

Zubow, Wasilij

Doświadczenie naukowe i doświadczenie techniczne w dobie Odrodzenia

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 8/3, 339-354

1963

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.

Wasilij Zubow

DOŚWIADCZENIE NAUKOWE I DOŚWIADCZENIE TECHNICZNE W DOBIE ODRODZENIA *

Przed przystąpieniem do właściwego tematu chciałbym sprecyzować pewne pojęcia: mówiąc o technice rozumiem pod tym terminem pojęcie jak najbardziej ogólne, coś zbliżonego do greckiego τέχνη, nie wykluczając sztuk pięknych. W tym znaczeniu, medycyna i chemia epoki Renesansu powinny być również uważane za τέχνη. Przypomnijmy, że np. Paracelsus porównywał „sztukę“ alchemików do „sztuki“ piekarza, który, przygotowując chleb, nadaje mące „doskonałość formy“.

Następnie używam terminu doświadczenie we wszystkich jego odmianach, poczynając od pierwszego szkicu lub próby wykonanej po omacku do doświadczenia wykonanego jako świadome sprawdzenie hipotetycznego twierdzenia, określając rzecz prosta każdorazowo, o jakie znaczenie chodzi.

Mówiąc wreszcie o Odrodzeniu, ograniczam się do wieków XV i XVI, tzn. do okresu, który poprzedził to, co przywykliśmy nazywać „rewolucją naukową XVII w.“.

Zadanie moje jest o tyle trudne, że zagadnienie było już niejednokrotnie omawiane w ciągu ostatnich lat. Nie wyciszając książek i licznych artykułów, przypominam sobie rozmowy w Royaumont a następnie sympozja w Pizie i Wisconsin, których materiały są obecnie wszystkim dostępne. Już tylko samo określenie mego stanowiska w stosunku do wygłoszonych poglądów zajęłoby zbyt wiele czasu.

Nie mam zamiaru podawać uogólnień zbyt abstrakcyjnych, wyrównujących różnice między rozmaitymi faktami, ani postępować w sposób indukcyjny przez proste wyliczanie (*per enumerationem simplicem*). Zamierzam raczej podawać przykłady i nikt się nie zdziwi, że często będę cytował Leonarda da Vinci. Jestem przekonany, że ten wielki mistrz Odrodzenia jest najbardziej typowym przedstawicielem epoki, niezależnie od swej wielkości. Zbyt często określano Leonarda jako geniusza przerastającego epokę. Mówiono, że uprzedził takie czy inne odkrycie, że był prekursorem takiego czy innego uczonego, wyprzedził swoje czasy, przewidział, przeczuł, przepowiedział, przygotował i nie wiadomo co jeszcze. Jest to stanowisko niesłuszne i ahistoryczne.

* Praca, ta napisana przez W. P. Zubowa, profesora Instytutu Historii Przyrodzawstwa i Techniki Akademii Nauk ZSRR, członka Międzynarodowej Akademii Historii Nauki, była referowana na sympozjum poświęconym nauce renesansowej odbytym w ramach X Międzynarodowego Kongresu Historii Nauki w Ithace. Tekst z francuskiego oryginału tłumaczyła Helena Devechy (przyp. red.).

Jeśli się ograniczam do wieków XV i XVI, to nie znaczy w żadnym wypadku, żebym zamykał oczy na to, co poprzedzało ten okres, ani na to, co nastąpiło po nim. Zagadnieniem zasadniczym jest właściwe ujęcie wzajemnego stosunku epok. Nie można przy tym traktować epoki jako „przejściowego podwórza” bez uwzględnienia jej istotnych wartości. Każdy wiek ma swoje prawa: młodość nie tylko jest przejściem do dojrzałości, lata młodości nie są jedynie „latami szkolenia”. A. Koyré miał słuszość, gdy mówił, że nikt się nigdy nie uważał za prekursora kogoś drugiego, bo nie mógł tego uczynić. Toteż uważanie kogoś za prekursora jest najlepszym sposobem, aby go nie zrozumieć. W. Hartner ostrzegał na Kongresie Historii Nauki w Barcelonie w sposób bardzo przekonujący o niebezpieczeństwie takich pojęć jak: „prekursor”, „poprzednik”, (*Vorläufer*, *Vorgänger*) itp. Odrodzenie nie było zwykłym spadkobiercą średniowiecza, jak uważał P. Duhem, a wiek XVII nie był tylko wykonawcą testamentu Odrodzenia.

Wszelkie porównania zawierają dwa momenty: podobieństwa i różnicy. Zestawiając więc wiedzę wieku XIV z wiedzą Odrodzenia, starajmy się jednocześnie podkreślać ich swoiste różnice.

Uderza przede wszystkim wizja nowego świata, który się odsłonił badaczom Odrodzenia. Nie są to jedynie odkrycia geograficzne Nowego Łądu. Odkryto też wówczas setki nowych roślin, nowych zwierząt, nowych pokarmów, nowych lekarstw i nowych chorób, aż się w 1572 r. pokazała na firmamencie *Stella Nova*, fatalna dla nauki tradycyjnej.

Skądinąd głębsza dociekliwość w badaniach przyrody stała się możliwa dzięki rozwojowi techniki w ostatnich wiekach średniowiecza. Rozwój ten umożliwił tworzenie nowych instrumentów naukowych — jest to cecha charakterystyczna XVII w., epoki „rewolucji naukowej”: teleskop i mikroskop stają się jej symbolami. Nie trzeba przypominać, jak bardzo się nimi chwalili ludzie tego wieku: nie ma wiedzy doskonalej bez mikroskopu, *ergo* Adam w raju nie posiadał wiedzy doskonalej; jeden mikroskop wystarczy, aby zamilkli ci, którzy zaprzeczają wyższości czasów nowożytnych itp.

Żeby jednak te nowe osiągnięcia i nowości techniczne mogły się rozpowszechniać i znaleźć uznanie, musiało się utworzyć odpowiednie środowisko, klimat intelektualny, który by je popierał. Ludzie więc musieli się zmienić, stać się zupełnie innymi.

Historyk nie może ocenić postępów nauki tylko przez proste wyliczenie odkryć. Rozpowszechnienie i udostępnienie wiadomości naukowych i technicznych w społeczeństwie jest czynnikiem dużej wagi, wpływającym potężnie na późniejszy rozwój nauk. Otóż takie rozprzestrzenienie wiadomości naukowych jest bardzo charakterystyczne właśnie dla epoki Odrodzenia.

A. R. Hall na sympozjum w Wisconsin przedstawił bardzo treściwie całą złożoność stosunków między technikami a ludźmi nauki w tej epoce. Chciałbym tylko dorzucić, że pojęcia „technika” i „nauka” jako takie są pojęciami abstrakcyjnymi. Jeśli chodzi konkretnie o stosunek pomiędzy technikami a ludźmi nauki, w większości wypadków nie można mówić o „czystej” nauce ani o „czystej” technice. Każda czynność techniczna wiąże się z wyjaśnieniem, nawet gdyby było ono zbyt uproszczone lub oparte na przesadach. To właśnie miało miejsce w epoce Odrodzenia, gdy rzemieślnicy i inżynierowie starali się coraz bardziej uogólniać dane

doświadczeń praktycznych. Co więcej, trudno nieraz odróżnić w sposób ścisły praktyka od teoretyka.

