

JAN WOLEŃSKI*

OGRANICZENIA SEMANTYKI FORMALNEJ (LOGICZNEJ)¹

STRESZCZENIE: Pogląd standardowy jest taki, że semantyka formalna stosuje się do języka naturalnego tylko w bardzo ograniczonym stopniu. Powodem tego stanu rzeczy jest nieunikniona nieokreśloność mowy potocznej polegająca m. in. na wieloznacznościach, nieostrości czy tolerancji składniowej, a także obecności kontekstów intensjonalnych, co skutkuje limitacjami zasady kompozycjonalności. Ponadto konwersacja potoczna korzysta z rozmaitych reguł, np. reguł Grice’a, które wykraczają poza formalizm logiczny. W konsekwencji język naturalny nie podlega pełnej formalizacji. Z drugiej strony, jeśli *L* jest językiem formalnym, to metajęzyk *ML*, w którym ten pierwszy jest opisywany, musi być częściowo nieformalny – zawiera np. terminy zwykłej matematyki, w szczególności teorii mnogości. Nawet jeśli, np. dzięki technice arytmetyzacji, *ML* daje się przedstawić w *L*, tego rodzaju reprezentacja jest tylko lokalna. W gruncie rzeczy pogląd taki można wyprowadzić z pewnych uwag Tarskiego o roli języka naturalnego. Zwykle przyjmuje się, że tzw. uniwersalność języka potocznego jest źródłem kłopotów związanych z antynomiami. Tak jest oczywiście i okoliczność ta wymaga pewnej „sanacji”, np. postaci odróżnienia stopni języka. Jednakże nawet usunięcie antynomii w taki lub inny sposób nie zmienia faktu, że to, co nieformalne ma priorytet wobec tego, co formalne. W konsekwencji także semantyka formalna ma także swoje ograniczenia w odniesieniu do języków sformalizowanych.

SŁOWA KLUCZOWE: język, metajęzyk, model, logika, składnia, semantyka.

* Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie, Katedra Nauk Społecznych.
E-mail: jan.wolenski@uj.edu.pl. ORCID: 0000-0001-7676-7839.

¹ Dziękuję recenzentowi za uwagi, które pozwoliły ulepszyć tekst.

Nazwa „semantyka” funkcjonuje w wielu kontekstach, ale w każdym z nich dotyczy znaków. W dalszym ciągu będę miała na myśli znaki językowe. Semantyka pojawiła się jako część lingwistyki zajmująca się zmianami znaczeniowymi. Dość szybko stała się przedmiotem zainteresowania filozofów, w szczególności logików². W polskiej tradycji semantyka należy do logiki (w szerokim) znaczeniu, obok logiki formalnej (logika w węższym znaczeniu) i metodologii nauk. Pomijając tę ostatnią, powstał problem relacji pomiędzy dwiema pozostałymi częściami logiki *sensu largo*. Sytuację skomplikował fakt wprowadzenia (zob. Morris, 1938; pomijam wcześniejsze antecedencje) nazwy „semiotyka” oznaczającej ogólną teorię znaków i podzielenia jej na składnię (syntaksę), semantykę i pragmatykę. Morris pozostawał pod wpływem amerykańskiego pragmatyzmu, w szczególności Peirce’a. Wprowadzone przez niego trójelementowe odróżnienie odpowiada trzem elementom sytuacji semiotycznej (semiozy), tj. takiej, w której funkcjonuje znak. Reasumując, znaki pozostają we wzajemnych relacjach z uwagi na swoje formy, są znakami czegoś (odnoszą się do czegoś, coś oznaczają), są użyte przez kogoś, tj. interpretatora i dla kogoś – ten trzeci aspekt polega na tym, że jeśli *z* jest znakiem, *i* – interpretatorem, to *z* wyraża treści żywione przez *I*. Dzieje się to zawsze, gdy rozważamy relacje pomiędzy użytkownikami języka a wyrażeniami, którymi się oni posługują. Jeśli np. powiadamy, że osoba *o* stwierdza czy uznaje zdanie *A*, to wskazujemy na relację pomiędzy tą osobą a zdaniem, które ona stwierdza czy uznaje. Przypuszczanie, przekonanie, wątpliwość, zapytywanie czy rozkazywanie są kolejnymi przykładami sytuacji pragmatycznych, często nazywanych nastawieniami propozycjonalnymi.

Sytuację terminologiczną komplikuje to, że niekiedy traktuje się nazwy „semiotyka” i „semantyka” za (niemal) synonimy. W związku z tym funkcjonują określenia „semantyka w szerszym znaczeniu”, tj. semiotyka i „semantyka w węższym znaczeniu”, tj. semantyka jako część semiotyki. Ta druga rozważa relacje pomiędzy wyrażeniami a tym, do czego te wyrażenia odnoszą się – pojęcia prawdy (w sensie Tarskiego) i oznaczania są typowymi stosunkami semantycznymi. Trzeba jednak zaznaczyć, że przez semantykę rozumie się także teorię znaczenia, nie tyle w tradycyjnym rozumieniu językoznawczym, tj. jako rejestrowanie zmian znaczeń wyrażen językowych, ale filozoficznym, np. gdy rozważa się ontologiczną naturę znaczeń czy bada się takie kategorie, jak analityczność, synonimiczność czy sensowność. O ile semantyka ma zajmować się nie tylko oznaczaniem (ogólniej, relacjami referencjalnymi), ale również znaczeniem, określenie tego drugiego pojęcia jest problemem kluczowym. Ponieważ nie mogę tutaj wchodzić nawet w bardzo ogólnikową typologię koncepcji znaczenia, ograniczę się do stwierdzenia, że znaczenie jest tą własnością wyrażen, dzięki której rozumiemy je. Od razu trzeba zauważyć, że określenie to lokuje pojęcie znaczenia, gdzieś na pograniczu semantyki jako teorii odniesienia (ro-

² Moje uwagi o semantyce są bardzo ogólne i nie wykraczają poza to, co jest elementarne. Szersze omówienie można znaleźć w pozycji *Wstęp do semiotyki* (Pelc, 1982) oraz w mojej książce (Woleński, 2007, §§. 1–3).

zumie się znaczenie wyrażenia, jeśli wiadomo, do czego ono odnosi się) i pragmatyki (wyrażenia są zawsze rozumiane przez kogoś, tj. przez jakiegoś interpretatora).

