

# „Fiat Lux”

## – od Witelona do tomografu optycznego

Interaktywne wystawy, głównie z fizyki, ale też z historii i ze sztuki mają wiele odmian [1]. Przedstawiamy Państwu naszą przedsięwzięcie, z trzech dziedzin łącznie. „Fiat Lux”, wystawa zasadniczo z optyki, ale też historii nauki i sztuki, powstała w Toruniu w 2008 roku, miała 20 edycji regionalnych i około 100 tysięcy zwiedzających. Czym zachwycała widzów, opisujemy w tekście.

Grzegorz Karwasz, Michał Kłosiński

### Strzał w dziesiątkę

Interaktywne wystawy z fizyki wkrótce będą obchodzić w Polsce 25 lat. Nieco anegdotycznie opowiadamy (GK), że pierwsza przyjechała z Trydentu do Słupska w bagażniku prywatnego samochodu, zawierała 44 prostych eksponatów [2] i że na dwóch edycjach, w Warszawie i Słupsku zwiedziło ją w ciągu paru tygodni 10 tys. osób. Wystawa, zrealizowana we współpracy z ówczesnymi studentami Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku doczekała się niezliczonych replik, kopii i klonów i stała się zaczątkiem interaktywnych muzeów nauki, jak Centrum Nauki Kopernik, które w pierwszym roku przyjęło milion zwiedzających [1]. Jak się to mówi - „strzał w dziesiątkę” a raczej właściwe rozeznanie bieżących potrzeb edukacyjnych. W samym tylko Słupsku powstało kilka prac magisterskich i licencjackich (i mnóstwo w innych ośrodkach) i dwa doktoraty z dydaktyki fizyki. Były one

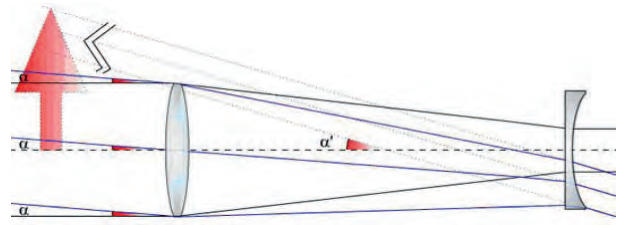
możliwe dzięki nowym treściom i formom jakie interaktywne wystawy z fizyki przyniosły.

W 2007 roku, już w Toruniu, powstała wystawa-tunel dydaktyczny „Z górki na pazurki”, czyli wariacje na temat równi Galileusza, opisana w poprzednim artykule [3]. Ale Toruń, miasto rodzinne Kopernika, domagało się wystawy na pograniczu astronomii, fizyki i historii nauki. Tematem przewodnim stała się optyka, wówczas jedna z wiodących specjalności naukowych Instytutu Fizyki UMK. I tak, we współpracy z Muzeum Okręgowym w Toruniu powstała wystawa „Fiat Lux! – czyli zabawy ze światłem”. Podtytuł mówił: „Od Witelona do tomografu optycznego” i nawiązywał do dzieła średniowiecznego uczonego, Witelona. Jego traktat z optyki, „Perspektywy” używany był jeszcze przez Keplera. W ten sposób, mogliśmy nawiązać i do Kopernika, który nie używał jeszcze lunety, i do Newtona, który zbudował teleskop z wklęsłego zwierciadła, jak to używane w domowej łazience do oglądania własnej twarzy.

Ta podwójna forma wystawy – zasadniczo składająca się z eksponatów, z bardzo krótkimi opisami, ale wzboga-



Fot. 1. Stosunkowo niewielka albo wyjątkowa w swym wnętrzu, sala Ratusza Staromiejskiego w Toruniu była miejscem powstania wystawy „Fiat Lux”. Część eksponatów interaktywnych była udostępniona na stołach, inne, te do oglądania z właściwej strony – zamknięte w szklanych prostopadłościanach i szafach. Na stojaku umieściliśmy „trójwymiarowe” pocztówki. W centrum teleskop Newton celujący w wiszący pod sufitem obraz Księżycy oraz astrolabium Kopernika, jako element dekoracji. Po prawej stronie dwie duże soczewki na ławie optycznej, dla zabaw (i nauki) z oglądaniem twarzy kolegów (eksponat wzorowany na Science Museum w Londynie, tylko że tańszy). Foto K. Służewski (ZDF UMK).



