

e-Doświadczenia – wirtualne doświadczenia fizyczne

e-Experiments – virtual physical experiments

Małgorzata A. Płotka, Paweł Syty, Patryk Jasik

Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: mplotka@mif.pg.gda.pl

Streszczenie

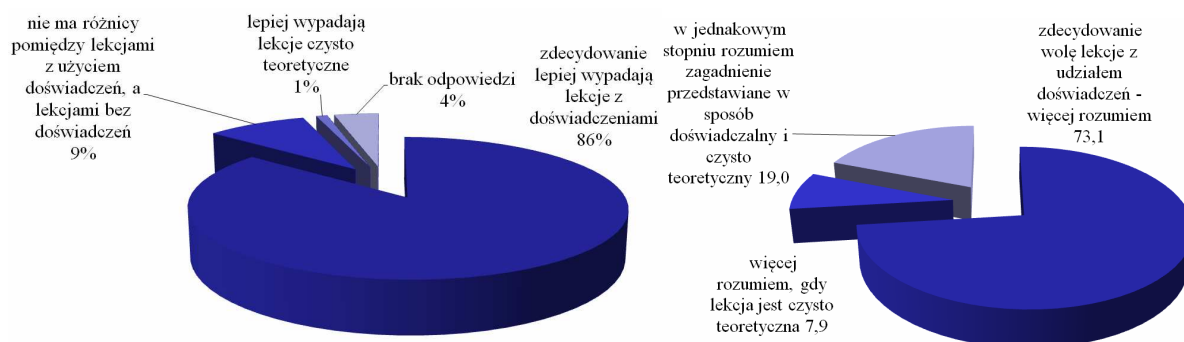
Na rynku można znaleźć wiele pomocy naukowych i symulacji zjawisk fizycznych. Niewiele z nich pozwala jednak na budowanie interaktywnych doświadczeń; doświadczeń na wzór tych, które powinny być przeprowadzane w szkolnych pracowniach fizycznych. Postanowiliśmy wypełnić tę lukę, projektując i konstruując zestaw wirtualnych doświadczeń, tzw. e-doświadczeń, kierując się słynną maksymą Konfucjusza: „Powiedz mi, a zapomnę; Pokaż mi, a zapamiętam; Pozwól mi zrobić, a zrozumiem.” Naszym zadaniem nie jest zastąpienie rzeczywistości. Chcemy jedynie wzbogacić obowiązujący program nauczania o doświadczenia fizyczne, które z różnych powodów rzadko odbywają się w trakcie lekcji fizyki. Chcemy ułatwić uczniom uczenie się przez praktykę, zgodnie z zasadą: zaprojektuj, zbuduj, wykonaj, przeanalizuj, przedstaw wyniki. Wierzymy bowiem, że tylko w ten sposób uczniowie będą w stanie w pełni zrozumieć prawa, które rządzą otaczającym nas światem. Nasz produkt otrzymał już pierwsze, bardzo pozytywne opinie, jednak ciągle pracujemy nad jego udoskonaleniem, by uczyło się jeszcze łatwiej.

Summary

One can find a lot of learning aids and simulations of physical phenomena on the market. Only a few of them, however, allow for building interactive experiments; experiments similar to those that should be conducted in physics laboratories at schools. We decided to fill this gap by designing and constructing a set of virtual experiments, so called e-experiments, based on the famous maxim of Confucius: „Tell me and I will forget – Show me, and I will remember – Let me do it, I will understand”. Our task is not to replace reality; we just want to enrich the existing curriculum by the experiments, which – for various reasons – rarely take place during physics lessons. We want to help students learn by practice in accordance with the way: design, build, perform, analyze, present results; because we believe that this is the only way they can fully understand the laws that govern the world around us. Our product has already received a first, very positive feedback, however, it is still being improved to allow for even easier learning.