Kontrast semantyki jako teorii odniesienia i jako teorii znaczenia jest ważny. Oto instruktywne ujęcie tej kwestii:

Terminem „semantyka” będziemy się tu posługiwać w sensie nieco węższym, niż to się zazwyczaj czyni: przez semantykę będziemy rozumieli ogół rozważań, dotyczących tego rodzaju pojęć, które – mówiąc ogólnikowo i niezbyt ściśle – wyrażają pewne związki między wyrażeniami języka i przedmiotami [...], „o których w tych wyrażeniach mowa”. Jako typowe przykłady pojęć z zakresu semantyki wystarczy przytoczyć pojęcia „oznaczania”, „spełniania”, „definiowania” [...]. Gdy odróżni się należycie znaczenie od oznaczania, problemy dyscypliny nazywanej w sposób swobodny semantyką rozpadają się na dwie dziedziny tak z gruntu odmiennie, że w ogóle nie zasługują na wspólne miano. Można je nazwać „teorią znaczenia” i „teorią oznaczania”. „Semantyka” byłaby dobrą nazwą dla teorii znaczenia, gdyby nie okoliczność, że część najlepszej roboty w tak zwanej semantyce, zwłaszcza prace Tarskiego, należy do teorii oznaczania. Głównymi pojęciami w teorii znaczenia oprócz samego znaczenia, są: „synonimiczność” (czyli tożsamość znaczeń), „sensowność” (czyli posiadanie znaczenia) i „analityczność” (czyli prawdziwość na mocy znaczenia). Jeszcze innym pojęciem jest „wynikanie logiczne”, czyli analityczność okresu warunkowego. Głównymi pojęciami w teorii oznaczania są: „nazywanie”, „prawdziwość”, „denotacja” i „zakres”; ponadto pojęcie „wartości” zmiennej. (Quine, 1953, s. 116)³

Pogląd Quine’a sugeruje ostry kontrast pomiędzy oznaczaniem i znaczeniem, a także ogranicza semantykę do analizy referencji.

Mimo tego, że argumenty Quine’a są poważne, trudno zgodzić się z tym, że konteksty „Z znaczy z” (Z – znak, z – znaczenie Z) i „Z oznacza o” są wzajemnie odseparowane. Tarski ujmował to tak:

Zbyteczne jest może dodawać, że nie interesują tu nas wcale języki i nauki „formalne” w pewnym specyficznym znaczeniu tego wyrazu, a mianowicie tego rodzaju nauki, iż występującym w nim znakom i wyrażeniom nie przypisuje się żadnego intuicyjnego sensu; w odniesieniu do takich nauk postawione tu zagadnienie [tj. definicja pojęcia prawdy – J. W.] traci wszelką rację bytu i przestaje [...] być zrozumiałe. Znakom występującym w tych językach, których dotyczą niniejsze rozważania, przypisujemy zawsze całkiem konkretne i zrozumiałe dla nas znaczenie [...]; wyrażenia, które nazywamy zdaniami, pozostają zdaniami i po przełożeniu zawartych w nich znaków na język potoczny [...]. (Tarski, 1933, s. 33)

Wprowadzie Tarski w swoich pracach unikał odpowiedzi na pytanie, czym jest znaczenie, ale z drugiej strony uważał, że problemy semantyczne można rozwa-

³ Odniesienia do stron dotyczą późniejszych wydań lub tłumaczeń na język polski, o ile takie są podane w bibliografii.

zać tylko w odniesieniu do języków, których składnikom, tj. wyrażeniom, „przypisujemy zawsze całkiem konkretne i zrozumiałe dla nas znaczenie”.

Wskazane wyżej okoliczności dotyczą rozmaitych aspektów dodania przymiotnika „logiczna” do słów „semiotyka”, „składnia”, „semantyka” czy „pragmatyka”. Sekwencja <składnia, semantyka, pragmatyka> odpowiada przechodzeniu od rzeczy prostszych do bardziej skomplikowanych. W samej rzeczy, syntaktyczny opis języka jest najprostszy (dotyczy tylko materialnej strony znaków i wypływających z tego relacji, np. znak z zawiera się w znaku Z'), semantyczny – bardziej skomplikowany (uwzględnia relacje znaków do ich denotatów), natomiast pragmatyczny wymaga jeszcze dalszego rozszerzenia aparatury pojęciowej o kategorie pragmatyczne. W związku z tym składnia logiczna jest relatywnie prosta, gdyż polega na specyfikacji języka z uwagi na jego strukturę (w tym sensie składnia logiczna jest w dużej mierze analogiczna do składni gramatycznej), semantyka logiczna musi uwzględnić „logikę” (cudzysłów zamierzony) oznaczania, a pragmatyka logiczna jawi się jako najbardziej skomplikowana. W sumie nazwa „semiotyka logiczna” oznaczałaby całość rozważań, na którą składają się syntaksa, semantyka i pragmatyka, każda z kwalifikacją logiczną, ale wtedy trzeba ustalić, czy w sensie węższym czy szerszym.

Wszelako właściwa kolejność jest inna z uwagi na wspomniany już fakt, że znaki są zawsze znakami czegoś dla kogoś, a każdy język jest przez kogoś do czegoś używany, a więc posiada nieusuwalny aspekt pragmatyczny. Morris (zob. Morris, 1938) przedstawił poszczególne części semiotyki w kolejności: semantyka, pragmatyka, składnia. Carnap (zob. Carnap, 1939) operował sekwencją <pragmatyka, semantyka, składnia>. Ma to proste uzasadnienie (Carnap uważał je chyba za tak oczywiste, że nie wymagające specjalnej wzmianki): semantyka powstaje w wyniku abstrakcji od pragmatycznego aspektu języka, a składnia pomija element semantyczny. Ważniejsze jest to, że naturalny sposób określenia znaku polega na wskazaniu, że jest to przedmiot posiadający znaczenie. Niezależnie od komplikacji z analizą pojęcia znaczenia, kategoria ta, jako dystynktywna dla znaków, ma charakter semiotyczny, a nie tylko semantyczny lub syntaktyczny. I z tego właśnie wynika to, że pragmatyka (lub jej pogranicze z semantyką) jest właściwym miejscem dla teorii znaczenia. Gdy mówi się, że np. wyraz jest nośnikiem znaku, to, zgodnie z założeniem, posiada znaczenie, czymkolwiek ono jest (np. stanem psychicznym, przedmiotem idealnym itd.). W konsekwencji pojęcie znaczenia jest zakładane już w definicji nośnika znaku. Trudno jednak uznać, w przeciwieństwie do empiryzmu logicznego, że pojęcia znaczenia da się wyjaśnić wyłącznie na podstawie uwzględnienia naturalnych (materialnych, fizycznych) właściwości nośników znaków, tj. ich własności syntaktycznych. Przypuśćmy, że spostrzegam na plaży kombinację liter dających słowo „koń”. Dopóki jednak nie wiem, czy zostało to wyżłobione przez wodę lub ułożone przez wiatr, czy też napisane przez człowieka, nie potrafię rozstrzygnąć, czy jest to znak czy też nie. To, że semantyka nie jest redukowalna do składni, stanowi kanon współczesnej filozofii analitycznej. Mniej wyraźnie rysuje się stosunek pragmatyki do semantyki logicznej. Trudność podstawowa polega, jeszcze raz to

