

EDUKACJA INTERAKTYWNA: WYSTAWA Z OPTYKI „OD WITELONA DO TOMOGRAFU OPTYCZNEGO”

Grzegorz Karwasz
Instytut Fizyki UMK, Toruń

Strategie edukacyjne w europejskich centrach nauki i muzeach nauki

Centra popularyzacji nauki oraz Muzea Przyrodnicze spełniają ważną rolę we współczesnych systemach edukacji. Badania i wywiady przeprowadzone przez autorów w takich muzeach jak Science Museum w Londynie, „Deutsches Museum” w Monachium, Museo Della Scienza a Tecnica w Mediolanie i Museo Tridentino delle Scienze Naturali w Trydencie, wykazały, że każda z tych instytucji prowadzi nieco inną działalność, ale w każdej z nich wpływ na lokalne (i nie tylko) środowisko jest przeogromny. Świadczą o tym zarówno ogólne statystyki zwiedzających (ponad 2 mln w Monachium, Londynie, Paryżu), jak i liczba grup szkolnych, np. (ponad 65 tys. uczniów w liczącym 400 tysięcy mieszkańców w regionie Trento).

Realizowane strategie edukacyjne można najogólniej podzielić na: 1) kolekcje muzealne, przypominające archiwum techniki, 2) wystawy interaktywne i eksploratoria [1]. Szczegółowe przykłady tych dwóch, w dużej mierze różnych podejść do edukacji, stosowanych w poszczególnych krajach UE zostaną opisane w oddzielnej pracy [2].

Również w Polsce liczne centra popularyzacji nauki są na etapie powstawania lub rozwoju („Eureka” w Szczecinie, Centrum „Hewelanium” w Gdańsku, Centrum „Kopernik” w Warszawie i inne). W dużej mierze centra te korzystają ze wzorców krajowych interaktywnych wystaw fizycznych, jak „Fizyka zabawek” [3] lub wzorców centrów zagranicznych, zob. np. studia porównawcze w pracy [2].

Pojawia się więc naturalne pytanie, czy istnieje zapotrzebowanie kulturalne na wystawy niestandardowe, odbiegające od utartych wzorców. Odpowiedzią na to pytanie była wystawa „Fiat Lux! – od Witelona do tomografu optycznego” umiejscowiona w Muzeum Okręgowym w Toruniu i otwarta od 27 kwietnia do 15 września 2008 roku. Kolejne edycje wystawy miały miejsce w Centrum „Hewelanium” w Gdańsku (5 XI 2008 – 15 II 2009), w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym w Olsztynie (1 III – 30 VIII 2009) oraz w Muzeum Miedzi w Legnicy (17 IX – 30 XI 2009). Każda z tych edycji wносиła nowe elementy oraz wzbogacała treści i formy wystawy, zob. np. materiały multimedialne [5]. Samą koncepcję wystawy opiszemy na przykładzie edycji toruńskiej.

Wystawa „Od Witelona ...” – koncepcja i organizacja

Organizatorzy wystawy – Instytut Fizyki UMK i Muzeum Okręgowe w Toruniu postawili sobie ambitny cel: połączenia wystawy historycznej z interaktywną wystawą w zakresie fizyki i z elementami sztuki. Przesłanki historyczne wynikały z umiejscowienia wystawy w Muzeum

