



Naukoznawstwo

Michał Lipnicki
Zakład Logiki Stosowanej UAM
michal.lipnicki@amu.edu.pl

Metody naukowe

Metoda – systematycznie stosowany sposób działania w jakiejś dziedzinie.

Metoda naukowa – sposoby układania się czynności naukowych w całość; świadomy sposób postępowania, wyznaczający kolejne etapy postępowania uczonych, których efektem jest realizacja celów nauki.

Metody naukowe można podzielić na:

- niezawodne – metody dedukcyjne;
- zawodne – metody redukcyjne.

Metody naukowe

W dedukcji wyprowadzamy zdania szczegółowe ze zdań ogólnych. W rozumowaniu dedukcyjnym wniosek wynika logicznie z przesłanek

We wnioskowaniach redukcyjnych przesłanki jedynie uprawdopodobniają wniosek. Kierunek wnioskowania jest przeciwny do kierunku wynikania logicznego (to przesłanki wynikają z wniosku).

Do metod redukcyjnych zalicza się m.in.. indukcję.

Metoda dedukcyjna

Metoda dedukcyjna polega na wyprowadzaniu logicznych konsekwencji z poczynionych założeń i postawionych hipotez. Wniosek wynika z przesłanek na mocy jakiegoś prawa (schematu) logicznego.

Metoda dedukcyjna w przeciwieństwie do metody indukcyjnej jest metodą niezawodną (prawdziwe przesłanki prowadzą do prawdziwego wniosku), ponieważ używamy niezawodnych narzędzi, jakimi są prawa logiki.

Dedukcja

Reguły dedukcyjne są to reguły pozwalające uznawać zdania o określonej strukturze na podstawie innych już uznanych zdań.

Regułą dedukcyjną jest reguła odrywania mówiąca, że jeżeli prawdziwa jest zarówno implikacja jak i jej poprzednik, to prawdziwy jest też następnik, np.

Jeżeli pada deszcz, to biorę parasol.

Pada deszcz.

Zatem biorę parasol.

Dedukcja

Charakter dedukcyjny ma np. wnioskowanie sylogistyczne, w którym z przesłanek wyprowadza się w sposób niezawodny wniosek.

Wnioskowanie sylogistyczne opiera się na tzw. trybach, których kształt pochodzi od Arystotelesa. Zdania występujące w trybach mogą być czworaki:

- ogólnotwierdzące – każde A jest B ;
- szczegółotwierdzące – pewne A są B ;
- ogólnoprzeczące – żadne A nie jest B ;
- szczegółoprzeczące – niektóre A nie są B .

Niektóre z usystematyzowanych trybów to:

Barbara:

MaP

SaM

SaP

Jeżeli każde M jest P i każde S jest M, to każde S jest P.

Każdy, kto jest świetnym kierowcą jest też wyśmienitym kochankiem.

Każdy Polak jest świetnym kierowcą.

Zatem każdy Polak jest wyśmienitym kochankiem.

Cesare:

PeM

SaM

SeP

Jeżeli żadne P nie jest M i każde S jest M, to żadne S nie jest P.

Żaden Polak nie należy do loży masońskiej.

Każdy, kto posiada przynajmniej 100000 PLN, jest masonem.

Tym samym nikt, kto posiada 100000 PLN nie jest Polakiem.

Metoda dedukcyjna

Badaniem rozumowań dedukcyjnych zajmuje się logika, jednakże za jej pomocą nie można rozstrzygnąć problemu prawdziwości przesłanek.

Rozumowanie może być poprawnie przeprowadzonym rozumowaniem dedukcyjnym nawet, jeżeli któraś z przesłanek jest fałszywa.

Dwa powyższe przykłady pomimo, że przedstawiają poprawnie przeprowadzone rozumowanie, to opierają się na fałszywych przesłankach.

System dedukcyjny

System dedukcyjny może być rozpatrywany jako zbiór złożony ze zdań przyjętych bez dowodu (aksjomatów), oraz zdań przyjętych na podstawie dowodów, których przesłankami są bądź twierdzenia pierwotne bądź ich konsekwencje.

