

ROLA MODELOWANIA W NAUCZANIU PRZYSZŁYCH NAUCZYCIELI PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH

Nodzyńska Małgorzata, Jan Rajmund Paśko

Zakład Chemii i Dydaktyki Chemii, IB, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków, Polska

malgorzata.nodzyńska@gmail.com, janraj@onet.pl

ABSTRACT:

The article puts forward the conception of dynamic, virtual atom models made in Department of Chemistry and Teaching Chemistry in Pedagogical University in Krakow. The Article describes assumptions of the conception and the results of the research. The importance of modeling in education of students - the future teachers of chemistry.

Keywords: *Didactics of chemistry, dynamic modeling of the microword*

Wstęp

Powszechnie uważa się, że J. Dalton zaproponował zestaw znaków graficznych dla przedstawiania pierwiastków. Symbole te wprawdzie upraszczały wiele zapisów jednak nie były zbyt wygodne. Dlatego wprowadzono symbole pierwiastków chemicznych wyprowadzając je od nazw łacińskich. Symbol początkowo oznaczał daną substancję chemiczną, gdyż znano tylko proste w jakich łączyły się ze sobą substancje ale nie znano mechanizmów procesów powstawania tych substancji. Dopiero rozwój badań nad strukturą materii doprowadził do stworzenia obrazu mikroświata odpowiedzialnego za zachodzenie procesów obserwowanych w makroświecie.

Symbol pierwiastka, wzór związku chemicznego stracił na jednoznaczności. Zapis **He** oznacza zarówno pierwiastek hel jak i jeden atom helu. Wzór H_2O oznacza wzór związku chemicznego o nazwie woda, może oznaczać też jeden mol cząsteczek wody jak i jedną cząsteczkę wody. Ta wielorakość nie ułatwia nauczania chemii, jednak chemicy nie wprowadzili nic co by tą sytuację uprościło. Uczeń staje wobec problemu wewnętrznych sprzeczności i niejasności a to prowadzi do zniechęcenia ucznia się chemii.

Aktualnie w Polsce i na świecie w procesie edukacji chemicznej wykorzystuje się wielu różnych modeli przedstawiających strukturę atomów, cząsteczek czy wreszcie kryształów związków chemicznych. Modele te można z grubsza podzielić na materialne i graficzne oraz matematyczne. Modele materialne to te, które uczniowie mogą wziąć do ręki, budować je z luźnych elementów. Modele graficzne natomiast mogą być w wersji obrazkowej wtedy uczniowie mogą je oglądać w podręczniku, na planszy lub na ekranie monitora. Są one często nieprecyzyjne, sprzeczne ze sobą a czasami wręcz nieprawdziwe. Stosowanie takich modeli powoduje u uczniów fałszywe wyobrażenia a czasami nawet błędne. W czasie edukacji chemicznej na różnych szczeblach kształcenia, począwszy od szkoły podstawowej już na lekcjach przyrody następnie w gimnazjum a wreszcie w liceum, uczeń styka się z różnymi rodzajami modeli przedstawiającej strukturę mikroświata. Zdarza się że nawet w jednym podręczniku autorzy używają kilku różnych modeli rysunkowych. Można spotkać się z daleko posuniętymi uproszczeniami tworzonymi w oparciu o zasady synektyki. Taka sytuacja powoduje u ucznia przyjęcie modelu synektycznego jako wyobrażenia o budowie mikroświata. Sytuacja taka prowadzi bardzo często do zachodzenia transferu ujemnego co wpływa na obniżenie efektywności nauczania chemii.

