

## Rzeczywistość rozszerzona – potencjał w kształceniu (przyszłych) pomorskich inżynierów

Anna Mietlarek-Kropidłowska  
Politechnika Gdańska

[anna.mietlarek-kropidlowska@pg.gda.pl](mailto:anna.mietlarek-kropidlowska@pg.gda.pl)

**Streszczenie:** Edukacja młodzieży w zakresie nauk eksperymentalnych – takich jak chemia i fizyka – stanowi obecnie w obliczu ograniczeń zaplecza dydaktycznego w szkołach ogromne wyzwanie. Placówki edukacyjne nie posiadają często odpowiednich laboratoriów, lecz dysponują pracownikami komputerowymi. W ramach Projektu EDUAR, współfinansowanego przez NCBiR, przeprowadzono badania w 20 szkołach – po 10 z obszarów wiejskich i miejskich, podczas których analizie poddano możliwość zastosowania technologii AR do prezentacji treści fizykochemicznych. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że ta technologia edukacyjna jest dobrze odbierana przez uczniów, wysoko oceniany jest jej potencjał dydaktyczny, przez co może mieć pozytywny wpływ nie tylko na proces nauczania, ale i efektywność kształcenia w obrębie nauk przyrodniczych.

**Słowa kluczowe:** rzeczywistość rozszerzona, edukacja, chemia, fizyka

### 1. Wprowadzenie

#### 1.1. Kandydat 2.0

Pojawiające się w ostatnich latach zmiany w podstawie programowej kształcenia na poszczególnych etapach edukacyjnych, jak i wymagań kwalifikacyjnych, wpłynęły na zmianę profilu kandydata na studia. Osoby kandydujące dysponują innym poziomem wiedzy i umiejętności w porównaniu z młodzieżą sprzed 10 czy 20 lat. Ma to szczególne znaczenie w przypadku kształcenia w obrębie nauk przyrodniczych, ścisłych i technicznych. Powstaje zatem pytanie: jak – w dobie regresu szkolnych pracowni fizycznych i chemicznych – zachęcić młodzież do zainteresowania tymi dziedzinami nauki i dalszego wyboru edukacji w tym kierunku. Doświadczenia i eksperymenty są nieodzownym elementem poznawania świata przyrody. Pełnią one jednakże nie tylko funkcję badawczą, ilustracyjną czy weryfikacyjną, ale mogą również odgrywać istotną rolę motywacyjną. Niestety, często w praktyce szkolnej odchodzi się od eksperymentów. Jest to spowodowane brakiem dostępu do odpowiednio przygotowanych pracowni i sprzętów, kwestiami bezpieczeństwa (bhp, utylizacja odpadów itp.) oraz kosztami. Miejsce samodzielnie wykonywanych (lub bezpośrednio obserwowanych) doświadczeń zajmują obecnie coraz szerzej materiały multimedialne w postaci filmów, animacji czy całościowych pakietów multimedialnych. Materiały te charakteryzują się jednakże brakiem bezpośredniego zaangażowania i dużym stopniem odtwórczości. Przeprowadzone badania (Mietlarek-Kropidłowska i Mietlarek, 2015) jednoznacznie dowodzą, że istnieją statystycznie istotne różnice w postrzeganiu tych dwóch metod prezentacji materiału eksperymentalnego, ich „atrakcyjności” dla młodzieży, jak i chęci korzystania z nich podczas zajęć edukacyjnych. Zdecydowanie wyżej oceniane są zajęcia, podczas których istnieje możliwość samodzielnego wykonywania eksperymentów. Brak odpowiedniego zaplecza w postaci specjalistycznych pracowni przedmiotowych wpływa jednakże coraz bardziej na ograniczanie tej metody pozyskiwania wiedzy przez przyszłych kandydatów na studia. Badania kompetencji cyfrowych nauczycieli przedmiotów ścisłych i przyrodniczych (Sosińska-Kalata i Roszkowski, 2015) wskazują, że ponad 97% placówek edukacyjnych jest wyposażonych

w komputery stacjonarne lub przenośne oraz rzutniki multimedialne. W szkołach zdecydowanie częściej spotkać można dobrze wyposażoną pracownię komputerową aniżeli chemiczną czy fizyczną. Powstaje zatem pytanie, jak ICT może pomóc w naukach eksperymentalnych. W świetle prowadzonych badań wydaje się, że zwykle multimedia nie mają odpowiedniego potencjału dydaktycznego. W ostatnim czasie do zastosowań edukacyjnych coraz częściej tworzy się materiały wykonane z zastosowaniem technologii rzeczywistości rozszerzonej.

## 1.2. Rzeczywistość rozszerzona w edukacji

Rzeczywistość rozszerzona (określana także mianem wzbogaconej) łączy świat realny i wirtualny, wykorzystując technologie informacyjne oraz urządzenia do postrzegania i interakcji z rzeczywistością. Pozwala tym samym nakładać informacje generowane cyfrowo na bezpośredni obraz świata nas otaczającego. Powiązanie rzeczywistości rozszerzonej (ang. *Augmented Reality*, AR) z wirtualną opisał w postaci kontinuum Rzeczywistość–Wirtualność (Rys. 1) Milgram (Milgram i Kishino, 1994, Milgram et al., 1994). Różnica pomiędzy rzeczywistością rozszerzoną a wirtualną polega na tym, że nie zastępuje ona rzeczywistego świata, a jedynie dodaje pewne elementy wirtualne, nałożone na obraz rzeczywisty.



Rysunek 1. Kontinuum Rzeczywistość–Wirtualność wg Milgrama

Aby korzystać z technologii AR, potrzebny jest odpowiedni sprzęt (np. urządzenie montowane na głowie, ang. HMD, *Head Mounted Device*, komputer, konsola, smartfon lub tablet), marker i dedykowane oprogramowanie, które pozwala nakładać na obraz świata rzeczywistego dodatkowe informacje. Na obraz z kamery danego urządzenia nałożona zostaje w czasie rzeczywistym grafika 3D, najczęściej dynamiczna, interaktywna oraz wzbogacona multimediami. Marker to znacznik cyfrowy lub obiekt fizyczny, który jest wykorzystywany w procesie interakcji pomiędzy rzeczywistością postrzeganą za pomocą stosowanego urządzenia a dodatkową warstwą wirtualną generowaną i nakładaną przez aplikację.



