



POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

Oddział Gdański

dr Tomasz Jarosław Wąsowicz
Sekretarz Oddziału Gdańskiego PTF
Politechnika Gdańska
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
Katedra Fizyki Zjawisk Elektronowych
Ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
twasowicz@mif.pg.gda.pl

Opinia dotycząca multimedialnego projektu edukacyjnego "e-Doświadczenia w fizyce", realizowanego przez Politechnikę Gdańską, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, we współpracy z firmą Young Digital Planet S.A. oraz LCG Malmberg BV.

Głównym celem projektu przedstawionego do oceny jest „zwiększenie skuteczności działań na rzecz zainteresowania uczniów szkół ponadgimnazjalnych naukami ścisłymi”. Do realizacji powyższego celu został powołany zespół pracowników Politechniki Gdańskiej, który podjął się stworzenia, weryfikacji i rozpropagowania zupełnie nowego narzędzia edukacyjnego, jakim jest zestaw wirtualnych e-doświadczeń, przedstawiających w szerszej perspektywie zagadnienia zawarte w obowiązującej podstawie programowej przedmiotu „Fizyka”.

Produktem finalnym ww. projektu jest zestaw 23 multimedialnych symulacji doświadczeń fizycznych, pozwalających badać zjawiska fizyczne z zakresu mechaniki, termodynamiki, elektromagnetyzmu, optyki geometrycznej i falowej oraz fizyki współczesnej. Symulacje te zostały umieszczone na stronie internetowej <http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/> pod zakładką „e-doświadczenia”. Po wpisaniu frazy „e-doświadczenia” w najbardziej popularnych wyszukiwarkach internetowych (Google, Yahoo, Bing, Ask) każdorazowo pierwszym trafieniem kierowani jesteśmy do strony projektu. Brak jest stron o podobnym charakterze. Świadczy to więc o właściwym pozycjonowaniu strony internetowej projektu w wyszukiwarkach internetowych, a zarazem o wyjątkowości samego przedsięwzięcia.

Bardzo wysoko oceniam zawartość merytoryczną e-doświadczeń, zwłaszcza w kontekście ich potencjalnych zastosowań w szkołach ponadgimnazjalnych. Problematyka projektu jako całości została określona prawidłowo, a zastosowane narzędzia są przedmiotowo jak najbardziej uzasadnione. Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na fakt, iż zaprezentowane propozycje ćwiczeń są niemalże kompletne (szczegółowe komentarze odnośnie poszczególnych doświadczeń zostały opisane poniżej). Każda symulacja składa się z szeregu ćwiczeń, które w wyczerpujący, ciekawy i przystępny sposób, prezentują podstawowe zjawiska rządzące przyrodą. Możliwość wprowadzenia różnorodnych warunków fizycznych oraz rozbudowany panel części praktycznej, składający się z dużej ilości elementów aparatury pomiarowej, w połączeniu ze sobą pozwalają na zestawienie wielu kombinacji badawczych, ułatwiających kształtowanie i realizację wirtualnego eksperymentu. Ponadto istnieje możliwość sporządzenia tabeli i wykreślenia diagramu do każdego pomiaru. Dobrym pomysłem było też wprowadzenie kamery rejestrującej doświadczenie. Ułatwia to jego analizę krok po kroku.

Symulacje uzupełnione są o odpowiednie podręczniki, które zawierają przebieg doświadczenia, sugestie dotyczące jego analizy oraz podstawy fizyczne badanych zjawisk. Pomimo, że założeniem Autorów było opracowanie skryptu wprowadzającego do wykonania doświadczeń, który zostanie uzupełniony przez nauczyciela o treści podręcznika kursowego, to jednak przy opisie wielu ćwiczeń brakowało mi pełniejszego wprowadzenia do danego problemu (np. zasad dynamiki Newtona, zasady zachowania pędu, energii itd.), w tym rysunków schematycznie przedstawiających poszczególne zagadnienia. Chociaż zaprezentowane treści nie zawsze są kompletne, jakkolwiek systematycznie wprowadzane sprawiają, że układ podręcznika jest przejrzysty, a on sam łatwy w odbiorze. Ogromną zaletą podręcznika jest opis wielu ciekawostek i praktycznych zastosowań zjawisk fizycznych. Pomimo drobnych niedociągnięć, stwierdzić należy, iż treść każdego rozdziału skryptu jest adekwatna do założonej tematyki określonej w tytule symulacji i może stanowić cenne uzupełnienie kursowego podręcznika z fizyki.

