Magdalena Sadowska

Komputer jako narzędzie wspomagające jakość i efektywność nauczania fizyki

W dobie powszechnego dostępu do komputerów i tzw. społeczeństwa informacyjnego nie sposób nie docenić roli, jaką w nauczaniu pełnią nowe technologie. Wprowadzenie do szkoły zestawów doświadczalnych, które wykorzystują pomiary wspomagane komputerowo, przyczynia się do wzrostu jakości i efektywności procesu kształcenia. Można wymienić szereg walorów kształcenia wspomaganego komputerowo. Z pewnością zwiększa się atrakcyjność prowadzonych zajęć, następuje wzrost zainteresowania i motywacji, które z kolei ułatwiają przyswajanie wiedzy przez uczniów. We współczesnym świecie komputery są częścią cywilizacji i kultury, dlatego należy je rozsądnie wykorzystywać podczas lekcji. Używanie różnych zestawów czy oprogramowania komputerowego, podobnie jak samego komputera, powinno prowadzić do wspierania rozwoju intelektualnego młodego człowieka, a tym samym przyswajania wiedzy.

Metody nauczania z wykorzystaniem komputerów i technologii informacyjnej służą podniesieniu efektywności nauczania [1]. Jednym z ważniejszych aspektów doświadczeń wspomaganych komputerowo jest aspekt dydaktyczny, tzn. wybranie takiego eksperymentu lub grupy eksperymentów, które można wykonać szybciej z pomocą komputera (niż stosując tradycyjny pomiar), co w efekcie sprzyja precyzyjnemu przekazowi wiedzy [2]. Obserwujemy wzrost zainteresowania tego rodzaju technikami nauczania – doroczne seminaria Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK „Komputer w szkolnym laboratorium przyrodniczym" cieszą się sporym zainteresowaniem nauczycieli. W 2010 roku tego rodzaju seminarium zostało zorganizowane po raz pierwszy również w Gdyni, przez Gdyński Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli, Gimnazjum nr 1 w Gdyni, UMK w Toruniu oraz Ośrodek Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów w Warszawie.

Pomiary wspomagane komputerowo

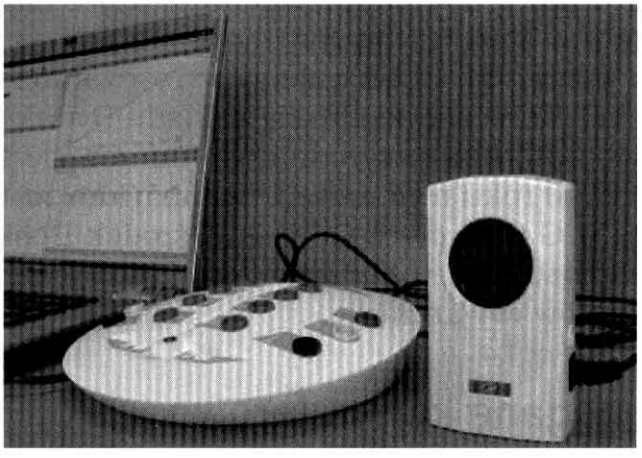
Praca z nowoczesnym sprzętem pomiarowym motywuje uczniów do samodzielnej i badawczej pracy, wspomaga kształtowanie umiejętności przechodzenia od poziomu teoretycznego do praktycznego [3]. Niestety działania praktyczne na lekcjach fizyki dla znacznej części uczniów są pewną barierą, przez którą mogą przejść z pomocą odpowiedzialnego nauczyciela. Nabywanie umiejętności praktycznych jest za-