podkreślam, na właściwym ulokowaniu pojęcia znaczenia. Jeśli jest ono pragmatyczne, eliminacja parametrów w postaci postaw propozycjonalnych czy innych współrzędnych pragmatycznych jest bardzo wątpliwa, natomiast, jeśli kategoria znaczenia zostanie przeniesiona do semantyki, można próbować rozmaitych formalizacji w postaci tzw. logiki intensjonalnych (zob. Carnap, 1947 – dla wczesnych prób analizy intensjonalności; van Benthem, 2002 – dla konstrukcji formalno-logicznych; Parsons, 2016 – dla przeglądu koncepcji semantycznych) i eliminacji pojęcia intensji (sensu, znaczenia) do stosunków referencyjnych.

Nie kontynuując analizy różnorodnych możliwych ustaleń czy propozycji terminologicznych, dalej będę się posługiwał terminem „semantyka logiczna” na oznaczenie rozważań o języku pożytkującym aparat logiki formalnej dla analizy referencyjnego aspektu języka, ale zakładającego, że wyrażenia coś znaczą. W związku z tym określeniem semantyka logiczna może też być określona jako semantyka formalna. Od razu pojawia się problem, do jakich języków stosuje się logiczna (formalna) analiza semantyczna. Jest on kluczowy dla analizy ograniczeń semantyki logicznej. W ogólności mamy dwa stanowiska w tej materii. Pierwsze można nazwać formalizmem, drugie – antyformalizmem. Późny Wittgenstein i przedstawiciele tzw. filozofii języka potocznego (np. Austin, Ryle, Strawson) byli antyformalistami i całkowicie odrzucali aplikację metod formalno-logicznych do analizy języka⁴. W formalizmie można wyróżnić skrajną i umiarkowaną wersję tego podejścia. Skrajny formalizm uważa, że semantyka formalna jest możliwa tylko dla języków sformalizowanych, natomiast umiarkowany opiera się na tzw. tezie Montague’a (Montague, 1970; Cann, 1993), że nie ma zasadniczej różnicy pomiędzy językami sformalizowanymi (sztucznymi) a językiem naturalnym (potocznym). W szczególności każdy język naturalny jest zinterpretowanym językiem formalnym, a skoro tak, to jego logiczna analiza jest w pełni zasadna. Tarski początkowo zajmował stanowisko skrajne, ale potem je zmodyfikował (Tarski, 1944), wyróżniając tzw. języki o ustalonej strukturze, które jednak mają charakter lokalny, tj. stanowią część języka nauki lub potocznego. Zawsze jednak podkreślał (patrz wyżej), że język sformalizowany jest zinterpretowany, tj. znaczący. Z drugiej strony, nie akceptował tezy Montague’a, uważając, że formalizacja języka naturalnego zawsze zmienia jego charakter⁵.

W konsekwencji mamy szersze i węższe rozumienie semantyki formalnej. Przy pierwszym stosuje się ona do dowolnego języka, być może tylko w przybliżeniu do mowy potocznej, przy drugim jej właściwym obiektem są języki sformalizowane (dla prostoty pomijam języki o ustalonej strukturze w sensie Tarskiego). Aby bliżej rozpatrzyć tę kwestię, omówię cztery następujące kontrasty:

⁴ Pomijam bliższą charakterystykę tej orientacji, zwanej też szkołą oxfordzką, aczkolwiek niektóre argumenty antyformalistów zostaną dalej przytoczone.

⁵ Jaakko Hintikka powiedział mi (w rozmowie prywatnej), że Tarski *explicite* zgłaszał zastrzeżenia wobec tezy Montague’a. Zdarzało się to w dyskusjach – publikacje Tarskiego nic nie zawierają na ten temat.

- (1) język naturalny – język sztuczny;
- (2) język nieformalny – język formalny;
- (3) język zinterpretowany – język niezinterpretowany;
- (4) język niesformalizowany – język sformalizowany.

Choć powyższe przeciwstawienia zachodzą na siebie, warto je wprowadzić i pokrótce scharakteryzować. Przez język naturalny (potoczny) rozumie się ten, który jest używany na co dzień, dostępny w zasadzie dla każdego itd. Jego przeciwieństwem są języki specjalne zbudowane dla określonych celów, np. symbolizm logiczny, alfabet Morse'a, kod binarny, symbolika chemiczna itd. Języki sztuczne są tworzone po to, by zastąpić zwykłą mowę w pewnych wyrażnie określonych sytuacjach. Zawsze mają dobrze określoną strukturę, ich składnia jest regularna, w szczególności obliczalna (z wyjątkiem przypadku, wyłącznie teoretycznego, że dopuszcza się wyrazy o nieskończonej długości), nie muszą składać się ze zdań i z reguły spełniają ważną zasadę kompozycyjności, tj. regułę, że formuły złożone są funkcjami ich podformuł (wyjątkiem jest np. symbolika chemiczna, która nie jest zdaniowa i nie jest kompozycyjna). Języki formalne są budowane, a potem opisywane wedle ścisłych reguł, niezależnie od treści czy znaczenia wyrażen. Owe reguły można identyfikować z syntaktycznymi, tj. odwołującymi się tylko do formy. Natomiast języki nieformalne, to takie, w których opisie odwołujemy się do treści, sensu czy znaczenia wyrażen. Język niezinterpretowany to taki, dla którego nie została podana interpretacja, natomiast język zinterpretowany to taki, który posiada reguły interpretacyjne. I wreszcie, język sformalizowany to taki, który jest rezultatem formalizacji, natomiast język niesformalizowany to taki, który nie został poddany procesowi formalizacji.