Wielu dydaktyków nie zdaje sobie sprawy, że wzór sumaryczny jest odbierany jako model struktury mikroświata. Rozważmy dwa wzory sumaryczne H_2O i $NaCl$. Dla ucznia z punktu formy zapisu są jednakowe, natomiast faktycznie różnią się między sobą. W pierwszym przypadku na poziomie mikroświata zapis oznacza dwa atomy wodoru połączone z jednym atomem tlenu. W drugim przypadku oznacza, że w substancji o strukturze jonowej stosunek ilości jonów sodu do ilości jonów chloru wynosi 1:1. Dlatego wydaje się, że naukę chemii należy zaczynać nie od zapisu

wzorów związków chemicznych i równań reakcji chemicznych a od prawidłowo wykonanych modeli.

W roku 2004 w Zakładzie Dydaktyki Chemii UP w Krakowie opracowano spójną koncepcję dynamicznych modeli komputerowych, pozwalających na ukazanie struktury mikroświata. Podstawy tej koncepcji zostały przedstawione w artykułach: *Koncepcja tworzenia modeli dynamicznych do stosowania w procesie kształtowania pojęć dotyczących struktury materii na poziomie mikroświata* [Paško, 2004], *Nowe podejście do modelowania reakcji kwasów z wodorotlenkami* [Paško, Komperda-Grochal., 2004], *Koncepcja wizualizacji powstawania cząsteczek z atomów* [Paško, Nodzyńska, 2004]. Koncepcja ta w następnych latach była przez autorów dopracowywana i rozwijana, co było przedstawiane w kolejnych publikacjach: *Wizualizacja procesów chemicznych* [Paško, 2005], *Komputerowe modele dynamiczne w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych* [Paško, Nodzyńska, Cieśla, 2007], *Jak uczyć o strukturze materii?* [Paško, 2008]. Stworzone zgodnie z założeniami modele są na tyle proste, że mogą być wykorzystywane w nauczaniu przyrody w szkole podstawowej a nawet w nauczaniu początkowym. Są one jednak na tyle dokładne, że mogą być wykorzystane na dalszych etapach edukacji chemicznej nawet na niechemicznych kierunkach studiów.

Założenia koncepcji

Głównym założeniem koncepcji naszych modeli jest oparcie ich wyglądu na modelu matematycznym wywodzącym się z obliczeń chemii kwantowej. O poprawności wyboru takiego modelu świadczą ostatnie odkrycia potwierdzające faktyczne istnienie orbitali o kształtach, które były dotychczas tylko przewidywane matematycznie. [Castelvecchi, 2010] Z założenia tego wynika, że w modelach tych atomy, jony i cząsteczki nie posiadają ostrej wyraźnie zaznaczonej granicy, a przedstawiają jądro otoczone chmurą elektronową, której gęstość maleje w miarę oddalania się od jądra atomu oraz nie posiadają one barwy.

Na bazie głównego założenia powstały następne a to: mają one obrazować strukturę przestrzenną na poziomie mikro świata mikro, przedstawiać ruchy cząsteczek, jonów, atomów zarówno w ciałach stałych, cieczach jak i gazach, mają zostać zachowane proporcje między wielkościami poszczególnych atomów zarówno w cząsteczkach jak i w strukturach jonowych pomiędzy jonami, cząsteczki i jony złożone zostają przedstawione z zachowaniem ich rzeczywistych kształtów.

Konstrukcja animacji pozwala na kilkukrotnego powtarzania tego samego ujęcia, można też eksponować kolejne etapy reakcji. W modelach tych dopuszcza się stosowanie pewnych uproszczeń podyktowanych poziomem wiedzy odbiorcy.

Badania

Od opracowania koncepcji i wykonania pierwszych modeli zgodnie naszymi założeniami rozpoczęto badania nad ich wpływem na wyobrażenie i zrozumienie struktury mikroświata. Badania prowadzono na różnych stopniach edukacji.

Opis modeli i wyniki badań nad ich oddziaływaniem w grupie 7 - 10 letnich uczniów przedstawiono w *Wykorzystanie modeli tworzonych komputerowo we wczesnym okresie edukacji chemicznej na poziomie nauczania początkowego* [Paško, Paško, 2004], *Wykorzystanie modeli w edukacji przyrodniczej* [Paško, 2006], oraz *Jak pokazać dziecku obraz mikroświata?* [Paško, 2009].

