylko do ich przeglądu. A zatem, chociaż Bartoli wyrażał się nieprzychylnie o lunetach, które można było ówczesnie nabyć na Piazza w Wenecji (już wtedy słynące szklami z Murano), Vinta najwyraźniej tak nalegał, że pewnego dnia Bartoli zdecydował się wysłać jeden instrument, załączając doń list, w którym między innymi napisał:

„... Wasza Dostojność poleciła mi, bym zakupił jeden lub dwa z onych tubusów do patrzenia na odległość; więcem wziął jeden od owego Francuza, wyrobiony przed jego stąd wyjazdem, i mniemam, że tego starczy, bo ja osobiście, by rzec prawdę, takowych dziwów nie znajduję, jakie o tych instrumentach powiadano... Gdyby nie usilność, z jaką Wasza Dostojność mi to nakazała, sam bym nie kupił; jeśli jednak Waszej Dostojności podoba się zapłacić koszt, które wszystkiego razem z tubusem, sprzętem i skrzynią 12 lirów czynią, Panu Bencivenniemu Albertinellemu lub W. Panu Baccio Cicogninemu, memu krewnemu — poczytam sobie za honor upraszając Waszą Dostojność, aby raczyła przełożyć przynajmniej ukontentowanie z racji mojej gorliwej ochoty usłużenia Jej nad to, które dawa efekt usługi zdający mi się marnością...“

Jasne, że Bartoli tak był niezadowolony z lunety zakupionej u „Francuza“, iż nigdy by jej nie wysłał, gdyby polecenie nie było „w takim stopniu naglące“; po wysłaniu natomiast bał się, że nie będą mu chcieli zwrócić nawet wyłożonej skromnej sumy. Taki tok jego myśli odzwierciedla bezpośrednio inny list, wysłany w dwa tygodnie później:

„...Jeśli zaś o mnie idzie, tom mniemał, że on tubus czy okular jeno dla żartu Wasza Dostojność kazała sobie przysłać, bom własnym okiem w nich dziwów nie widział: wszędzie teraz takowe [przybory] znaleźć można, a chociaż nie są dziełem owego Francuza, ale zwyczajnych rzemieślników od okularów, tak mi się zda, że skutek jest jednaki. I rad jestem, zem się Waszej Dostojności przysłużył, a za zwrot kosztu, jak Wasza Dostojność przyrzekła, dziękuję“.

Jaka zatem była w owych czasach opinia o lunetach, fabrykowanych przez wytwórców okularów, wynika jasno z tego, co pisze Bartoli; zwłaszcza, że jako dobry attaché ambasady, przekazywał on nie tyle swój własny pogląd, co pogląd ogółu. Warto by ponadto przytoczyć, bodaj częściowo, inny zabawny list, ponieważ dobrze uzupełniłby koloryt. List nosi datę późniejszą (10 marca 1610 r.) i został napisany przez jakiegoś gwiazdolibnego wierszokletę z Florencji, Raffaella Gualtierottiego, do Galileusza w Padwie. Gualtierotti prosi Galileusza o soczewki, które mogłyby zapewnić skonstruowanie dobrej lunety, ponieważ — jak stwierdza dla usprawiedliwienia swej prośby — „... przy pomocy lunety, którą zrobili ci oszuści, widzę księżyc duży, duży, duży, i jaśniejszy niż oglądany



zwyczajnie; wokół Mlecznej Drogi widzę więcej rozlanej bieli; ale wreszcie to, co dostrzegłbym gołym okiem, udaje mi się ujrzeć przez lunetę...“.

Mógłbym jeszcze długo cytować materiały dokumentacyjne, tak liczne są bowiem fragmenty listów, z których wynika, jaka skromna i nieskuteczna była luneta budowana przez wytwórców okularów; ale czas już przejść do rozpatrzenia dzieła Galileusza.

Jak wspominałem, w pierwszym tygodniu 1609 r. Galileusza opanowało płodne w następstwa przecudzie. Co prawda już przedtem dochodziły doń pogłoski o istnieniu jakiegoś instrumentu, wyrabianego po drugiej stronie Alp, który pozwala oglądać rzeczy odległe w powiększeniu i wyraźnie; wiadomość tę potwierdził paryski szlachcic Jacques Badoüere; w sumie jednak Galileusza nic te wieści nie obchodziły. Dopiero w pierwszym tygodniu lipca zabłysła w jego umyśle genialna idea, której skutków nie sposób przecenić: otóż na przekór absolutnemu przekonaniu wszystkich uczonych i wszystkich filozofów, że luneta jest instrumentem poronionym, Galileusz doszedł do wniosku, że powinna stać się instrumentem o „nieocenionej przydatności“; opinia ta pochodzi z listu Galileusza do doży weneckiego, z datą 24 sierpnia 1609 r. Przez człowieka nauki podobny osąd został sformułowany po raz pierwszy. Miał on skierować postęp naukowy na nowe tory.

