

# Powstanie metody naukowej fizyki

*Prof. dr Józef WERLE, członek rzeczywisty PAN*

Trudno jest jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, kiedy powstała fizyka. Odpowiedź zależy bowiem od tego, jak się rozumie termin fizyka. Jeśli pod tym słowem rozumieć tylko jako tako systematyczne i świadome obserwacje otaczającego nas świata przyrody martwej, to początków fizyki można się doszukiwać w czasach bardzo odległych. Z pewnością obserwacje takie prowadzono już w początkach wielkich kultur Mezopotamii i Egiptu. Obserwacje robione w tych czasach były jednak raczej bardzo powierzchowne, przypadkowe, a ponadto obciążone z jednej strony ciasnym praktycyzmem, z drugiej strony — zniekształcone przez różne wierzenia religijne i magiczne, tudzież przez twórczość mityczną. Jeśli pod słowem fizyka rozumieć niezależne od religii, magii i mitologii, otwarte dla wszystkich, czysto racjonalne rozważania na temat struktury świata materialnego oraz prapoczątków przyrody, jej rozwoju i przemian, to za początek fizyki można uznać dopiero VI wiek p.n.e., kiedy to Tales z Miletu zapoczątkował w starożytnej Grecji tego typu dociekania zwane później filozofią przyrody. Konstrukcje myślowe greckich filozofów przyrody miały jednak charakter czysto spekulatywny, raczej ogólnikowy i czysto jakościowy. Konstrukcje te były oparte na bardzo powierzchownych i wąskich obserwacjach, były przeważnie niesprawdzalne, a w każdym razie niesprawdzone, nakierowane na wyjaśnianie, a nie przewidywanie. Wprawdzie obok tego filozoficznego, teoretyzującego nurtu występował w bogatej kulturze greckiej, a potem także rzymsko-greckiej, również nurt empiryczny, ale czysto empiryczne podejście do przyrody okazało się na dalszą metę równie bezplodne co podejście spekulatywno-racjonalne. Brak sprzężenia zwrotnego między hipotetycznymi konstrukcjami a weryfikującymi je ścisłymi testami empirycznymi uniemożliwił rozwój fizyki greckiej. Dopiero na przełomie XVI i XVII w. powstaje fizyka w jej współczesnym pełnym rozumieniu tego słowa; fizyka rozumiana jako proces systematycznego badania przyrody oparty na stosowaniu swoistej, niezwykle skutecznej metody naukowej. Metoda naukowa fizyki opiera się na sprzężeniu zwrotnym między teoretycznym myśleniem i sprawdzającymi je ścisłymi testami eksperymentalnymi. Wiąże ona w sposób bardzo charakterystyczny racjonalne, dedukcyjne myślenie z informacjami o obiektywnej rzeczywistości dostarczonymi nam przez nasze zmysły. Otrzymywane poprzez nasze zmysły informacje konfrontuje się z przewidywaniami rozważań teoretycznych opartych na określonych, pierwotnie nieraz słabo uzasadnionych przesłankach wyjściowych. Dopiero konfrontacja z doświadczeniem pozwala na potwierdzenie, korektę lub odrzucenie tych przesłanek i doskonalenie wiedzy teoretycznej.

