

Małgorzata Klisowska
goskli@op.pl
Instytut Fizyki
Uniwersytet Rzeszowski
Rzeszów

„Infobroker” vs. „badacz”.

O e-determinantach (nie)efektywności transferu wiedzy fizycznej

[...] *the best possible knowledge of the whole does not include
the best possible knowledge of its parts.*
[Schrödinger, 1935, s. 807]

Antycypacja problemu

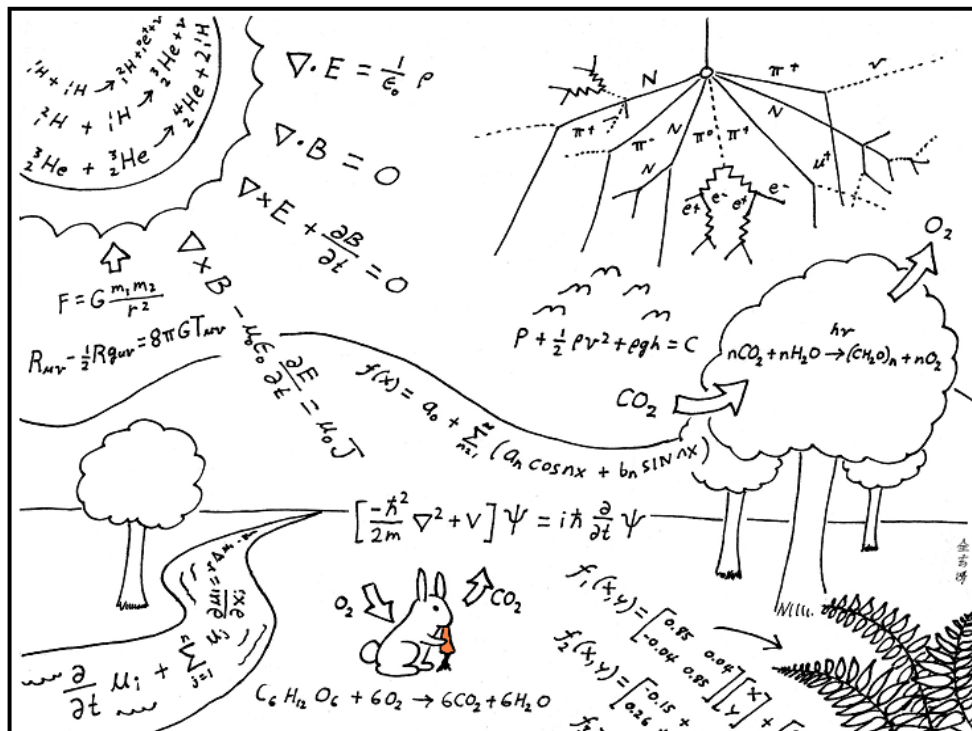
Przemiany edukacyjne, których stymulatorem stał się dostęp do otwartych zasobów informacji i wiedzy poprzez e-media (stałe i mobilne urządzenia z dostępem do Internetu: komputery, telewizory, wieloczynnościowe komunikatory telekomunikacyjne – tablety, smartfony, telefony komórkowe, itp.) coraz bardziej niepokoją i pobudzają do refleksji. Okazuje się bowiem, że upowszechnienie nowych środków, umożliwiających zanurzenie w cybertechnologii antycypuje problemy, skłaniając do badań szczegółowych.

Z jednej strony – implikuje to potencjalnie nowe możliwości edukacyjne (zwłaszcza w zakresie poszukiwania, pozyskiwania, gromadzenia informacji i tworzenia systemu wiedzy), jak również jakościowo inne spojrzenie na metodykę, rolę i kompetencje nauczycieli nauk przyrodniczych [Klisowska, 2003, s.117-122]. Z drugiej strony – *niekoniecznie musi prowadzić do poprawy jakości kształcenia. Przeciwnie, może wzmacniać i utrwalać nieadekwatne metody nauczania oraz nieefektywne i niecelowe praktyki pedagogiczne* [Furgoł, Chojnacki, 2010, s. 79]. Innymi słowy: efektywność stosowania cyberprzestrzeni do kształtowania struktury wiedzy przyrodniczej o świecie realnym zależy będzie nie tylko od świadomości i umiejętności dydaktyczno-metodycznych nauczyciela. Zwłaszcza teraz, gdy struktura nauczania przedmiotów przyrodniczych staje się coraz mniej określona, niejednolita i niestabilna – zarówno pod względem programowym, jak i technologiczno-organizacyjnym.

