

Izaak NEWTON

SCHOLIUM[†]

Dotychczas sformułowałem definicje takich wyrażań, które są mniej znane i wyjaśniane w sensie, w jakim chciałbym aby były rozumiane w poniższej rozprawie. Nie definiuję czasu, przestrzeni, miejsca i ruchu, gdyż są one wszystkie dobrze znane. Trzeba jednakże zauważyć, że ogół ludzi rozumie te pojęcia jedynie jako dotyczące zmysłowo poznawalnych obiektów. Stąd wynikają pewne błędne sądy, dla usunięcia których korzystnie będzie podzielić je na absolutne i względne, prawdziwe i pozorne, matematyczne i potoczne.

1. Absolutny, prawdziwy — matematyczny czas, sam przez się i ze swej istoty płynie równomiernie nie mając odniesienia do czegokolwiek zewnętrznego i inaczej nazywa się 'trwaniem'. Względny, pozorny i potoczny czas jest pewną zmysłowo postrzeganą i zewnętrzną (ściśłą albo zmienną) miarą trwania, która jest odmierzana za pośrednictwem ruchu. Czas ten jest zwykle używany zamiast czasu prawdziwego.

2. Absolutna przestrzeń, w swej własnej istocie, bez odniesienia do czegokolwiek zewnętrznego, pozostaje zawsze taka sama i nieruchoma. Przestrzeń względna jest pewnym ruchomym wymiarem lub miarą przestrzeni absolutnych. Nasze zmysły określają ją przez jej położenie względem ciał i zwykle jest przyjmowana za przestrzeń nieruchomą; taki jest wymiar podziemnej, powietrznej i niebieskiej przestrzeni, określonej przez jej położenie względem ziemi. Absolutna i względna przestrzeń mają tę samą postać i wielkość, ale

*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja jest mile widziana (obi@opoka.org). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

[†]*Newtons Philosophy of Nature — Selections from His Writings*, Hafner Press, New York, 1974 — wybrane teksty, a wśród nich „Scholium”, pochodzą z pierwszego, poprawionego tłumaczenia *Principiów* na język angielski, dokonanego przez Motte w pierwszych latach XVIII wieku. Tłumaczenie na język polski oparto przede wszystkim na tym tekście (ss. 17–25); jedynie w przypadku sformułowań budzących wątpliwości co do ich ścisłości weryfikowano je z tekstem łacińskim trzeciego wydania *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Londyn, 1726.

nie zawsze są liczbowo jednakowe. Na przykład, jeżeli ziemia porusza się, przestrzeń naszego powietrza, która względem ziemi pozostaje zawsze taka sama, będzie raz stanowić część przestrzeni absolutnej, w której przepływa powietrze, innym, razem będzie to inna część tej samej przestrzeni, i tak absolutnie rozumiana będzie się ciągle zmieniała.

3. Miejsce jest częścią przestrzeni zajęta przez ciało i tak jak przestrzeń jest absolutne lub względne. Takie określenie części przestrzeni nie oznacza jednak ani położenia ani zewnętrznej powierzchni ciała. Miejsca równych ciał stałych są zawsze równe, natomiast ich powierzchnie, z powodu różnych kształtów są czasem różne. Położenia właściwie nie mają wielkości; nie są one same tyle miejscami co własnościami miejsc. Ruch całości równa się sumie ruchów części składowych, co oznacza, że przemieszczenie całości z jej miejsca równe jest sumie przemieszczeń części z ich miejsc; a zatem miejsce całości odpowiada sumie miejsc części, czyli zajęte jest przez wnętrze całego ciała.