pisane w podstawie programowej, w której wymieniono kilka obowiązkowych doświadczeń, do wykonania których można posłużyć się zestawem komputerowym [4]. Pomiar komputerowy generuje wyniki w czasie rzeczywistym, co przy dobrej organizacji pracy umożliwia indywidualizację nauczania. Uczniowie mogą przeprowadzać pomiar samodzielnie lub w grupie, a następnie go analizować. Praca w grupie pobudza twórcze i aktywne myślenie, uczniowie poszukują własnych odpowiedzi, uczą się współpracy, dyskusji oraz rozwijają umiejętność argumentowania. Zaletą pomiarów komputerowych jest ich dokładność, która obarczona jest często zdecydowanie mniejszym błędem niż przy użyciu tradycyjnych mierników. Dane rejestrowane przez czujniki są przekazywane natychmiast do komputera, a następnie z niewielkim opóźnieniem np. nanoszone na wykresy, co usprawnia pracę i umożliwia przeprowadzenie większej liczby pomiarów. Z kolei ilość pomiarów generuje większą liczbę danych, więc jeśli pozwalają na to inne czynniki (liczebność klasy, czas itp.), można zindywidualizować pracę i każdy uczeń może otrzymać inne dane do analizy [5].

W Polsce znane są dwa zestawy do pomiarów wspomaganych komputerowo, tj. system Coach Lab (który powstał w Instytucie AMSTEL na Uniwersytecie w Amsterdamie [6, 7]) oraz amerykański system PASCO [8, 9]. Na polskim rynku łatwiejszy jest dostęp do systemu Coach Lab, ponadto koszty jego zakupu są niższe [6]. System PASCO z kolei ma bardzo bogate opracowania dydaktyczne. Na przykładach dwóch doświadczeń omówię działanie każdego z systemów.

Analiza ruchu zmiennego i wyznaczanie prędkości marszu za pośrednictwem pomiaru odległości przy użyciu systemu Coach Lab

Do wyznaczenia prędkości potrzebne są: konsola pomiarowa – interfejs Coach Lab II/II+, czujnik ruchu (ultradźwiękowy) oraz oprogramowanie Coach 6 Lite (jest to tzw. wersja uczniowska, w której nie można tworzyć nowych projektów) i komputer. Po podłączeniu zestawu, tzn. połączeniu konsoli pomiarowej z komputerem za pomocą standardu USB oraz czujnika do konsoli i uruchomieniu oprogramowania, można rozpocząć wykonywanie doświadczenia (fot. 1).

