

Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Rzeszowie,
Wydział Matematyczno-Fizyczny, Instytut Fizyki,
35-959 Rzeszów, ul. T. Rejtana 16a

MAŁGORZATA KLISOWSKA i REGINA ZAWISZA *

Dydaktyczne aspekty stosowania analogii w nauczaniu fizyki

The didactic aspects of analogy in physics education

ABSTRAKT

Nowe wymagania edukacyjne, wynikające z reformy polskiego szkolnictwa, implikują poszukiwania aktywizujących i integracyjnych metod nauczania-uczenia się przyrodoznawstwa. Jedną z propozycji jest zmiana w podejściu do metody wnioskowania przez analogię. W niniejszej publikacji przedstawiono metodyczne uzasadnienie koncepcji szerszego wprowadzenia analogii – jako metody heurystycznej – do procesu nauczania fizyki w polskich szkołach (w przyszłości również przedmiotów zintegrowanych, np. przyrody).

1. WSTĘP

Zmiany, jakie przewiduje reforma szkolnictwa w Polsce, wymagają kompleksowego i bardziej twórczego podejścia do procesu nauczania

* Instytut Fizyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, 20-031 Lublin, Pl. M. Curie-Skłodowskiej 1.

i uczenia się. W założeniach reformy szczególną rolę przypisano integracji treści nauczania różnych przedmiotów, zwłaszcza przyrodniczych, celem wykształcenia umiejętności dostrzegania zjawisk i procesów z wielu perspektyw, ich zrozumienia oraz łączenia elementów różnych dziedzin wiedzy. Realizacja zadań stawianych przed szkolnictwem wymaga od nauczycieli stosowania metod sprzyjających rozwojowi intelektualnemu i twórczej inwencji uczniów oraz ułatwiających transfer uczenia się na sytuacje pozaszkolne w środowisku fizycznym oraz społecznym. Nowe wymagania edukacyjne implikują konieczność weryfikacji stosowanych metod, w tym również zmianę podejścia do zastosowań analogii w dydaktyce fizyki.

2. STOSOWANE POJĘCIA

Twórczo rozwijające się poznanie często odwołuje się do podobieństw istniejących między przedmiotami, badanymi zjawiskami czy procesami. Wyróżnione podobieństwa, adekwatności lub zgodność relacji, występujące między cechami zjawisk, przedmiotów (elementami układów) określa się jako *analogię*. Terminowi *analogia* w nauce przypisuje się dwa znaczenia:

- nazwy pewnego typu rozumowania;
- struktury myślenia o podobnych do siebie układach.

Rozumowanie przez analogię zachodzi wówczas, gdy na podstawie własności, cech lub stosunków dwu lub więcej układów wnioskuje się o możliwości istnienia podobieństw i ich zbieżności w odniesieniu do innych cech, własności lub stosunków. Innymi słowy, myślenie za pomocą analogii polega na przechodzeniu od *układu* do *układu*. Układ, z którego informacja jest przenoszona, to *model* (*wzorzec*). Układ, na który przenosi się informację o podobieństwach, to *oryginał*. Stosunek podobieństw pomiędzy *modelem* a *oryginałem* określa typ analogii.

Zasadniczo rozróżnia się:

- analogie przebiegu (zdarzeń, zjawisk, procesów);
- analogie zachowań (układów, elementów);
- analogie funkcyjne (podobieństwo wykonywanych zadań przez elementy, układy);
- analogie strukturalne (podobieństwo struktur elementów, układów);

- analogie formalne (podobieństwo opisów matematycznych);
- analogie materiałowe.

Wnioskowanie przez analogię ma najczęściej charakter nieuświadomiony. Dzieci (jak i naukowcy) spontanicznie posługują się analogią przy rozwiązywaniu prostych zadań i złożonych problemów. Cała trudność polega jednak na przejściu od wnioskowania spontanicznego do heurystycznego, kiedy to poszukiwanie analogii i wnioskowanie na jej podstawie odbywa się na drodze uświadomionych i celowych działań.

3. METODYKA ANALOGII

Analogii nie należy wykorzystywać jako środka dowodowego. W zależności od typu i rodzaju relacji, na których oparto związek podobieństw lub zgodności, analogia może prowadzić do wniosków o różnych stopniach pewności. Wnioski, sformułowane na podstawie analogii, jako prawdopodobne muszą podlegać weryfikacji w praktyce.