Za inicjatora powstania nowej, płodnej metody naukowej fizyki, która umożliwiła jej świetny rozwój trwający nieprzerwanie już 400 lat, wszyscy uznają Galileusza. Istotnie, Galileusz nie tylko położył podwaliny nowej metody, ale sam zastosował ją do badania wielu zjawisk fizycznych i astronomicznych i wślawił się wieloma ważnymi odkryciami. Wprowadził on do fizyki zasadę czynnego eksperymentowania opartego na ścisłych pomiarach odpowiednich dla danego zjawiska wielkości fizycznych. Wyniki takich pomiarów można było zapisywać w komunikatywnej, zwięzłej i łatwo porównywalnej postaci matematycznej. Galileusz nie tylko posługiwał się w sposób zupełnie nowatorski tak znanymi i prostymi przyrządami pomiarowymi jak zegar i miarka, ale skonstruował sam szereg nowych przyrządów obserwacyjno-pomiarowych jak termometr gazowy, waga hydrostatyczna czy luneta. Wprowadził do mechaniki pojęcie przyspieszenia, co umożliwiło odkrycie poprawnego związku między siłą a ruchem, sformułowanego w ostatecznej różniczkowej postaci przez Newtona. Dzięki niezwyklej bystrości umysłu, naukowej płodności i wszechstronności oraz umiejętności propagowania swoich idei i odkryć, przyczynił się Galileusz do ugruntowania i szybkiego upowszechnienia nowej metody naukowej i słusznie jest uważany za ojca nowożytnej fizyki a nawet całego przyrodoznawstwa. Wieki XVII cechuje zresztą poza Galileuszem cała plejada sławnych odkrywców takich jak Kepler, Descartes, Torricelli, Pascal, Guericke, Hooke, Huygens, Boyle, no i wreszcie sam Newton. Niestety autorzy większości podręczników i książek fascynują czytelników wylicznaniem konkretnych odkryć i nazwisk odkrywców natomiast nie zwracają należytej uwagi na powstanie w XVII w. skutecznej metody naukowej, która te odkrycia umożliwiła. Resztę tego artykułu poświęcę więc nieco dokładniejszemu omówieniu powstałej w XVII wieku metody naukowej fizyki.

Otóż w ciągu XVII w. przyjął się w środowisku ludzi zajmujących się fizyką pogląd, że celem fizyki — czy ogólniej nauk przyrodniczych — są systematyczne badania zjawisk przyrody przy pomocy ścisłych metod pomiarowych i matematycznych. Badania te powinny zmierzać do odkrycia ścisłych związków przyczynowych sformułowanych w postaci dających się wyrazić matematycznie praw.



Postęp fizyki wiąże się więc z następującymi podstawowymi pytaniami: Jakie wielkości fizyczne są istotne dla opisu rozpatrywanego zjawiska? Czym i jak mierzyć te wielkości? Czy między badanymi wielkościami występują jakieś nietrywialne (a więc nie wynikające np. z samej definicji) związki mające charakter praw przyrody?

Pierwsze z wymienionych pytań ma na pozór charakter czysto teoretyczny, koncepcyjny. Drugie pytanie ma na pozór charakter czysto praktyczny, gdyż dotyczy konstrukcji odpowiednich przyrządów pomiarowych. W rzeczywistości rozdzielenie strony koncepcyjnej od strony pomiarowej nie zawsze jest jasne i oczywiste. Obecnie wielu fizyków uważa, że właściwie dopiero podanie sposobu pomiaru jakiejś wielkości fizycznej pozwala na jej precyzyjne określenie, które nazywamy wtedy określeniem operacyjnym. W wieku XVII pytanie pierwsze uważano za dobrze oddzielone od drugiego. W odpowiedzi na pierwsze pytanie powstały w wieku XVII i następnych pojęcia układu odniesienia, położenia, prędkości, przyspieszenia, pędu, momentu pędu, ciśnienia, temperatury, napięć wewnętrznych, lepkości itd., itd. W odpowiedzi na drugie pytanie powstało wiele nowych przyrządów i urządzeń pomiarowych i detekcyjnych jak luneta, mikroskop, termometr, barometr, dynamometr, elektrometr, pryzmat, siatka dyfrakcyjna, waga skręceń i setki, tysiące innych urządzeń. Konstruowane od czasów Galileusza ciągle nowe przyrządy i aparaty fizyczne otworzyły przed ludzkością nowe horyzonty i nowe możliwości. Po pierwsze można było zastąpić niektóre z natury nieprecyzyjne zmysły (np. zmysł dotyku, zmysł temperatury, zmysł siły) przez bardzo precyzyjne przyrządy w rodzaju różnego typu czujników, termometrów, dynamometrów, wag itp. W ten sposób fizykom udało się w znacznym stopniu uniezależnić od niedokładności, subiektywności i względności naszych odczuć zmysłowych. W wielu innych przypadkach odpowiednie przyrządy pozwalają na znaczne rozszerzenie zakresu postrzegania naszego wzroku czy słuchu. Np. mikroskop pozwala na obserwowanie obiektów bardzo małych, niedostrzegalnych gołym okiem. Z drugiej strony luneta czy teleskop pozwalają na obserwację obiektów niedostrzegalnych lub słabo dostrzegalnych z powodu zbyt wielkiego oddalenia.

