

Idee i realizacje dydaktyki interaktywnej – wystawy, muzea i centra nauki

Autorzy

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz, kierownik Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK, z wykształcenia mgr inż. fizyki technicznej (Politechnika Gdańska) i ekonomista (handel zagraniczny, Uniwersytet Gdański), prowadzi prace badawcze w dziedzinie fizyki atomowej, fizyki ciała stałego i inżynierii materiałowej. Pracował na Politechnice Gdańskiej, w Polskiej Akademii Nauk i w Pomorskiej Akademii Pedagogicznej. W latach 1985–2006 prowadził prace badawcze i techniczno-rozwojowe oraz wykładał fizykę, fizykę atomową, fizykę i chemię atmosfery na Uniwersytecie w Trydencie. Przebywał na stażach naukowych w Detroit, Canberze, Berlinie. Wykłada dydaktykę fizyki na studiach podyplomowych na UMK i na Uniwersytecie w Udine. Jest autorem 120 artykułów naukowych, 200 komunikatów konferencyjnych, 4 monografii oraz artykułów popularyzatorskich (w „Fotonie”, „Fizyce w Szkole”, „Postęпах Fizyki” oraz czasopismach zagranicznych). Jest pomysłodawcą wystaw, pokazów interaktywnych „Fizyka zabawek”, „Fiat Lux”, „Z górki na pazurki”, współtwórcą wystawy „Geodium” w toruńskim Planetarium, koordynatorem projektów dydaktycznych Unii Europejskiej „Physics is Fun” w panelu „Science and Society” i MOSEM w panelu „Leonardo da Vinci”, ekspertem naukowym Unii Europejskiej.

Dr hab. Jolanta Kruk, profesor nadzwyczajny Elbląskiej Uczelni Humanistyczno-Ekonomicznej, kierownik Katedry Podstaw Nauk Pedagogicznych. Prowadzi badania naukowe w obszarze dydaktyki ogólnej, filozofii edukacji, projektowania edukacyjnego. Pracowała na Uniwersytecie Gdańskim, gdzie m.in. zrealizowała 9 projektów badawczych, w tym 2 zespołowe. Autorka 50 publikacji (w tym 3 monografii) z pedagogiki. Prowadzi działalność na rzecz popularyzacji wiedzy (m.in. bierze udział w kolejnych edycjach Bałtyckiego Festiwalu Nauki). W latach 1994–2001 sprawowała opiekę naukową nad przedszkolem pracującym metodą Montessori w Gdańsku i współpracowała z innymi placówkami na terenie woj. pomorskiego. Działa w Oddziale Gdańskim Polskiego Towarzystwa Pedagogicznego; w latach 1998–2001 była wiceprezesem Stowarzyszenia Rodziców „Wychowanie i Edukacja”. W latach 2008–2010 była członkiem Gdańskiej Rady Oświatowej. Od 2009 r. jest członkiem Rady Naukowej Centrum Inicjatyw Edukacyjnych w Kartuzach, a od 2008 członkiem rady redakcyjnej e-czaspisma „Studia Kulturowe”. W latach 2006–2008 prowadziła kwerendy w centrach i muzeach nauki m.in. w Londynie, Mediolanie, Peennemünde i Berlinie zakończone publikacjami z zakresu edukacji muzealnej.



Grzegorz Karwasz, Jolanta Kruk

Idee i realizacje dydaktyki interaktywnej – wystawy, muzea i centra nauki



WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIwersytetu Mikołaja Kopernika

Toruń 2012

Zakład Dydaktyki Fizyki
Instytut Fizyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Grudziądzka 5, 87–100 Toruń
Tel. (56) 61 13 290, fax (56) 62 25 397

Autorzy

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz (rozdziały III–V, VI, VII, VIII)
dr hab. Jolanta Kruk, prof. nadzw. EUHE (rozdziały I, II, VI, Zakończenie)

Recenzenci

dr hab. Mariusz Gagoś, profesor nadzwyczajny Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, prof.
nadzw. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
dr hab. Astrid Męczkowska-Christiansen, prof. nadzw. Elbląskiej Uczelni Humanistyczno-
Ekonomicznej

Korekta

Andrzej P. Lesiakowski

Projekt okładki

Monika Pest

Skład

Krzysztof Służewski

Zdjęcia

MK – Maria Karwasz, ŁK – Łukasz Kruk, JK – Jolanta Kruk, GK – Grzegorz Karwasz,
WJ – Włodzimierz Jaskólski, KS – Krzysztof Służewski, JCh – Justyna Chojnacka

© Copyright by Autorzy

© Copyright by Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2012

Na okładce wykorzystano fotografię pochodzącą z archiwum Centrum Nauki Kopernik
w Warszawie

ISBN 978-83-231-2957-8



Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
ul. Gagarina 5, 87–100 Toruń
www.wydawnictwoumk.pl
Redakcja:
tel. (56) 611 42 95, fax (056) 611 47 05, e-mail: wydawnictwo@umk.pl
Dystrybucja:
ul. Reja 25, 87–100 Toruń, tel./fax (56) 611 42 38
e-mail: books@umk.pl
Druk
Wydawnictwo Naukowe UMK
ul. Gagarina 5, 87–100 Toruń, tel. (56) 611 22 15

Spis treści

WSTĘP	5
ROZDZIAŁ I. WSPÓŁCZESNY KSZTAŁT EDUKACJI MUZEALNEJ. BADANIE I DZIAŁANIE W ŚRODOWISKU UCZĄCYM	9
1.1. DOŚWIADCZENIE MUZEALNE JAKO DOŚWIADCZENIE UCZĄCE	9
1.2. MUZEA JAKO INSTYTUCJE BADAWCZE I KULTUROWE. STRATEGIE MUZEALNE	10
ROZDZIAŁ II. ŹRÓDŁA DYDAKTYKI INTERAKTYWNEJ	15
2.1. OD DYDAKTYKI TRADYCYJNEJ KU AKTYWNEJ I INTERAKTYWNEJ: OD ODZWIERCIEDLENIA DO KONSTRUOWANIA WIEDZY	15
2.2. DYDAKTYKA INTERAKTYWNA A IDEA WSPOMAGANIA ROZWOJU W DYDAKTYCE XXI WIEKU	17
2.3. WYSTAWA INTERAKTYWNA JAKO MIEJSCE EKSPLORACJI	22
ROZDZIAŁ III. PARADYMATY DYDAKTYKI INTERAKTYWNEJ	23
3.1. NOWE WYZWANIA W DYDAKTYCE PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH	23
3.2. FUNKCJE POZNAWCZE W INTERAKTYWNYM PRZEKAZIE WIEDZY	26
3.3. DYDAKTYKA INTERAKTYWNA JAKO NOWA REALIZACJA ZASADY POGLĄDOWOŚCI	30
3.4. KONSTRUOWANIE DYDAKTYKI POZA SZKOŁĄ	32
3.5. NOWE OBLCZE KONSTRUKTYWIZMU	34
3.6. ASPEKTY PEDAGOGICZNE	37
3.7. KOMPETENCJE SPOŁECZNE	39
3.8. ZAGROŻENIA W INTERAKTYWNYM PRZEKAZIE WIEDZY	41
3.9. LUDOTEKI – EDUKACJA POPRZECZ ZABAWĘ	43
ROZDZIAŁ IV. EKSPONATY I METODOLOGIE	45
4.1. KOMPLEMENTARNE FUNKCJE POZNAWCZE EKSPONATU	45
4.2. WSPÓŁZALEŻNOŚCI MIĘDZY FUNKCJAMI POZNAWCZYMI EKSPONATU INTERAKTYWNEGO	50
4.3. PROSTE JEST DYDAKTYCZNE!	54
4.4. POGLĄDOWOŚĆ WIELKOŚCI ABSTRAKCYJNYCH	58
4.5. WYKŁAD INTERAKTYWNY	60
4.6. TUNEL DYDAKTYCZNY	63
4.7. INTERAKTYWNY TEATR I KONKURS	65
4.8. SPOSOBY ROZBUDZENIA CIEKAWOŚCI WIDZÓW	69
4.9. WYBÓR WŁAŚCIWEJ FORMY	71
4.10. TRUDNOŚCI W DEFINIOWANIU FUNKCJI POZNAWCZYCH	72
4.11. KONSTRUOWANIE WYSTAWY KULTUROTWÓRCZEJ – FILOZOFIA I REALIZACJA	73
4.12. MULTIMEDIA W DYDAKTYCE INTERAKTYWNEJ	76
4.13. ZASADY DYDAKTYKI INTERAKTYWNEJ – PODSUMOWANIE	77
ROZDZIAŁ V. ZADANIA STRATEGICZNE I DYDAKTYCZNE WYBRANYCH MUZEÓW NA ŚWIECIE	79
5.1. REALIZACJA CELÓW STRATEGICZNYCH I DYDAKTYCZNYCH W MUZEACH – LUWR	79
5.2. INNOWACYJNE STRATEGIE W CENTRACH NAUKI – EXPLORATORIUM W SAN FRANCISCO	81
5.3. QUESTACON – NARODOWE CENTRUM NAUKI I TECHNOLOGII (CANBERRA)	83
5.4. MUZEUM PALEONTOLOGII – BOLCA (WERONA)	87
5.5. GEOLOGIA – ROYAL MUSEUM W TORONTO	89
5.6. KRÓLEWSKIE MUZEUM PRZYRODNICZE – BRUKSELA	90
5.7. FUNKCJE NARODOWE I REGIONALNE – MUZEUM NAUK PRZYRODNICZYCH W TRYDENCIE	93
5.8. REGIONALNE OGNISKA KULTURY NAUKOWEJ – OD CHICAGO DO KALAMAZOO	95
5.9. STANDARYZACJA A REGIONALIZACJA WYSTAW – SAN SEBASTIAN	97
5.10. NARODOWE MUZEUM NAUKI, DAEJEON, KOREA	100
5.11. RÓŻNORODNOŚĆ ROZWIĄZAŃ, JASNOŚĆ CELÓW	109
ROZDZIAŁ VI. KOLEKCJE I STRATEGIE EDUKACYJNE W WYBRANYCH CENTRACH NAUKI W EUROPIE	111
6.1. STRATEGIE EDUKACYJNE I ICH TYPOLOGIA	111
6.2. MUSEO NAZIONALE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA „LEONARDO DA VINCI”	114

6.3. MUSEO TRIDENTINO DI SCIENZE NATURALI -----	119
6.4. CITÉ DES SCIENCES & DE L'INDUSTRIE, „LA VILLETTE”, PARYŻ -----	122
6.5. SCIENCE MUSEUM W LONDYNIE -----	124
6.6. DEUTSCHES MUSEUM W MONACHIUM -----	130
6.7. MUZEUM NAUKI „SPECTRUM” BERLIN -----	138
6.8. PODSUMOWANIE SPECYFIKI MUZEÓW NAUKI W EUROPIE -----	140
ROZDZIAŁ VII. WYSTAWY INTERAKTYWNE Z FIZYKI – CELE, MIEJSCA, ARANŻACJE-----	143
7.1. ZABAWKI I FIZYKA – WARSZAWA, SŁUPSK 1998-----	143
7.2. „ZABAWKI” DLA NAUKOWCÓW, BIAŁYSTOK 1999-----	144
7.3. SZKOLNE LABORATORIA FIZYCZNE, GDAŃSK 2003 -----	146
7.4. „W CZASIE DESZCZU DZIECI SIĘ NUDZĄ” – Sopot 2004-----	148
7.5. „Z GÓRKI NA PAZURKI” – TORUŃ 2007 -----	149
7.6. „FIAT LUX!” – TORUŃ 2008 -----	151
7.7. „FIAT LUX!” – EDYCJE REGIONALNE -----	156
7.8. ŚCIEŻKI DYDAKTYCZNE FIZYKI WSPÓŁCZESNEJ -----	163
7.9. „ON THE TRACK OF MODERN PHYSICS” – GDAŃSK, WARSZAWA, PARYŻ, TRYDENT -----	168
7.10. PROPOZYCJA (WIRTUALNEGO) MUZEUM MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE -----	171
ROZDZIAŁ VIII. MUZEA, PLANETARIA, CENTRA NAUKI W POLSCE -----	173
8.1. MUZEUM TECHNIKI W WARSZAWIE -----	173
8.2. MUZEUM ZIEMI W WARSZAWIE -----	176
8.3. PLANETARIUM, ORBITARIUM I GEODIUM W TORUNIU -----	178
8.4. CENTRUM „HEWELIANUM” W GDAŃSKU -----	182
8.5. WYSTAWA INTERAKTYWNA „EUREKA” W SZCZECINIE-----	184
8.6. „NAUKI DAWNE I NIEDAWNE” I „ŚWIAT ZMYŚLÓW” W KRAKOWIE-----	185
8.7. CENTRUM NAUKI „KOPERNIK” W WARSZAWIE -----	187
8.8. PERSPEKTYWY ROZWOJU-----	195
ZAKOŃCZENIE – CZY MOŻLIWA JEST REALIZACJA IDEI DYDAKTYKI INTERAKTYWNEJ W PRAKTYCE EDUKACYJNEJ? -----	197

Wstęp

Przebieg procesu uczenia się opisywany jest często w opracowaniach pedagogicznych w kategoriach kognitywnych – jako zjawisko przede wszystkim intelektualne, pozbawione głębszych wzruszeń i przeżyć. Tymczasem nasze codzienne doświadczenia, nasycone nowymi treściami wskazują, że to, co zwykle pozostaje trwale w pamięci, ma charakter emocjonalny i bez tego komponentu uczenie się kojarzy się zazwyczaj z wysiłkiem, przymusem i przełamywaniem naturalnego oporu wobec tego, co inne. Okazuje się przy tym, że pomimo iż przyciąga nas to, co niezwykle, poznawanie i rozumienie tego, co zadziwia i fascynuje, nie jest prostym i pozbawionym wewnętrznych reguł procesem. Wprawdzie jest to także proces uczenia się, ale jakościowo odmienny od sformalizowanego i przewidywalnego szkolnego toku. Jego cechy konstytutywne to: ekspresja, hipotetyczność, trudny do określenia czas koncentracji na wybranym wątku, niemożność przewidzenia wszystkich zachowań uczącego się wobec przedmiotu uwagi. Niezwykłe znaczenie dla specyfiki tego procesu ma środowisko, w którym on przebiega, a wszelkie bodźce zewnętrzne mogą w określonych warunkach nabrać charakteru poznawczego – zależy to od czasu, sytuacji i szczególnej konfiguracji wielu czynników wyzwalających w danym momencie aktywność badawczą podmiotu.