Analiza problemu

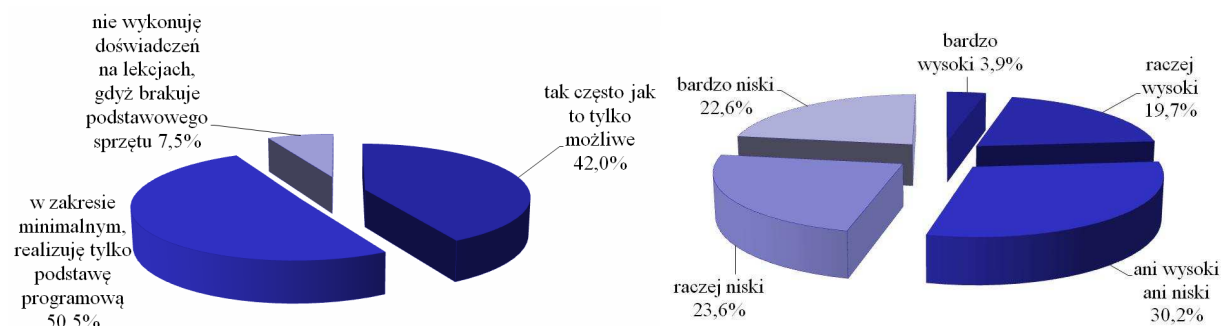
Prof. J. Mostowski (przewodniczący Rady Naukowej Instytutu Fizyki PAN) w swoim komentarzu do podstawy programowej przedmiotu fizyka z 2009 roku [1], podkreśla, że „fizyka jest nauką doświadczalną. Uczenie fizyki na sucho, bez przeprowadzania doświadczeń jest ułomne. Tylko przeprowadzone doświadczenia, najlepiej samodzielnie wykonane przez uczniów, prowadzą do właściwego i głębokiego rozumienia procesów i praw fizycznych. Dlatego pokazy oraz samodzielne wykonywanie doświadczeń są absolutnie koniecznym elementem wykształcenia przyrodniczego”. Dalej przytacza wyniki badań, które „wykazują, że znaczna część populacji uczniów kończy edukację, nie widząc nigdy na oczy żadnego doświadczenia. Według nauczycieli dwie główne przyczyny tego stanu rzeczy to brak czasu oraz źle wyposażone pracownie”.



Rys. 1. Jaki jest poziom zrozumienia przez uczniów lekcji fizyki z udziałem i bez udziału doświadczeń?

Rys. 2. Jaki jest Twój poziom zrozumienia lekcji fizyki, na której zjawiska przedstawia się za pomocą doświadczeń?

W ramach pierwszego, przygotowawczego etapu realizacji projektu „e-Doświadczenia w fizyce”, przeprowadziliśmy ogólnopolskie badania statystyczne dotyczące dydaktyki fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych, ze szczególnym uwzględnieniem roli doświadczeń fizycznych [2]. Niestety, wyniki badań cytowanych przez Mostowskiego (do których nie zdołaliśmy dotrzeć), zostały przez nie potwierdzone. Chociaż zarówno nauczyciele jak i uczniowie podkreślają ważną rolę doświadczeń w dydaktyce fizyki (Rys. 1, 2), to jednak częstotliwość pokazów doświadczalnych przeprowadzanych przez nauczycieli na lekcjach fizyki (Rys. 3) oraz wyposażenie pracowni fizycznych pozostawiają wiele do życzenia. Tylko niespełna 18% uczniów ocenia, że pracownie fizyczne w ich szkołach są wyposażone w sposób wystarczający do prowadzenia doświadczeń, a szkoła nie ogranicza im możliwości korzystania z nich. Z drugiej strony aż 11% ocenia, że w szkole nie ma w ogóle sprzętów do wykonywania doświadczeń, a zajęcia prowadzone są wyłącznie teoretycznie. Niezmiernie ważne są też takie doświadczenia, których nauczyciele nie są w stanie przeprowadzić nawet w najlepiej wyposażonej szkolnej pracowni fizycznej jak np. doświadczenia z fizyki atomowej, demonstracje zachowania badanego układu w różnych, nieinercjalnych układach odniesienia (np. przyspieszająca winda i pociąg), czy wręcz na innej planecie.



