



CENTRUM NAUKI
KOPERNIK

Nowa Pracownia Przyrody

Opracowanie rekomendacji
wyposażenia szkolnej pracowni
przyrody dla klas IV-VI szkoły
podstawowej

Metoda naukowa – cóż to takiego?

Coraz częściej jesteśmy świadkami zajadłych sporów o procesy i zjawiska opisywane przez naukę. Ich natężenie, zakres i poziom zaczyna (niestety) przypominać spory toczony w mediach przez polityków. A wystarczyłoby przepuścić różne kontrowersje przez filtr metody naukowej, aby uspokoić wzburzone emocje. Pytanie o metodę naukową w spokojniejszym kontekście pada również przy analizie dowolnych badań na uczelni, w szkole, w grupach dyskusyjnych. Wtedy gdy chcemy ocenić wiarygodności pomiarów czy uzyskanych danych. Wiarygodność

jest słowem kluczowym, ponieważ tylko wiarygodne dane warto omawiać, spierać się o nie czy wyciągać z nich wnioski. Stosowanie zasad metody naukowej daje nam także poczucie, że zbliżamy się do prawdy o omawianym zjawisku – a przecież to właśnie poszukiwanie prawdy jest piękną i ważną motywacją wielu ludzkich działań.

Czym więc jest ta metoda naukowa? Ogólnie przyjęto, że jest to **sposób badawczego dotarcia i sformułowania prawdziwego opisu zjawiska**. Brytyjski genetyk i biolog John B.S. Haldane zapytany, jakie hipotetyczne dowody mogłyby obalić teorię ewolucji odpowiedział: „kopalne szczątki królików z okresu prekambru”. Skoro prekambur rozpoczął się wtedy, gdy powstawała pierwsza skorupa ziemska, a zakończył przed 545 milionami lat, to przodkowie królików, którzy pojawili się około 100 milionów lat temu, zgodnie z teorią ewolucji do prekambru zawędrować nie mogli. Gdyby jednak odkryto ich prekambryjskie szczątki, to zgodnie z metodą naukową, teoria ewolucji (albo skamieniałości prackrólików) wymagałaby natychmiastowej wnikliwej analizy.

Ocenia się dziś, że ok. 40 proc. odkryć ma miejsce przypadkowo. Jeżeli tak, to prowadząc jakiegokolwiek badania, należy uważnie rozpatrzyć przypadki, które wzbudziły nasze zainteresowanie. Nie można zaniedbywać sytuacji pozornie sprzecznych z początkowo przyjętą interpretacją zjawiska. O tej okoliczności myślał zapewne William Bateson (brytyjski genetyk, który jako pierwszy użył określenia „genetyka” w stosunku do badań nad dziedziczeniem), gdy ponad sto lat temu powiedział: „Szanujcie wasze wyjątki! [...] Wyjątki są jak chropowate fundamenty wznoszonego budynku”.

Nie ma jednej ustalonej recepty na posługiwanie się metodą naukową – podaję tu jedynie podstawowe zasady. Ich realizacja wymaga inteligencji, kreatywności i wielkiej wyobraźni. W badaniach przyrodniczych możemy wyjść od różnych



przesłanek. Dobrze jest zaczynać od **pytań** wynikających z krytycznej analizy dostępnych danych źródłowych (w tym statystycznych), albo też z **obserwacji i analizy** wyników przeprowadzonych doświadczeń. W przypadku obserwacji im jest ich więcej i im bardziej są różnorodne, tym lepiej. Peter Agre, odbierając Nagrodę Nobla za odkrycie budowy i funkcji akwaporyny, białka umożliwiającego transport wody przez błony komórkowe, powiedział: „Nie ma mało ważnych pytań. Pytania, które wydają się nam mało ważne, to ważne pytania, których jeszcze nie rozumiemy”.



Nie ma jednej ustalonej recepty na postępowanie się metodą naukową (...). Ich realizacja wymaga inteligencji, kreatywności i wielkiej wyobraźni.

