

# Teske, Armin

---

## Galileusz i metoda nauk ścisłych

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 10/3, 277-284

---

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.



## GALILEUSZ I METODA NAUK ŚCISŁYCH \*

Lagrange powiedział kiedyś o Newtonie, że był nie tylko największym, ale i najszcześniejszym uczonym, bo prawa świata można odkryć tylko raz. Mierząc za przykładem Lagrange'a szczęście wagą napotykaných problemów, musimy również Galileuszowi przyznać bogatą miarę: czegokolwiek się dotknął, niemal wszystko miało znaczenie podstawowe. Jak daleko sięgające tło wiązało się na przykład z jego odkryciami astronomicznymi! Nawet ambasadorzy w Wenecji byli poruszeni. Fugger pisał do cesarza, Henry Wotton do króla angielskiego. Pierwszy wprawdzie niedowierzająco i złośliwie, ale pisał.

Nie inaczej było w mechanice. Przebieg ruchu w układzie, który sam się porusza, jest niewątpliwie interesującym zagadnieniem. Ale jakże inaczej wyglądają rzeczy, jeżeli rozwiązanie zarazem tłumaczy, dlaczego na Ziemi, pędzącej z prędkością wielu mil na sekundę, ptak może znów sfrunąć do swego gniazda, a my wrócić do naszych domów, nie czując wcale ruchu Ziemi.

Jest jednak jeszcze jedna strona działalności Galileusza o bardzo ogólnym znaczeniu, która współczesnym nie rzucała się tak w oczy: rozwiązując pewne zagadnienia mechaniczne, Galileusz dał zarazem zręby nowej metody naukowej, metody nauk ścisłych.

Metodę tę charakteryzuje się zwykle jako oparcie nauki na doświadczeniu i opisie matematycznym. Powyższa charakterystyka, jeżeli nawet jest *clara* — by nawiązać do terminów ówczesnej metodologii, do *Rozprawy o metodzie* Descartes'a — to nie jest *distincta*. Nie odróżnia dostatecznie ujęcia nowego od dawnego. Bo fizyka arystotelesowska również pretendowała do zgodności z doświadczeniem. Pogląd, jakoby ignorowała fakty, jest fałszywy, a w każdym razie to grube uproszczenie. „Arystoteles — pisze Galileusz w *Dialogu*<sup>1</sup> — aczkolwiek obdarzony niezwykłą przenikliwością, nie przecenił swego umysłu i uważał, rozwijając swoje poglądy filozoficzne, że rezultaty doświadczeń zmysłowych cenić należy wyżej aniżeli jakiegokolwiek wywody stworzone przez umysł ludzki“. Toteż Simplicio, rzecznik Arystotelesa w *Dialogu* i w *Rozmowach*, broni doświadczalnej metody Arystotelesa opartej na świadectwie zmysłów przed nową metodą „matematycznych abstrakcji“<sup>2</sup>.

Na Krzywą Wieżę w Pizie wspiął się za czasów Galileusza (w 1612 r.) właśnie perypatetyk Coresio i badał doświadczalnie, jak czas spadania zależy od ciężaru spuszczanego ciała. Znalazł, że ciało cięższe wyprzedza lżejsze, co zresztą dla Galileusza nie było niespodzianką. Legenda odwróciła ten stan rzeczy i na szczycie Wieży pokazuje Galileusza, niweczącego

\* Por. przypis 1 do poprzedniego artykułu.

<sup>1</sup> Galileo Galilei, *Dialog o dwóch najważniejszych układach świata — Ptolemeuszowym i Kopernikowym*. Warszawa 1953, s. 32.

<sup>2</sup> Galileo Galilei, *Rozmowy i dowodzenia*. Warszawa 1930, s. 46.

jednym faktem doświadczalnym fizykę Arystotelesa. Ale tak prosto rzeczy się nie miały. Ponieważ wymieniliśmy legendę, to warto też może przytoczyć drugą, która na swój sposób, ale bardzo dobitnie, wyraża, jak Arystoteles przejmował się faktami. Oto, nie mogąc wytłumaczyć nieregularności w przyływach morza między Eubeą i lądem stałym, zrozpaczony rzucił się jakoby z skał Negropontu do morza i zgiął.

*Novum* polegało zatem nie na odwołaniu się do doświadczenia, lecz na odmiennym do niego stosunku: mianowicie na wyodrębnianiu pewnych elementów, szczególnie prostych, tak by można było ująć je ilościowo i zastosować do nich opis matematyczny.