Budowanie systemu dedukcyjnego

1. Definicja zdania sensownego – ustalona jest lista wyrażen prostych (tj. stałe, zmienne, nawiasy) oraz reguły formowania, które wymieniają warunki wystarczające, aby jakieś wyrażenie było sensowne w danej teorii.
2. Wyraźne wymienienie wszystkich aksjomatów i terminów pierwotnych.
3. Definicje – wprowadzanie do systemu terminów pochodnych odbywa się na mocy definicji o ściśle określonej strukturze.
4. Reguły dowodzenia – jako twierdzenia pochodne systemu dedukcyjnego przyjmuje się tylko te zdania, które zostały udowodnione na gruncie tego systemu. Udowodnić jakieś twierdzenie w systemie znaczy tyle, co wyprowadzić te twierdzenie z aksjomatów tego systemu przy pomocy reguł dowodzenia (reguł dedukcyjnych), np. reguły odrywania lub reguły podstawiania.

Indukcja

Rozwój metody indukcyjnej jest bezpośrednio związany z rozwojem nauk empirycznych.

(F. Bacon *Novum Organon*).

Podstawowym założeniem tzw. naiwnego indukcjonizmu jest pogląd, że stwierdzenia o stanie świata można wyprowadzić lub wskazać ich prawdziwość w bezpośredni sposób, odwołując się do zmysłów obserwatora.

Uzyskane *zdania obserwacyjne* stanowią podstawę, z której wyprowadza się prawa i twierdzenia naukowe.

Indukcja

Zdania obserwacyjne są *zdaniem szczegółowymi*, czyli takimi, które odnoszą się do pojedynczych zjawisk i stanów rzeczy w pewnym określonym miejscu i czasie.

Wg naiwnego indukcjonizmu na podstawie skończonej liczby szczegółowych zdań obserwacyjnych można, po spełnieniu określonych warunków dokonywać uogólnień; formułować *zdania ogólne* - stwierdzające coś o własnościach lub zachowaniu jakiegoś aspektu wszechświata, odnoszące się do wszystkich wydarzeń danego rodzaju, niezależnie od czasu i miejsca.

Indukcja



Warunki uprawniające uogólnianie zdań szczegółowych to:

1. ilość zdań obserwacyjnych musi być odpowiednio duża;
2. obserwację należy powtarzać w różnorodnych warunkach;
3. Żadne zdanie obserwacyjne nie może przeczyć uogólnieniu.

Indukcja

Indukcja enumeracyjna przebiega wg schematu: Przedmiot x należący do pewnej klasy X posiada pewną cechę A ; przedmiot x_1 należący do tej samej klasy X również posiada cechę A ... przedmiot x_n należący do klasy X posiada cechę A ; nie stwierdzono istnienia takiego y , który należąc do klasy A nie posiada cechy X . Tym samym wszystkie przedmioty należące do klasy A posiadają cechę X .

Indukcja enumeracyjna może być:

- zupełna – klasa A składa się ze skończonej liczby obiektów; stwierdzono, że wszystkie posiadają cechę X . Jest to metoda niezawodna, lecz o bardzo małym stopniu stosowalności.
- niezupełna – klasa A jest nieskończona bądź prawidłowość uznaje się jako wniosek po przebadaniu nie pełnej listy przedmiotów należących do A . Jest to metoda zawodna.

Indukcjonistyczna wizja nauki

Zgodnie z podejściem indukcjonistycznym nauka to nic więcej ponad uogólnianie wyników eksperymentów poprzez tworzenie praw naukowych oraz sprawdzaniu tych praw przez następne eksperymenty.

Uogólnienia mają powstawać na drodze *indukcji*, natomiast prawa nauki mają być uzasadniane na drodze *konfirmacji*.

Nauka w ujęciu indukcjonizmu jest obiektywna, ponieważ obserwacje jak i rozumowanie indukcyjne są obiektywne. Zdania obserwacyjne są łatwo sprawdzalne, a ich prawdziwość nie zależy od żadnych subiektywnych czynników (np. przekonań, nadziei).

Konfirmacja

Schemat konfirmacji:

ze sprawdzanego prawa T wyprowadzamy prognozę O ;
przeprowadzamy eksperymenty; stwierdzamy, że prognoza O jest prawdziwa (wyniki eksperymentu ją potwierdzają); uznajemy, że prognoza O potwierdza sprawdzane prawo T .

Konfirmacja jest procedurą redukcyjną, a tym samym zawodną.
Konfirmacja pewnego prawa przebiega poprzez sprawdzenie się prognozy.