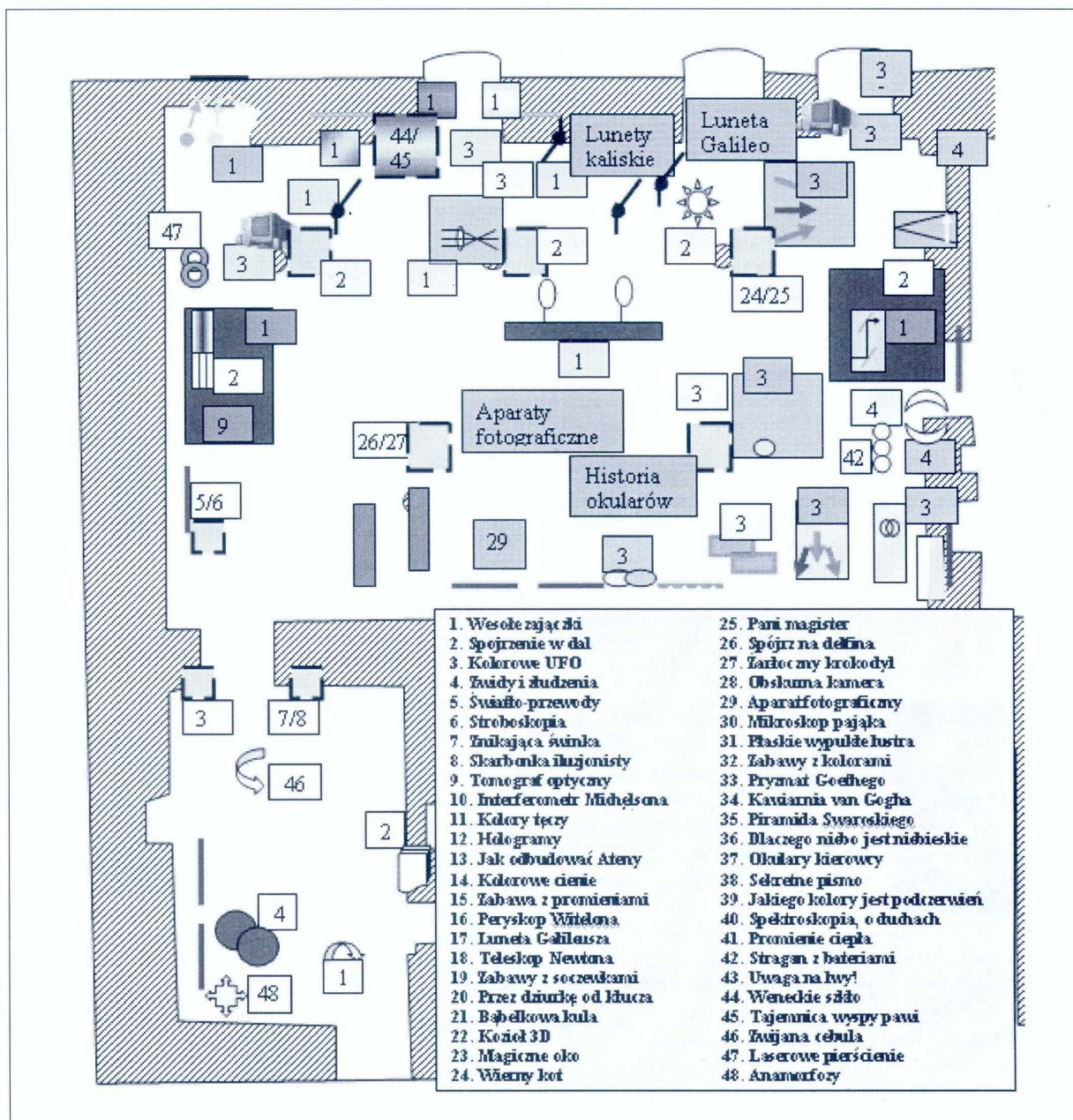
Okręgowym w Toruniu, a w szczególności w wybranej lokalizacji w średniowiecznej piwnicy Ratusza Staromiejskiego. Lokalizacja ta nadała jednocześnie specyficzną konfigurację przestrzenną wystawy – poszczególne zjawiska optyczne jak odbicie, załamanie, składanie kolorów umieszczone były w oddzielnych „niszach” piwnicy, narzucając kolejność zwiedzania i formy interaktywne (Rys. 1).