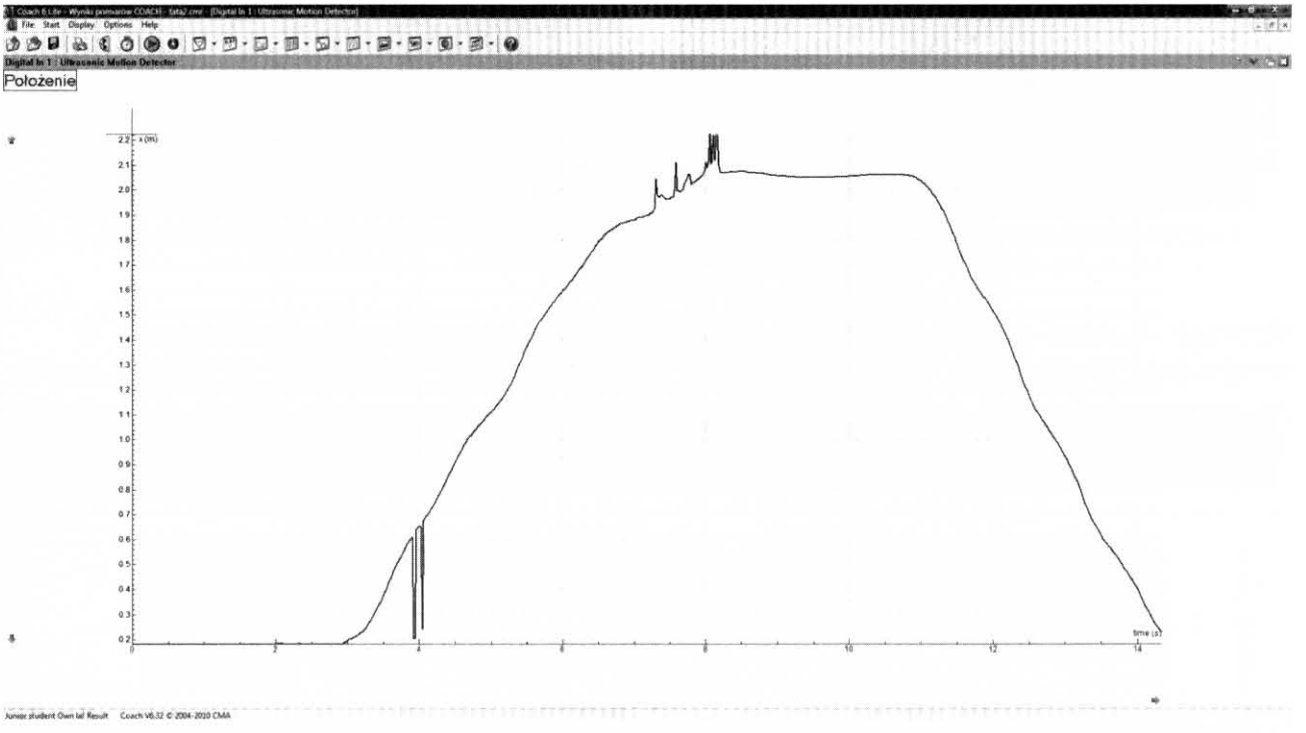


Fot. 1. Sposób połączenia konsoli pomiarowej Coach Lab II+, czujnika ruchu oraz komputera.

Rys. 1. Menu programu Coach 6 Lite w angielskiej wersji językowej.

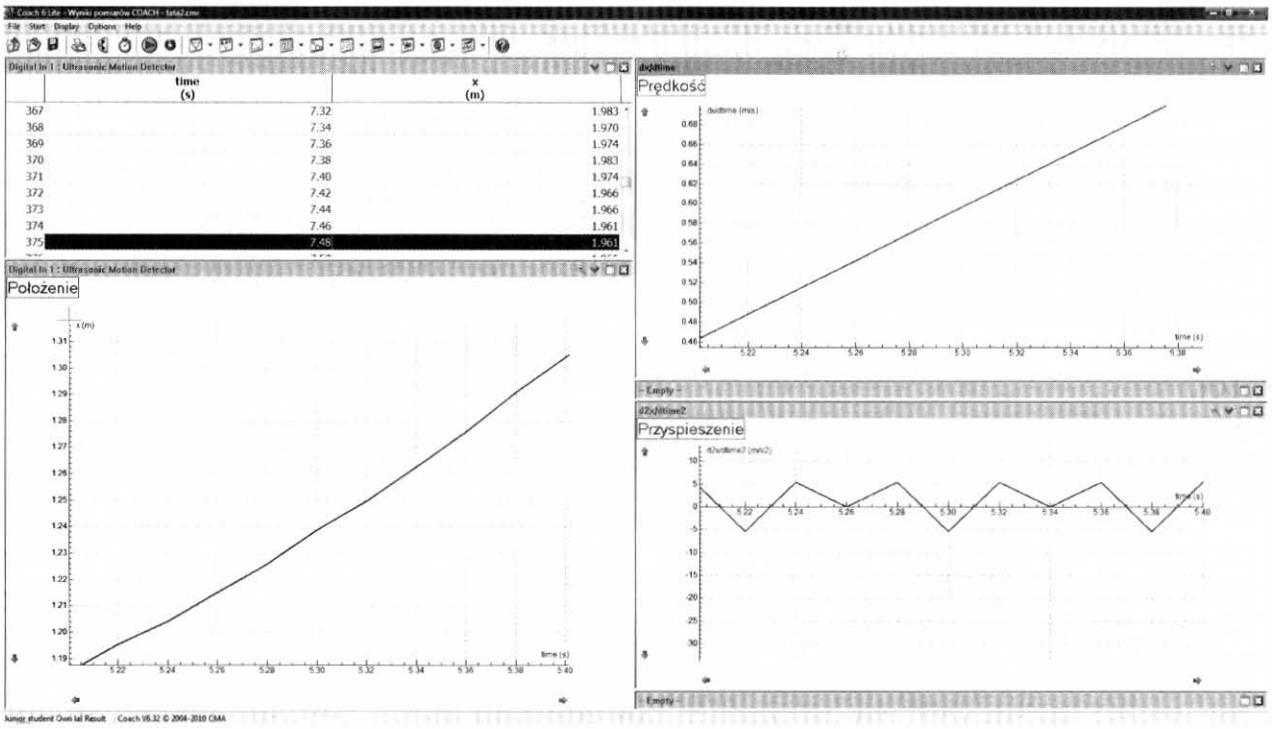
Ważnym elementem całego systemu jest oprogramowanie Coach 6 Lite, dostępne także po polsku dla Windows 7/Vista (tylko dla wersji 32-bitowej), natomiast po angielsku dla wersji 32- i 64-bitowej. Korzystanie z wersji anglojęzycznej ma walor interdyscyplinarny, gdyż młodzież rozwija umiejętności nie tylko praktycznego zastosowania teorii fizycznych, ale także posługiwanie się językiem obcym. Software umożliwia przeprowadzanie wideopomiarów oraz modelowanie zjawisk fizycznych, co z kolei w standardowej wersji Coach 6 jest „środowiskiem autorskim", co jest równoznaczne z tym, że użytkownik może konstruować własne projekty i ćwiczenia. Stosowane metody i narzędzia informatyczne stanowią podstawy pracy badawczej [10].