Ograniczenia semantyki formalnej (na razie rozumiem ją po prostu jako analizę znaków przy pomocy narzędzi logiki formalnej) wobec języka potocznego są znane i podkreślane od dawna. Powodem są jego właściwości (Kisielewicz, 2017), takie jak wieloznaczność, homonimiczność, synonimiczność, nieostrość, amfibologia, zależność kontekstowa itd. Ich „alogiczność”, w sensie logiki formalnej, była szczególnie podkreślana przez wspomnianą szkołę oxfordzką i traktowana jako okoliczność przesądzająca o nieadekwatności semantyki formalnej wobec mowy potocznej. Tarski (zob. Tarski, 1933) zwracał uwagę na to, że aczkolwiek teoretycznie możliwe jest takie spreparowanie języka potocznego, że nabierze on cech oczekiwanych od dobrze określonego tworu logicznego, to w rezultacie takiej preparacji utraci on właściwość naturalności, swój rys esencjalny, i stanie się językiem sztucznym (patrz wyżej). Innym momentem podkreślanym przez Tarskiego była uniwersalność tego języka. Wprawdzie jest to zaleta, gdyż, jeśli o czymkolwiek mówimy, możemy to wyrazić w mowie potocznej, ale z drugiej strony uniwersalność języka naturalnego powoduje to, że zawiera on swój metajęzyk, a to z kolei powoduje antynomie semantyczne. Logicy zwykli uważać cechy języka naturalnego wskazane w poprzednim i niniejszym akapicie za jego logiczne niedostatki, wymagające przynajmniej częściowej sanacji, np.

w postaci definicji regulujących, wprowadzanych dla zaostrenia zakresu nazw czy ustalenia jednego ze znaczeń jako podstawowego, czy dla też innych zabiegów normalizacyjnych (por. Trzęsicki, 2017).

Powyższe obserwacje wymagają jednak pewnej korekty. Wprawdzie tzw. niedostatki języka naturalnego nieraz utrudniają komunikację, gdyż bywają przyczynami nieporozumień wypływających z nieostrości czy wieloznaczności, ale z drugiej strony znacznie redukują liczbę słów niezbędnych dla prowadzenia konwersacji. Łatwo sobie wyobrazić monstualne kłopoty w przekazywaniu informacji, gdyby zamiast określić „niski”, „wysoki” i „średniego wzrostu” potrzeba byłoby wyrażać na wiele przedziałów „wzrostowych”. Matka, cerując spodnie synowi, gdy mówi „Skocz do sklepu i kup zamek”, nie musi dodawać, że chodzi jej o element odzieży, a nie o urządzenie zamykające drzwi. Toteż takie okoliczności, jak wieloznaczność i nieostrość działają także na korzyść pożądanej ekonomii języka, aczkolwiek czasem są kłopotliwe. Gdy zachodzi potrzeba precyzji, np. w tekście prawnym, zawsze można to uczynić drogą definicyjną (tzw. definicje legalne, np. osoby pełnoletniej). Wprawdzie język naturalny nie odróżnia precyzyjnie języka i metajęzyka, ale dystynkcja ta jest jednak obecna, np. w odróżnieniu *oratio recta* i *oratio obliqua* (choć ta druga jest intencjonalna) oraz zaznaczaniu cytowania. Wreszcie, jak zauważył Davidson (zob. Davidson, 1967), nikt nie posługuje się całym językiem potocznym, ale zawsze jakąś jego wyróżnioną częścią. W konsekwencji ten fragment może być logicznie ulepszony, o ile jest to zasadne z takich czy innych powodów, np. dla opracowania schematów automatycznego przekładu z jednego języka na inny czy też z uwagi na wątpliwości żywione przez użytkowników języka biorących udział w wymianie informacji.

Relację pomiędzy językiem potocznym (dokładniej – jego fragmentem) a jego wersją sformalizowaną da się chyba porównać z tą, jaka zachodzi pomiędzy teoretycznym modelem fizycznym a fragmentem rzeczywistości. W końcu można by powiedzieć, że prawa fizyki nie stosują się do świata realnego, gdyż nie ma ruchu bez tarcia, ciała nie poruszają się ruchem jednostajnym, nie istnieje próżnia, masa nie jest skoncentrowana punktowo itd. To wszystko prawda, ale mimo to mechanika jest wykorzystywana w praktycznej statyce i dynamice, prawa termodynamiki w projektowaniu zabezpieczeń przed utratą ciepła, a hydrodynamika w budowie okrętów. Dzieje się tak dlatego, że modele realne są aproksymacjami konstrukcji teoretycznych. To samo można powiedzieć o semantyce formalnej – języki naturalne są jej przybliżeniami. Jeśli ten pogląd jest słuszny, to tzw. braki języka potocznego mają swoje głębokie uzasadnienie poznawcze i chociaż na pewno powodują ograniczenia semantyki formalnej, nie powinny być traktowane jako okoliczności świadczące o jej totalnej niestosowalności do analizy mowy potocznej. Argumenty przywołane w niniejszym akapicie uzasadniają wspomniany wcześniej pogląd Tarskiego (przypominam, że była to rewizja jego wcześniejszych zapatrywań), że ścisła analiza logiczna może dotyczyć nie tylko języków sformalizowanych *lege artis*, ale takich, które mają ustaloną strukturę. Być może tezę Montague’a można osłabić do stwierdzenia, że

jeśli weźmie się pod uwagę dowolny fragment języka potocznego, to zawsze można go potraktować jako aproksymację jakiegoś systemu formalnego, a jeśli tak, to procedura aproksymacyjna musi doprowadzić do tego, że znikają pewne właściwości tego, co jest przybliżane do teoretycznego modelu. W konsekwencji ograniczenia semantyki formalnej w odniesieniu do języka naturalnego nie wydają się tak fundamentalne, jak twierdzą antyformaliści. Wydaje się, że często mieszają oni język w codziennym działaniu (tj. kolekcję konkretnych aktów mowy) i język jako produkt (zbiór wyrażeń) nadający się do badania różnymi metodami, w tym także formalno-logicznymi.