Fot. 2. (a) Wyplatanka indiańska z Brazylii, oddająca siedem kolorów tęczy, ale w pomylonej kolejności. (b) Bieg promieni w lunecie Galileusza: luneta daje obraz pozorny, o powiększonych rozmiarach kątowych.

cona plakatami z dłuższymi wyjaśnieniami i dygresjami historycznymi, stanowiła o bogactwie dydaktycznym tego przedsięwzięcia. Wystawę, w ciągu pięciu lat i dwudziestu edycji w różnych muzeach regionalnych w Polsce zwiedziło około 100 tysięcy widzów. W skali wielkich centrów nauki może nie jest to wiele, ale „Fiat Lux” w Sosnowcu, Jarocinie, Rogoźnie, Pleszce był czymś niezwykłym.

### Kurs optyki

Wystawa, mimo swej interdyscyplinarności – fizyka, historia nauki i sztuka, oddaje wszystkie treści niezbędne w kursie optyki, nawet tej na poziomie uniwersyteckim. I tak, już w pierwszym wydaniu, w Sali Ratusza Staromiejskiego w Toruniu, ustawiliśmy eksponaty w „gniazdach” tematycznych: optyka geometryczna, optyka falowa i zjawiska chromatyczne, czyli optyka kolorów. W tym ostatnim temacie, znalazły się nawet skarpetki w kolorowe paski, oddające niby tęczę, ale bardziej fantazję tkacza. Bo prawdziwą tęczę, choć nieco przestawioną, kupiliśmy, za jednego dolara, w formie wyplatanki, od starej Indianki na targu w Campinas, w Brazylii, fot. 2a.

Optyki geometrycznej możemy uczyć co najmniej w trojaki sposób: poprzez wykreślenie promieni charakterystycznych, poprzez równanie Newtona (ale trzeba pamiętać, kiedy obraz jest w odległości dodatniej, a kiedy w ujemnej) i poprzez doświadczenie: przysunąć do oka lupę, a następnie ją odsuwać i obserwować, jak zmienia się obraz. Ba! To właśnie codzienne doświadczenie pozwala „zakotwiczyć” w umyśle wiedzę, która w bez tego pozostaje czysto-teoretyczna, czyli jałowa. Dla doświad-

czeń z soczewkami ustawiliśmy ławę optyczną, zob. fot. 1, a także położyliśmy, niby „zniecka” lupy na stołach z rekwizytami. Młodzież sama rozumie, do czego one służą.

Dydaktycznie prostsze jest zwierciadło niż soczewka. Wszyscy widzieli lusterko samochodowe (to zewnętrzne, fot. 3a) i wypukłe zwierciadła na skrzyżowaniach ciasnych uliczek (fot. 3b). Są one, jak już zauważyliśmy, wypukłe. A obraz domów czy innych samochodów nie może być nigdy odwrócony (jakieś by to miało konsekwencje dla ruchu ulicznego!). Ale lusterko, jak żartujemy, starszej siostry lub mamy w łazience już tak prosto nie działa: jeśli odsuniemy je na długość ramienia, obraz naszego nosa będzie odwrócony. Analogia między soczewką wypukłą a zwierciadłem wklęsłym jest natychmiastowa. A w szkolnej klasie na pewno któryś z uczniów jest krótkowidzem: jego okulary „pomniejszają” obraz.

Celowo zaczynamy konstruktywistyczne poznawanie od pojęcia nie-podręcznikowego. Bo to, podręcznikowe, jest właściwe, aby wychować kolejnych Newtonów, dając im kompetencje spójnej aksjomatycznie wiedzy, a nie kierowców samochodu, dając im kompetencje społeczne, że lusterko zewnętrzne „oddala” samochodu nadjeżdżające z tyłu. Napis „Objects in this mirror are closer than they appear” przeczytaliśmy na lusterku, jadąc taksówką na lotnisko w Canberrze, fot. 3a.