Rysunek 2. Przykładowy marker wykorzystywany w aplikacjach AR

Technologia AR z roku na rok zyskuje coraz większą popularność i obecnie jest wykorzystywana nie tylko do prezentacji komercyjnych produktów, ale i stosowana coraz szerzej na polu edukacji (Mietlarek-Kropidłowska, 2013a, Mietlarek-Kropidłowska, 2013b). Jak wskazują wyniki badań (Roszkowski, 2005), staje się również coraz częściej przedmiotem doniesień naukowych. W latach 2004–2014 ukazało się 391 publikacji, przedmiotem których było wykorzystanie technologii AR w kontekście potencjalnych oraz realnych zastosowań w edukacji. Rozkład liczby prac (w tym rozpraw doktorskich) według roku ich publikacji jednoznacznie pokazuje wzrost zainteresowania tym zagadnieniem. Zauważyć można zainteresowanie tematyką wykorzystania technologii AR w procesie nauczania na wszystkich poziomach kształcenia – od podstawowego po

wyższy. Jednocześnie odnotować można przewagę prac dotyczących zastosowania tejże technologii w nauczaniu treści przyrodniczych (w tym chemii, biologii i fizyki), choć pojawiają się również doniesienia z obszaru nauk inżynierskich na poziomie średnim i wyższym (Andujar et al., 2011).

Szybki rozwój i funkcjonalność technologii AR sprawiły, że dostrzeżono potencjał „wzbogaconego” nauczania (ang. *augmented education*). Wśród jego zalet wymienia się: angażowanie, stymulowanie i motywowanie uczniów do zapoznawania się z materiałami dydaktycznymi – możliwość prezentowania zagadnień, w przypadku których trudno jest zdobyć osobiste doświadczenie w świecie realnym, zwiększenie współpracy między uczniami i uczącymi, wspieranie kreatywności, zachęcanie do samodzielnej pracy, tworzenie środowiska do nauki (Mietlarek-Kropidłowska i Draszawka, 2014).

Wśród głównych form wykorzystania rzeczywistości wzbogaconej na gruncie edukacyjnym, wyróżnić można (Mietlarek-Kropidłowska, 2013a):

- podręczniki i materiały edukacyjne, wzbogacone treściami AR (Asai et al., 2005, Maqableh i Sidhu, 2010),
- wizualizacje 3D w AR (Fjeld et al., 2007, Fjeld i Voegtli, 2002, Maier et al., b.d., Maier et al., 2009a, Maier i Klinker, 2013a, Maier et al., 2009b, Maier i Klinker, 2013b, Singhal et al., 2012, Redu et al., 2011, Cai et al., 2011, Ko et al., b.d., Pribanu i Iordache, 2008),
- prezentacje multimedialne z AR,
- geolokalizację (oraz „rekonstrukcję” obiektów muzealnych) (Gleue i Dahne, 2002),
- wystawy tematyczne (w tym muzealne) (Saggio i Borra, 2011, American Museum of Natural History Beyond Planet Earth Augmented Reality App, 2012, Royal Ontario Museum, ROM Ultimate Dinosaurs, 2012),
- parki i laboratoria maszynowe,
- gry edukacyjne (Crandall et al., 2015),
- „rozszerzone” laboratoria (Mietlarek-Kropidłowska i Mietlarek, 2015, Kamel et al., 2012, Okamoto et al., 2012, Wojciechowski i Cellary, 2013).

To ostatnie zastosowanie jest szczególnie istotne z punktu widzenia edukacji przyszłych inżynierów. Rzeczywistość rozszerzona może być bowiem wykorzystana do przeprowadzania realistycznych symulacji doświadczeń fizycznych, chemicznych, biologicznych czy biochemicznych. Pojawiło się już kilka pilotażowych narzędzi dedykowanych eksperymentom w AR. Wśród nich ProfessorWhy™ – produkt polskiej formy CTAdventure sp. z o. o., pozwalający na przeprowadzanie realistycznych doświadczeń w rzeczywistości wzbogaconej z zakresu podstaw chemii. Mieszane środowiska pozwalają wprowadzić uczestników w obszary dotychczas z różnych względów nieosiągalne fizycznie (brak zaplecza, niepełnosprawność itp.). Ważną kwestią w tym przypadku jest należyte odwzorowanie rzeczywistości i przeniesienie obserwowanych zjawisk możliwie najrzetelniej do środowiska rzeczywistości rozszerzonej, na co położono w przypadku omawianego produktu AR bardzo silny nacisk. Rzeczywistość wzbogacona ma bowiem zapewniać aktywny udział oparty na przeżywaniu i doświadczaniu oraz rozwiązywaniu realnych problemów.



Rysunek 3. Program Professor Why™

## 2. Cel i przedmiot badań

Prace podjęte w ramach Projektu EDUAR, współfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach pierwszego konkursu programu Innowacje Społeczne (IS-1/068/NCBR/2014) miały na celu przeprowadzenie pilotażowych badań, podczas których analizie poddano 3 różne sposoby prezentacji materiału eksperymentalnego:

- za pomocą „rzeczywistych” eksperymentów (Exp),
- przy użyciu doświadczeń w rzeczywistości rozszerzonej (AR),
- z wykorzystaniem materiałów multimedialnych (Multi).

W niniejszym opracowaniu skupiono się na szczegółowej analizie zajęć prowadzonych w semestrze zimowym 2014 r. Miały one na celu ocenę zainteresowania uczniów przedmiotami przyrodniczymi, ścisłymi i technicznymi, weryfikację kompetencji cyfrowych uczniów oraz analizę potencjału technologii AR w nauczaniu przedmiotów ścisłych i przyrodniczych na przykładzie chemii. Celem projektu badawczego było podniesienie poziomu nauczania przedmiotów ścisłych oraz zwiększenie zainteresowania uczniów karierą zorientowaną na nauki przyrodnicze, ścisłe i inżynierskie, poprzez ułatwienie dostępu do ćwiczeń, obiektów multimedialnych oraz wirtualnych doświadczeń, które mogą stanowić zadowalający substytut tradycyjnych doświadczeń (w przypadku braku dostępu uczniów do wyposażonych odpowiednio pracowni i materiałów) lub ich wzbogacenie.