Sytuacja zadaniowa

Sytuację zadaniową osnuto wokół „jednostki informacyjnej” zawierającej merytoryczne treści z fizyki (cytatu lub obrazu z wyróżnionymi aspektami fizycznymi). Treści „jednostki informacyjnej” mogły być zredukowane do „organizacji jednostkowych” (wzoru, prawa, obiektu, zjawiska – jak na rys. 1.). Uczestnictwo w projekcie i wybór charakteru aktywności oparto na dowolności. Nie narzucano formy realizacji, a jedynie czas zawarcia kontraktu lub umowy grupowej. Każdorazowo projekt był długoterminowy (najczęściej 4-6 miesięcy, w zależności od rodzaju aktywności). Realizującymi na przestrzeni pięciu lat (2003-2008) byli zarówno uczniowie, studenci, jak i nauczyciele fizyki/informatyki.

Ujęcie w swoisty algorytm złożoności działań podjętych przez realizujących projekt, może być przyczynkiem do wyróżnienia e-determinant i interakcji, jakie wywołują. Zwłaszcza ich bezpośredniego wpływu na przebieg samego „algorytmu” podejmowanych działań.



This is how scientists see the world.

Rys. 1. [World View, 2013]

Charakter aktywności: „infobroker”

Typ „infobroker” wyróżniony został umownie, ze względu na charakter podjętej aktywności: skupionej przede wszystkim na wykorzystaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych do poszukiwania i pozyskania informacji z różnych źródeł dostępnych w sieci, a następnie ich dopasowaniu bądź przetworzeniu, zgodnie z wybranym zagadnieniem merytorycznym z fizyki.

W ramach określonej sytuacji zadaniowej realizowanego projektu najczęstszym schematem podjętych czynności było użycie typowych wyszukiwarek internetowych do poszukiwania i pozyskiwania materiałów z treściami merytorycznymi z fizyki (subiektywnie uznanych za odpowiednie). Następnie – wykonanie prezentacji multimedialnej (lub strony WWW):

- dynamicznej (najazdy, uzupełnienia, animacje itp.);

- z kreatywnym dopasowaniem obiektów (grafik, obrazów, kolorów, czcionek, podkreśleń, podświetleń itp.);
- z hiperłączami do wyróżnionych podstawowych obiektów – „jednostek informacyjnych” (pojęć, wzorów, zjawisk, praw, zasad fizycznych, postaci uczonych, eksperymentu itp.);
- z dodatkowo wykonanym hipertekstem do danej „jednostki informacyjnej” – zawierającej merytoryczne treści z fizyki (z hiperłączami do aktywnych, dynamicznych, multimedialnych zasobów w sieci: filmów, symulacji komputerowych zjawisk i praw, wirtualnych eksperymentów fizycznych itp.).

Zauważyć należy, że w efekcie realizacji projektu według schematu „infobroker” – kształtowane są przede wszystkim kompetencje informatyczne. Dyspozycje do podejmowania i wykonywania określonych zadań, jak: sprawne pozyskiwanie informacji, efektywne „zarządzanie” treściami, optymalne (najczęściej nastawione na szybkie osiągnięcie efektu) i kreatywne ich przedstawienie. Operacje, dokonywane na gotowym materiale według strategii: „znajdź – dokonaj wyboru – kopiuje – wklej”, powinny być poszerzone o funkcje emocjonalne i zaangażowanie podmiotowe (identyfikacja problemów, analizowanie wybranych informacji, świadomość własnych kompetencji), rozwijające niezależność spostrzeżeniową i dyspozycje kreatywne (w jednostkowych sytuacjach – mogą również przyczynić się do rozwijania tzw. kompetencji twórczych).