Data 24 sierpnia 1609 r. może być uważana za dzień narodzin nauki nowoczesnej.

Trzeba jednak uczynić znów krok wstecz. Jak powiedziałem, Galileusz w lipcu zainteresował się poważnie lunetą. I teraz właśnie doszliśmy do miejsca, na które chciałbym zwrócić szczególną uwagę czytelnika.

Galileusz nie zaczął od zakupu lunety rzemieślniczej, lecz przystąpił do konstruowania jej własnymi rękami. Wziął się najpierw do wykonania soczewek, poczynając od przygotowania szkła i opanowania techniki szlifowania, której używa się zresztą po dziś dzień. Na tym polu nie musiał być pionierem; z pewnością w Padwie, gdzie wówczas wykładał, optycy posługiwali się tą samą techniką, obrabiając soczewki okularowe; a nawet bardzo prawdopodobne, że po prostu sam udał się do któregoś z rzemieślników, by nauczyć się od niego obróbki soczewek.

Galileusz zabrał się, oczywiście, do tej pracy nie jak rzemieślnicy, których pogania przy robocie żąda jak najwyższego zarobku, ale z powagą uczonego, który pragnie zgłębić istotę sprawy; toteż niebawem przekonał się z własnego doświadczenia, że kiedy zastosować kombinację soczewki płasko-wypukłej o małej krzywiznie z soczewką płasko-wklęsłą o wielkiej krzywiznie — przy czym druga soczewka znajduje się bliżej oka i umieszczona jest w stosownej odległości od pierwszej — widzi się przedmioty w rozmiarach większych aniżeli dostrzegalne gołym okiem; lecz zauważył także, że między soczewkami o jednakowej krzywiznie mogą zachodzić ważne różnice; niektóre spośród nich dają bowiem obrazy co prawda w takim samym powiększeniu jak inne, lecz nieporównanie ostrzejsze. Wówczas Galileusz zrozumiał od razu to, czego rzemieślnicy nie spostrzegli: że nie dość skojarzyć jakąś soczewkę wypukłą z jakąś soczewką wklęsłą, lecz obie soczewki muszą być konieczne dobre; skoro daje się złe soczewki, luneta rzeczywiście musi być instrumentem bez jakiegokolwiek wartości; skoro da się dobre — zamieni się w przyrząd o „nieocenionej przydatności“.

Szybko sprawdziła się niezmierna wartość tej obserwacji; w krótkim czasie Galileuszowi udało się zwielokrotnić powiększenie do rzędu wielkości, jakich nikt przed nim nie osiągnął. On sam zresztą opisuje błyskawiczny rozwój, któremu uległa luneta w jego rękach. W marcu 1610 r., po dokonaniu słynnych odkryć astronomicznych, które wstrząsnęły całym światem naukowym, Galileusz natychmiast publikuje cudowny tomik zatytułowany *Sidereus Nuncius* czyli *Zwiastun Gwiazdowy*, jak gdyby przedstawiając posła przybyłego z wieściami, co dzieje się na niebie. Na pierwszych stronicach tej złotej książeczki Galileusz podaje wszelkie wskazówki niezbędne, by powtórzyć obserwację zjawisk, które sam odkrył jako pierwszy, i powiada:

„...Najprzód przysposobiłem sobie tubę z ołowiu i na jej końcach umieściłem dwie soczewki, obiedwie z jedną powierzchnią płaską, a za to przeciwna powierzchnia u jednej soczewki była sferycznie wypukłą, u drugiej wklęsłą; przybliżywszy potem oko do soczewki wklęsłej, ujrzałem obiekty wielkie bardzo i bliskie; w rzeczy samej wydawały się trzy razy bliższe i dziewięć razy większe, niż gdybym je oglądał li tylko wejrzaniem przyrodzonym. Niezadługo wypracowałem inną [lunetę], bardziej dokładną, która pokazywała obiekty powiększone wyżej sześćdziesięciu razy. A wreszcie, nie szczędząc fatygi ni wydatków, do tego doszedłem, że zbudowałem sobie przyrząd tak wspianiały, iż oglądane przezeń rzeczy jawiły się niemal tysiąc razy większe, i więcej niż trzydzieści razy bliższe, niż kiedy było postrzegane wzrokiem naturalnym...“ ↑

Uderza w tym fragmencie obraz olbrzymich postępów: najpierw powiększenie trzykrotne, później ośmiokrotne, następnie trzydziestokrotne, a nawet więcej niż trzydziestokrotne. Aby uniknąć nieporozumień, ze względu na czytelników nie obeznanych z tą tematyką, wyjaśniam, że wyższe liczby podane przez Galileusza odnośnie do powiększeń, to po prostu kwadraty tych liczb, które podałem w poprzednim zdaniu; Galileusz bowiem zwykł był wymieniać powiększenie powierzchniowe, podczas gdy dziś wymienia się tylko powiększenie liniowe, które jest właśnie pierwiastkiem kwadratowym powiększenia powierzchniowego.