## 3. Materiał i metody

### 3.1. Przeprowadzone zajęcia

W ramach projektu w 20 pomorskich szkołach realizujących kształcenie na III etapie edukacyjnym – 10 z obszarów wiejskich i 10 z obszarów miejskich – przeprowadzono zajęcia dla trzech grup uczniów. Tematyka zajęć obejmowała zagadnienia fizykochemiczne zgodne z podstawą programową (Dz. U., 2009). Temat zajęć stanowiło przewodzenie prądu elektrycznego przez ciała stałe i ciecze. Uczniowie analizowali przewodzenie prądu elektrycznego podczas trzech zbiorczych doświadczeń.

W pierwszym analizowali metale (m.in. cynk, glin, miedź, złoto). W drugim badali roztwory (m.in. kwas solny, roztwór wodorotlenku sodu, roztwór siarczanu(VI) magnezu(II), wodę z kranu, wodę mineralną). Trzecie doświadczenie dotyczyło właściwości różnych materiałów (m.in. drewno, plastik, porcelana, grafit, przedmioty metalowe). Podczas zajęć uczniowie mieli okazję przeprowadzić eksperymenty z wykorzystaniem oprogramowania bazującego na rzeczywistości rozszerzonej. Uczniom krótko prezentowano ideę technologii AR oraz zasadę działania programu ProfessorWhy™ Chemia (Rys. 3). W celu ugruntowania wiedzy, swe obserwacje wypisywali na specjalnie przygotowanych kartach. Na koniec zajęć uczniowie proszeni byli o wypełnienie ankiety badającej ich preferencje oraz opinie o zajęciach. Większość grup liczyła po 16 osób, z zapewnieniem równego dostępu do zajęć dla chłopców i dziewcząt. W zajęciach udział wzięło łącznie 1007 uczniów.

### 3.2. Analiza statystyczna wyników

Wyniki ankiet uczniowskich zostały poddane analizie statystycznej w celu oceny adekwatności zastosowanych metod prezentacji materiału doświadczalnego do możliwości i potrzeb edukacyjnych gimnazjalistów.

W celu sprawdzenia, czy istnieją statystycznie istotne różnice pomiędzy dwiema grupami, wydzielonymi na podstawie płci ankietowanego oraz obszaru badań, w przypadku zmiennych ilościowych (ocena zajęć) stosowano test t-Studenta dla prób niezależnych. W przypadku zmiennych o charakterze porządkowym stosowano test U Manna-Whitneya. Jest to niepara-

metryczny odpowiednik testu t-Studenta. W celu sprawdzenia czy dwie zmienne nominalne są niezależne od siebie, stosowano test chi kwadrat niezależności posługując się poniższym wzorem:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

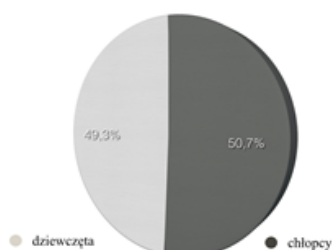
gdzie:  $O_i$  – wartość obserwowana,  $E_i$  – wartość oczekiwana

W omawianych analizach statystycznych za poziom istotności przyjęto wartość  $p=0,05$ .

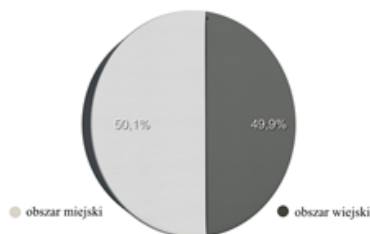
## 4. Wyniki

### 4.1. Analiza badanej grupy

Przeprowadzono anonimowe badania ankietowe na grupie 1007 uczniach szkół gimnazjalnych. W badaniu wzięło udział 496 dziewcząt (49,3% ogółu) oraz 511 chłopców (50,7%) (Rys. 4). Nieco ponad 50% uczniów pochodziło z obszarów miejskich, zaś 49,9% uczyło się w szkołach wiejskich (502 uczniów) (Rys. 5).



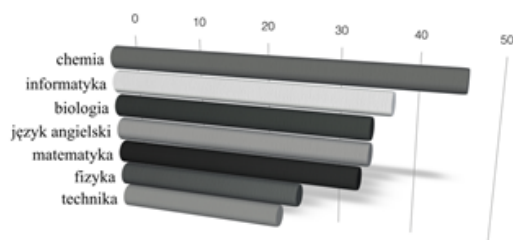
Rysunek 4. Biorący udział w badaniu wg płci



Rysunek 5. Ankietowani według obszaru zamieszkania

### 4.2. Analiza preferencji edukacyjnych

W ramach przeprowadzonych badań analizowano zainteresowanie uczniów przedmiotami ścisłymi, przyrodniczymi oraz technicznymi (Rys. 6). Do analizy włączono również język angielski. Uczniowie najczęściej deklarowali zainteresowanie: chemią (46,1%), informatyką (37,7%), biologią (35,2%), językiem angielskim (35,1%) czy matematyką (33,8%). Rzadziej interesowali się fizyką (25,9%) czy techniką (23,1%).

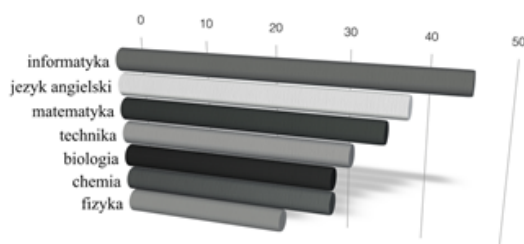


Rysunek 6. Przedmioty będące w kręgu zainteresowań ankietowanych (mogli zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź)

W wyniku szczegółowych badań zauważono, że zdecydowanie większy odsetek chłopców jest bardziej zainteresowany zajęciami z informatyki (ok. 74% wszystkich wskazań pochodziło od mężczyzn), fizyką (59,8%), matematyką (57,9%), jak również techniką (56,5%). Dziewczęta natomiast bardziej interesują się zajęciami z biologii (61,9%). Pozostałe przedmioty cieszą się w miarę podobnym zainteresowaniem, zarówno u chłopców, jak i u dziewcząt. Na tym tle wyróżnia się chemia, którą w równym stopniu interesują się uczniowie (49,8%) i uczennice (50,2%).