4. Ruch absolutny jest przemieszczeniem ciała z jednego absolutnego miejsca do innego, a ruch względny jest przemieszczeniem z jednego miejsca względnego do innego. Tak więc na żeglującym statku, względnym miejscem ciała jest ta część statku, którą ciało zajmuje lub ta część wydrążenia, którą ciało wypełnia i dlatego porusza się wraz ze statkiem. Względny spoczynek jest trwaniem ciała w tej samej części statku lub jego wydrążeniu. Natomiast rzeczywisty, absolutny spoczynek jest trwaniem ciała w tej samej części nieruchomej przestrzeni, w której porusza się statek wraz z wydrążeniem i całą zawartością. Stąd, jeżeli ziemia jest rzeczywiście w spoczynku to ciało, które względnie spoczywa na statku, rzeczywiście i absolutnie porusza się z prędkością jaką ma statek względem ziemi. Jeżeli jednak ziemia porusza się również, prawdziwy i absolutny ruch ciała wynika częściowo z prawdziwego ruchu ziemi w nieruchomej przestrzeni, częściowo ze względnego ruchu statku na ziemi; jeżeli ciało również porusza się względem statku, to jego prawdziwy ruch składa się częściowo z prawdziwego ruchu ziemi w nieruchomej przestrzeni i częściowo ze względnych ruchów statku względem ziemi oraz ciała względem statku. Z tych wszystkich ruchów względnych wynika względny ruch ciała w stosunku do ziemi. Zakładając, że część ziemi, gdzie znajduje się statek naprawdę porusza się w kierunku wschodnim z prędkością 10010 jednostek, cały, statek, z silnym porywem wiatru i rozwiniętymi żaglami płynie w kierunku zachodnim z prędkością równą 10 jednostek, a marynarz spaceruje po statku w kierunku wschodnim z prędkością odpowiadającą 1 jednostce, wtedy marynarz porusza się ruchem prawdziwym

w nieruchomej przestrzeni, w kierunku wschodnim z prędkością 10001 jednostek i ruchem względnym w stosunku do ziemi, w kierunku zachodnim z prędkością równą 9 jednostek.

W astronomii, czas absolutny jest odróżniany od względnego dzięki wyrównywaniu lub korekcie czasu pozornego. Naturalne dni są w rzeczywistości nierówne, choć zwykle uważa się je za równe i stosuje w pomiarach czasu. Astronomowie korygują te różnice, gdyż mogą mierzyć ruchy ciał niebieskich w bardziej dokładnym czasie, choć być może nie jest to jeszcze dokładność z jaką można by mierzyć czas na podstawie ruchu jednostajnego. Wszystkie ruchy mogą być przyspieszone i opóźnione, ale płynący czas absolutny nie podlega żadnej zmianie. Trwanie lub trwałość istnienia rzeczy pozostaje ta sama, niezależnie od tego, czy ruchy są szybkie czy powolne czy też żadne z nich zatem trwanie powinno być odróżniane od tego czym są jego zmysłowo poznawalne miary i od wyznaczanego przy pomocy równania astronomicznego. Konieczność tego wyrównywania dla określenia czasów występowania zjawisk jest udowodniona zarówno w doświadczeniach z zegarem wahadłowym jak i przez epicykle satelitów Jowisza.

Uporządkowanie tak części czasu jak i części przestrzeni jest niezmiennie. Załóżmy, że te części mogą być wyniesione ze swoich miejsc i będą z nich wyniesione (jeżeli takie sformułowanie jest dopuszczalne). Miejsca dla czasów i przestrzeni są miejscami zarówno dla nich samych jak i dla wszystkich innych rzeczy. Wszystkie rzeczy zajmują miejsca w czasie w porządku następstwa, a w przestrzeni w porządku położenia. Wynika to z istoty lub natury miejsc i absurdem byłoby założenie, że początkowe miejsca rzeczy mogą być ruchome. Zatem miejsca te są absolutne i przesunięcia z tych miejsc są jedynie ruchami absolutnymi.

Ponieważ części przestrzeni nie mogą być widziane lub odróżniane jedna od drugiej przez nasze zmysły, przeto zastępujemy je ich poznawalnymi miarami. Stąd też wszystkie miejsca są definiowane dzięki położeniom i odległościom rzeczy względem dowolnego ciała przyjętego jako nieruchome; a wtedy wszystkie ruchy są oceniane w stosunku do tych miejsc, rozważając ciała jako przemieszczane z tych miejsc do innych. W ten sposób, zamiast absolutnych miejsc i ruchów stosowane są ich odpowiedniki względne, co nie powoduje żadnych kłopotów w zwykłych sprawach. W filozoficznych rozróżnieniach jednak powinno się abstrahować od naszych zmysłów i rozważać rzeczy same w sobie, w odróżnieniu od ich poznawalnych miar. Może się wtedy okazać, że nie istnieje ciało rzeczywiście spoczywające, względem którego miejsca i ruchy mogą być rozważane.