W nauczaniu w szkole podstawowej w grupie wiekowej uczniów od 10 do 13 lat badano: *Wpływ wieku uczniów oraz efekty zastosowania animacji komputerowej na kształtowanie wyobrażeń wśród uczniów klas szkoły podstawowej i Wyobrażenia o strukturze materii wśród uczniów klas szkoły podstawowej w świetle przeprowadzonych badań* [Chmielowska-Marmucka, Paško; 2008, 2009] oraz *Zastosowanie modeli dynamicznych do nauczania o zmianach stanów skupienia* [Tajduś, Nodzyńska, 2008]. Porównanie poziom odbioru animacji uczniów w szkole

podstawowej i gimnazjum przedstawiono w artykule *Odbiór animacji procesów chemicznych przez uczniów V i VI klas szkoły podstawowej oraz I i II klas gimnazjum* [Paško, Woźniczka, 2006].

W gimnazjum, gdzie uczęszczają uczniowie w wieku 13-16 lat, badano: *Wpływ wizualizacji procesów zachodzących w roztworach wodnych na stopień ich przyswojenia przez uczniów* [Nodzyńska 2004], *Wpływ różnych technik wizualizacji procesów chemicznych na poziomie mikroświata na wyobrażenia uczniów dotyczące budowy substancji chemicznych* [Nodzyńska, Paško, 2006], *The reception of various graphical presentations of chemical compound molecule on the basis of research* [Baprowska, Paško, 2008] oraz *Wpływ wieku uczniów oraz efekty zastosowania animacji komputerowej na kształtowanie wyobrażeń wśród uczniów gimnazjum* [Chmielowska-Marmucka, Paško, 2008], *Wpływ dynamicznych modeli komputerowych na wyobrażenia uczniów gimnazjum o wzorach strukturalnych tlenków* [Dulian, Dulian, Nodzyńska, 2008].

Nad efektami i skutecznością stosowania dynamicznych modeli komputerowych prowadzono badania międzynarodowe w ramach Międzynarodowego grantu Wyszehradzkiego. Jednym z celów badań było wykazanie różnic w powstawaniu wyobrażeń wśród uczniów w szkołach czeskich, polskich i słowackich. Wyniki założenia badań i ich wyniki przedstawiono: *The influence of computer animated models on pupils' understanding of natural phenomena in the micro-world level* [Bílek, Nodzyńska, Paško, Cieśla, Paško, 2006], *Metoda badań nad odbiorem dynamicznych modeli komputerowych przez uczniów, Modele struktury substancji w procesie nauczania chemii* [Bílek, Nodzyńska, Paško, Cieśla, Paško, 2006]. Przebieg badań i wyniki przedstawiono w opracowaniach książkowych: *Vliv dynamických počítačových modelů na porozumění procesů z oblasti mikrosvěta u žáků zemí Visegrádského trojúhelníku* [Nodzyńska, Paško, Cieśla, Paško, 2007], *Wpływ komputerowych modeli dynamicznych na rozumienie procesów zachodzących na poziomie mikroświata przez uczniów krajów Trójkąta Wyszehradzkiego* [Nodzyńska, Paško., Cieśla., Paško, 2007].

Rola dynamicznych modeli komputerowych w kształceniu przyszłych nauczycieli nauczycieli

Komputerowe modele dynamiczne nie tylko sprawdzają się w edukacji młodzieży. Mają także swoją rolę w edukacji studentów – zwłaszcza przyszłych nauczycieli.

Studenci podejmujący studia posiadają zarówno wiedzę potoczną jak i wiedzę szkolną. Te dwa rodzaje wiedzy nie gwarantują jednak prawidłowych wyobrażeń o strukturze mikroświata. Dlatego ważnym jest aby ich wyobrażenia o budowie i strukturze materii korygować tak aby były prawidłowe. Ponieważ tylko posiadanie prawidłowego wyobrażenia o budowie materii umożliwi w procesie nauczania uchronić uczniów przed nabywaniem błędnych wyobrażeń, jakie są przekazywane np. za pomocą literatury popularno-naukowej czy Internet.