Semantyka formalna zakłada logikę formalną, czy też pierwsza zawiera drugą. Znaczy to m. in., że rozmaite operacje logiczne muszą mieć legitymację semantyczną. Najlepiej ilustruje to pojęcie wynikania logicznego. Może być ono określone syntaktycznie – jako relacja $X \vdash B$, tj. taka, że zdanie B jest wyprowadzone ze zbioru zdań X wedle z góry zadanych reguł inferencyjnych., np. powiadamy, że B wynika inferencyjnie ze zbioru $\{A, A \Rightarrow B\}$ wedle reguły odrywania. Z drugiej strony mówimy, że B wynika semantycznie (symbolicznie $X \models B$), gdy jest wykluczone, aby zdania ze zbioru X były prawdziwe, natomiast B – fałszywe. Jest to kolejny przykład paralelizmu syntaktyczno-semantycznego. Niemniej jednak, nie każda operacja dokonywana w praktyce ma taką legitymację. I nie chodzi tutaj o błędy logiczne czy o rozmaite zabiegi retoryczne, ale o sytuacje mające jakieś racjonalne uzasadnienie z punktu widzenia interpersonalnej wymiany myśli przy pomocy wypowiedzi językowych. Jest to przedmiotem znanej koncepcji tzw. maksym konwersacyjnych Grice'a (Grice, 1975). Wedle tego autora skuteczna konwersacja wymaga kooperacji jej uczestników, a jeśli tak, to muszą (powinni) oni stosować się do pewnych zasad. Są one następujące (stosując inną terminologię niż Grice): (I) reguła prawdziwości (nie używaj zdań, o których wiesz, że są fałszywe); (II) reguła informacyjności (udzielaj adekwatnej informacji, tj. takiej, która odpowiada sytuacji konwersacyjnej); (III) reguła rzeczowości (wypowiadaj się na temat); (IV) reguła zrozumiałości (wypowiadaj się w sposób jasny).

Wszystkie maksymy Grice'a mają wyraźny charakter praktyczny w tym sensie, że ich przestrzeganie jest warunkiem racjonalności konwersacji, ale także tetyczny (powinnościowy), np. (I). W samej rzeczy, jeśli celem rozmowy jest wzajemne przekazywanie trafnej i uzasadnionej informacji, to trzeba unikać operowania zdaniami fałszywymi – a przynajmniej takimi, co do trafności których ma się uzasadnione zastrzeżenia – dbać o to, aby informacja nie była ani za wąska, ani za szeroka, wypowiadać się na temat i w sposób zrozumiały. Grice określał swoje zasady jako „implikatury”, tj. jako to, co jest semantycznie (w szerokim sensie, tj. wypływające z treści przekonań nadawcy) związane z użyciem wyrażenia, w szczególności zdania. Słowo „implikatura” od razu nasuwa skojarzenia z logiką i wynikaniem logicznym. Wszelako redukcja implikatury do wynikania logicznego nie jest możliwa. Rozważmy maksymy (I) i (II). Pierwsza z nich zaleca, aby nie używać zdań fałszywych. Można by ją uzasadnić, powołując się na zasadę logiczną, że z fałszu wynika wszystko. Niemniej jednak,

uczestnik konwersacji, nawet jeśli zorientuje się, że został „poczęstowany” zdaniem fałszywym, nie będzie wyprowadzał z niego dowolnej konsekwencji. Będzie się raczej zastanawiał nad intencjami (sam Grice to mocno podkreśla) swojego partnera konwersacyjnego lub nad tym, czy usłyszany fałsz zawiera jakieś „ziarno” prawdy, czy też nie. W związku z (II) rozważmy sytuację, w której ktoś odpowiada w piątek (wiedząc, jaki jest dzień tygodnia) „Dziś jest czwartek lub piątek” na pytanie „Jaki jest dzisiaj dzień tygodnia?”. Odpowiedź jest oczywiście prawdziwa, ale zapewne zostanie potraktowana przez pytającego jako wyraz niewiedzy po stronie zapytanej osoby. Jednak ta konkluzja jest błędna, ponieważ zapytany wie, że dzisiaj jest piątek. Reguła (II) domaga się podania maksymalnej prawdziwej informacji, a nie częściowej, ponieważ pytający o dzień tygodnia oczekuje jednoznacznej odpowiedzi, w tym także „Nie wiem”, o ile zapytany rzeczywiście nie wie. Można wprowadzić powiedzieć, że jeśli A jest poprawną odpowiedzią na dane pytanie, a zapytany używa zdania B takiego, że B wynika z A , ale pierwsze nie jest równoważne drugiemu, to B jest odpowiedzią naruszającą (II). Jednakże, choć logika dotyka jakiegoś aspektu maksym konwersacyjnych, pomija ich aspekt pragmatyczny, fundamentalny dla ich roli jako regulatorów racjonalnej praktyki konwersacyjnej. Wprowadzić notujemy próby stworzenia pragmatyki formalnej (por. Martin, 1959), ale wszystko wskazuje na to, że ograniczenia semantyki logicznej w analizie kontekstów konwersacyjnych są fundamentalne, właśnie z uwagi na nieusuwalne czynniki pragmatyczne obecne w posługiwaniu się językiem.

Przechodzę do ograniczeń semantyki formalnej w odniesieniu języków ściśle związanych z logiką. W tym kontekście trzeba odnotować pewną względność rozumienia nazw „język formalny” i „język sformalizowany”. Załóżmy, że mamy do czynienia z arytmetyką liczb naturalnych w jej zwyczajowym (tj. obecnym w praktyce matematycznej) rozumieniu. Jest to teoria zaksjomatyzowana, ale wyrażona w „mieszanym” języku, tj. zawierającym terminy matematyczne oraz słowa potoczne, ale przystosowane do potrzeb wyrażenia własności liczb naturalnych i relacji pomiędzy nimi. Po dokonaniu formalizacji otrzymujemy język, który można zasadnie określić jako formalny. Przyjmuje się, że wyrażenia tego systemu dziedziczą znaczenie (sens) odpowiadających im elementów języka arytmetyki przed formalizacją. Przypuśćmy teraz, że rozważamy język J^* , w którym jedynym słowem pierwotnym jest symbol $*$. Mamy też jedyną regułę tworzenia nowych wyrażeń naszego języka:

(R) Jeśli $W \in J^*$, to $W^* \in J^*$.