Spoczynek i ruch, absolutne i względne można rozróżniać jedynie poprzez ich własności, przyczyny i skutki. Własnością spoczynku jest, że ciała rzeczywiście spoczywają jedno względem drugiego. Możliwe, że w odległych regionach gwiazd stałych lub poza nimi istnieje ciało absolutnie spoczywające ale niemożliwe jest poznanie, na podstawie położenia ciał w naszych regionach, czy któreś z nich zachowuje to samo położenie w stosunku do tego odległego ciała, wynika stąd, że spoczynek absolutny nie może być określony jedynie z położenia ciał w naszych, regionach.

Do własności ruchu należy to, że części, które zachowują określone położenia w stosunku do ich całości uczestniczą w ruchu tych całości. Wszystkie części obracających się ciał dążą do oddalenia się od osi obrotu, a pęd (impetus) ciał poruszających się ruchem postępowym jest rezultatem pędów wszystkich części. Zatem, jeżeli otaczające ciała, poruszają się, to te, które znajdują się wewnątrz nich we względnym spoczynku będą również uczestniczyć w ruchu tych ciał. Z tego względu, prawdziwy i absolutny ruch ciała nie może być określany na podstawie jego przemieszczenia względem ciał, które tylko wydają się być w spoczynku; dla ciał zewnętrznych powinno to być przemieszczenie względem ciał będących w spoczynku rzeczywistym a nie pozornym. Inaczej mówiąc, wszystkie ciała oprócz swego przemieszczenia z sąsiedztwa otaczających ciał uczestniczą również w prawdziwych ruchach tych ciał; jeżeli więc przemieszczenie ciał nie nastąpi, to i tak nie będą one rzeczywiście w spoczynku, lecz tylko będą wydawały się spoczywać. Otaczające ciała względem otaczanych występują w takiej samej relacji jak część zewnętrzna całości względem wewnętrznej lub powłoka względem jądra; ale jeżeli powłoka porusza się, to jądro porusza się również jako część całości bez jakiegokolwiek oddalenia z sąsiedztwa powłoki.

Własnością blisko spokrewnioną z poprzednią jest ta, że jeżeli miejsce porusza się, cokolwiek w nim się znajduje porusza się wraz z nim, i dlatego ciało, które porusza się z miejsca będącego w ruchu podziela także ruch swego miejsca. Z tego względu, wszystkie ruchy poruszających się miejsc nie są niczym innym, niż częściami całkowitych i absolutnych ruchów, a na każdy całkowity ruch składa się ruch ciała od jego początkowego miejsca, ruch tego miejsca z jego miejsca i tak aż dochodzimy do pewnego nieruchomego miejsca, jak w przypadku wcześniej przytoczonego przykładu żeglarza. Z tego powodu, całkowite i absolutne ruchy nie mogą być określane inaczej niż przez nieruchome miejsca; dlatego też, absolutne ruchy odnosiłem do nieruchomych miejsc, a względne do miejsc ruchomych. Miejsca nieruchome są takie, że od nieskończoności do nieskończoności wszystkie zachowują to

samo dane położenie jedno względem drugiego i z tego względu muszą zawsze pozostać nieruchome, tworząc tym samym nieruchomą przestrzeń.