Powiedzenie *graeca non leguntur* było w użyciu wśród wykształconych ludzi średniowiecza. Wszyscy technicy epoki Odrodzenia mogliby je powtórzyć. Ale co powiedzieć w takim razie o Fra Giocondo, budowniczym mostów i komentatorze autorów starożytnych? A oto inne przykłady matematyków na dworach książąt włoskich: Commandino, który uczył się w Padwie języka greckiego, medycyny i filozofii, żeby następnie poświęcić się matematyce i wyklądać ją na dworze Guida Ubaldo del Monte; albo taki Benedetti — uczeń Niccola Tartaglii i matematyk księcia Sabaudii. To wszystko jest dobrze znane. Tak samo nie trzeba przypominać, że stosunki między rzemieślnikami a ludźmi nauki stały się bliższe w epoce Odrodzenia niż w średniowieczu.

Już Leon Battista Alberti uważał za stosowne wysłuchiwać ludzi prostych, rękodzielników znających swoje rzemiosło. Nie zapominajmy równocześnie, że nie chodzi tu o zwyczajne wykorzystanie wiadomości praktycznych przez „intelektualistów”. W wielu wypadkach miały miejsce nie tylko współpraca, ale i zatargi.

Mówił nam A. Koyré w Royaumont, że Tartaglia musiał walczyć z błędnymi uprzedzeniami i mylnymi wyjaśnieniami bombardierów, aby wreszcie dojść do zadowalających wyników. Nie zapominał w końcu, że uniwersyteckie fakultety sztuk nie miały ani laboratoriów, ani pracowni, inaczej mówiąc, nie miały możliwości sprawdzenia twierdzeń teoretycznych przez bezpośrednie doświadczenie.

A. C. Crombie w znanej książce o Robercie Grosseteste przedstawił jego poprzedników z przeszłości antycznej oraz późniejszą ewolucję metod eksperymentalnych, a przede wszystkim postępowanie zwane *resolutio et compositio* (analiza i synteza).

Wydaje się i trudno temu zaprzeczyć, że w łonie uniwersytetów postępowanie to pozostało nadal sposobem objaśniania i przedstawiania prawd już odkrytych. Czy było ono miernikiem? sprawdzianem? sitem w badaniach tych prawd? Stwierdzenie *ἔτι*, aby szukać następnie *διότι* i potwierdzić hipotezę doświadczeniem — w ten sposób mogła być ukuta teoria *virtus dormitiva* (siły usypiającej) lekarzy Moliera, jak również wszelkie przepowiednie astrologiczne.

Istniały przyczyny historyczne powodujące, że nauka uniwersytecka (a raczej nauka scholastyczna) w XIV w. i następnych zadowalała się w wielu wypadkach przykładami książkowymi dla zobrazowania zasad „metody rozstrzygającej”.

Ileż to razy żywica z drzewa gumowego (gumiguta), pobudzająca żółć, była cytowana w uniwersyteckich wykładach logiki! Ale tylko zastosowanie ma wartość. Wielu lekarzy wykładających w tych czasach metodę eksperymentalną na uniwersytetach mogło powtórzyć znane powiedzenie: „róbcie to co mówię, ale nie róbcie tego, co sam czynię”.

Zasada: „pochodzić od wyników do przyczyn, by zejść następnie z przyczyn do wyników” stała się obiegową prawdą w wiekach XV i XVI. Leonardo da Vinci przypominał o niej wielokrotnie cytując Johna Peckhama, przedstawiając projekt nowej kopuły katedry w Mediolanie itp. Przyjmując te wypowiedzi jako takie, czy moglibyśmy jednak wraz z J. Randallem uważać Leonarda za zwykłego kontynuatora tradycji

Arystotelesa albo za cudowne dziecko wiedzy uniwersyteckiej? Sądzę, że nie.

Przypomnijmy kilka wypowiedzi Leonarda. Żadnemu z mistrzów uniwersyteckich nie przyszłoby na myśl zastosowanie formuły „podejść od wyników do przyczyn“ do ptaków, do ruchów powietrza itp. Dla Leonarda bandery okrętów trzepocące na wietrze, kurz na drogach, dym po wystrzale armatnim są wynikami, które pozwalają na ocenę przyczyn — natury i kierunku wiatrów. (C. A. 270 v. a.). Układ skrzydeł („wynik“) wskazuje chęć ptaka opuszczenia się na ziemię spiralą lub też linią prostą („przyczyna“) (C. A. 66 r. a.) itd.

Co więcej, wobec morza nowych faktów, twarzą w twarz z niesłychanymi cudami przyrody, czyż uczony był w stanie zawsze i wszędzie szukać przyczyny *διότι*? Czy dawna uniwersytecka metoda *resolutio et compositio* nie była przedwczesna w tysiącach wypadków, a zastosowana w sposób czysto mechaniczny, czy nie stałaby się niewyczerpanym źródłem quasi-wyjaśnień, prokrustowym łożem?

Geronimo Cardano zatytułował jedno ze swoich dzieł *De varietate rerum*. Czy nie należałoby zapomnieć o „metodzie rozstrzygającej“ wobec cudownej rozmaitości, coraz częściej potwierdzanej przez nowe odkrycia? Nie było wprost czasu na dokładne „nazwanie“, sklasyfikowanie i opisanie“.

Czy skądinąd adepci arystotelesowskiej scholastyki nie woleli czasem ignorować wyników niż doszukiwać się przyczyn — szczególnie, gdy te „wyniki“ obalały ich system? Jak wiadomo, pierwsi przeciwnicy Galileusza woleli niekiedy nie wierzyć własnym oczom.

Tartaglia na próżno oświadczał, że „wiedza nie jest niczym innym jak poznawaniem przez przyczynę“ — „Il sapere non è altro che conoscere la cosa per la causa“ (*Quesiti et inventioni diverse*, 1. I, qu. 20). Wiadomości techniczne pozostawały nadal, w większości wypadków, wiadomościami empirycznymi, ograniczającymi się do recept. W końcu *Pirotechnia* Vannoccia Biringuccia i *De re metallica* Georgiusa Agricoli pozostawały nadal podręcznikami bez dowodów i nie tylko dlatego, że ich autorzy mieli na względzie cele praktyczne i utylitarne, ale dlatego, że w ogromnej większości wypadków nie było warunków, które pozwoliłyby na zastosowanie cyklu: wynik — przyczyna — wynik.

Zauważmy, że *maestro di color che sanno* nie był takim rygorystą, jakim chcieliby go widzieć niekiedy zbyt ortodoksyjni jego wyznawcy. Arystoteles nie chciał bynajmniej ograniczać wszelkiej wiedzy do nauki apodyktycznej i omawiającej. To wszystko, co się odbywa zawsze w ten sam sposób (zmiany Księżyca, wschody Słońca), wynika z konieczności. Ale poza tym istnieje prawdopodobieństwo, które zachodzi w większości wypadków (*ἐπι τό πολὺ*). Zresztą Arystoteles przyznaje szczerze swoją bezsilność w wytłumaczeniu wielu zjawisk przyrody. Tak więc np. nie potrafił on wskazać przyczyny, *διότι*, dla której myszy polne mnożą się z tak zadziwiającą szybkością, by następnie zniknąć nagle bez oczywistego powodu.