### Kompetencje społeczne

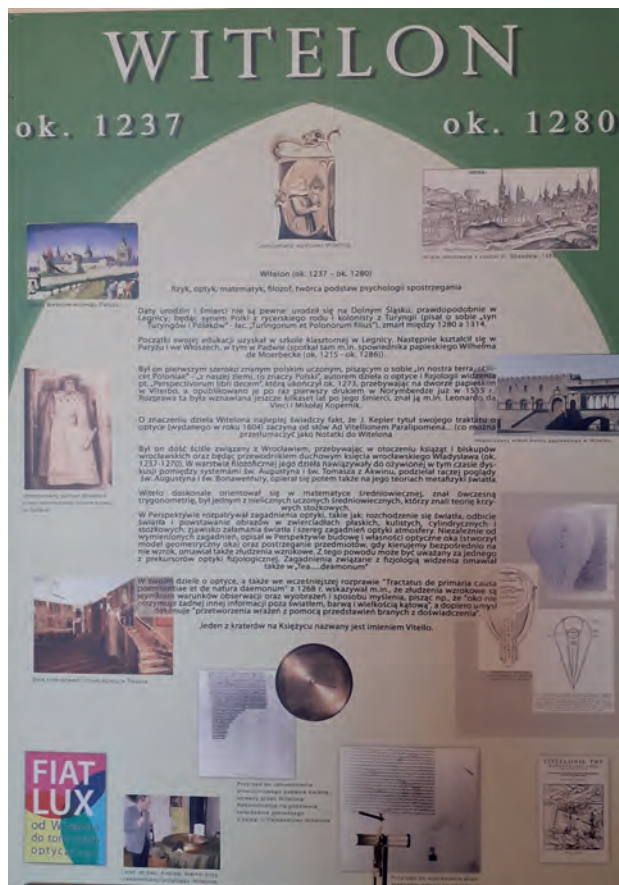
W tzw. „sylabusach” (czyli programach nauczania), szczególnie na poziomie uniwersyteckim, pojawiły się tzw. kompetencje społeczne – w wielu przypadkach jako



Fot. 3. Fizyka jako umiejętność obserwacji świata: (a) lusterko samochodowe w taksówce w Australii. Napis ostrzega, że zwierciadło „pomniejsza” obiekty, lub innymi słowami czyni je pozornie dalszymi, niż są w rzeczywistości: fizyka uczy kompetencji społecznych. (b) Podobne zwierciadło wypukłe na skrzyżowaniu ulic w Sopocie. Nie jest ono dokładnie sferyczne, co widać po zniekształceniu obrazu w dolnym lewym rogu. Foto M. Karwasz.

przeczytane, przetłumaczone, ale bez zrozumienia. Pisa-  
liśmy już o tym, nieco ironicznie: 1) wiedza – uczeń zna  
prawa Newtona, 2) umiejętności – uczeń rozumie prawa  
Newtona, 3) kompetencje społeczne – uczeń stosuje prawa  
Newtona (oczywiście, bo jak by nie stosował np. prawa  
tarcia, to by ani jednego kroku własną nogą nie uczynił!).  
Takie podejście oczywiście, deprecjonuje fizykę i znie-  
chęca ucznia: jak pisał już Komeński w 1657 roku, należy  
uczyć tylko tego, co jest pożyteczne. Innymi słowy – do-  
póki uczeń nie będzie przekonany, że określonej wiedzy  
*on sam* potrzebuje, nie ma co próbować zaczynać tematu.

Kawałkami stopionego szkła na pewno bawiły się już  
dzieci w starożytnym Egipcie (tam nauczono się doda-  
wać popiół do piasku, aby obniżyć temperaturę topnienia  
tego rodzaju mieszaniny). Ale do skonstruowania lunety  
przez Galileusza (i chyba jednocześnie kilku innych jego  
naukowych konkurentów) a mikroskopu przez Antoniego  
Leeuwenhoek<sup>1</sup> minęły tysiąclecia. I znów dygresja: dy-  
daktyka to nie jest nauka o nauczaniu, jak tautologicznie  
tłumaczą z greki podręczniki, ale umiejętność identyfika-  
cji zasadniczych punktów – trudności w procesie dydak-  
tycznym.



Fot. 4. Interdyscyplinarny plakat pt. „Witelon” (autor MK): zyciorys uczonego, Paryż i Wrocław w XIV wieku, odkrycia, prace filozoficzne, rysunek anatomiczny oka, kopia pierwszego wydania drukiem (1535 r.) „Perspektywy” a w dolnym lewym rogu, foto prof. Bielskiego, który prace Witelona przybliżył współczesnemu czytelnikowi.

Lunety można konstruować na różne (zasadniczo dwa)  
sposoby: te do oglądania statków na morzu nie mogą od-  
wracać obrazu. I tak Galileusz zarobił fortunę, sprzedając  
weneckim dożom nadzwyczajne urządzenie do obserwa-  
cji floty wroga (Uniwersytet w Padwie, gdzie w 1600 roku  
Galileusz objął katedrę matematyki, przynależał do Re-  
publiki Weneckiej). Luneta składała się z jednej soczew-  
ki wypukłej i drugiej, tej przy oku – wklęsłej, ryc. 2b.  
Soczewkę przy oku podręczniki nazywają „okularem”,  
prawda? Luneta nie musi dawać obrazu rzeczywistego,  
jako że oglądamy własnym okiem: ona powiększa roz-  
miar *kątowny*.