Aby schemat konfirmacji w lepszym stopniu odzwierciedlał właściwą charakterystykę działań należy uwzględnić w nim warunki początkowe (W) i wiedzę towarzyszącą (H).

$$[T \wedge H_1 \wedge \dots \wedge H_n \wedge W \rightarrow O] \wedge O \rightarrow T \wedge H_1 \wedge \dots \wedge H_n \wedge W$$

Problem uzasadnienia indukcji

D. Hume'a krytyka indukcjonizmu:

Albo wiedza jest pewna, ale wtedy dotyczy tylko idei skonstruowanych przez nasz umysł (matematyka), albo dotyczy faktów realnego świata, ale wtedy pozbawiona jest pewności.

Ponadto Hume wskazywał, że na podstawie indukcji niczego nie dowodzimy. Kolejne obserwacje wprowadzają nas tylko w stan przyzwyczajenia i oczekiwania, że następnym razem obiekt x_n również będzie posiadał cechę X.

W takim ujęciu wg Hume'a nauka staje się tylko zbiorem pożytecznych przesądów.

Problem uzasadnienia indukcji

Indukcja pomimo zawodności okazała się skuteczna w przypadku wielkiej liczby sytuacji. Na przykład, przy jej użyciu, na podstawie obserwacji ruchów planet, stworzono prawa pozwalające przewidywać zaćmienia słońca.

Czy jednak można metodę indukcyjną uzasadnić wymieniając poszczególne sytuacje, w których się sprawdzała?

Skoro indukcja jest metodą zawodną, to czy jest prawomocna w nauce?

Zakłada się, że metoda indukcyjna może być prawidłowa jedynie w przypadku istnienia praw przyrody. Skąd jednak wiadomo czy takie prawa istnieją i jak ich dowieść?

Problem indukcji

Indukcja nie jest rozumowaniem poprawnym z logicznego punktu widzenia, nie jest bowiem tak, że przy prawdziwych przesłankach mamy pewność prawdziwości wniosku.

Ponadto wartość indukcji deprecjonuje nie dość jasne sformułowanie wymogu, aby „duża” ilość obserwacji była przeprowadzana w „różnorodnych warunkach”.

Ile to jest dużo, kiedy zmiana okoliczności jest istotna?

Indukcja eliminacyjna Milla

Jest to metoda rozumowania zaproponowana przez angielskiego filozofa J. S. Milla w XIX wieku.

Na podstawie jednostkowych obserwacji dochodzimy do wniosku stwierdzającego pewne związki przyczynowe.

Podstawowe dwie kategorie to:

- przyczyna – zjawisko stale poprzedzające,
- skutek – zjawisko stale następujące.

Przyczyną zjawiska B jest takie zjawisko A , po którym B zawsze następuje (nie ma B bez A).

Jeżeli poszukujemy przyczyny A dla zjawiska B , to wymieniamy wszystkie okoliczności $A_1, A_2, A_3, A_4 \dots A_n$, o których przypuszczamy, że są przyczyną B . Analogicznie postępujemy szukając skutków A . Na podstawie odpowiedniej obserwacji odrzuca się wszystkie człony alternatywy:

$$A_1 \vee A_2 \vee A_3 \vee A_4 \vee \dots \vee A_n \rightarrow B$$

z wyjątkiem jednej. Ten pozostały trzon przyjmuje się jako rozwiązanie.

Indukcja eliminacyjna Milla

Indukcja eliminacyjna różni się zasadniczo od indukcji enumeracyjnej. Okazuje się, że jest to wnioskowanie dedukcyjne, przebiegające wg schematu:

$$(H_1 \vee H_2 \vee \dots \vee H_n) \wedge (\neg H_2 \wedge \neg H_3 \wedge \dots \wedge \neg H_n) \rightarrow H_1$$

Określenie mianem indukcji w tym przypadku odnosi się do faktu, że wnioskami rozumowania są pewne uogólnienia.

Indukcja eliminacyjna obejmuje pięć schematów wnioskowania zwanych *kanonami Milla*.