Powszechnie wiadomo, że wśród nauk przyrodniczych fizyka zajmuje wyjątkowe miejsce. Tłumaczy podstawowe zjawiska i zależności istniejące w przyrodzie. Wymaga analitycznego podejścia i dogłębnego zrozumienia różnorodnych problemów. W konsekwencji w procesie uczenia się uczeń nie dość, że musi zapamiętać pewien fragment materiału, to ponadto powinien przeprowadzić doświadczenie, a następnie zastanowić się nad naturą obserwowanego zjawiska i próbować je zrozumieć. Ponieważ językiem fizyki jest matematyka, problem więc należy zanalizować w oparciu o istniejące modele teoretyczne. Toteż, przeciętny uczeń ma duże trudności z przyswojeniem treści tego przedmiotu. Jednak może się to zmienić poprzez uzupełnienie procesu edukacyjnego o rzeczony e-doświadczenia. Chociaż wirtualne symulacje nigdy nie zastąpią realnego

eksperymentu, są one bardzo wartościowym narzędziem edukacyjnym, gdyż produkt ten jest powszechnie dostępny dla uczniów oraz nauczycieli i jest stosunkowo prosty w obsłudze. Co ważne, jest też bezpiecznym narzędziem, do wykorzystania którego nie jest konieczne posiadanie wyspecjalizowanych umiejętności czy skomplikowanej aparatury. Uczniowie z łatwością mogą przeprowadzać doświadczenia wspólnie z nauczycielem w trakcie lekcji, a także pracując w małych grupach, czy też samodzielnie. Ze względu na ograniczone ramy czasowe pojedynczej lekcji, nauczyciel dokonując demonstracji fizycznych może zwrócić uwagę tylko na istotę danego zjawiska, pomijając jednocześnie wiele subtelnych elementów. Wspierając się e-doświadczeniami można zmieniać warunki fizyczne pomiarów, co zezwala nauczycielowi przedstawić gruntownie dany problem. Moim zdaniem ważniejszy jest jednak fakt, iż uczeń samodzielnie w domu może przeprowadzić wszystkie e-doświadczenia. Jak już wspominałem wcześniej, ułatwi im to napisany skrypt, każdorazowo zawierający przebieg doświadczenia i sugestie do jego analizy. A że człowiek z natury rzeczy jest ciekawy świata, być może uczniowie zaczną bawić się doświadczeniami, rozbudzając jednocześnie swoje zainteresowanie fizyką. Myślę, że punktem wyjścia dla każdej takiej pracy domowej powinna być właśnie „zabawa”, bo czyż eksperymentowanie nie jest swoistą zabawą z naturą? Zatem oprócz przejawu czysto edukacyjnego, e-doświadczenia mogą potencjalnie służyć upowszechnianiu wiedzy fizycznej, co jest szczególnie ważne w aspekcie tego, że fizyka była i jest motorem napędowym rozwoju techniki i doprowadziła do rewolucyjnych zmian cywilizacyjnych.