Wybrany tytuł – od uczonego z okresu średniowiecza do najnowszych zastosowań optyki w medycynie narzucał niejako ścieżkę historyczną. Najprostszym sposobem realizacji takiej ścieżki byłyby biografie odkrywców i wynalazki z zakresu optyki, tak jak to uczyniono w wystawie „Ogniwo Volty” dotyczącej zjawisk elektrycznych i magnetycznych, a zaprezentowanej na XXXVIII Zjeździe Fizyków Polskich w Gdańsku, w 2003 roku [6]. Wystawa „Volty” była adresowana do uczniów szkół średnich, którzy zwiedzali ją w grupach zorganizowanych, z nauczycielami, i we wcześniej ustalonych godzinach. Taka ścieżka nie jest jednak dostatecznie interesująca dla przeciętnego odbiorcy, czego należało się spodziewać w przypadku wystawy w Ratuszu Staromiejskim.

Wystawa „Witelona” w pewnej mierze zrodziła się z wcześniejszych elementów wystaw „Fizyki zabawek”, jeszcze z okresu 1997–2002, zob. opisy w dziale „optyka” w pracy multimedialnej [4]. Jednocześnie, wybrane działy optyki zostały rozwinięte w pracach prezentowanych na Zjeździe Fizyków Polskich w Warszawie w 2005 roku „Trójwymiarowy kozioł i kryształowa kula” (elementy optyki geometrycznej) oraz „Świat przez różowe okulary” (elementy analizy kolorów) oraz ich pochodne prezentowane w ramach kongresów międzynarodowych [7].

Jednocześnie celem wystawy było zafascynowanie widza zjawiskami fizycznymi¹⁾ oraz zerwanie ze sztywnymi schematami wystaw z... (fizyki, matematyki astronomii, itd.). Celowo więc zostały wymieszane elementy fizyki, historii nauki, oraz sztuki.

Elementem historycznym była sylwetka Witelona (1236–ok. 1304) pierwszego uczonego pochodzącego z Polski (syn Turyńczyka i Polki, jak sam o sobie pisał, aktywnego w Polsce i w Italii, zamieszkałego pod koniec życia przypuszczalnie w Legnicy). Na wystawie przedstawiono rekonstrukcje instrumentów optycznych, jakich używał Witelona do sprawdzenia prostoliniowego rozchodzenia się światła i do badania zwierciadeł o różnych geometriach (cylindrycznych, sferycznych). Manekin mnicha w habicie przy *scriptorium* stał w głębi wystawy. Na *scriptorium* leżał jeden z tomów „Perspektyw” [8]. Elementem łączącym dzieło Witelona z fizyką współczesną były wy-



Rys. 1. Plan wystawy „Od Witelona do tomografu optycznego” w Ratuszu Staromiejskim w Toruniu

stawione bryły obiektów trójwymiarowych wypalanych wewnątrz prostopadłościów ze szkła – popularnych ostatnio obiektów ze straganów targowych. Witelton pisał „kiedy wzrok widzi jakąś dostrzegalną dla zmysłów powierzchnię, natychmiast *zdolność osądzająca duszy* powie, że patrzący widzi bryłę, choćby wzrok nie dostrzegł rozciągłości ciała w głąb.” (Perspektywy IV, tw. 63) [8].

Trzy elementy tworzą więc swoistą ścieżkę dydaktyczną: 1) trójwymiarowy kozioł, jako wprowadzenie w zagadnienie; 2) blok szklany z twarzą kobiety w negatywie, wprowadzający widza w zdziwienie (obraz zdaje się wodzić oczyma za widzem) 3) wyjaśnienie Witelona pochodzące sprzed 700 lat i nie używające pojęcia „złudzenie optyczne” ale „*zdolność osadzająca duszy*”. Całości dopełnia ka-

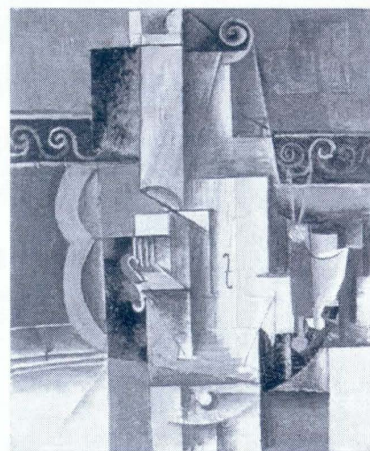
talog Picassa z okresu kubizmu, kiedy to artysta szukał własnych rozwiązań na problem oglądu trójwymiarowego oraz żart z obrazem van Gogha – raz oglądanym na ścianie, raz wewnątrz trójwymiarowych okularów. Poszczególne elementy koncepcji są jeszcze raz podkreślone na plakacie dydaktycznym, reasumującym zjawisko fizyczne, obrazy Picassa i innych artystów oraz interpretację Witelona, (Rys. 2).