Miejscem, które obdarzone jest niezwykłą aurą, pobudzającą wyobraźnię zwiedzającego i zachęcające do takiego emocjonalnego uczenia się jest niewątpliwie muzeum. Muzeum to miejsce magiczne, w którym czas rządzi się, innymi prawami, gdzie wędrując po niekończących się korytarzach można próbować odnaleźć ducha epoki, poczuć się odkrywcą tajemnic odmiennych kultur lub też obserwatorem niezwykłych zjawisk. Tak przynajmniej chcą postrzegać rolę muzeów jego organizatorzy i fundatorzy, gdyż w misji tych instytucji zwraca się uwagę na szczytne społeczne cele towarzyszące zakładaniu tych placówek. Od niedawna bowiem obok gromadzenia, przechowywania i konserwowania zbiorów muzealnych wymienia się jako równie ważne także cele edukacyjne, czyli wszystkie te założenia, które odnoszą się do podnoszenia poziomu świadomości ludzi, w szczególności podkreślając znaczenie wiedzy społecznej i rozumienia zjawisk przyrodniczych. Uwidacznia się przy tym związek tak sformułowanych celów z szerszym kontekstem społecznym, w którym człowiek i jego otoczenie traktowani są jako całość harmonijna, gdzie oświeceniowa wizja rozwoju społeczeństwa wiedzy stanowi jego trwały fundament.

Powyższe cele – postulowane w odniesieniu do muzeów w ramach pedagogiki muzealnej – pobudzają do szerszej refleksji. Pojawia się bowiem współcześnie pytanie o możliwości ich realizacji, a także o to, czy nie należałoby ich ponownie przeformułować w warunkach współczesnej zmiany cywilizacyjnej. Zauważyć przy tym wypada, że XX-wieczne cele pedagogiki muzealnej i związane z nimi projekty pedagogiczne tworzone były w odmiennych, odległych od dzisiejszych realiach. To, co w nich wysuwa się na plan pierwszy, to – zgodnie z określeniem badaczy – przesunięcie kulturowo-społeczne w stronę tzw. społeczeństwa ryzyka, które zastąpiło dawne ustabilizowane łady cywilizacyjno-społeczne¹. Dzisiejsze zmienne, nacechowane kulturą wirtualnego elektropolis społeczności w niewielkim stopniu przypominają wielkoprzemysłowe, industrialne metropolie, których wielkość i bogactwo odbijały zbiory muzeów technicznych i centrów nauki. W tych przybytkach ucieleśniały się marzenia ich twórców o potędze cywilizacji technicznej, do której przysposabiano przyszłe pokolenia. Siłą napędową owego czasu była nie tylko wiara w nieustanny postęp. Równie ważne było też przeświadczenie o znaczącej roli wiedzy naukowej w utrzymaniu trwałego i sprawiedliwego ładu społecznego.

¹ Por. U. Beck, *Społeczeństwo ryzyka. W drodze do innej nowoczesności*, Wyd. Scholar, Warszawa, 2004.

Dziś jednak pojawiały się wątpliwości, które znacząco korygują tak zarysowaną wizję postępu i wiary w trwały dobrobyt. Należy sceptycznie traktować deklaracje (także stowarzyszeń muzealnych) o przyczynianiu się projektów społeczno-edukacyjnych do znaczącej poprawy sytuacji grup marginalizowanych czy wykluczanych. Celowości podejmowanych działań, w tym realizacji przedsięwzięć w ramach edukacji muzealnej raczej należy upatrywać w rozszerzaniu wiedzy i pola świadomości społecznej oraz w budzeniu emancypacyjnej motywacji jednostek. Wydaje się bowiem, że zmiana rozumiana przez XX-wiecznych ideologów jako stały postęp i likwidacja nierówności społecznej jest utopią, szczególnie dziś, w czasach dominacji kultury indywidualizmu. Pojawia się opinia, że współcześnie jednostki zostały wyrwane ze swego społecznego kontekstu, a ich punkt odniesienia w konstruowaniu tożsamości nie stanowi już zbiorowość ani grupa społeczna, lecz wybory jednostkowe (kariera, samospełnienie, sukces)². W tych uwarunkowaniach znaczenia nabierają zwłaszcza projekty edukacyjne skierowane do niewielkich grup potencjalnych odbiorców, którzy poszukują dla siebie możliwości rozwoju i zdobycia w niekonwencjonalny sposób wiedzy. Jest to strategia, którą można określić jako realizm edukacyjny. Oznacza to, że działania – w tym również projekty muzealne – podejmowane są w dobrze rozpoznanym środowisku, bez intencji jego całościowej zmiany, a raczej z nastawieniem na ewolucyjne poszerzanie możliwości emancypacji jednostek i małych grup.

Powyższa refleksja w mniejszym stopniu odnosi się do grupy muzeów, których główną misją jest edukacja i popularyzacja wiedzy przyrodniczej. Muzea nauki mają odmienny charakter od ich pierwowzorów, a celem ich działalności jest nie tyle kolekcjonowanie, co prezentacja eksponatów z wykorzystaniem zróżnicowanych technik. Biorąc pod uwagę trudną sytuację współczesnych instytucji edukacyjnych i przeciążenie zadaniami dydaktycznymi szkół, warto poszukać – zdaniem autorów – możliwości wspomagania procesu kształcenia formalnego przez intensywniejsze wykorzystanie możliwości oferowanych przez muzea i centra nauki.

Celem, który przyjęli autorzy opracowania, było prześledzenie i opisanie metod, za pomocą których organizatorzy interaktywnych ekspozycji prezentują zjawiska ważne dla rozumienia praw przyrody, zagadnienia z zakresu techniki oraz istotne elementy składające się na cywilizację materialną człowieka. W mniejszym stopniu skupialiśmy się na wątkach społecznych, co nie znaczy, że nie pojawiły się one w formie pośredniej. Dotyczy to przede wszystkim wątków edukacyjnych; ich doniosłość społeczna wyraża się w priorytetowym potraktowaniu zagadnienia popularyzacji wiedzy. W klasycznych muzeach ten wątek ustępuje przed funkcją kolekcjonerską, natomiast centra i muzea nauki misję edukacyjną zawsze podporządkowują pozostałym elementom swej działalności. Wypracowywane jest to przez specyficzne **strategie**, będące zbiorem metod, technik oraz różnorodnych przedsięwzięć organizacyjnych wspomagających misję edukacyjną centrów nauki i muzeów. Strategie muzealne są w gruncie rzeczy aktywnością o charakterze dydaktycznym; w wielu aspektach przypomina to planowanie działań edukacyjnych przez inne instytucje edukacyjne, nie wyłączając szkół. Charakter dydaktyczny strategii edukacyjnych muzeów nauki przejawia się w szczególności w zaplanowaniu przebiegu eksperymentu lub sposobie prezentacji eksponatu, a także w opracowaniu w postaci instrukcji scenariusza działań zwiedzającego, prowadzącego do lepszego zgłębienia zagadnienia. Temu celowi służy przyjęcie przez organizatorów wystawy określonej strategii edukacyjnej.

Zagadnienie strategii edukacyjnych jest w teorii kształcenia osadzone w obrębie problematyki metod i w tym zakresie pedagogzy traktują aspekt przynależny do pojęcia „strategia” jako związany przede wszystkim z kontekstem metodycznym. Pojęcie „strategie

² S. Breczko, *Ciało w socjologii – między indywidualizacją a polityzacją*, „Kultura Współczesna”, 1/2009, s. 21.

nauczania” obejmuje jednak więcej wątków niż metody i modele kształcenia. Pedagodzy często określają strategię jako taki rodzaj wielorakich działań, których celem jest wspieranie indywidualnego uczenia się³. W przypadku muzeów nauki, S.C. i eksperymentariów kontekst pojęciowy odnoszący się do podejmowanych tam strategii edukacyjnych powinien być znacząco poszerzony. W pracy Czytelnik spotka się z szerszym niż dydaktyczne ujęciem tego ważnego edukacyjnie określenia, gdyż autorom opracowania zależało na uchwyceniu społeczno-kulturowego aspektu związanego z doświadczeniami zdobywanymi w muzeach.

Układ pracy podyktowany został próbą znalezienia odpowiedzi na następujące pytania:

- Czym są i jakimi cechami charakteryzują się muzealne strategie edukacyjne?
- W jaki sposób odnalezione w muzeach strategie edukacyjne wspomagają przekaz wiedzy?
- Które elementy przekazu interaktywnego można wykorzystać przy planowaniu ścieżek dydaktycznych (także w warunkach kształcenia instytucjonalnego)?
- Jakie tendencje dominują współcześnie w edukacji muzealnej? Które z nich rozwijają się w Polsce. Jakie są korzystne warunki dla rozwoju tej dziedziny w naszym kraju? Które z doświadczeń europejskich warto wykorzystać w tym zakresie?

Poszukując odpowiedzi na wyżej postawione pytania wykorzystano w analizach materiały zebrane w szczególności w następujących instytucjach:

- Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia „Leonardo da Vinci” – Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie,
- Museo Tridentino di Scienze Naturali – Muzeum Nauki w Trento,
- Science Centre „La Villette” – Centrum Nauki w Paryżu,
- Science Museum – Muzeum Nauki w Londynie oraz część ekspozycji British Museum,
- Deutsches Museum – Muzeum Nauki w Monachium,
- Centrum Nauki „Spectrum” w Berlinie.

Wymienione centra charakteryzują się szeroko pojętą interdyscyplinarnością oraz szeroko pojętą (w różnym wieku) grupą docelową. Przedstawiony materiał obejmuje również inne muzea nauki, bardziej specjalistyczne i przeznaczone dla „nisz” wiekowych. Przedstawiamy dokumentację między innymi z:

- Centrum Nauki w San Sebastian,
- Muzeum Przyrody w Brukseli,
- Muzeum Geologii w Toronto,
- Centrum Nauki „Questacon” w Canberze,
- Muzeum Nauki w Sydney.

Uzupełniając do analiz włączone zostały też materiały zebrane w wybranych eksperymentariach polskich (Szczecin, Kraków, Gdańsk) i zagranicznych, m.in. nowo powstałym Centrum Nauki „Kopernik” w Warszawie, a także na festiwalach nauki, podczas których autorzy podejmowali działania popularyzatorskie. Centrum Nauki „Kopernik” rozpoczęło swą działalność już w trakcie prowadzenia przez autorów kwerend, dlatego materiał odnoszący się do tej dynamicznie rozwijającej się instytucji jest skromny i tworzony niejako *ex post*. Z pewnością w przyszłości konieczne będzie rozwinięcie w odrębnym opracowaniu działalności polskich centrów nauki, wśród których „Kopernik” obecnie pełni rolę wiodącą.

W rozdziale VI zaprezentowana została dokumentacja zdjęciowa wraz z materiałem zebrany podczas wywiadów przeprowadzonych z pracownikami w odwiedzanych instytucjach. W końcowej części książki podjęta została próba określenia istoty działań

³ Por. B.D. Gołębiak, *Nauczanie i uczenie się w klasie*, [w:] *Pedagogika. Podręcznik akademicki*, red. Z. Kwieciński, B. Śliwowski, t. 2, PWN, Warszawa 2003, s. 172.

edukacyjnych realizowanych w centrach i muzeach nauki i ustalenia ich znaczenia dla zmiany w tradycyjnych strategiach przekazu wiedzy.