Stąd wyrosło nowoczesne pojmowanie eksperymentu: nie jako prostego pytania stawianego przyrodzie, lecz jako zapewnienia takiego biegu wydarzeń, by pewne zjawisko interesujące badającego wystąpiło w możliwie prostej formie, w „czystej“ postaci. I kryterium, że otrzymało się „czystą“ postać, polega m. in. na możliwości matematycznego ujęcia. Wszystkie czynniki komplikujące muszą być usunięte lub zmniejszone, tak by wpływ ich pozostawał — tu mamy bardzo charakterystyczną nazwę — w granicach błędu. I kryterium, że to się udało, jest powtarzalność biegu.

Chodzi więc o wypreparowanie — na podstawie domysłu teoretycznego — ze splotu czynników determinujących, który występuje w naturze, pewnej nitki wydarzeń dającej się kontrolować i prześledzić. Ale po zbadaniu przebiegu w uproszczonych, sztucznie dobranych warunkach, można dorzucić nowy czynnik — i w ten sposób, drogą kolejnych aproksymacji, coraz bardziej zbliżyć się do naturalnego toku wydarzeń.

Wiąże się z tym pewna zadziwiająca cecha nowej metody: jej dynamiczność. Rozwiązanie jednego zadania stawia od razu drugie. Istotnie, jeżeli w pewnych warunkach jest tak i tak, to jak będzie w innych warunkach? Jeżeli przy pewnej dokładności obserwujemy to i to, co będzie po zwiększeniu dokładności? Tkwi tu zarazem poręka ścisłości i wężwanie do dalszych badań.

Przykład tej metody dał właśnie Galileusz w swych pracach nad spadaniem ciał. Arystotelicy chcieli od razu uchwycić przebieg zachodzący w naturze. Lekceważenie faktów nie było ich błędem. Wręcz przeciwnie, mieli właśnie za duży respekt przed rzeczywistością. I to nie jest tylko zwrot, który miałby podkreślić niesłuszność stawianych im zarzutów i niejako dać im satysfakcję za doznane krzywdy. Ich respekt przed rzeczywistością miał głębokie powody. Wiązał się z przekonaniem, że istnieje pewien ład kosmiczny, harmonia, której nie powinno się naruszać. Dla nas hasło przekształcenia świata brzmi jak fanfara (i właśnie nowa metoda badań stworzyła tu fantastyczne możliwości); dla Greków w hasło tym tkwiła *hybris* — najgorsze, czego się człowiek może dopuścić.

Ale wróćmy do Galileusza. Zamiast rozpatrywać zjawisko tak, jak ono zachodzi w przyrodzie, uwarunkowane (jeżeli ograniczymy się do czynników, które znał Galileusz) przez ciężenie, siłę unoszenia Archimedesesa, zwłaszcza w cieczach, i przez tarcie — Galileusz wziął pod uwagę przypadek uproszczony, wyidealizowany: ruch w przestrzeni pozbawionej ośrodka. Dzięki temu doszedł do prawa bezwładności (w postaci nieco odmiennej od potem przyjętej) i do praw swobodnego spadania.

Rola matematycznego ujęcia wystąpiła nam na razie w postaci kryterium osiągniętej prostoty i jako środek służący do formułowania wyników. Ale Galileusz odkrył też zadanie fizyki teoretycznej, w każdym razie jedno z jej zadań: dostrzegł możliwości dedukcyjne tkwiące w ujęciu matematycznym. Dał też przykład ich wykorzystania, wyprowadzając z prawa spadania kilkadziesiąt twierdzeń szczegółowych i liczne *scolia*. „Zadziwiająca i wyborna jest potęga ścisłych dowodzeń, a takimi są tylko dowodzenia matematyczne“<sup>3</sup>.

Wnioski Galileusza dotyczyły zwłaszcza kombinacji ruchu pionowego z ruchem po różnie nachylonych równiach, po powierzchni wewnętrznej kuli itp. Ważniejszy od tych ciekawych, ale może niezbyt płodnych wyników, był jego matematyczny rozbiór nakładania się ruchów, jednostajnego i jednostajnie przyspieszonego, w paraboli rzutu, m. in. analiza zasięgu pocisków w zależności od nachylenia lufy<sup>4</sup>. Dopiero jednak Newton wykazał, jak ogromne możliwości tkwią w ujęciu matematycznym, gdy z praw ruchu i z prawa grawitacji wyprowadził spadanie ciał na Ziemi i tory planet, prawa Keplera i odstępstwa od nich, anomalie w ruchu Księżyca i przyływy morza.