Komputerowe modele dynamiczne oprócz roli przekazywania informacji spełniają w procesie kształcenia bardzo ważną rolę, którą jest korekta posiadanych wyobrażeń. Przeprowadzone badania wykazują, że często posiadane wyobrażenia nie są poprawne: *Rola modelowania w procesie kształcenia przyszłych nauczycieli, Modelowanie dynamiczne - jako jedno z zadań zaliczeniowych na przedmiocie 'Dydaktyka Chemii', Rola programu Macromedia Flash w diagnozowaniu wyobrażeń studentów o strukturze materii* [Nodzyńska, Paško, 2005], *Program wizualizacyjny Macromedia Flash jako element kształcenia przyszłych nauczycieli* [Paško, Kopek, 2008]. Oglądając stworzone przez studentów na zajęciach z dydaktyki chemii' dynamiczne modele komputerowe modele pozwalają na sprawdzenie o przebiegu reakcji chemicznej – kształcie cząsteczek, relacji wielkości itp.

Konstruowanie przez studentów dynamicznych modeli wykształca u nich umiejętność samodzielnego przygotowywania pomocy dydaktycznych, uwzględniających aktualne poglądy na budowę materii i przebieg procesów chemicznych..

Modelowanie struktury mikroświata oraz przebiegu reakcji chemicznych jest od wielu lat jeden z elementów kształcenia przyszłych nauczycieli w ramach zajęć z dydaktyki chemii dla studentów licencjackich studiów kierunków chemia i biologia na Uniwersytecie Pedagogicznym im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Narzędzia przy pomocy których wykonywali studenci oraz sposób prezentacji ulegały zmianom wraz z rozwojem technologii komputerowych *Od Presu do Flasha* [Nodzyńska, Paśko, 2007].

Jednym z elementów zaliczenia przedmiotu jest wykonanie dynamicznego modelu ukazującego analogię pomiędzy modelem indywiduum chemicznego a jego wzorem strukturalnym i sumarycznym oraz przebieg różnych reakcji chemicznych. Przekazane studentom do wykonania zadania opatrzone są dokładnymi wytycznymi dotyczącymi ich wykonania. Gotowe prace są następnie konsultowane i analizowane wspólnie z nauczycielem akademickim w celu poprawienia ewentualnych błędów merytorycznych i dydaktycznych.

Zgodnie z koncepcją animacje reakcji chemicznych składają się z 3 etapów:

W pierwszym etapie zostaje przedstawiony stan początkowy. Pokazują się substraty w postaci modeli atomów, jonów lub cząsteczek w których uwzględniono ich wewnętrzną budowę w postaci rozmytej chmury elektronowej. Animacja zaczyna się od przedstawienia substratów w postaci szarych elementów, co ma za zadanie obrazować, że na tym poziomie mikro świata nie można mówić o barwie indywiduów chemicznych. Ponieważ reakcje oglądane w świecie makro faktycznie na poziomie mikro zachodzą wśród wielu indywiduów dlatego ukazuje się w zależności od rodzaju reakcji wiele cząsteczek, atomów jonów które przedstawia się w chaotycznym ruchu w przypadku cieczy i gazów (z uwzględnieniem gęstości tych elementów w jednostce objętości). Natomiast w przypadku ciał stałych elementy kryształu drgają. Etap ten trwa tak długo, aby wszyscy oglądający mogli dokładnie zaobserwować wszystkie istotne elementy procesu.