Niestety, umiejętność przetwarzania i wykorzystywania informacji do jej kreatywnej (a nawet twórczej) „prezentacji” nie prowadzi – sama w sobie – do transferu wiedzy fizycznej i jej zgłębienia w zakresie treści merytorycznych, zawartych w „jednostce informacyjnej”. Zwłaszcza wtedy, gdy materiał cechuje złożoność i różnorodność merytoryczna, zaś uwarstwienie treści zredukowane jest do „organizacji jednostkowych” (wzoru, prawa, obiektu, zjawiska). Brak kryterium hierarchizującego merytoryczny przekaz sprawia, że kolejność obrazów prezentacji „organizacji jednostkowych” może być dowolna: różna i swoista za każdym razem (w zależności od doraźnie przyjętego kryterium).

Równoległość na poziomie implementacji (schemat algorytmu „zarządzania” treściami i ich prezentacją) może przyczynić się do rozwoju myślenia przez analogię i sprawnego działania w sytuacjach z dużą ilością niewiadomych, wymagających skutecznego zarządzania (manipulowania) informacją, by uzyskać przewidywalny (znany, planowany) efekt końcowy. Wszak merytoryczny – w zakresie treści fizycznych – efekt końcowy prezentacji jest znany. Abstrakcja czeka gotowa. „Daje się zarządzać” i „służy zarządzaniu”. Dla „infobrokera” źródłem „sensu” realizowanego projektu staje się kreatywne zarządzanie pojęciami, przypisanymi do wyróżnionych z rysunku „organizacji jednostkowych”, jako optymalnymi hasłami dla wyszukiwarek internetowych. Stąd tylko pozorna łatwość włączenia „jednostkowych organizacji” do „systemu wiedzy”. Sam fakt poszukiwania informacji i jej uzyskania nie oznacza bowiem przyswojenia, zaś przyswojenie nie jest równoznaczne z operacjonalizacją nabytej wiedzy czy kształceniem kompetencji kluczowych dla nauk przyrodniczych [zob. *Kompetencje...*, 2005]. Zwłaszcza, że treści merytoryczne w zakresie fizyki same w sobie to obszar, który w trakcie realizacji projektu w formie prezentacji jest drugorzędny, a często wręcz zaniechany i nieistotny. Wyróżnione „organizacje jednostkowe” takie jak: pojęcia, zjawiska, prawa, zasady itp. – nie są przedmiotem głębszego poznania i refleksji „infobrokera”. Wysoki poziom transferu

umiejętności z zakresu TI staje się naturalnym sposobem stymulacji dalszego doskonalenia funkcji w zakresie e-kompetencji, orientując go, jako podmiot działania, na kontynuację („działać podobnie”) oraz udoskonalanie („działać coraz lepiej”).

Zauważyć należy, że struktura drzewa decyzyjnego w zakresie pozyskiwania i kumulatywności wiedzy merytorycznej z fizyki ulega spłaszczeniu. Korzystanie z „pewników” treści pochodzących z Internetu prowadzi do podporządkowania własnej aktywności wynikom selekcji dokonywanych przez wyszukiwarki i wypełnienia przestrzeni mentalnej fałszywym poczuciem podjęcia czynności uczenia się i skuteczności w nabywaniu wiedzy i umiejętności. W efekcie: niska tolerancja niepewności przejawia się w ślądzie podsumowującym „projekt” (odwzorowującym informację pierwotną) przy równoczesnym dążeniu do szybkiego osiągnięcia celu, jakim stała się prezentacja multimedialna sama w sobie i uzyskanie sprzężenia zwrotnego w formie nagrody/oceny za „produkt”.

