

### komentarz do artykułu *O zasadzie najmniejszego działania*

Po raz kolejny dwóch fizyków z redakcji *Delty* nie może dojść do porozumienia. Tym razem przyczyna niezgody jest dość typowa – różnice w interpretacji rezultatu formalnego, a mianowicie równoważności zasady najmniejszego działania i zasad dynamiki Newtona.

Opis układu oparty na równaniu różniczkowym, wyrażającym drugą zasadę dynamiki, ma wyraźnie charakter deterministyczny, tzn. ewolucja układu przedstawia się jako łańcuch przyczyn i skutków. Przy zastosowaniu natomiast zasady najmniejszego działania ujawnia się, by użyć terminu filozoficznego, teleologiczny bądź finalistyczny charakter ewolucji, tzn. układ dąży do określonego celu, w tym przypadku do zminimalizowania wielkości zwanej działaniem. Tę drugą, teleologiczną interpretację uważa mój adwersarz za podejrzaną i w związku z tym sugeruje, że mechanika klasyczna jest „teorią niepełną”. Nie zgadzam się z takim poglądem. Obie interpretacje, deterministyczną i teleologiczną, uważam za całkowicie równoprawne.

Filozofowie od wieków toczą dysputę o prawach rządzących światem. Materialiści stoją zwykle na gruncie determinizmu, podczas gdy idealisci często optują za teleologią, choć cel inny niż minimalizowanie działania mają na myśli. Fizyka w odróżnieniu od filozofii dysponuje aparatem formalnym podsuniełym przez matematykę i wypracowaną metodologią badań doświadczalnych. Dzięki temu nie tylko stawia pytania, ale potrafi udzielać odpowiedzi. Pytania są zwykle dużo prostsze niż te rozważane przez filozofów, zamiast bytu czy nicości mamy układ punktów materialnych lub równie pochyłą, za to odpowiedzi bywają całkiem precyzyjne.

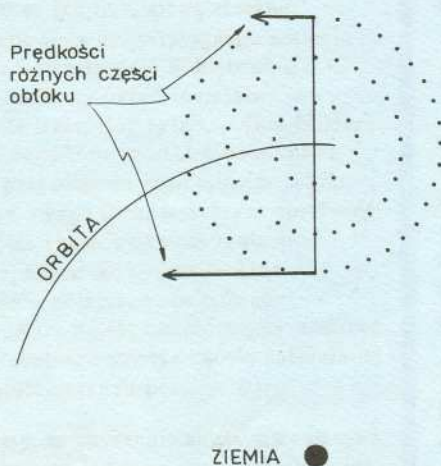
Zasada najmniejszego działania wydaje się nie mieć wiele wspólnego z zasadami dynamiki Newtona, a jednak oba podejścia są całkowicie równoważne. (Pomijam tu sztuczki matematyków, którzy zapewne bez kłopotu znajdą taką klasę *niefizycznych* ruchów, że dyskutowane podejścia nie będą równoważne). Jeśli już równoważność została udowodniona, to nie ma sensu twierdzić, że jedna interpretacja jest słuszna i prawidłowa, podczas gdy druga podejrzana bądź przypadkowa. Równoważność oznacza, według mnie, że różnica jest pozorna, że zespół pojęć, jakim operujemy, w tym przypadku determinizm i teleologia, jest nie zawsze adekwatny do opisu rzeczywistości. W fizyce z taką sytuacją spotykamy się wielokrotnie, szczególnie w mechanice kwantowej, gdzie mamy słynny dualizm korpuskularno-falowy, który sprawia, że obiekt kwantowy zachowuje się jednocześnie jak cząstka i jak fala. Używając znanych nam z życia codziennego pojęć fali i cząstki zrozumieć tego nie sposób, lecz Natura tym się nie przejmuje. I podobnie jest, jak sądzę, z determinizmem i teleologią, czyli w naszym przypadku z zasadami dynamiki Newtona i zasadą najmniejszego działania. Zauważmy, że zarówno w przypadku wspomnianego dualizmu, jak i dyskutowanej równoważności zasad ruchu, strona formalna zagadnień nie budzi kontrowersji.

Stanisław MRÓWCZYŃSKI

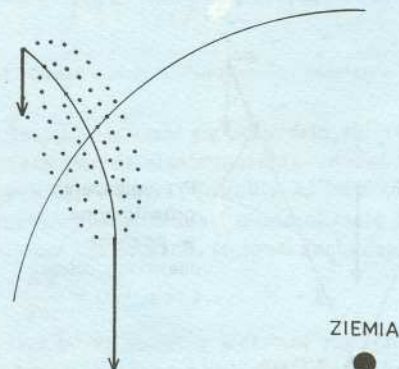
części obłoku nie będą równoległe, lecz nachylone ku sobie (są one wszystkie skierowane ku środkowi Ziemi). Będą więc miały małe składowe, skierowane ku środkowi obłoku, i boki obłoku będą powoli zbliżały się do siebie. Widać stąd, że różnice w natężeniu pola grawitacyjnego w sąsiednich punktach spowodują deformację obłoku. Będzie on rozciągany w kierunku środka Ziemi i ściskany w kierunkach prostopadłych, zmieniając kształt z kulistego na wrzecionowaty (rys. 1b).

Te różnice w natężeniu pola grawitacyjnego nazywane są **siłami pływowymi**. Przy ich obliczaniu odejmuje się wartości składowych siły grawitacyjnej po przeciwnych stronach badanego obiektu (w powyższym przykładzie był to spadający obłok). Wynik tego obliczenia nie może być zakodowany jako wektor, ponieważ składa się on z 9 liczb – jest to macierz; nie będziemy się dalej zajmowali szczegółami matematycznymi, ale trzeba wiedzieć, że mówimy tu o innym pojęciu niż zwyczajna siła wektorowa.

Obłok poruszający się po orbicie kołowej ulegnie podobnej deformacji (rys. 2a i 2b). Można łatwo obliczyć (np. z drugiego prawa Keplera), że obiekty dalsze od Ziemi poruszają się po orbicie z mniejszą prędkością niż obiekty bliższe. „Dolna” część obłoku będzie więc stale wyprzedzała część górną, i jeśli w chwili początkowej obłok będzie kulisty, to po pewnym czasie przybierze kształt podobny do banana (ponieważ różnica prędkości nie jest proporcjonalna do różnicy odległości od Ziemi, obiekty leżące początkowo na odcinku prostej utworzą później łuk krzywej).



Rys. 2a.  
Obłok poruszający się po orbicie, początkowo kulisty...



Rys. 2b.  
... również zostanie zdeformowany wskutek różnych prędkości orbitalnych różnych części obłoku (spowodowanych różnicami w natężeniu pola grawitacyjnego).