Zadaniem drugiego etapu jest ukazanie procesu zachodzącego pomiędzy stechiometryczną liczbą cząsteczek, jonów czy atomów. W tym celu zostaje ograniczona początkowa liczba indywiduów. Natomiast w celu wyraźniejszego pokazania istoty zachodzącej reakcji odpowiednie elementy z szarych przechodzą w barwne. Ułatwia to obserwację zachodzącego procesu którym jest łączenie się cząsteczek, atomów jonów lub ich rozpad. W tym etapie modele atomów przechodzą w jony a jonów w atomy zmieniają swoją objętość zgodnie z danymi z literatury.

W trzecim etapie elementy barwne stopniowo powracają do początkowych szarości oraz wyłaniają się też drobiny substratów, które powstałyby z początkowej ilości substratów. Tak jak w pierwszym etapie widoczna było mnogość szarych substratów tak w końcowej fazie pojawia się mnogość szarych elementów będących produktami tej reakcji.

W celu stworzenia poprawnej wizualizacji zachodzących reakcji chemicznych wykonujący musi sobie uświadomić i uporządkować wiele różnych fragmentów wiedzy, którą nabył w trakcie edukacji. Powinien on wiedzieć: jaki jest aktualny model budowy atomu a szczególnie to, że jądro atomu otoczone jest chmurą elektronową, której gęstość osiąga wartość zero w nieskończoności (na rysunku obrazuje to rozmyta granica atomu, jonu, cząsteczki), jakie są proporcje wielkości pomiędzy poszczególnymi atomami, cząsteczkami jonami, oraz jak zmieniają się wielkość jonów w porównaniu do wielkości atomów z których powstały, jaką strukturę przestrzenną wykazują substancje krystaliczne, jaki jest mechanizm zachodzącej reakcji, co to są ruchy Browna.

W przypadku studentów dodatkowo należy wyeliminować błędne nawyki wyniesione ze szkoły średniej a dotyczące modeli mikroświata i jego struktury.

Do drugiej grupy warunków, które muszą spełniać modele dynamiczne zaliczymy wymagania określane jako techniczne są to: szybkość animacji która musi być dostosowana do możliwości percepcji widza oraz umożliwiać nauczycielowi krótki komentarz, w polu animacji powinny znajdować się przyciski sterujące jej odtwarzaniem pozwalające na zatrzymanie animacji jej cofnięcie do początku lub do dowolnego kadru, pożądane jest aby modelowi towarzyszyło równanie reakcji zapisane przy pomocy symboli chemicznych, symbole i wzory związków chemicznych powinny odzwierciedlać zmiany pokazujące się w czasie projekcji animacji.

Z kilkuletnich obserwacji i omawiania prac studenckich wynika, że tworzenie komputerowych modeli dynamicznych jest dla wielu studentów zadaniem trudnym do realizacji, jednak nie z powodu trudności technicznych związanych z opanowaniem narzędzie do ich wytworzenia *Rola modelowania w procesie kształcenia przyszłych nauczycieli* [Nodzyńska, Paško, 2005] a z powodu błędnych wyobrażeń o strukturze świata mikro. Jest to dowodem jak bardzo silnie utrwalone i zakodowane są błędne i niepełne wyobrażenia wyniesione ze szkoły.

W analizowanych pracach studentów najczęściej powtarzającymi błędami są: nie uwzględnianie cząsteczkowej budowy pierwiastków gazowych (np. tlenu, wodoru) ale w jeszcze większym stopniu niemetalu występujących w postaci cząsteczek (np. S₈, P₄), przedstawianie atomy różnych pierwiastków w postaci elementów tej samej wielkości, nie odróżnianie struktury jonowej od cząsteczkowej, przedstawianie atomów, jonów cząsteczek w postaci elementów o wyraźnej granicy często zaznaczonej w postaci czarnej linii, nie uwzględnianie zmiany objętości indywiduum w wypadku przejścia tomu w jon lub jonu w atom, złe cieniowanie indywiduów obrazujące raczej przestrzenną budowę niż rozkład gęstości elektronowej, kształty cząsteczek i struktur jonowych nie odpowiadające danym literaturowym, nieprawidłowy mechanizm reakcji, nie uwzględnienie ruchów w cieczech i gazach oraz drgań w ciałach stałych, przedstawiany obraz nie jest dynamiczny w całej animacji a tylko w jej środkowym etapie,