Posługiwanie się różnymi rodzajami analogii można zapisać w postaci wskazówek heurystycznych, uwzględniających niezbędne do wykonania procesy myślowe:

- zauważać i wydobywać to, co nowe, przez analogie z tym, co poznane wcześniej (*poznanie przez porównanie, ustalenie związku i relacji przez analogię*);
- wykazywać identyczność, podobieństwo, adekwatność oraz różnice i odstępstwa (*rozumowanie przez analogię, konstruowanie hipotezy*);
- opracować nowe poznanie w sposób sprawdzalny w praktyce (*weryfikacja hipotezy analogicznej przez doświadczenie*).

Nauczyciele wiedzą, że stosowanie analogii w nauczaniu nie jest stereotypowym sposobem organizowania procesów umysłowych, lecz oznacza wysoki stopień aktywności ucznia w zakresie przystosowania – znanych wzorców, schematów i metod postępowania – do rozwiązywania problemów w nowych warunkach. Uświadamia to sformalizowana postać strategii działania przez analogię.

Warunkiem podstawowym jest ustalenie, czy uczeń przyswoił sposób rozwiązania danej sytuacji problemowej S w dany sposób M . Następnie, czy postrzega pewną sytuację problemową S' jako inną: $S' \neq S$, odkrywa warunki W' jako nowe $W' \neq W$, itp. W dalszej kolejności wymagana jest od ucznia umiejętność spostrzegania podobieństw i adekwatności: $S' \sim S$, $W' \sim W$, itp., a także ustalenie zbioru analogii sytuacji (zdarzeń, zjawisk, procesów) $Anal(S, S')$ bądź warunków $Anal(W, W')$, itp. Najwyższym poziomem aktywności ucznia będzie adaptacja umysłowa schematu M na M' : $Anal(M, M')$, czyli przystosowanie schematu rozwiązania M z sytuacji S , przy warunkach W na schemat M' , możliwy do zastosowania w sytuacji S' z warunkami W' . Innymi słowy, aby rozumować na podstawie analogii, należy:

- analogię dostrzec (wykryć);
- przyjąć ją na gruncie ustalonych założeń;
- zastosować ustaloną analogię do generowania wniosków (hipotez);
- poddać wyniki rozumowania analogicznego weryfikacji;
- utworzyć strukturę zweryfikowanej analogii na wzór innej struktury analogicznej.

W rezultacie, w pamięci ucznia zamiast mało efektywnej wiedzy encyklopedycznej powinna być przechowywana i przetwarzana, zorganizowana poprzez analogię, dynamiczna struktura wiedzy zintegrowanej. Utworzone schematy, posiadana przez ucznia wiedza *uprzednia* lub *niema* oraz jej stopień operacjonalizacji, wpływać będą w dużym stopniu na to, co w przyszłości może zostać nauczone (tj. przyłączone do utworzonych „starych” schematów) i zaktywizowane.

Do tej pory sądzono [1,2], że umiejętność wnioskowania z zastosowaniem analogii pojawia się dopiero na poziomie operacji formalnych, uwarunkowując tym samym możliwość stosowania tej metody dopiero na odpowiednim etapie rozwoju intelektualnego uczniów. Naturalne wydaje się dążenie do wcześniejszego przygotowania uczniów do posługiwania się analogią [3,4], uwzględniając przy tym stymulującą rolę rolę myślenia spontanicznego, zastosowane mechanizmy operacyjne oraz funkcje analogii w nauczaniu przedmiotowym.

4. FUNKCJE ANALOGII W NAUCZANIU FIZYKI

Z historii fizyki wiadomo, że myślenie przez analogię odegrało bardzo ważną rolę w rozwoju fizyki jako nauki [5]. Dało początek nowym koncepcjom, odkryciom i teoriom naukowym: „...Geniusz badań naukowych to w znacznej mierze geniusz wyboru analogii. Genialne odkrycia naukowe polegają bowiem na dostrzeganiu głębszych i nowych związków analogii w strukturze rzeczywistości.” [6].