Nauką demonstratywną była wiedza *Analityk późniejszych*. Każdy komentator tego dzieła musiał wysunąć na plan pierwszy ten właśnie aspekt metodologii Arystotelesa. Ludzie Odrodzenia okazywali jednak coraz większe i głębsze zainteresowanie *Historią naturalną zwierząt* i innymi pracami z tej dziedziny wielkiego greckiego uczonego, ucząc się podporządkowania faktom z chwilą, gdy znalezienie przyczyny okazywało

się niemożliwe. Ciekawe jest spojrzenie pod tym kątem widzenia na postawę ludzi Odrodzenia wobec ogólnego dziedzictwa świata starożytnego. Znamienne, że gdy chodziło o dane empiryczne, pożyteczne a nieznane, mało się przejmowali ich archaicznym objaśnieniem. Omawiając np. malarstwo, Alberti wołał pominąć całkowicie sady starożytnych o istocie barw, nie brał pod uwagę różnych teorii widzenia, a przede wszystkim teorii opartej na koncepcji promieni wizualnych wychodzących z oka. Zadowalał się uwzględnieniem czystej konstrukcji geometrycznej, zamieniając tajemnicze promienie na bardzo cienkie nitki wyciągnięte między okiem a przedmiotem. Później i Francis Bacon nie postąpił inaczej, wykorzystując wyciągi z najrozmaitszych dzieł antycznych w swoich pismach takich jak *Sylva sylvarum* i inne. Jeszcze później takie samo stanowisko zajmą lekarze wobec Hipokratesa, jak np. Bernardo Ramazzini, który w swojej rozprawie *De morbis artificum* (1700 r.) bardziej interesował się wypadkami klinicznymi opisanymi w *Corpus Hippocraticum* niż teoriami i objaśnieniami w nim zawartymi.

Nie ma w tym wszystkim nic dziwnego, szczególnie, jeśli chodzi o autorów traktatów technicznych. Choć odrzucali oni objaśnienia i teorie starożytne, nie stać ich jeszcze było na przedstawienie nowej i systematycznej interpretacji. Wartość teoretyczna tych prac polega przede wszystkim na odrzuceniu koncepcji tradycyjnych. Biringucciowi udało się przede wszystkim tam, gdzie atakował teorie alchemiczne ograniczające właściwości ciała do zasad rtęci i siarki lub do czterech właściwości czterech żywiołów. Obalenie przesądów astrologicznych przyszło mu bez trudności. Natomiast był o wiele mniej dokładny i zdecydowany, gdy chodziło o sformułowanie nowej teorii w sposób przekonujący.

Autorzy mogli wykorzystać w istotny sposób tradycyjny aparat sylogizmu demonstratywnego, szczególnie w dziedzinie kontrargumentów negatywnych. Leonardo nie był na pewno człowiekiem bez metody, jak to sądził Leo Olschki. Sylogizm nie był mu obcy i świetnie się nim posługiwał, szczególnie, gdy dotyczyło to kontrargumentów negatywnych. Leonardo umiał zbijać *lege artis* (zgodnie z prawidłami sztuki) fałszywe hipotezy, tak jak to czynił np., dyskutując o pochodzeniu zwierząt wykopaliskowych i wykazując, że ich szczątki nie mogą być spowodowane ani potopem, ani wpływem gwiazd. Nie ważne, że nie obnażał nigdy zrębu argumentacji, jak to czynili przedstawiciele szkoły: *minor probatur, consequentia tenet, antecedens patet* itd.

Ale jak postępować, żeby zbudować teorię pozytywną? Sprawdzać doświadczeniem? Jest wiele rzeczy nieosiągalnych dla samotnego uczonego. Systematyczne badania dokonywane przez grupy uczonych mogły mieć miejsce dopiero w XVII w., w epoce, gdy zaczęto tworzyć towarzystwa naukowe w rodzaju *Royal Society*, tzn. akademie. Zatem Odrodzenie było tym fatalnym okresem, gdy trzeba było „kolekcjonować” nie tylko przedmioty odnoszące się do przyrody, ale również i rękopisy starożytnych i opisy współczesnych: trzeba było zbierać i kolacjonować cudze opisy, świadectwa podróżników itd. Z tego okresu pochodzi typ uczonego siedzącego w swojej pracowni i badającego teksty współczesnych na równi z dziełami starożytnych. Takich „małych uczonych” znajdujemy w Padwie w XVII w., jak np. Fortuneo Liceti, który znał dogłębnie dzieła niejakiego Themistiusa czy Filopona i na równi z nimi cytował nowe odkrycia, dokonywane w Italii, w Ameryce i na Wschodzie. Tak więc mówiąc o fosforescencji *lapis Bononiensis*, świeżo odkrytego przez sze-

wczyne partacza z Bolonii, Liceti porównuje ten kamień z innym, którego z pewnością nie oglądał - *quem Yttu-lu nuncupant incolae Paraguay in America* (który mieszkańcy Paragwaju w Ameryce nazywają Yta-lu). *De subtilitate* Cardana jest przepelnione wiadomościami z różnych dziedzin.

W tym należy się doszukiwać źródeł niesłychanej łatwowierności, którą odznacza się epoka Odrodzenia. Napływ nowych wydarzeń przynosił za sobą niebezpieczeństwo zatracenia sprawdzianów możliwości. Dla Arystotelesa (nie wiadomo właściwie dlaczego) jeleni czy antylopy były symbolem czegoś nieprawdopodobnego na równi z przekątnią kwadratu współmierną z długością jego boku. Fantastyczne zwierzęta i bestie średniowiecza miały w sobie coś nierealnego i symbolicznego. Dopiero w książkach zoologicznych XVI w. znajdujemy smoki i potwory morskie z ciałami i kośćmi przedstawione z naturalistycznym prawdopodobieństwem. Gdy zobaczono pierwsze orangutany, widziano w nich fantastycznych satyrów Pliniusza. Jak powiedział Paracelsus: „To co uważane jest za niemożliwe, to co wydaje się niemożliwe, nie do wiary i bez nadziei, stanie się cudownym trafem prawdziwe”¹.

Można więc zadać pytanie, jaka wiedza „dowodowa” mogła istnieć w takiej epoce w stosunku do tego mnóstwa nowych „danych” niekiedy niepewnych, źle interpretowanych i źle rozumianych. „Powrócić do przyczyn” znaczyliby najczęściej dawać wyjaśnienia pseudoprzyczynowe faktów, które pozostają *wunderbarlich wahr* — „cudownym trafem prawdziwe”.

Metoda rozstrzygań nie była metodą wynalazczą, *ars inveniendi*. Ale takiej właśnie metody potrzebowali ludzie Odrodzenia: badać i odkrywać prawdy w sposób systematyczny. Metoda Ramona Lullo była zbyt związana z gotową kosmologią i wysiłki Giordana Bruno w jej ożywieniu pozostały bez rezultatów. Cała ta metoda w gruncie rzeczy mogła służyć tylko „inwencji” rozumianej w sensie retorycznym albo raczej temu, co retorycy nazywali *dispositio* (dyspozycja, uszeregowanie). Według Cyserona byłaby ona dyspozycją rzeczy już odkrytych — *rerum inventarum in ordinem dispositio* (uporządkowanie, uszeregowanie rzeczy odkrytych). Agricola mógł wierzyć w różdkę czarodziejską (*Wünschelrute*) pomagającą górnikom w odkrywaniu wód podziemnych i metali, ale zdawał sobie z tego sprawę, że w dziedzinie badań naukowych podobna rzecz nie istnieje.