To, że Galileusz dokładnie zrozumiał wartość swojego odkrycia, wynika jasno z innej partii książki *Sidereus Nuncius*, która następuje bezpośrednio po zacytowanej. Galileusz określa tu cechy narzędzia, które pozwoli powtórzyć jego obserwacje astronomiczne, i pisze:

„... Dobrze w tej mierze dać pouczenie osobom, które zechciałyby prowadzić podobne obserwacje. Pierwej niż wszystko inne niezbędne jest, żeby sprawiły sobie lunetę jak najdokładniejszą, która przedstawia przedmioty czyste, wyraźne i nie omroczone żadną mgłą; i żeby oneż powiększała co najmniej czterysta razy; czyli w istocie pokazywać je będzie dwadzieścia razy bliżej; albowiem jeżeli przyrząd nie będzie tak właśnie sporządzony, wszystkie owe rzeczy, któreśmy oglądali na niebie i które tu dalej pokrótce wymienimy, na próżno usiłowałoby się dojrzeć...“

Galileusz ma jasny pogląd na sytuację: nie luneta w ogóle pozwala badać niebiosa, lecz luneta dobra. „Pierwej niż wszystko inne“, mówi, luneta ma być dobra; następnie trzeba, żeby dawała co najmniej dwudziestokrotne powiększenie; a ponieważ i ta cecha jest osiągalna wyłącznie wtedy, kiedy soczewki są naprawdę dobre, to również i z tego punktu widzenia jakość soczewek jest decydującym czynnikiem powodzenia.

Niechaj mi będzie wolno odnotować tutaj pewne spostrzeżenie: jeszcze dzisiaj wyklada się często „teorię“ lunety, rozpatrując geometryczną budowę obiektywu oraz okularu i wyprowadzając wzory, które wyrażają powiększenie jako funkcję parametrów geometrycznych obu wymienionych części. Oto, co nazywa się „nauką“ i wypowiada językiem matematycznym. Bardzo rzadko natomiast powtarza się wywody Galileusza i stwierdza, że obiektyw i okular mają być „dobre“; zapewne dlatego, że wielu naukowców nie wiedziałoby nawet, od czego zacząć, żeby wspomniany atrybut zdefiniować. Spycha się go do problemów „techniki“ przegnanej w niższe sfery, jako że nie byłby godny uwagi ze strony ludzi dążących do zgłębienia reguł matematycznych; niechaj go „dzierżą w swej pieczy „technicy“, którzy mało że nie mają w ogóle pojęcia o matematyce, ale babczą sobie ręce materiałem ściernym obrabiając szkło.

Należałoby zrewidować taką hierarchię wartości. Jeżeli Galileusz nadał lunecie wartość użytkową, jeśli zrozumiał, że należy w tym celu koniecznie, „pierwej niż wszystko inne“, wykonać ją dobrze — spowodował fakt, że nie wzdragał się bać rąk przy obróbce szkła materiałem ściernym; i właśnie ta, a nie inna jego praca zrewolucjonizowała naukę światową. Gdyby Galileusz nie podjął był tego trudu, kto wie, ile musiałoby upłynąć czasu, nimby luneta stała się narzędziem „nieocenionej przydatności“.

\*

Galileusz był świadom bez wątpienia, że przyszłość i skuteczność lunety zależy od dobroci soczewek. Nie dość jednak było to zrozumieć. Należało jeszcze umieć wyprodukować soczewki istotnie dobre. A przecież wówczas nikt nie wiedział, co to właściwie konkretnie znaczy. Jak już wspominałem, nie wiadomo tego nie tylko w tamtych czasach; jeszcze w ciągu kilku następnych wieków nie udawało się znaleźć odpowiedzi na to trudne pytanie; odpowiedziała na nie dopiero teoria falowa promieniowania, która pozwoliła ograniczyć niedokładności soczewek do konsekwencji zmiennej długości fali promieniowania widzialnego, wahającej się, jak dziś wiadomo, wokół wartości pół mikrona.

Oto cały kompleks pojęć, o których za czasów Galileusza nie miano najłżejszego wyobrażenia. Śmiało zatem rzec można, że Galileusz tkwił w kompletnej nieświadomości wszystkiego, co by racjonalnie poprowadziło go do zamierzonego celu. Miał przed sobą jedną jedyną drogę: drogę prób oraz nadzieję na szczęśliwy przypadek. Musiał wybrać tę drogę i osiągnął na niej zachęcające rezultaty.

Budował bardzo dużo przyrządów i selekcyonował je z bezkompromisową surowością: tylko te, których sprawność była zadowalająca, mogły znaleźć się w obiegu; wszystkie inne bez litości eliminował, mimo że stanowiły większość.