Rys. 3. Jak często wykonuje Pani/Pan doświadczenia fizyczne na lekcjach?

Rys. 4. Jak określił(a)byś swój poziom zainteresowania fizyką?

Opisany wyżej stan rzeczy nie pozostaje bez konsekwencji. Choć część uczniów deklaruje wysokie zainteresowanie fizyką (Rys. 4), to generalnie niemal wszyscy „boją się” tego przedmiotu. Niechętnie wybierają go na maturze, a od momentu w którym matematyka stała się przedmiotem obowiązkowym, część uczniów, szczególnie tych planujących studia techniczne, została do takiego wyboru niejako przymuszona. W 2008 roku fizykę z astronomią zdawało jedynie 6% uczniów, w 2009 tylko 5,9% [3]. W roku 2010 (prawdopodobnie z powodu braku możliwości wybrania matematyki) odsetek ten nieco się zwiększył, do 7,7%. W skali kraju średni wynik egzaminu maturalnego z fizyki z astronomią w 2008 roku to 57% (poziom podstawowy)/54% (poziom rozszerzony) oraz 50,6%/61,1% w roku 2009. Natomiast w roku 2010, kiedy wzrosła liczba uczniów wybierających fizykę jako przedmiot zdawany na egzaminie na poziomie podstawowym, wyniki te się pogorszyły (43,4%/58,8%). Jak widać pogorszenie wyników nastąpiło szczególnie na poziomie

podstawowym, ponieważ wiedza abiturientów nie pozwalała na osiągnięcie lepszego rezultatu. Dalsze statystyki [2] mówią, że 47,7% uczniów spośród wszystkich planujących kontynuację nauki w trybie dziennym, myśli o wyborze uczelni technicznej, natomiast wśród uczniów planujących studia zaoczne odsetek ten wynosi tylko 27,6%. Z naszej praktyki, jako wykładowców na uczelni technicznej, wynika, że znaczna część studentów jest słabo przygotowana do studiowania. Wykazują oni podstawowe braki wiadomości w zakresie nauk matematyczno-przyrodniczych, w szczególności z fizyki, która jest kluczowym przedmiotem na takiej uczelni.

Propozycja rozwiązania problemu

Zapytaliśmy uczniów [2], co mogłoby wpłynąć na zwiększenie ich zainteresowania fizyką. Zdecydowana większość z nich (Rys 5.) wskazała na częstsze przeprowadzanie doświadczeń fizycznych w trakcie lekcji. Dodatkowo, wiele wskazań było związanych z wykorzystywaniem narzędzi multimedialnych.



Rys. 5. Co mogłoby wpłynąć na zwiększenie zainteresowania fizyką wśród uczniów?