Na mocy tego przepisu i wcześniejszego założenia, wnosimy, że $* \in J^*$, $** \in J^*$, $*** \in J^*$, itd. Nic jednak nie wiadomo o znaczeniu wyrażenia $*$ – w szczególności, czy jest to symbol zdaniowy czy nie. Wprowadzić w opisie języka J^* pojawiły się wyrażenia „jeśli, to” (możemy przyjąć, że ma ono taki sens, jak w rachunku zdań) i \in (symbol należenia elementu do zbioru), ale nie mają one wpływu na rozumienie napisu $*$. Niemniej jednak, można mówić o języku for-

malnym zarówno w przypadku języka sformalizowanego, jak i powstającego, by tak rzec, *ad hoc*. Wygodnie jest od razu zauważyć, że jeśli mamy język J , to jego opis dokonuje się w stosownym metajęzyku MJ . Opis ten obejmuje składnię, w szczególności definicję wyrażenia i reguły konstrukcji, np. dotyczące budowy wyrażeń złożonych z prostych. Jak już wcześniej zazaczyłem, relacja pomiędzy J i MJ jest kluczowa dla wielu zagadnień semantyki formalnej, w tym jej ograniczeń.

Możemy np. przyjąć, że J jest zbiorem nazw języka polskiego, gwiazdka oznacza nazwę prostą (jednowyrazową), a (R) ustala, że konkatencja nazw prostych jest także nazwą. Objaśnienie to wprowadza pewną interpretację (pojęcie to pojawiło się w (3), aczkolwiek tylko *implicite*). Współczesne ujęcie interpretacji (w rozważanym kontekście) jest ściśle związane z semantyką teorio-modelową. Załóżmy, że J jest językiem – wygodnie jest założyć, że jest to zbiór zdań. Niech $X \subset J$, przy czym od razu przyjmujemy, że X jest niesprzecznym zbiorem zdań⁶. Modelem zbioru X jest struktura M , w której zdania języka należące do X są prawdziwe⁷. Intuicyjnie rzecz biorąc, to, czy jakieś, powiedzmy, A , jest prawdziwe, zależy m. in. od rozumienia wyrażeń, z których jest zbudowane. Każdy model (dla prostoty, zakładam, że w J występują wyłącznie predykaty monadyczne) ma postać $\langle U, P_1, P_2, P_3, \dots \rangle$, gdzie U jest niepustym zbiorem przedmiotów, natomiast P_1, P_2, P_3, \dots są podzbiorami U . Ten opis jest związany z traktowaniem formuł języka J jako zbudowanych z nazw indywidualnych, zmiennych indywidualnych, predykatów oraz stałych logicznych. Przyjmuje się, że znaczenie elementów tego ostatniego katalogu, np. stałych rachunku zdań czy kwantyfikatorów, jest ustalone przez logikę. Pozostaje problem znaczenia wyrażeń pozalogicznych. Otóż jeśli a jest nazwą indywidualną lub zmienną indywidualną, to jej wartością w modelu M jest obiekt należący do U , a jeśli P jest predykatem, np. P_i , to jego wartością jest zbiór P_i . Przykładowo, zdanie „Kraków jest miastem” wyraża to, że nazwie „Kraków” przyporządkowany jest obiekt Kraków, a predykatowi „jest miastem” – zbiór miast. Tak więc, interpretacja tego zdania może być zapisana formalnie wyrażeniem „Kraków \in Miasto”, gdzie ostatni element (poza cudzysłowem) odnosi się do zbioru miast. Znaczy to również, że w metajęzyku stosujemy teorię mnogości, gdyż symbol należenia pochodzi z tego systemu. Interpretacja wyrażeń języka J jest więc funkcją, która przyporządkowuje jego wyrażeniom ich wartości, tj. obiekty z modelu M . Do-

⁶ J jako całość jest spreczny, gdyż, dla każdego zdania $A \in J$ zawiera jego negację.

⁷ Semantyka teorio-modelowa opiera się na semantycznym pojęciu prawdy wprowadzonym przez Tarskiego (Tarski, 1933). Dla prostoty pomijam sytuację, w której X ma wiele modeli. Wróć do tej kwestii w związku z tzw. modelami niestandardowymi. Ignoruję także odróżnienie logiki i rzędu i wyższych rzędów, aczkolwiek intuicje i przykłady są związane z tym pierwszym przypadkiem. Moja ekspozycja jest nader uproszczona, ale to nie prowadzi to, mam przynajmniej taką nadzieję, do zniekształceń.

datkowo możemy powiedzieć, że interpretacja determinuje to, że pewne zdania są prawdziwe a inne – fałszywe⁸.

Czy jednak interpretacja w powyższym rozumieniu rzeczywiście nadaje wyrażeniom znaczenie w intuicyjnym rozumieniu? Jak już wcześniej zauważyłem, syntaksa języka formalnego (sformalizowanego) jest kompozycyjna, tj. wyrażenie złożone jest zawsze funkcją swych prostszych składników. Ponieważ paralelnosc składni i semantyki jest pożądana, motywuje to postulat kompozycyjności (ekstensjonalności) semantyki. Z drugiej strony, jest wiele powodów, aby kwestionować uniwersalność realizowalności tego postulatu w odniesieniu do wielu kontekstów potocznych, w tym także takich, które stanowią typowy przedmiot analizy logicznej, np. modalności epistemicznych („Wiem, że A ”) czy erotetycznych („Pytam, czy A ”) itd. Sprawę tę poruszałem wyżej w związku z logikami intensjonalnymi. Ponieważ na razie nie widać możliwości przezwyciężenia trudności związanych z logiczną analizą kontekstów intensjonalnych, mamy tutaj wyraźne ograniczenie semantyki teorio-modelowej. Jeśli uznamy semantykę klasycznego rachunku zdań i rachunku predykatów za paradygmat, trzeba w konsekwencji uznać, że teoria modeli dla logik intensjonalnych wymaga dość skomplikowanych konstrukcji, których kompozycyjność jest wątpliwa⁹. Niezależnie od kwestii intensjonalności, semantyka teorio-modelowa pomija fundamentalną dystynkcję pomiędzy intensją (znaczeniem, treścią) a referencją (desygnacją, oznaczaniem, zakresem). Może najwyraźniej to widać w związku z relacją pomiędzy predykatami a zbiorami jako ich wartościami. Już dawno zauważono, że dwa wyrażenia, np. „największe miasto nad Wisłą” i „stolica Polski” mogą mieć różne znaczenia, ale ten sam zakres. W przypadku predykatów powiada się, że ich znaczeniami są własności przedmiotów, czyli cechy, a zakresami – zbiory przedmiotów posiadających dane własności. W konsekwencji tożsamość znaczeń gwarantuje identyczność zakresów, ale nie na odwrót – a w odniesieniu do predykatów tożsamość cech generuje identyczność zakresów, ale nie na odwrót. Przykładowo, z tego, że Warszawa jest stolicą Polski, nie wynika, że jest największym miastem nad Wisłą. Jeśli tak jest, to semantyka teorio-modelowa nie pracuje tylko w oparciu o informację o ekstensjach – potrzebne jest coś jeszcze. Jeśli uznać, że semantyka zajmuje się również sensami, odpowiedź jest prosta, mianowicie, że, aby rozpatrywać interpretację (sformalizowanego) języka J i jej związek z modelem M , trzeba wiedzieć, co wyrażenia znaczą, a nie tylko, co oznaczają. Możemy wprawdzie przyjąć, wracając do jednego z wcześniejszych przykładów, że interpretacja składników zdania „Kra-ków jest miastem” korzysta z teorii mnogości z uwagi na relację wyrażoną przez symbol \in , ale dzieje się to za pośrednictwem odpowiednich znaczeń.