Naprzeciw czujnika w pewnej odległości staje uczeń, który po wystartowaniu pomiaru oddala się od czujnika (na odległość 12 metrów maksymalnie), na chwilę zatrzymuje się i zbliża do czujnika. Czujnik jest bardzo wrażliwy i emitowany impuls ultradźwiękowy zamiast odbijać się od ucznia może odbijać się od ścian, dlatego warto dać uczniowi do przytrzymania np. tekturową teczkę i w jej kierunku ustawić czujnik. Podczas pomiaru lub po jego wykonaniu, za pomocą odpowiednich poleceń (umieszczonych w menu w postaci ikon – rys. 1) otrzymać można: tabelę z danymi położenia i czasu, wykresy zależności: położenia od czasu, prędkości od czasu oraz przyspieszenia od czasu, które można wydrukować i przekazać uczniom do analizy. Następnie można doświadczenie powtórzyć z innym uczniem albo np. z wózkiem.



Rys. 2. Widok wykresu powstającego w czasie rzeczywistym podczas wykonywania pomiaru odległości ucznia od czujnika. Częstotliwość próbkowania ustawiono na 50 Hz.

Wykres (rys. 2) jest jedynie początkiem analizy ruchu. Można wybrać dowolny przedział czasowy i w nim dokonywać szczegółowej analizy prędkości i przyspieszenia (rys. 3). To od inwencji nauczyciela zależy, w jaki sposób poprowadzi dalszą część lekcji.