Galileusz nie miał ochoty pisać o tym wszystkim w którymkolwiek ze swych dzieł, można jednak te sprawy odczytać z pewnych mimowolnych zwierzeń, wyłowionych z jego korespondencji. Korespondencja uczonego jest często kopalnią informacji, znaleźć w niej można bowiem wzmianki o kluczowym znaczeniu, które co prawda były przeznaczone do prywatnej wiadomości, ale pozwalają tak wiele wyjaśnić! Zatem w liście napisanym przez Galileusza do Vinty 19 marca 1610 r. czytamy:

„... Zda mi się ponadto konieczne posłanie wielu księżetom nie tylko książek [*Sidereus Nuncius*], ale także instrumentu, a to dlatego, by mogli

wyjść na spotkanie prawdzie o rzeczy. Co się tyczy specjalnie tej właśnie sprawy, znalazłem ledwie dziesięć lunet — spośród stu i więcej sporządzonych przeze mnie wielkim kosztem i trudem — które są zdadne, by ponowić obserwacje tych i nowych planet oraz gwiazd stałych...”

Jak widać, selekcja była tak surowa, że efektywność pracy wynosiła mniej niż 10 procent; najlepszy dowód, że powodzenie na tym polu w dużej mierze zależało od przypadku.

Swoją drogą wiadomo, że Galileusz wprowadzał udoskonalenia techniczne, usiłując podnieść odsetek udanej produkcji. Dowodzi tego jeszcze jeden list napisany przezeń 1 października 1610 r. do Giuliana dei Medici, przebywającego wówczas w Pradze jako ambasador Wielkiego Księstwa Toskanii; Giuliano dei Medici bardzo pragnął mieć jakąś lunetę Galileusza. W liście czytamy między innymi:

„... Jeszczem nie uporał się z domem, i nie uporam się aż do Wszystkich Świętych zgodnie z florenckim obyczajem; nie mogłem przeto kazać przygotować moich urządzeń do obrabiania soczewek, bo część takowych urządzeń musi być zamocowana na mur i jest nieprzenośna; toteż niechaj Wasza Najoświecześniejsza Dostojność nie będzie zdziwiona, jeśli jeszcze opóźnię się z oddaniem Jej zamówienia; za to przyłożę się dobrze, by zwłoka została wynagrodzona doskonałością instrumentu. Do przewlekania pracy zniewala mnie również brak szkła; za cztery dni P. Niccolò Sisti na polecenie Wielkiego Księcia ma włożyć do pieca wsad szkła i przyrzeka mi zrobić rzecz najczystsza oraz najodpowiedniejszą jak można do obrabiania na tamtych urządzeniach“.

Treść tego, co Galileusz pisze, nie budzi wątpliwości. We wspomnianym czasie, jesienią 1610 r., przeniósł się on z Padwy do Florencji, przechodząc na służbę do Wielkiego Księcia na wysokie stanowisko „Matematyka“, czyli doradcy naukowego rządu. Ponieważ we Florencji istniał zwyczaj (i trwa zresztą dotychczas), że przeprowadzki odbywają się w pierwszych dniach listopada, Galileusz nie miał jeszcze domu, a zatem nie mógł zainstalować swoich „urządzeń do obrabiania soczewek“, które częściowo miały być bezpośrednio wpuszczone w mur. Chodzi tu z pewnością o zespół nowych urządzeń, ponieważ optycy-rzemieślnicy używali środków o wiele skromniejszych i przenośnych.

Interesująca jest również wiadomość, że Galileusz polecił przygotować „wsad“, to znaczy wytop szkła specjalnego, czyli „najczystsze oraz najodpowiedniejszego jak można do obrabiania na tamtych urządzeniach“; jak widać, Galileusz dokładnie doświadczałnie już zbadał, iż zwykle szkło nie nadaje się zupełnie na dobre soczewki. Faktem jest, że dzięki tego rodzaju spostrzeżeniom zdołał on zbudować lunety, jakich przed nim nikt nie budował.

\*

Osiągnięcia Galileusza znalazły w środowisku naukowym żywy odzew, nie mogło go zatem zabraknąć i na szerokim forum publicznym. Dużo można by o tym pisać, ograniczę się jednak do treściwego przeglądu czynników podstawowych.

Ludzie natychmiast zdali sobie sprawę z tego, że przyrządy, które konstruuje Galileusz, zdecydowanie przewyższają lunety budowane przez Holendrów i w ogóle przez rzemieślników wyrabiających okulary; wszakże powszechna ignorancja w tych sprawach nie pozwalała ogółowi pojąć nazbyt prostego faktu, że jedne i drugie lunety mają identyczną strukturę, a mianowicie składają się z obiektywu skupiającego i z oku-

laru rozpraszającego. Wytworzyła się więc opinia, że istnieją lunety dwojakie: jedna obiegowa, wyrobu zwyczajnych optyków, oraz luneta Galileusza, jak gdyby chodziło w ogóle o jakąś inną rzecz. Ślady tego poglądu dotrwały do dzisiaj; bardzo często lunetę o okularze rozpraszającym nazywa się „galileuszowską“.