Rola analogii w rozwoju fizyki sprawia, że nie sposób pominąć tę metodę poznawczą w nauczaniu fizyki [7]. Odpowiednio zastosowana analogia pełni doniosłą rolę jako metoda heurystyczna. Wpływa na dynamizowanie utrwalonych w umyśle ucznia struktur wiedzy (niemej lub potocznej), uelastycznia myślenie, ułatwia przewyższanie stereotypizacji, inspirowanie do otwartości, inności myślenia i działań. Kształcąc umysł ucznia, analogia usprawnia proces nauczania–uczenia się, przyczynia się do zwiększenia skuteczności i efektywności, przewyższając izolacjonizm wynikający z kształcenia przedmiotowego (tj. według specjalizacji naukowych).

W nauczaniu fizyki (lub przyrody na niższym szczeblu kształcenia) opartym na czynnym wytwarzaniu wiedzy i pracy badawczo-odkrywczej ucznia wymagane jest włączenie funkcji poznawczych analogii, jako metody poznania naukowego do procesu nauczania–uczenia się fizyki. Do funkcji poznawczych analogii, zgodnie z postulatem upodobnienia nauczania do procesu badawczego, zaliczymy:

- formułowanie zagadnień (problemów);
- stawianie hipotez;
- tworzenie (przenoszenie) pojęć;
- przenoszenie metod i sposobów działania z jednej dziedziny (*modelu*) do drugiej (na *oryginał*).

Ze względu na inne spełniane funkcje analogia jako metoda rozumowania może być stosowana podczas rozwiązywania najważniejszych problemów nurtujących współczesną dydaktykę fizyki. Zadania dydaktyczne, jakie mogą być realizowane w nauczaniu fizyki z zastosowaniem analogii, przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Funkcje analogii i realizowane zadania dydaktyczne w nauczaniu fizyki
 Functions of analogy and didactic goals in physics teaching

Funkcje analogii w nauczaniu fizyki	Zadanie dydaktyczne
funkcja heurystyczna	<ul style="list-style-type: none"> - doprowadzić do wyłonienia problemu, - ułatwić powstanie pytania, - stymulować powstawanie nowych pomysłów;
funkcja dydaktyczna	<ul style="list-style-type: none"> - wyjaśnić nowe zjawisko, - ułatwić zrozumienie i zapamiętywanie istotnych treści, - upogładowić opisy zjawisk, - uatrakcyjnić opis zjawiska;
funkcja kształcąca	<ul style="list-style-type: none"> - rozbudzić wyobraźnię, - poszerzyć horyzonty myślowe ucznia, - przezwyciężyć nieefektywne wzory zachowań (stereotypizację), - wyrobić elastyczność w myśleniu,
funkcja integrująca	<ul style="list-style-type: none"> - umożliwić integrację wiedzy przedmiotowej ucznia, - ukazać wzajemne powiązania i zależności między fizyką a innymi dziedzinami wiedzy.

5. MIEJSCE ANALOGII W NAUCZANIU FIZYKI

Wykorzystanie analogii w nauczaniu fizyki w Polsce jest stosunkowo rzadkie. Świadczy o tym analiza podręczników szkolnych z fizyki oraz obserwacje czynione podczas hospitacji lekcji. Przykładów odwoływania się – przez autorów podręczników – do metody analogii przy wprowadzaniu i wyjaśnieniu zjawisk, pojęć i praw fizycznych nie jest wiele. Stosowane analogie są na ogół mało pomysłowe, sprowadzają się do ilustracji zjawisk elektrycznych zjawiskami z mechaniki [8]. Brakuje przykładów analogicznych sytuacji z życia lub innych – poza fizyką – dziedzin wiedzy. Jednocześnie większość nauczycieli posługuje się tą metodą sporadycznie, nie doceniając walorów kształcących analogii lub nie będąc do jej stosowania odpowiednio przygotowana. Często stosowanie tej metody sprowadza się do zwrócenia uwagi na podobieństwo struktury praw [9,10], np. prawa Coulomba i prawa Newtona, na analogię opisu pól grawitacyjnego i elektrostatycznego, opisu ruchu postępowego i ruchu obrotowego bryły sztywnej,

analogii modeli funkcyjnych stanów niestabilnych. Czynność wnioskowania – na podstawie dostrzeżonego związku analogii – zachodzi bardzo rzadko. Liczba stosowanych analogii też nie jest duża. Do wymienionych przykładów należy dodać analogię między układami drgającymi – mechanicznym i elektrycznym, analogię elektryczno-hydrodynamiczną, ciepło-elektryczną. Zdarza się, że w praktyce szkolnej uczniowie zapoznawani są z analogiami w ich ujęciu historycznym. Najczęściej są to :