Innym przykładem połączenia sztuki, historii i fizyki jest składanie kolorów. Na interaktywnym stole widzowie próbują składania kolorów za pomocą kolorowych laserów, filtrów, bączków, wiatraczków. W części dydaktycznej obserwują kolory powstające w siatce dyfrakcyjnej (i porównują z błękitem koloru dyfrakcyjnego na skrzydle motyla

Witelo, Picasso i trójwymiarowy kozioł



Możliwość widzenia przedmiotów z wielu stron naraz pasjonuje wszystkich, od ucznia, który musi przygotować rysunek techniczny w „rzucie aksjonomicznym” do Picassa, który dzielił gitarę na mnóstwo części i malował wszystkie jedna obok drugiej.

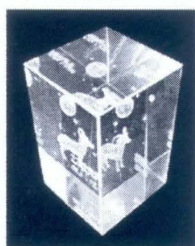


P. Picasso, Gitarra

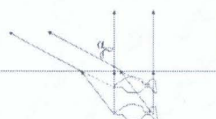
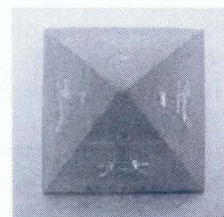
Pisał Witelo, w księdze IV *Perspektywy*

Twierdzenie 66. Część kulistej powierzchni wypukłej, oświetlonej i widzianej *jednym* okiem, wydaje się zawsze mniejsza niż półkula; ta postrzegana część zawiera się w kole [rys. 43].

Twierdzenie 69. Jeśli linia, która łączy środki obydwu oczu, będzie dłuższa od średnicy oświetlonej, wypukłej powierzchni kulistej, to wtedy to co zobaczy *oboje* oczu, będzie większe od półkuli [rys. 46].



Przedmiot umieszczony w „szklanej klatce” widzimy z różnych stron - kozła z boku, trochę z przodu, trochę z góry. Wieżę Eiffela widzimy aż z czterech stron (niestety takie same, bo wieża jest akurat „kwadratowa”). A miśka, a raczej jego odbicie, widzimy nawet z tyłu.



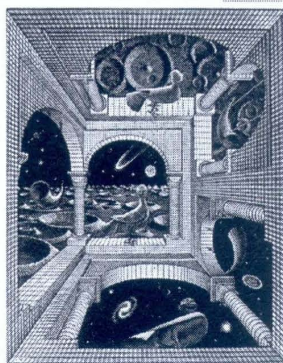
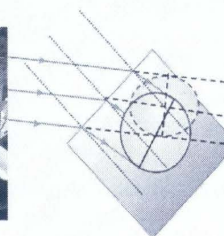
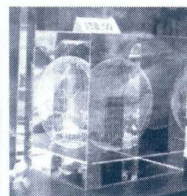
Promienie światła zmieniają swój kierunek wychodząc z wody: ryba wydaje się być położona płycej niż jest w rzeczywistości.

ZAŁAMANIE ŚWIATŁA

Za powstawanie trzech obrazów kozła oraz czterech wież w piramidzie odpowiedzialne jest zjawisko załamania światła:

promienie światła załamują się na granicy ośrodków, między szkłem a powietrzem*.

Kozła oglądamy z trzech stron, ale promienie, które docierają do oka nie biegną prostopadle do ścianek. Obserwowany obraz nie jest dokładnie rzutem trójwymiarowym, ale pewnego rodzaju „aksono-metrią”: widzimy kozła z trzech kierunków, ale niezupełnie prosto-padłych. Rzut taki zniekształca proporcje. Pokazuje to zdjęcie kuli ziemskiej, która jest spłaszczona w kierunku poziomym



*Promienie jakby wnikały w głąb wody: kąt padania (zdefiniowany do prostej prostopadłej do powierzchni) dla powietrza, α , jest większy niż dla wody β : $\sin\alpha/\sin\beta = n > 1$
Współczynnik załamania $n = v_1/v_2$ zależy od prędkości światła w powietrzu v_1 i wodzie v_2 ($v_1 > v_2$).
Prawo to, nazywane prawem Snelliusa zostało prawie poprawnie sformułowane już przez Witelona**.