Zakres porównań międzynarodowych i krajowych, jak to Czytelnik sam zauważy, jest bardzo obszerny. Centra nauki i eksploratoria stały się w ostatnich latach atrakcją *turystyczną*, a także ośrodkami rozpowszechniania i tworzenia lokalnej kultury naukowo-technicznej. Zasadniczą rolę w powstawaniu tego rodzaju światowej plejady centrów nauki spełniają społeczności i administracje lokalne – miejskie, regionalne i krajowe. Szczegółowe role, które spełniają w warunkach lokalnych centra nauki, opisane będą przy okazji prezentacji tych ośrodków.

Książka powstała w wyniku badań przeprowadzonych przez autorów w latach 2007–2009 w ramach grantu finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego⁴. Książka ta jest też podsumowaniem praktycznej działalności autorów w dydaktyce interaktywnej, w szczególności interaktywnych wystaw fizycznych, prowadzonych początkowo na Uniwersytecie w Trydencie (1994–2005), w Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku (1997–2006), na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu (od 2006) oraz we współpracy z licznymi instytucjami muzealnymi i popularyzacji nauki – w Warszawie, Słupsku, Toruniu, Gdańsku, Sosnowcu, Legnicy, Rogoźnie, Olsztynie i innych⁵. Stąd układ opracowania ma kształt raportu badawczego, z uwzględnieniem obszernego materiału wizualnego, który stanowił podstawę analiz w rozdziale piątym i szóstym. Sądzimy, że ułatwi to Czytelnikowi prześledzenie naszej „ścieżki badawczej”, a w odniesieniu do nauczycieli – stanie się rodzajem praktycznego przewodnika podpowiadającego, na co zwracać uwagę, oprowadzając swych uczniów po fascynujących ekspozycjach muzeów i centrów nauki. Opracowanie zawiera bogaty materiał ilustracyjny dotyczący organizacji wystaw, pedagogii muzealnych i samych eksponatów, które do tej pory nie były opisywane w postaci wydawnictwa książkowego⁶.

Dla potencjalnego widza, nauczyciela i instruktora w centrach oprócz analizy poznawczo-pedagogicznej umieszczamy sporo opisów fenomenologicznych i naukowych poszczególnych, przykładowych obiektów wystawowych. Książka w tej części może być *mini przewodnikiem* przez fascynujący świat osobistej przygody naukowej. Każdy widz w centrum nauki jest nie tylko zwiedzającym, ale twórcą własnej wizji świata naukowo-technicznego. Dla specjalisty opracowanie niniejsze jest opisem *kulis* konstruowania centrów nauki; dla zwykłego widza książka ta jest, w założeniu autorów, propozycją wirtualnej wędrówki po centrach nauki i muzeach w szerokim świecie i w Polsce. Opisuje nie tylko wystawy, ale i ich szerokie tło interdyscyplinarne i wielokulturowe.

Książka jest nie tylko opisem, ale i propozycją dalszego rozwoju fascynującego działu wiedzy, jakim jest dydaktyka interaktywna.

⁴ Koncepcja książki powstała w ramach projektu badawczego własnego MNiSW nr 39/H03/2007/32 „Strategie edukacyjne realizowane w centrach nauki, eksperymentariach i muzeach interaktywnych”, grant został zrealizowany w Uniwersytecie Gdańskim; kierownik projektu: dr hab. Jolanta Kruk, prof. WSZHE w Elblągu, współrealizator: prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz, UMK, Toruń i Università Degli Studi di Trento. Analizy przeprowadzone przez autorów w ramach realizowanego projektu badawczego zawarte są w rozdziale VI.

⁵ Zob. np. G. Karwasz, *Fizyka i zabawki – obrazki z wystawy*, „Postępy Fizyki”, 51/2000, http://www.fizyka.umk.pl/~karwasz/publikacje/2000_Fizyka_i_zabawki.pdf (30.12.2011); G. Karwasz, *Fiat Lux – czyli zabawy ze światłem*, „Postępy Fizyki” 61/2010, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2010/Fiat_Lux_PF_2010.pdf (30.12.2011); E. Rajch, W. Bigus, A. Kamińska, T. Wróblewski, K. Karwasz, A. Niedzička, W. Niedzički, G.P. Karwasz, *Physics and Toys. Now in multimedia*, Proc. of the 10th Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning (EPS-MPTL 10), Berlin 2005, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/toys_mptl10.pdf (30.12.2011).

⁶ Materiały odnoszące się do fizyki zabawek publikowane w licznych materiałach konferencyjnych i czasopismach popularnonaukowych oraz szczegółowo opisane w dwóch opracowaniach multimedialnych G. Karwasza i współpracowników *Fizyka zabawek*, Pomorska Akademia Pedagogiczna, Słupsk 2004 oraz *Physics and Toys*, Soliton, Sopot 2005.

ROZDZIAŁ PIERWSZY

Współczesny kształt edukacji muzealnej Badanie i działanie w środowisku uczącym

1.1. Doświadczenie muzealne jako doświadczenie uczące

Pytanie o to, czym jest doświadczenie muzealne, wydaje się współcześnie szczególnie frapujące dla badaczy penetrujących różne obszary – estetykę, psychologię, historię, pedagogikę. Przecina ono wprawdzie znacznie więcej dyscyplin, niemniej aby podjąć próbę jego opisu, warto zastanowić się szczególnie nad tymi kontekstami, które są istotne z kognitywno-estetycznego punktu widzenia.

Wydaje się, że dobrym wprowadzeniem do tematu będzie przypomnienie uwag G.W.F. Hegla dotyczących utraty przez sztukę autonomii niedługo po jej odzyskaniu po okresie służby celom sakralnym¹. Utrata ta związana była z nieuchronnym połączeniem materialnej formy dzieła sztuki z jego funkcją użytkową. Połączenie formy materialnej z funkcją użytkową sztuki oznaczać miało utratę jej „najwyższego przeznaczenia” i rozpoczęcia przez nią służby rozmaitym interesom. Wiązało się to również z pojawieniem się sztuki wystawowej, swoistej enklawy sztuki nieużytkowej, wyższej². Wydaje się, że połączenie to zaowocowało w estetyce wartościującym podziałem na sztukę wyższą oraz taką, która służy rozmaitym celom praktycznym, a jej częstymi przejawami są brak smaku i skłonność do kiczu. Podział na sztukę użytkową (upadłą) i wyższą, wynikającą z prawa twórcy do samourzeczywistnienia i pominięcia zbędnej kontekstualizacji, doprowadził do swoistej alienacji obiektów podlegających działaniom wystawienniczym, pomimo że wiele z nich można poznać w pogłębiony sposób tylko w ich specyficznym kontekście. Miejsce, w którym odbywa się wyzwolenie sztuki od jej funkcji użytkowych i realizacja jej elitarnego tożsamości, jest muzeum. Warto się zastanowić, co składa się na specyfikę doświadczenia muzealnego i jakie funkcje pełni współczesne muzeum, dostosowując się do dynamicznych zmian cywilizacyjnych.

Istotą działania współczesnego muzeum jest **gromadzenie**, okazuje się przy tym, że jest to najważniejsza jego funkcja – niezależnie od tego, jak dalece posunięty byłby proces dostosowywania innych działań odpowiadających potrzebom społecznym³. Tak zwane naturalia, czyli odpowiednio przygotowane przedmioty pochodzenia przyrodniczego, stanowią podstawę rozbudowanych kolekcji dyscyplinarnych, które porządkują, klasyfikują i opatrują rozbudowanymi opisami i komentarzami zgromadzone zbiory okazów, nadając im względnie trwałe znaczenie. Naturalia i artefakty w czasach dawniejszych, w epoce włoskiego renesansu

¹ W. Hoffman, *Kicz i sztuka trywialna jako sztuki użytkowe*, przeł. S. Michalski, [w:] *Pojęcia, problemy współczesnej nauki o sztuce*, red. J. Białostocki, PWN, Warszawa 1976, s. 479.

² Ibidem.

³ Międzynarodowa Rada Muzeów (ICOM) jako cele działalności muzeów wymienia zbieranie, przechowywanie konserwację i udostępnianie eksponatów. Jednakże, jak przyznają organizatorzy konferencji konserwatorskiej - „Problemy muzeów związane z zachowaniem i konserwacją zbiorów” należy podjąć obecnie dyskusję nad „problemami i dylematami konserwatorskimi, które rodzą się w obliczu współczesnych form interaktywnej prezentacji obiektów zabytkowych i coraz bardziej popularnej idei żywego muzeum. Jednym z nich jest np. kwestia, czy priorytetem jest zachowanie oryginalnej substancji zabytku, czy też może ważniejsze okaże się przywrócenie stanu pierwotnej sprawności technicznej zabytku w celu upowszechniania go”

– <http://www.nid.pl/idm,84,idn,1312,miedzynarodowa-konferencja-konserwatorska-problemy-muzeow-zwiazane-z-zachowaniem-i-konserwacja-zbiorow.html> (20.10.2011).

zaczęto gromadzić w specjalnie przygotowanych miejscach, początkowo zwanych gabinetami osobliwości, galeriami, ale też w bibliotekach, ogrodach botanicznych mieszczących się w siedzibach bogatych rodów⁴.

Prototypem nowoczesnego muzeum jest zapoczątkowana w Luwrze kolekcja, która opierała się na zbiorach zgromadzonych podczas Wielkiej Rewolucji Francuskiej, wydatnie poszerzona w epoce wojen napoleońskich. W wieku XIX i XX utrwaliła się zasadnicza funkcja muzeów odwołująca się do idei narodu, nauki i postępu. Mit założycielski muzeów państwowych nawiązywał do zasady kolekcji, która spełniała różnorakie role, odmienne jednak od sakralnej funkcji sztuki. Muzeum, przyjmując rolę świeckiej świątyni, wytwarzało mity wokół kolekcji (dworzanina, artyści, badacza i podróżnika, anatoma...)⁵. W tym sensie celem muzeum jest uzgadnianie znaczeń, wartości dla społeczeństwa i epoki, w której ono żyje. Jest to też przekształcenie idei religijności w ideę świeckiej świątyni przechowującej narodowe mity wyrażające się w stosunku do historii, przemijania, trwałości symboli kultury⁶.

Zauważmy, że dla lepszego zrozumienia, co zawiera doświadczenie muzealne, potrzebna jest **pedagogia muzeum**, mówiąca o odczytaniach ekspozycji muzealnej będącej projektem czasów ponowoczesnych. Jeśli posłużymy się metaforą lustra, wówczas traktujemy muzeum jako miejsce w którym przebywa depozyt mówiący nam o oryginale. Tymczasem obecne muzea to także miejsca zawierające zbiory i eksponaty, których zadaniem jest opisywanie, kopiowanie i wyjaśnianie zjawisk; w miejscach tych aktywna rola przypada już nie widzom/zwiedzającym, lecz działającym zainteresowanym badaczom. Muzea tego typu spełniają – obok kulturowej – również misję badawczą.

Poszukiwanie przez muzea tożsamości kulturowej i pedagogicznej jest szczególnie istotne w mijającym dziesięcioleciu XXI wieku. Muzea, w zmieniającym się środowisku społecznym, określonym przez coraz to nowe środki techniczne zapewniające powszechny dostęp do wiedzy, muszą znaleźć własne sposoby pozyskania uwagi widza. Wspomniana powszechność dostępu do informacji oraz niespotykana w poprzednich epokach mobilność potencjalnego widza jest dla muzeów poważnym wyzwaniem – sposoby przedstawiania ekspozycji w różnych miejscach na świecie nie mogą się powtarzać. Charakter doświadczenia muzealnego jest jednak zawsze silnie związany ze sposobem prezentacji tego, co muzeolodzy określają mianem „utworów muzealnych”⁷.

1.2. Muzea jako instytucje badawcze i kulturowe. Strategie muzealne

Zadania tradycyjnych muzeów opartych na idei kolekcjonowania ulegają obecnie zmianie; w miejsce dotychczasowej funkcji kolekcjonerskiej, polegającej na tworzeniu zbiorów opartych na zasadzie podobieństwa (np. zgodności z zasadami systematyki roślin i zwierząt). Zadaniem takich zbiorów jest rekonstrukcja i posługiwanie się strategią rekonstrukcyjną. Celem jest odtworzenie w możliwie wierny sposób struktury oryginału. Dzięki temu zwiedzający zbiory otrzymuje swoisty uporządkowany wykład chronologicznie je

⁴ Biblioteka Aleksandryjska oraz Museion posiadały nie tylko księgi z różnych dziedzin, ale również zbiory botaniczne i obserwatorium astronomiczne, prowadzono tam też prace badawcze. Odpowiada to współczesnym funkcjom muzeów nauki.