Należy zwrócić także uwagę na stronę graficzną projektu. Uważam, że forma jest wystarczająca do zaprezentowania założonych treści, jednak nie odpowiada dzisiejszym standardom graficznym, do których przywykł młody człowiek wychowany na grach komputerowych. Wiele elementów takich jak np. ciężarki, odważniki itp. wyglądają jak wielkie piksele, przypominając swym wyglądem grafiki z początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Zdaję sobie sprawę, że wykonanie tak wielu symulacji nie jest prostą sprawą, jednak na różnego rodzaju portalach internetowych można już znaleźć dużo lepiej wykonane pojedyncze symulacje doświadczeń fizycznych.

Poniżej przedstawiam moje wrażenia i sugestie zainspirowane testowanymi doświadczeniami w podziale na poszczególne symulacje. Do pierwszego wirtualnego eksperymentu zatytułowanego „Wahadło matematyczne” przewidziano 11 ćwiczeń, które stanowią wprowadzenie w świat mechaniki klasycznej. Uczeń może zapoznać się z oddziaływaniem grawitacyjnym, ruchem drgającym, układami inercjalnymi oraz nieinercjalnymi, czy też z zasadą zachowania energii mechanicznej. Podręcznik zawiera odpowiednie wzory końcowe, a przede wszystkim jest bogaty w merytorycznie uzasadnione komentarze i pytania, doskonale prowadząc ucznia poprzez te ćwiczenia. Pozwala to na pracę zarówno samodzielną, jak i w grupach. Po raz kolejny pragnę

podkreślić, że jest to tylko skrypt do doświadczeń, do którego niezbędne jest uzupełnienie o treści podręcznika kursowego.

Druga symulacja „Ława optyczna” przedstawia materiał dotyczący podstaw optyki geometrycznej. Symulacja ta pozwala przeprowadzić 17 doświadczeń, w których uczeń poznaje budowę i własności soczewek oraz mikroskopu i lunety. Niewątpliwą zaletą tej symulacji jest to, że nauczyciel w prosty sposób może pokazać jak powstają obrazy w różnych soczewkach, co w normalnych warunkach szkolnych wymagałoby żmudnych i precyzyjnych rysunków. Bardzo dobrym pomysłem było uzupełnienie ławy optycznej o możliwość zbudowania mikroskopu i lunety. Mamy tu sposobność wymiany soczewek i badania ich różnych kombinacji. Minusem jest, że w skrypcie znajduje się jedynie lakoniczny opis obu przyrządów. Ponadto doświadczenie to można byłoby poszerzyć o ćwiczenie mające na celu wyznaczenie powiększenia obu przyrządów. Świetnym uzupełnieniem i zarazem integralną, rozbudowaną wersją tej symulacji jest e-doświadczenie „Optyka geometryczna” umieszczone pod pozycją 20-stą. Mogę się tylko domyślać jakie ćwiczenia zaplanowali Autorzy do tej symulacji, bowiem pomimo wielu prób nie byłem w stanie pobrać pliku podręcznika. Nie wiem, czy to był jakiś błąd używanej przeze mnie przeglądarki, czy też błąd strony, a może po prostu brak przedmiotowego pliku dostępnego na stronie projektu.

Równania dynamiki Newtona stanowią kwintesencję całej mechaniki. W zasadzie od nich rozpoczyna się większość kursów fizyki. Dopiero trzecie wirtualne doświadczenie pt. „Równia pochyła” daje nam możliwość bliższego zapoznania się z pojęciem siły i ruchu. Symulacja ta składa się z 9 podstawowych i kilku uzupełniających ćwiczeń. Do przeprowadzenia doświadczeń możemy wybrać różnego rodzaju powierzchnie trące, dwa bloczki oraz szeroką paletę pełnych i wydrążonych klocków. Dodatkowo równię pochyłą możemy ustawić pod kątem z zakresu 0-60 stopni. Umożliwia to wykonanie praktycznie wszystkich potrzebnych doświadczeń z tego zakresu fizyki. Bardzo mi się podobało, że symulacja wzbogacona jest o rozkład sił oraz rozkład samej siły ciężkości. Na uwagę zasługuje również doświadczenie pozwalające na obserwacje w windzie i pociągu, czyli w warunkach, które byłyby niemożliwe do wytworzenia podczas lekcji. Tym niemniej nauczyciel chcący skorzystać z tego zestawu e-doświadczeń musi najpierw dokładnie wyjaśnić uczniom zasady dynamiki Newtona, ponieważ skrypt bardzo pobieżnie przedstawia to zagadnienie.