Wymienione powyżej błędy wynikają z błędów dydaktyczno-metodycznych w procesie kształcenia na poziomie gimnazjum i szkół ponadgimnazjalnych. Chemii z dziwnym uporem nie respektują podstawowych teorii psychologicznych i pedagogicznych. Tkwią z uporem w nauczaniu chemii zgodnie z jej rozwojem historycznym, nie biorąc pod uwagę, że naukowcom zmienienie poglądów potrzeba było w wielu przypadkach kilkudziesięciu lat, natomiast u ucznia skracają ten okres do zaledwie kilku lat. Jak mocno zakorzenione są błędne wyobrażenia z zakresu chemii, świadczą wieloletnie obserwacje postępów w chemii wśród studentów kierunku biologia.

Trudności na jakie natrafiają studenci są kolejnym dowodem na występowanie w procesie edukacji chemicznej transferu ujemnego [Paško. 2004c]. Dlatego modelowanie ma duże znaczenie jako czynnik kształtujący i korygujący błędne wyobrażenia o mikroświecie.

Animacje wykonane przez studentów są wykorzystywane często przez nich w czasie prowadzenia lekcji z chemii prowadzonych w ramach praktyk z chemii na poziomie gimnazjum. Część modeli jest ogólnie dostępna w Internecie w zbiorach biblioteki cyfrowej UP pod adresem: <http://dlibra.up.krakow.pl:8080/dlibra/dlibra/collectiondescription?dirids=68>

Wnioski

Dynamiczne modele komputerowe pełnią bardzo ważną rolę w procesie edukacji przyszłych nauczycieli. Pozwalają one na opanowanie pracy w nowym programie, umożliwiając tym samym w przyszłości przygotowywanie własnych pomocy dydaktycznych. Pozwala również na korygowanie wyobrażeń o mikroświecie.

LITERATURA

1. Baprowska A., Paško J.R., (2008) *The reception of various graphical presentations of chemical compound molecule on the basis of research* [W:] *Badania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych* red. Nodzyńska M., Paško J.R., Kraków: Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, S. 14-18
2. Bílek M., Nodzyńska M., Paško J.R., Cieśla P., Paško I. (2006) *Metoda badań nad odbiorem dynamicznych modeli komputerowych przez uczniów* [W:] *Soudobé trendy v chemickém vzdělávání: (aktuální otázky výuky chemie XVI.)* red. Myška K., Opatrný P. Hradec Králové: Gaudeamus, S. 142-145
3. Bílek M., Nodzyńska M., Paško J.R., Cieśla P., Paško I. (2006) *Modele struktury substancji w procesie nauczania chemii* [W:] *Sučasnosť a perspektívy didaktiky chémie*: red. Kmeťová J., Lichvárová M. Banská Bystrica Fakulta prírodných vied. Univerzita Mateja Bela S. 176-181