- analogia Newtona między spadaniem ciał na Ziemię a ruchem planet;
- analogia Rutherforda między ruchami elektronów wokół jąder i ruchami planet wokół Słońca i własnych osi;
- analogia De Broglie'a między falowymi właściwościami fotonów i elektronów;
- analogia Ohma zjawisk elektrycznych i hydrodynamicznych;
- analogia Faradaya między polem elektrycznym i magnetycznym;
- analogia Coulomba między siłą grawitacji i siłą elektrostatyczną;
- analogia Gilberta między działaniem namagnesowanych kulek na igiełkę i działaniem Ziemi na kompas;
- analogia Franklina między zjawiskami elektrycznymi w laboratorium i zjawiskami zachodzącymi w chmurach burzowych;
- analogia modelu planetarnego Kopernika i modelu atomu Bohra;
- analogia eliptycznych orbit w modelu planetarnym Kopernika-Keplera i modelu atomu Bohra-Somerfelda;
- analogia formalna zjawisk statystycznych.

Niestety, nie zauważa się stosowania analogii do ukazania znaczenia i roli wiedzy fizycznej w rozwoju innych dziedzin wiedzy, związanych z zainteresowaniami ucznia (ekonomii, psychologii, itp.). Nie ma również praktyki wykorzystywania testów analogii do sprawdzenia poziomu wiedzy i uzdolnień. Jak wykazały badania przeprowadzone w Zakładzie Fizyki Ogólnej i Dydaktyki Fizyki Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie [3,4,7,11], większość uczniów nie jest przygotowana do posługiwania się tą metodą rozumowania, często intuicyjnie wyczuwa analogie w pewnych zjawiskach, lecz nie potrafi ich uzasadnić. Taki stan rzeczy wynika zarówno z nieuwzględniania analogii przy konstruowaniu struktury pro-

gramów nauczania i formułowaniu treści programowych, jak z braku opracowań metodologicznych dla nauczycieli fizyki (oraz przyrody).

6. WSKAZÓWKI METODYCZNE STOSOWANIA ANALOGII W NAUCZANIU FIZYKI

Zapoznanie uczniów z metodą wnioskowania przez analogię wymaga częstszego i różnorodnego jej wykorzystywania w procesie nauczania-uczenia się fizyki. Nauczyciel może to osiągnąć stosując m.in. następujące strategie działania:

- stymulowanie szukania analogii prostych (funkcjonalnych);
- wprowadzanie analogii metaforycznych;
- stosowanie modelowania;
- wykorzystywanie analogii formalnych;
- stosowanie testów analogii.

7. STYMULOWANIE SZUKANIA ANALOGII

Ukierunkowanie uczniów na dostrzeganie podobnych relacji między cechami, elementami zjawisk, obiektów, zdarzeń jest pierwszym i najważniejszym etapem w rozwijaniu umiejętności dostrzegania analogii. Stymulowanie poszukiwania analogii w otaczającym świecie i życiu codziennym odbywa się przez stawianie pytań: *Do czego jest to podobne? Co to przypomina? Z czym się kojarzy? Jak to pokazać? Co by było, gdyby...?* Powinno to ukierunkować poszukiwanie podobieństw i przykładów – z możliwie odległych dziedzin. Poszukiwanie odpowiedzi pozwala uczniom, z jednej strony, puścić wodze fantazji i uaktywnić wiedzę niemą (w formie werbalnej, inscenizacyjnej, graficznej) z drugiej zaś uświadomić, że jedno i to samo zjawisko może wywoływać wiele skojarzeń, z których trzeba będzie wybrać te najbardziej poprawne. Charakter zabawowy oraz możliwość stosowania języka niefizycznego pozwalają nauczycielowi uchwycić błędy związane z wiedzą potoczną ucznia, rozpoznać najchętniej stosowane przez uczniów strategie (mówienie, pisanie, rysowanie, pokazywanie) oraz określić poziom

spontaniczności w zależności od przyjętej formy pracy (indywidualnie, w grupie uczniowskiej, z pomocą nauczyciela lub bez).