Przyczynami, na podstawie których prawdziwe i względne ruchy są odróżniane jeden od drugiego, są siły przyłożone do ciał w celu wywołania ruchu. Prawdziwy ruch nie jest ani wywoływany ani zmieniany, ale na skutek działania pewnych sił ciało porusza się, natomiast ruch względny może być spowodowany lub zmieniany bez działania jakiegokolwiek siły na ciało. Wystarczy jedynie zadziałać siłą na inne ciała, względem których to pierwsze jest rozważane, by w ten sposób zmienić relację, której odpowiadał względny spoczynek lub ruch tego ciała. Zatem, prawdziwy ruch doznaje zawsze pewnych zmian spowodowanych działaniem siły na poruszające się ciało, natomiast ruch względny nie koniecznie ulega zmianie wywołanej przez takie siły. Przykładowo, jeżeli działanie siły będzie takie samo na ciała, względem których określono ruch pierwszego, to względne położenie może być zachowane, gdyż zachowane będą warunki określające ruch względny. A zatem, każdy ruch względny może ulec zmianie, podczas gdy ruch prawdziwy pozostaje taki sam, i odwrotnie, ruch względny może być zachowany, gdy prawdziwy doznaje pewnej zmiany. Tak więc prawdziwy ruch w żaden sposób nie polega na takich relacjach.

Czynnikami, które pozwalają odróżnić ruch absolutny od względnego są siły oddalania od osi ruchu kołowego. W czysto względnym ruchu kołowym siły takie nie występują, ale w prawdziwym i absolutnym ruchu są one większe lub mniejsze, odpowiednio od ilości ruchu. Jeżeli naczynie, zawieszona na długim sznurku obrócimy tyle razy, że sznurek silnie się skęci, a następnie napełnimy je wodą i pozostawimy w spoczynku, wtedy na skutek raptownego działania innej siły naczynie zacznie nagle wirować w przeciwnym kierunku aż sznurek się okręci; początkowo powierzchnia wody pozostanie pozioma, jak przed rozpoczęciem ruchu naczynia, lecz po pewnym czasie naczynie stopniowo przekazując swój ruch wodzie spowoduje wyraźne wirowanie wody, która będzie powoli odpływać od środka i wznosić się na ściankach naczynia, przyjmując wklęsły kształt (zgodnie z doświadczeniem jakie przeprowadziłem); im szybszy staje się ruch, tym wyżej podnosi się woda, aż do zrównania częstotliwości swoich obrotów z częstotliwością naczynia czyli aż do względnego spoczynku wody względem naczynia. To podnoszenie się wody pokazuje jej dążenie do oddalania się od osi ruchu; a prawdziwy i absolutny kołowy ruch wody, który jest tutaj wprost przeciwnie skierowany do ruchu względnego, staje się znany może być mierzony przez to dążenie. Na początku, kiedy ruch względny wody w naczyniu był największy, nie

powodował on żadnego dążenia do oddalania się wody od osi; woda nie wykazywała ani dążenia do obwodu ani podnoszenia się na ściankach naczynia, lecz zachowywała powierzchnię poziomą, czyli jej prawdziwy ruch kołowy jeszcze się nie rozpoczął. Później jednak, gdy względny ruch wody zmalał, podnoszenie się wody w kierunku ścianek naczynia wykazało jej dążenie do oddalania się od osi; dążenie to pokazało ciągle wzrost rzeczywistego ruchu wody, aż do uzyskania jego największej wielkości, kiedy woda pozostała w spoczynku względem naczynia. A zatem, to dążenie nie zależy od żadnego przemieszczenia wody względem otaczających ciał, ani też rzeczywisty ruch kołowy nie może być definiowany przez takie przemieszczenie: Istnieje tylko jeden rzeczywisty ruch kołowy jakiegoś obracającego się ciała odpowiadający tylko jednej sile dążenia do oddalania się od osi ruchu, jako, jej właściwy i odpowiedni skutek; natomiast ruchy względne w jednym i tym samym ciele są niepoliczalne, zgodnie z wielością relacji, którymi jest ono związane z ciałami zewnętrznymi, i podobnie jak inne relacje, ruchy te są całkowicie pozbawione rzeczywistych efektów takich, jakie mogłyby uzyskać w tym jedynym prawdziwym ruchu. Tak więc w ich systemie, który zakłada, że nasze niebo, obracając się poniżej sfery stałych gwiazd przenosi wraz z sobą planety, części nieba i planet, które faktycznie spoczywają względem swego nieba, to jednak naprawdę poruszają się. Dzieje się tak, gdyż zmieniają one położenia jedna względem drugiej (co nie zdarza się nigdy ciałom będącym prawdziwie w spoczynku) a będąc przenoszone wraz ze swym niebem, uczestniczą w jego ruchach i tak jak części obracającej się całości dążą do oddalania się od osi jej ruchów.