Uczniowie z obszarów wiejskich nieznacznie częściej interesują się zajęciami z techniki (56% wszystkich wskazań na ten przedmiot pochodziło od osób mieszkających na wsi). Natomiast uczniowie z obszarów miejskich nieznacznie częściej interesują się językiem angielskim (60,3%), bardziej lubiane w tej grupie są również zajęcia z fizyki (57,1%). Pozostałe przedmioty spotykają się podobnym zainteresowaniem, zarówno u osób uczących się na wsi, jak i w miastach.

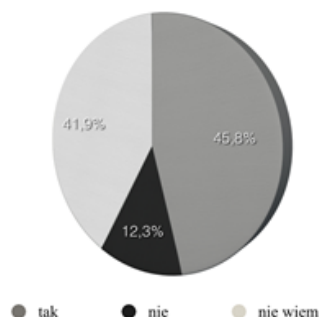
Przedmiotem badań było również porównanie zainteresowania danym przedmiotem i uzyskiwanymi z niego ocenami (Rys. 7). Uczniowie, ogółem, najlepsze oceny otrzymują kolejno z: informatyki (45,5%), języka angielskiego (38,5%), matematyki (35,8%), techniki (31,6%), biologii (29,3%) oraz chemii (29,2%). Najrzadziej deklarują uzyskiwanie najwyższych not z fizyki (22,4%).



Rysunek 7. Przedmioty, z których ankietowani uzyskują najlepsze oceny (można zaznaczyć więcej niż jedną odpowiedź)

Pogłębione badania wskazują, że chłopcy częściej niż dziewczęta otrzymują dobre oceny z informatyki (ok. 60% wszystkich wskazań na ten przedmiot pochodziło z tej grupy) oraz z matematyki (57,5%). Dziewczęta natomiast lepsze oceny otrzymują z biologii (63,8%). Uczniowie z obszarów wiejskich częściej deklarują, że dostają lepsze oceny z techniki (63% wszystkich wskazań na ten przedmiot pochodziła od osób z obszarów wiejskich). Uczniowie z miast częściej uzyskują wysokie noty z języka angielskiego (62,6%) oraz z fizyki (60,3%).

Analizie poddano także preferencje dotyczące deklarowanej chęci dalszego kształcenia się w obrębie nauk przyrodniczych i ścisłych (Rys. 8). Około 45% respondentów z województwa pomorskiego rozważa dalsze rozwijanie wiedzy i kształcenie się w tym kierunku. Duży odsetek uczniów nie wie jeszcze, jaki kierunek rozwoju obierze (ok. 41%). Nieco ponad 12% ankietowanych twierdzi natomiast, że nie zamierza rozwijać swojej wiedzy w kierunku nauk przyrodniczych.



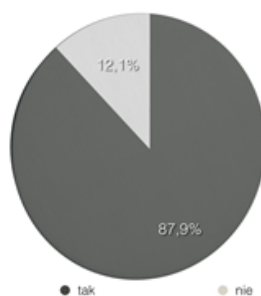
Rysunek 8. Zestawienie deklarowanej chęci dalszego kształcenia w obrębie nauk przyrodniczych, ścisłych i technicznych

Szczegółowa analiza wskazuje, że spośród osób, które nie wiążą swojej przyszłości z naukami przyrodniczymi i ścisłymi, znaczny odsetek stanowią mężczyźni (66,4%). Dla porównania w grupie osób chcących rozwijać swoją wiedzę w tym kierunku, większy odsetek (53,7%) stanowiły kobiety. Analiza statystyczna za pomocą testu chi kwadrat wykazała, że omawiane różnice są istotne statystycznie ( $\chi^2=15,59$ ;  $p<0,001$ ). Nie stwierdzono różnic, gdy grupę badawczą analizowano pod kątem obszaru zamieszkania ( $\chi^2=0,26$ ;  $p=0,879$ ).

Dalsze badania pokazały, że 75,5% uczniów deklaruje, że chciałoby, aby podczas zajęć przeprowadzane były eksperymenty. Wyraźnie zauważalne w tej grupie jest równe podejście do tego problemu wśród uczniów i uczennic (odpowiednio 50,5% i 49,5%). Ponadto 66,2% ankietowanych (w tym 51,8% dziewcząt i 48,2% chłopców) stwierdziło, że gdyby podczas zajęć przeprowadzanych było więcej eksperymentów, pozwoliłoby to im lepiej zrozumieć przedmiot. 45,7% badanych uważa, że wiedza chemiczna jest w ich opinii przydatna w życiu codziennym. Jednocześnie aż 44,4% uczniów deklaruje, że nigdy w życiu nie przeprowadziło samodzielnie żadnego eksperymentu.

#### 4.3. Analiza potencjału technologii AR w nauczaniu

W ramach badań poddano analizie odbiór technologii AR przez uczniów, którą to technikę wykorzystano do zaprezentowania eksperymentów fizykochemicznych (Rys. 9). Większość ankietowanych uważała, że w trakcie przeprowadzonych zajęć przeważały zajęcia praktyczne, mniej natomiast było teorii. Odsetek takich osób wynosił ponad 87%.