Stymulowanie poszukiwania analogii w klasach młodszych (np. na przedmiocie przyroda w SP) ułatwi odwoływanie się na lekcjach fizyki do analogii funkcjonalnych, wpływających z fundamentalności i uniwersalności praw fizycznych. Oto kilka przykładów [12]: analogia między rezonansem dwóch kamertonów i rezonansem zachodzącym na włóknach w środkowym uchu (powoduje wyzwolenie impulsu nerwowego, w rezultacie czego słyszymy dźwięki); analogia między działaniem aparatu fotograficznego i okiem zwierząt oraz ludzi; analogia między grą na skrzypcach i dźwiękami wydawanymi przez świerszcze; analogia między skupieniem promieni światła przez soczewkę skupiającą i tkanki liści roślin.

Takie wykorzystanie analogii pozwala uczniom spojrzeć na fizykę jako naukę uniwersalną, nieograniczającą się do natury martwej. Ujawni też integracyjną funkcję analogii w kształceniu z zakresu fizyki oraz znaczenie samej fizyki jako przedmiotu nauczania wdrażającego ucznia do rozwiązywania problemów współczesności.

8. ANALOGIE METAFORYCZNE

Analogie metaforyczne zajmują centralne miejsce w metodzie twórczego myślenia – *synektyce*, opracowanej przez W.J.J. Gordona [12,13]. Mogą być stosowane zarówno przy wprowadzaniu pojęć [14], jak też rozwiązywaniu zadań [15]. Łączą ze sobą zjawiska, zdarzenia i obiekty z różnych dziedzin życia (również wyobrażeń), pozornie z sobą nie związane (np.: migawkę aparatu fotograficznego ze źrenicą oka, model atomu z modelem planetarnym, zachowanie uczniów w klasie z cząsteczkową budową materii, postępowania graczy na giełdzie finansowej z ruchem cząsteczek gazu rozrzedzonego, *demon Maxwella* z II zasadą termodynamiki, itp.).

Zastosowanie analogii metaforycznych w nauczaniu nie tylko wzbogaca język ucznia i uatrakcyjnia opis zjawiska, ale także rozbudza wyobraźnię, wyrabia elastyczność w myśleniu oraz umiejętność odstępowania od utartych schematów. Aby zapobiec łączeniu na stałe zjawiska fizycznego

z analogiem wyobrażeniowym powstałym w umyśle ucznia i pomóc w jego odrzuceniu, gdy już spełnił swoją rolę, należy stymulować ucznia do podawania różnych przykładów analogii, nawiązujących do bliskich mu rzeczy lub zdarzeń (z kręgu jego zainteresowań) w różnorodnej formie (werbalnej, graficznej, inscenizacyjnej).

9. MODELOWANIE

Analogia jest głównym czynnikiem budowy modeli, które zajmują jedno z centralnych miejsc w strukturze badania naukowego w fizyce [16]: „Bez modeli nie można by było wykorzystywać teorii do (...) przewidywań dotyczących zjawisk nieznanych” [17].

Przyjęto, że model to dający się pomyśleć lub materialnie zrealizować układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania dostarcza nowej informacji o tym przedmiocie [18]. Relacja pomiędzy modelem i rzeczywistością jest relacją analogii, a dzięki wnioskowaniu z analogii możemy dokonać przeniesienia informacji – uzyskanych w procesie badania modelu – na odpowiednik w rzeczywistości. Dostrzeżenie analogii stanowi warunek zarówno konstrukcji modelu, jak i wyjaśnienia naukowego, opartego na tym modelu. Modele są zatem narzędziami opracowania nowych hipotez, teorii (modele myślowe) a także narzędziami i środkami eksperymentalnego badania zjawisk i doświadczalnego sprawdzania teorii (symulacje numeryczne lub modele materialne).

Zapoznając uczniów z pojęciami, prawami, teoriami fizycznymi nauczyciel staje przed problemem ich interpretacji. Dotychczas uważano, że interpretacja może odbywać się jedynie przy wykorzystaniu faktu fizycznego. Obecnie wykorzystuje się w tym celu także *modelowanie* [19]. Polega ono na budowie (wyborze) i badaniu takiego modelu, który może zastąpić obiekt rzeczywisty i umożliwia dostarczenie nowych informacji o tym obiekcie. Innymi słowy, modelowanie umożliwia badanie zjawisk analogicznych, zachodzących w uproszczonej strukturze modelu.