Stąd, wielkości względne nie są tymi wielkościami, których nazwy noszą, lecz ich postrzeganymi miarami (dokładne lub niedokładne), które są potocznie używane zamiast wielkości mierzonych. Jeżeli znaczenie słów ma być określone przez ich zastosowanie, wtedy pod pojęciami 'czas', 'przestrzeń', 'miejsce' i 'ruch' należy rozumieć ich (zmysłowo poznawalne) miary; natomiast jeżeli ma się na myśli wielkości mierzone jako takie, wtedy ich nazwy będą pojęciami nie potocznymi, lecz czysto matematycznymi. Ci, którzy używają te słowa na oznaczenie wielkości mierzonych naruszają dokładność języka, z tego względu język powinien być precyzyjny. Ponadto, ci, którzy mieszają rzeczywiste wielkości z ich relacjami lub postrzeganymi miarami nie mniej niszczą czystość matematycznych i filozoficznych prawd.

W rzeczywistości bardzo trudno jest wykrzyć i skutecznie odróżnić prawdziwe ruchy poszczególnych ciał od pozornych, ponieważ części tej nieruchomej przestrzeni, w której te ruchy zachodzą nie są obserwowalne przez

nasze zmysły. Nie jest to jednak problem beznadziejny; możemy kierować się pewnymi uzasadnieniami wywodzącymi się częściowo z ruchów pozornych, stanowiących różnice ruchów prawdziwych; częściowo z sił, które są przyczynami i skutkami ruchów prawdziwych. Na przykład, jeżeli dwie kule utrzymywane za pomocą sznurka w stałej odległości jedna od drugiej zostaną wprowadzone w ruch obrotowy wokół ich wspólnego środka ciężkości, to znając naprężenia sznurka można stwierdzić dążenie kul do oddalenia się od osi ich ruchu, a z tego wyznaczyć wielkość ich ruchów kołowych. Gdyby można wywierać równocześnie jednakowy nacisk na odpowiadające sobie strony kul tak, aby zwiększyć lub zmniejszyć ich ruch, to na podstawie wzrostu lub zmniejszenia się naprężenia sznurka można by wyznaczyć przyrost lub ubytek ruchu kul i wynioskować, na które strony kul trzeba wywrzeć nacisk, aby ruch kul zwiększyć czyli można by wyznaczyć kierunek ruchu. Zatem jest to sposób, który pozwoli znaleźć zarówno wartość jak i kierunek ruchu kołowego nawet w bezgranicznej próżni, gdzie nie byłoby niczego zewnętrznego lub poznawalnego zmysłowo, względem czego kule można by rozważać. Natomiast, jeżeli w tej przestrzeni pewne odległe ciała znajdowałyby się w tych samych położeniach jedno względem drugiego tak, jak widzialne przez nas gwiazdy stałe, to w rzeczywistości, na podstawie względnego przemieszczenia kul pomiędzy tymi ciałami nie można by określić czy ruch należy do kul czy do tych ciał. Sprawdzając jednak naprężenie obserwowanego sznurka, po stwierdzeniu, że jest ono tak duże jak wymagane przez ruch kul, można wnioskować, że kule poruszają się, a tamte ciała pozostają w spoczynku; czyli ostatecznie, na podstawie przemieszczenia kul pomiędzy ciałami można ustalić ich ruchy. Możliwość uzyskania prawdziwych ruchów w oparciu o ich przyczyny, skutki, pozorne różnice i odwrotnie zostanie przedstawiona szerzej w dalszej części rozprawy. W tym celu w ogóle ją podjąłem.

Przekład: *Alicja Michalik*