Luneta do obserwacji gwiazd może obraz odwracać, tak  
więc Kepler zastosował dwie soczewki wypukłe. A He-  
weliusz, Gdańszczanin, którego mapy Księżyca wyko-  
rzystywano jeszcze w trakcie przygotowań do lądowania  
Apollo, zbudował lunetę o długości, podobno, 30 metrów.  
Znajomość szczegółowa biegu promieni w lunecie nie jest  
niezbędna w życiu codziennym, ale wspomniana własność  
lusterka samochodowego (ale tylko tego zewnętrznego)  
do „oddalania” obiektów – jest już kompetencją społeczną  
(po to, aby nie wejść w kolizję z innym kierowcą).



Fot. 5. Plakat „Kopernik, Galileusz, Kepler, Newton” przypomina różne konstrukcje  
lunet, a przy okazji pokazuje piękne zdjęcia astronomiczne z teleskopu Hubble’a.  
W górnym rogu dwie (prawie) oryginalne lunety Galileusza, z Muzeum Nauki we Flo-  
rencji. Autorka: Grażyna Drązkowska (UMK)

<sup>1</sup> Historycy nauki przypisują pierwszy mikroskop innemu Holendrowi, Jansenowi, około 1570 roku. Leeuwenhoek był bogatym kupcem, który zabawiał się nauką. Kiedyś postanowił sprawdzić, dlaczego pieprz piecze: podejrzewał, że ma on małe haczyki, które wczepiają się w język. Rozrobił pieprz w wodzie, ale inne obowiązki uniemożliwiły mu obserwację. Kiedy po paru dniach spojrział w mikroskop, ujrzął mnóstwo małych żyłtek – bakterii. Tak zaczęła się mikro-biologia. A haczyki w pieprzu, dodajemy (GK) żartobliwie, nadal czekają na odkrywcę.



Fot. 6. (a) Portret fotoreporterki wystawy, zamknięty w sześcianie ze szkła: niezależnie, czy oglądany z przodu czy z tyłu, robi wrażenie trójwymiarowej twarzy. (b) Kot Schrödingera: trochę z profilu, trochę en face. Foto K. Służewski, IV 2008, Toruń.

### Niż historyczna

Podwójny charakter – fizyczno-historyczny pozwolił na dwojaką organizację wystawy. W środku sali w postaci „gniazd tematycznych”: kwadratowych stołów z eksponatami ilustrującymi poszczególne działy optyki. Na ścianach – plakaty z historią odkryć, poczynając od dzieła Witelona (ok. 1237 - ok. 1300). Witeloni (Vitelio, jak piszą Włosi), urodzony w Legnicy, deklaruje się jako „syn Turynków i Polaków”; studiował w Paryżu i w Padwie a przebywał na dworze papieskim w Viterbo. Na dziedzińcu Uniwersytetu w Padwie jego wyimaginowany portret (powstały w 1944 roku) znajduje się wśród czterdziestu innych wybitnych uczonych. W „Perspektywie” Vitelioni opisał prawa odbicia światła, podał schemat budowy oka, konstrukcję peryskopu. Wśród eksponatów, które odtworzyliśmy według wskazówek z jego dzieła są zwierciadła płaskie, sferyczne i cylindryczne, przyrząd do badania kątów rozchodzenia się światła i „cykiel” do kreślenia elips, zob. na ryc. 4.

Kolejne plakaty, oddające sens prac Witelona dotyczyły widzenia trójwymiarowego, ryc. 5, optycznych zjawisk w atmosferze oraz złudzeń optycznych. Każdy widz mógł znaleźć plakat zgodny z jego poziomem wiedzy i percepcji. Pisząc o lunetach – Galileusza, Keplera i Newtona, szkoda było pominąć Kopernika. Pomógł nam w tym młody Mickiewicz, pisząc „mędrca szkiełko i oko”. O właśnie! Kopernik nie używał lunety (pomyliło się to samemu Matejce, który w szkicu do swego obrazu rysował tę lunetę, ryc. 5), ale na Uniwersytecie w Wilnie, gdzie wykładowcami byli bracia Śniadeccy, luneta na pewno była na wyposażeniu tamtejszego Obserwatorium.