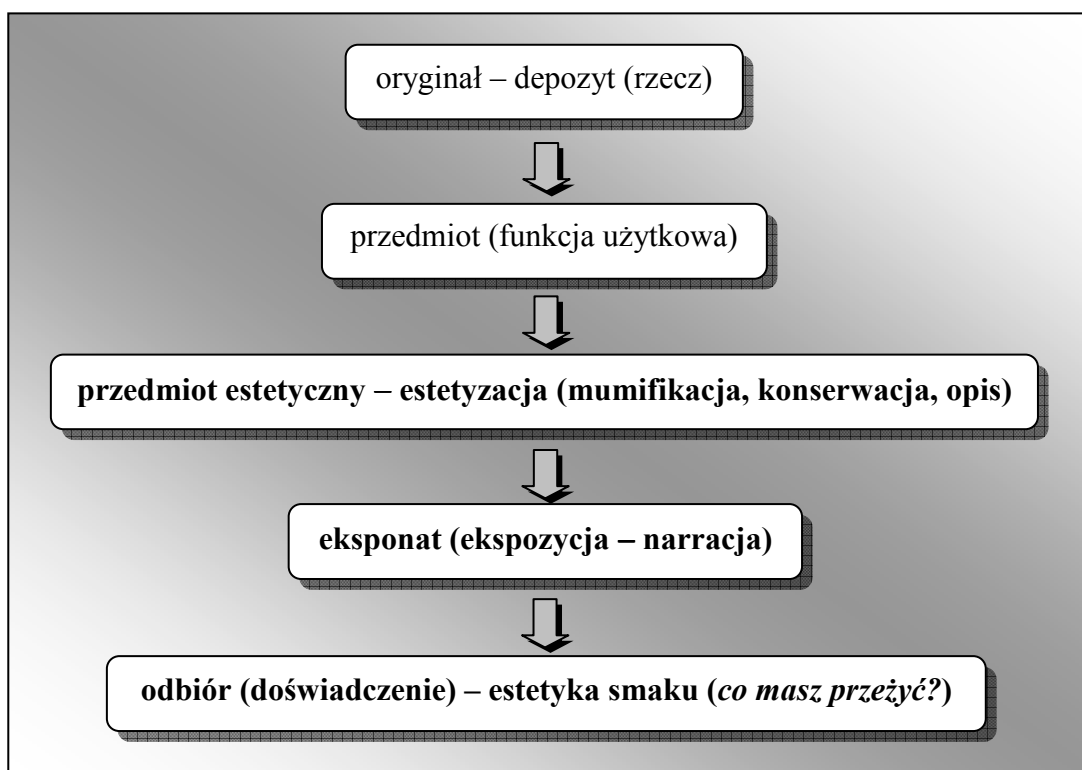
⁵ Por. M. Popczyk, *Estetyczne przestrzenie ekspozycji muzealnych*, Universitas, Kraków, 2008, s. 23 i n.

⁶ Ibidem, s. 24. Autorka stawia także pytanie, czy sztuka współczesna może przenieść te idee, niemniej warto je chyba też uzupełnić o problem usytuowania współczesnego muzeum w sferze publicznej obiegu sztuki. Uległa ona w ostatnich latach gwałtownej transformacji, przenosząc główny nurt swej aktywności do sieci. Muzea, reagując na to zjawisko także coraz częściej korzystają z nowych mediów, będących nie tylko nośnikiem, ale również wytwórcą sensów określających obszary kultury.

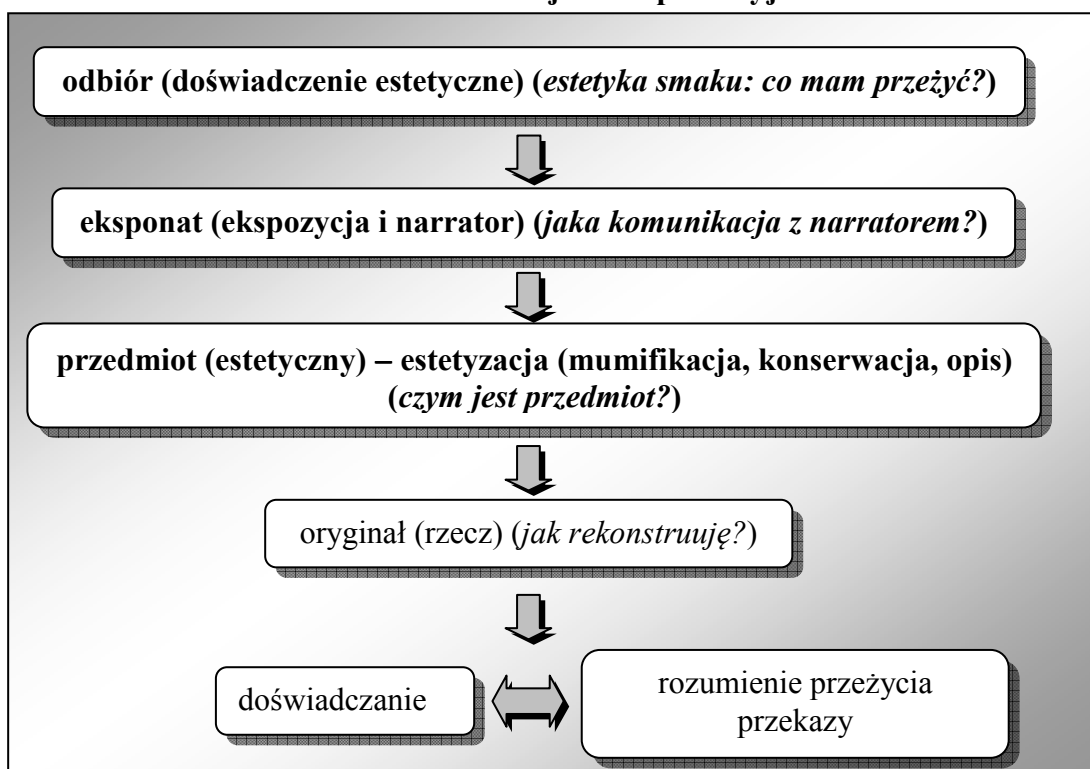
⁷ Por. J. Świecimski, *Muzea i wystawy muzealne*, tom V, *Zarys typologii porównawczej i historycznej*, Wydawnictwo Secesja, Kraków 1998.

porządkujący. Utrzymywana jest zasada ciągłości historycznej muzealnego przekazu, co pozwala jednocześnie prezentować go w uporządkowanej i linearnej narracji, opowiadającej historię poszczególnych kolekcji.

Pedagogie i narracje muzeów⁸



Możliwe narracje interpretacyjne



⁸ Opracowanie własne.

Ekspozycje w muzeach zwykle wystawione są w odpowiednio zaaranżowanej scenerii, tworzącej swoistą narrację, którą rekonstruuje zwiedzający w obrębie wytworzonej dla niej przestrzeni. Elementem tego procesu jest także aspekt estetyczny, który stanowi o charakterze całej ekspozycji.

Analizując powyższy schemat, warto zwrócić uwagę na to, że w końcowej fazie pojawia się możliwość przekształcenia dyskursu muzealnego we własną narrację, która rozpoczyna się w fazie pytania „jak rekonstruuje?”. Sens tej fazy polega na możliwości samodzielnego poszukiwania znaczeń, jakie zwiedzający może w kontekście własnej wiedzy i dotychczasowych doświadczeń nadać ekspонатowi. Pedagogia muzealna otwiera te możliwości nie domykając pola poszukiwań, co jest znaczące dla rozwijania umiejętności interpretacyjnych, pogłębiania wiedzy i motywacji uczestnika do przeżywania nowych doświadczeń oferowanych w przestrzeni muzealnej.

W muzeach składnikami aury towarzyszącej zwiedzaniu są kolekcje zbiorów historii naturalnej, kultury, nauki. Prezentowane są one zwykle w postaci uporządkowanej ułatwiającej zrozumienie struktury danej dyscypliny⁹. Narracje muzealne rozwijają się zazwyczaj wokół przekształcenia oryginału w ekspонат, który zawiera szerszy przekaz, w połączeniu z nim równolegle przebiega również proces estetyzacji, która powoduje zwielokrotnienie sposobów prezentacji ekspozycji. Sposoby te można określać mianem pedagogii muzealnych, których celem jest przekształcenie i przybliżenie eksponatu, stworzenie warunków dla jego bliskiego poznania i rozumienia przekazu, jaki w sobie kryje.

Pedagogię muzeum można więc rozumieć jako splot niejednorodnych i specyficznych dla tych instytucji zróżnicowanych dyskursów, które koncentrują się wokół przynajmniej czterech kategorii:

- a) realizmu – dyskurs kierowany pytaniem „jak było naprawdę, jakie jest znaczenie tego eksponatu?”;
- b) rekonstrukcji – „czy można to znaczenie zrozumieć, odtwarzając je?”;
- c) dyskurs oparty na symulacji – „w jaki sposób można naśladować najpełniej dane zjawisko, tak by zostało w pełni odebrane i poznane?”;
- d) dyskurs oparty na konwencji zabawy i gry – „jaki rodzaj rozrywki można zaoferować widzowi/uczestnikowi, by wciągnąć go w narrację wokół ekspozycji?”.

Pedagogie muzealne mają do spełnienia istotną rolę, polegającą na określeniu walorów edukacyjnych zasobów danej instytucji, a następnie na takim przekształceniu ich w ekspozycję, by pobudziły wyobraźnię, motywację poznawczą oraz uruchomiły ciąg interakcji zmierzających do wytworzenia „pola badawczego” właściwego dla danego zestawu eksponatów. Możemy mówić o różnorodnych strategiach tworzonych przez muzealne pedagogie, warto zatem odwołać się do podziału nawiązującego do nurtów współczesnej sztuki:

1. **Pedagogia kontemplacji i przeżycia estetycznego** – oparta na wezwaniu: „przeżywaj!” i strategii kultury wzrokocentryzmu oraz misji emancypacyjnej muzeum polegającej na upowszechnianiu zdobyczy nauki (np. w Centrum Pompidou – jak pisze Baudrillard – w muzeum tym dużo się dzieje, zwiedzający zaś jest okiem, poruszającym się ciałem)¹⁰.
2. **Pedagogia aktywizmu i interakcji** (deweyzm), której istotą jest przemiana odbiorcy w uczestnika (interaktora) – „nie pytaj czemu, ale działaj!”. Jej odmianą jest pedagogia dydaktyzmu oparta na misji kształcenia widza i jego dorastaniu do odbioru przekazu muzealnego.

⁹ E.P. Alexander, *Museums in Motion. An Introduction to the History and Functions of Museums*, Rowman & Littlefield Publishers, Inc, AltaMira Press, Lanham, Maryland 1996 s. 5 i n.

¹⁰ M. Popczyk, *Estetyczne przestrzenie ekspozycji muzealnych*.

3. **Ponowoczesna pedagogia widowiska** – nawiązująca do idei mówiącej o zaniku historii, opartej na powierzchniowej estetyce krótkotrwałego przeżycia.
4. **Pedagogia prowokacji i pracy pamięci** – nawiązująca do idei *ready made* zastanego, gdzie rzeczy/eksponaty są przeciwstawiane wszechobecnej wizualności. Tak dzieje się w galeriach, gdzie wystawia się fizyczną materię, w ekspozycjach podyktowanych ideami nowej muzeologii czy ekomuzeologii, znajdziemy je w muzeach etnograficznych.
5. **Pedagogia osobista odbiorcy–odkrywcy**. – W nawiązaniu do podanego wyżej schematu jej ideą jest nie prezentacja, lecz doświadczenie indywidualne: zamiast relacji człowiek–przedmiot powstaje relacja doświadczenie–doświadczone.

Pedagogie te nie są komplementarne, nie muszą też być rozłączne. Sądzymy, że możliwe są sytuacje, w których przeplatają się różne wymienione w nich elementy, przypuszczamy też, że w edukacji muzealnej wiele działań ma charakter spontaniczny i częściowo tylko planowany. Zresztą istotą muzealnego uczenia się jest osobiste doświadczenie zastanej sytuacji i przekształcanie jej w zrozumiałą postać. Doświadczenie to jest zatem indywidualne, każdorazowe i zmienne. Stanowi o uroku przyciągającym zwiedzających do muzeów, może uruchomić proces badawczy, ale może również nie pozostawić większego wrażenia. Potrzebne jest więc działanie pedagogiczne wspierające ten spontaniczny proces. Przez taki przemysłany ciąg działań rozumiemy typ strategii właściwy dla określonej ekspozycji muzealnej. W dalszej części opracowania postaramy się scharakteryzować bliżej te strategie, umiejscawiając je w paradygmacie dydaktyki interaktywnej.