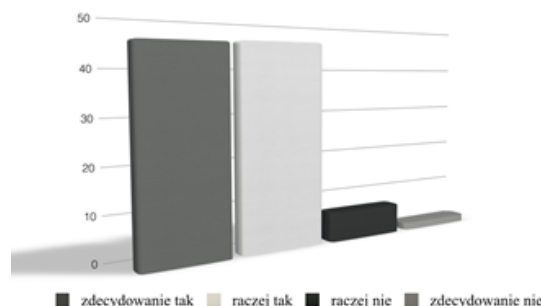


Rysunek 9. Zestawienie odpowiedzi na pytanie czy w trakcie zajęć przeważały działania praktyczne

Szczegółowa analiza za pomocą testu niezależności chi kwadrat nie wykazała istotnych statystycznie różnic w odpowiedziach pomiędzy dziewczętami a chłopcami ( $\chi^2=0,41$ ;  $p=0,524$ ). Nie stwierdzono również różnic, gdy podzielono grupę badawczą ze względu na obszar zamieszkania ( $\chi^2=0,48$ ;  $p=0,490$ ). Eksperymentowanie w technologii rozszerzonej rzeczywistości jest zatem odbierane przez uczniów jak typowe zajęcia praktyczne.

Nieco ponad 45% ankietowanych uważa wykorzystywany program umożliwiający wykonywanie eksperymentów w rzeczywistości wzbogaconej za bardzo dobrze odzwierciedlający

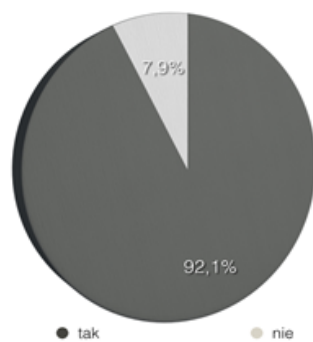
rzeczywistość (45,6%), nieznacznie więcej respondentów uważało program za raczej dobrze prezentujący zagadnienia eksperymentalne (45,9%), przeciwnego zdania było nieco ponad 8% ankieterowanych (odpowiedzi raczej i zdecydowanie nie, Rys. 10). Technologia ta spotyka się zatem z dobrym odbiorem wśród młodzieży, zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę, że 97% osób biorących udział w badaniu zadeklarowało, że nigdy wcześniej nie spotkało się z tą technologią.



Rysunek 10. Zestawienie odpowiedzi na pytanie, czy analizowany program dobrze odzwierciedla rzeczywistość

Nie stwierdzono, by płeć wpływała na rozkład odpowiedzi na powyżej postawione pytanie. Analiza statystyczna za pomocą testu U dała nieistotne statystycznie wyniki ( $Z=-1,77$ ;  $p=0,077$ ). Nieznacznie mniej zadowolone z wykorzystanego oprogramowania były osoby z miast. Analiza za pomocą testu U Manna-Whitney'a wykazała, że są to jednak zależności statystycznie istotne ( $Z=-2,37$ ;  $p=0,018$ ).

Zdecydowana większość spośród 1007 respondentów uważała, że wykorzystywany podczas zajęć program do eksperymentowania w rzeczywistości rozszerzonej jest przydatny i ciekawy (ok. 92% ogółu, Rys. 11), przeciwnego zdania było 79 respondentów, co stanowiło niecały 8% grupy badawczej. Dwóch ankieterowanych uchyliło się od odpowiedzi na to pytanie (0,2% ogółu).

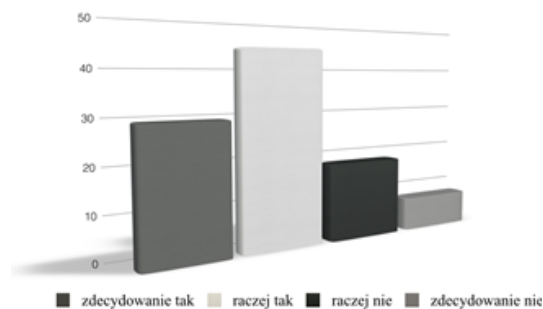


Rysunek 11. Graficzne zaprezentowanie odpowiedzi na pytanie, czy program stanowiący laboratorium AR jest przydatny i ciekawy

Analiza za pomocą testu chi kwadrat nie wykazała istotnych statystycznie różnic w odpowiedziach pomiędzy dziewczętami a ich kolegami ( $\chi^2=2,63$ ;  $p=0,105$ ). Co ciekawe, wśród osób, które deklarowały, że program nie jest przydatny i ciekawy, znaczny odsetek stanowiły osoby z obszarów miejskich (ok. 61% osób). Odnotowane różnice pomiędzy grupami są w tym przypadku istotne statystycznie ( $\chi^2=3,93$ ;  $p=0,047$ ).

Mając do dyspozycji w domu, na swoim komputerze, oprogramowanie wykorzystywane podczas zajęć, około 29% ankieterowanych zadeklarowało, że z pewnością eksperymentowałyby w domu, 44,5% respondentów raczej skorzystałoby z takiej możliwości (Rys. 12). Przeciwnego zdania było około 16% respondentów (odpowiedzi raczej i zdecydowanie nie).



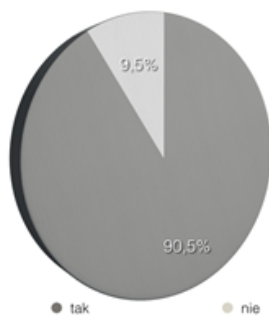


Rysunek 12. Deklarowana chęć skorzystania z oprogramowania AR w domu

Nie stwierdzono, by płeć wpływała na rozkład odpowiedzi. Analiza statystyczna za pomocą testu U dała w tym zakresie nieistotne statystycznie wyniki ( $Z=-1,61$ ;  $p=0,108$ ).

Z możliwości eksperymentowania na domowym komputerze rzadziej korzystaliby uczniowie z miast niż uczniowie z obszarów wiejskich. Analiza za pomocą testu U Manna-Whitney'a potwierdziła istotne statystycznie zależności ( $Z=-3,75$ ;  $p<0,001$ ) między tymi dwiema grupami.

Warte odnotowania jest, że nieco ponad 90% ankietowanych zadeklarowało, że samodzielnie potrafiłoby obsługiwać zaprezentowany program komputerowy (Rys. 13). Przeciwnego zdania było 94 respondentów, co stanowiło nieco ponad 9% ogółu. Wskazuje to, że obsługa oprogramowania z technologią AR i markerami nie stanowi trudności dla większości badanych.