Kolejna symulacja „Zderzenia sprężyste i niesprężyste” pozwala badać zasady zachowania: pędu oraz energii kinetycznej. Uczeń będzie miał też możliwość badać zderzenia centralne i niecentralne, niezależnie od tego wyznaczając czas zderzenia. Dobrym uzupełnieniem jest przedstawienie popularnej zabawki tzw. kołyski Newtona oraz zderzeń na stole bilardowym. Skrypt w głównej mierze prezentuje polecenia i sugestie potrzebne do wykonania i analizy doświadczeń.

„Rzuty” to zestaw doświadczeń wprowadzających ucznia w kolejne zagadnienia, a związane z kinematyką ruchu w jedno- i dwuwymiarowej przestrzeni. Zestaw ten pozwala na przeprowadzenie zarówno jakościowych jak i ilościowych pomiarów. Wadą jest to, iż podręcznik nie podaje żadnego wzoru. Stoi to trochę w sprzeczności z innymi doświadczeniami, w których uczeń zapoznaje się też z opisem matematycznym badanych zjawisk. Moim zdaniem dobrym uzupełnieniem byłoby poszerzenie treści tego rozdziału o modele teoretyczne.

E-doświadczenie „Bryła sztywna” poświęcona została zagadnieniom związanym z bryłą sztywną i jej ruchem. Ćwiczenie dotyczące wahadła fizycznego doskonale uzupełnia pierwszą symulację „Wahadło matematyczne”. Uczeń w tym miejscu ma możliwość wyboru wielu brył, sposobu ich zaczepienia i materiału, z którego zostaną wykonane. Może także dokonać pomiaru środka masy, czy też momentu bezwładności tych brył. Ponadto istnieje możliwość samodzielnego wykonania bryły oraz zbadania jej własności. Podręcznik prezentuje adekwatny materiał wspierający doświadczenia.

Następne wirtualne doświadczenie wprowadza ucznia w zagadnienia związane z prawami rządzącymi ruchem ciał niebieskich. W tym doświadczeniu uczeń zapozna się z prawami Keplera, modelem Układu Słonecznego oraz będzie miał możliwość samodzielnego zbudowania układu planetarnego i zbadania trajektorii planet. Ponieważ na lekcji nie ma możliwości przeprowadzenia długotrwałych obserwacji astronomicznych, prezentowane ćwiczenia są jedynym źródłem poznania zjawisk zachodzących w kosmosie. W przypadku tego doświadczenia treści zawarte w skrypcie są wyczerpujące.

Symulacja „Mechanika cieczy” składa się z 12 podstawowych ćwiczeń umożliwiających testowanie prawa Pascala i prawa Archimedesesa, a ponadto badanie gęstości cieczy i klocków. Dodatkowo w ramach tej symulacji zamieszczono ćwiczenia pozwalające poznać zachowanie układów wielokrążków i łączonych układów wielokrążków i cieczy. Mam wątpliwości dotyczące tego połączenia. Wydaje mi się ono niezbyt spójne i myślę, że lepiej byłoby wyodrębnić ćwiczenia z układem wielokrążków jako kolejną symulację. Ponadto w obrębie „Mechaniki cieczy” brakuje doświadczeń testujących prawo Bernoulliego (paradoks hydrodynamiczny, rurki Pitota itp.). Skrypt prezentuje materiał wystarczający do zrozumienia badanych zjawisk fizycznych.