Trudności we współczesnych realizacjach pedagogii muzealnych wynikają nie tylko z różnorodności stawianych zadań, ale przede wszystkich z niehomogeniczności grupy odbiorców i różnorodności proponowanych tematów. W odróżnieniu np. od galerii sztuki współczesnej, nie można założyć, że widz w *science center* jest odbiorcą przygotowanym, zainteresowanym przedmiotem przed wejściem, znającym prawa fizyki itd. Sporą część zwiedzających, jak to dalej dokumentujemy, stanowią zorganizowane grupy szkolne, ale i odbiorca indywidualny, turysta, rodzic z dzieckiem musi wynieść z wystawy poczucie zadowolenia intelektualnego oraz wzbogacić swą wiedzę. Na licznych przykładach, w tym również wystaw realizowanych przez autorów, pokazujemy, że trafienie w gusta różnych odbiorców jest możliwe, o ile założona pedagogia była różnorodna już na etapie tworzenia koncepcji. Niezwykle istotnym warunkiem skutecznej pedagogii jest również interdyscyplinarność – łączenie nauki i sztuki, wplatania elementów nauk humanistycznych, przeplatanie nauki z historią i filozofią itd.

Łączenie różnych pedagogii jest niejako przejawem szacunku dla odbiorcy – „przedstawiam nie to, czym dysponuję, ale to, co widz chciałby zobaczyć”. Wędrówka po *science center* staje się wówczas odkrywaniem w pełni aktywnym. Stwierdzenia widzów „ja to też mam” lub „ja to też potrafię powtórzyć” nie świadczą bynajmniej o banalności wystawy, ale stanowią przejaw *identyfikowania* się widza z obiektem i/lub instalacją.



Fot. 1.1. Walencja, dzielnica nauki i sztuki

ROZDZIAŁ DRUGI

Źródła dydaktyki interaktywnej

2.1. Od dydaktyki tradycyjnej ku aktywnej i interaktywnej: od odzwierciedlenia do konstruowania wiedzy

Dydaktyka, jak wiele innych dyscyplin, podlega ewolucji i paradygmatycznym przemianom. Jedną z takich przemian zauważyć można w odniesieniu do problemu pogładowości. Przemianę tę można określić jako przejście od epistemologii obrazu i pogładowości odzwierciedlającej do dydaktyki aktywnej, uwzględniającej podmiot, i wreszcie do dydaktyki interaktywnej, opartej na relacji z przedmiotem uwagi¹.

Współczesna teoria kształcenia poszukuje dla siebie inspiracji w uznanych pedagogiach, między innymi czerpie z idei nowego wychowania pochodzących z czasu intensywnych zmian społecznych, a w konsekwencji też edukacyjnych z początku XX wieku.

Zasadnicze pytanie, które warto postawić, dotyczy możliwości korzystania z dorobku pedagogicznego tego okresu w sposób odpowiadający współczesnej wiedzy z zakresu teorii uczenia się, psychologii i kognitywistyki. Nie wszystkie bowiem poglądy rodzące się w tamtym kontekście mogą być obecnie przyjmowane bezkrytycznie. Niemniej wiele intuicji zawartych w opracowaniach szkoły aktywnej, będących refleksją nad działaniami pedagogicznymi, może być punktem wyjścia dla namysłu nad dzisiejszymi problemami dydaktyki. Jednym z nich jest pytanie o współczesne rozumienie pogładowości w kształceniu, znaczenie relacji uczącego się z otoczeniem materialnym, rzeczami i ich poznawczej roli w budowaniu wiedzy.



Fot. 2.1. Konstruowanie wiedzy w działaniu (fot. JK)

Do najbardziej ugruntowanych w dydaktyce zasad należy zasada pogładowości, której epistemologiczne uzasadnienie wyraża W. A. Diestwerweg, wskazując na sensualistyczny rodowód metody nauczania wychodzącej od poglądu do pojęcia. Do wcześniejszych przedstawicieli tradycji pogładowego kształcenia należeli J. A. Komeński, J. F. Herbart, H. Pestalozzi, W. Rein, którzy akcentowali znaczenie żywego oglądu i ilustracji w dochodzeniu do pojęć. W takim podejściu przyjmuje się, że wiedza w stosunku do poznającego ją umysłu ma zewnętrzny i obiektywny charakter, a tym samym jest w pełni przekazywalna

¹Por. H. Aebli, *Dydaktyka psychologiczna. Zastosowanie psychologii Piageta do dydaktyki*, PWN, Warszawa 1982.

i treści ją tworzące mogą być tak zilustrowane, by możliwa była ich niezakłócona reprodukcja. Wiedzę zawartą w zilustrowanym za pomocą środków dydaktycznych przekazie umysł może skopiować w niezmienionej postaci. Przyjmuje się, że im wierniejszy przekaz obrazowy zostanie dostarczony uczącemu się, tym prawdziwszy i bliższy pierwowzorowi będzie odpowiadający mu obraz powstający w umyśle odbiorcy.

W opozycji do wyżej zarysowanego podejścia ukształtowały się poglądy w ramach tzw. dydaktyki szkoły aktywnej (określenie H. Aebliego), gdzie przeprowadzono krytykę poglądowości odzwierciedlającej, w jej miejsce opisując aktywność badawczą, którą cechuje się uczący się i konstruujący wiedzę podmiot². Odbywa się to w trakcie operacji, które stanowią podstawowe narzędzia myślenia, pozwalające na aktywne, każdorazowe konstruowanie wiedzy i rekonstrukcję na zasadzie akomodacji posiadanych już struktur.



Fot. 2.2. Działanie i konstruowanie wiedzy (fot. JK)

Można tu zauważyć sens intuicji przedstawicieli aktywnej dydaktyki, akcentującej znaczenie samodzielnej aktywności badawczej dziecka, niemniej widać również, że ta aktywność ma charakter jednostkowy, uczący się jest sam i nie konsultuje swych spostrzeżeń z rówieśnikami. Jednak nadal, rozpatrując problem poglądowości w odniesieniu do czasu Nowego Wychowania, można przyjąć, że dominuje jeszcze jego ujęcie odzwierciedlające, pomimo wprowadzenia do praktyki edukacyjnej sytuacji dydaktycznych uruchamiających aktywność uczącego się.



Fot. 2.3. Dydaktyka aktywna największy nacisk kładzie na samodzielność poznawczą dziecka (fot. JK)

Dydaktyka aktywna traktuje uczenie się jako proces badawczy, podczas którego uczący się konstruuje system operacji i określa za ich pomocą pojęcia – myślenie to inaczej narzędzie działania (J. Dewey, E. Claparède, później J. Piaget oraz współczesny konstruktywizm psychologiczny). Poglądy te jednak nie uwzględniają szerszego znaczenia środowiska zewnętrznego i poznawczej z nim relacji, zachodzącej w procesie uczenia się. W tym ujęciu

² H. Aebli, *Dydaktyka psychologiczna*, s. 19 i n.

docenia się jednak wagę wzajemnej wymiany myśli, widać tu już elementy wskazujące na przejście od pogładowości odzwierciedlającej do aktywnej, cechującej się zwiększoną komunikacją uczestników.



Fot. 2.4. Znaczenie komunikacji dla budowania wiedzy (fot. JK)

Nowy paradygmat, który można określić jako dydaktykę interaktywną, zawiera (poza aktywnym podejściem do uczenia pogładowego) również kontekst środowiskowy, w którym ta aktywność poznawcza jest realizowana. Osadzając to zagadnienie w interakcjonistycznej koncepcji społecznego, środowiskowego funkcjonowania człowieka w świecie, wypada przyjąć, że jest on zawsze podmiotem działającym wśród rzeczy i obiektów, którym nadaje znaczenie, że jest ono ustalane w działaniu (F. Znaniecki, G. H. Mead, E. Goffman). Rzeczy, stanowiąc dla człowieka obiekty znaczące, podlegają każdorazowej interakcji, w trakcie której ich sens jest ponownie odczytywany. Przedmiot nie jest w trakcie tego procesu dany raz na zawsze, jego struktura uzależniona jest od zmiennej gry wielu czynników – kulturowych, językowych, i kontekstów związanych z indywidualnymi możliwościami uczącego się.

2.2. Dydaktyka interaktywna a idea wspomagania rozwoju w dydaktyce XXI wieku

Interaktywność można więc rozumieć jako taką relację z przedmiotem uwagi, w trakcie której dochodzi do ukształtowania go jako przedmiotu percepcji o rozszerzonym znaczeniu – w miarę postępowania procesu interakcji. W takim paradygmacie, inspirowanym aktywną koncepcją uczenia się, pojawia się wątek dotąd nieuwzględniany, obejmujący aspekt komunikacyjny. Uczący się, wchodząc we wzajemne interakcje, intensyfikują procesy poznawcze, a wiek w tym przypadku nie odgrywa znaczącej roli.



Fot. 2.5. Różnice wiekowe nie muszą stanowić przeszkody w dobrej komunikacji (fot. JK)



Fot. 2.6. Wielość form aktywności badawczej: **a)** Science Museum, Londyn; **b)** interaktywna wystawa czasowa z Glasgow w Gdańsku (fot. ŁK)

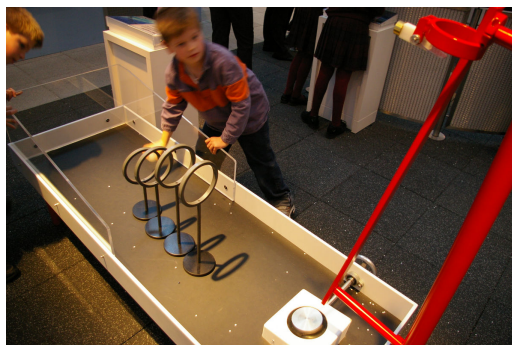
W paradygmacie interaktywnym zauważalny jest element współpracy zespołowej, w mniejszym stopniu uwzględniany w ujęciu dydaktyki aktywnej, gdyż w przeważającej mierze skupia się na jednostkowej eksploracji, doświadczaniu, podczas gdy inne formy badania, takie jak eksperyment, nie są eksponowane, tymczasem także dzieci młodsze mogą czerpać z tej formy badawczej ogromne korzyści poznawcze.

Głęboki, poznawczy sens interakcji z rówieśnikami, ale też aktywna postawa wobec materialnego otoczenia mogą uruchomić nie tylko postawę badawczą, o którą zabiegali zwolennicy dydaktyki szkoły aktywnej, ale również wyzwolić potrzebę eksplorowania, eksperymentowania i innych form doświadczania rzeczy materialnych w trakcie interakcji.



Fot. 2.7. Na przebieg procesu uczenia się wpływ ma m.in. otoczenie wyzwalające postawę badawczą oraz odpowiedni dobór materiału rozwojowego: **a)** projekt sali dydaktycznej (oprac. T. Kuchta, J. Kruk); **b)** wystawa materiału dydaktycznego (Science Museum, Londyn, fot. ŁK)

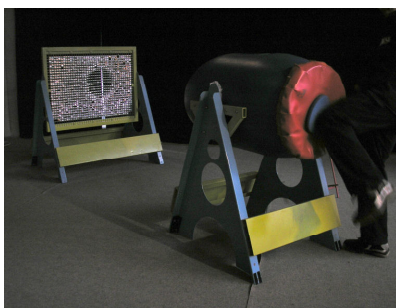
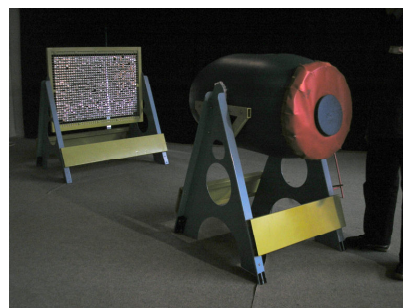
Jedną z najważniejszych form uzyskiwania informacji jest aktywna eksploracja, w czasie której dominującą rolę odgrywają zmysły współpracujące w rejestracji wrażeń. Dotyczy to także wrażeń zapośredniczonych medialnie. Ale proces badania i poznawania może też przybrać inny kształt, taki, w którym stosuje się reguły logiki, rządzące eksperymentem, gdzie pytanie „dlaczego tak się dzieje?” stanowi wstęp do podjęcia procesu badawczego. Wreszcie inny, specyficzny rodzaj poznania bezpośredniego stanowi doświadczenie estetyczne, które jest istotnym elementem pedagogii muzealnej. Ten rodzaj percepcji związany jest z poszukiwaniem wartości przypisywanych przedmiotowi percepcji, będącemu zarazem przedmiotem estetycznym, artefaktem. Można przyjąć, że te rodzaje doświadczeń stanowią o różnych formach poznawczego zaangażowania podmiotu.



Fot. 2.8. Istotą eksperymentu jest ingerencja (Science Museum, Londyn, fot. ŁK)

Doświadczenie o charakterze eksperymentu, w odróżnieniu od wąskiego rozumienia percepcji, współcześnie nastąpiło jako znaczące rozszerzenie tego pojęcia, rozumianego już nie jako ogląd bezpośredni, lecz w dużej mierze jako pomiar i interwencja w badany przedmiot za pomocą odpowiedniej aparatury. Widać to na przykładzie współczesnych eksperymentariów i centrów nauki, które można określić wręcz jako miejsca, w których uczestnik poddaje się zasadzie dzisiejszego eksperymentu naukowego, sformułowanej przez Iana Hackinga: „nie przyglądaj się, ingeruj!”³.