M. C. Escher, Inny świat II

Wnętrze tego budynku jest w kształcie sześciangu. W pięciu ścianach przez otwory widać trzy różne pejzaże. „Ptak” oraz wiszący róg w różnych oknach widoczne są z różnych stron.

** Witelo pisze jednak więcej:
„kiedy wzrok widzi jakąś dostrzegalną dla zmysłów powierzchnię, natychmiast zdolność osądzająca duszy powie, że patrzący widzi bryłę, choćby wzrok nie dostrzegł rozciągłości ciała w głąb.”

(Perspektywy IV, tw. 63)

Studia Copernicana

Witelona Perspektywy, Księga IV,

Przekład na język polski ze wstępem i komentarzami

Przekład z języka łacinskiego Witold Wróblewski

Wstęp, opracowanie przekładu i komentarz

Lech Bieganowski, Andrzej Bielski, Witold Wróblewski

Wydawnictwo Instytutu Historii PAN, Warszawa 1999, strona 153

© G. P. Karwasz, współpraca T. Wróblewski i K. Szeremien

Rys. 2. Przykład plakatu dydaktycznego z wystawy „Fiat Lux”

8. Zabawa z promieniami

Każdy z tych obiektów, lustra, soczewki, pryzmaty inaczej kierują promienie światła.

Popróbuj i Ty!

Zwierciadła, tzw. sferyczne, wklęsłe i wypukłe, oraz soczewki, rządzone są bardzo prostym równaniem, odkrytym przez Newtona:

$$1/f = 1/p + 1/q,$$

gdzie f jest długością ogniskową (tzn. tam, gdzie zbiegają się promienie nadchodzące z daleka), p odległością przedmiotu od soczewki (lub zwierciadła) a q odległością obrazu.

Równanie soczewki nie jest jednak niezbędne, aby zapamiętać, jakie obrazy powstają:

1. Okulary krótkowidza, czyli soczewki wklęsłe, dają obrazy pomniejszone (i nie odwrócone) a promienie się rozbiegają. Taki sam obraz powstaje na wypukłej powierzchni łyżeczki.
2. Obraz w zwierciadle wklęsłym (takim do makijażu) może być powiększony (gdy nos jest blisko lustra), a także pomniejszony, gdy przedmiot jest daleko. Tak samo działa soczewka wypukła, czyli okulary dalekowidza.

Rys. 3. Przykład planszy z opisami eksponatów

brazylijskiego) oraz pryzmacie Goethego. Pryzmat wodny Goethego powstał prawie sto lat później po obserwacji rozszczepienia światła białego w pryzmacie przez Newtona. O ile jednak fizycy (Young, Huyghens, Hooke, Newton) dyskutowali o naturze falowej lub korpuskularnej światła, Goethe uznał za przyczynę powstawania kolorów (nota bene na granicy między czarnym a białym tłem) „walkę dobra ze złem”. Na wystawie „Witelona” dyskusje o naturze kolorów dopełniają obrazy impresjonistów, oglądane przez różnokolorowe okulary.

Ścieżka dydaktyczna przechodzi przez kolejne zagadnienia optyki, od prostszych, jak odbicie światła, do bardziej skomplikowanych, jak załamanie czy soczewki. Jednakże, biorąc pod uwagę ilość tematów – stanowisk, aby nie zmęczyć percepcji zwiedzających, opisy stanowisk zredukowane są do minimum. Główne zdanie identyfikuje zjawisko, a ewentualne trudniejsze wyjaśnienia umieszczane są mniejszą czcionką (Rys. 3).