### Trójwymiarowy kozioł

Eksponat dydaktyczny, nie tylko w nauczaniu fizyki, powstaje na dwa alternatywne sposoby: poszukujemy czegoś, co pozwoli nam na nauczanie określonej koncepcji, wzoru lub zjawiska. Dla spadku swobodnego będzie to

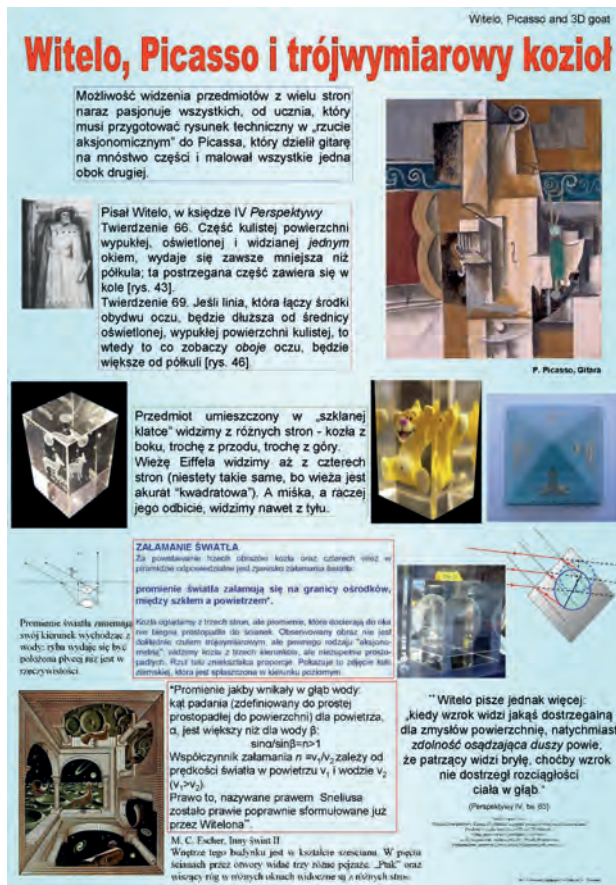
piłeczka kauczukowa i ping-pongowa, papierowe kubki z wodą, foremki z bibułki do wypieku ciasteczek, kartka zwinięta w formę spadochronu, dwa wózki o różnej masie na pochyłym stole itd.

Druga droga zaczyna się od obiektu. Lat temu kilkanaście narodziły się lasery dużej mocy (tzw. ekscymerowe), które pozwoliły na tworzenie we wnętrzu szklanych sześcianów trójwymiarowych wypalek. W Berlinie, za 55 euro, można było zamówić trójwymiarowy portret własnej twarzy. Kamery pod trzema różnymi kątami, po czym parę minut pracy komputera, a później cyk-cyk, seria impulsów laserowych i portret gotowy, ryc. 6a.

Zdumienie, które budzi ten eksponat wynika z faktu, że niezależnie, czy patrzymy z „właściwej” strony, czyli oglądamy wypukły profil twarzy, czy „do tyłu” – czyli widząc twarz wklęsłą, mamy wrażenie, że osoba wodzi za nas oczyma. Opisał to we fraszce wykładowej „Uśmiech kota bez kota” [4].

W sklepach z pamiątkami jest nadal mnóstwo tego rodzaju trójwymiarowych obrazów zamkniętych w bryle szkła, fot. 7. Czy można coś pokazać na lekcji fizyki? Bardzo dużo, i to skomplikowanych pojęć. Przede wszystkim zauważamy natychmiast, że kozła widać w trzech stron – poprzez trzy ściany prostopadłościanu. Tak! jest to wspaniały przykład prawa załamania światła, a przy tym lekcja rysunku technicznego. Na każdej ścianie widzimy rzut trójwymiarowej bryły zamkniętej w szkło na tę ścianę: coś, co jest zmurą (a raczej było, przed powstaniem współczesnych programów komputerowych) studentów architektury.

Coś więcej? Tak! mechanika kwantowa. Każdy pomiar, nie tylko w świecie kwantów, jest „rzutowaniem” jakiejś skomplikowanej, wielowymiarowej rzeczywistości fizycznej na nasz układ pomiarowy. I tak, w zależności od eksperymentu, elektron jest cząstką, gdy kreśli obraz na ekranie kineskopu, albo falą w dyfrakcji w mikroskopie elektronowym Hitachi. Daleko idąca analogia z kotem Schrödingera zamkniętym w bryle szkła? To kolejna



Ryc. 7. Plakat „Trójwymiarowy kozioł” nawiązuje do Picassa i Witelona, ale jego tematem jest prawo załamania. Kozia widać z trzech projekcji, wieżę Eiffla w szklanej piramidzie z czterech stron, a miska nawet z tyłu (obraz odbity od tylnej ścianki). Niektóre obiekty, kluczowe dla narracji dydaktycznej, jak kula ziemską zamknięta w szklanym sześcianie są za drogie, więc pozostaje nam tylko ich zdjęcie, z wystawy w witrynie sklepowej w Mediolanie. Autor plakatu GK, współpraca dr Tomasz Wróblewski (Escher, Inny świat II)

potęga myślenia kategoriami fizyka: wyobraźnia rzeczy niewyobrażalnych.