Fot. 2.9. „Nie przyglądaj się – ingeruj” – to najprostsza wskazówka do przeprowadzenia eksperymentów na wystawie czasowej z Glasgow, Gdańsk 2008; **a)** kula plazmowa, w konfiguracji płaskich elektrod pozwala na obserwację linii pola elektrycznego dookoła uziemionej elektrody, czyli w tym przypadku ręki (fot. JK)



b) Fala akustyczna, czyli fala ciśnienia, niesie za sobą energię, która odchyła elementy ekranu – armata służy do nakierowania fali ciśnienia we właściwe miejsce (fot. JK)

Następnym etapem uczenia się w muzeum nauki jest budowanie wiedzy pojęciowej w postaci struktur powiązanych z wcześniejszymi doświadczeniami, o zmiennej plastycznej formie, odpowiadającej postępowi w eksploracji.

W świetle współczesnej wiedzy psychologicznej należałoby się raczej skłaniać do stwierdzenia, że spostrzeżenia zmysłowe i budowane w oparciu o nie pojęcia mają charakter tymczasowy, prowizoryczny. Wiarygodność danych zmysłowych należy traktować z ostrożnością. Dzięki badaniom nad spostrzeganiem prowadzonym od początku ubiegłego stulecia wiemy, iż przekonanie o tym, że wrażenia są podstawową jednostką informacji, było błędne, gdyż nasz mózg, posługując się swoistym „oprogramowaniem”, gromadzi informacje

³ I. Hacking, *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, New York – Cambridge 1983.

w aktywnym układzie nerwowym za pomocą tzw. potencjału czynnościowego i dokonuje ich przekształceń, dochodząc do wiedzy pojęciowej o zmiennym i poszerzanym zakresie. Na ten proces może mieć znaczący wpływ materiał dydaktyczny i rozszerzone środowisko wspomagające eksplorację. Jednym z przykładów takiego wykorzystania materiału dydaktycznego tworzącego swoiste „przygotowane otoczenie” jest pedagogia Marii Montessori, której podejście do rozwijania wiedzy przez dziecko było w jej czasach niezwykle nowatorskie, podobnie jak pomoce dydaktyczne jej autorstwa (por. zdjęcie poniżej).



Fot. 2.11. Przykład pomocy dydaktycznych ułatwiających opanowanie przez dziecko codziennych czynności (fot. ŁK)

czesnego przeżywania różnorodnych wrażeń i pozytywnych emocji w trakcie eksploracji i eksperymentowania. Także znaczącą rolę odgrywa środowisko współtworzące szersze otoczenie dla całościowego przeżywania doświadczenia.

Aranżacja miejsca wzbogacająca przeżycia dziecka, np. przeniesienie w sytuację towarzyszącą kosmonautom przed lotem w kosmos (por. zdjęcie) czy przeżycie doświadczenia w zaaranżowanej pracowni alchemicznej, tworzy szansę na głębsze związanie poznawanych treści z dotychczasową wiedzą dziecka i jej proceduralną asymilację.



Fot. 2.10. Przekaz wiedzy teoretycznej w postaci plakatu naukowego (Deutsches Museum, Monachium, fot. ŁK)

W doświadczeniu prowadzącym do poszerzenia wiedzy istotne jest też przeżycie emocjonalne. Ważne jest większe uwzględnienie możliwości poznawczych w powiązaniu z przeżywaniem, z odbiorem emocjonalnym nowych treści. Pomoc dydaktyczna/ekspozat muzealny nie jest bowiem tylko środkiem dydaktycznym pozbawionym kontekstu, lecz „rozszerzonym przedmiotem uczenia się”, daje więcej możliwości jedno-



Fot. 2.12. Inscenizacja wspomagająca rozumienie i przeżywanie sytuacji („Loty w Kosmos”, Science Museum, Londyn, fot. ŁK)



Fot. 2.13. Znaczenia powstają w kontekście: inscenizacja pracowni alchemika (Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, fot. JK)

W działaniach muzeum istotne jest tworzenie sytuacji sprzyjającej pogłębianiu uwagi. Zjawisko to, opisane także przez Montessori jako „polaryzacja uwagi”, to rodzaj głębokiego zaangażowania, sprzyjającego pogłębionemu procesowi badawczemu. Jeżeli chcielibyśmy w pedagogii muzealnej korzystać z wymienionych elementów dorobku Montessori, to warto uwzględnić te jej intuicje, które odnoszą się do poszerzonego rozumienia doświadczenia badawczego powiązanego z uwagą i kontemplacją, ułatwiającą rozwijanie nie tylko sfery kognitywnej człowieka, ale również pełnego bogactwa przeżyć towarzyszących uczeniu się. W roku 2009 miasto Linz, będące wówczas europejską stolicą kultury, zaproponowało zwiedzającym możliwość niecodziennego doświadczenia ciszy, tak trudnej do uzyskania w warunkach wielkomiejskich, pośpiechu i zgiełku współczesności (por. fot. poniżej).



Fot. 2.14. Linz: miejsce wyciszenia, kontemplacji i skupienia uwagi (fot. ŁK)

W pedagogii muzealnej docenia się znaczenie przeżycia estetycznego dla poszerzonej koncepcji doświadczenia percepcyjnego i uczenia się z jego udziałem. W sytuacjach uczenia muzealnego można w znacznie szerszym stopniu korzystać z tej formy doświadczenia i jego potencjału poznawczego. Odpowiednio zaaranżowane ekspozycje muzealne potwierdzają głęboki sens odpowiedniego nastawienia wobec środowiska i zasiedlających je artefaktów, których badanie zmienia podejście uczestnika do wystawy i jej rozumienia, oraz tego, co go otacza. Takie sytuacje skłaniają do namysłu, koncentracji, pogłębiają wrażliwość, budują umiejętność wyciszenia i skupienia, a także inspirują do bardziej wnikliwych obserwacji. Odbyna się ona w swoistym „polu fenomenalnym”, które stanowi przestrzeń doświadczenia i świadomości refleksyjnej, rekonstruuje sens tego przeżycia. Tym samym percepcja staje się nieodłącznym aspektem ludzkiej kondycji, jest niejako wpleciona w relacje z otoczeniem, gdzie zachodzące interakcje tworzą dla doświadczającego zmienny kontekst poznawczy.

2.3. Wystawa interaktywna jako miejsce eksploracji

We współczesnych, postindustrialnych społeczeństwach mamy do czynienia ze zmianą społeczną wyrażającą się narastającym zróżnicowaniem sposobów świadczenia pracy, rosnącym bezrobociem, upadkiem tradycyjnych dziedzin przemysłu, czemu towarzyszy społeczny zanik zainteresowania techniką i przyrodoznawstwem, przy jednoczesnym dużym udziale wyspecjalizowanych technologii w gospodarce. Nie są one jednak zrozumiałe dla przeciętnego odbiorcy, stąd też zauważalny jest brak podstaw dla budowania świadomości właściwej dla postulowanego „społeczeństwa wiedzy”, które charakteryzuje się postawą odkrywcy i poszukiwacza. Kultura odkryć obecnie zanika, a przecież była ona zawsze siłą napędową rozwoju społecznego.

Centra nauki, muzea techniki i wystawy interaktywne stwarzają okazję do zmiany tego trendu, dostarczając zwiedzającym możliwość bezpośredniego poznania zjawisk i samodzielnego przeprowadzenia doświadczeń z zakresu nauk ścisłych. Podstawowym założeniem jest przekonanie, że wszelkie poznanie powinno rozpoczynać się od badania zmysłowego a nie od opisu werbalnego. Wystawy interaktywne dają zwiedzającym niepowtarzalną możliwość pełnego doświadczenia zjawisk, czynnej obserwacji i eksperymentowania oraz przeżycia zaskoczenia połączonego z zaangażowaniem poznawczym, w efekcie czego pozytywny wynik eksperymentu pozwala na satysfakcję z dokonanego odkrycia.

Cele, jakie stawiają sobie organizatorzy takich wystaw, to zaoferowanie zwiedzającym możliwości poznawania praw nauk ścisłych w zgodzie z własną intuicją. Zwiedzanie takiej wystawy różni się diametralnie od nauki szkolnej – nic nie jest opisywane za pomocą słów, wiedza jest efektem działania i prawie wszystko zależy od uczestnika, jego zainteresowania i dociekliwości. Początkowy moment zaciekawienia staje się impulsem do wykonania eksperymentu; potem następuje analiza i szukanie wyjaśnienia zjawiska. Taki tok działania prowadzi do wiedzy pogłębionej, opartej na intensywnym uczeniu się angażującym wszystkie zmysły, które ukierunkowują badanie intelektualne. Możliwa jest jednak mniej optymistyczna sytuacja, gdy uczestnicy wystawy po kilku próbach rezygnują z kontynuacji procesu. Jest on dobrowolny i organizatorzy muszą brać też i ten wariant pod uwagę. Aby uniknąć ryzyka nieefektywności w przebiegu uczenia się i badania, należy dobrze przemyśleć tok możliwych działań zwiedzających i tak zaplanować ekspozycję, by przyniosła najwięcej korzyści uczestnikom. Poszukując warunków dla efektywnego uczenia się, na wystawach interaktywnych warto uwzględnić kilka istotnych aspektów:

- uczenie się jest aktywnym procesem, w którym nowe informacje zostają powiązane z wcześniejszą wiedzą; wiedza uprzednia może wpływać decydująco na jakość i przebieg całego procesu poznawczego na wystawie;
- proces uczenia się nie zawsze przebiega w sposób uporządkowany, w przewidzianych z góry sekwencjach; przy tworzeniu wystawy warto wziąć pod uwagę sytuacje nowe, problemowe, które stanowić mogą kształcące doświadczenie dla wszystkich uczestników;
- różne osoby uczą się w różny sposób. Proces nauki zależy każdorazowo od tego, jaka forma postrzegania, jaka społeczna interakcja jest preferowana; wiek i wiele innych czynników odgrywa znaczącą rolę, wpływając na indywidualny styl uczenia się;
- organizując wystawę warto tak projektować stanowiska, aby informacje przekazywane były stopniowo, w formie warstw o narastającej złożoności. Dzięki temu zwiedzający je po raz pierwszy nie poczuć się zniechęceni i przeciążeni informacjami. Podczas kolejnej wizyty, wraz ze wzrostem ich wiedzy mogą uczestniczyć w zdobywaniu wiedzy na głębszym poziomie zaawansowania.

Jakość i przebieg procesu uczenia się na wystawie interaktywnej są wypadkowymi wielu czynników: środowiska, które stanowi jego konieczne zaplecze, predyspozycji uczestników i ich motywacji, na którą ma wpływ przemyślana strategia edukacyjna.

ROZDZIAŁ TRZECI

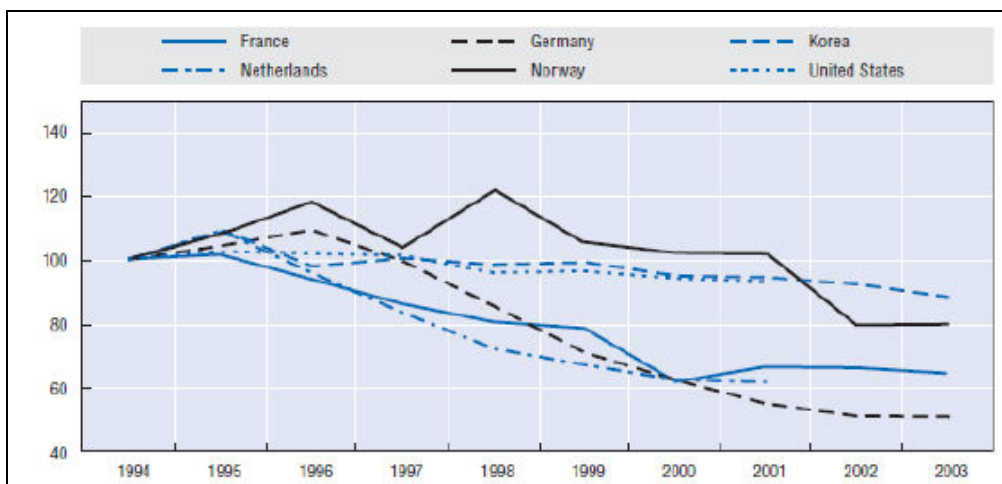
Paradygmaty dydaktyki interaktywnej

3.1. Nowe wyzwania w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych

Powody rozkwitu *science centers* i eksploratoriów w ciągu ostatnich dziesięcioleci są wielorakie. Z jednej strony jest to indywidualne zapotrzebowanie psychologiczne i poznawcze ze strony i młodego i dorosłego odbiorcy, jak to pokażemy poniżej w rozdziale III, z drugiej strony – ich funkcje kulturotwórcze, jak to omówimy w rozdziale IV. Głównymi przesłankami rozkwitu zorganizowanej dydaktyki pozaszkolnej są problemy *makropolityczne* – polityki edukacyjnej, naukowej, a w ostatecznym rozrachunku polityki ekonomicznej.