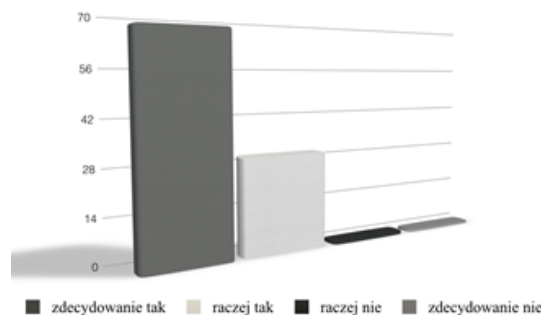


Rysunek 13. Graficzne zaprezentowanie odpowiedzi na pytanie, czy ankietowany potrafiłby obsługiwać samodzielnie zaprezentowane oprogramowanie AR

Analiza za pomocą testu chi kwadrat nie wykazała istotnych statystycznie różnic w odpowiedziach pomiędzy kobietami a mężczyznami ( $\chi^2=2,63$ ;  $p=0,105$ ), jak również uczniami wywodzącymi się z obszarów miejskich i wiejskich ( $\chi^2=3,42$ ;  $p=0,065$ ).

65,5% uczniów (w tym 50,5% dziewcząt i 49,5% chłopców) równocześnie zadeklarowało, że zdecydowanie chcieliby wykorzystywać oprogramowanie AR podczas zajęć.

Ponad 67% ankietowanych zajęć z eksperymentami AR, w których brali udział, zdecydowanie się podobały, około 30% zadeklarowało, że taka forma edukacji raczej się podobała (Rys. 14). Zaledwie 1,8% ankietowanych (18 osób) uważa, że taka forma zajęć im się nie podoba.



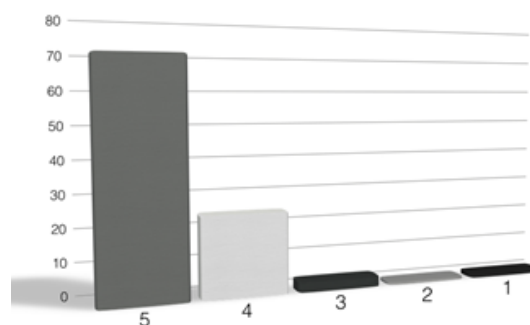
Rysunek 14. Zestawienie odpowiedzi na pytanie, czy forma zajęć z wykorzystaniem technologii AR podoba się ankietowanym

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pod względem zadowolenia z zajęć pomiędzy chłopcami a dziewczętami ( $Z=-0,16$ ;  $p=0,873$ ). Szczegółowa analiza ankietowanych w zależności od obszaru pochodzenia wskazała z kolei na pewne niewielkie, aczkolwiek istotne statystycznie różnice ( $Z=-2,00$ ;  $p=0,045$ ). Nieznacznie większy odsetek osób zdecydowanie zadowolonych z zajęć pochodził z obszaru wiejskiego (52,3% osób). Natomiast większość osób z miast (48%) była raczej zadowolona z wykorzystania technologii AR podczas zajęć.

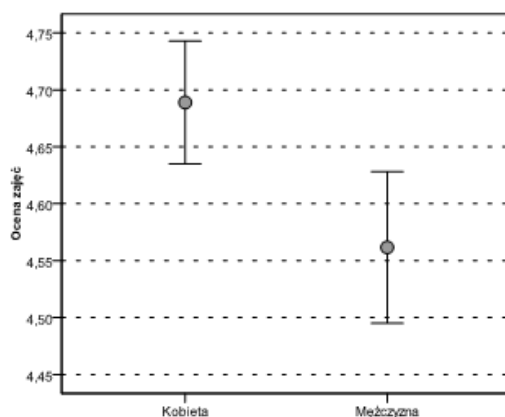
96,6% badanych wyraziło zadowolenie z faktu brania udziału w projekcie, podczas którego mogli zapoznać się z możliwością wykonywania doświadczeń w rzeczywistości wzbogaconej. Wśród osób niezadowolonych z faktu brania udziału w zajęciach z eksperymentami w projekcie EDUAR znaczący odsetek stanowili mężczyźni (67,6% tej podgrupy). Analiza za pomocą testu niezależności chi kwadrat wykazała, że omawiane różnice są istotne statystycznie ( $\chi^2=4,14$ ;  $p=0,042$ ). Nie stwierdzono już jednak różnic, gdy grupę badawczą analizowano pod kątem obszar zamieszkania ( $\chi^2=0,00$ ;  $p=0,971$ ).

Uczniów poproszono również, aby wystawili oceny zajęciom z wykorzystaniem eksperymentowania w rzeczywistości rozszerzonej (Rys. 15). Uczniowie mogli przypisać oceny od 1 (niezadowolony) do 5 (bardzo dobra). Uzyskana średnia ocena zajęć z AR wynosiła 4,6 punktów, przy odchyleniu standardowym wynoszącym 0,7 punktu. Mediana rozkładu wynosiła 5 punktów, również taka sama była wartość najczęściej podawana. Ocenę bardzo dobrą zajęciom z eksperymentami AR wystawiło 70,6% ankietowanych, ocenę dobrą – 24,5% respondentów. Pozostałe oceny stanowiły znikomy udział grupy badawczej, jedynie ocenę 3 wystawiło więcej niż 1% respondentów.

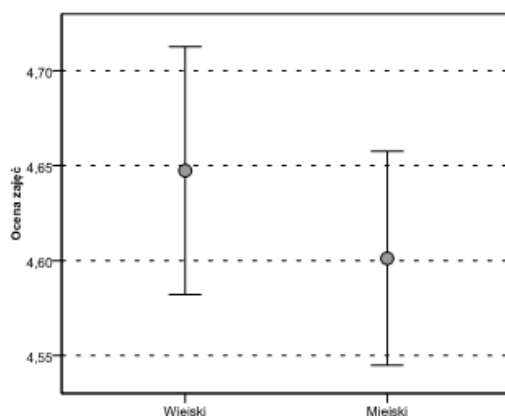
Dziewczęta oceniały średnio wyżej przeprowadzone zajęcia (średnia=4,69) aniżeli chłopcy (średnia=4,56). Pomimo tak niewielkich różnic (Rys. 16), analiza za pomocą testu t-Studenta dla prób niezależnych wykazała, że omawiane różnice są jednak statystycznie istotne ( $t=2,91$ ;  $p=0,004$ ). Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic pomiędzy uczniami mieszkającymi na wsi a osobami z miast (Rys. 17). W obu przypadkach średnie oceny były do siebie zbliżone ( $t=1,05$ ;  $p=0,293$ ).