Coś więcej? Oczywiście! Pomost w kierunku sztuki. Dokładnie w okresie, kiedy powstawała mechanika kwantowa narodził się kubizm i dzieła Picassa. Przyglądając się jego „Gitarze”, ryc. 7, staje się jasne, że i on szukał przedstawienia na płaskim obrazie trójwymiarowego obiektu. Ta świadomość pomoże również w podziwianiu kubizmu: oglądamy gitarę kawałek po kawałku i w naszym umyśle tworzymy bryłę 3D.

I dalej? Bynajmniej! Witelon ujął to najpiękniej: „Kiedy oko nasze ogląda trójwymiarowy obiekt, to zdolność oceniająca duszy mówi nam, że jest to bryła, mimo że jej w całości nie widzimy”. Pięknie to ujmowano w średniowiecznej filozofii (od Anzelm z Canterbury): „zdolność wyobrażająca duszy”, a nie „złudzenie optyczne mózgu”. Oj, staliśmy się w międzyczasie strasznymi materialistami, nawet jeśli mówimy o ludzkiej osobowości.

Wrażliwość oka, nie tylko fizyka, na załamanie, odbicie, rozszczepienie światła czyni spacer przed witrynami sklepowymi intelektualną przygodą. Ciekawych obiektów jest nieskończenie wiele, nawet w sklepach z dewocjonaliami, fot. 8a.

## Świat przez różowe okulary

Kolory okazały się szczególnie wdzięcznym tematem na wystawie „Fiat Lux”: jej interdyscyplinarny charakter pozwolił nam na szereg „wariacji”: każda z edycji wymagała innych aranżacji, a przez to też stwarzała nowe możliwości. Średniowieczna piwnica w Toruniu podkreślała tajemniczość dawnych wieków. W Gdańsku, w nowo-powstającym Centrum Nauki „Hewelianum” znaleźliśmy pełnię światła. Tak więc można było pokazać w całej kraśie berlińskie wazy z rubinowego szkła „ekscytonowego” (tzn. zawierającego nano-cząstki złota), kręcące się baki, obrazy post-impresjonistów, obok, wspomnianych już kolorowych skarpetek, foto 9.

Ale kolory równie dobrze można pokazać w ciemności, jak to ilustruje aranżacja z Legnicy, foto 10. Tam, w Muzeum Miedzi, dawnym kolegium dla szlachty protestanckiej, uczyniliśmy narrację bardziej dydaktyczną – pokazując w „szkolny” sposób syntezę kolorów: w TV poprzez sumowanie RGB, w druku – przez odejmowanie CMYK. Koncepcję kolorowych cieni, z wykorzystaniem trzech lamp RGB skopiowaliśmy (GK) z Science Museum w Canberrie.



Fot. 8. (a) Kolejne zabawy z prawem załamania: (chińska) Ostatnia Wieczera zamknięta w pół-pół-kuli szkła. Powierzchnia przednia jest wklęsła, więc oglądamy apostołów w pomniejszeniu, część górna – wypukła, więc twarze biesiadników są powiększone. (b) Zwierciadło sferyczne wypukłe nie odwraca obrazu, ale napisy są w nim „zwierciadlane”, jak w zwierciadle płaskim. Grudziądź, XII 2010, foto Maria Karwasz.