Przykładem łączenia fizyki, matematyki i sztuki są „anamorfozy” autorstwa J. Kruk z Uniwersytetu Gdańskiego artysty plastyka M. Kuchty – wprawiają widza w zdziwienie i zachęcają do samodzielnego eksperymentowania. Trudno przewidzieć, że odbiciem zdeformowanego kształtu w stożkowym zwierciadle jest obraz Mony Lizy.

Jak już opisano w przypadku Witelona, uzupełnieniem części interaktywnej są plakaty dotyczące zarówno zagadnień fizycznych, jak i postaci historycznych. Trudnym zadaniem było np. uwzględnienie w wystawie „toruńskiej” Mikołaja Kopernika, który w odróżnieniu od np. Galileusza lub Keplera, nie korzystał z instrumentów optycznych

w swoich pomiarach astronomicznych. Udało się to nam przez tytuł plakatu „Mędrca szkiełko i oko”, który to jednocześnie przypomina, że na początku XVII wieku luneta była ciągle wynalazkiem niedawnym (Galileusz zastosował ją w 1609 roku).¹

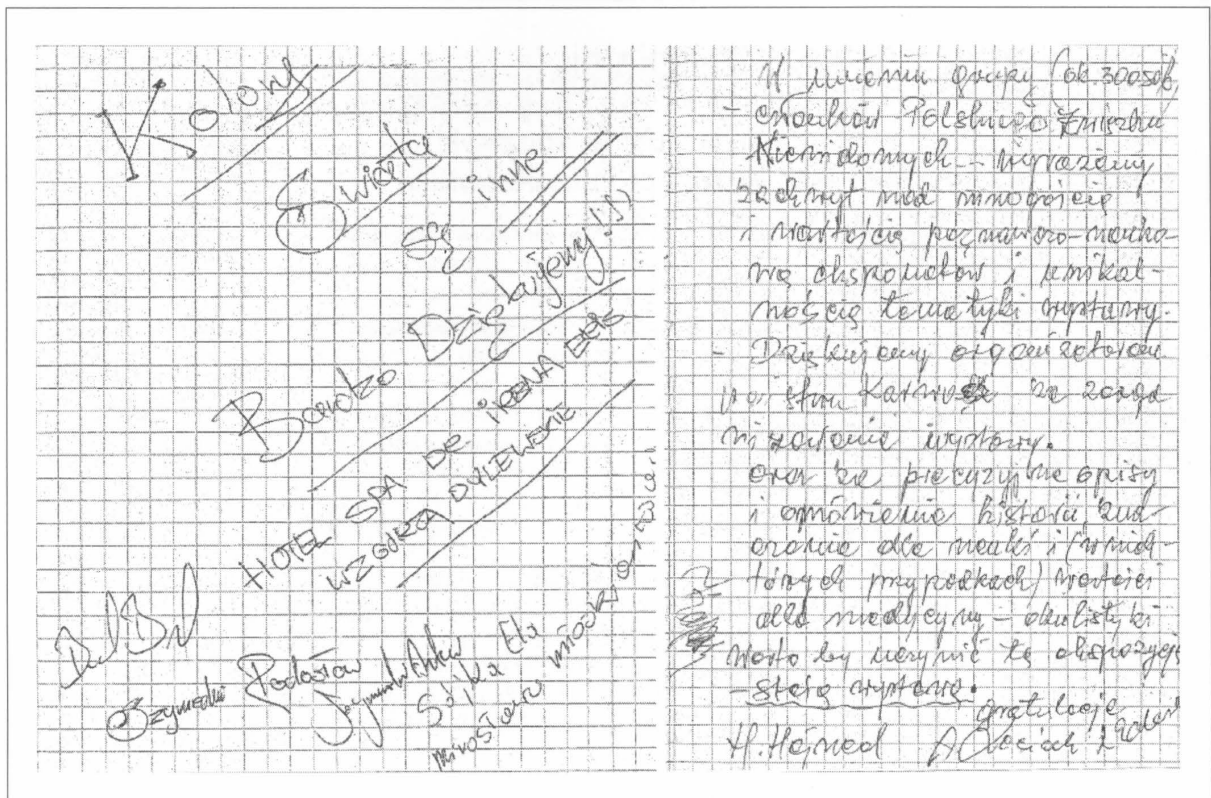
Obsługa wystawy

Z uwagi na złożony charakter wystawy, istotnym elementem strategii edukacyjnej była obecność osób oprowadzających. Obecność tę zapewniały dyżury pracowników naukowych oraz doktorantów Instytutu Fizyki UMK (codziennie, w godzinach największej frekwencji, w „dniach otwartych” Muzeum oraz dla wszystkich grup zorganizowanych – szkolnych lub innych). Łącznie dyżury pracowników UMK (oprócz stałego dozoru ze strony Muzeum) wyniosły około 300 godzin dydaktycznych.

Oprowadzający dostosowywali strategię wyjaśnień do określonej grupy. Największą satysfakcję rodziły pozytywne wpisy od szczególnie „trudnych” grup, jak osoby niedowidzące (Rys. 4). Zdarzały się jednak przypadki niesubordynacji grup, szczególnie gimnazjalnych, choć były to przypadki sporadyczne. Częste były natomiast wpisy świadczące o nieskrępowanej satysfakcji zwiedzających, jak np. „Ach ten kochany Toruń!”

Dużą część zwiedzających stanowili turyści indywidualni, często całe rodziny. Interesujące była obserwacja zachowań poszczególnych rodziców. O ile wśród rodziców polskich, szczególnie jeśli byli obserwowani, typową reakcją