Weźmy jako przykład zmianę stanu skupienia wody z cieczy na ciało stałe lub gaz. Obserwujemy lód, szron, szadź, mgłę, śnieg, ale też zimowe obrazki na szybie, kształty drobinek śniegowych, gałęzie pokryte przezroczystą wodą, która nagle zamarzła, pęknięcia w glebie po nagłym obniżeniu temperatury. Przyglądamy się topnieniu i krzepnięciu wody, jej parowaniu podczas gotowania w czajniku, skraplaniu na zimnym oknie, temperaturze wrzenia zmieniającej się wraz z wysokością nad poziomem morza. Obserwując to wszystko, widzimy, że zmiana stanu skupienia to złożony proces zależny od wielu parametrów. Ale jakich? I czy te zasady są uniwersalne dla wszystkich substancji? To tylko dwa przykłady pytań stanowiących zaczyn, inspirację do dalszych dociekań.

Nim przystąpimy do poszukiwania odpowiedzi, należy sprawdzić, czy danego zjawiska ktoś już nie zbadał. To stosunkowo łatwe we współczesnym świecie, bo mamy szeroki dostęp do danych źródłowych. Cudze badania mogą nas skierować na nowe tory, możemy też uznać, że warto je zweryfikować. Oprócz danych trzeba również poznać metodologię naszych poprzedników. Najsmutniejsza jest okoliczność, gdy się dowiemy, że już ktoś przed nami takie badania przeprowadził z sukcesem.

Jak poddać ocenie ilościowej obserwowane zjawisko? Możemy ważyć, mierzyć liniowo, objętościowo, oceniać właściwości, takie jak np. przewodnictwo, przepuszczalność światła, skręcalność optyczną, stałą dielektryczną, lepkość. To ważny etap, od którego w dużej mierze zależy powodzenie dalszych badań.



Każde doświadczenie, które uzupełni nasze wstępne obserwacje, trzeba zacząć od możliwie najdokładniejszej charakterystyki materiału badawczego. Tak właśnie postąpiła jedna z uczestniczek polskiego Konkursu Młodych Badaczy 2015, uczennica LO w Słupsku. Zainteresowała się właściwościami miodu z nawłoci (inwazyjna roślina, porastająca coraz większe obszary w Polsce). Zdecydowała, że przed dalszymi badaniami sprawdzić, czy to, co w sklepie jest oznaczone nalepką „miód z nawłoci” jest w rzeczywistości tym miodem. Udała się do Trójmiasta, gdzie namówiła pracowników jednej z uczelni do poddania trzech preparatów z trzech różnych sklepów procedurze identyfikacji kwiatów, które zostały odwiedzone przez pszczoły. Eureka! Tylko jeden słoiczek zawierał miód z nawłoci i dalsze badania można było podjąć tylko w przypadku tego materiału.

Podczas prowadzenia badań zgodnie z metodą naukową należy pamiętać, by w kolejnych wariantach danego doświadczenia zmieniać tylko po jednym parametrze, pozostałe zachowywać niezmiennie.

Do każdego pomiaru należy ustawić odpowiednią liczbę i rodzaj warunków kontrolnych, dzięki którym poznajemy tło przebiegu zjawiska, które badamy. Klasycznym przykładem jest poszukiwanie nowych leków. Odpowiednio dużym grupom pacjentów podajemy: a) placebo, b) znany lek na tę chorobę, c) naszą badaną substancję. Ani lekarz ani pacjent nie wiedzą, w której grupie jest dany uczestnik badania. Jest to tzw. podwójna ślepa próba.

Wszystkie pomiary powtarzamy wielokrotnie. Ile razy? To zależy od wielu czynników: dostępności materiału, pracowitości pomiaru, dostępności przyrządów pomiarowych. Często od naszego uporu w dochodzeniu do wiarygodnych danych. W każdym razie pomiarów musi być tyle, żeby te dane można było poddać obróbce

Metoda naukowa rozwija się na zasadzie twórczej ewolucji. Michał Heller



statystycznej, z określonym dopuszczalnym błędem. Istnieją bardziej i mniej wyszukane metody statystyczne, przydatne do różnych sytuacji doświadczalnych, dla różnej liczby pomiarów, zawsze jednak określające przedział prawdopodobieństwa uzyskanych danych. Dopiero obróbka statystyczna danych czyni z nich wyniki. Wielki Grzegorz Mendel, zanim zawiadomił świat o istocie zjawisk genetycznych, oceniał częstotliwość pojawienia się każdej z kilku różnych cech groszku, powtarzając pomiary po kilka tysięcy razy! Z pewnością pomagała mu w tym cierpliwość wyćwiczona za klasztornymi murami...