Tu wchodzi w grę metoda analogii, która staje się cechą najbardziej typową Odrodzenia. *Comparativa est omnis inquisitio medio proportionis utens* (porównywaniem jest każde badanie, które posługuje się jakąś średnią skalą wartości) powiedział Mikołaj z Kuzy, stosując tę metodę w badaniach obwodu i prostej koła i wielokątów itp. Również i Kepler czyż nie powiedział: *...plurimum namque amo analogias fidelissimos meos magistros, omnium naturae arcanorum conscios* (najczęściej jednak stosują analogie, będące mymi najwierniejszymi przewodnikami, mogącymi wykryć wszystkie tajniki natury)². I czy nie zalecał następnie posługiwać się analogiami, szczególnie w geometrii, gdzie istnieje nieskończona ilość przypadków, które wydają się sobie przeciwstawne pod

¹ „Das unmöglich geschätzt wird, was das nur unerhofflich, unglaublich und gar verzweifelt ist, wird wunderbarlich wahr werden”. Paracelsus, *Coelum philosophorum, sive liber vexationum. Sämtliche Werke*, t. 14, München und Berlin. 1933, s. 414.

² Mikołaj z Kuzy, *Opera omnia*, t. II, s. 187.

pierwszym wrażeniem, a w rzeczywistości odkrywają istotę badanego przedmiotu — *dum infinitos casus interjectos intra sua extrema mediumque quantumvis absurdis locutionibus concludunt, totamque rei alicuius essentiam locutionibus ponunt ob oculos* (podczas gdy niezliczona ilość wypadków leżących pomiędzy wartością średnią a wartościami ekstremalnymi, pojedynczo biorąc, bardzo często wydaje się bezsensowna lub sobie przeciwstawna, jednakże zasadniczą istotę danego problemu wyjaśniają one doskonale).

Zgódźmy się z tym, że metoda porównawcza sięga epoki bardzo odległej. Zaznaczmy, że powoływała się na nią metoda rozstrzygająca niejakego Teodoryka z Fryburga, bo czyż to nie był właśnie najistotniejszy punkt w jego metodzie, gdy przyjmował za punkt wyjściowy porównanie między kroplą deszczu a kulą szklaną? To nie przeszkadza, że analogia stała się jedną z najbardziej typowych metod epoki Odrodzenia. Jest rzeczą pewną, że analogia w ówczesnej epoce była o wiele bardziej metodą heurystyczną niż sposobem iluzorycznego tłumaczenia.

I znów Olschki zarzucał Leonardowi, że zadowalał się grą porównań, która dawała — jak mówił — pełną satysfakcję jego niezdyscyplinowanej wyobraźni. Czyżby jednak naprawdę porównania były dowodami dla Leonarda? Czy też może przeciwnie: punktem wyjścia dla jego wywodów, które należało poddać próbie, sprawdzić przy pomocy doświadczenia? Weźmy np. dziwaczne porównanie ciała Ziemi z ciałem delfina. To porównanie (i tego Olschki nie zauważył) było dla Leonarda nie wynikiem jego rozważań, lecz hipotezą odrzuconą *per impossibile* (jako niemożliwą), jeśli ziemia miałaby oddychać jak delfin i jej oddech byłby przyczyną przypływów i odpływów, w takim razie każdemu przypływowi i odpływowi musiałyby towarzyszyć gwałtowne ruchy atmosfery.

Rozwaga metodologiczna Leonarda w dziedzinie analogii występuje w sposób bardzo przejrzysty tam, gdzie porusza on sprawy anatomii porównawczej. Wiadomo, że jednym z praktycznych celów tych porównań była chęć odkrycia mechanizmu ruchów, by w końcu wykorzystać te obserwacje przy budowie maszyny latającej: skrzydła ptaków, muchy, motyla, nietoperza, sztucznego *grande uccello* — w czym są podobne, a czym się różnią? Leonardo nigdy nie zapomniał o różnicach w wypadku przeprowadzania porównań.

Jeżeli się zwrócimy do starszego od Leonarda Albertiego, znajdziemy w traktacie *De re aedificatoria* to samo szczególne upodobanie do analogii, która służy za punkt wyjścia, pozwalający na analizę różnych pojęć i różnych zjawisk w ich wzajemnym stosunku. Belka jest kolumną poziomą, łuk jest niczym innym jak belką zgiętą, sklepienie cylindryczne — układem łuków itp. Takie określenia nie są czystą metaforą, ale sposobem zestawiania podobieństw i lepszego rozpatrzenia różnic. Dlatego też za każdym razem, gdy Alberti występuje jako obserwator, umie on doskonale rozróżniać naprężenie kolumny prostopadłej i „kolumny poziomej“ (belki): zdaje sobie z tego sprawę, biorąc pod uwagę układ i kierunek szczelin. Nie zapominajmy, że później i Galileusz znacznie od analizy naprężeń w graniastosłupach i cylindrach pionowych, by dojść następnie *per analogiam* do belek poziomych, i to właśnie przeszkodziło mu zauważyć w belce różnicę naprężeń w dolnych i górnych włóknach stwierdzoną później przez Edme Mariotte'a.

Wyjaśnijmy obecnie stosunek pomiędzy τέχνη i naturą, oraz τέχνη i nauką. Autor *Zagadnień mechanicznych* cytuje zdanie Antyfona: τέχνη

κρατοῦμεν, ὥν φύσιν νικώμεθα — dzięki sztuce przewyżczamy to, co zwycięża dzięki naturze. W ten sposób jesteśmy w stanie unieść wielki ciężar za pomocą czegoś o wadze znacznie mniejszej.

Ale wszelki twór techniczny pozostaje dla starożytnych czymś zgodnym z naturą. Jak to powiedział Arystoteles: „gdyby się okręt potrafił sam zbudować podobnie jak organizm żywy, który się tworzy sam, nie byłoby różnicy między takim okrętem a okrętem zbudowanym przez rękodzielnika“.

Natura ma swoje prawa, których nie wolno przekroczyć. Te prawa są jednakowe dla stworzeń żywych i dla przedmiotów sztucznych. To nie znaczy jednak, że twór techniczny czy artystyczny jest zwykłym dublowaniem tego, co istnieje, jak to chciano wierzyć w średniowieczu, traktując *artes mechanicae* jako *artes moechanicae*, sztuki nieprawe albo sfalszowane, które naśladują w sposób niewolniczy, wprost kopiuja przedmioty z natury. Kopia jest zawsze mniej warta niż oryginał, wobec czego średniowieczne sztuki mechaniczne są u samego dołu drabiny hierarchicznej sztuk i nauk.

Poglądy artystów i techników Odrodzenia były zgoła odmienne. Bez wątpienia *homo faber* liczy się z prawami natury, ale stworzył rzeczy, które w niej nie istnieją. Jak to sformułował w sposób ścisły Leonardo da Vinci: „Dove la natura finisce di produrre sue spezie, l'omo quivi comincia colle cose naturali di fare, coll'aiutorio d'essa natura, infinite spezie“ (W. An. B., v. 13). To właśnie upoważniało Albertiego nazywać malarza *altro dio*.