¹ Najtrafniejszą recenzję wystawili jeden ze zwiedzających edycję tej wystawy w Gdańsku: „Panie! Ale to ciekawe! Aż się w oczach kręci.”



Rys. 4. Przykłady ocen wystawy przez zwiedzających (edycja Toruń 2008)



Rys. 5. Wystawa „Fiat Lux” – zdjęcia z otwarcia edycji w Toruniu (foto Maria Karwasz)

na próby dzieci było „Poczekaj! Ja ci to wyjaśnię”, to w grupach zagranicznych, przyzwyczajonych do tego rodzaju centrów dominującym zachowaniem było nieskrępowane eksperymentowanie (Rys. 5).

Oceny zwiedzających

Większość ocen zwiedzających była bardzo pozytywna. Negatywne oceny zdarzały się jedynie w fazie początkowej wystawy, kiedy nie wszystkie opisy eksponatów były dostatecznie szczegółowe.

Poszczególne oceny bardzo się różnią w formie i podkreślają różne aspekty wystawy. Większość oddaje entuzjazm zwiedzających wywołany możliwościami samodzielnego eksperymentowania oraz zadziwienie niestandardowym przedstawieniem zagadnień optyki. Oceny oddają więc szczególne potrzeby zwiedzających. Szczególnie cenne są pozytywne uwagi w językach obcych, zwiedzających z Włoch, RFN, Anglii, USA, gdzie centra nauki są powszechne. Przykładowy sąd turystów z Argentyny: „Więcej nauczyliśmy się z fizyki w ciągu 45 minut niż w ciągu całej nauki w szkole”. Wpis z Anglii: „Naprawdę interesująca wystawa. Dobrze wyjaśniona i dająca radość oglądania” (Rys. 4).

Wystawa, oprócz edycji „rzeczywistych” ma swoje odbicia „wirtualne”, na stronach internetowych prowadzonych przez Zakład Dydaktyki Fizyki UMK [9]. Poszczególne edycje dodają nowe elementy, jak wykłady [10], materiały fotograficzne [5] itd. Podsumowując, zarówno reakcje zwiedzających, opisy, wysoka frekwencja szkół, recenzje prasowe oraz niezależne opisy profesjonalne, jak przez Centrum Promocji UMK oraz Centrum Hewelianum, wskazują na duże zapotrzebowanie na innowacyjne wystawy interaktywne w Polsce.