1. Kanon jednej zgodności

Jeżeli jakaś okoliczność stale towarzyszy występowaniu jakiegoś zjawiska, podczas, gdy inne ulegają zmianie to okoliczność ta jest skutkiem bądź przyczyną tego zjawiska.

$$\begin{array}{l} A_1, A_2, A_3, \quad B, \\ A_1, \bar{A}_2, A_3, \quad B, \\ A_1, A_2, \bar{A}_3, \quad B, \\ \underline{A_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3, \quad B}, \\ A_1 \text{ jest przyczyną } B. \end{array}$$

Przykład wnioskowania (czy poprawne?):

Wczoraj wypięm pół litra wódki, popięm wodą sodową, a dzisiaj – kac.
Przedwczoraj tylko trzy szklanki koniaku, trochę wody sodowej, a wczoraj kac gigant. Trzy dni temu zaraz, co to było – aha, urodziny szefa – no więc whisky i ciepła (brr) woda sodowa, a przedwczoraj – kac. Wniosek – woda sodowa mi szkodzi (Pogonowski 2007).

2. Kanon jednej różnicy

Jeżeli jakaś okoliczność zachodzi, gdy dane zjawisko występuje, a nie zachodzi, gdy nie występuje, podczas gdy wszystkie pozostałe okoliczności są za każdym razem takie same, to okoliczność ta jest skutkiem (przyczyną) danego zjawiska.

$A_1, A_2, A_3, \quad B,$
 $\underline{A_1, A_2, A_3, \quad B},$
 A_1 jest przyczyną B .

Przykład wnioskowania – doświadczenie Oersteda:

Igła magnetyczna wychyla się ze swojego normalnego położenia w momencie, gdy przez drut umieszczony pod igłą przepływa prąd; gdy ustaje przepływ prądu, przy innych okolicznościach niezmiennych, igła wraca do poprzedniego położenia. Skoro jedyną różnicę stanowi przepływ prądu, to jest on przyczyną wychylenia igły.

3. Kanon zmian współtowarzyszących

Jeżeli jedno zjawisko zmienia się ze zmianą drugiego zjawiska, podczas gdy towarzyszące im okoliczności nie ulegają zmianie, to pomiędzy tymi zjawiskami zachodzi związek przyczynowy.

$$\begin{array}{ccc} A_1, A_2, A_3, & & B, \\ \underline{zmA_1, A_2, A_3,} & \underline{\hspace{2cm}} & \underline{zmB,} \end{array}$$

A_1 jest przyczyną B .

Przykład wnioskowania:

Wraz ze zmianą temperatury zmienia się jego objętość, ciało rozszerza się lub kurczy, gdy inne jego właściwości nie ulegają zmianie (np. barwa, kształt).

4. Kanon połączonych metod zgodności i różnicy

Jeżeli dwa lub więcej przypadków, w których dane zjawisko zachodzi ma tylko jedną wspólną okoliczność, podczas gdy dwa lub więcej przypadków, gdzie ono nie zachodzi nie ma ze sobą nic wspólnego poza tym, że nie ma w niej tej okoliczności to wówczas ta okoliczność jest skutkiem (przyczyną) danego zjawiska.

$$\begin{array}{ll} A_1, A_2, \bar{A}_3, & B, \\ A_1, \bar{A}_2, A_3, & B, \\ \bar{A}_1, A_2, \bar{A}_3, & \bar{B}, \\ \underline{\bar{A}_1, \bar{A}_2, A_3,} & \underline{\bar{B},} \\ A_1 \text{ jest przyczyną } B. & \end{array}$$

5. Kanon reszt

Jeżeli odejmiemy z jakiegoś zjawiska te jego składniki, które, jak wiemy z poprzednich wniosków są skutkiem pewnych określonych poprzedników, to reszta tego zjawiska jest skutkiem pozostałych poprzedników.

Jeżeli całość AB jest przyczyną całości ab , B jest przyczyną b , to A jest przyczyną a .

Słaby justyfikacjonizm

Żadne świadectwo empiryczne, choćby najbogatsze, lecz z natury rzeczy skończone nie jest w stanie w wyczerpującym stopniu uzasadnić żadnej hipotezy uniwersalnej.

Świadectwo empiryczne przemawia jednak na korzyść jednych hipotez i niekorzyść innych. Można zatem stwierdzić, że przynajmniej w pewnym stopniu uzasadnia wybór hipotez.

Żadna hipoteza nie jest wystarczająco uzasadniona, jednak może być potwierdzona przez świadectwo w mniejszym lub większym stopniu, potwierdzenie jest stopniowalne.

W podejściu do problemu uzasadniania indukcji zwanym justyfikacjonizmem stopień potwierdzenia hipotezy traktuje się jako prawdopodobieństwo jej prawdziwości.

