



prof. dr hab. Jacek Witkowski

Jako profesor biologii komórki i immunologii kieruje Katedrą i Zakładem Fizjopatologii GUMed. Główne zainteresowania badawcze to procesy starzenia się komórek odpornościowych i związane z wiekiem choroby autoimmunizacyjne oraz neurodegeneracyjne. Tematyka ta należy do szerokiej dyscypliny *immunogerontologii*.

Czym jest nauka?

Naukę (współczesną lub w ogóle) można definiować na wiele sposobów, których tu jednak nie będę przytaczał. Skupię się na tym, czym nauka jest dla mnie. Definicje encyklopedyczne (w tym ta znaleziona w Wikipedii) określają naukę m.in. jako *autonomiczną część kultury służącą wyjaśnieniu funkcjonowania świata, w którym żyje człowiek*. To jednak definicja równie dobra, co (biorąc pod uwagę współczesne rozumienie pojęcia nauki) nieprawdziwa. Zgoda, nauka jest z pewnością częścią kultury, rozumianej jako ogół ludzkich wytworów materialnych i niematerialnych. Natomiast już wyjaśnienie funkcjonowania świata to pojęcie także współcześnie bardzo wieloznaczne i zależne od wielu nienaukowych uwarunkowań, w tym kulturowych, antropologicznych, religijnych... Na przykład wielu ludzi w różnych zakątkach globu wierzy, że jakieś bóstwo czy istota nadprzyrodzona użyło swej woli i mocy, aby stworzyć ten świat jakiś czas temu. Można by było oczywiście powiedzieć, że astrofizycy wierzą, że ponad 13,8 miliarda lat temu doszło do Wielkiego Wybuchu, w czym więc różnica? I tu właśnie, w odpowiedzi na to pytanie zaczyna się charakterystyka cech współczesnej nauki takiej, jaką ja trochę znam i uprawiam.

Czym więc jest dla mnie nauka?

Po pierwsze, nauka to ciekawość. Już ludzie w starożytności, a prawdopodobnie nawet wcześniej, być może wkrótce po uzyskaniu świadomości, zaczęli zadawać sobie pytania *jak?*, *dlaczego?*, czyli pytania o opis zjawisk i o ich przyczyny. Dokładnie te same pytania zadają sobie także

obecnie ludzie uprawiający różne dyscypliny nauki. W tym aspekcie celem nauki jest poznanie prawdy o danym fakcie, zjawisku czy procesie.

I tu dochodzimy do kolejnego pojęcia, nad którym od wieków biedzą się i deliberują filozofowie – cóż to jest prawda? I znowu mamy tu do czynienia z wieloma definicjami, ale we współczesnej nauce prawdę można zdefiniować jako zespół informacji uzyskanych określonymi, właściwymi danemu szczeblowi rozwoju nauki i jej dyscyplinie narzędziami, najdokładniej opisujący określony aspekt otaczającej człowieka rzeczywistości. Oczywiście, w nauce definicja ta obwarowana jest wieloma zasadami i zastrzeżeniami, o których poniżej, a których podstawowym wydźwiękiem jest to, że w nauce nie ma prawdy ostatecznej, ale prawda na teraz ma cechy niezależnie od autora tej naukowej prawdy określające jej wiarygodność, a więc prawdziwość. Te właśnie cechy różnią *prawdę naukową* od dowolnego nienaukowego zbioru wierzeń i przekonań.

Czego więc potrzeba, aby dojść do prawdy naukowej dla dowolnego interesującego nas zagadnienia? Po pierwsze, wspomnianej wyżej ciekawości (jak i dlaczego?) wynikającej prawdopodobnie z cech ludzkiego (a może i przedludzkiego) umysłu. Ta ciekawość może mieć, i w przeszłości również miała, aspekt praktyczny. Na przykład, chcemy lepiej poznać anatomię, fizjologię, biochemię, biofizykę i biologię molekularną ludzkiego układu krążenia (czy każdego innego), aby lepiej rozumieć, przewidywać i leczyć jego choroby. Ale nauka to nie tylko jej zastosowania, czyli *aplikacyjność* (aczkolwiek jest na ten jej aspekt kładziony coraz większy nacisk zwłaszcza przez gremia fundujące badania naukowe poprzez rozliczne granty i stypendia, gdzie możliwość zastosowania w praktyce uzyskanej wiedzy – rozszerzenia przestrzeni prawdy w danej dziedzinie – jest często bardziej atrakcyjna niż samo poznanie dla zaspokojenia ciekawości). Można przyjąć, że w naukach medycznych rozwój wiedzy ma zawsze na celu jej zastosowanie dla dobra obecnych i przyszłych pacjentów. Należy jednak podkreślić, że praktyczne konsekwencje i zastosowania danego naukowego odkrycia w medycynie czy naukach pokrewnych nie muszą, i zwykle nie są, natychmiastowe. Nie jest to jednak zasadą w wielu innych dyscyplinach nauki – trudno wyobrazić sobie praktyczne zastosowania naukowej astrofizyki i kosmologii opisującej narodziny Wszechświata czy też hipotetyzującej, że tych wszechświatów jest wiele (choćby praktyczne zastosowania astronomii są oczywiste i znane od wieków...). Mimo to jednak zastanawiamy się, także naukowo, nad takimi kompletnie nieprzydatnymi zagadnieniami...