⁸ Wedle jednego z podstawowych twierdzeń metalogicznych (twierdzenia Gödla-Malcewa o pełności) zbiór zdań jest niesprzeczny wtedy i tylko wtedy, gdy ma model. W konsekwencji (patrz przypis 5) J nie ma modelu, ale ma interpretację.

⁹ To wcale nie ma znaczyć, że konstrukcje są mało ważne lub nieciekawe. Wprowadzając ten kontrast, mam na myśli różnice, które są istotne.

Jak sobie z tym poradzić, skoro, jeśli w jest wyrażeniem języka J , to jego analiza semantyczna ogranicza się do tego, jaką ma wartość w M ? Jedyne rozwiązanie, jakie nasuwa się w tym kontekście, polega na tym, że trzeba wziąć pod uwagę informacje o znaczeniu wyrażenia w zawarte w metajęzyku MJ . I ta okoliczność decyduje o tym, że aczkolwiek funkcja interpretacji przyporządkowuje wyrażeniom języka J ich ekstensjonalne wartości, dokonuje się to z uwagi na znaczenie. To w pewien sposób wyjaśnia pogląd Tarskiego (patrz wyżej), że znaczenie języków sformalizowanych jest zawsze określone i zrozumiałe. Jest tak właśnie dlatego, że formalizacja nie zrywa ze znaczeniem wyrażen funkcjonującym przed jej podjęciem i zrealizowaniem¹⁰. W tym względzie, ujawnia się rola pragmatyki języka, ponieważ metajęzykowe eksplikacje znaczenia odwołują się do tego, jak ludzie, w szczególności kompetentni użytkownicy danej terminologii, używają słów i ich kompleksów. Ktoś może jednak zapytać o potrzebę semantyki teorio-modelowej, skoro i tak nawiązuje ona do znaczeń. Odpowiedź jest taka, że konstrukcja modelu wyłącznie na ich podstawie jest niewystarczająca. Potwierdziło to np. odkrycie modeli niestandardowych arytmetyki liczb naturalnych. To właśnie rozważenie stosownych konstrukcji teorio-modelowych pokazało, że istnieją modele arytmetyczne, w których istnieją liczby naturalne, większe od dowolnej liczby naturalnej, a więc liczby niestandardowe. Teoria takiego modelu oparta jest na tych samych aksjomatach (aksjomatyka Peano), co teoria standardowych liczb naturalnych. Semantyczna (semiotyczna) analiza postulatów arytmetyki Peano nie mogła zatem doprowadzić do odkrycia modeli niestandardowych. Wszelako i w tym wypadku znaczenie terminu „liczba naturalna” było istotne. Im bogatszy jest rozważany język, rola jego metajęzyka w kształtowaniu znaczeń staje się większa. Widać to wyraźnie przy przejściu od rachunku zdań do rachunku predykatów i dalej, np. do arytmetyki liczb naturalnych. Reasumując, potrzeba rozważania znaczeń wyrażen języka J jest kolejnym ograniczeniem semantyki formalnej, gdyż musi się dokonywać w nieformalnym metajęzyku. Jest on oczywiście znormalizowany z uwagi na potrzeby, np. matematyczne, ale jednak niesformalizowany. Ryle (1953) zwrócił uwagę na to, że także słowa należące do języków specjalistycznych mają swoje standardowe (powiada, potoczne – *ordinary* w jednym ze znaczeń tego przymiotnika) znaczenie. Jest to kategoria pragmatyczna. Obserwacja ta uzasadnia w pewien sposób wcześniej wspomniany priorytet pragmatyki w ramach semiotyki.

Innym przejawem ograniczeń semantyki formalnej są tzw. twierdzenia limitacyjne (por. Murawski, 2000), w szczególności i twierdzenie Gödla o niezupełności i twierdzenie Tarskiego o niedefiniowalności prawdy. Weźmy pod uwagę arytmetykę liczb naturalnych (**AR**), o której zakładamy, że jest teorią niesprzeczną. Twierdzenie Gödla głosi, że **AR** jest teorią niezupełną, tj. istnieją takie zdania A i $\neg A$ należące do jej języka, że oba są niedowodliwe w **AR**. Niech

¹⁰ Trzeba mieć na uwadze, że Tarski nie był całkowicie jednoznaczny w tej materii. Z jednej strony powiadał o znaczeniu, ale z drugiej nie był zadowolony z pojęcia znaczenia i w tej sprawie polemizował z Kokoszyńską (por. Kokoszyńska, 1936; Tarski, 1936).

