

## 1.1 Metoda naukowa i wyjaśnianie świata

### 1.1.1 Logika dwuwartościowa

i. We wstępie opisaliśmy, jak ciekawość świata jest cechą wszystkich ludzi. Nie wynika ona tylko z konieczności „biologicznych” – poszukiwania pożywienia i schronienia. Ciekawość innych krajów, nowych filmów, aktualnych wpisów internetowych czy nawet wydarzeń w telenoweli jest wyłączną własnością człowieka.

ii. Wyłączną cechą gatunku ludzkiego jest też umiejętność logicznego myślenia. Za logiczne myślenie nie uważamy tu zdobywania doświadczenia metodą prób i błędów przez wronę zrzucającą orzech przed nadjeżdżający samochód, ale umiejętność stawiania pytań i dawania odpowiedzi: tak albo nie. Nazywamy taki sposób myślenia *dychotomicznym* – albo coś jest prawdą, albo nie. Ścisła umiejętność logicznego rozgraniczania wywodzi się od Greków, a w szczególności od Arystotelesa, który jako pierwszy ustalił główne kategorie pojęciowe.

#### Logika dwu-wartościowa

Wnioskowanie logiczne, wyrażone słownie, łatwo przedstawić w sposób matematyczny, zapisując stwierdzenie prawdziwe jako „1” a fałszywe jako zero. Wówczas złożone struktury zdań nabierają przejrzystości. I tak na przykład mówiąc, że Jan jest blondynem i Paweł jest blondynem, mamy na myśli, że *oba* są blondynami. Gdyby jeden z nich był brunetem, zdanie nie byłoby prawdziwe. Spójnik „i” matematycznie zapisujemy np. jako  $\wedge$ , a zdanie ze spójnikiem „i”, czyli łącznikiem nazywamy „złączeniem”, czyli *koniunkcją*. Koniunkcja jako całość jest prawdziwa tylko wówczas, gdy *oba* zdania są prawdziwe. Logicy przedstawiają to w postaci tabelki, nazywając pojedyncze zdania  $p$  i  $q$ . Mamy kilka możliwości, na zdania  $p$  i  $q$  – mogą one być prawdziwe lub fałszywe. W tabelce pojawiają się więc 4 wiersze - możliwe kombinacje  $p$  i  $q$ .

$p$	$q$	$p \wedge q$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Tab. 1.1 Wartości logiczne koniunkcji – aby koniunkcja była prawdziwa, oba zdania składowe muszą być prawdziwe.

Jasno wynika z takiej tabelki, że *koniunkcja* jest prawdziwa jedynie wtedy, gdy *oba* jej składniki są prawdziwe. Odmienne jest dla innej konstrukcji zdaniowej, ze spójnikiem „lub”. Paweł jest blondynem lub Jan jest blondynem. Wystarczy, aby choćby jeden z nich był blondynem, aby całe zdanie było prawdziwe. Taką konstrukcję nazywamy *alternatywą*, choć nie jest to szczególnie poprawne określenie w języku polskim<sup>1</sup>. Tabela prawdy i fałszu dla alternatywy przedstawia zestawienie poniżej, gdzie spójnik „lub” zapisujemy jako  $\vee$ .

$p$	$q$	$p \vee q$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Tab. 1.2. Wartości logiczne alternatywy – alternatywa jest prawdziwa, gdy przynajmniej jedno ze zdań jest prawdziwe.

Ciekawym przypadkiem jest zdanie wnioskowania logicznego: „jeżeli, to”. Zdanie to zapisujemy symbolicznie ( $p \rightarrow q$ ). Zdanie  $p$  nazywamy założeniem, lub przesłanką, zdanie  $q$  – wnioskiem. Większość twierdzeń matematycznych ma strukturę „jeżeli, to”. Tego rodzaju są też stwierdzenia rodziców, a też ogólnie – wnioskowanie naukowe. Konstrukcję „jeżeli, to”, nazywamy „wnioskowaniem”, z greckiego *indukcją*. Tabela prawdziwości indukcji jest niezwykle ciekawa. Wnioskowanie indukcyjne jest uważane za błędne jedynie wtedy, gdy z poprawnej przesłanki wyciągany jest błędny wniosek. Model geocentryczny greckiego astronoma Ptolemeusza błędnie zakładał, że planety krążą dookoła Ziemi po skomplikowanych układach okręgów, ale poprawnie przewidywał położenia tych planet na niebie obserwowanym z Ziemi – dokładniej niż model Kopernika.