Tu dochodzimy do następnego pojęcia, pierwszego z serii haseł ilustrujących zagadnienie, jak uprawiana jest współczesna nauka. Tym pojęciem jest *hipoteza naukowa*, czyli – prostszym językiem – pomysł badacza na wyjaśnienie poczynionych obserwacji. W bliskiej mi z racji uprawianej medycznej specjalności nauce patofizjologii takie hipotezy stawiane są często, jako propozycje wyjaśnienia etiopatogenezy tej czy innej, starej czy też pojawiającej się obecnie jako nowy byt choroby. Najprostsze przykłady to etiologia zakaźna lub genetyczna (mutacyjna) i patogeneza zapalna lub degeneracyjna, aby wymienić tylko parę. Czy hipoteza (nawet naukowa) to już prawda? Oczywiście nie! Aby dana hipoteza naukowa stała się, przynajmniej na jakiś czas (o czym poniżej) naukową prawdą, musi zostać *zweryfikowana*, czyli uprawdopodobniona przez naukowe badania. Celem każdego badania naukowego jest weryfikacja lub *falsyfikacja* hipotezy (w tym ostatnim przypadku mamy na myśli wykazanie, że dana hipoteza nie jest i nie może być prawdziwa).

Weryfikacja i falsyfikacja stawianych hipotez naukowych to podstawowy element *metody naukowej* opisywania rzeczywistości. Jak tworzy się hipotezy naukowe? Cóż, powstanie hipotezy może wynikać po prostu z własnych przemyśleń badacza na dany temat. Niestety, w związku z logarytmicznym rozwojem wiedzy zachodzącym obecnie we wszystkich jej dziedzinach (przynajmniej w odniesieniu do nauk przyrodniczych i medycznych) takie podejście może mieć dla badacza smutny skutek w postaci wyważania otwartych drzwi, czyli próby weryfikacji hipotezy, którą już dawno ktoś przed nim zweryfikował bądź sfalsyfikował. Nawet gdyby taki badacz uzyskał środki na tak postawiony projekt badawczy, ich wykorzystanie wydaje się tu mało produktywne (ale patrz niżej – obalanie paradygmatów). Dlatego obecnie (a w dobie szerokiego dostępu do depozytoriów wiedzy w dowolnej dziedzinie drogą Internetu jest to stosunkowo łatwe) badacz zajmujący się danym tematem i stawiający sobie jakąś hipotezę musi zapoznać się z tym, co na ten sam temat mieli do powiedzenia inni, zajmujący się nim wcześniej. Nie znaczy to jednak, że to, co na dany naukowy temat (także w medycynie!) zostało już zbadane i opublikowane, jest ostateczną prawdą na wieki wieków (patrz niżej).

Metoda naukowa (w odniesieniu do różnych dziedzin nauki zwracająca uwagę na różne aspekty zdobywania i weryfikacji wiedzy, ale w sumie ta sama dla wszystkich naukowych dyscyplin) to zespół standardowych działań mających zweryfikować lub sfalsyfikować jakąś naukową hipotezę postawioną przez danego badacza lub kogoś innego, zajmującego się

tą samą lub pokrewną dziedziną nauki. Czasami w ośrodku naukowym panuje przekonanie, a nawet niepisana zasada, że jeśli jeden z zatrudnionych w nim badaczy czy zespołów badawczych zajmuje się jakąś tematyką, to innym badaczom czy zespołom z tego samego ośrodka wara od tego tematu. Jest to oczywiście podejście błędne, gdyż nawet w jednym ośrodku mogą powstać różne hipotezy na ten sam temat, a do czasu rzetelnej weryfikacji lub falsyfikacji każdej z nich nie można osądzić, która jest prawdziwa (bądź fałszywa). Najkorzystniejszym, optymalnym podejściem byłoby w takim wypadku połączenie sił wszystkich zainteresowanych badaczy czy ich zespołów zainteresowanych jakimś tematem, w celu jego jak najpełniejszego rozwiązania).