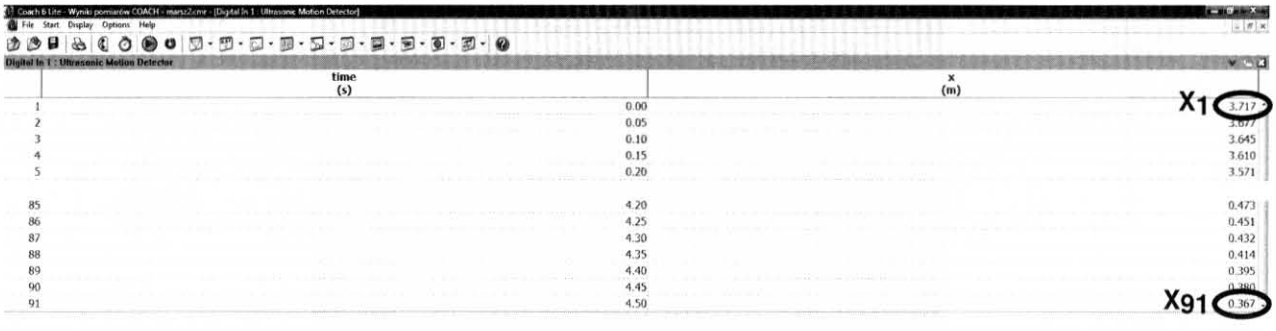


Rys. 3. Widok ekranu komputera po wybraniu interesującego zakresu danych, tj. dla $t \in \langle 5; 5{,}4 \rangle$s.

Wyznaczanie prędkości średniej wymaga trochę innego postępowania. W pewnej odległości od czujnika staje uczeń, w chwili startu ucznia uruchamiamy pomiar w komputerze i zatrzymujemy, gdy uczeń jest tuż przy czujniku. W omawianym przykładzie częstość próbkowania wynosiła 20 Hz. Wystarczy tylko obliczyć zmianę położenia ucznia, odczytać czas z tabeli lub wykresu i obliczyć prędkość średnią (rys. 4):

$$x_1 = 3{,}717m; \quad x_{91} = 0{,}367m; \quad t = 4{,}50s$$

$$v_{śr} = \frac{|0{,}367 - 3{,}717|m}{4{,}50s} = \frac{3{,}35m}{4{,}50s} = 0{,}7(4)\frac{m}{s} \approx 0{,}7\frac{m}{s}$$



Rys. 4. Widok tabeli z danymi potrzebnymi do wyznaczenia prędkości średniej.

Dzięki takiemu pomiarowi zyskać można czas na to, by wyznaczyć prędkość średnią marszu lub biegu kilku uczniów. Identyczne doświadczenia można wykonać z zestawem PASCO, który także jest wyposażony w czujnik ruchu.

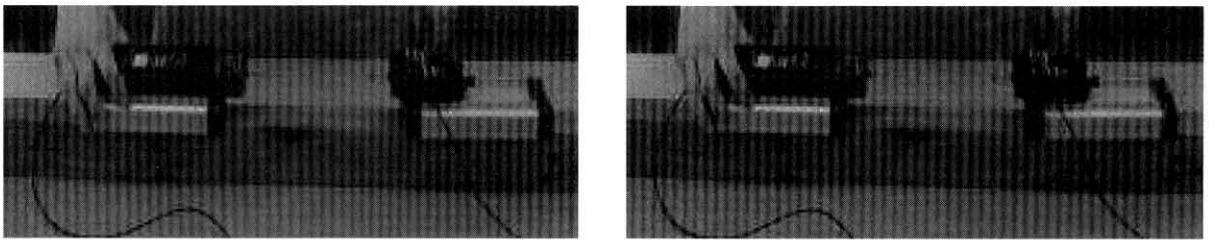
Warto zauważyć również, że wiele materiałów, takich jak opisy: czujników, doświadczeń, jest ogólnodostępnych w języku polskim [6]. Oczywiście rozbudowywanie

systemu poprzez coraz większy wybór czujników sprawia, że mogą być wykonywane pomiary nie tylko z fizyki, ale także z innych przedmiotów przyrodniczych. Można też zachęcić uczniów do wykonania interdyscyplinarnego projektu wykorzystującego Coach Lab.