Relację między zdaniem stanowiącym hipotezę i świadectwem można traktować jako uogólnienie implikacji i definiować przez pojęcie prawdopodobieństwa warunkowego (prawdopodobieństwo hipotezy ze względu na świadectwa empiryczne).

Równość:

$$P(H|E) = 1$$

mówi nam, że jeżeli zachodzi E (jest zdaniem prawdziwym), to $P(H) = 1$; hipoteza H jest pewna i tym samym prawdziwa.

Równość:

$$P(H|E) = 0$$

głosi, że jeżeli zachodzi E , to $P(H) = 0$; hipoteza H jest niemożliwa tzn. fałszywa.



Przypadek pośredni:

$$P(H|E) = r, 0 < r < 1,$$

w tej sytuacji E częściowo implikuje hipotezę H – prawdziwość E nie przesądza o wartości logicznej H , jedynie ją sugeruje. Im większe r , tym bardziej prawdopodobne, że H jest prawdziwe.

Świadectwo empiryczne jedynie uprawdopodobnia hipotezy.

Kłopoty z krukami

Pojęcie potwierdzenia wiąże się z tzw. *paradoksem kruków*, na który zwrócił uwagę C. Hempel.

Postawmy hipotezę tej treści, że wszystkie kruki są czarne.

Symbolicznie:

$$\forall x (Kx \rightarrow Cx),$$

zgodnie z zasadą indukcji, każda obserwacja czarnego kruka potwierdza tę hipotezę.

Powyższa formuła zgodnie z prawem transpozycji prostej jest równoważna formule:

$$\forall x (\neg Cx \rightarrow \neg Kx),$$

która jest potwierdzana przez każdą obserwację „nieczarnego” „niekruka” (np. żółtego sera).

Czyli obserwacja żółtego sera potwierdza hipotezę, że wszystkie kruki są czarne!

Falsyfikacjonizm



Jak zostało pokazane nie jest logicznie możliwe, aby na podstawie *zdań obserwacyjnych*, formułować pewne zdania ogólne.

Możliwe jest jednak, aby z odpowiednich zdań szczegółowych wydedukować fałszywość zdań ogólnych. Na właśnie takim założeniu opiera się falsyfikacjonizm.

Falsyfikacjonizm

Pojęcie racjonalizmu krytycznego – w czynnościach badawczych, starając się poznać/zmieniać rzeczywistość należy się spodziewać porażki. Wyciągając wnioski z niepowodzeń jest się w stanie nauczyć o wiele więcej niż z sukcesu. Nie można kurczowo się trzymać ustalonego planu i wiedzy.

Wg falsyfikacjonizmu wszystkie hipotezy naukowe przyjmowane są „na próbę”, a zadaniem naukowców jest próba ich obalenia. Hipotezy powinny być śmiałe, ponieważ wtedy łatwiej jest wykryć ich fałszywość, a tym samym szybciej zostaną zastąpiona przez bardziej obiecującą kandydatkę niż hipotezy „ostrożne”.

Schemat falsyfikacji:

1. ze sprawdzanej hipotezy T na drodze dedukcyjnej wyprowadzamy prognozę O ;
2. konfrontujemy prognozę z wynikami eksperymentów;
3. stwierdzamy, że prognoza O nie zachodzi;
4. odrzucamy hipotezę T .

Procedura falsyfikacji przebiega wg prawa *modus tollens*:

$$(T \rightarrow O) \wedge \neg O \rightarrow \neg T$$

Powyższy schemat przedstawia uproszczony model procedury falsyfikacji.

Zazwyczaj oprócz sprawdzanej hipotezy należy jeszcze dodatkowo wziąć pod uwagę takie czynniki jak: warunki początkowe W oraz wiedzę towarzyszącą H .

Po dodaniu tych warunków schemat falsyfikacji przyjmuje następującą postać:

$$[(T \wedge W \wedge H \rightarrow O) \wedge \neg O] \rightarrow \neg T \vee \neg W \vee \neg H.$$

Tak więc metoda ta, chociaż niezawodna, nie przesądza jeszcze, czy odrzucić należy sprawdzaną hipotezę, czy warunki początkowe, czy wiedzę towarzyszącą.

Metoda ta jest zwana *metodą hipotetyczno-dedukcyjną*.