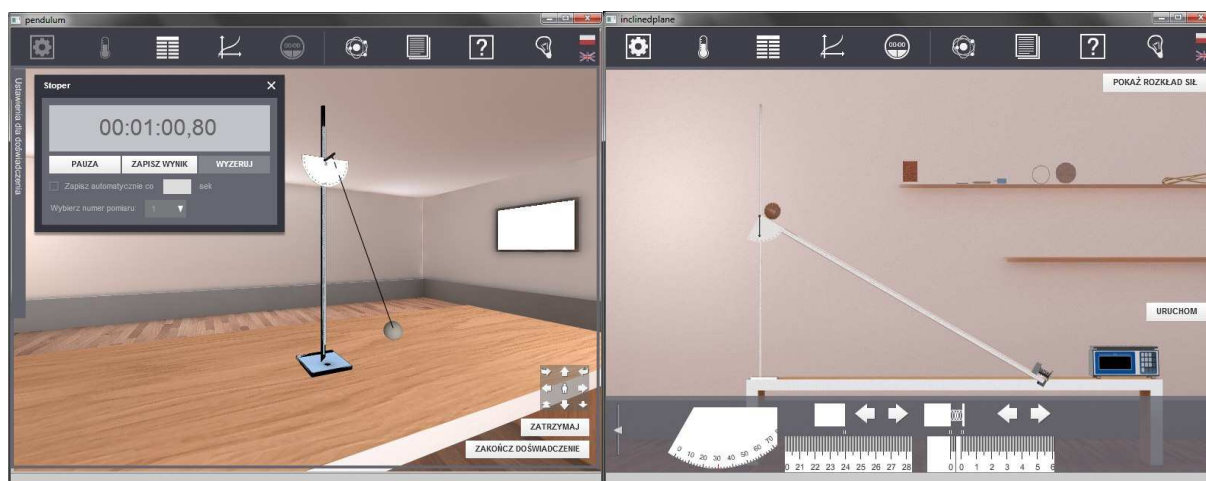
To wszystko, w konfrontacji z przedstawioną powyżej analizą problemu oraz znaną maksymą Konfucjusza „powiesz mi – wkrótce zapomnę, pokażesz mi – może zapamiętam, pozwolisz dotknąć a zrozumiem”, skłoniło nas do przedstawienia (wraz z krajową firmą Young Digital Planet SA oraz holenderską L.C.G. Malmberg B.V.) innowacyjnej propozycji częściowego jego naprawienia, a także zminimalizowania jego skutków. Robimy to w ramach projektu pt. „e-Doświadczenia w fizyce”, który uzyskał dofinansowanie w ramach konkursu [4], ogłoszonego przez Ministerstwo Edukacji Narodowej na projekty innowacyjne POKL, podejmujące działania służące zwiększeniu zainteresowania uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych kontynuacją kształcenia na kierunkach o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy poprzez opracowanie i pilotażowe wdrożenie innowacyjnych programów i narzędzi. Projekt jest skierowany do uczniów i nauczycieli fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych. Uczniowie tych szkół, pod koniec nauki stają przed najważniejszą w życiu decyzją dotyczącą swojej dalszej ścieżki edukacyjnej, stąd wybór właśnie tej grupy docelowej.

Planowanym produktem projektu będzie zestaw 23 wirtualnych e-doświadczeń z fizyki w postaci programów komputerowych, obejmujących różne działy fizyki, wraz z kompletną dokumentacją (podręcznikami i instrukcją obsługi) oraz programem szkoleń. e-Doświadczenia pozwolą nauczycielom na zilustrowanie partii materiału teoretycznego przy pomocy komputera, bez obawy zniszczenia drogiego sprzętu doświadczalnego, a uczniowi na samodzielne powtórzenie ćwiczenia w domu. Przewidziana jest daleko idąca możliwość ingerencji w przebieg e-doświadczeń, co umożliwi uczniowi przyswojenie wiedzy oraz

podbudzenie i rozwinięcie zainteresowań badawczych. Należy mocno zaznaczyć, że absolutnie nie chcemy zastępować doświadczeń rzeczywistych (są one niezastąpione w dydaktyce), chcemy je wspierać. e-Doświadczenia mają na celu pokazanie zagadnień fizycznych w szerszej perspektywie. Umożliwią uczniom głębsze zrozumienie problemu, pozwolą na budowanie lepiej rozumianych modeli, ciągów przyczynowo-skutkowych i zbiorów zależności, niezbędnych do opisu zjawiska.