Raport angielskiej Izby Lordów z 2000 roku, cytowany w opracowaniu Commonwealth dotyczącym roli muzeów w popularyzacji nauki i techniki, stwierdza: „Nauka, technika i inżynieria są nierozdzielnie związane z postępem przez wszystkie ludzkie działania: edukacyjne, intelektualne, medyczne, środowiskowe, społeczne, ekonomiczne i kulturalne... Nauka i technika wnoszą również najważniejszy wkład w podnoszenie jakości usług publicznych oraz jakości życia”¹.

W rozwiniętych krajach Europy od lat obserwuje się spadek zainteresowania studiami ścisłymi i technicznymi. W krajach takich jak Francja i RFN liczba absolwentów fizyki spadła w latach 1994–2003 o połowę, zob. ryc. 3.1. Centra nauki i eksploratoria są jednym z remediów na ten spadek zainteresowania, są też sposobem na uzyskanie szerszej akceptacji społecznej dla wydatków na naukę, a także sposobem na pozyskanie środków spoza budżetu państwowego. Exploratorium w San Francisco powstało na fali zainteresowania społecznego nauką i techniką – w roku lądowania astronautów USA na Księżycu.



Ryc. 3.1. Liczba absolwentów studiów w zakresie fizyki w latach 1994–2003²

Raport Dyrektoriatu Badań Naukowych UE z 2007 roku podkreśla nie tylko rolę nauczania przedmiotów ścisłych, ale także wskazuje na konieczność podjęcia specyficznych działań.

¹ House of Lords, *Third Report of the Selected Committee on Science and Society*, cytowane za „Using museums to popularise science and technology”, ed. S. Errington, B. Honeyman, S.M. Stockmeyer, Commonwealth Secretariat, London 2001, s. 9, tłumaczenie GK.

² *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, High Level Group on Science Education (M. Rocard), European Commission, Directorate-General for Research, EUR 22845 (2007).

„Postęp w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych powinien dokonywać się przez nowe formy *pedagogiki*: wprowadzanie podejścia opartego na samodzielnym rozumowaniu (*inquiry-based*) i rozwój sieci współpracy między nauczycielami”³. Wspomniany raport wskazuje też na konieczność nadania ram formalnych działaniom w zakresie edukacji matematyczno-przyrodniczej. W działaniach tych powinni uczestniczyć wszyscy „udziałowcy” – eksperci w zakresie edukacji, nauczyciele, studenci, organizacje rodziców, naukowcy, inżynierowie, przedsiębiorstwa⁴. Unia Europejska systematycznie wprowadza te zalecenia do praktyk edukacyjnych, np. przez finansowanie działań w panelach projektów naukowych „Science and Society”⁵ oraz programach edukacyjnych, jak Leonardo da Vinci czy Socrates.

Kolejny motyw dla rozwoju centrów popularyzacji nauki to kwestie *organizacji systemów oświatowych*. Dydaktyka pozaszkolna, niejako w czasie wolnym ucznia, jest – jak to już dawno zauważono w krajach kultury anglosaskiej – niezwykle ważnym elementem całości procesu kształcenia. „Niestety, jest tendencja w naszym kraju [Australii] do identyfikowania słowa *edukacja* z tym, co się dzieje w szkołach, albo co najwyżej z tym, co się dzieje na wyższych uczelniach [ang. *college*] i na uniwersytetach. To pozostawia poza nawiasem inne instytucje i czynniki, które w mniejszym lub większym stopniu, lepiej lub gorzej mogą mieć wpływ na wiedzę, umiejętności, stopień zrozumienia, stopień doceniania i oceny naszych obywateli: telewizję, radio, film, prasę komiksową, rodzinę, grupy podwórkowe, nauczycieli prywatnych, wystawy, ekspozycje, przemysł (który rozwinął własne programy szkoleń), wojsko i *muzea*” – pisał S. Anderson⁶.

W 2007 roku tak to skomentowała L. J. Rennie: „Na szczęście, mimo że S. Anderson pisał swój rozdział w 1968 roku, rewolucja była już w toku. [...] Właściwa ocena wartości edukacyjnej uczenia się poza szkołą jest częścią rewolucji, jako że możliwości uczenia się jest wiele”. Centra nauki i eksploratoria to więc *nauczania nieformalne*, poza oficjalnymi strukturami szkolnymi oraz poza oficjalnym czasem przeznaczonym na naukę.

Centra nauki to z jednej strony przejście od nauki w strukturach formalnych do nauki w strukturach pozaszkolnych, z drugiej strony to też zamiana sposobu nauczania: od przymusu do przyjemności. Program koordynowany przez autora (GK) w panelu „Science and Society” VI Programu Ramowego UE (2005–2006) nosił nazwę „PhysFun” (Physics is Fun), a nazwa nowego centrum interaktywnego w Gdyni (2011 r.) to EduFun.

Pisze S. Ghose, były dyrektor Narodowej Rady Muzeów Nauki w Indiach w przedmowie do raportu Commonwealth: „Różga i tablica, formuły matematyczne i plan egzaminów – to wszystko przez wiele lat było istotą systemu edukacji wszędzie na świecie. Zamień różgę na zabawę, tablicę na multimedia, formuły matematyczne na eksponaty *hands-on*, plan egzaminów na plan zwiedzania – i masz centrum nauki!”⁷.

³ **Recommendation 2** Improvements in science education should be brought about through the new forms of pedagogy: The introduction of the inquiry-based approaches in schools and the development of teachers’ networks should actively be promoted and supported. *Science Education now*, s. 18.

⁴ **Recommendation 6** A European Science Education Advisory Board involving representatives of all stakeholders, including experts of science education, teachers, students, parent organisations, scientists, engineers and firms, should be established and funded by the European Commission within the framework of the above instruments. Tamże, s. 19.

⁵ Zob. G. Karwasz, Projekt *Physics is Fun*, EU 02072 (2005-2006), http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/ (30.12.2011).

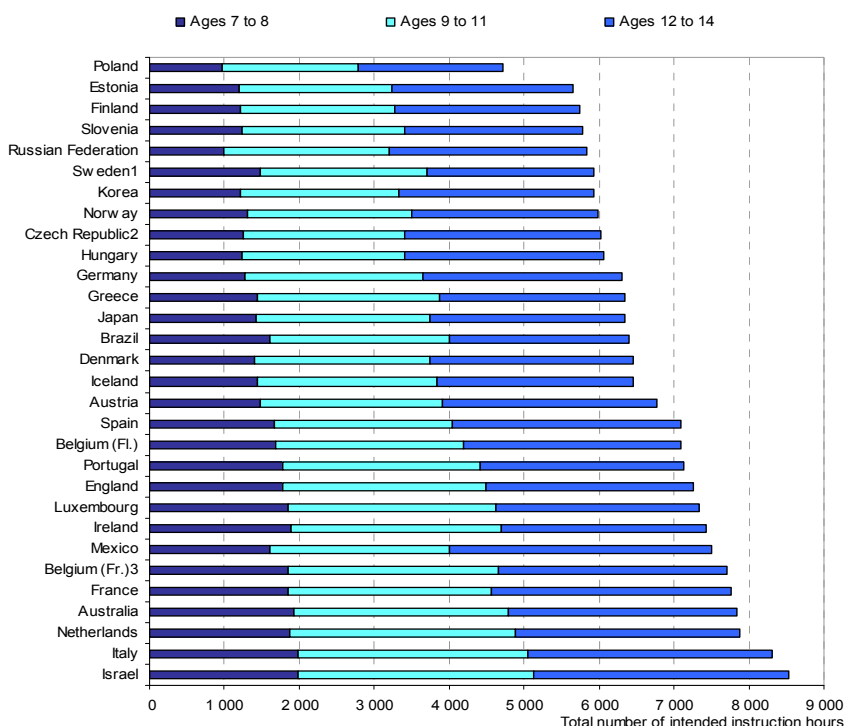
⁶ S. Anderson (1968), cytowane przez L. J. Rennie, *Learning Science Outside of School*, [w:] *Handbook of Research on Science Education*, ed. S. K. Abell and N. G. Lederman, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey 2007, s. 125, tłumaczenie GK, podkreślenia oryginalne.

⁷ S. Ghose, *Foreword* [w:] *Using museums to popularise science and technology*, ed. S. Errington, B. Honeyman, S. M. Stocklmeyer, Commonwealth Secretariat, London 2001, s. 6, tłumaczenie GK.

Eksploratoria i centra nauki są, w stosunku do tradycyjnego muzealnictwa, nową jakością, w której widz zdobywa wiedzę nie przez ogląd lub przekaz werbalny, ale ma możliwość dotknięcia eksponatu, przeprowadzenia własnego doświadczenia, zaplanowania sekwencji poznawczej, weryfikacji hipotez. W centrach nauki eksponat „wychodzi” do widza, a przekaz wiedzy (ukrytej w eksponacie lub w całej ich serii) ma charakter *konstruktywistyczny*. O ile ekspozycja jest właściwie zaprojektowana, a podajemy wiele tego rodzaju przykładów, odbiorca w dużej mierze samodzielnie składa całość wiedzy na podstawie pojedynczych elementów, jakimi są eksponaty.

Prototypem tego rodzaju instytucji jest Exploratorium w San Francisco (rok założenia 1969). Dziś liczba centrów jest trudna do oszacowania – jest ona rzędu tysięcy na całym świecie. Instytucją skupiającą największe z nich i zapewniającą wzajemny przepływ doświadczeń tak technicznych, jak dydaktycznych jest European Network of Science Centres and Museums, zob. strona internetowa tej instytucji⁸. Funkcje edukacyjne podejmowane są nie tylko przez eksploratoria, ale i przez tradycyjne formy wystawiennictwa, jak ogrody zoologiczne, oceanaria, muzea geologiczne, muzea historii naturalnej, parki narodowe itd.

W Polsce ilość instytucji prowadzących działalność dydaktyczną bezpłatnie, jak to dzieje się w stosunku do widza indywidualnego w Science Museum w Londynie, jest znikoma. A potrzeba tego rodzaju działań wspomagających szkołę jest wielka, ma uwarunkowania nie tylko psychologiczne i społeczne, ale wynika również jasno z porównań międzynarodowych, np. prowadzonych przez OECD, zob. ryc. 3.2.



Ryc. 3.2. Sumaryczna liczba godzin szkolnych dla uczniów w wieku 7–14 lat w wybranych krajach OECD⁹. W Polsce uczeń spędza w szkole drastycznie mniej czasu niż w innych krajach. Rodzi to tym większą potrzebę dodatkowych działań dydaktycznych poza szkołą, i to działań powszechnie *dostępnych* (źródło: OECD)

⁸ EXCITE, European Network of Science Centres and Museum, <http://www.ecsite.eu/> (30.12.2011).

⁹ *Education at a Glance, OECD Indicators* OECD, 2010, http://www.oecd.org/document/52/0,3746,en_2649_39263238_45897844_1_1_1_1,00.html (30.12.2011).

Reasumując, wszystkie znaczące instytucje międzynarodowe podjęły w ostatnich latach intensywne działania dla podniesienia *efektywności* nauczania przedmiotów matematyczno-przyrodniczych. W licznych opracowaniach podkreśla się rolę nauczania *pozaszkolnego*, często nieformalnego, prowadzonego w muzeach, centrach nauki i eksploratoriach.

3.2. Funkcje poznawcze w interaktywnym przekazie wiedzy

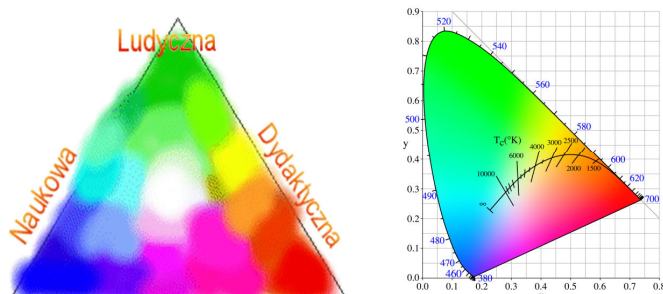
Jak pokażemy w rozdziale IV, muzea i centra nauki realizują w pierwszej kolejności zadania wynikające z ich usytuowania w strukturze regionalnej – odpowiadają przede wszystkim na lokalne, regionalne i narodowe zapotrzebowanie odbiorców. Zawierają też różne koncepcje twórców, spełniając zadania zlecone przez finansujące je instytucje. Względy organizacyjne oraz poszczególne dziedziny nauki reprezentowane na wystawach wpływają na dobór metod oddziaływania edukacyjnego.

Niezależnie jednak od tych różnic celowe jest wyróżnienie wspólnych funkcji, jakie centra nauki, muzea oraz wystawy (tradycyjne i interaktywne) spełniają w stosunku do *odbiorcy*. Porównanie sposobów oddziaływania na widza pozwala we wszystkich przypadkach na wyodrębnienie trzech następujących funkcji *poznawczych* w nauczaniu interaktywnym, w szczególności w nauczaniu poprzez centra nauki:

- a) funkcja **zabawowa (ludyczna)**,
- b) funkcja **dydaktyczna**,
- c) funkcja **quasi-naukowa**.