Przekonanie, że działalność technika i artysty jest oparta na prawach natury, zbliżało *techné* do nauki. Ale inny rys istotny ich odróżniał. Działalność techników, rękodzielników, artystów miała na celu przedmiot indywidualny. Lekarz praktykujący swoją sztukę miał na celu leczenie człowieka, powiedzmy Sokratesa, malarz miał na celu malowanie obrazu *hic et nunc* (w określonym miejscu i czasie), inżynier — budowanie fortecy, biorąc pod uwagę miejsce i okoliczności. Niejaki Francesco di Giorgio na próżno wyliczał wyniki swego praktycznego doświadczenia i badań historycznych w traktacie o architekturze cywilnej i wojkowej, musiał jednak rozwiązywać zagadnienia o wiele bardziej konkretne, pracując dla księcia Urbino.

Technicy i artyści chcieli zapewne i musieli uogólniać, chociażby dlatego, żeby streścić doświadczenia własnego życia i przekazać je innym, jak to zrobił np. konstruktor niemiecki Lorenz Lacher z początków XVI w., który napisał rodzaj testamentu dla swego syna. Ale czyż generalizowanie w dziedzinie sztuki nie skończyłoby się w końcu na sztywnym kanonie, co byłoby śmiercią sztuki, podczas gdy w dziedzinie nauki wszelkie uogólnienia kończą się odkryciem nowego prawa natury, to znaczy zwycięstwem nauki?

Jest zupełnie naturalne, że matematyzacja była idealnym celem obu dziedzin. Dla Daniela Barbaro, komentatora Witruwiusza w połowie XVI w. proporcjonalność skupiała w sobie wszelkie tajemnice sztuki. Dla Giambattisty della Porta, którego *Magia naturalna* jest pełna recept fantastycznych i niedorzecznych, żadna mieszanka nie będzie skuteczna, jeśli nie będzie wykonana „według przepisanej receptury“.

Otwierając epokę kanonów akademickich, Barbaro stwierdzał w sposób rzeczowy: „la regione del circolo è la medesima nel ferro, nel piombo, in cielo, in terra e nell' Abisso“. Skądinąd zaś twierdził: „non

sempre si deve servare le istesse regole e simetrie". A oto przyczyna: „la natura del luogo richiede spesso altra ragione di misure, e la necessità ci astringue à dare o levare di quelle che proposte haveramo". To było odzwierciedleniem młodego Renesansu XV w. Pamiętamy, jak Alberti, mówiąc o architekturze miast, zastrzegł się przed podawaniem jedynej reguły kreślenia jedynego projektu idealnego miasta: należy przecież brać pod rozwagę miejsce, ukształtowanie, ustrój polityczny, obyczaje; innym miastem jest miasto nadmorskie, innym — umiejscowione na równinie względnie w górach, inne jest miasto pod władzą tyrana, a inne — pod panowaniem dobrego księcia.

Otóż sam Witruwiusz wiedział doskonale, jak to wiedzieli Grecy, że wszelki kanon dopuszcza *adiectiones et detractioes* (dodawania i odejmowania), zmiany w odniesieniu do konkretnego środowiska. Ta koncepcja stała się jedną z myśli przewodnich Barbara. Było to przeciwieństwem abstrakcyjnej metody myśli naukowo-matematycznej. Dla tej ostatniej wszelkie *adiectio et detractio* może być usunięte jako nieważne. Dla każdego technika i artysty natomiast właśnie w dziedzinie „dodawania” i „odejmowania” zaczyna się tworzenie w ścisłym tego słowa znaczeniu.

W badaniach optycznych wieku Odrodzenia można znaleźć inny jeszcze przykład tego, co powiedziałem. Wiadomo, że Leonardo interesował się żywo *Perspektywą* Witelona. To dzieło polskiego uczonego, jak również inne uczonego arabskiego Alhazena były wspólnym terenem, gdzie spotykały się zainteresowania malarzy i astronomów. Tak jedni, jak i drudzy chcieli dokładnie zbadać prawa wizualne, lecz ich cele były różne. Dla astronomów ważne było unikanie błędów optycznych lub wprowadzanie poprawek, które pozwoliłyby odtworzyć przedmiot takim, jakim jest w rzeczywistości, eliminując oddziaływanie ośrodków. Malarz, przeciwnie, miał inne zadanie: odtworzyć otoczenie, liczyć się z nim, odkrywać prawa zacierania się konturów *sfumato* — zaznajamiać się dokładnie z naturą koloru niebieskiego w górach, zmieniającego się zależnie od odległości, móc lepiej malować przedmioty oglądane poprzez dym i mgłę.

Dla optyków-astronomów to wszystko było *adiectiones et detractioes*, które należało odrzucić, gdy dla malarza takiego jak Leonardo wszystko mieściło się właśnie w owych *adiectiones* i *detractioes*.

Jeśli dla Barbara, jako w pewnej mierze przedstawiciela klasycystycznych dążeń do jedynego kanonu, geometria była matką rysunku — *madre del disegno*, dla Leonarda, przeciwnie, to malarstwo nauczyło geometrię kreślić figury i sztuka geometrii jest „ślepa” bez malarstwa, abstrakcja rodzi się z konkretnego, różnorodnego i wielorakiego.

Jest to ogromnie znamienne, że większa część notatek naukowych Leonarda ustala przypadki indywidualne i analizuje je, uogólniając. Jeden cenny ustęp (rkps, A. 31 r.) wprowadza nas bezpośrednio w jego „metodę”. Leonardo zaczyna od zapisywania obserwacji: „il colpo dato sulta pietra posta ne l'acqua amazzerà tutti i pesci o altri animali che sotto e vicini si troveranno”. Po czym jest mowa o innych przykładach uderzeń zadawanych rozmaitym przedmiotom. Forma ta nie zadowala go jednak, wydaje mu się zbyt prostą. Píše: „Io ti ricordo che tu... allegghi le soprascritte cose per esempli e non per propositioni, che sarebbe troppo semplice”. I wówczas porządek jest odwrócony: obserwacja staje się ilustracją tezy ogólnej. Leonardo powiada dalej: „Sperentia.

II colpo dato in qualunque corpo denso e ponderoso passa per natura dopo esso corpo e offen de la cosa che si troverà ne'circonstanti corpi densi o rari, che si sieno. Verbi gratia: e sarà molti pesci in una acqua, la quale enterà sotto une pietra" itd. Dopiero później wskazuje Leonardo *ragione*.

Tekst ten jest prawdziwą rewelacją biograficzną. Rzuca on jaskrawe światło na niejednen fragment Leonarda. Jeżeli rękopisy Leonarda należy czytać na odwrót, z prawej do lewej, to tak samo, żeby zrozumieć genezę tych fragmentów, należy je czytać w odwrotnym kierunku, zaczynając od końca, a kończąc na początku. A oto przykład. Leonardo formułuje wniosek ogólny, tak jak to zalecał w rękopisie A. „Quando l'uccello ha gran larghezze d'alie e poca coda e che esso si voglia inhalzare, allora esso alzerà forte le alie, e girando riceverà il vento sotto l'alie; il quale vento, facendoseli conio, lo spignerà in alto con prestezza“. Taki jest wniosek ogólny. A oto następuje jego skonkretyzowanie: „come il cortone, uccello di capina.“ Dopiero na samym końcu podane jest spostrzeżenie pojedyncze i szczegółowe, które było naprawdę punktem wyjściowym: „ch'io vidi andando a Fiesole, sopra il loco del Barbiga, nel 5 (1505) a di 14 di marzo“ (V. U. 17 v.) To, co powszechne, ujmowane jest poprzez to, co pojedyncze i szczegółowe, pozostając w ścisłym związku z widzeniem pojedynczych fenomenów.