Z prac projektowych o tym charakterze nie uzyskujemy żadnej pewnej wiedzy na temat realnych efektów *uczenia się* w zakresie merytorycznym z fizyki. Wprowadzona (bez wcześniejszej zapowiedzi) ewaluacja – na poziomie podstawowym – z zakresu wyróżnionych podstawowych obiektów „jednostek informacyjnych” – potwierdziła niski poziom transferu treści merytorycznych z fizyki, na których to dokonywano operacje tworząc prezentacje, przy równoczesnym stosunkowo wysokim poziomie otwartości poznawczej (rozumianej tu jako zdolność do poszukiwania i wykorzystywania różnych źródeł informacji).

Na ten stan zwraca się uwagę w raportach [2006, 2009] dotyczących badania kompetencji kluczowych uczniów w ramach programu badań PISA (*Programme for International Student Assessment* – Program Międzynarodowej Oceny Umiejętności Uczniów): *polscy gimnazjaliści lepiej rozwiązują zadania dotyczące interpretacji i wykorzystywania wyników badań naukowych, a większą trudność – w porównaniu z rówieśnikami z OECD – sprawiają im zadania z zakresu rozpoznawania zagadnień naukowych.* [Program..., 2009, s. 78]. Również wyniki gimnazjalnych egzaminów uczniowskich z ostatnich lat [*Osiągnięcia...*, 2011; *Osiągnięcia...*, 2012] potwierdzają, że uczniowie dobrze radzą sobie z rozwiązywaniem zadań z zakresu wyszukiwania i stosowania informacji. Jednak nadal trudność sprawiały im zadania dotyczące stosowania terminów, pojęć i procedur z zakresu przedmiotów matematyczno-przyrodniczych (niezbędnych w praktyce życiowej i dalszym kształceniu), jak też wskazywania, opisywania faktów, związków i zależności (zwłaszcza przyczynowo-skutkowych, funkcjonalnych, przestrzennych i czasowych). Mniejszymi umiejętnościami wykazywali się w zakresie rozpoznawania zagadnień naukowych oraz stosowania zintegrowanej wiedzy do rozwiązywania problemów [zob. *Osiągnięcia...*, 2011, s. 15-24; *Osiągnięcia...*, 2012, s. 34-44].

Charakter aktywności: „badacz”

Umiejętność wyjaśniania zjawisk, która okazuje się mocną stroną polskich uczniów wynika z kształcenia w naukach przyrodniczych, opierającego się przede wszystkim na przekazywaniu wiedzy teoretycznej (pogadanka, wykład, wykład z prezentacją multimedialną, praca z podręcznikiem lub e-podręcznikiem) ze sporadycznie wykonywanymi na zajęciach demonstracjami (umożliwiającymi pokaz aplikacjami komputerowymi

[Klisowska, 2006, s. 112-114]). Aby stworzyć uczniom warunki do rozwijania umiejętności rozpoznawania zagadnień naukowych (określenia i definiowania problemu: co i jak można badać naukowo) czy umiejętności interpretowania i wykorzystywania wyników badań, konieczne jest zapewnienie możliwości przeprowadzania doświadczeń (tych realnych, jak i z wykorzystaniem najnowszych technologii z dostępem do Internetu).

Innymi słowy: wykorzystanie nowych możliwości dydaktycznych, jakie niesie zastosowanie nowych technologii, może stać się efektywniejsze, gdy fragmenty materiału spełnią zapotrzebowanie na uczenie się przez *odkrywanie/badanie* lub *działanie*. Zapewniając tym samym aktywne realizowanie się potencjalnych możliwości poznawczych jednostki jako „badacza” otaczającej go rzeczywistości. Okazuje się, że połączenie techniki znajdowania informacji z możliwością szybkiego dokonania obserwacji wirtualnej, symulacji zjawisk fizycznych, a nawet eksperymentowania (e-laboratoria) nie tylko pozwala na samodzielne rozeznanie się w temacie, ale i zwiększa decyzyjność o podjęciu ryzyka własnego, swobodnego działania w zakresie „badawczym”: zaplanowania i realizacji pokazu, eksperymentu czy symulacji zjawisk fizycznych.