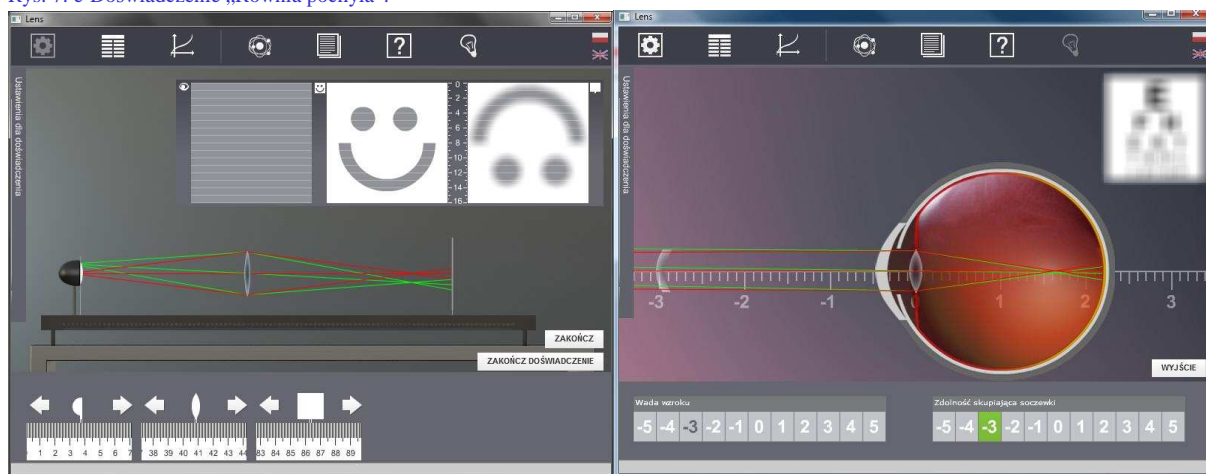
Należy podkreślić, że e-doświadczenia nie będą typowymi symulacjami, które są szeroko dostępne w Internecie. W odróżnieniu od nich, będą w jak największym stopniu zbliżone do rzeczywistości, a także będą wpisywały się w schemat zaprojektuj – zbuduj – wykonaj – przeanalizuj – przedstaw wyniki, gdzie istotne jest uczenie się na błędach. Chcemy bowiem zmusić uczniów do działania, nawet jeśli sprowadzałoby się to do działania metodą prób i błędów. Zgodnie z naszym doświadczeniem, uzyskanie nawet niewłaściwych wyników, które skonfrontowane z tymi prawidłowymi zmuszą do myślenia „gdzie i jaki popełniłem błąd?”, ma ogromną wartość dydaktyczną – motywuje do wyciągania wniosków i ciągłych poszukiwań właściwego rozwiązania problemu, wymusza aktywność naukową. Ponadto, integralną częścią e-doświadczeń są różne interaktywne dodatki, np. symulator wahadła Foucaulta, czy też symulator wad wzroku oraz okularów je korygujących.

W chwili pisania niniejszej publikacji (maj 2011 r.) gotowe i udostępnione są dwa pierwsze e-doświadczenia we wstępnych wersjach: wahadło matematyczne i ława optyczna. Kolejne, równia pochyła, jest w ostatnim stadium produkcji. Są one udostępnione do pobrania ze strony internetowej projektu [5]. Na Rys. 6–8 przedstawiamy wygląd tych e-doświadczeń.



Rys. 6. e-Doświadczenie „Wahadło matematyczne” z uruchomionym narzędziem „stoper”.

Rys. 7. e-Doświadczenie „Równia pochyła”.



Rys. 8a. e-Doświadczenie „Ława optyczna”.

Rys. 8b. e-Doświadczenie „Ława optyczna”, symulacja wady wzroku.