Dzięki tym możliwościom powstały teorie zupełnie nowego typu, układy powiązanych ze sobą twierdzeń o charakterze ilościowym, dostępnych kontroli doświadczalnej, i odwrotnie, dających prognozę przebiegu procesów i tym samym podstawę do zastosowań technicznych. Nadto dedukcja prowadziła niekiedy, co uwiidocznilo się szczególnie w nowszych czasach, do twierdzeń nieoczekiwanych, czasem paradoksalnych. Ich sprawdzenie bądź rozszerzało zakres znanych zjawisk, bądź zmuszało do przebudowy teorii — oto jeszcze jeden objaw dynamiczności nowej metody.

Inną różnicą w stosunku do dawniejszych poglądów jest odmienne pojmowanie czynników determinujących. Fizyka dawniejsza opierała się na finalizmie. Są w przyrodzie wytknięte cele; one wyznaczają przebieg procesów. W rodowodzie tego poglądu antropomorfizm odegrał niewątpliwie istotną rolę. Łatwo rozumiemy, a przynajmniej tak się nam zrazu zdaje, przebieg wydarzeń, jeżeli wolno wyobrazić go sobie na podobieństwo działania człowieka. Język potoczny sprzyja temu, obdarza tego rodzaju zwroty przywilejem żywości, a nawet narzuca je, tak iż dziś również z nich korzystamy, niekiedy umyślnie, w innych przypadkach niechętnie, ulegając względom językowym. Jeżeli np. mówimy antropomorficznie: „akumulator nie lubi, gdy się pobiera duże prądy“, to dla żywości świadomie odstepujemy od poprawnego sformułowania, które w tym przypadku jest łatwe; natomiast zwroty finalne, takie jak: ciało dąży do ...“, są trudne do uniknięcia; toteż znajdujemy je bodaj w każdym podręczniku.

Lecz fizyka arystotelesowska, choć finalna, była już wolna od antropomorfizmu. Osiągnęła to dzięki pojęciu form substancjalnych. O rzeczy stanowi jej forma; wieczna niezmienna, zwana substancjalną. Proces polega na realizacji formy, która tkwi w nim jako możliwością. Jej urzeczywistnienie jest celem procesu i cel ten rządzi jego przebiegiem. Organizmy żywe były tu sugestywnym przykładem. Schemat ten stosowano jednak również do przyrody martwej. Uformowanie sferycznego układu żywiołów jest celem, który substancję ziemską kieruje w dół, a dym w obłoki.

<sup>3</sup> *Op. cit.*, s. 199.

<sup>4</sup> *Op. cit.*, ss. 198—199.

Nowa fizyka wprowadziła radykalną zmianę. Nie forma urzeczywistniona pod koniec procesu wyznacza jego przebieg (bo proces nie ma końca), lecz kolokacja warunków zachodzących w danej chwili; jeżeli chwilę tę nazywamy początkową, jest to zwrot nie mający w sobie nic z godności początku; można równie dobrze obrać inną chwilę. Proces nie biegnie też do zadanego z góry celu. Ale w przyrodzie jest pewien schematyzm wydarzeń, procesy powtarzają się, niejako według tego samego wzoru. Fizyka dawniejsza (jeżeli pominąć pewne jej trudności, np. omówioną niżej) była do tego dostosowana. Formy są niezmiennie, proces podlegający danej formie i przez nią rządzony wykaże więc tę samą prawidłowość.

Po odrzuceniu form jako czynników prowadzących, obserwowana prawidłowość musiała być inaczej ujęta. Drogę do tego przygotowały podejmowane w średniowieczu próby dokładniejszego uchwycenia procesu środkami pojęciowymi form substancjalnych. Chodziło o pokonanie następującej trudności: forma jest statyczna, proces zaś polega na zmianie; występuje w nim (np. w rozwoju embrionu do dojrzałego organizmu) cała mnogość form; ale, nawet jeżeli (dla każdego procesu) przyjąć ich nieskończenie wiele, przechodzenie do form dalszych pozostaje ciemne. W konsekwencji wśród innych pojęć (*fluxus formarum*) wytworzyło się pojęcie formy *fluens*, formy płynącej.