Wychodząc ze zgromadzonych wyników, możemy pokusić się o sformułowanie hipotezy. Hipotezie towarzyszy często propozycja modelu. Dobrze, jeżeli uda się sformułować model matematyczny, który może być w dalszym ciągu postępowania testowany. Hipoteza powinna następnie być weryfikowana w kolejnych doświadczeniach i obserwacjach. **Można zgromadzić wiele wyników takich obserwacji i doświadczeń potwierdzających naszą hipotezę, ale nie świadczy to jeszcze o jej prawdziwości.** Wystarczy jeden fakt przeczący hipotezie, aby trzeba było ją zmodyfikować lub odrzucić. Mówił o tym w marcu 2015 profesor Michał Heller, gdy otrzymał doktorat honoris causa na Uniwersytecie Śląskim: „Metoda naukowa rozwija się na zasadzie twórczej ewolucji. Kolejny sukces generuje kolejne ulepszenia, a błędne drogi są niemiłosiernie eliminowane przez konflikty z kontrolowanym eksperymentem. Analiza szczegółów nie powinna prowadzić przedwcześnie do syntezy”.

Warto jest także zastanowić się i sprawdzić, czy z naszej hipotezy wynikają jakieś przewidywania co do badanego zjawiska. Z własnego doświadczenia wiem, że taka pozytywna weryfikacja jest wielką badawczą nagrodą. Dobrze jest także przeprowadzić postępowanie zakładające, że hipoteza NIE jest prawdziwa. To tzw. falsyfikacja, czyli

Wielki urok i znaczenie nauki polega na tym, że każda hipoteza i każda teoria prowadzą do kolejnych pytań

sprawdzenie prawdziwości danej hipotezy przez podjęcia działań będących próbą jej obalenia. To dość unikalna sytuacja, kiedy obalenie własnego sposobu myślenia może stanowić satysfakcję i przyjemność.

Oczywiście, taka weryfikacja hipotezy musi być prowadzona zgodnie z istniejącą wiedzą. Może też pozwolić na dalsze tej wiedzy rozszerzanie i uściślanie. Inna sytuacja pojawiłaby się przy odkryciach będących podstawą przewrotów naukowych (rewolucja kopernikańska, fizyka kwantowa). Jednak choć życzę każdemu badaczowi takich osiągnięć, to warto pamiętać, że zdarzają się one rzadko. Dużo częściej mamy do czynienia np. z przedwczesnym ogłaszaniem odkrycia cząstek poruszających się szybciej od światła czy też zimnej fuzji. W większości takich rewelacji dość łatwo było wykazać błąd metodyczny.

Jeśli hipoteza broni się przed wszystkimi próbami falsyfikacji, a kolejne eksperymenty ją potwierdzają, to jesteśmy coraz bliżsi sformułowania teorii. Czasem konieczność zdefiniowania pojęć prowadzi do pojawienia się nowych teorii. Znany jest przykład wypowiedzi Einsteina, który tworząc pierwszą pracę z teorii względności, zacytował Newtona piszącego: „Nie definiuję czasu, przestrzeni, miejsca i ruchu, bo każdy wie, czym są”.

Cechą związaną z każdą twórczością ludzką, jest chęć (a wręcz konieczność) podzielenia się z innymi własnym osiągnięciem badawczym czy artystycznym. W tym zakresie w nauce obowiązuje wymóg opisanie dokonanych odkryć i upowszechnienia ich wraz z danymi udokumentowanymi, tak aby zawsze mogły być potwierdzone przez autora odkrycia lub jego odbiorców. Najlepiej, jeżeli taki opis najpierw zetknie się z recenzją pochodzącą od znawców przedmiotu. Im jest łatwiej niż autorowi dostrzec luki w przeprowadzonym rozumowaniu. Recenzenci mogą także podjąć doświadczenia kontrolujące lub uzupełniające daną hipotezę.

Po recenzji można już publikować swoje odkrycie – chwilowo doszliśmy do szczęśliwego końca. Jednak wielki urok i znaczenie nauki polega na tym, że każda hipoteza i każda teoria prowadzą do kolejnych pytań wymagających rozstrzygnięcia. Na szczęście wtedy znowu można posłużyć się... metodą naukową.

Prof. dr hab. Magdalena Fikus,
biofizyczka, popularyzatorka nauki,
współtwórczyni Festiwalu Nauki
w Warszawie. Członkini Rady
Programowej Centrum Nauki Kopernik.