4. Bílek M., Nodzyńska M., Paško J.R., Cieśla P., Paško I. (2006) *The influence of computer animated models on pupils' understanding of natural phenomena in the micro-world level* [W:] *Badania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych: monografia red. Nodzyńska M., Paško J.R., Kraków: Oficyna Wydawnicza Jaxa, S. 55-57*
5. Bílek M., Nodzyńska M., Paško J.R., Cieśla P., Paško I. (2007) *Vliv dynamických počítačových modelů na porozumění procesů z oblasti mikrosvěta u žáků zemí Visegrádského trojúhelníku* Hradec Králové, Gaudeamus,
6. Castelvechi D. *Kształt niewidzialnego*, *Swiat Nauki* 1 (221) 2010
7. Chmielowska-Marmucka A., Paško J.R. (2008) *Wpływ wieku uczniów oraz efekty zastosowania animacji komputerowej na kształtowanie wyobrażeń wśród uczniów klas szkoły podstawowej* [W:] *Badania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych red. Nodzyńska M., Paško J.R., Kraków: Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, S. 58-62*
8. Chmielowska-Marmucka A., Paško J.R. (2008) *Wpływ wieku uczniów oraz efekty zastosowania animacji komputerowej na kształtowanie wyobrażeń wśród uczniów gimnazjum* [W:] *Program a zborník abstraktov medzinárodného seminára : Bratislava, 27. - 28. november 2008, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava, S. 12*
9. Chmielowska-Marmucka A., Paško J.R. (2009) *Wyobrażenia o strukturze materii wśród uczniów klas szkoły podstawowej w świetle przeprowadzonych badań* [W:] *Metodologické otázky výzkumu v didaktice chemie red. Bílek M. Hradec Králové, Gaudeamus, S. 26*
10. Dulian B., Dulian G., Nodzyńska M. (2008) *Wpływ dynamicznych modeli komputerowych na wyobrażenia uczniów gimnazjum o wzorach strukturalnych tlenków* [W:] *Badania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych red. Nodzyńska M., Paško J.R. Kraków: Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, S. 99-103*
11. Hadzhiliev, V., Zh. Stoykova. *Students' Attitudes Towards Using Modern Practices in Their Future Professional Activity*. *Research in Didactics of the Sciences - monograph, Pedagogical university of Krakow, Poland, 2010, 148-152.*
12. Nodzyńska M. (2004) *Wpływ wizualizacji procesów zachodzących w roztworach wodnych na stopień ich przyswojenia przez uczniów* [W:] *Mezinárodní seminář didaktiků chemie red. Šibor J. Brno: Masarykova universita,*
13. Nodzyńska M., Paško J.R. (2005) *Modelowanie dynamiczne - jako jedno z zadań zaliczeniowych na przedmiocie 'Dydaktyka Chemii'* [W:] *Aktuální otázky výuky chemie red. Bílek M. Hradec Králové Gaudeamus S. 367-371*
14. Nodzyńska M., Paško J.R. (2005) *Rola modelowania w procesie kształcenia przyszłych nauczycieli* [W:] *Modelování ve výuce chemie red. Myška K., Opatrný P. Hradec Králové Gaudeamus S. 10-15*
15. Nodzyńska M., Paško J.R. (2005) *Rola programu Macromedia Flash w diagnozowaniu wyobrażeń studentów o strukturze materii* [W:] *Komputer w edukacji red. Morbitzer J. Kraków Wydaw. Naukowe AP, S. 201-206*
16. Nodzyńska M., Paško J.R. (2006) *Badania wpływu różnych technik wizualizacji procesów chemicznych na poziomie mikroświata na wyobrażenia uczniów dotyczące budowy substancji chemicznych* [W:] *Aktuální aspekty pregraduální přípravy a postgraduálního vzdělávání učitelů chemie red. Kričfaluši D., Ostrava: Ostravská Univerzita. Přírodovědecká fakulta, S. 191-196*
17. Nodzyńska M., Paško J.R. (2007) *Od Presu do Flasha* [W:] *Informatyczne przygotowanie nauczycieli potrzeby, przemiany, perspektywy red. Migdałek J., Zajac M. Kraków Wydaw. FALL, S. 193-197*
18. Nodzyńska M., Paško J.R., Cieśla P., Paško I. (2007) *Wpływ komputerowych modeli dynamicznych na rozumienie procesów zachodzących na poziomie mikroświata przez uczniów krajów Trójkąta Wyszehradzkiego* red. Nodzyńska M., Paško J.R., Kraków: Oficyna Wydawnicza Jaxa, 100 s.