Strona realizacyjna projektu

Do realizacji postawionych celów zdecydowaliśmy się na wykonanie e-doświadczeń przy wykorzystaniu renderowanej, w miarę możliwości trójwymiarowej grafiki (Rys. 6–8). Ma ona pozwolić na stworzenie wrażenia obcowania z rzeczywistymi narzędziami, w rzeczywistym laboratorium. e-Doświadczenia implementowane są w technologii Adobe Flash z wykorzystaniem języka Action Script 3 oraz środowiska Adobe Air. Takie podejście jest bardzo korzystne, ze względu na możliwość uruchamiania aplikacji bezpośrednio poprzez przeglądarkę internetową. W tym przypadku wymagane jest ciągłe połączenie z Internetem, ponieważ poszczególne elementy e-doświadczenia są pobierane na bieżąco podczas pierwszego ich użycia. Dla tych użytkowników, którzy posiadają słabsze łącze lub nie mają dostępu do Internetu istnieje dodatkowo możliwość uruchamiania e-doświadczeń jako samodzielnej aplikacji w wersji off-line. W tym przypadku niezbędne jest zainstalowanie środowiska wykonawczego Adobe Air [6]. Wybrana technologia jest niezależna od platformy sprzętowej i programowej. Dzięki temu nie ograniczamy z góry kręgu potencjalnych odbiorców i użytkowników e-doświadczeń. Ponadto, e-doświadczenia mogą być wyświetlane na tablicach multimedialnych oraz przy użyciu różnego rodzaju projektorów.

Stosunek nakład/rezultat jest bardzo korzystny. Aby wykonać doświadczenie rzeczywiste, należy zakupić osobny zestaw doświadczalny. e-Doświadczenia można udostępnić bez dodatkowych kosztów wszystkim szkołom przez Internet. Ich replikowalność jest zatem doskonała.

Testowanie i ewaluacja produktu oraz włączenie go do głównego nurtu polityki oświatowej

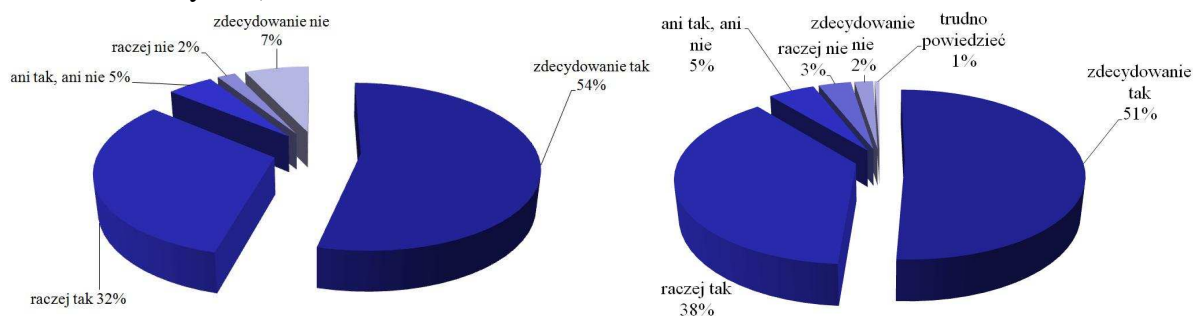
Ponieważ nie czujemy się ekspertami w zakresie dydaktyki fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych, do współpracy zaprosiliśmy metodyka oraz nauczycieli fizyki ze szkół ponadgimnazjalnych. Na podstawie zgłoszonych przez nich uwag, stworzonych raportów i wypełnionych ankiet będziemy dokonywali merytorycznych poprawek w e-doświadczeniach oraz w podręcznikach do nich stworzonych. Ponadto, przeprowadzone zostanie testowanie produktu w wybranych klasach w 20 wytypowanych szkołach województwa pomorskiego. Testowanie zostanie przeprowadzane w latach 2011–2013 przy użyciu specjalnie skonstruowanej platformy edukacyjnej, która umożliwi zebranie szczegółowych informacji o sposobie korzystania z e-doświadczeń. Dane zbierane od przyszłych użytkowników i odbiorców będą służyły do ciągłego ulepszania produktu (w tym naprawy ewentualnych usterek technicznych) i o ile okaże się to konieczne, do stworzenia nowych opcji, funkcjonalności lub kolejnych ćwiczeń. Dodatkowo, dzięki temu sprawdzimy w jaki sposób e-doświadczenia sprawdzają się w praktyce. W szczególności zbadamy czy dzięki wprowadzeniu naszego produktu udało się osiągnąć cele szczegółowe projektu, m.in.:

- rozbudzenie zainteresowania uczniów naukami ścisłymi, w szczególności fizyką,
- zwiększenie rozumienia fizyki wśród uczniów (np. lepsze wyniki osiągnięte na klasówkach i sprawdzianach oraz na egzaminie maturalnym po zakończeniu projektu),
- zwiększenie zainteresowania uczniów studiowaniem kierunków technicznych.