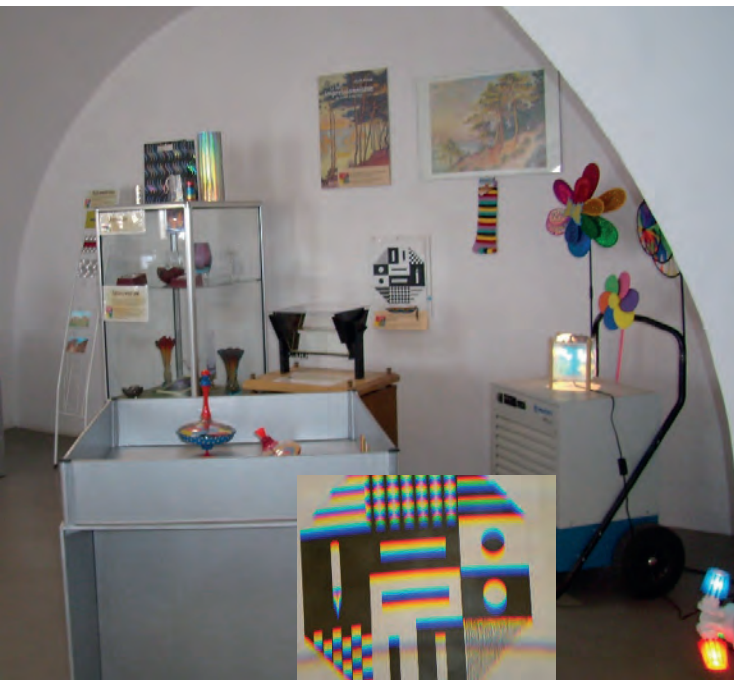


Foto 9. Pełnia światła w Centrum Nauki Hewelianum w Gdańsku pozwoliła na festiwal kolorów (od lewej): w wazach ze berlińskiego, rubinowego szkła (z nano-cząstkami złota), Goethego kolorowej „walce” czarnego z białym, obrazach impresjonistów, kolorowych skarpetkach, aż po trzy lampy RGB (w prawym dolnym rogu). Nasylenie kolorów oglądanych przez wodny pryzmat Goethego (wstawka na dole obrazu) zostało sztucznie powiększone. Pryzmat Goethego – eksponat dr J. Turlo. Foto Maria Karwasz.



Fot. 10. Synteza kolorów. Sposób w 100% dydaktyczny to rzutnik do wykładów, z dwoma zestawami filtrów – do sumowania kolorów (obraz z lewej strony, wyżej) i ich odejmowania (obraz niżej). Po prawej o góry – kolorowe cienie – papugi wiszące pod sufitem a oświetlonej trzema kolorowymi lampami. W rogu pokoju „fontanna” światłowodów (powiększenie pokazane na wklejce) oraz figury Lisajoux z małego, laserowego rzutnika. Opisy umieszczone w ramkach na ścianie. Legnica, wrzesień 2009, foto M. Karwasz.

## Aż się w oczach kręci!

Wystawa było opowieścią historyczną i jednocześnie kursem optyki. Lecz jej adresatem była nie wycieczka szkolna, ale lokalny widz. Z tego też powodu musieliśmy tego widza zadziwić, zachwycić, oczarować. Aranżacje eksponatów były więc za każdym razem inne, w zależności od wielkości sal, oświetlenia, stołów i postumentów do dyspozycji.

Zbiory, gromadzone przez kilka lat, zawierały wszystko, co nam, w różnych miejscach świata „wpadło w oko”. W Berlinie, w barze w Muzeum Pergamonu zobaczyliśmy kubki z grubego, przezroczystego, kolorowego plastiku, oświetlone z boku, które wydawały się świecić na brzegach. Tak! Tak rzeczywiście działa światłowod: prowadzi światło do swojego (cienkiego) końca. Kubków berliń-

skich nie udało się odkupić, ale „po drodze” do wystawy, znaleźliśmy wiele podobnych eksponatów: połamaną podstawkę pod opis ceny we Włoszech, kolorowe etui na CD, zielony kubek, itd., zob. fot. 11a. Dodatkowo, polistyren użyty do ich wytworzenia został zabarwiony kolorami „fluorescencyjnymi”, tzn. takimi, które absorbują w szerokim zakresie widma a emitują określony kolor (jak w samochodowych kamizelkach). Kubki i etui oświetlone z boku, odświecają na brzegach.

„Wynalazkiem” optycznym ostatnich lat jest też tzw. biżuteria Swarovskiego. W Wenecji można kupić duże piramidy lub wielopłaszczyznowe quasi-kule. Kolor brązowy, wiśniowy, różowy, widoczne w piramidach „Swarovskiego” nie mogą powstawać w wyniku prostego załamania światła: są one wynikiem sumowania

Fot. 11. (a) Zadany temat: światłowody. Oprócz gotowej „fontanny” ze światłowodów, uważny obserwator znajdzie mnóstwo ciekawych obiektów: etui CD, kubki, butelki, patyczki do koktajli. Efekt potęguje światłówka UV. Foto w ciemności, z konieczności nieostry. Legnica, IX 2009. (b) Zabawy z kolorami powstającymi w bryłach Swarovskiego oglądanych pod różnymi kątami. W centrum mały kolorowy wazonik ze Słowenii. Edycja w Gdańsku, X 2008. Foto Maria Karwasz.



dwóch lub trzech kolorów odbitych od (interferencyjnego) zwierciadła na spodzie piramidy, zob. szczegółowy opis [5]. Te i inne zabawy dały nam najlepszą recenzję „Fiat Lux!”. Starszy, prosto obrany mężczyzna zaczął nas wychodząc z wystawy w Gdańsku: „Panie! Tam to się aż w oczach kręci!”