E-doświadczenie „Pole elektryczne” składa się z 6 rozbudowanych ćwiczeń, umożliwiających badanie linii ekwipotencjalnych, linii sił pola elektrycznego wytworzonego przez układ elektrod o różnych kształtach, a także wyznaczenie wartości ładunku elementarnego w doświadczeniu Millikana. Ćwiczenia te wyczerpują materiał, a skrypt prezentuje bogate treści teoretyczne, tłumaczące podstawowe pojęcia pola elektrycznego.

„Kalorymetria” to zestaw dziewięciu doświadczeń wprowadzających ucznia w zagadnienia związane z bilansem cieplnym. Symulacja pozwala dodatkowo wyznaczyć kaloryczność kilku produktów spożywczych, co szczególnie zainteresuje osoby zwracające uwagę na swoją dietę. W podręczniku przedstawiono podstawowe pojęcia kalorymetrii, takie jak temperatura, promieniowanie ciepło właściwe, pojemność cieplna, ciepło topnienia, ciepło parowania. Przybliżone zostało także pojęcie transportu energii cieplnej, a także bilansu cieplnego. Informacje uzupełniające dotyczące termodynamiki, a dokładniej przemian cieplnych w gazach odnajdujemy w doświadczeniu „Właściwości gazów”. Nauczyciel ma tu do dyspozycji 14 ćwiczeń, które wystarczą do poznania i zrozumienia tego działu fizyki. Skrypt prezentuje adekwatny materiał wspierający doświadczenia.

Kolejne e-doświadczenie umieszczone w zakładce „Drgania mechaniczne” zaprojektowano w celu przedstawienia zagadnień związanych z drganiami mechanicznymi i ruchem harmonicznym. Za jego pomocą można przeprowadzić 23 ćwiczenia, które w pełni wyczerpują treści tego działu fizyki. Uzupełnieniem jest także skrypt, który dokładnie opisuje te treści.

Pod enigmatyczną nazwą symulacji „Eksperymenty myślowe Alberta Einsteina” kryje się 5 ćwiczeń przedstawiających koncepcje szczególnej teorii względności (STW) oraz doświadczenie Fizeau, pozwalające na pomiar prędkości światła. Chociaż materiał jest trudny do przedstawienia i często uważany przez uczniów za nieintuicyjny, to zarówno same ćwiczenia, jak i treści zawarte w skrypcie wydają się wystarczające do jego zrozumienia.

„Kondensatory” to druga po „Polu elektrycznym” symulacja dotycząca podstawowych zjawisk fizycznych zachodzących w polu elektrycznym. Symulacja ta pozwala przebadать własności kondensatorów i ich układów. Skrypt w tym zakresie prezentuje materiał wystarczający do zrozumienia zaprojektowanych 10-ciu ćwiczeń. Myślę, że ciekawym uzupełnieniem dla tego zakresu byłoby umieszczenie doświadczenia pozwalającego na wyznaczenie krzywej ładowania/rozładowywania kondensatora. Na podstawie takiej krzywej można wyznaczyć stałą czasową badanego kondensatora. Dodatkowe doświadczenia i informacje dotyczące pola elektrycznego znajdziemy jeszcze w trzech symulacjach tj. „Obwody prądu stałego”, „Cewki i indukcja” oraz „Układy RLC”. Łącznie symulacje te zezwalają na przeprowadzenie blisko 50 ćwiczeń i myślę, że wyczerpują one zagadnienia podręcznika kursowego związane z elektrycznością. Przy badaniu szeregowego obwodu rezonansowego RLC oprócz oscyloskopu wprowadziłbym możliwość użycia dwóch woltomierzy, bowiem stan rezonansu jest łatwy do znalezienia poprzez porównanie napięć na kondensatorze i cewce. W stanie rezonansu napięcia te powinny być sobie równe.