Elementami metody naukowej są *narzędzia naukowe* i *badania naukowe*. Narzędzia naukowe to zespół materialnych i niematerialnych wytworów umysłu i rąk ludzkich, wytworzonych specyficznie w celu rozwiązania danego problemu naukowego lub, częściej, w celu rozwiązywania grup pokrewnych problemów. Narzędzie naukowe jest często swoiste dla danej dyscypliny (np. ankiety dla nauk socjologicznych, równania i inne konstrukty matematyczne dla nauk ścisłych, technika barwienia bakterii w mikrobiologii), ale może też być uniwersalne (np. metody statystyczne można stosować do opisu zachowań atomów, komórek i społeczności, mikroskop elektronowy równie dobrze pokaże strukturę dowolnej komórki jak kryształu, a teleskopu można użyć do oglądania planet, gwiazd (astronomia) lub naukowego podglądania innych ludzi (nauki behawioralne czy kryminologia) i zwierząt (etologia). Narzędzie naukowe czy ich zespół musi być dobrze dobrany do stawianego problemu, tak aby dostarczyć jak najwięcej wyników pozwalających na weryfikację czy falsyfikację hipotezy badawczej. Źle dobrane narzędzia badawcze dostarczą bezwartościowych, a często mylących wyników!

Na czym polegają badania naukowe, uważane we współczesnej nauce za jedyny właściwy sposób weryfikacji/falsyfikacji stawianych hipotez? Dobrze zaplanowane badanie naukowe stawia hipotezę, a następnie rozbija ją na drobniejsze zagadnienia – *pytania badawcze*. Zastosowanie odpowiednich narzędzi daje odpowiedzi na poszczególne pytania, a suma tych odpowiedzi jest ostatecznie interpretowana w celu ostatecznego stwierdzenia czy dana hipoteza jest prawdziwa, czy fałszywa, a następnie publikowana w dostępnej dla wszystkich zajmujących się daną dziedziną wiedzy (i nie tylko).

Cele publikacji własnych wyników naukowych są liczne. Przede wszystkim, badacz chce (a przynajmniej powinien) poddać swoje hipotezy, metody ich weryfikacji, wyniki i wnioskowanie rygorystycznej ocenie innych badaczy zajmujących się tą dziedziną wiedzy, czyli recenzji przez równych (ang. *peer review*). W założeniu, recenzja taka zapewnia, że środowisko naukowe uznaje poprawność hipotezy, zastosowanych metod i narzędzi, rzetelność przedstawienia wyników (patrz niżej) i poprawność wnioskowania. Nie powinien mieć na nią wpływu stosunek recenzenta do tematu, nawet jeśli ma on na dany temat inną, odmienną od recenzowanej, hipotezę, którą sam bada. Publikacja wyników badań naukowych, jeśli jest wykonana właściwie i rzetelnie, pozwala innym badaczom na powtórzenie opisanych badań i doświadczeń w celu sprawdzenia czy autor publikacji mógł rzeczywiście zaobserwować to, co opisał. Oczywiście nie chodzi tu o kwestionowanie opisanych wyników *a priori*; raczej, o ich potwierdzenie przez innych badaczy, co podnosi ich wiarygodność.

Uwaga: ponieważ opisywanie dokładnie tego samego, co już ktoś zrobił jest wybitnie nieproduktywne i czasopisma fachowe nie publikują takich powtórek, zrobionych tymi samymi metodami, na tym samym materiale badawczym i na podstawie tej samej hipotezy, zwykle autorzy takich prac twórczo rozwijają hipotezy swoich poprzedników dodając własne pytania badawcze, stosując nieco inne narzędzia itp. Zdarza się także, że powtarzający pracę poprzedników zespół, stosując te same narzędzia, materiał i metody co opisane, uzyska inne, czasami wręcz przeciwne, wyniki.