<sup>1</sup> Zazwyczaj przez słowo „alternatywa” określamy w języku potocznym stwierdzenie „albo, albo”. Ale spójniki „lub” i „albo” są również kiepsko określone np. w języku angielskim. „or” oznacza nasze „lub”, a jeśli chcemy określić logiczne „albo, albo”, mówimy „exclusive or”, czyli w elektronice „XOR”.

$p$	$q$	$p \rightarrow q$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Tab. 1.3. Wartości logiczne indukcji – wnioskowanie jest logicznie błędne, gdy z poprawnych przesłanek wyciągane są fałszywe wnioski.

W oparciu o powyższe tabele logiczne działają wszystkie komputery świata – układy elektroniczne przypisują wartości logiczne „0” i „1” określonym napięciom (np. w tzw. technologii TTL „0” napięciom do 0,8 V a „1” od 2,0 do 5,0 V) i dokonują na nich operacji elektrycznych, po czym wynik jest tłumaczony na język dla nas zrozumiały.

Logika była systematycznie rozwijana przez stulecia – przez filozofów, teologów, matematyków. Żyjący w latach 1300-1350 Wilhelm Ockham stworzył monumentalne dzieło pt. *Suma logiczna*. Księga ta zawiera np. to, co dziś zaliczamy do logiki matematycznej, jak tzw. kwantyfikatory – „dla każdego  $x$  zachodzi”, „istnieje takie  $x$ , że”. Są w niej również zasady gramatyki, np. sposoby budowania zdań złożonych – współrzędnych (w terminologii Ockhama łącznych, czyli ze spójnikiem „i”, rozłącznych, ze spójnikiem „lub”), podrzędnych (np. przyczynowych - „ponieważ”, czasowych - „kiedy” itd.).

O wnioskowaniu (czyli logicznej indukcji) pisał Ockham tak: „z prawdy nigdy nie wynika fałsz. Z tego względu, ilekroć poprzednik jest prawdziwy a następnik fałszywy, konsekwencja nie jest poprawna”.

Z jego nazwiskiem wiązana jest tzw. zasady „brzytwy Ockhama” – nie należy mnożyć bytów (tj. pojęć) ponad konieczność. Nie była ona sformułowana dokładnie tak, ale przewija się przez całą *Sumę*. „Nie należy tego rozumieć w ten sposób, że coś, co nie istnieje w rzeczywistości, ale może istnieć, jest prawdziwie bytem”.<sup>2</sup>

Zasady logiki, jak „zasada sprzeczności”, czy „zasada wyłączonego środka” (po łacinie – *tertium non datum*, nie ma trzeciej możliwości) są podstawą wszelkiego rozumowania. Obowiązują matematyków i naukowców, ale też prawników<sup>3</sup>, ekonomistów, polityków. Są również podstawą wszystkich języków.

Strukturę logiczną mają gramatyki wszystkich języków, choć każdy z nich inną. Struktura ta ma na celu jednoznaczne (i szybkie) rozszyfrowanie informacji przez słuchacza. Służą temu tak fonetyka, czyli wymawianie zgłosek, tak odmiana (deklinacja, koniugacja) jak i składnia a też intonacja.

Zacznijmy od intonacji, w której każde zdanie przypomina krótką strofę sikorki lub zięby: łatwo poznać z wysokości głosu (opadający), kiedy zdanie zmierza ku końcowi.