Rysunek 15. Ocena zajęć z eksperymentami AR wg ankietowanych

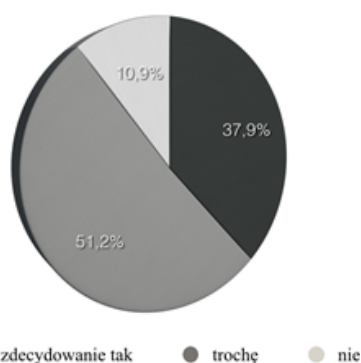


Rysunek 16. Graficzne zaprezentowanie średnich ocen z zajęć wraz z 95% przedziałami ufności (podział ze względu na płeć)



Rysunek 17. Graficzne zaprezentowane średnich ocen z zajęć wraz z 95% przedziałami ufności (podział ze względu na obszar)

Okolo 38% ankietowanych zadeklarowało, że dzięki zaproponowanym zajęciom polubili bardziej przedmiot, w zajęciach z którego brali udział (Rys. 18). Ponad połowa respondentów stwierdziła, że dzięki nim polubili chociaż trochę bardziej chemię. Swojego nastawienia do tego przedmiotu nie zmieniło niecałe 11% ankietowanych osób. W tym miejscu należy dodać, że ok. 25% z osób zaznaczających, że forma eksperymentowania w rzeczywistości rozszerzonej nie wpłynęła na ich stosunek do przedmiotu, robiła odrębne dopiski, zawierające informację, że wynika to z faktu, że już lubią ten przedmiot.



Rysunek 18. Czy dzięki zajęciom z eksperymentami AR ankietowany bardziej polubił przedmiot?

Analiza za pomocą testu chi kwadrat nie wykazała istotnych statystycznie różnic w odpowiedziach na tak postawione pytanie pomiędzy uczennicami a uczniami ( $\chi^2=3,36$ ;  $p=0,186$ ). Nie stwierdzono również różnic, gdy analizowano badanych ze względu na obszar zamieszkania ( $\chi^2=4,39$ ;  $p=0,112$ ).

## 5. Wnioski końcowe

Jaki obraz pomorskiego ucznia wyłania się z przeprowadzonych badań? Jest to osoba, która dostrzega znaczenie nauk eksperymentalnych i chce, aby w trakcie zajęć prowadzone były eksperymenty, ponieważ docenia ich wagę i rolę jako narzędzia pozwalającego lepiej przyswoić wiedzę. Znaczna część młodzieży rozważa dalsze kształcenie w obrębie nauk przyrodniczych i ścisłych. Jednakże niemalże połowa z tych osób nigdy samodzielnie nie miała okazji przeprowadzenia jakiegokolwiek doświadczenia. Jest to równocześnie obraz młodego człowieka, któremu nieobce są narzędzia ICT, otwartego na nowinki technologiczne. Technologia AR jak wskazują zebrane dane (także literaturowe) ma ogromny potencjał, który został już dostrzeżony i jest coraz szerzej wykorzystywany na polu edukacji. Niedoinwestowanie szkolnych pracowni tematycznych można zatem spróbować „zrównoważyć” wykorzystując komputerowe zaplecze szkół i proponując uczniom (w przypadku braku innej alternatywy) wykonywanie doświadczeń w rzeczywistości rozszerzonej.

Badania były realizowane w ramach Projektu EDUAR, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Autorka dziękuje firmie Smart\_Lab Przemysław Mietlarek za umożliwienie zebrania materiałów do badań.

## 6. Bibliografia

1. American Museum of Natural History Beyond Planet Earth Augmented Reality App. (2012). ver. 1.05 (AppStore). Pobrano 16 kwietnia 2013 z: <http://www.vl.amnh.org/exhibitions/beyond/ar-app-interactive.php>
2. Andujar, J. M., Mejias, A., Marquez, M. A. (2011). Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory, IEEE Transactions on Education, 54(3), 492–500.
3. Asai, K., Kobayashi, H., Kondo, T. (2005). Augmented Instructions – A Fusion of Augmented Reality and Printed Learning Materials, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT'05, 213–215.
4. Cai, S., Wang, X., Chiang, F.-K. (2011). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course, Computers in Human Behavior 37, 2014, 31–40.
5. Crandall, F. G., Engler, R. K., Bek, D. E., Killian, S. A., O'Bryan, C. A., Jarvis, N., Clausen, E. (2015). Development of Augmented Reality Game to Teach Abstract Concepts in Food Chemistry. Journal of Food Science Education, 14, 18–23.
6. Fjeld, M., Fredriksson, J., Ejdestig, M., Duca, F., Bötschi, K., Voegtli, B., Juchli, P. (2007). Tangible user interface for chemistry education: comparative evaluation and re-design, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, ACM, 805–808.
7. Fjeld, M., Voegtli, B. (2002). Augmented chemistry: An interactive educational workbench, International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2002. Proceedings, 259–321.
8. Gleue, T., Dahne, P. (2002). Design and Implementation of a Mobile Device for Outdoor Augmented Reality in the ARCHEOGUIDE Project, Proceedings of the ACM Conference on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage, 161–168.
9. Kamel, M., Melouk, A., Awaad, M., Ahmed, E., Said, S., Ahmed, R., (2012). Benha University, Shoubra Faculty of Engineering, IARLab. Team, materiały online: <http://development.blog.shinobi.jp/Entry/5355/>
10. Ko, Ch.-H., Chang, T.-Ch., Chen, Y.-H., Hua, L.-H. (2011). The Application of Augmented Reality to Design Education w: Chang M., Hwang W.-Y., Chen M.-P., Müller W (ed.) Edutainment Technologies. Educational Games and Virtual Reality/Augmented Reality Applications, Lecture Notes in Computer Science 6872, 20–24.
11. Maier, P., Klinker, G. (2013a). Evaluation of an Augmented-Reality-based 3D User Interface to Enhance the 3D-Understanding of Molecular Chemistry, CSEDU, 294–302.
12. Maier, P., Klinker, G. (2013b). Augmented chemical reactions: 3D interaction methods for chemistry. International Journal of Online Engineering, 9, 80–82.
13. Maier, P., Tönnis, M., Klinker, G. (2009a). Dynamics in tangible chemical reactions, Proceedings from the International Conference on Chemical Engineering (ICCE 2009).
14. Maier, P., Tönnis, M., Klinker, G. (2009b). Augmented chemical reactions, International Conference on Chemical