Falsyfikacjonizm

Aby postulowana hipoteza mogła stać się prawem naukowym musi być falsyfikowalna tzn. muszą istnieć logicznie możliwe zdania, lub zdania obserwacyjne, które są z nią niezgodne, tzn. jeśli okazałyby się prawdziwe, to sfalsyfikowałyby hipotezę.

Przykład zdań falsyfikowalnych:

- Deszcz nigdy nie pada w środy.
- Jeżeli promień światła pada na płaskie lustro, kąt padania jest równy kątowi odbicia.

Falsyfikacjonizm



Przykłady zdań nefalsyfikowalnych:

- Pada albo nie pada.
- Wszystkie punkty na obwodzie okręgu Euklidesowego są równo odległe od jego środka.
- Możesz mieć dziś szczęście w miłości.

Według falsyfikacjonizmu teoria naukowa ma oddzielać to, co w świecie możliwe od tego, co niemożliwe. Jeżeli zdanie jest nefalsyfikowalne, to nie ma znaczenia jakie są własności rzeczywistości, nie wejdą one w konflikt z tym zdaniem.

Wg Poppera nefalsyfikowalna jest np. teoria Adlera.

Stopnie falsyfikowalności

Im teoria więcej mówi o świecie, tym na więcej sposobów można wykazać jej fałszywość.

Weźmy dwa zdania:

1. Język gudzarati wyposażony jest w system elementów deiktycznych.
2. Każdy język naturalny wyposażony jest w system elementów deiktycznych.

Prawo 2 ma większą wartość naukową niż twierdzenie 1. Głosi ono bowiem wszystko to, co 1, a ponadto jeszcze więcej.

Każda falsyfikacja 1 falsyfikuje 2, ale nie odwrotnie.

Prawo 2 jest w większym stopniu falsyfikowalne, tym samym jest prawem lepszym.

Problem z krukami rozwiązany

Na gruncie falsyfikacjonizmu można rozwiązać paradoks kruków - obserwacja żółtego sera nie jest istotna dla hipotezy „wszystkie kruki są czarne”, ponieważ nie jest próbą jej obalenia. Sprawdzianem tej hipotezy, mogą być tylko obserwacje kruków oraz nieczarnych ptaków, co do których żywimy podejrzenia, że ewentualnie mogłyby być krukami.

Falsyfikacjonizm

Okazuje się, że gdyby naukowcy konsekwentnie stosowali założenia falsyfikacjonizmu, wiele teorii nigdy by się nie rozwinęło, ponieważ zostałyby odrzucone na samym starcie.

Po ogłoszeniu teorii grawitacji Newtona okazało się, że pewne dane dotyczące orbity księżyca są z nią sprzeczne. Dopiero po sześćdziesięciu latach okazało się, że błąd nie tkwi w teorii, a gdzie indziej.

Metoda abdukcyjna

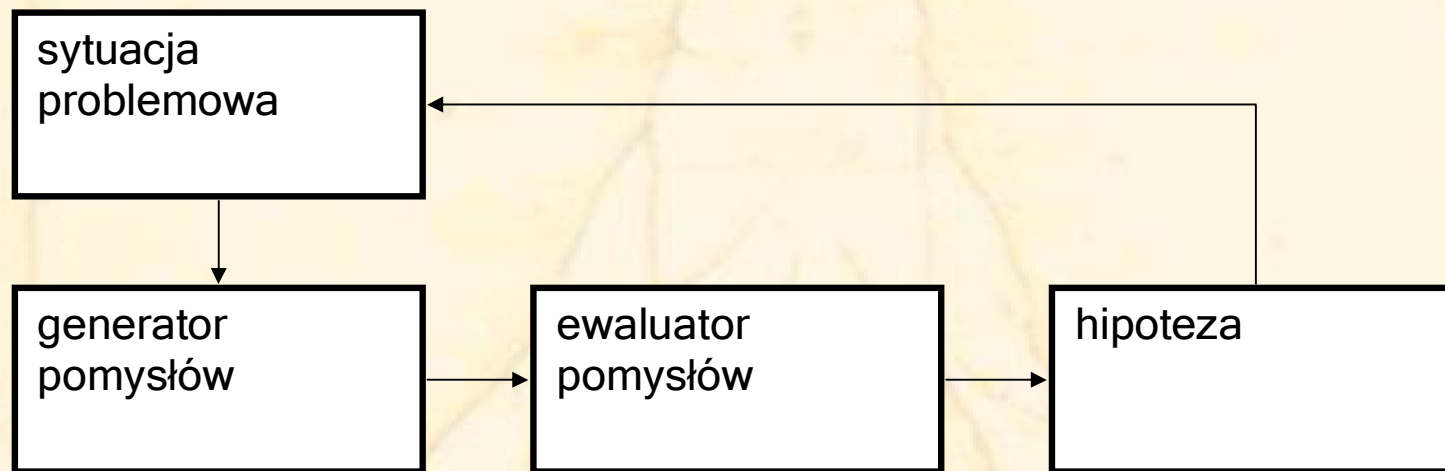
Metoda ta polega na tym, by w obliczy nieoczekiwanego i nieznanego zjawiska szukać takiej hipotezy, z której drogą dedukcyjną można wyprowadzić to, że takie zjawisko zajdzie.