I tu dochodzimy do problemu *rzetelności, uczciwości i etyki naukowej*. Nauka ma sens jako źródło poznania (poszerzenia wiedzy) tylko i wyłącznie, jeśli badania naukowe są rzetelnie przeprowadzone i przedstawione. Co oznacza rzetelność w odniesieniu do przeprowadzanych badań? Przede wszystkim wykonywanie ich w najlepszy dostępny badaczowi sposób, bez apriorycznego przyjmowania, że wyniki muszą potwierdzić jego hipotezę. To ostatnie czasem prowadzi do negowania wyników odbiegających od takiego założenia (*moja hipoteza musi być poprawna; skoro wyniki mówią inaczej, tym gorzej dla wyników*), fałszowania raportów naukowych czy przedstawiania w publikacji tylko tych wyników, które się badaczowi podobają, nawet jeśli uzyskał on także wyniki odmienne (przykładem może być sprawa sprzed wielu lat, gdzie badacze (w tym jeden z noblistów!) w dziedzinie doświadczalnej transplantologii próbowali udowodnić swoją hipotezę o skuteczności pewnej manipulacji dla utrzymania przeszczepu skóry u myszy poprzez malowanie – poprawianie koloru –

przeszczepionej skóry, tak aby wyglądała na nieodrzuconą...). Jedyne właściwe jest oczywiście przedstawienie wszystkich uzyskanych wyników, a jeśli nie potwierdzone założonej hipotezy, jej zmiana. Zachowaniu rzetelności badawczej służy prowadzenie dokładnych protokołów i dzienników badań, zawierających wszystkie obserwacje, wyniki, metody, uwagi i interpretacje. Po wspomnianej wyżej aferze w wielu ośrodkach wprowadzono zasadę, aby karty w takich notatnikach były numerowane. Oczywiście w dobie elektronicznej dokumentacji badań możliwe i coraz trudniejsze do wykrycia są różne nieuczciwości podejmowane przez badaczy dla sławy, pieniędzy... ale wcześniej czy później wykrywane przez innych badaczy zagadnienia, co kończy się nie tylko wycofywaniem już opublikowanych prac naukowych jako nierzetelnych (nawet z tak znamienitych periodyków, jak *Nature* czy *Science*), ale jest także końcem kariery naukowej autora nierzetelnych badań.

Rzetelność badacza to także jego pokora – dopuszczenie, że może się mylić i że jego ulubiona hipoteza jest po prostu nieprawdziwa. Badawcza uczciwość to także unikanie plagiatu – nie wolno nie swojej hipotezy i/lub wyników przedstawiać jako własnej, a jeśli badamy to samo zagadnienie co inni przed nami, zawsze musimy w swoich publikacjach przytaczać udokumentowane obserwacje tych poprzedników i ich interpretacje, próbując wytworzyć nową wiedzę ze złożenia własnych wyników z już opublikowanymi. Rzetelność badacza to świadomość ograniczeń – w sensie ciągłej niekompletności dostępnej wiedzy na dowolny temat, która jest oczywiście także zaczynem do dalszych badań, ale także niedoskonałości dostępnych – nawet najlepszych – narzędzi i technik, a wreszcie ograniczeń wynikających z takich czy innych cech rozumu badacza (właśnie m.in. przywiązania do własnych hipotez).

Osobnym zagadnieniem jest sprawa etyki naukowej, czyli tego co (oprócz spraw zasygnalizowanych powyżej) badaczowi wolno, a czego nie. I nie chodzi tu oczywiście o jakiegokolwiek ograniczanie czy cenzurowanie myśli i naukowych hipotez tylko o to, że zwłaszcza w medycynie – nie można przeprowadzić wszystkich (w szczególności inwazyjnych) badań na materiale ludzkim. W celu obejścia tego etycznego problemu posługujemy się różnorodnymi *modelami badawczymi* – w biomedycynie są to badania na zwierzętach, na hodowlach *in vitro* komórek i tkanek i wreszcie modelowanie *in silico*, czyli za pomocą technik matematycznych i informatycznych. To ostatnie dobrze nadaje się do sprawdzania postawionych hipotez w konfrontacji z wynikami uzyskanymi bardziej tradycyjnymi metodami, ale nie może ich zastąpić. Modele badawcze wykorzystują-

ce zwierzęta doświadczalne (abstrahując od ich często wątpliwych aspektów etycznych) odpowiadają na zadane pytania badawcze, ale w kontekście anatomii, fizjologii, biochemii, genetyki itd. charakteryzujących dany gatunek zwierzęcia, który jest przecież odmienny od gatunku *Homo sapiens*. Uzyskane odpowiedzi należy więc interpretować bardzo ostrożnie i nie można ich bezpośrednio przenosić na człowieka. Dotyczy to zwłaszcza modeli zwierzęcych (i uzyskanego dzięki nim wglądu w etiopatogenezę) wielu chorób i patologicznych procesów, które to modele mogą nawet znacznie różnić się z ludzką patologią...