Tu tkwi największa trudność dla tych wszystkich, którzy chcieliby zebrać w sposób systematyczny rozsypane fragmenty wielkiego Vincjanina, gdyż oczywiście ich mozaika nie mogłaby w żaden sposób przyjąć formę traktatu. Jakąż by można mu nadać formę? Aby otrzymać wykład *more euclidico* (sposobem Euklidesa) przez niezbite pewniki, definicje i twierdzenia albo *disputative* (w drodze roztrząsania, dyskusji) biorąc za wzór *quaestio* (sposób badania) scholastyczną, nie wystarczy je przegrupować, trzeba by je przetopić, a na to Leonardo musiałby przeżyć życie swe powtórnie. musiałby się stać młodym jak Faust.

Fragmenty Leonarda przypominają obrazy. Wobec tego można by je tak jak obrazy zebrać w jednej sali w przestrzeni trójwymiarowej: zatrzymałyby wówczas swój charakter osobliwy i jedyne, związany w sposób znacznie bardziej złożony niż szereg linearny. Czyżby może dlatego Leonardo tak lubił splątanie linii, które nasuwają myśl o labiryncie Dedala?

Niektórzy uważali Leonarda-anatoma za genialnego rysownika, który ustala w sposób artystyczny to, co widzi przed sobą, *hic et nunc*. W rzeczywistości chodzi tu również o widzenie sięgające ponad rzeczy pojedyncze, o wiedzę sumującą wielką ilość obserwacji. Leonardo przyznawał sam, że chcąc poznać dogłębnie jakiś pojedynczy szczegół anatomiczny, musiał przeprowadzić więcej niż dziesięć sekcji. Wiadomo też, że brak danych o anatomii człowieka zastępował obserwacjami robionymi na zwierzętach. To dążenie do uogólnień potwierdza się przez sformułowane przez Leonarda porównanie rysunków anatomicznych do *Geografii* Ptolemeusza. Mówi on o mapie świata mikrokosmosu i nie wzdraga się przed określeniem „geografia serca“.

Leonardo zdawał sobie jednak bardzo dobrze sprawę, że w anatomii nie wolno również stracić z oczu *adietiones* i *detractiones*, o których mówił Witruwiusz. Vincjanin przestrzegał malarza przed niebezpieczeństwem „przesadnej“ znajomości kości, ścięgien i mięśni. „Guarda che la troppa notizia delli ossi, corde e muscoli non sieno causa di farti un pittore legnoso“ (rkps, E, v. 19).

Leonardo mógł cierpliwie studiować wskazówki Alhazena, Witelona i Peckhama dotyczące geometrycznej teorii cieni; nie wystarczyły mu jednak ich zalecenia tam, gdzie chodziło o malowanie pełnego niuansów obrazu św. Jana Chrzciciela. Nie wystarczyło mu również sporządzenie „inwentarza” mięśni, gdy malował pełną wyrazu postać św. Hieronima. Najistotniejszym zadaniem było tu zdanie sobie sprawy, które mięśnie działają w danej sytuacji, po to, aby pominąć inne.

Czy jednostkowy i indywidualny charakter wszelkiego malarstwa (Leonardo określał go terminem *singularità*) nie pozbawia malarstwa jego znaczenia ogólnego? Nie. Bo widzenie Leonarda, jak świadczą jego teksty, było zawsze rozwiązaniem *ad hoc* problemu uogólnionego. Nie można by więc dzielić opinii Cassirera, który uważał, że granice widzenia Leonarda były *eo ipso* krańcami jego pojmowania i rozumienia. Przedmioty widziane nie były dla Leonarda „przejawiskami” (*Urphänomene*) Goethego, które należało pozostawić nietknięte w ich niezmaconej jasności („*mañ lasse die Urphänomene in ihrer ewiger Ruhe und Herrlichkeit da stehen*“). Wręcz przeciwnie. Dla Leonarda, jak dla większości artystów i techników Odrodzenia, dane o widzeniu zawierały zawsze problem do rozstrzygnięcia. Rozwiązanie (typowe i ogólne) wynikało z rozumowanej analizy samego widzenia.

Staje się również zrozumiałe, dlaczego taki Pierro della Francesca swej pracy o perspektywie nie napisał w formie traktatu, ale w formie ćwiczeń, konkretnych problemów, coraz trudniejszych i bardziej zawiłych.

Georges Sarton twierdził kiedyś, że perspektywa liniowa wymaga pewnej ilości wiadomości matematycznych, ale w gruncie rzeczy niezbyt wielkiej wobec tego, że najważniejszą wiedzę matematyczną zawiera trygonometria i algebra. G. de Santillana zaznaczał bardzo słusznie na sympozjum w Wisconsin, że nie w tym leży sedno sprawy. Bo rzeczywiście, wartość historyczna badań nad perspektywą, którym oddawali się mistrzowie Odrodzenia, nie może być określana pod kątem widzenia czystych odkryć matematycznych i tylko takich. Najistotniejszym jest widzenie rzeczy. Żeby ocenić ten nowy sposób widzenia w dziedzinie nauki, wystarczy porównać średniowieczne rysunki anatomiczne, zawsze schematyczne, z rysunkami Leonarda da Vinci, który z całą dokładnością ustalał ciągłość widzenia tej samej części ciała pod różnym kątem, co pozwalało uchwycić jego kształt tak, jakbyśmy ją trzymali w ręku „*non altrementi che se tu avessi in mano il medesimo membro e andassilo voltando di parte in parte*” (W.A.n.I., 2 r.).

Charakter stereometryczny takiego widzenia jest oczywisty w innym jeszcze fragmencie (W.An.A. 18 r.), gdzie Leonardo chce połączyć i uogólnić dziesięć różnych rysunków nogi, rysując nogę na jednym jako przezroczystą. Nie potrzeba podkreślać wagi takiego widzenia stereometrycznego dla rysunków technicznych przyrządów i maszyn.

Precyzując zagadnienie, to nie złudzenie optyczne czy tendencje „naturalistyczne” odgrywały pierwszorzędną rolę. Wiadomo, że teoria perspektywy liniowej, wypracowana przez pierwszych teoretyków Renesansu, nie odpowiadała konkretnemu widzeniu i już Leonardo usiłował, opierając się na danych optyki fizjologicznej, poprawić tę teorię, która wychodziła z koncepcji nieruchomego „cyklopa” wrośniętego w ziemię. Jaką by jednak nie była ta teoria, wszystko polegało na redukcji przedmiotów do jakiejś jedynej skali, pozwalającej na ich porównanie

i współmierność, gdyż po Mikołaju Kuzańczyku, ludzie Renesansu widzieli, że *comparativa est omnis inquisitio medio proportionis utens*.