Najczęściej przyjmowany schemat dynamizujących i ukierunkowujących czynności „badacza” w ramach realizowanego projektu zawierał takie komponenty, jak:

- intuicyjny, najczęściej losowy, bez wykorzystania czasu na przeanalizowanie zagadnienia wybór jednego obiektu z wyróżnionych w sytuacji zadaniowej podstawowych „jednostek informacyjnych” (pojęcia, wzoru, zjawiska, prawa, zasady fizycznej, postaci uczonego, przyrządu, eksperymentu itp.);
- poszukiwanie informacji „co i jak można badać” i utworzenie mapy powiązań (np. zależność matematyczna, zagadnienie, odkrywca, badacz, eksperyment realny, symulacje komputerowe, modelowanie zjawisk itp.);
- ustalenie i wybranie najważniejszych elementów zależnych merytorycznie;
- jeśli możliwe – wykonanie obserwacji, demonstracji lub eksperymentu i zdobycie materiałów własnych do prezentacji tematu (wyniki, ich analiza, schematy, zdjęcia, film);
- własna koncepcja prezentacji rozpoznanego zagadnienia (pokaz, plakat, mapping, film, symulacja komputerowa, prezentacja, hipertekst, strony WWW);
- efekt końcowy: wynik twórczego, upodobnionego do procesu badawczego, podejścia do zagadnienia.

Pierwszym wskazywanym motywem wyboru danego „tylko jednego” obiektu spośród wyróżnionych „jednostek informacyjnych” było subiektywne poczucie „łatwości” lub „znajomości”, ale też „zaciekawienie”, „zaintrygowanie” i „zainspirowanie pomysłem”. Dokonywanie operacji na posiadanej już wiedzy, przekształcanie zdobytych informacji w elementy zależne, spójne merytorycznie oraz możliwość własnych realizacji w zakresie zadań badawczych – tworzyły nową przestrzeń dla motywacji i aktywności obciążonej ryzykiem i niepewnością efektu końcowego. Zauważalna stała się dominacja orientacji na działanie: doświadczenie tego co „nowe” (na danym etapie wiedzy – ucznia, studenta, nauczyciela), „zmiennie” i „nieprzewidywalne”, „niespodziewane” (sukces/porażka), a nawet „konfliktotwórcze” (np. napięcia związane z organizacją i przeprowadzaniem obserwacji, eksperymentu bądź symulacji komputerowej zjawiska, niezgodność rzeczywistości

z zakładanym „modelem”, redefinicja problemu, czasochłonność implementacji, konieczność wspólnego zarządzania czasem i miejscem wykonywania zadania).

Treści merytoryczne z fizyki odnośnie wybranego (i rozpoznanego jako problem naukowy) zagadnienia stają się polem sytuacji zadaniowych, w którym realizujący projekt permanentnie tkwi jako „badacz” rzeczywistości empirycznej. To z kolei staje się źródłem zmian, tworzących inne sposoby zachowań. Wynik końcowy sytuacji zadaniowej w formie prezentacji multimedialnej, filmu, hipertekstu itp., przestaje być „sensem” samym w sobie, a jedynie sposobem upowszechnienia wyników zrealizowanego projektu, którego wymiernym efektem jest konkretne zadanie empiryczne. Kreatywność i efektywność prezentacji multimedialnej ustępuje początkowo miejsca rekonstruowaniu działań dla jednostki nowych i wartościowych, a w dalszej perspektywie – inspiracji pomysłami, płynności ich generowania, inwencji, zdolności szybkiego reagowania na pojawiające się pomysły, możliwości, problemy związane z realizacją projektu. Równoległość na poziomie koncepcji orientuje aktywność „badacza” na przetwarzanie treści z częściową wymianą materiału („realizować coś innego, nowego”), zmienianie i optymalizację działań („działać inaczej”), z równoczesnym – wyraźnie zauważalnym – świadomym odraczeniem gratyfikacji (nagrody/oceny).