19. Paško I. (2006) *Wykorzystanie modeli w edukacji przyrodniczej* [W:] Sučasnosť a perspektívy didaktiky chémie red. Kmeťová J., Lichvárová M. Banská Bystrica: Fakulta prírodných vied. Univerzita Mateja Bela, S. 103-105
20. Paško I. (2009) *Czy istnieje możliwość wprowadzania elementów chemii w edukacji wczesnoszkolnej?* [W:] Sučasnosť a perspektívy didaktiky chémie 2 red. Kmeťová J., Lichvárová M. Banská Bystrica: Fakulta prírodných vied. Univerzita Mateja Bela, S. 115-120
21. Paško I. (2009) *Jak pokazać dziecku obraz mikroświata?* [W:] Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie - 1 část, Původní výzkumné práce, teoretické a odborné studie red. Martin Bílek Hradec Králové: Gaudeamus, S. 525-534
22. Paško I., Paško J.R. (2004) *Wykorzystanie modeli tworzonych komputerowo we wczesnym okresie edukacji chemicznej na poziomie nauczania początkowego* [W:] Informační technologie ve výuce chemie red. Myška K. Hradec Králové Gaudeamus, S. 144-148
23. Paško J.R. (2004) *Wpływ transferu na kształtowanie pojęć na wyższych etapach edukacji* str. 58, XIII ogólnopolska Konferencja Psychologii Rozwojowej Człowiek w świecie - świat w człowieku, Trans Humana, Białystok 2004.
24. Paško J.R. (2004) *Koncepcja tworzenia modeli dynamicznych do stosowania w procesie kształtowania pojęć dotyczących struktury materii na poziomie mikroświata* [W:] Informační technologie ve výuce chemie red. Myška K. Hradec Králové Gaudeamus, S. 149-152
25. Paško J.R. (2005) *Wizualizacja procesów chemicznych* [W:] Modelování ve výuce chemie red. Myška K., Opatrný P. Hradec Králové Gaudeamus, S. 64-71
26. Paško J.R. (2007) *Od starożytnego modelu struktury substancji do koncepcji modeli dynamicznych* [W:] Komputerowe modele dynamiczne w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych, red. Nodzyńska M., Paško J.R., Kraków: Oficyna Wydawnicza Jaxa, S. 5-13
27. Paško J.R. (2008) *Jak uczyć o strukturze materii?* [W:] Current Trends in Chemical Curricula red. Nesměrák K., Prague, Charles University. Faculty of Science, S. 195-199
28. Paško J.R., Komperda-Grochal M. (2004) *Nowe podejście do modelowania reakcji kwasów z wodorotlenkami* [W:] Informační technologie ve výuce chemie red. Myška K. Hradec Králové Gaudeamus, S. 159-163
29. Paško J.R., Kopek W., (2008) *Program wizualizacyjny Macromedia Flash jako element kształcenia przyszłych nauczycieli* [W:] Technologie informacyjne dla chemików red. Maciejowska I. et al. Kraków: Wydział Chemii UJ, S. 95-98
30. Paško J.R., Nodzyńska M. (2004) *Koncepcja wizualizacji powstawania cząsteczek z atomów* [W:] Informační technologie ve výuce chemie red. Myška K. Hradec Králové Gaudeamus, S. 110-114
31. Paško J.R., Nodzyńska M., Cieśla P. (2007) *Komputerowe modele dynamiczne w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych* red. Paško J.R., Nodzyńska M., Cieśla P., Kraków: Oficyna Wydawnicza Jaxa, 47s.
32. Paško J.R., Woźniczka M. (2006) *Odbiór animacji procesów chemicznych przez uczniów V i VI klasy szkoły podstawowej oraz I i II klasy gimnazjum* [W:] Badania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych: monografia red. Nodzyńska M., Paško J.R., Kraków: Oficyna Wydawnicza Jaxa, S. 354-358
33. Tajduś J., Nodzyńska M. (2008) *Zastosowanie modeli dynamicznych do nauczania o zmianach stanów skupienia* [W:] Badania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych red. Nodzyńska M., Paško J.R. Kraków Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN, S. 368-371