Badanie trzeciej zasady dynamiki Newtona z systemem PASCO

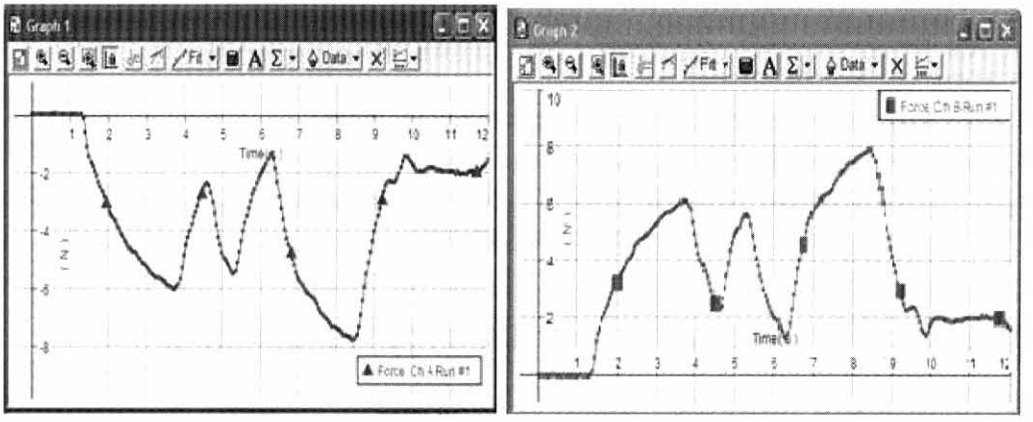
System PASCO w swej zasadniczej konstrukcji jest bardzo podobny do systemu Coach Lab. W skład zestawu pomiarowego wchodzi konsola pomiarowa Xplorer GLX, czujniki oraz software. W dostępnym mi systemie PASCO były wbudowane projekty doświadczeń, tzn. wystarczyło podłączyć odpowiedni czujnik i plik, a wyniki pomiarów były zapisywane automatycznie w postaci tabel i wykresów. Dla tego zestawu dostępne są materiały i oprogramowanie niemal jedynie w wersji anglojęzycznej. Materiały zawierają instrukcje, w jaki sposób podłączyć czujniki, uruchomić pliki oraz karty pracy dla uczniów. W ramach projektu *Teaching Physics in Secondary School* powstały polskie wersje kilku instrukcji [9].

Propozycja lekcji dotycząca badania trzeciej zasady dynamiki Newtona razem z kartą pracy została już wcześniej opublikowana [5], dlatego omówię ją pokrótce. Do wykonania doświadczenia potrzebne są dwa wózki, na których zamocowano czujniki siły. Można wykonać różne wersje doświadczenia, łącząc czujniki siły gumką lub sznurkiem.



Fot. 2. Dwa wózki z podłączonymi czujnikami siły: a) połączone gumką; b) połączone sznurkiem, ciągnięte po drewnianej belce.

W przypadku połączenia gumką wózki były umieszczone na torze i ciągnięte równocześnie w przeciwne strony (fot. 2a), natomiast przy połączeniu sznurkiem znajdowały się na chropowatym drewnianym podłożu i tylko jeden był szarpnięty (fot. 2b). Wyniki pomiaru oczywiście potwierdziły słuszność trzeciej zasady dynamiki Newtona (rys. 5).



Rys. 5. Wyniki pomiaru działającej siły na każdy z wózków połączonych gumką.

To doświadczenie można wykonać także metodami tradycyjnymi za pomocą siłomierza, ale jego wyniki nie będą przedstawione w tak obrazowy sposób. Na wykresach wyraźnie widać, że siły mają przeciwne zwroty (rys. 5), co przy tradycyjnym doświadczeniu nie jest tak dobrze zauważalne.

Oczywiście system PASCO wyposażony jest w bogaty zasób czujników, które pozwalają na przeprowadzanie eksperymentów z różnych zagadnień przyrodniczych, oraz przykładowe projekty i instrukcje ćwiczeń, które można wykonać z ich pomocą [8].