Bardziej skomplikowany charakter miał oddźwięk w środowisku naukowym, gdzie aspekt techniczny zagadnienia skrzyżował się, że tak powiem, z aspektem filozoficznym. Ponieważ jednak dotychczas w artykule traktowałem tę sprawę pobieżnie, i teraz nie będę wniknął w subtelności.

Galileusz bezspornie zdawał sobie jasno sprawę z sytuacji: wiedział, że nadał lunecie wartość użytkową, nigdy przez nikogo innego nie osiągniętą; i wiedział, że luneta pozwoliła mu dokonać, zwłaszcza na niebie, odkryć olbrzymich, odkryć rewolucyjnych, które właśnie dlatego musiały wzbudzić zakamieniałą wrogość środowiska naukowego i filozoficznego jego czasów. Środowisko to, opanowane przez dobrze znanych perypatetyków, bezapelacyjnie oddanych doktrynie Arystotelesa, było na wskroś konserwatywne; wszystko, co oznaczało nowość, a więc kłóciło się z tezami Arystotelesa, było z góry skazane na śmierć.

A jeszcze poza tym Galileusz wiedział, że na lunecie ciąży wyrok hańbiący, jako na narzędziu niegodnym zaufania; a więc wszyscy, którzy są *a priori* wrogami wszelkich nowych rewolucyjnych odkryć, natychmiast uchwycają się tego pretekstu, by zdyskwalifikować je bez reszty.

Sytuację pogarszał fakt, że przez lunety optyków-rzemieślników nie można było sprawdzić odkryć Galileusza: on sam to stwierdzał bez ogródek, kiedy pisał, że dla dostrzeżenia odkrytych przezeń zjawisk niezbędna jest, po pierwsze, luneta dobra, a po drugie, powiększająca co najmniej dwudziestokrotnie; lunety rzemieślnicze zaś nie miały ani jednej z tych cech. A to nie tylko pogłębiało wiarogodność owej krytyki, że luneta jest instrumentem poronionym, lecz i dla nieco łaskawszych przeciwników stanowiło przeszkodę w zorientowaniu się, co na niebie w ogóle można dojrzeć.

Istniały bowiem dwie kategorie przeciwników: bardziej zatwardziali byli tak pewni, że luneta jest narzędziem fałszerstwa, że nie chcieli nawet przybliżyć oka do okularu, by nie dać się oszukać; ale, oczywiście, byli i tacy, którzy wprawdzie wierzyli w zasady wyuczone w szkole, lecz nurtowała ich pewna pokusa przyjrzenia się tym wszystkim nowalijkom, chociażby po to, by spróbować udowodnić oszustwo.

Galileusz zrozumiał od razu, że dla pozyskania tej ostatniej kategorii współczesnych musi udostępnić im przyrzady, które zdołają wyraźnie pokazać jego niebieskie odkrycia; i właśnie dlatego oddał się duszą i ciałem budowie instrumentów nowych, odpowiednich, by dostarczyć je wszędzie tam, gdziekolwiek by istniało najmniejsze bodaj prawdopodobieństwo, że ktoś zbliży do nich oko. Rozprawdzając swoje lunety, Galileusz dawał naturalnie pierwszeństwo przede wszystkim osobistościami pierwszoplanowym, to znaczy władcom, księżętom, dostojnikom kościelnym i świeckim.

Dla lepszego przygotowania gruntu dla owych przesyłek Galileusz napisał do Vinty za prośbą, żeby Wielki Książę Toskanii wziął na siebie, że tak powiem, zadanie ich zarekomendowania. Prośba ta była zawarta w liście z 19 marca 1610 r., którego fragment powyżej przytoczyłem.

Między innymi dzięki temu jedna z lunet Galileusza, przesłana elektorowi kolońskiemu, została przez tego ostatniego przywieziona do Pragi, gdzie właśnie przebywał Johannes Kepler jako nadworny „Ma-

tematyk Jego Cesarskiej Mości". Kepler, ówczesnie osobistość najbardziej kompetentna w dziedzinie optyki z punktu widzenia naukowego, uprzednio przyjął był sceptycznie wiadomość o astronomicznych odkryciach Galileusza; próbował sam skonstruować dobrą lunetę, lecz mu się nie powiodło i dlatego zachowywał milczenie. Kiedy zaś dotarła doń w ten sposób luneta Galileusza, poddał ją badaniu najbardziej bezwzględ-nemu i najsurowszemu, jak tylko można, oczywiście po to, by udowodnić jej bezwartościowość; a tymczasem uzyskał wynik wprost przeciwny: zakończył badanie sławnym zdaniem umierającego Juliana Apostaty: *Vicisti, Galilae!* Galilejczykiem, do którego zwrócił się Julian, był Jezus; teraz powtórzony został ten sam okrzyk, aby zaświadczyć, że Galileusz zwyciężył opozycję nauki starożytnej. Nowa era, w której używa się instrumentów optycznych z pełnym zaufaniem i z ogromną korzyścią, została rozpoczęta.