Tr oznacza predykat prawdziwości oznaczający zbiór zdań prawdziwych (w arytmetyce). Twierdzenie Tarskiego powiada, że predykat Tr nie jest definiowalny w **AR**. Oba te fundamentalne wyniki metamatematyczne zebrane razem implikują, że pojęcie prawdy, które jest semantyczne, nie redukuje się do syntaktycznego pojęcia dowodu. Innym tego wyrazem jest wersja twierdzenia Gödla stanowiąca, że zbiór prawd matematycznych nie jest skończenie aksjomatyzowalny – pojęcie aksjomatyzowalności też jest syntaktyczne. Sytuacja jest o tyle interesująca, że składnię MJ^{AR} można zarytmetyzować, tj. zredukować do J^{AR} . Można uznać, że jeśli redukcja do syntaksy, w tym wypadku arytmetycznej (nie rozważam sytuacji ogólnej), oznacza pełną formalizację tego, co jest redukowane, to od razu widać, że pełna formalizacja semantyki arytmetycznej jest niemożliwa. Obserwacja ta rzuca pewne światło na sens przymiotnika „formalna” w złożeniu „semantyka formalna”. Jeśli powiemy, że teoria modeli dla **AR** jest semantyką formalną tej teorii, to znaczy tyle tylko, że korzysta się w niej (semantyce dla **AR**) z rozmaitych konstrukcji, np. teorio-mnogościowych czy algebraicznych. Są one ulokowane w metajęzyku, zawsze mniej sformalizowanym od teorii przedmiotowej. W rozważanym przypadku semantyczny MJ^{AR} jest „mniej formalny” od syntaktycznego metajęzyka arytmetycznego, podległego arytmetyzacji. Dodatkowo, o ile i twierdzenie Gödla ma dowód syntaktyczny (konstruktywny, finitystyczny w dość restryktywnym sensie), to dowód twierdzenia Tarskiego jest niekonstruktywny i korzysta z narzędzi infinitystycznych. To, że semantyka przekracza (transcenduje w sensie przyjętym w filozofii) składnię, jest faktem fundamentalnym i ściśle związanym z tym, że ta pierwsza zawiera więcej elementów nieformalnych niż druga. Wprawdzie ktoś może utrzymywać, że to syntaksa jest ograniczona w stosunku do semantyki, gdyż jest pojęciowo uboższa, ale to nie zmienia faktu, że limitacje semantyki formalnej, właśnie pod względem jej „formalności” stanowią intrygującą okoliczność. Filozof mógłby powiedzieć, że jest to przejaw prymatu treści nad formą, co jednak wcale nie znaczy, że z drugą można czynić, co tylko dusza zapragnie. Semantyka każda, zwłaszcza formalna, sugeruje, aby jedna i druga, tj. treść i forma, były znormalizowane. A formalizacja to właśnie skuteczna.

BIBLIOGRAFIA

- Cann, R. (1993). *Formal Semantics. An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carnap, R. (1939). *Foundations of Logic and Mathematics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Carnap, R. (1947). *Meaning and Necessity. A Study of Semantics and Modal Logic*. Chicago: University of Chicago Press.
- Davidson, D. (1967). Truth and Meaning. *Synthese* 17, 304–323.
- Grice, P. D. (1975). Logic and Conversation. W: P. Cole, J. Morgan (red.), *Syntax and Semantics* (t. 3, s. 41–58). Nowy Jork: Academic Press.

- Kisielewicz, A. (2017). *Logika i argumentacja. Praktyczny kurs krytycznego myślenia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kokoszyńska, M. (1936). W sprawie względności i bezwzględności prawdy. *Przegląd Filozoficzny*, 39, 424–425.
- Martin, R. M. (1959). *Toward a Systematic Pragmatics*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Montague, R. (1970). Universal Grammar. *Theoria*, 36, 373–398.
- Morris, C. (1938), *Foundations of the Theory of Signs*. Chicago: University of Chicago Press.
- Murawski, R. (2000). *Funkcje rekurencyjne i elementy metamatematyki. Problemy zupełności, rozstrzygalności, twierdzenia Gödla*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Parsons, D. (2016). *Intensionality. A Critical Survey*. Berlin: Springer.
- Pelc, J. (1982). *Wstęp do semiotyki*. Warszawa: Wiedza Powszechna.
- Quine W. V. O. (1953). Notes on the Theory of Reference. W: W. V. O. Quine, *From a Logical Point of View* (s. 130–138). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Ryle, G. (1953). Ordinary Language. *The Philosophical Review*, XLII, 301–319.
- Tarski, A. (1933). *Pojęcie prawdy w językach nauk dedukcyjnych*. Warszawa: Towarzystwo Naukowe Warszawskie.
- Tarski, A. (1936). [Głos w dyskusji nad referatem M. Kokoszyńskiej]. *Przegląd Filozoficzny*, 30, 425.
- Tarski, A. (1944). The Semantic Conception of Truth and the Foundations of Semantics. *Philosophy and Phenomenological Research*, 4, 341–375.
- Tarski, A. (1995). *Pisma logiczno-filozoficzne. T. 1: Prawda*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Trzęsicki, K. (2016). *Semiotyka i logika dla kognitywistów*. Białystok: Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.
- Van Benthem, J. (2002). *A Manual of Intensional Logic*. Stanford: Center for the Study of Language and Information.
- Woleński, J. (2007). *Epistemologia. Poznanie, prawda, wiedza i realizm*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe – PWN.

LIMITATIONS OF FORMAL (LOGICAL) SEMANTICS

SUMMARY: According to the received view formal semantics applies to natural (ordinary) language to some extent only. It is so because natural language is inherently indefinite, in particular, its expressions are ambiguous, vague and admits departures from syntactic rule. Moreover, intensional contexts occur in ordinary language – it results in limitations of the principle of compositionality. The ordinary conversation appeals to various principles, for instance, Grice's maxims which exceed logical formalism. Thus, ordinary language cannot be fully formalized. On the other hand, if L is a formal language, its metalanguage ML , must be partially informal – for instance, it contains, terms of ordinary mathematics, especially set theory. Even, if, for instance, due to the technique of aritmetization, ML can be represented in ML , such a representation is only local. In fact, this view can be derived from some Tarski's remarks on the role played by natural language. It is usually assumed that the universality of natural language, is the source of troubles associated with antinomies. It is so and this circumstance requires a solution, for example by distinguishing levels of language. However, even, if antinomies are excluded, what is informal is prior with respect to what is formal. It shows that formal semantics has limitations even with respect to formalized languages.

KEYWORDS: language, metalanguage, model, logic, syntax, semantics.