Podziękowania

Zasadniczy wkład w przetłumaczenie dzieła Witelona i jego wyjaśnienie fizyczne ma prof. A. Bielski i doc. L. Bieganowski. Ten ostatni jest również wybitnym znawcą historii okularów. Lunety udostępniło Muzeum w Kaliszu, aparaty fotograficzne oraz część obiektów interaktywnych pochodzą z zbiorów Pracowni Metodyki Eksperymentu Fizycznego, IF UMK oraz zbiorów prywatnych. Tomograf optyczny jest dziełem grupy badawczej pod kierunkiem prof. A. Kowalczyka, wykład multimedialny przygotował prof. P. Targowski. Wystawa zaproponowana i opracowana koncepcyjnie przez GK, powstała przy zaangażowaniu osobistym dyrektora IF UMK prof. W. Jaskólskiego i dyrektora Muzeum Okręgowego dr M. Rubnikowicza. Kuratorami wystawy w Toruniu byli ze strony UMK – GK, ze strony Muzeum Okręgowego mgr M. Kłosiński. Szczególne podziękowania za wkład w przygotowanie wystawy składamy mgr M. Karwasz. Kuratorami kolejnych edycji byli: dr P. Miszta (Hewelanium Gdańsk), mgr M. Gęsicki i mgr L. Kosiorek (Planetarium Olsztyn), dr K. Rochowicz i mgr T. Stolarczyk (Muzeum Miedzi w Legnicy). Niniejsze opracowanie powstało w ramach Projektu UE w Panelu Science and Society, „History and Philosophy in Science Teaching” oraz grantu MNiSW 3902/H03/2007/32 „Strategie edukacyjne realizowane w centrach nauki, eksperymentariach i muzeach interaktywnych”.

Literatura

- [1] J. Kruk, Doświadczenie, reprezentacja i działanie wśród rzeczy i przedmiotów. Projektowanie edukacyjne, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008
- [2] G. Karwasz, J. Kruk, Pozaszkolne strategie edukacyjne – konstruowanie i realizacja wystaw interaktywnych: „Fiat Lux” w Muzeum Okręgowym w Toruniu, Problemy wczesnej edukacji, Gdańsk, (w druku)
- [3] J. Kruk, G. Karwasz, „Strategie edukacyjne realizowane w centrach nauki, eksperymentariach i muzeach interaktywnych”, sprawozdanie z grantu MNiSW nr 3902/H03/2007/32, w przygotowaniu
- [4] „Fizyka zabawek”, praca zbiorowa pod red. G. Karwasza, CD-ROM, Pomorska Akademia Pedagogiczna, Słupsk, 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/>
- [5] M. Karwasz, Wystawa „Fiat Lux” w Olsztynie, materiały fotograficzne, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/85
M. Karwasz „Fiat Lux” w Gdańsku – impresje świetlne, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/33
- [6] A. Okoniewska, Wystawa „Ogniwo Volty”, PAP Słupsk, 2003, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/zrodla/ogniwa.htm>
A. Okoniewska, G. Karwasz, Źródła elektryczności, Fizyka w szkole, No.5. (2003) str.12
- [7] E. Rajch, W. Bigus, A. Kamińska, T. Wróblewski, K. Karwasz, A. Niedzicka, W. Niedzicki, G.P. Karwasz, Physics and Toys, now in multimedia, Proc. 10th Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning (EPS_MPTL10), Berlin 5-7.10.2005 http://pen.physik.uni-kl.de/w_jodl/MPTL/MPTL10/contributions/karwasz/toys-mptl10.pdf
- [8] Studia Copernicana, Witelona Perspektywy, Księga IV, Przekład na język polski ze wstępem i komentarzami, Przekład z języka łacińskiego Witold Wróblewski
Wstęp, opracowanie przekładu i komentarz Lech Bieganowski, Andrzej Bielski, Witold Wróblewski, Wydawnictwo Instytutu Historii PAN, Warszawa 1999
- [9] K. Służewski, Interaktywna wystawa „Fiat Lux! – od Witelona do tomografu optycznego”, materiały internetowe, UMK Toruń, 2008, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/html/
- [10] G. Karwasz, Uśmiech kota bez kota, wykład inauguracyjny, Olsztyn, 1.03.2009, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/Pliki/Usmiech_kota_09a.pps