W Polsce problemami etyki w nauce zajmuje się Kodeks Etyki Pracownika Naukowego, sformułowany przez Komisję do spraw Etyki w Nauce PAN. Nie ma on jednak charakteru absolutnego prawa, a jest tylko zbiorem wytycznych.

Wreszcie system prawdziwych i zweryfikowanych hipotez w danej dziedzinie nauki tworzy *paradygmaty*. Na przykład obowiązującym, dobrze zweryfikowanym paradygmatem jest, że infekcja bakteryjna poprzez produkty rozpadu i wydzieliny bakterii indukuje odpowiedź zapalną, a ta wywołuje określone skutki rozpoznawane jako objawy tejże infekcji. Czy paradygmaty są wieczne? Oczywiście nie. Paradygmat w dowolnej dziedzinie nauki (także nauk medycznych) może zostać obalony i zastąpiony przez inny, nowy paradygmat, o ile rozwijające się narzędzia naukowe i uzyskana dzięki nim nowa wiedza w tej dziedzinie doprowadzą do falsyfikacji hipotez, do tej pory uważanych za prawdziwe i naukowo udowodnione. Tak stosunkowo niedawno zmienił się paradygmat dotyczący etiopatogenezy reumatoidalnego zapalenia stawów – z autoimmunologicznej choroby o podłożu humoralnym, w której wytworzenie auto przeciwciał miało być pierwszą przyczyną patologii, w kierunku choroby nadal autoimmunologicznej, ale w której zacyzynnem wydaje się być zaburzona funkcja limfocytów T. Ten przykład ilustruje niepokojący fakt, że nawet w medycynie współczesnej nie ma nic stuprocentowo pewnego i wiedza, którą mamy obecnie może zostać rozszerzona, zmieniona częściowo, a nawet zupełnie sfalsyfikowana w bliższej lub dalszej przyszłości (często jeszcze za naszego zawodowego i naukowego życia, przez nas samych lub innych badaczy). To uczy pokory i ostrożności.

Podsumowanie

Nauka we współczesnym rozumieniu to zobiektywizowany (niezależny od postaw i poglądów badawcza) sposób powiększania zasobu dostęp-

nej wiedzy o różnych aspektach otaczającej rzeczywistości. Nauka jest funkcją ludzkiej ciekawości i dążności do poznania, która może, ale nie musi, mieć praktyczne zastosowanie (w medycynie to upracticznienie badań naukowych jest pożądane, jako służące dobru pacjentów i poprawie stanu zdrowia populacji). Realizacja nauki zakłada postawienie hipotez, ich weryfikację lub falsyfikację za pomocą właściwych dla dyscypliny naukowej narzędzi i metod, a następnie upublicznienie w celu poddania ocenie specjalistów w danej dziedzinie. Nauka nie posiada i nie tworzy prawd absolutnych – to co jest prawdziwe na pewnym etapie poznania, może być zanegowane na etapie późniejszym.

Polecana literatura

Wszystkim zainteresowanym polecam dzieła prawdopodobnie najwybitniejszego filozofa nauki – sir Karla Poppera. Pomimo że część z nich powstała 80 lat temu, jego przemyślenia na temat logiki nauki, jej roli, sposobów zdobywania wiedzy są nadal aktualne. Najważniejsze pozycje to:

1. *Logika odkrycia naukowego*, wyd. I: Wyd. PWN, Warszawa 1977, przedm. J. Kmita; s. 382, wyd. II: Wyd. PWN, Warszawa 2002, ss. 383, ISBN 83-01-13870-X, wyd. III: Fundacja *Aletheia*, 2002, ISBN 83-89372-01-0, Wyd IV: Wyd. Antyk, 2003, (*Logik der Forschung* 1934).
2. *Droga do wiedzy. Domysły i refutacje*, Wyd. PWN, Warszawa 1999, (*Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge* 1963).
3. *Wiedza obiektywna: Ewolucyjna teoria epistemologiczna*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002, s. 512, ISBN 83-01-13920-X, (*Objective Knowledge: An Evolutionary Approach* 1973). Pozycja nieco trudniejsza dla czytelnika bez przygotowania filozoficznego.