Był to krok bardzo istotny. Oznaczał, że szuka się prawidłowości nie w celu procesu, lecz w samym procesie. Stąd narodziło się nowoczesne pojmowanie prawa przyrody: jako stałego stosunku zmieniających się, płynących wielkości. I zgodnie z postulatem ujmowania matematycznego, chodzi o stosunek ilościowy i o wielkości mierzalne.

Galileusz dał szczególnie charakterystyczne sformułowanie tego typu w prawie spadania ciała<sup>5</sup>. Droga przebiegnięta wzrasta, czas płynie, ale pewien stosunek — drogi do kwadratu czasu — pozostaje stały, w każdej fazie spadania i dla każdego ciała.

Z tym sposobem ujmowania wiąże się ważna konsekwencja. Forma w dawniejszej fizyce była zarazem prawdziwą naturą rzeczy, jej poznanie — poznaniem istoty. Porzucenie form substancjalnych oznaczało jednocześnie porzucenie poznania — tak pojętej — istoty rzeczy. I w przeciwieństwie do dawnego programu, Galileusz mówił o fizyce, jako o nauce o zjawiskach. „Od prawdy naukowego twierdzenia nie wolno i nie można wymagać więcej ponad to, iżby odpowiadała wszystkim zjawiskom“. Należy jednak mieć na uwadze, że Galileusz, formułując ten program, myślał przede wszystkim o przeciwieństwie do poznawania „esencji“ w rozumieniu dawnej fizyki.

Wróćmy pod koniec jeszcze raz do metody wyodrębniania z naturalnego biegu rzeczy pewnych elementów, niekiedy jawnie wyidealizowanych (pomyślmy np. o gazach idealnych), z pominięciem innych, które uwzględnia się później, zbliżając się do rzeczywistości (kolejnymi aproksymacjami. Tkwi tu pewna analogia do znanego dobrze procesu odrywania, bardzo podstawowego, któremu w ogóle zawdzięczamy możliwość wyrażania treści intelektualnych. Myślę o tworzeniu pojęć.

Podobnie jak nie ma ciała spadającego tylko pod wpływem przyciągania Ziemi, tak też — by obrać przykład ustalający uwagę — nie ma

<sup>5</sup> Innym przykładem z tamtych czasów jest drugie prawo Keplera, opublikowane w 1609 r. — w tym samym roku, w którym Galileusz (prawdopodobnie) znalazł już poprawne sformułowanie praw spadania.

„drzewa“. Jest tylko drzewo takie i takie, w pewnym otoczeniu, oblane słońcem, poruszane wiatrem, oglądane w jakimś nastroju. Pojęcie zachowuje z tego wszystkiego jedynie pewne elementy. Ale możemy zbliżyć się do konkretnego stanu rzeczy dorzucając, jak to robiliśmy przed chwilą, do danego pojęcia inne pojęcia, z których każde uzyskane jest również przez abstrakcję. Fizyka postępuje analogicznie na innym poziomie, wyodrębniając zespoły elementów poddające się opisowi matematycznemu. Różnica polega na ograniczaniu się do elementów uchwytanych matematycznie, co nauce zapewnia ścisłość i pozwala jej korzystać z zalet kalkulacji. Ale poza tym powtarza prawzór intelektualnego ujmowania rzeczywistości. W tym, jak sądzimy, tkwi jeden z sekretów jej powodzenia.

Metoda nauk ścisłych, zwłaszcza eksperymentalne dobieranie warunków umożliwiających wypreparowanie związku ilościowego, była, jak wiadomo, przedmiotem ostrych protestów. Szczególnie charakterystyczne jest stanowisko Goethego; nie tylko ze względu na namietność jego ataków na Newtonowską teorię barw, ale też dlatego, że zawdzięczamy mu szereg odkryć, np. w optyce fizjologicznej; nie był więc tylko krytykiem.

Goethego oburzała właśnie sztuczność zabiegów laboratoryjnych. Natura zeznaje tu na torturach i produkuje fenomeny, których w przyrodzonym biegu rzeczy nie ma. Wnioski stąd wyprowadzone opierają się na anomaljach. Na przykład opisane przez Newtona barwy występują, gdy światło, precyzyjnie przez układ otworków, jako izolowany promień pada na pryzmat. Ale weźmy warunki naturalne i spójrzmy przez pryzmat na jasną ścianę. Nie ma wówczas takich barw. Powstają jedynie na brzegach obrazu, tam gdzie miejsca jaśniejsze stykają się z ciemniejszymi. Trzeba więc zjawiska rozpatrywać w związku z innymi, a nie w izolacji; badać przyrodę „bez ran i blizn“.