Modelowanie i symulacje w nauczaniu fizyki

Modelowanie polega na matematycznym opisie zjawiska przyrodniczego, a następnie pozyskaniu nowych informacji o nim. Celem modelowania jest ułatwienie myślenia o konkretnym zjawisku, a najważniejszym jego aspektem jest zbudowanie powiązań między znanymi prawami rządzącymi zjawiskiem oraz samym modelem [11]. Model może zawierać jeden wzór albo kilka bardziej skomplikowanych układów równań. Po stworzeniu modelu należy go sprawdzić doświadczalnie poprzez porównanie danych otrzymanych w dwojaki sposób, tj. przez dane wygenerowane przez model oraz wyniki rzeczywistego eksperymentu. Dzięki takiej metodzie uczniowie mogą sprawdzać własne hipotezy w oparciu o wyniki modelowania. Zaletą modelowania jest możliwość edytowania modelu i jego zmiany, co pozwala na badanie, jak zmienia się układ pod wpływem dokonywanych zmian w modelu [11]. Coach 6 pozwala na tworzenie modeli numerycznych układów, które podlegają zmianie. Dzięki temu można rozwiązywać rzeczywiste problemy, które na szkolnym poziomie nauczania są niemożliwe do rozwiązania ze względu na zawiłości matematyczne. Z Internetu można pobrać różne programy służące do modelowania, jednym z nich jest *Modellus*, który powstał w ramach projektu *IT for US*. Jest to program oparty o podstawowe funkcje matematyczne, a szczegółowe informacje Czytelnik uzyska na urlhttp://modellus.oeiizk.waw.pl.

Zupełnie inny charakter mają symulacje, które przedstawiają wybrane zjawisko fizyczne lub konkretne doświadczenie. Symulacje to wirtualne eksperymenty, w których można zmieniać wybrane parametry i obserwować skutki tych zmian. Warto korzystać z symulacji eksperymentów, które są trudne, niebezpieczne, zbyt kosztowne lub niemożliwe do wykonania w szkole. Ułatwiają one wprowadzanie trudnych pojęć. W większości symulacji wbudowany jest model matematyczny, do którego użytkownik nie ma dostępu. Bogaty zasób symulacji z różnych przedmiotów znajduje się na stronach University of Colorado [12]. Polecam także aplety JAVA zamieszczone na stronach:

http://surendranath.tripod.com/Apps.html

http://www.walter-fendt.de/ph14pl

Oczywiście w Internecie można znaleźć niezliczoną ilość symulacji, dlatego każdy może wybrać dla siebie odpowiednie materiały.

Podręczniki i inne materiały dostępne on-line

Wzbogaceniem lekcji może być także korzystanie z różnego rodzaju podręczników czy artykułów dostępnych on-line. Wiadomo, że 45-minutowa lekcja często okazuje

się zbyt krótka na omówienie zagadnienia w taki sposób, by zaciekawić wszystkich obecnych na lekcji uczniów. Jednym z gotowych rozwiązań jest wskazanie uczniom źródeł, do których mogą sięgnąć, by utrwalić i poszerzyć swoje wiadomości. Ważne jest, by podawać wiarygodne źródła informacji, gdyż np. gimnazjaliści nie mają jeszcze rozwiniętego na wystarczającym poziomie krytycznego myślenia, a już na pewno nie są w stanie ocenić zawartości merytorycznej. Z pewnością takimi źródłami są materiały umieszczane na stronach uczelni wyższych. Polecam szczególnie stronę prowadzoną przez Zakład Dydaktyki Fizyki UMK, która zawiera materiały z różnych dziedzin fizyki na wielu poziomach, tj. od przedszkolnego do profesorskiego. Można tam znaleźć np. instrukcje do obowiązkowych doświadczeń zgodnych z nową podstawą programową [13], multimedialny podręcznik do elektromagnetyzmu [14], materiały dotyczące ostatnich odkryć w dziedzinie fizyki i wiele innych.