Jako metoda nauczania modelowanie to następujące kolejne ogniwa:

- dostrzeżenie określonych własności badanego oryginału;
- sformułowanie problemu (celu);

- zbudowanie określonego modelu (przedmiotu, zjawiska);
- badanie modelowe; model jest tu przedmiotem rozważań, poddaje się go różnego rodzaju oddziaływaniom (symulacji), rejestruje się jego reakcję i wyciąga wnioski;
- przeniesienie – na oryginał – informacji zdobytej w toku obserwacji modelu.

Zgodnie z postulatem świadomego i aktywnego udziału ucznia w procesie nauczania oraz postulatem upodobnienia procesu uczenia się do procesu badawczego [20] wielką wagę w procesie nauczania fizyki nabierają umiejętności: z jednej strony budowanie modeli, z drugiej zaś zastosowanie ich do przewidywania zarówno przebiegu zjawisk i procesów fizycznych, jak i właściwości materii. Kształtowanie tych umiejętności jest ściśle związane z umiejętnością wnioskowania przez analogię.

Heurystyczna rola analogii zaznacza się w procesie tworzenia i badania modeli, a następnie przenoszenia rezultatów tych badań na sytuację rzeczywistą i wykorzystanie ich do opisu i wyjaśnienia konkretnego fragmentu rzeczywistości. Liczba rzeczywistych i pomyślanych eksperymentów modelowych w procesie nauczania fizyki powinna być tak duża, aby uczeń miał okazję nie tylko tę metodę badawczą poznać, ale również zastosować ją w konkretnych sytuacjach. Pozwoli to rozwijać wyobraźnię i myślenie abstrakcyjne, opanować metodę wnioskowania przez analogię oraz metodę modelową, które są wykorzystywane w wielu innych dziedzinach nauki (np. ekonomii [21]).

10. ANALOGIE FORMALNE

Analogia formalna, odkryta przez J.C. Maxwella, w dydaktyce fizyki jest użyteczna zarówno przy wprowadzaniu nowego materiału, jak i rozwiązywaniu zadań. Występując między różnymi zjawiskami fizycznymi, analogia formalna powoduje, że podczas rozwiązywania danego problemu mamy możliwość uzyskania dokładnych informacji o rozwiązaniach opisujących inny, analogiczny problem. Rozumowanie przez analogię pozwala nam przenieść prawidłowości poznane przy badaniu pewnych procesów na procesy o innej naturze, a mające podobny przebieg. Przyczynia się do łatwiejszego i efektywniejszego przyswajania opisów matematycznych poszczególnych zjawisk oraz ich interpretacji fizycznej bez dodatkowego obciążenia

pamięci [10,22]. Pozwala nam na szybsze zgłębienie zagadnień z różnych działów, dając możliwość syntetycznego spojrzenia na całą klasę zjawisk, co ułatwia ich opanowanie przez ucznia w stosunkowo krótkim czasie [23].

Ukazanie, jak wiele w otaczającym nas świecie istnieje zjawisk analogicznych, opisanych takim samym modelem matematycznym, przyczynia się do integracji wiedzy fizycznej ucznia o przyrodzie. Analogia formalna łączy takie zjawiska, jak rozładowanie kondensatora przez opór, rozpad promieniotwórczy izotopów, emisję spontaniczną atomów. Zjawiska te opisywane są równaniem wykładniczym typu $A = A_0 e^{-k \cdot t}$ [10].

11. TESTY ANALOGII

Wykorzystanie testu analogii w procesie kontroli umożliwia określenie stopnia opanowania wiedzy fizycznej i jej operatywności z uwzględnieniem pomiaru uzdolnień i poziomu sprawności intelektualnych ucznia („zdolność rozumowania przez analogię jest jednym z głównych czynników inteligencji” [1]).