Kepler wyraził zachwyt dla dzieła Galileusza, plastycznie podkreślając istotnie podstawową przemianę, jakiej luneta doznała w jego rękach: napisał list, w którym lunetę rzemieślniczą nazwał „dwuszkielekową rurą dla motłochu“, a lunetę Galileusza — „machiną, którą zgłębił on niebo“.

Na zakończenie pragnę dodać kilka słów o dalszych konsekwencjach tego dzieła Galileusza.

Galileusz nie kontynuował bynajmniej budowy lunet do końca życia, gdyż jego wskazania bardzo szybko zostały zrozumiane przez optyków i rychło doszło do podziału w dziedzinie techniki optycznej; część rzemieślników nadal produkowała soczewki do okularów, stosując tradycyjną technikę i osiągając precyzję konieczną i wystarczającą do tych celów; i ta grupa, oczywiście, nie interesowała się lunetami ani żadnymi innymi instrumentami precyzyjnymi, które wkrótce zaczęto wyrabiać. Inna część natomiast uformowała arystokrację „mistrzów“, którzy poświęcili się całkowicie pracy nad soczewkami do obiektywów lunet, dochodząc niebawem do naprawdę niezwyklej doskonałości.

Niektórzy z mistrzów zdobyli wielką sławę. Dziś jeszcze pamięta się takie nazwiska, jak Ippolito Francini-Mariani (pierwsze nazwisko po matce, drugie po ojcu), przezwany „Drozdem“, który pracował dla samego Galileusza, osobiście przezeń instruowany; Eustachio Divini z Rzymu; Francesco Fontana z Neapolu; później słynne stało się również nazwisko Campaniego. Soczewki, wykonywane przez tych mistrzów, pod względem precyzji były bliższe dzisiejszym.

Szczególnie ciekawa jest historia Evangelisty Torricellego. Wszyscy wiedzą, że wynalazł on barometr rtęciowy i sformułował wzór podnoszenia się cieczy w rurce próżniowej; niewielu jednak wie, że był arcyświatnym optykiem i przez pewien czas dzierżył prymat światowy w produkcji soczewek do lunet.

Torricelli spędził trzy miesiące u boku Galileusza w jego domu w Arcetri, gdzie czcigodny starzec żył na zesłaniu po rzymskim procesie. Po śmierci mistrza nieoczekiwanie został mianowany jego następcą na wysokim stanowisku „Matematyka Wielkiego Księcia“; był wówczas jeszcze bardzo młody, liczył zaledwie trzydzieści cztery lata. A ponieważ w czasie krótkiego pobytu u Galileusza rozmawiał z nim nieraz o soczewkach do lunet (którymi poprzednio nigdy się nie zajmował) i pojął tajemniczą problematykę ich „dobroci“, Torricelli poświęcił się teraz gruntownym badaniom w tym kierunku; wkrótce zaś wykonał soczewki tak cudowne, że jedna z nich, zachowana w Muzeum Historii Nauki we Florencji, poddana kompleksowym badaniom przy zastosowaniu najnowocześniejszych

metod — wykazała precyzję równą precyzji najdoskonalszych soczewek dzisiejszych.

Soczewki Torricellego stały się najbardziej poszukiwanymi soczewkami we wszystkich zakątkach świata, żadne inne nie mogły się z nimi równać; niestety, Torricelli zmarł w 1647 r., przeżywszy zaledwie trzydzieści dziewięć lat, i tylko w pięć lat po śmierci Galileusza. W okresie pięciolecia, które spędził we Florencji, z pewnością wniósł on wielki wkład w technikę i technologię optyki precyzyjnej.

\*

Tak więc Galileusz położył fundament pod nowoczesną technikę optyczną, pod ten dział techniki, który jeszcze dziś jest królestwem najwyższej precyzji technicznej i który jeszcze dziś zna i uprawia racjonalnie bardzo szczupłe grono wtajemniczonych.

Niewątpliwie ci właśnie ludzie potrafią lepiej niż którzykolwiek inni ocenić wielkie zasługi Galileusza w tej dziedzinie; lecz mam nadzieję, że mniejszy szkic, choć tak lakoniczny, przyczyni się do poszerzenia kręgu wielbicieli Galileusza wśród przedstawicieli techniki nowoczesnej.