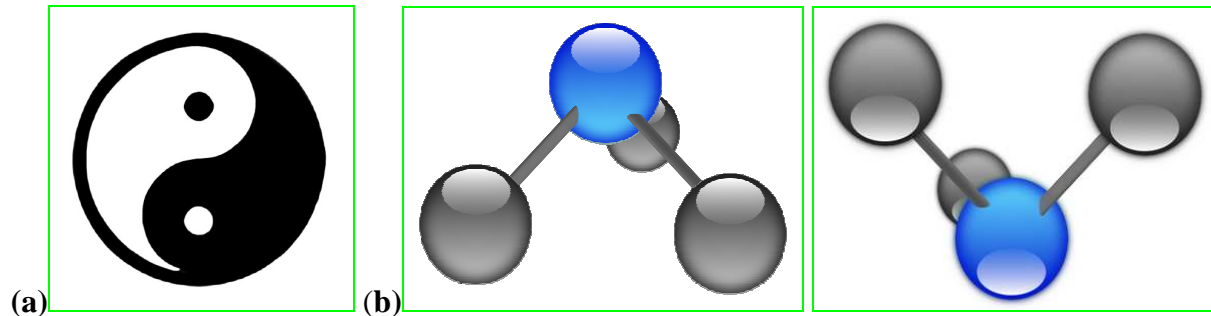
Również odmiana części mowy oznacza się swoją logicznością. Rzeczowniki w języku polskim podlegają deklinacji, która jest tak skomplikowana jak ta łacińska. Deklinacja niemiecka jest prostsza, ale dodatkowo używa przedimków (*der, das*). We włoskim deklinacja rzeczownika zanikła, ale użycie przedimków jest bardzo rozbudowane a ich rodzaju (określony, nieokreślony) zmienia sens zdania.

W fonetyce obowiązuje zasada, jak to nazywamy półtora bitu: wyrazy różniące się od siebie jedną zgłoską mają jeszcze pewne inne rozróżnienia, np. w sposobie odmiany. Dwa (a właściwie trzy) podobne rzeczowniki – książd, książę (i Książ), różnią się nie tylko ostatnią spółgłoską, ale i dodaną (w „książę”) samogłoską ; różna jest też liczb mnoga: księża, książęta. Językoznawcy powiedzą: „takie są reguły ewolucji języka”, ale o dziwo, reguły te prowadzą do większej a nie mniejszej jednoznaczności.

**iii.** Dwuwartościowa logika „0” i „1” jest podstawą całego myślenia współczesnego człowieka, szczególnie w tzw. kulturze zachodniej. Nie jest to jednak jedyna możliwa logika. W języku włoskim istnieje zabawne określenie „ni”, które jest skrzyżowaniem „sì”, czyli „tak”, z włoskim „nie”, czyli „no”. Często wynik pieczołowicie przeprowadzonego doświadczenia naukowego daje właśnie wynik „ni” – ani tak, ani nie. A w kulturach wschodnich dwa przeciwstawne filozofie świata „jing” i „jang” nawzajem się przenikają, jak na znanym rysunku poniżej.

<sup>2</sup> Wilhelm Ockham, *Suma logiczna*, Księga I, rozdział 38, przełożył T. Włodarczyk, PWN, Warszawa, 2010

<sup>3</sup> Polecamy książkę wybitnego polskiego filozofa z przełomu XIX i XX w. Tadeusza Kotarbińskiego, Wyd. VIII, *Kurs logiki dla prawników*, PWN, Warszawa, 1975.



**Rys. 1.1a.** Dwa składniki – filozofie świata kultur wschodnich „jing” i „jang” nawzajem się przenikają. **b.** Dylematy mechaniki kwantowej – nie wiemy, czy atom azotu w cząsteczce amoniaku znajduje się pod, czy nad atomami wodoru. Uważamy, że jest on jednocześnie w obu położeniach. Ba! Wcale nie łatwo zmusić obwody elektroniczne do pracy „0” i „1” – są to specjalnie projektowane układy tranzystorów. Elektronika znacznie „chętniej” pracowałaby na logice „ciągłej”, w której napięcia regulowane są gałką (lub suwakiem), jak w głośniku komputera. Być może i nasz mózg działa w sposób bogatszy niż sygnały „0” i „1”.