Testy analogii oparte są na proporcji analogicznej typu: $(A:B)::(C:X)$, czyli: A ma się tak do B , jak C do X , gdzie A , B , C , X to człony analogii (przedmioty, zjawiska, procesy), zaś znak $:$ oznacza relację analogii (np. cecha wspólna, część-całość, nadrzędność, tożsamość, przeciwieństwo, przyczynowość). Badania wykazały [2], że w zależności od typu relacji zdolność rozumowania przez analogię formuje się u ucznia w różnym wieku, np. przedmiot-cecha: 7 lat, tożsamość: 7–8 lat, nadrzędność oraz część-całość 10–11 lat, przeciwieństwo: 11 lat; przyczynowość: 12–13 lat. W podobnej kolejności wzrasta stopień trudności uwzględnianych relacji.

Konstruując testy analogii, należy uwzględnić, że rozumowanie przez analogię w stadium operacji konkretnych jest silnie uzależnione od treści zadania i występującej w nim relacji, a także, że w stadium operacji formalnych takie uzależnienie nie występuje. Nie wolno zapominać, że przebieg czynności wnioskowania przez analogię zależy nie tylko od wieku uczniów i relacji, na której oparto związek analogii. Ważnymi czynnikami są też: zdolności ucznia, zakres nabytej wiedzy potocznej i doświadczenie, poziom wiedzy ogólnej i stopień werbalizacji, indywidualne nastawienie na stoso-

waną strategię, trening w zakresie spontanicznego stosowania analogii nieformalnych (a to można realizować nawet z sześciolletnimi dziećmi).

Dobór zadań testów analogii nie należy do najłatwiejszych. Musi uwzględniać zarówno ogólnie ustalone możliwości intelektualne i percepcyjne uczniów, jak też formalne ograniczenia indywidualnego systemu przetwarzania informacji. Z tego względu w praktyce szkolnej najczęściej stosowanymi typami zadań w testach analogii będą zadania o charakterze:

- inwencyjnym (znając trzy elementy proporcji analogicznej należy podać czwarty);
- selektywnym (wymagają selekcji danych układów ze względu na relację pomiędzy elementami i dokonania wyboru rozwiązania spośród podanych alternatyw);
- kategoryzacyjnym (wymagają integracji wiedzy).

Przykłady najprostszych zadań zawarto w tabelach 2 i 3. Należy zwrócić uwagę, że uczniowie mogą w różny sposób dążyć do rozwiązania zadania (nie ma tu ścisłych algorytmów działania, a tylko reguły heurystyczne). Warto poznać sposób wykonania zadania określający wynik końcowy. Znając strategię zastosowaną przez ucznia łatwiej odniesiemy się do udzielonej odpowiedzi w formie oceny opisowej.

Tab. 2. Przykłady zadań o charakterze inwencyjnym i selektywnym
Exemplary of invention and selection kind exercises

Zadanie testu inwencyjnego	Zadanie testu selektywnego
<i>Badanie osiągnięć ucznia</i>	
W miejsce kropek wpisz najwłaściwsze, według Ciebie, słowo: topnienie – krzepnięcie parowanie –	Która z par odpowiada podanej parze ze względu na relację między ich elementami? dyfuzja – zjawisko –
	a) linijka – drewno b) tlen – gaz c) wskazówka – sekundomierz d) waga – masa
<i>Badanie sposobu wykonania zadania</i>	
Napisz, jakim słowem lub zdaniem zastępujesz znak –	Napisz, jakim słowem lub zdaniem zastępujesz znak -

Wprowadzenie zadań tego typu do procesu nauczania fizyki przyczyni się do większej sprawności umysłowej w dostrzeganiu analogii i zintegruje wiedzę fizyczną ucznia tylko wtedy, gdy zostaną spełnione dwa podstawowe warunki: prawidłowe stosowanie analogii wg reguł metodycznych [3] oraz podmiotowe traktowanie ucznia (od którego nie należy wymagać stosowania analogii jeżeli, ze względów psychiczno-charakterologicznych [24] niechętnie posługuje się tą metodą rozumowania). Ponieważ jednak nieformalne posługiwanie się analogią staje się powszechne i spełnia podstawowe funkcje poznawcze [25] w szybko zmieniającym się świecie, w którym liczba sytuacji nowych gwałtownie narasta, należy zintensyfikować badania dydaktyczne nad warunkami i skutecznością stosowania analogii w nauczaniu fizyki i przyrody, a także sporządzić efektywne opracowania metodyczne.