### ГАЛИЛЕЙ — ВИРТУОЗ ТЕХНИКИ

Творчество Галилея как ученого, философа, писателя всесторонне освещается в многочисленных исследованиях, посвященных этой разносторонней личности. Однако исследователи почти никогда не говорят о нем как о технике, вероятно потому, что для многих из них такой аспект мог бы показаться умалением величия ученого. А ведь Галилей был основоположником одной из важных отраслей техники — точной оптической техники.

Когда в июле 1609 г. Галилей решил использовать зрительную трубу для научных целей этот инструмент был известен уже более десятка лет. Но выпускавшиеся тогда зрительные трубы были очень плохими в техническом отношении, наука же и философия заклеямили их как „орудие обмана”. Первую зрительную трубу изготовил, вероятно, какой-нибудь оптик-ремесленник, пришедший к этому после многочисленных испытаний, толчком к которым могла послужить простая случайность. Автор этой трубы не опирался на теоретические принципы, а просто использовал для этой цели обыкновенные очковые линзы. Такие линзы были распространены уже в течение трехсот лет.

Изобретение очковых линз относится к 1280—1285 гг. после того как было обнаружено, что пользуясь выпуклыми как зерна чечевицы кружочками, выполненными из прозрачного стекла, люди, страдающие дальновзоркостью, получают возможность хорошо видеть предметы с близкого расстояния. Однако не установлено, кто сделал это открытие и кем оно впервые было практически использовано. Можно предполагать, что оно принадлежало одному из ремесленников, который будучи — как большинство ремесленников того времени — человеком неграмотным не оставил на эту тему никакого письменного документа. Когда же линзы попали в руки ученых и философов, те единодушно объявили их средством обмана, искажающим подлинное изображение предмета, делая его уменьшенным или увеличенным, отдаленным или приближенным, деформированным или окруженным радужным ободком, то есть иным, чем его видит невооруженный глаз. Следовательно, полезные линзы распространились вопреки науке. Очки вошли в употребление благодаря

изобретательности и мастерству простых ремесленников, занимающихся обработкой стекла. Также первая зрительная труба, построенная неизвестным автором, явилась плодом техники, а не науки, но она была плодом еще весьма незрелым. Зрительные трубы, строившиеся до 1609 г., увеличивали всего в три раза, притом они давали очень нечеткое изображение. О том, что нельзя создать хороший инструмент этого рода, пользуясь лишь обыкновенными очковыми линзами, в то время еще никто не знал.

Поэтому Галилей, предугадавший полезность этого оптического инструмента, считавшегося его современниками ни к чему не пригодной вещью, не применил для своих исследований зрительную трубу ремесленного производства, а решил построить ее самостоятельно. Он начал со шлифовки линз, а поскольку делал это не как профессиональный ремесленник, стремившийся сделать их как можно больше за короткое время, чтобы хорошо заработать, а как ученый, наблюдая и изучая при этом различные явления, он быстро заметил, что линзы с одинаковой кривизной поверхности отличаются своим качеством, резкостью изображения, степенью увеличения. Он понял, что для того, чтобы сконструировать хорошую зрительную трубу, надо не только уметь подбирать выпуклую и вогнутую линзы, но и обеспечить высокое качество обеих линз. В чем оно заключалось никто еще не знал ни в то время, ни в течение нескольких последующих столетий. Галилей избрал единственно правильный путь — путь практических испытаний. Он упорно шлифовал линзы, выбирал из них самые удачные, делал всевозможные оптимальные комбинации.

О быстром развитии изготовления зрительной трубы благодаря Галилею мы узнаем из его сочинения *Звездный вестник*, опубликованного в 1610 г. сразу же после сделанных им величайших астрономических открытий, которые потрясли всем научным миром. Приступив в июле 1609 г. к построению зрительной трубы, дававшей 3-кратное увеличение, Галилей добился крупного успеха, создав в январе 1610 г. телескоп, увеличивавший более чем в 30 раз. О том, сколько труда, упорства и денег стоило ему это дело можно узнать из его писем. „Всего десять из ста с лишним зрительных труб, созданных мною ценой больших издержек и усилий, пригодны для повторения наблюдений...” — писал Галилей в марте 1610 г. в письме, адресованном Винте. В переписке ученого содержатся также интересные сведения о том, что он старался вносить технические усовершенствования в свои приборы для обработки линз, тоже изобретенных им же. Кроме того, он пытался влиять на улучшение способов производства специального стекла, из которого изготовлялись линзы для телескопов. Таким образом ремесленный способ обработки очковых стекол Галилей превратил в отрасль техники, приведшую к созданию „механизма для изучения неба” (Кеплер).