Zasada wnioskowania do najlepszego wyjaśnienia – gdy takich hipotez jest kilka należy wybierać tę, która dostarcza lepszego wyjaśnienia.

Metoda abdukcyjna jest szeroko stosowana w medycynie przy stawianiu diagnoz.

Proces tworzenia hipotez

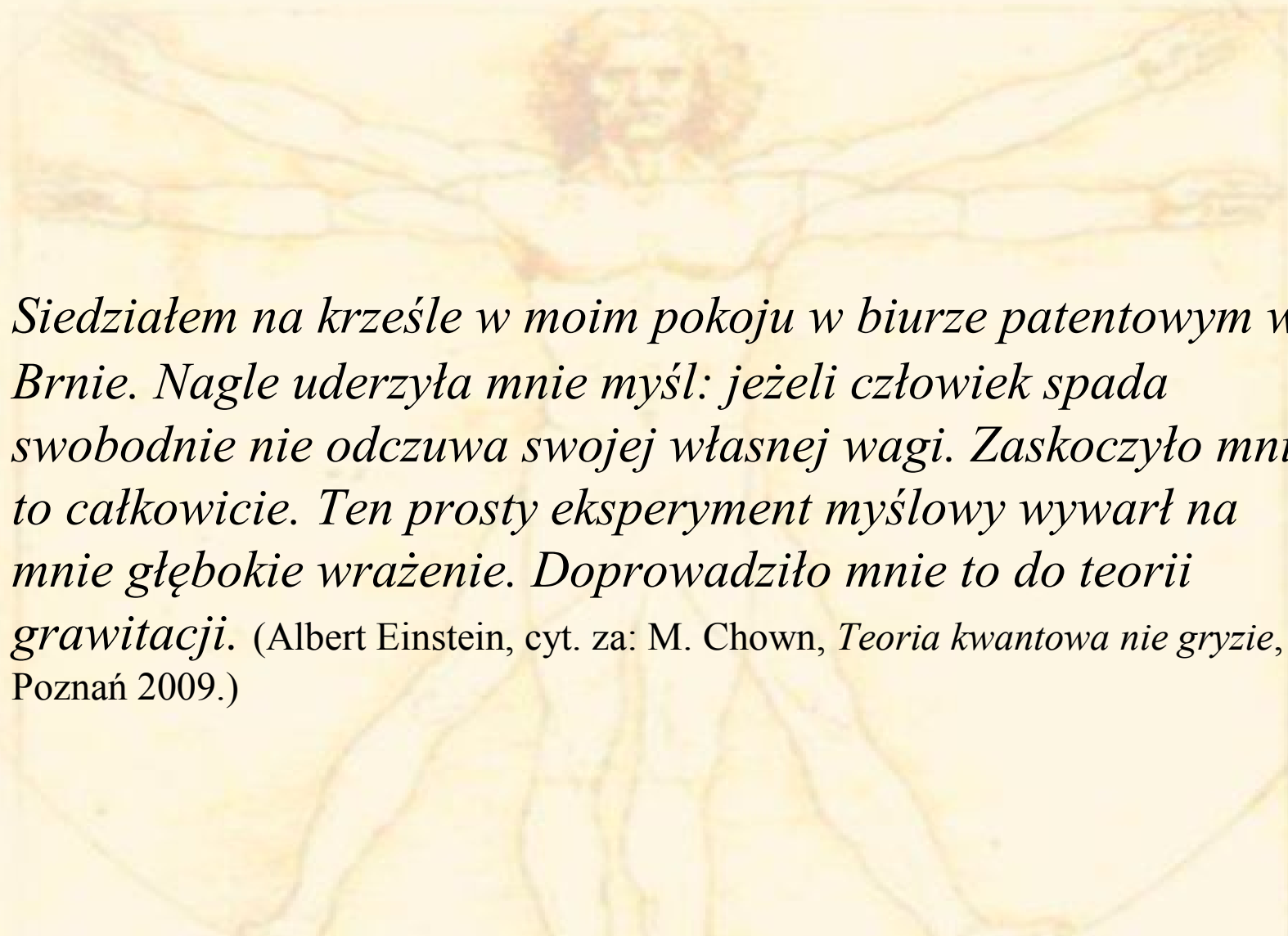
Systemy myślowe funkcjonujące w sytuacji problemowej, w których zachodzą odpowiednio procesy wytwarzania pomysłów oraz ich selekcji.