Jest interesujące, zwłaszcza z punktu widzenia analogii między metodą nauk ścisłych i procesem tworzenia pojęć, że w naszym wieku pojęcie doczekało się podobnej krytyki. Pojęcie izoluje elementy i usztępnia płynną rzeczywistość. Ale krytyka ta uznaje, że jest to droga, po której kroczyć musi intelekt.

## ГАЛИЛЕЙ И МЕТОД ТОЧНЫХ НАУК

Сложившийся в XVII в. метод исследований обычно характеризуют как метод обособивший знания на опыте и математическом описании. Однако такое определение, если даже оно и ясно, нельзя считать вполне точным, ибо оно не в полной мере вскрывает различие между новым и прежним подходом. Ведь аристотелевская физика тоже претендовала на согласие теории с опытом и делала это не без оснований. Новое заключается, следовательно не в том, что ученые обратились к опыту, а в новом отношении к нему: они стали выделять из естественного целого отдельные элементы, настолько простые, чтобы их можно количественно определить и применить к ним математическое описание.

Из этого выросло современное толкование эксперимента, который рассматривается не как простой вопрос, задаваемый природе, а как обеспечение таких условий, в которых явление, интересующее исследователя, выступило

бы в самом простом виде. Критерием же того, что такой простой вид получен, является, в частности, возможность применения математического описания. Всякие осложняющие факторы должны быть настолько уменьшены, чтобы их влияние оставалось в „пределах погрешности”. Критерием же того, что это достигнуто, является повторимость хода явления. Таким образом задача сводится к тому, чтобы на основе теоретического домысла выделить из существующей в природе совокупности детерминирующих факторов один такой ход явлений, который можно проследить и контролировать. Но после того, как он будет изучен в упрощенных, искусственно подобранных условиях, к нему можно добавить новый фактор и таким образом посредством очередного аппроксимирования можно приблизиться к естественному ходу явлений. С этим связана динамика нового метода: решение одного вопроса сразу же рождает новый вопрос.

Пример такого метода дал Галилей в своих работах о законе свободного падения тел. Последователи Аристотеля стремились сразу выявить ход явлений, происходящий в природе, тогда как Галилей исходил из упрощенного в природе случая: движение в пространстве, лишенном центра. Это привело его к открытию закона инерции (в узком смысле слова) и закона свободного падения тел.

Роль математического описания сначала выступила здесь в виде критерия простоты, а также как средство, позволяющее формулировать результаты исследований. Но Галилей понял также задачу теоретической физики: дедуктивные возможности; кроющиеся в математическом анализе. Впоследствии на основе закона свободного падения тел он подробно сформулировал много других положений. Ньютон доказал потом, какое огромное значение имеют эти возможности. Благодаря им были созданы теории нового типа, системы тезисов, доступных для проверки с помощью эксперимента, и, наоборот, дающих прогноз процесса, а тем самым и основу для технического применения.

Второе различие между новыми и прежними взглядами состоит в ином толковании детерминирующих факторов, что нашло свое выражение, в частности, в отклонении субстанциальных форм. В резюме приводится лишь следующий пункт. Субстанциальные формы, согласно прежним взглядам, определяли ход процессов, но они носили статичный характер, процесс же связан со сменой состояний. Чтобы преодолеть эту трудность, средневековая наука, кроме других концепций, создала понятие текущего, непостоянного состояния (*fluens*). Из этого представления родилось современное понимание закона природы как непрерывной связи между изменяющимися, непостоянными величинами. Галилей сформулировал это в своем законе свободного падения тел. Расстояние увеличивается, время течет, но отношение между расстоянием и возведенным во вторую степень временем не изменяется.

В последней части статьи автор еще раз возвращается к методу исследований, который из естественного хода явлений выделяет одни элементы, оставляя в стороне другие, которые учитывает в дальнейших исследованиях, и таким образом приближается к действительности путем очередного аппроксимирования. Так же как в природе нет такого тела, которое падает только под влиянием земного притяжения, не существует и „дерево”. Понятие сохраняет из целого лишь некоторые элементы. Но мы можем приблизиться к целому, добавляя к одному понятию другое („залитое солнцем”, „движимые ветром”). Физика поступает аналогичным образом на другом уровне, выделяя такие группы элементов, к которым можно применить математическое описание. Различие заключается в том, что она использует только те элементы, которые уловимы для математического подхода. Это обеспечивает науке

точность и позволяет ей пользоваться преимуществами расчета. Но в остальном наука повторяет первоначальный способ интеллектуального толкования действительности. В этом, по мнению автора, заключается один из секретов ее успеха.

