

Wacław DOKURNO

HEURYSTYCZNA ROLA ZASADY LE CHATELIERA W PRZYRODOZNAWSTWIE

Wśród wielu prób poszukiwania jedności nauk przyrodniczych zainteresowanie budzi dziś ich matematyzacja. Wśród różnych metod matematycznych stosowanych do opisu przyrody występują m. in. zasady wariacyjne; są one przejawem ogólniejszej prawidłowości przyrody. W swoim najogólniejszym sformułowaniu, interesująca nas zasada wariacyjna, została przed stu laty podana przez francuskiego chemika Le Chateliera dla uzasadnienia praw równowagi chemicznej. Jednakże już przykłady, przytoczone przez tegoż autora, wykraczały poza tę wąską dziedzinę, a z biegiem czasu okazało się, że jest ona zdumiewająco ogólna, gdyż odnosi się do wszystkich zjawisk, w których mogą odgrywać rolę stany równowagi. Mówiąc o równowadze, nie mam na myśli koniecznie stanu spoczynku, lecz w ogóle ustalony stan spoczynku lub ruchu. Pozwala to rozpatrywać jako przypadek równowagi takie ruchy jak ruch wahadła, planet, czy też krążenie prądu w obwodzie itp. Zasada owa brzmi następująco: „jeśli na układ, znajdujący się w stanie równowagi stałej, wywarte jest działanie, zaburzające równowagę przez zmianę jednego lub większej ilości parametrów, od których ta równowaga zależy, wówczas powstają w układzie siły, dążące do przywrócenia stanu pierwotnego, a zatem skierowane przeciwko zaburzeniu”. (por. np. [1]).

W dziedzinie elektrodynamiki zasada ta była znana wcześniej jako prawo Lenza. W chemii fizycznej funkcjonuje ona jako prawo Van Hoffa. Podobnie szerokie zastosowanie ma ona w układach termodynamicznych. Układy w równowadze stałej mają własność samoczynnego jej utrzymywania, można je więc nazwać „autostatycznymi” za Braunem, który niezależnie od Le Chateliera wygłosił tę samą zasadę. Jednocześnie zasada omawiana nie wyklucza możliwości istnienia układów, które nie byłyby „au-

*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.

tostatycznymi”. Dowód na to, że układy „autostatyczne” wydają się stanowić w przyrodzie regułę, możemy najłatwiej przeprowadzić, posługując się znaną z biologii zasadą doboru naturalnego. Układy „autostatyczne” mają bowiem największą szansę na dłuższy czas egzystencji. W ten sposób wchodzimy jednocześnie na teren biologii m. in. w zagadnienie homeostazy czyli charakterystyczną dla żywych organizmów zdolność do zachowywania względnie stałego stanu równowagi. Już w XIX w. Fredericq mówił, że każde zaburzenie równowagi organizmu wyzwała jednocześnie siły dla zneutralizowania lub usunięcia tego zaburzenia (por. np. [2]). Podobne mechanizmy regulacyjne występują również w różnych ciągach metabolicznych itp. (por. np. [3]). Powstają coraz to nowe prace na temat możliwości nowego rodzaju porządkowania zjawisk, wykazania występowania ich regularności na skalę ponaddyscyplinarną (np. [4]). Jak widać zasadę Le Chateliera można z powodzeniem stosować w bardzo odległych, od siebie dziedzinach nauk przyrodniczych.

Matematyczna definicja równowagi pojawiła się już w drugiej połowie XVIII w. w postawionej przez Jana Bernoullego zasadzie wirtualnych przesunięć. Można ją wyrazić następująco: koniecznym i wystarczającym warunkiem równowagi układu jest, by pewna funkcja określająca go miała wartość ekstremalną. Jest to więc definicja wariacyjna. W dziedzinie mechaniki ciał sztywnych warunkiem równowagi stałej jest minimum energii potencjalnej. W przypadku termodynamiki rolę powyższą przejmują jedna z funkcji stanu, takich jak entalpia, swobodna energia itp. Stosowanie kryterium wariacyjnego wymaga zatem wyboru właściwej funkcji określającej na podstawie dokładnej znajomości własności układu.