Tab. 3. Przykłady zadań o charakterze kategoryzacyjnym
Exemplary of category exercises

Napisz nazwę (zasadę), która jest wspólna i łączy podane zjawiska:	
<ul style="list-style-type: none"> - załamanie fali płaskiej, - ugięcie fali na szczelinie, - rozchodzenie się fali w próżni, - interferencja fal na wodzie, - polaryzacja przez odbicie. 	<ul style="list-style-type: none"> - dwie kulki z ładunkami elektrycznymi, - przewodniki z prądem w polu magnetycznym, - ruch Księżyca wokół Ziemi, - dwa magnesy zawieszony na nitce.
(ZJAWISKA FALOWE)	(ODDZIAŁYWANIE)

LITERATURA

- [1] Biela A., *Psychologiczne podstawy wnioskowania przez analogię*, PWN, Warszawa 1981.
- [2] Jurkowski A., *Rozumowanie przez analogię u dzieci w wieku szkolnym*, PWN, Warszawa 1967.
- [3] Gładyszewska B., *Z teorii i praktyki nauczania i uczenia się fizyki*, (red.) C. Kizowski, WSP w Rzeszowie, Rzeszów 1989, 147.
- [4] Zawisza R., *IF UMCS Annual Report*, (1998), 117.
- [5] Biela A., *Analogia w nauce*, PAX, Warszawa 1989.
- [6] Arber A., *Analogy in History Science*, Iraus Reprint Co., New York 1969, 219.
- [7] Gładyszewska B., *Annales UMCS, Sectio AAA XXXVIII* (1983), 57.

- [8] Morawiec J., *Rocznik Naukowo-Dydaktyczny. Fizyka*, (WSP, Rzeszów) (1978), 5/39, 49.
- [9] Salach J., *Dydaktyka fizyki. Wybrane zagadnienia*, WN WSP, Kraków 1989.
- [10] Klisowska M., *Materiały z XIV Konferencji Informatyka w Szkole*, Lublin 1998, 317.
- [11] Zawisza R., *Zastosowanie analogii w nauczaniu fizyki. Wyniki wstępnych badań*, (poster and short oral presentation), Konferencja Dydaktyków Fizyki nt. *Wiedza fizyczna i jej przekaz*, Kraków 1999.
- [12] Gordon W.J.J., *Synectics*, New York 1961.
- [13] Gordon W.J.J., *The Metaphorical Way*, New York 1971.
- [14] Galska-Krajewska A. i Pazdro K.M., *Dydaktyka chemii*, PWN, Warszawa 1990.
- [15] Magierska S., *Zadanie – metoda – rozwiązanie – techniki twórczego myślenia. Zbiór 1*, (red.) A. Góralski, WNT, Warszawa 1977, 47.
- [16] Hesse M., *Models and Analogies in Science*, Sheed and Ward, London 1963.
- [17] Hesse M., *Brit. J. Phil. Sci.*, (1953), 4, 190.
- [18] Sztoff W., *Modelowanie i filozofia*, PWN, Warszawa 1971.
- [19] Klisowska M., *Materiały z XV Konferencji Informatyka w Szkole*, Katowice 1999, 298.
- [20] Klisowska M., Puch A., *Fizyka w Szkole*, (1989), 2, 87.
- [21] Palczewski A., *Instrumenty pochodne. Materiały z Sympozjum Matematyki Finansowej*, Kraków 1997, 227.
- [22] Klisowska M., *Materiały Konferencyjne VI Środowiskowej Konferencji Matematycznej*, Rzeszów-Lublin-Krynica 1999, 30.
- [23] Kargol M., *Problemy Kształcenia Nauczycieli Fizyki. Materiały i sprawozdania COMSN*, 25, (red.) W. Błasiak, WN WSP, Kraków 1993, 208.
- [24] Nęcka E., *Inteligencja i procesy poznawcze*, OW IMPULS, Kraków 1994.
- [25] Nęcka E., *Studia Filozoficzne*, (1984), 6, 169.

SUMMARY

Modern cognitive psychology treats analogy inference as a fundamental components of human thinking and a basis for other cognitive methods. In agreement with that using analogy is teaching physics up to new standards of Reform of Educational System in Polish School. But using analogy in teaching physics is rare. Most teachers use this method occasionally because they do not appreciate the educative function of analogy or are not prepared to use it.