В конце статьи автор делает замечания на тему критики, какой подвергались методы исследований в точных науках (Гете, его программа естествоиспытаний *Ohne Wunden, ohne Narben*). Интересен тот факт, особенно в связи с упомянутой аналогией, что и в наше время понятие дождалось такой же критики. Но критика эта признает, что дело касается пути, свойственного интеллекту.

#### GALILEO AND THE METHOD OF EXACT SCIENCES

The research method developed in the seventeenth century is being most frequently characterized as the basing of science upon experience and mathematical description. Even if this characteristic is clear, it is not distinct, because it does not sufficiently distinguish the new way of approach from the former one. For the Aristotelian physics did also claim to be consonant with the experience. Thus, the *novum* does not consist in appealing to the experience, but in a different relation to it, that is, in isolating certain elements from the natural whole, in particular the simple elements, so that one may approach them quantitatively and apply the mathematical description.

This gave rise to a new understanding of the experiment: not as a simple question posed before Nature, but as the securing of a course of events enabling the phenomenon, that is of interest for the explorer, to appear in a possibly simple form. And the criterion that the simple form has been attained consists, among others, in the possibility of a mathematical approach. All the complicating factors ought to be reduced in order that their influence may be maintained within „the limits of error“. It is the repeatableness of the process that constitutes the criterion of such a reduction having been successful. The question is, then, of selecting — on the grounds of a theoretical conjecture — from the plexus of determining factors that appear in Nature a certain thread of events which can be controlled and investigated. But after examining the process under simplified, artificially assorted conditions, one may add a new factor and thus approach, through consecutive approximations, the natural course of events. This is bound up with the dynamism of the new method: the solution of one problem immediately involves another.

It was Galileo who in his work on the fall of bodies gave an example of this method. While the Aristotelians wanted to seize directly the process occurring in Nature, Galileo took into consideration a simplified, idealized case: the motion in the space destitute of medium. Owing to that, he came at the law of inertia (in a form somewhat different from that accepted later on) and at the laws of the free fall.

The role of the mathematical approach appeared so far in the form of a criterion of simplicity and as a means for formulating the results. But Galileo perceived, too, the task of theoretical physics: the deductive possibilities inherent in the mathematical approach. From the laws of the fall he deduced a number of particular propositions. Newton proved, later on, of what a great importance were these possibilities. It was owing to them that theories arose of quite a new type, systems of propositions pervious to experimental control and, conversely,



giving a prognosis of the course of processes and, at the same time, a basis for technological applications.

Another difference towards the former views was a distinct comprehension of the determining factors that found its expression, among others, in the rejection of the substantial forms. In this abstract, we confine ourselves to the following problem. The substantial forms which govern, according to the former views the course of processes had a static character, the process itself, however, consists in change. In order to surmount the difficulty inherent in it, the Middle Ages developed, apart from other conceptions the notion of the *forma fluens*, of the flowing form. This gave birth to the modern comprehension of the law of nature as of a constant relation of varying, flowing magnitudes. Galileo gave a particularly characteristic formulation of that type in his law on falling bodies. The way grows, the time flows, but the relation between the way and the squared time remains constant.

In the last part of his paper, the author reverts once more to the method of isolating certain elements from the natural course of things, and of omitting other elements which one may take into consideration later on, thus approaching the reality through consecutive approximations. We have here a certain analogy with the process of forming notions. Just as there exists no body that falls only under the influence of the Earth's attraction, so there exists no „tree“. The notion preserves — from the whole — certain elements only. But we are able to approach it, by adding other notions to the given one (“inundated by sun”, “agitated by wind”). On another plane, physics behaves analogically, by isolating the structures subject to a mathematical description; the difference consists in the limitation to elements mathematically seizable, which gives exactness to science and allows it to utilize the advantages of calculation. Apart from that, however, science repeats the archetype of the intellectual approach to reality. It is here, the author says, that lies one of the secrets of the success of science.

The paper ends with remarks on the criticism, to which the procedure of exact sciences was subject (Goethe and his program of studying Nature *Ohne Wunden, ohne Narben*). It is noteworthy, especially in the light of the above analogy, that notion has come to be similarly criticized in this century. But this criticism recognizes that there is no other way for the intellect.