A teraz ostatnie zagadnienie — matematyzacja nauki. Twierdzi się słusznie, że rewolucja naukowa siedemnastego wieku odbywa się pod znakiem matematyzacji czy też mechanizacji nauki, co wychodzi na jedno. Jasne jest, że taka matematyzacja nie może być pojęta jako zwykłe zastosowanie wzorów matematycznych do zjawisk przyrody. Geneza fizyki „matematycznej“ (czy raczej „umatematycznionej“) łączyła się z powstaniem nowej matematyki, dającej się zastosować do zjawisk ruchu. Były to jakby dwie strony jednego medalu. Wiadomo, że rachunek różniczkowy i całkowy szedł w parze z rozwojem mechaniki i pojęcie ruchu przenikało do dziedziny jego logicznego uzasadnienia.

Gdy się przeciwstawia w sposób zbyt może pochopny wiedzę abstrakcyjną algebraistów XVI w. wiedzy praktycznej perspektywistów, wydaje się, że się czasem zapomina o formie dociekań algebraicznych, specyficznych dla tej epoki. Przedstawia się często te dowodzenia, używając języka algebraicznego naszych czasów. Aby wyrównać tę niewłaściwość, należałoby sięgnąć raz jeszcze do tekstów autentycznych, gdzie te dowody rozsypane są czasem pomiędzy mnóstwem kwestii szczegółowych, odnoszących się (jak np. u Cardana w wypadku równań trzeciego stopnia) do konstrukcji geometrycznych itp. Te dowodzenia są nieraz bardziej „wizualne“, stereometryczne, niż przywykliśmy je za takie uważać.

Czy początków „fizyki matematycznej“ będziemy szukać w „kalkulacjach“ XIV w.? Nie chciałbym tu powtarzać tego, co przedstawiłem w Barcelonie na IX Kongresie Historii Nauki. Ograniczę się jedynie do jednego pytania. Dlaczego „wiedza kalkulatorów“ nie poszła naprzód? Jedno jest pewne, że chociaż Duhem chciał zapełnić okres między autorami XIV w. a Galileuszem masą nazwisk przeciętnych po to, do pojęcia logarytmu. Koniec końców, antyczna teoria muzyki, jak to aby stworzyć złudzenie ciągłości, różnica pozostaje ogromna.

Cytuje się *Merton rule*, ale ileż „praw“ znalezionych u „kalkulatorów“ odstawiamy na bok, mimo że miały wielkie znaczenie dla autorów ówczesnych? A był to cały szereg przypadków wymyślonych, analizowanych *exercitii causa* (dla wprawy), które nie były na tyle abstrakcyjne, aby osiągnąć wartość matematyczną (lub mechaniczną), a za mało konkretne, aby być punktem wyjścia poszukiwań eksperymentalnych.

Cytuje się „prawo Bradwardine'a“, które zawierało podobno w zarodku pojęcie logarytmów. W rzeczywistości „prawo“ to nie doprowadziło do żadnych osiągnięć czy sprawdzianów eksperymentalnych ani do pojęcia logarytmu. Koniec końców, antyczna teoria muzyki, jak to wykazał Paweł Tannery, zawierała w zarodku to samo pojęcie logarytmu.

„Kalkulacje“ nie mogły się wznieść do poziomu abstrakcji, odpowiadającego poziomowi czystej matematyki; z drugiej zaś strony bez kontaktu z doświadczeniem były skazane na nieodwracalny zastój. Zaczęło się to w Oksfordzie od wielu drobnych subtelności Suiseta i Dumbletona, toczyło się dalej we Włoszech. Wiedza „kalkulatorów“ nie wykazywała postępu chociażby dlatego, że nie zajmowali się nią matematycy, ale raczej lekarze-filozofowie w rodzaju Marlianiego, którego prace analizował M. Clagett i Trincavello, wydawca Suiseta.

Co więcej: to co u „kalkulatorów“ włoskich mogło dowodzić w pierwszej chwili tendencji empirycznych i zwrotu do konkretnego, okazało się

w rzeczywistości głęboką degeneracją. Tacy autorzy, jak Heytesbury i jemu współcześni, gotowi byli rozważać sprawy *de primo et ultimo instanti* (od pierwszej do ostatniej chwili) albo *maximum i minimum* z punktu widzenia logiki bądź też czystej abstrakcji. Wykazał to C. Wilson w monografii poświęconej Heytesbury'emu z 1956 r. Żeby sobie zdać sprawę z losu takich dyskusji, wystarczy rzucić okiem na pracę Piotra z Mantui i jej krytykę przeprowadzoną przez Apolinarego Offrediego (1482 r.). Nie chodzi tu o „pierwszy moment „wzięty *in abstracto*“, (abstrakcyjnie), ale o znacznie więcej problemów zagmatwanej metafizyki, omawiającej ten „pierwszy moment“, gdy dusza roślinna zaczyna ożywiać zarodek itp. Trudno się dziwić, że z braku terenu rzeczywistego zaczęto stosować kalkulację „stopni“ do doktryny łaski bożej, do cnót i występków. Nie widzę zasadniczej różnicy między takimi „zastosowaniami“ a quasi-empirycznymi rozprawami epigonów wiedzy „kalkulatorów“. Może ten pseudoempiryzm był jeszcze gorszy w porównaniu z subtelnościami abstrakcyjnymi, które można znaleźć u autorów z pierwszej połowy XIV w. Powiedzmy krótko: wiedza ta nie poszła naprzód, stanęła. Dlaczego?

Przypuśćmy nawet, że Galileusz mógłby zastosować *Merton rule* do prawa spadania ciał. Sytuacja była zupełnie odmienna, gdy chodziło o odkrycie np. praw uderzeń. Aby przeprowadzać na odpowiednim poziomie abstrakcji *Gedankenexperimente* (eksperymenty myślowe), trzeba było uprzednio przebadać i przewartościować wielką liczbę warunków empirycznych. Bez tego nie można było dokonać wyboru, przyjąć kierunku, który by doprowadził do pomyślnych wyników. Przypomnijmy sobie szósty dzień *Discorsi* poświęcony prawom uderzeń. W tym, rzecz prosta, Galileusz nie miał „prekursorów“, którzy by go mogli pouczyć. Szuka jednak wytrwale, jak Leonardo, dróg dla umożliwienia eksperymentu: zastanawia się nad rozmaitymi wariantami możliwości doświadczeń, po namyśle odrzuca niektóre, niedowierza i próbuje. Świecznik w katedrze w Pizie niech będzie legendą. Ale są odrzwia baptysterium we Florencji. Galileusz mówi o uderzeniu, które powstaje przy ich zamknięciu. Rzecz jasna, że to spostrzeżenie nie posiada jakiejś wartości decydującej, tak jak i sławne „jabłko Newtona“. Ale czyż wolno zapominać, że według świadectwa samego Galileusza w liście do Marsigliego (*Opere*, XIV, 386) pierwsze jego rozważania nad ruchem były wywołane dociekaniem biegu kuli armatniej?