Proces tworzenia hipotez

Hipotezy ocenia się na podstawie ich prawdziwości – zgodności z rzeczywistością.

Proces tworzenia pomysłów to proces *heurystyczny*, nie musi być kierowany regułami logicznymi. Jest to w dużej mierze proces intuicyjny, opierający się na „wyczuciu” problemu. Podlega on jednak *regułom heurystycznym*.



*Siedziałem na krześle w moim pokoju w biurze patentowym w Brnie. Nagle uderzyła mnie myśl: jeżeli człowiek spada swobodnie nie odczuwa swojej własnej wagi. Zaskoczyło mnie to całkowicie. Ten prosty eksperyment myślowy wywarł na mnie głębokie wrażenie. Doprowadziło mnie to do teorii grawitacji. (Albert Einstein, cyt. za: M. Chown, *Teoria kwantowa nie gryzie*, Poznań 2009.)*

Proces tworzenia hipotez

Reguły heurystyczne (*heurystyki*) – pewne taktyki, zasady, które regulują przebieg procesu rozwiązywania zagadnień.

Heurystyki mogą być:

- ogólne – stosowane do rozwiązywania większości lub wszystkich problemów, np.: „*przed sformułowaniem hipotezy zbadaj dokładnie sytuację problemową*”, „*nie przenoś pochopnie znanych ci metod na nowe sytuacje problemowe*”, „*rozwiązując zadanie unikaj pośpiechu*”, itd.
- szczegółowe – stosowane w sytuacjach problemowych określonego typu, np. w grze w szachy.

Uwaga, heurystyki nie dają gwarancji, że ich zastosowanie doprowadzi do rozwiązania problemu!

„Przepisami” operacji niezawodnych są *algorytmy*.

Algorytmy

Mianem algorytmu określa się metodę rozwiązywania określonego typu zagadnień, podającą zbiór przepisów postępowania, określających dokładnie kolejne czynności, które należy wykonać w celu rozwiązania danego zagadnienia.

Jest to metoda efektywna – w skończonej liczbie kroków pozwala uzyskać odpowiedź dla dowolnych danych ustalonej postaci.

Przykłady metod efektywnych to:

- algorytm ustalania, czy dana formuła języka Klasycznego Rachunku Zdań jest tautologią tego rachunku;
- przepisy kuchenne;
- funkcjonowanie prawa.

Algorytmy



Procedury niealgorytmiczne to:

- ustalenie czy dowolna formuła języka Klasycznego Rachunku Predykatów jest tautologią tego rachunku.
- problemy wymagające rozważenia nieskończonej liczby możliwości;
- stany emocjonalne np. zakochiwanie się;

Algorytmy

Przyjrzyjmy się bliżej jak może być skonstruowany algorytm ustalania, czy dana formuła języka Klasycznego Rachunku Zdań jest tautologią tego rachunku.

1. Mamy dowolną formułę języka KRZ o n zmiennych zdaniowych.
2. Podstawiamy wartości logiczne za zmienne (im więcej zmiennych tym bardziej pracochłonne jest to zadanie – ilość możliwych podstawień określa się wzorem 2^n) i na tej podstawie określanie wartości logiczną całej formuły.
3. Jeżeli przy każdym takim podstawieniu formuła jest prawdziwa to jest tautologią. Jeżeli przynajmniej przy jednym podstawieniu jest fałszywa, to tautologią nie jest.