Bardzo istotnym celem projektu jest włączenie produktu do głównego nurtu polityki (mainstreaming). O ostatecznym sukcesie działań włączających w politykę będzie stanowić stosowanie produktu finalnego na zajęciach fizyki w jak największej liczbie szkół ponadgimnazjalnych. Możliwe jest nawet stosowanie e-doświadczeń przez wszystkich uczniów w Polsce. Tak szeroka skala wdrożenia jest jak najbardziej realna, bowiem sam produkt finalny, poprzez umieszczenie go na platformie oraz stronie internetowej projektu, będzie darmowy, ogólnie i łatwo dostępny.

Podsumowanie

Jakie są więc szanse powodzenia naszego przedsięwzięcia? Jesteśmy przekonani, że duże. W badaniach duża część nauczycieli wykazuje zainteresowanie nowoczesnymi rozwiązaniami wspierającymi nauczanie fizyki i chętnie prowadziliby oni doświadczenia fizyczne w sposób wirtualny (Rys. 9–10), za pomocą proponowanych przez nas e-doświadczeń. Podobnych obserwacji zresztą dokonujemy na organizowanych przez nas konferencjach czy warsztatach dla nauczycieli, jak i konferencjach oraz spotkaniach, na których promujemy/upowszechniamy nasz produkt (I Międzynarodowa, II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Technologie Informatyczne w Edukacji”, Seminarium „Interfejs Użytkownika – Kansei w praktyce”, organizowane przez Katedrę Multimediów Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych oraz polski oddział ACM CHI Poland [7], czy spotkaniach członków Krajowej Sieci Tematycznej w obszarze Edukacja i szkolnictwo wyższe).



Rys. 9. Czy jest Pan/i otwarty/a na nowe rozwiązania technologiczne związane z nauczaniem fizyki?

Rys. 10. Czy gdyby była taka możliwość, przeprowadzałaby/przeprowadzałby Pan/i doświadczenia w sposób wirtualny?

Podziękowania

Projekt „e-Doświadczenia w fizyce” jest współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Literatura

- [1] Mostowski, J. Komentarz do podstawy programowej przedmiotu fizyka z astronomią, Pkt 5. Rola doświadczeń w nauczaniu fizyki, <http://www.fizyka.osw.pl/Portals/physicseducation/Podstawa%20programowa%20z%20fizyki%20-%202009.pdf>
- [2] Wyniki ogólnopolskich badań statystycznych, dotyczących dydaktyki fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych, przeprowadzonych przez ASM – Centrum Badań i Analiz Rynku Sp. z o.o. na zlecenie Politechniki Gdańskiej Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, <http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/raporty-pl>
- [3] Dane Centralnej Komisji Egzaminacyjnej, <http://www.cke.edu.pl/index.php?task=view&id=247&Itemid=147>
- [4] Dokumentacja konkursu zamkniętego nr 4/POKL/2009 pt. „Opracowanie i pilotażowe wdrożenie innowacyjnych programów dotyczących m.in. kształcenia w zakresie nauk matematycznych, przyrodniczych i technicznych oraz przedsiębiorczości”, <http://efs.men.gov.pl/projekty-konkursowe/konkursy-2010/item/459-konkurs-zamkniety-nr-4/pokl/2009>
- [5] Strona internetowa projektu „e-Doświadczenia w fizyce”, http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/e_doswiadczenia
- [6] Adobe AIR, <http://www.adobe.com/pl/products/air/>
- [7] M.A. Płotka, P. Syty, „Komunikacja człowiek–komputer w interaktywnych symulacjach doświadczeń fizycznych”, Seminarium „Interfejs Użytkownika – Kansei w praktyce”, PJWSTK 2011