Przeszliśmy granice, któreśmy sobie założyli. Ale wydaje się, że ewolucja dociekań Galileusza streszcza w sobie ewolucję „filogenetyczną“ nauki wieków XV i XVI. Nowy świat Renesansu stworzył nowy sposób widzenia konkretnego. Można już było matematyzować pewną grupę zjawisk (lub raczej stawiać pierwsze kroki ku takiej matematyzacji). Pozostawał jednak o wiele większy obszar zjawisk, które na razie nie nadawały się do matematyzacji. Otóż słuszniejsze było szczere przyznanie się do bezsilności niż szukanie rozwiązań iluzorycznych, jak to czynili czasem farmakolodzy obliczający „stopnie“ lekarstw za Portą, który sądził, że każda mikstura musi być zrobiona „według właściwych liczb“ (pytanie, co znaczą te „liczby właściwe“?). I wracamy wciąż do Leonarda. Był bardziej przeorny. Zastanawiał się nad biegiem wód w epoce, w której zmatematyzowana hydrodynamika nie istniała. Eksperymentował, gdy nie był w stanie zmatematyzować. Zdawał sobie sprawę, że lot ptaków jest oparty na zasadzie praw mechanicznych, i to mu było

bodźcem do badań nad sztucznym lotem. Wiedział on jednak również, że „dusza ptaka“ jest zdolna do wykonywania ruchów nie mogących mieć zastosowania w aparatach, które wymyślił. Czyżby miał być dlatego „animistą“? Czy raczej nie było to stwierdzenie szczere i niedwuznaczne, wykluczające teorie zbyt uproszczone?

НАУЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭПОХУ ВОЗРОЖДЕНИЯ

Метод *resolutio et compositio* в университетской науке был способом аргументации и представления правд уже открытых. *Ars inveniendi* эпохи Возрождения принимал за исходный пункт понятие аналогии. Рассуждение на основании аналогии в этой эпохе было скорее самостоятельным опознанием сути дела, чем иллюзорным способом выяснения.

Техники и ученые эпохи Возрождения могли с успехом использовать „демонстративную“ науку в случаях отрицательных мероприятий.

Во многих случаях метод *resolutio-compositio* был преждевременным: применяемый механическим способом мог стать лишь источником *quasi*-выяснений.

Разнообразие новых событий не позволило даже надлежащим образом разрешить задание: назвать, классифицировать, описать.

Невозможность проведения систематических и коллективных исследований в эту эпоху, предшествующую организации академии, создала тип эрудита, коллекционирующего и сопоставляющего результаты своих собственных наблюдений, равно как чужие достижения и античные тексты, не познаваемые отдельными учеными. В этом факте нужно искать источников большого легковерия, которым отличалась эпоха Возрождения. Наплыв новых фактов нес опасность отсутствия критерий. Уверенность в том, что деятельность техника и артиста основывается на законах природы, сближает технику к науке. Иная же черта отличает их между собой: деятельность техника и артиста преследовала цель индивидуальной сути дела. Когда техники и артисты начали ее обобщать, ясно, что тогда выступила на сцену математизация, как идеальная цель для обеих областей: техники и науки. Но ригористическое обобщение в области искусства должно было привести к канону, это значит к упадку искусства, тогда как в области науки всякие обобщения приводят к открытию какого-либо нового закона природы, то есть — к победе науки. Отсюда следует, что представители техники должны были обращать более серьезное внимание на *adiunctiones et detractationes*, то есть на существенные перемены, которые обособляются из общеобязывающих правил.

Типичным является факт, что научные записки Леонардо да Винчи в большинстве касаются случаев, анализированных в их обобщении; чаще всего мы имеем дело с разрешением генеральной проблемы *ad hoc*.

Новый мир Возрождения внедрил новый способ конкретного воззрения. Сделаны первые шаги по направлению к математизации некоторой группы явлений. Остался однако большой участок явлений, не поддающихся до сих пор математизации. Откровенное признание в своей бессильности было много ценнее чем поиски иллюзорных решений в области псевдоматематизации.

Наука „калькуляторов“ XIV века не могла развиваться по поводу сложности своего характера: она не могла подняться до уровня абстракции, который отвечал бы уровню чистой математики; с другой же стороны недостаток связей обрекал ее на неподвижность. Всё, что у итальянских „калькуляторов“

казалось бы должно свидетельствовать о эмпирических тенденциях, в действительности было только лишь дегенераций.

Если даже принять, что Галилей мог применить Merton rule в своих исследованиях над законом падения тел, то ситуация была совершенно иная там, где не было „предвестников”, как например в теории сотрясений. Чтобы провести Gedankenexperimente на достаточно высоком уровне абстракции, нужно было бы исследовать и оценить большое количество эмпирических данных. Эволюция исследований Галилея резюмирует „филогенетическую” эволюцию науки XV и XVI столетий.

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL EXPERIENCE DURING THE RENAISSANCE

The *resolutio et compositio* method served in the universities as a means to demonstrate and present truths already known. The *ars inveniendi* of the Renaissance took as its point of departure the notion of analogy. Reasoning on the basis of analogy at that time constituted an independent search after the essence of things rather than a means of apparent explanation.

The technicians and scientists of the Renaissance were in a position to apply „demonstrative” science successfully in the case of negative operations.

In many instances, the *resolutio-compositio* method was in advance of its time: used mechanically, it could lead merely to quasi-explanations.

The diversity of new events did not even permit the satisfactory solution of the task: name, classify, describe.

The impossibility to conduct systematic and collective studies in that period, preceding as this did the establishment of academies, produced a type of erudite scholar who would collect and collate the results of his own observations, as well as the achievements of other scholars and the texts of ancient writers, impossible to be checked by any single student. Therein should be sought the source of the immense credulousness of the Renaissance. The avalanche of new facts brought with it the danger of loss of any criteria of possibility.

The belief that the activity of the technician and the artist was based on the laws of nature brought *techné* closer to science. There was also another basic characteristic common to the two: the activity of the technician and the artist had as its object individual things. When technicians and artists began to generalize, mathematization emerged naturally as the ideal objective of both spheres: *techné* and science. However, in the arts rigorist generalization led of necessity to a canon, i.e. to the death of art, whereas in the realm of science every generalization resulted in the discovery of some natural law, i.e. a triumph of science. Hence, the representatives of *techné* were bound to pay more attention to *adiunctiones et detractioes*, i.e. to concrete changes which differentiated themselves from the generally valid rule.

It is highly significant that most of the scientific writings of Leonardo da Vinci deal with individual cases, which are analyzed from a generalized point of view; most often, a general problem would be solved *ad hoc*.

The novel world of the Renaissance brought with it a novel manner of concrete seeing. The first steps were made towards the mathematization of a certain group of phenomena. However, there remained an extensive sphere of phenomena which did not lend themselves to be „mathematized”, for the time being. Frank admission of one's helplessness is worth more than a search for apparent solutions in the field of pseudo-mathematization.

The knowledge of 14th-century „calculators” could not develop on account of its complex character: it was unable to rise to a level of abstraction on a par with the level of pure mathematics; on the other hand, the absence of links with experience condemned it to stagnation. What seems to have been an indication of empirical trends among the Italian „calculators” was in fact mere degeneracy.

Even if it is accepted that Galileo was able to apply the Merton rule in his investigations of the law of falling objects, the matter was entirely different in cases when there were no „precursors”, e.g. in the theory of shock. In order that *Gedankenexperimente* might be conducted on a sufficiently high level of abstraction, it was necessary to examine and appraise a great number of empirical data. The evolution of Galileo’s investigations seems to be a good summary of the „philogenetic” evolution of science in the 15th and 16th centuries.