Можно лишь сожалеть, что в настоящее время, когда „теория” зрительной трубы излагается на абстрактном математическом языке, мы уже не говорим так просто, как это делал Галилей, что зрительная труба прежде всего должна быть хорошей. Заботу об этом реальном технологическом атрибуте, якобы недостойном внимания со стороны людей, занимающихся изучением математических правил, ученые оставляют „техникам”, которые мало того, что плохо разбираются в математике, но еще портят себе руки абразивными материалами, употребляемыми для обработки стекла. Представляется необходимым подвергнуть пересмотру такую иерархию проблем. Ведь если Галилей наделил зрительную трубу утилитарными качествами и этим произвел революцию в мировой науке, то он достиг это благодаря тому, что не побоялся испачкать себе руки шлифовкой стекла.



## GALILEO — EXPERT IN TECHNOLOGY

Galileo a scholar, Galileo a philosopher, Galileo a man of letters — these are the diverse aspects of that manysided figure; one speaks, however, exceedingly seldom of Galileo a technician. The reason for it is probably the fact that many people would regard the last-named aspect as a depreciation of his grandeur. And yet, Galileo is the founder of one of the branches of technology: the precision technique of optics.

When, in July 1609, Galileo was struck by the idea of the telescope's utility for science, the instruments in question had been manufactured since a dozen years or so; technically, however, they were very bad, and, in addition, stamped by science and philosophy as instruments of deceit. The first telescope was undoubtedly constructed by some artisan-optician as a result of tests (whose stimulus might have been even an accident), without any theoretical premises, the lenses used for the manufacture of spectacles having been applied here. The said lenses had been already in use since three centuries. The discovery that when disks of transparent glass, slightly convex like the lenticle, are placed before the eyes, they restore to the people suffering from long sight the ability of seeing from a short distance — was brought to effect between 1280 and 1285. It is, however unknown who discovered this and who was the first to make use thereof; it might have been some artisan — illiterate like most artisans of that time — who did not leave any document. And when the lenses got into the hands of scholars and philosophers, they unanimously condemned those instruments and declared them to serve the lie; the lenses were said, namely, to prevent from seeing the truth for they showed another object — smaller or greater, more distant or less distant, deformed or surrounded by an iridescent border — than that perceivable with a naked eye. Consequently, the useful lenses spread despite science and the spectacles became popular owing to the ingenuity and skill of the illiterate artisans who processed the glass. Similarly, the original, anonymously constructed telescope was a fruit of technology, and not of science — but a fruit quite immature. The telescopes from before 1609 were 3-power ones and gave a blur, hazy image; for the construction of a good instrument of that type, with ordinary eye-glasses, has been, and is equally now, absolutely impossible. But, at that time, nobody knew this.

When, under these conditions, Galileo's mind was gripped by a far-reaching presentiment of the utility of that instrument, abortive in the opinion of that time, he did not buy any handicraft telescope but he set about constructing it with his own hands. At first he began grinding the lenses. As he was doing this, however, not as an artisan attempting to manufacture as many lenses as possible in a shortest time with the view of selling most of them, but as a scholar endeavouring to observe and cognize the phenomenon as thoroughly as possible — he soon became aware that among the lenses of an identical curvature there could be found worse and better glasses, those giving a hazy image or a sharp one, those with a smaller or greater power. In order to construct an effective telescope, it was, then, not enough to combine a convex and a concave lenses; it was necessary that both of them should be good. What did the word good really mean, nobody knew not only at that time, but also during some centuries to come. There was, then, the only road before Galileo: that of practical tests. He was grinding the lenses, choosing the most successful ones, combining them and selecting the best combinations.

Galileo describes the impetuous development of his own telescope in *Sidereus Nuncius* published in March, 1610, immediately after the famous astronomical discoveries which had shaken the whole scientific world: from the 3-power telescope in July, 1609, to the more than 30-power one in January, 1610.

It is, however, not from the works, but from Galileo's letters that can be learnt how many efforts, how much money and patience did it cost. "Barely ten from among a hundred and more telescopes manufactured by me at great costs and efforts are good for resuming the observations ...., — he wrote, for instance, to Vinta in March, 1610. There can be found, at the same time, in Galileo's correspondence some interesting hints about his having endeavoured to technically perfect the equipment, being partly of his own conception, for the treatment of lenses, as well as to contribute to the improvement of batches and melts of glass specially destined for telescope lenses. Thus the workshop of a handicraft treatment of glass for spectacles was transformed by Galileo into the workshop of an expert in technology who created "a machine for penetrating the sky" (Kepler).

It is a pity that in the present days, in which the theory of the telescope is being expounded by means of an abstract mathematical language, nobody says any longer — as simply as Galileo did — that, first of all, the telescope has to be good. The scholars leave the solicitude for that real technical attribute, allegedly not worthy of being noticed by the people desirous to bottom the mathematical rules — to technicians who not only have no inkling of the mathematics, but also soil their hands with the abrasion material when processing the glass! Such a hierarchy of problems ought to be revised. For if Galileo gave the telescope a use-value, if he there by revolutionized the world science — it was due to the fact that he did not shrink from soiling nor ruining his hands through the glass treatment.