- Engineering (ICCE), Proceedings.
15. Maier, P., Tönnis, M., Klinker, G. (2009c). Augmented Reality for teaching spatial relations, Conference of the International Journal of Arts & Sciences, Toronto, 1–8.
  16. Maqableh, W. F., Sidhu, M. S. (2010). From Boards to Augmented Reality Learning, International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management, 184–187.
  17. Mietlarek-Kropidłowska, A. (2013a). Wzbogacona przyszłość edukacji? Informatyka w Edukacji, (s. 114–124). Toruń: Uniwersytet Mikołaja Kopernika.
  18. Mietlarek-Kropidłowska, A. (2013b) Chemical Education of the Future using Augmented Reality, X World Conference on Computers in Education, Volume 3: Book of Abstracts, (s. 85–86). Toruń: Uniwersytet Mikołaja Kopernika.
  19. Mietlarek-Kropidłowska, A., Draszawka, K. (2014). Gra, zabawa, edukacja. Chemia w rzeczywistości rozszerzonej w: Nauka i Biznes – współpraca szansą na sukces, Biuletyn 01/2014, 31–32.
  20. Mietlarek-Kropidłowska, A., Mietlarek, P. (2015). Porównanie atrakcyjności zajęć chemicznych z wykorzystaniem doświadczeń chemicznych, eksperymentów w rzeczywistości rozszerzonej oraz multimediów dla uczniów gimnazjów, W: B. Sosińska-Kalata (Red.), Kompetencje cyfrowe nauczycieli przedmiotów ścisłych w gimnazjach i nowoczesne technologie w dydaktyce chemii. (s. 133–151). Warszawa, Wydawnictwo SBP.
  21. Milgram, P., Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information Systems E77-D(12), 1321–1329.
  22. Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994). SPIE Proceedings: Telemanipulator and Telepresence Technologies, 2351, 282–292.
  23. Okamoto, M., Sumida, R., Matsubara, Y. (2012). AR-based Learning Support System for Inorganic Chemistry, ICIM2012: Proceedings of the Eleventh International Conference on Industrial Management, 264–268.
  24. Pribanu, C., Iordache, D. D. (2008). Evaluating the Motivational Value of an Augmented Reality System for Learning Chemistry, USAB ,08 Proceedings of the 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society on HCI and Usability for Education and Work, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 31–42.
  25. Redo, M. N., Torres, A. Q., Quiros, R., Redo, I. N., Castello, J. B. C., Camahort, E. (2011). New Augmented Reality Applications: Inorganic Chemistry Education. W: G. Vincenti, J. Braman (Red.) Teaching through Multi-User Virtual Environments: Applying Dynamic Elements to Modern Classroom, Hershey, NY: Information Science Reference.
  26. Roszkowski, M. (2005). Rzeczywistość rozszerzona w edukacji w świetle piśmiennictwa W: B. Sosińska-Kalata (Red.), Kompetencje cyfrowe nauczycieli przedmiotów ścisłych w gimnazjach i nowoczesne technologie w dydaktyce chemii. (s. 109–132). Warszawa, Wydawnictwo SBP.
  27. Royal Ontario Museum, ROM Ultimate Dinosaurs. (2012). ver. 1.0 (AppStore). Pobrano 16 kwietnia 2013 z: <http://www.rom.on.ca/dinos/channel/ar.php>
  28. Saggio, G., Borra, D. (2011). Augmented Reality for Restoration/Reconstruction of Artefacts with Artistic or Historical Value, W A.Y. Ch. Nee (Red.), Augmented Reality – Some Emerging Application Areas, Rijeka: InTech.
  29. Singhal, S., Bagga, S., Goyal, P., Saxena, V. (2012). Augmented Chemistry: Interactive Educational System, International Journal of Computer Applications 49, 1–5.
  30. Sosińska-Kalata, B., Roszkowski, M. (2015). Kompetencje cyfrowe nauczycieli przedmiotów ścisłych i przyrodniczych. Wyniki badań sondażowych, W: B. Sosińska-Kalata (Red.), Kompetencje cyfrowe nauczycieli przedmiotów ścisłych w gimnazjach i nowoczesne technologie w dydaktyce chemii. (s. 28–92). Warszawa, Wydawnictwo SBP.
  31. Wojciechowski, R., Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES Augmented reality environments, Computers and Education 68, 570–585.

## Augmented Reality – Potential To Train (Future) Pomeranian Engineers

### Summary

**Keywords:** Augmented reality, chemistry, physics, education

Education of youth in the field of experimental science, such as chemistry or physics, is nowadays a big challenge because of the limited access to the didactic and research facilities. Schools often lack laboratories but possess well-equipped computer workrooms. The rapid development of the augmented reality (AR) technologies over the last decade is creating new challenges in numerous areas and is simultaneously increasing interest in their usability – also in the field of education. The possibility of applying AR to present physicochemical content was analyzed within the framework of EDUAR project, cofounded by The National Centre for Research and Development. The research was conducted in 20 schools – 10 from urban regions and 10 schools from rural areas in Pomorskie Voivodeship. The results show that the AR tools can be beneficial in improvement school students' knowledge on corre-

sponding content. Additionally, students generally hold a positive attitude towards the AR-lab and enjoy the exploration experience. Furthermore, it is easy to apply analyzed AR tool during the chemistry course. Thus, the results point that augmented reality is a technology with a positive impact on the education process and effectiveness of such a training. Further investigations with a longer period of study could investigate these findings in more detail.