Podsumowanie

Współczesny rozwój technologii komputerowych sprawia, że poszerza się oferta edukacyjna oparta o pracę z komputerem. Każdy nauczyciel w zależności od swoich preferencji oraz potrzeb może wybrać spośród bogatego zasobu te środki dydaktyczne, które służą rozwojowi jego uczniów. Jak pokazują badania, wykorzystanie na lekcji środków multimedialnych podnosi efektywność nauczania pod warunkiem zastosowania odpowiednich metod [15, 16, 17]. We współczesnej szkole wykorzystanie komputera na lekcji jest jedną z metod nauczania, która sprzyja budowaniu pozytywnego stosunku do fizyki. Wykonywanie pomiarów wspomaganych komputerowo zbliża proces nauczania do rzeczywistego procesu badawczego tak, że uczeń ma poczucie samodzielnego odkrycia bądź potwierdzenia słuszności wybranego prawa fizycznego. Modelowanie rozwija umiejętności planowania i logicznego myślenia, natomiast symulacje pozwalają na przeprowadzenie doświadczeń trudnych do zrealizowania w warunkach szkolnych. Pozostałe materiały dostępne on-line umożliwiają utrwalenie i poszerzenie wiadomości zdobytych przez uczniów podczas lekcji. Korzyści płynące z zastosowania komputerów są widoczne, jednak należy pamiętać o rozsądnym korzystaniu z nich, np. jeśli istnieje możliwość wykonania eksperymentu, to „na siłę" nie pokazujmy jego symulacji. Oczywiście komputer nie zastąpi nauczyciela, ale może znacznie ułatwić jego pracę.

Magdalena Sadowska
ZS w Kaliszu, ul. Żwirki i Wigury, doktorantka UMK w Toruniu

Bibliografia

[1] Delors J., *Learning the treasure within. Report to UNESCO of the International Commission of Educationfor the Twenty-thirst Century*, UNESCO Publishing 1996

[2] Karwasz G., *Komputer w szkolnym laboratorium fizycznym*, Postępy Fizyki 60/2009

[3] Kozielecka M. (red.), *Technologie informacyjne w poznawaniu wiedzy przyrodniczej*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2010

[4] MEN, *Podstawa programowa z komentarzami. Tom 5: Edukacja przyrodnicza w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum: przyroda, geografia, biologia, chemia,*

fizyka, MEN, Warszawa, **http://www.reformaprogramowa.men.gov.pl/images/Podstawa_programowa/men_tom_5.pdf**

[5] Sadowska M., *Badanie trzeciej zasady dynamiki Newtona z wykorzystaniem zestawu komputerowego – scenariusz lekcji*, Postępy Fizyki 60/2009, **http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/TPSS/Pliki/Sadowska_PF_2009.pdf**

[6] **http://coach.oeiizk.waw.pl**

[7] **http://cma-science.nl/english/index.html**

[8] **http://www.pasco.com**

[9] **http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/TPSS/Pliki/Pasco_instrukcje.pdf**

[10] Kawecka E., *Program Coach – uniwersalne środowisko do nauczania i uczenia się przedmiotów przyrodniczych*, [w]: **http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/komputery_2009/Pliki/Program_Coach.pdf**

[11] Rogers L., *Materiały szkoleniowe do nauczania przedmiotów przyrodniczych z wykorzystaniem TI*, OEIiZK, Warszawa 2007

[12] **http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics**

[13] **http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/144**

[14] **http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/TPSS/flashFizyka/Elektromagnetyzm.swf**

[15] Kamińska A., *Efektywność dydaktyczna środków multimedialnych w nauczaniu fizyki. Rozprawa doktorska*,UMK, Toruń 2009

[16] Rogers L., Finalayson H., *Developing Successful Pedagogy with Information and Communications Technology: how are science teachers meeting the challenge?*, Technology, Pedagogy and Education, Vol. 13, No 3, 2004

[17] Abdullah S., Shariff A., *The effects of inquiry-based computer simulation with cooperative learning on scientific thinking and conceptual understanding of gas laws*, Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 4(4), 2008