Cofając się wstecz pierwsze spostrzeżenia, dotyczące zasad wariacyjnych, spotykamy już w XIV w. przy opisie trajektorii planet, ruchu światła itp. W połowie XVII w. po raz pierwszy spotykamy u Fermata zastosowanie zasady wariacyjnej do określenia toru, po którym porusza się światło (nazwanej przez niego „zasadą najkrótszego czasu”). Już w XVIII w. Moro de Maupertius podniósł zasadę najmniejszego działania do rangi najbardziej ogólnych praw przyrody. „Prawa ruchu i spoczynku pisał on — wyprowadzone z tej zasady są dokładnie tymi, jakie obserwujemy w przyrodzie; możemy zachwycać się rezultatami zastosowania tej zasady do wszystkich zjawisk” [5]. Ogólność zasady najmniejszego działania potęguje fakt, że jej szczególnym przypadkiem jawi się prawo zachowania energii. Miał więc dużo racji M. Planck pisząc, że „nacelnym prawem fizycznym, ukoronowaniem tego całego systemu teoretycznego — przynajmniej moim zdaniem — jest

zasada najmniejszego działania” [6]. Dowodem heurystycznej roli zasady najmniejszego działania jest płodne jej zastosowanie w biologii: np. obliczanie kształtu komórek budowanych przez pszczoły; optymalne wymiary oraz podział komórki w płaszczyźnie wymagającej najmniejszej ilości materiału do budowy nowej części ściany komórkowej; budowa układu krwionośnego; optymalny system trójkowy przekazywania kodu genetycznego itp. (por. [7]).

W szczególnym wypadku równowagi zachowanie się badanego układu można opisać równaniem oscylatora harmonicznego. Oczywiście fizyczna interpretacja współczynników występujących w równaniu oscylatora będzie bardzo różna w zależności od sytuacji, jaką równanie opisuje. Tym niemniej samo równanie będzie miało we wszystkich sytuacjach tę samą postać, a więc i te same typy rozwiązań. W dziedzinie fizyki możemy tym równaniem opisywać tory planet, ruch wahadła, drgania atomów czy człony funkcji falowej w równaniach występujących w mechanice kwantowej. Podobne sytuacje znajdziemy w układach biologicznych. M. in. będą to biorytmy bardzo niskie związane z cyklem rocznym czy dobowym, rytmy umiarkowane generowane przez ustrój żywy (np. w nerkach, sercu, mózgu itp.), czy rytmy bardzo wysokie, których źródło znajduje się w procesach atomowych. W przypadku złożonych oscylacji ma tu zastosowanie, podobnie jak w fizyce, m. in. cała analiza matematyczna oparta na przekształceniu FourieraLaplace’a, pozwalająca na uzyskanie charakterystyki częstotliwości badanego zjawiska (por. np. [8]). Z wartością częstotliwości występującej w badanych obiektach jest związana skala wymiarów tychże obiektów. Dlatego też skala wymiaru przestrzennego czy czasowego wydaje się być dla niektórych badaczy jeszcze jednym czynnikiem integrującym całość wiedzy o przyrodzie [9].

Ograniczyłem się tutaj do podania przykładów z samego przyrodoznawstwa, choć można tę samą zasadę metodologiczną próbować wprowadzać również do badań nad innymi zagadnieniami, np. w odniesieniu do procesów społecznych itp.

Rozważania powyższe, przeprowadzone w ujęciu ogólnikowym, sygnalizującym tylko rozległą tematykę, wykazują, jak wielką rolę unifikacyjną w obrębie całego przyrodoznawstwa może pełnić konkretna zasada metodologiczna. W swojej wersji matematycznej, jako zasada wariacyjna, ilustruje ona jednocześnie w praktyczny sposób jeden z wielu aspektów matematyczności świata. Dość abstrakcyjne twierdzenie, budzące podziw u wielu filozofów, że świat daje się opisać przy pomocy matematyki, zostaje tu mocno ukonkretnione. Okazuje się bowiem, że nawet jeden i ten sam formalizm

matematyczny może mieć zastosowanie w obrębie całego przyrodoznawstwa. Jednocześnie należy pamiętać, że jest problem postawiony na innej płaszczyźnie niż problem budowania jednolitej teorii matematycznej, która poprawnie opisałaby jak największą klasę zjawisk fizycznych.

Przypisy

- [1] Z. A. Klemensiewicz, *O zasadzie Le Chateliera*, „Post. Fiz.” 15, 11–18 (1964).
- [2] *Biologia XX wieku* pod red. S. Skowrona, W. Ostrowskiego, A. Tejchny, Warszawa 1971, t. I, s. 438–452.
- [3] J. Kwiatkowska, *Rozwój poglądów na mechanizmy regulacji metabolicznych*, „Post. Biochem.” 24, 131–149 (1978).
- [4] A. Dawidowicz, *Homeostaza*, Warszawa 1970, s. 197.
- [5] Cyt. za: A. Pawlak, *Zasady wariacyjne a integracja teorii fizykalnych*, „Kwart. Hist. Nauki i Techniki” 19, 45–58 (1974).
- [6] M. Planck, *Jedność fizycznego obrazu świata*, Warszawa 1970, s. 63.
- [7] N. Rashevsky, *Mathematical Principles in Biology and their Applications*, New York 1961.
- [8] E. Basar, *Biophysical and Physiological Systems Analysis*, Massachusetts 1976, s. 429.
- [9] R. Bogdański, *Próba definicji żywej materii ze stanowiska współczesnej biofizyki*, „Kosmos” A 20, 17–28 (1971).