Zauważyć należy, że struktura drzewa decyzyjnego „badaczy” w zakresie pozyskiwania i kumulatywności wiedzy merytorycznej z fizyki staje się wielomodalna, przy równoczesnym zanurzeniu „w głąb” wybranego na początku „łatwego” zagadnienia. Korzystanie z „pewników” treści pochodzących z Internetu jest tylko jednym z elementów eksploracji ścieżek w obszarze merytorycznym z fizyki i jest podporządkowane własnej aktywności upodobnionej do procesu badawczego. Realizujący projekt zdobywają wiedzę metodami właściwymi dla fizyki, tj. przez obserwację, eksperyment tradycyjny bądź wspomagany komputerem, modelowanie i symulacje komputerowe. Efektem są konkretne działania w środowisku szkolnym lub społecznym (artykuł do gazetki szkolnej, plakaty, modele, makiety, układy doświadczalne, wykorzystanie arkuszy kalkulacyjnych, prezentacje multimedialne, wykorzystanie prostych programów graficznych, do obróbki zdjęć, filmów lub nagrań dźwiękowych). Modułem ewaluacyjnym mogą być warsztaty lub sesje popularyzacyjne (szkolne lub środowiskowe [zob. Klisowska, 2004]), na których prezentowane są uzyskane wyniki – z zachowaniem formy oraz charakteru prac projektowych (demonstracje, makiety, prezentacje, plakaty, galerie zdjęć, strony WWW, filmy itp).

Aktywność „badacza” (adekwatna do etapu rozwoju i profilu kompetencji twórczych jednostki [por. Wojtczuk-Turek, 2010, s. 77]), sprzyjająca kształtowaniu (pogłębieniu) zainteresowań, staje się „wyzwaniem”, zaś wiedza nabywana przez własne działanie w kontekście grupy (zespołu realizującego projekt) – czynnikiem pozwalającym na wyodrębnianie korelacji i analogii. Można założyć (w oparciu o przeprowadzone badania [Wojtczuk-Turek, 2010]), że w efekcie pozwoli to na wydajniejsze rozwiązywanie podobnych problemów, jak również może przyczynić się do kreowania rozwiązań problemów uznanych pierwotnie za złożone i trudne oraz do realizacji procesów innowacyjnych.

W przypadku projektu zespołowego z aktywnością typu „badacz” – efekt końcowy jest wynikiem kompetencji całego zespołu – nie ma więc mocy różnicującej. Bezpośrednia

indywidualna ocena realizujących projekt możliwa jest przede wszystkim na poziomie zainteresowań i postaw. Wprowadzona (bez wcześniejszej zapowiedzi) dodatkowa ewaluacja z zakresu wyróżnionych podstawowych obiektów „jednostek informacyjnych” – potwierdziła zadowalający poziom transferu treści merytorycznych z fizyki, na których dokonywano operacje realizując projekt. Zwłaszcza w zakresie ukierunkowania aktywacji wiedzy (rozkładania na elementy, analizowania, rozpoznawania kluczowych aspektów, atrybutów, cech, obserwowania obiektów – zdarzeń, zjawisk, rzeczy, porównywania, zbieranie), dostrzegania wzorców i posługiwanie się nabytą wiedzą (organizowanie informacji, dopasowywanie, klasyfikowanie, dociekanie, przewidywanie, wnioskowanie, decydowanie, proponowanie i organizowanie sytuacji badawczej).