Podstawowe zjawiska związane z magnetyzmem prezentowane są w symulacjach „Pole magnetyczne” oraz „Cewki i indukcja”. Na uwagę zasługują podręczniki do obu symulacji. Wydaje mi się, że zostały najlepiej napisane z wszystkich prezentowanych skryptów, gdyż przedstawiają zarówno podstawowe wzory matematyczne, jak i szereg estetycznych i bardzo klarownych ilustracji.

Symulacja „Laboratorium dźwięku” przybliży uczniom zjawiska związane z powstawaniem fal mechanicznych. Pozwala na wykonanie pomiarów związanych z interferencją fal dźwiękowych, dudnieniami, rezonansem. Uczeń będzie mógł dokonać pomiaru prędkości rozchodzenia się dźwięku w różnych ośrodkach, a także zapoznać się z podstawami inżynierii dźwięku. W przypadku tego doświadczenia treści zawarte w skrypcie są wystarczające do zrozumienia badanych zjawisk. Minusem przedmiotowej symulacji jest fakt, iż pomimo, że mamy do dyspozycji 25 ćwiczeń, żadne z nich nie podejmuje tematyki efektu Dopplera.

Kolejne dwie symulacje dotyczą dwoistej natury światła. E-doświadczenie „Interferencja i dyfrakcja światła” pozwala nam przebadać falowe własności promieniowania elektromagnetycznego, zaś „Korpuskularna natura światła i materii” jak sama nazwa wskazuje własności korpuskularne. Podobnie jak w przypadku „Optyki geometrycznej” mogę się tylko domyślać jakie ćwiczenia zaplanowali Autorzy do tych symulacji, gdyż pomimo wielu prób nie byłem w stanie pobrać plików ze skryptami. Zaczynam podejrzewać, że podręczniki te nie zostały jeszcze umieszczone na stronie projektu. Dodam tylko, że za pomocą zjawisk dyfrakcji i interferencji można wyznaczać rozmiary szczelin, otworków oraz niewielkich przedmiotów takich jak włosy i pyłki. Jednakże takich elementów nie zauważyłem w zakładce „Narzędzia” symulacji „Interferencja i dyfrakcja światła”.

Ostatnim testowanym e-doświadczeniem była „Fizyka atomowa i jądrowa”. Symulacja pozwala na przeprowadzenie 9-ciu ćwiczeń z zakresu fizyki atomowej i jądrowej. W trzech pierwszych doświadczeniach badamy widma promieniowania niezerównoważonego gazów wodoru i helu. Kolejnych pięć doświadczeń wprowadza podstawowe prawa rządzące rozpadem promieniotwórczym. Szczególnie ciekawe wydaje się ostatnie ćwiczenie, w którym mamy możliwość przeprowadzenia datowania radiowęglowego przedmiotów pochodzących z różnych epok. Dołączony skrypt prezentuje materiał wystarczający do zrozumienia zaprojektowanych ćwiczeń.

Po przetestowaniu dostępnego zestawu e-doświadczeń i zapoznaniu się z materiałami dodatkowymi w postaci podręczników dla uczniów należy stwierdzić, iż symulacje te rzeczywiście stanowią innowacyjne narzędzie, o bardzo dużym potencjale edukacyjnym, pozwalającym na zaciekawienie młodych ludzi nie tylko fizyką, ale także innymi naukami ścisłymi. Biorąc zaś pod

uwagę wyniki zakończonej przez Autorów projektu weryfikacji można zauważyć zwiększone zainteresowanie nauczycieli wykorzystaniem tego narzędzia w procesie kształcenia młodzieży. Być może zaowocuje to w przyszłości częstszym wyborem przedmiotów ścisłych na egzaminie maturalnym oraz wzrostem zainteresowania kierunkami technicznymi. Liczne nagrody i wyróżnienia jakie zdobył do tej pory projekt edukacyjny "e-Doświadczenia w fizyce" są zapowiedzią odniesienia pełnego sukcesu.

Gdańsk, dn. 16 kwietnia 2014r.

Tomasz Kossorice 