Wreszcie — wiele przyrządów wręcz zwiększa liczbę posiadanych przez człowieka zmysłów pozwalając wykrywać i mierzyć wielkości fizyczne, na które nasze naturalne zmysły w ogóle nie reagują. Jako przykłady można podać tu np. pole elektryczne lub magnetyczne, którego organizm nasz nie odczuwa, a które można wykryć i zmierzyć za pomocą odpowiednich elektro- czy magnetometrów. Jest to sytuacja wręcz zdumiewająca, której niezwykłości bardzo często nie uświadamiamy sobie.

Zastosowanie ścisłych metod pomiarowych wymagało również odpowiednich metod matematycznych. Okazało się np. że bardzo wiele praw fizyki nie ma prostego charakteru związków algebraicznych między podstawowymi wielkościami lecz wymaga wprowadzenia pochodnych lub całek pewnych wielkości. Te pochodne lub całki mogą nie być bezpośrednio mierzalne, lecz dadzą się wyliczyć z wielkości łatwo mierzalnych przy pomocy odpowiednich operacji matematycznych. W ten sposób potrzeby nowej ilościowej metody przyrodoznawstwa zainicjowały powstanie zupełnie nowych gałęzi matematyki jak np. geometria analityczna, rachunek różniczkowy i całkowy, teoria równań różniczkowych, rachunek wariacyjny itd. Dopiero sformułowanie geometrii analitycznej i rachunku różniczkowego pozwoliło Newtonowi na ścisły a przy tym niezwykle zwięzły matematyczny zapis podstawowych zasad mechaniki i prawa powszechnego ciążenia, a więc na odpowiedź na trzecie z podanych wyżej pytań — przynajmniej w zakresie mechaniki.

Sprzężenie zwrotne między teorią i empirią jest jedną z najbardziej charakterystycznych cech metody naukowej fizyki. Metoda ta opiera się więc na stosowaniu kolejnych cykli badawczych, których punktem wyjścia jest zawsze zastana wiedza naukowa. Na gruncie tej wiedzy powstaje problem, którego rozwiązanie jednakże nie jest możliwe bez poszerzenia tej wiedzy. W celu rozwiązania tego problemu wysuwa się więc różne hipotezy. Następnie przeprowadza się doświadczenia, które testują wysunięte hipotezy. W zależności od wyników testów sprawdzających hipotezę odrzuca się jako ewidentnie błędną, koryguje się lub też pozostawia bez zmian. Możliwie wszechstronnie empirycznie potwierdzona hipoteza zostaje podniesiona do rangi teorii i włączona do zasobu sprawdzonej wiedzy naukowej.

Sprzężenie między teorią i empirią sprawia, że fizyka (a wraz z nią i inne nauki przyrodnicze) stanowi samoregulujący się, otwarty system, który potrafi w sposób stosunkowo szybki i bezbolesny korygować i usuwać nieuchronnie popełniane błędy i omyłki. Przed długim trwaniem w błędzie zabezpieczają fizykę liczne normy instrumentalne, psychologiczne i społeczne, które należą do metody naukowej fizyki. Ze względu na szczupłość rozmiarów tego artykułu muszę odesłać zainteresowanego Czytelnika do mojego artykułu ogłoszonego w „Problemach” (nr 7/1978), w którym przedstawione zostały przynajmniej niektóre ze wspomnianych norm stosowanych w metodzie naukowej fizyki.

Pozycz grzebieni!  
 Wybrano mnie  
 kogutem!



GOSPODARKA  
 Póty dzban wodę nosi,  
 póki jest woda.

Demokrata?  
 Co znaczy to demo?



WYŻYWIENIE  
 Na karku głowę masz  
 I nią się rządzić chcesz,  
 A spróbuj, czy wyżywi się  
 Z twej głowy choćby wesz  
 /Brecht/