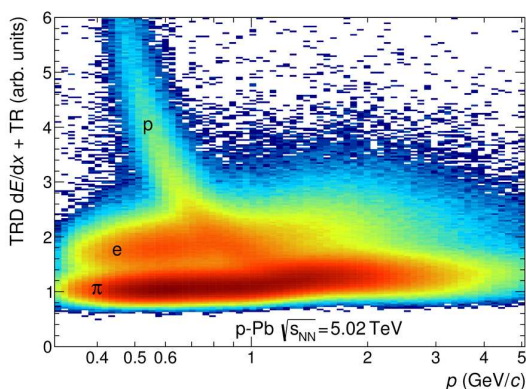
Współczesna fizyka kwantowa czyni logikę „tak” albo „nie” bardzo ulotną. Fizycy teoretycy uważają (zresztą słusznie), że np. w cząsteczce amoniaku, nie jest możliwe stwierdzenie, czy atom azotu jest pod czy nad trzema atomami wodoru. Uważamy, że jest on jednocześnie i pod i nad. Zagadek tego typu pojawia się coraz więcej, im bardziej zagłębiamy się we współczesną fizykę<sup>4</sup>. Mimo to, w dalszej części książki będziemy używać jedynie logiki dwuwartościowej, tej z codziennego życia i z metody naukowej.

We współczesnej fizyce obiekty mogą być jednocześnie „bytem”, jakby to powiedział Wilhelm Ockham, i „anty-bytem”, czyli jego zaprzeczeniem. Elektron, stabilna cząstka elementarna o ujemnym ładunku elektrycznym (i z tego powodu nazywana czasem *negaton*) posiada swą anty-cząstkę, pozyton, o identycznych własnościach, jak np. masa, ale o ładunku dodatnim. Gdy elektron spotka się z pozytonem, oba znikają, a ich masa zamienia się w energię dwóch kwantów gamma - cząstek światła (o zerowej masie spoczynkowej) a wielkiej energii.

Ale tak zwany pion, cząstka o masie 265 razy większej niż elektron, a obecna w jądrach atomowych (gdzie pośredniczy w wiązaniu neutronów i protonów w stabilne jądro) nie jest cząstką niepodzielną, jak elektron, a składa się z tzw. kwarków. Pion ujemny i dodatni składa się z odpowiednich kombinacji kwarków dodatnich i ujemnych. Ale kwark elektrycznie obojętny, jest sumą kwarków i anty-kwarków. Nie do końca wiemy, czy one na pewno tam tak istnieją, ale matematycznie zapisujemy, że pion neutralny jest sumą

$$\pi^0 = 1/\sqrt{2}(\underline{d}d + u\bar{u}),$$

gdzie przez *d* oznaczyliśmy tzw. kwark *down*, a przez *u* – kwark *up*, a podkreślenie oznacza anty-kwark. Co raz częściej potrafimy „byty” zapisać matematycznie, choć nie w pełni rozumiemy sens tych zapisów.



**Rys. 1.1c.** Rejestracja cząstek elementarnych (proton *p*, elektron *e*, pion  $\pi$ ) w eksperymencie ALICE w Europejskim Centrum Badań Jądrowych CERN – ilość zliczeń w zależności od prędkości (a właściwie pędu) cząstek.

[Performance of the ALICE Experiment CERN LHC <http://aliceinfo.cern.ch/ArtSubmission/node/716>]

<sup>4</sup> Nie tylko fizyka ma kłopoty z rozgraniczeniem prawda czy fałsz. Historia – złożenie tysięcy drobnych zdarzeń - inaczej jest postrzegana przez jej różnych uczestników, inaczej przez badaczy. Przywołały jednak ponownie Św. Jana Pawła II, który w Encyklice „Wiara i rozum” przestrzega, że Prawda (w sensie Wiary) jest tylko jedna.