### Z Witelonem po kraju

Wystawa miała, jak wspomniano, 20 edycji, poczynając od Muzeum Okręgowego w Toruniu, Planetarium w Olsztynie i Centrum Nauki „Hevelianum” w Gdańsku. Ale prawdziwym odkryciem okazała się „eksploatacja” powiatowych miasteczek z ich regionalnymi muzeami. W Sosnowcu znaleźliśmy unikalne na skalę światową muzeum wzornictwa szkła, którego nie powstydziliby się Wenecja: za czasów „gospodarki planowej” wszelkie prototypy szklanych wazonów, kielichów, misek trafiały do tamtejszego byłego dworku niemieckiego przemysłowca Schoena. Kolekcja unikalna na skalę światową.

W Legnicy odkryliśmy niedoszłą stolicę Polski, z nagrobkiem ostatniego Piasta, Jerzego Wilhelma IV, który w wieku 15 lat zginął w czasie polowania, w 1675 roku. Nie uczą nas tego w podręcznikach historii, bo był on kalwinistą (i pewno używał niemieckiego). Podobnie nie doceniamy znaczenia bitwy z 1241 roku, która zamknęła hordom tatarskim drogę do Paryża. Zginął Henryk II Pobożny, bo jego kuzyn, też Piast, Mieszko II Otyły czmychnął z swym hufcem za mury miasta. A sama nazwa „Legnica”, według niesprawdzonej hipotezy autora (GK) pochodzi od relikwii drzewa świętego (drewno = legno, po włosku). Jeżeli relikwie Krzyża rzeczywiście były w Legnicy, wiadomo, dlaczego tak jej broniono.

Tak! Fizyka jest szkołą poszukiwania przyczyn, związków i punktów zasadniczych. Jest szkołą analitycznego i syntetycznego myślenia. W Belgii (w części francuskojęzycznej) nauczyciele fizyki zdobywają równoległe kompetencje do nauczania i historii i religii.

### Optyczny tomograf

I wreszcie, zamykający wystawę optyczny tomograf. Grecki rdzeń „tomos” odnajdujemy w określeniu „a-tomos”, czyli niepodzielny. Różnego rodzaju medyczne „tomografie” oznaczają więc techniki wirtualnego „cięcia”, czyli analizowania warstwa po warstwie. Tomografia rentgenowska (uwaga! wiążąca się z pochłonięciem sporej dawki promieniowania X) ma charakter takiej analizy. Dziś, jest spora szansa spotkania w gabinecie okulistycznym aparatu do tzw. OCT, czyli *optical coherence tomography*. Wynalazek toruńsko-wiedeński, sta-



Fot. 12.

nowi przewrót w diagnostyce oka. Wystarczy „mgnienie oka” (mniej niż 2 sekundy) aby dokonać skanu siatkówki lub rogówki. Zdjęcie (atrapy) OCT i (prawdziwy) obraz wirtualnego przekroju siatkówki, otrzymany za pomocą tego instrumentu, pokazujemy na ulotce wystawy, fot. 12. Szczegółowy plan wystawy z jej pierwszej, toruńskiej edycji znajdzie Czytelnik na stronach internetowych Katedry Dydaktyki Fizyki UMK [6].

Tłumaczenie „Perspektywy” Witelona na język polski zostało podjęte z inicjatywy prof. Romana Ingardena, dyrektora Instytut Fizyki UMK w latach 1968-78, a dokonane przez trójkę naukowców: profesora Andrzeja Bielskiego (fizyka), profesora Witolda Wróblewskiego (łacinnika) i prof. Lecha Bieganowskiego (okulisty).

Grzegorz Karwasz  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Michał Kłosiński  
Muzeum Okręgowo w Toruniu

#### BIBLIOGRAFIA:

- [1] G. Karwasz, J. Kruk, *Idee i realizacje dydaktyki interaktywnej*, Wyd. Nauk. UMK, 2012.
- [2] <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/archiw/Warszawa/index.html>
- [3] G. Karwasz, A. Karbowski, *Z górki na pazurki, czyli jak interaktywnie uczyć o energii mechanicznej*, „Fizyka w Szkole”, 2/2023, str. 18.
- [4] G. Karwasz, *Uśmiech kota bez kota*, Żart dydaktyczny, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT\\_LUX/Pliki/Usmiech\\_kota\\_09a.pps](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/Pliki/Usmiech_kota_09a.pps)  
*Jakiego koloru jest różowa lampka*, Sekwencja dydaktyczna [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Rozowa\\_lampka.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Rozowa_lampka.pdf)
- [5] <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/optyka/swarowski-pl.html>
- [6] [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT\\_LUX/html/](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/FIAT_LUX/html/)