Podsumowanie

Za sprawą powszechności mediów z dostępem do Internetu, dydaktyka ery informacji – po raz kolejny w bardzo krótkim czasie – wymaga nowego spojrzenia na, ledwo co, wdrożone strategie nauczania-uczenia się z wykorzystaniem komputerów. Dostępność do stale rosnących zasobów informacji w sieci, rozmycie pojęcia wiedzy i jej usieciwienie [Morbitzer, 2010, s. 185-194] sprawiają, że ewolucji ulega czynnościowy charakter uczenia się. Niestety, nie zawsze z pozytywnym skutkiem – zwłaszcza dla transferu wiedzy fizycznej i kompetencji kluczowych dla nauk przyrodniczych. Zrealizowane z uczniami, studentami i nauczycielami fizyki/informatyki proste projekty edukacyjne (w ramach projektu *GosFiz*) wskazują, że alternatywą dla postawy „zarządzania wiedzą z sieci” (bez jej przyswojenia i włączenia do posiadanej, własnej struktury wiedzy przyrodniczej) jest połączenie kompetencji informatycznych i rozwiązań metodyczno-dydaktycznych upodabniających uczenie się do procesu badawczego – z dominantą na działanie małych grup w przestrzeni treści merytorycznych z fizyki. Rozwiązania te, choć postrzegane początkowo jako uciążliwe – choćby z racji konieczności etapowego i skupionego bezpośrednio na sytuacji zadaniowej zarządzania czasem i przestrzenią (miejscem realnym bądź wirtualnym) – w dalszej perspektywie stają się determinantą ułatwiającą transfer uczenia się z wykorzystaniem TI i Internetu oraz mogącą wpłynąć korzystnie na kompetencje kluczowe dla nauk przyrodniczych.

Bibliografia

Furgoł S., Chojnacki L.: *Szkoła w pułapce nowych technologii – wokół metodyki nauczania*. [W:] *Człowiek – Media – Edukacja*. Red. nauk. J. Morbitzer. Wydawca: Katedra Technologii i Mediów Edukacyjnych, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków 2010

Klisowska M.: *Kompetencje nauczyciela przedmiotów przyrodniczych w świetle edukacyjnego modelu komunikacji*. [W:] *Jakość kształcenia a kompetencje zawodowe nauczycieli przedmiotów przyrodniczych*. Red. nauk. R. Gmoch. Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole 2003

Klisowska M.: *Stymulowanie nabywania wiedzy fizycznej metodą grup i projektów*. Zakład Dydaktyki Fizyki Instytutu Fizyki, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 2004.
<http://zdfur.w.interia.pl/pliki/a3.pdf> [dostęp 9.06.2013]

Klisowska M.: *Eksperyment fizyczny i jego przekaz e-medialny*. [W:] *Komputer w Edukacji*. Red. nauk. J. Morbitzer. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Kraków 2006

Kompetencje kluczowe. Realizacja koncepcji na poziomie szkolnictwa obowiązkowego. Red. język. A. Smoczyńska. Wydawca: Dyrekcja Generalna ds. Edukacji i Kultury (EaC), Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji, Eurydice, Warszawa 2005.

http://www.eurydice.org/pl/sites/eurydice.org/pl/files/kkomp_PL.pdf [dostęp 9.06.2013]

Mrobitzer J.: *Szkoła w pułapce Internetu*. [W:] *Człowiek – Media – Edukacja*. Red. nauk. J. Morbitzer. Wydawca: Katedra Technologii i Mediów Edukacyjnych, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków 2010

Osiągnięcia uczniów kończących gimnazjum w roku 2011. Sprawozdanie z egzaminu gimnazjalnego 2011. Wydawca: Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa 2011.

http://www.cke.edu.pl/images/stories/0001_Gimnazja_2011/spr_gim.pdf [dostęp 9.06.2013]

Osiągnięcia uczniów kończących gimnazjum w roku 2012. Sprawozdanie z egzaminu gimnazjalnego 2012. Wydawca: Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa 2012.

http://archiwum.cke.edu.pl/images/stories/000000000000002012_gimnazjum2012/2012_Gimnazjum.pdf [dostęp 9.06.2013]

Program Międzynarodowej Oceny Umiejętności Uczniów OECD PISA. Wyniki badania 2009 w Polsce. Red. nauk. M. Federowicz. Wydawca: Ministerstwo Edukacji Narodowej, 2009.

http://www.ifispan.waw.pl/pliki/pisa_2009.pdf [dostęp 9.06.2013]

Schrödinger E.: *Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik*. „Die Naturwissenschaften” 1935, nr 23

Wojtczuk-Turek A.: *Rozwijanie kompetencji twórczych*. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010

World View. <http://abstrusegoose.com/275> [dostęp 9.06.2013]