Funkcje te nazywamy w umowny sposób funkcjami *poznawczymi*, mimo że nie oddziałują one tylko na sferę *poznawczą* odbiorcy, ale również na jego zmysł artystyczny, emocje, przyszłe zachowania praktyczne itd. Wyodrębnienie tych funkcji w konkretnych realizacjach nie jest więc łatwe, jako że są one obecne we wszystkich działaniach, ale z różnym względnym *natężeniem*. Co więcej, wyodrębnienie czy raczej *wyróżnienie* poszczególnej funkcji zależy nie tylko od rodzaju wystawy czy eksponatu, ale głównie od odbiorcy i sposobu przedstawienia treści, które powinny być dostosowane do zainteresowań, wieku, wiedzy, możliwości percepcji poszczególnych odbiorców.

Funkcja ludyczna, dydaktyczna i naukowa pozostają komplementarne i są ze sobą wymieszane, jak barwy na palecie malarza. Posługując się przykładem syntezy barw z kolorów podstawowych (zielonego, czerwonego, niebieskiego), możemy przedstawić trzy funkcje pedagogiczne eksploratoriów w postaci trójkąta, podobnie jak to się dzieje dla trójkąta barw. Konkretny kolor, np. pomarańczowy, powstaje przez domieszkę koloru zielonego i bardzo niewielkiej ilości niebieskiego do koloru czerwonego. Dana wystawa może głównie bawić, a przy okazji też uczyć i włączać widza w pogłębianie zagadnień naukowych.



Rys. 3.3. Trzy funkcje oddziaływania na widza w centrach nauki: zabawowa (ludyczna), przekazu wiedzy (dydaktyczna) i poznawcza (naukowa) nawzajem się uzupełniają, tak jak to jest w trójkącie barw – trzy kolory podstawowe, niebieski, zielony i czerwony pozwalają na wzajemne różne kombinacje, rys. GK; schemat kolorów, Wikipedia commons (20.11.2011)

Funkcja nazwana przez nas dydaktyczną umiejscawia się w sposób naturalny jako uzupełnienie i/lub zastąpienie szkoły – uczeń otrzymuje wstępną wiedzę od nauczyciela a eksponat służy do:

- prezentacji nowych treści,
- pogłądowej ilustracji zjawiska,
- pogłębienia wiedzy i wyjaśnienia zjawiska,
- pokazania zastosowań praktycznych zdobytej wiedzy.

Czytelnik zauważy, że zadania te są poszerzeniem *celów* wymienianych przez tradycyjne podręczniki dydaktyki ogólnej¹⁰.

Niezwykle ważna jest też funkcja *ludyczna*. Konieczność *zabawy* w centrach nauki wynika nie tyle z potrzeb odbiorcy, co założonego przez prezentującego sposobu przekazu. Przekaz wiedzy w centrach nauki, szczególnie dla odbiorcy indywidualnego, odbywa się w czasie niejako „ukradzionym” z czasu zarezerwowanego na rozrywkę i odpoczynek. Co więcej, odbiorca zazwyczaj płaci za ten czas, inaczej niż w szkole.

Jest jeszcze drugi, kognitywistyczny aspekt wykorzystania funkcji ludycznej. Poznanie, poprzez korę mózgową to tylko jedna z niewielu funkcji *mózgu* człowieka. Cała sfera emocjonalna, podkorowa, pozornie odłączna od sfery racjonalnej, jest w rzeczywistości z nią wszechstronnie powiązana. Emocje i procesy poznawcze są ściśle ze sobą związane – literatura tego zagadnienia jest obszerna, począwszy od Arystotelesa¹¹. Funkcja określana tu umownie jako ludyczna polega więc na sięganiu do mechanizmów emocjonalnych poznania. Eksponat dydaktyczny i cała *ścieżka dydaktyczna* powinny:

- zadziwiać niespodziewanymi skojarzeniami,
- podobać się estetycznie,
- zaskakiwać nowością,
- rozśmieszyć,
- a nawet przestraszyć!



Fot. 3.4. Trzy funkcje poznawcze w muzeach nauki na przykładzie powerhouse museum w Sydney i Questacon w Canberze: **a)** model cyklu termicznego chłodziarki: manometry, tłoki, zawory, wymienniki ciepła – wszystko technologicznie doskonałe, ale niezbyt zrozumiałe, a przez to niezbyt zabawowe; **b)** pianino do stąpania: mnóstwo ruchu i zabawy, a przy odrobinie czasu możliwość zagrania melodii bez zgłębiania tajników harmonii fortepianu; **c)** zwykła pompa do wody: bardzo dydaktyczna, nieco naukowa, ale przy tym gwarantująca zabawę (fot. GK)

Podajmy parę przykładów. O ile zwykły wirujący bączek nie wzbudza naszego zainteresowania poznawczego, to bączek odwracający się samoczynnie, zob. fot. 3.5, wywołuje zdziwienie¹². Zwiedzający niezawodnie zadają pytanie „Dlaczego?”. Podobnie intryguje

¹⁰ Zob. np. F. Bereźnicki, *Dydaktyka kształcenia ogólnego*, Wydawnictwo Impuls, Kraków 2007.

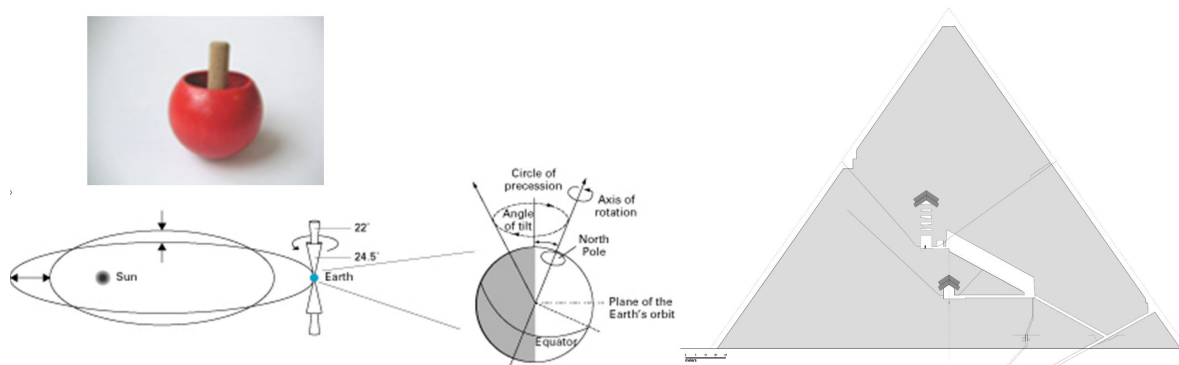
¹¹ „Emocje są tymi doznaniem, które tak zmieniają człowieka, że wpływają na jego sądy”, Arystoteles, *Retoryka*, PWN, Warszawa 2001, s. 60.

¹² Zob. G. Karwasz i in., *Fizyka zabawek*, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/> (30.12.2011).

widzów zwracające kierunek obrotu celtyckie czółenka¹³. Prawa zachowania w fizyce, jak te podręcznikowe, energii, pędu i momentu pędu wzbudzają u uczniów znudzenie. Ścieżka poznawcza, pełna pozornych paradoksów, pt. „Prawa niezachowania”, składająca się z odwracającego się bączka i zwracającego czółenka stanowi niezawodnie działający element wykładu interaktywnego na każdym poziomie nauczania, tak dla dorosłych, jak dzieci, tak dla nauczycieli, jak gimnazjalistów.

Wspomaganie poznania przez procesy emocjonalne nie tylko ułatwia asymilację wiedzy, ale czyni tę wiedzę trwalszą i łatwiej dostępną w pamięci. Wiedza i zabawa tworzą przeplatającą się spiralę pozytywnych skojarzeń, pozostających w pamięci zwiedzającego¹⁴. To pozytywne kojarzenie nauki i zabawy dotyczy nie tylko przeciętnego widza, ale również ekspertów, w tym dziennikarzy opisujących wystawy dydaktyczne, zob. rozdział VII.

Funkcja naukowa jest rozwinięciem funkcji dydaktycznej – niejako jej uzupełnieniem: naukową ciekawostką. Funkcja naukowa zaczyna się tam, gdzie funkcja dydaktyczna się kończy. Posłużmy się przykładem wirującego bąka. Niewprawnie rozkręcony lub potrącony po rozkręcaniu zaczyna zataczać powolne okręgi¹⁵. Wszyscy pamiętamy, jak zwalnający bąk zaczyna kołysać się na boki¹⁶. Zjawisko to nazywamy *precesją*. Precesji dokonuje również oś Ziemi, zataczając krąg w ciągu 25 tysięcy lat. Gwiazdą polarną jest dziś gwiazda w układzie Małego Wozu, za 12 tysięcy lat będzie to bardzo jasna gwiazda w konstelacji Wegi.



Ryc. 3.5 Przejście od funkcji ludycznej eksponatu (wirujący bączek), przez funkcję dydaktyczną (precesja osi Ziemi), do funkcji naukowej (usytuowanie komory grobowej faraona w piramidzie¹⁷). Z wykładu autora o zmianach klimatycznych pt. „Dlaczego zimą jest ciepło”¹⁸

Na tym ostatnim wyjaśnieniu funkcja dydaktyczna się kończy – przeciętnemu uczniowi, a nawet absolwentowi astronomii więcej informacji nie jest potrzebne. „Bagaż kulturowy” jest wystarczający, a wyjaśnienie eksponatu i zjawiska w pełni satysfakcjonujące. Uczeń wie, jak zjawisko się nazywa; wie, że dotyczy wirujących brył; wie, że prosta zabawa ma kosmiczne konsekwencje¹⁹. Dodatkowe informacje nie są *niezbędne*. Ale skojarzenie między parametrami ruchu wirowego i obiegu dookoła Słońca ze zmianami klimatycznymi (np. przez współczynnik odbicia promieniowania, tzw. albedo) wprowadza nowe zagadnienia: zmiany klimatyczne zależą (nieco) od zmian astronomicznych, ale zmiany klimatu obserwowane ostatnio zachodzą głównie z powodu działalności człowieka. Ruch bączka i zagadnienia klimatologii są ze sobą wbrew pozorom ściśle związane.

¹³ Zob. G. Karwasz i in., *Fizyka zabawek*, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/> (30.12.2011).

¹⁴ Pierwsza z organizowanych przez autora (GK) wystaw, z 1998 roku, nosiła nazwę „Fizyka i zabawki”. Mimo że zrealizowanych przez autora form i tematów wystaw jest wiele, nadal są one kojarzone jako „zabawki”.

¹⁵ Dokładniej, oś obrotu zaczyna zataczać pobocznicę stożka.

¹⁶ Zdanie to, przywołujące wspomnienia osobiste, zastępuje poglądowość kręcącego się bąka.

¹⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Pyramid_of_Giza (30.12.2011).

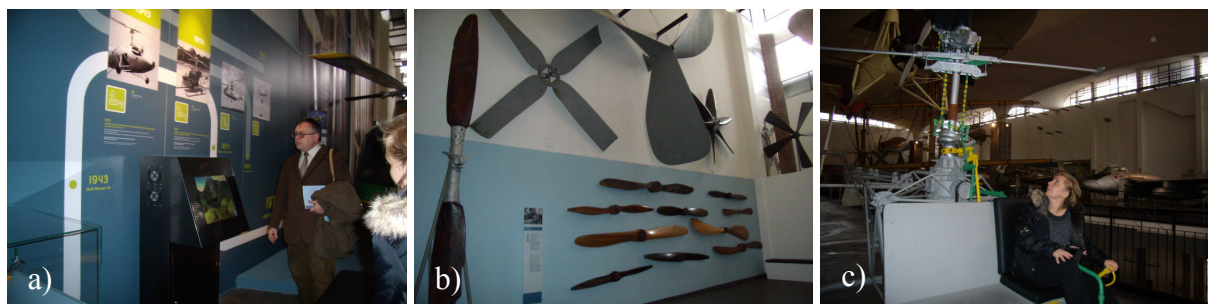
¹⁸ http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Dlaczego_zima_jest_cieplo.html (30.12.2011).

¹⁹ Uczeń nadal nie wie, co jest *przyczyną* precesji, ale tego nie wie również większość absolwentów astronomii.

Czy możemy potwierdzić *precesję* osi Ziemi za pomocą archeologii? Oczywiście! Piramidy egipskie miały na celu zapewnienie faraonom oglądania gwiazd również po śmierci. Ale gwiazdy „wirują” po nieboskłonie, tak więc faraon widziałby je jedynie od czasu do czasu. No, chyba że będzie miał widok na gwiazdę polarną, która miejsca na nieboskłonie nie zmienia. I rzeczywiście, wąski kanał z komory grobowej faraona celuje w gwiazdę polarną, Thubar w konstelacji Smoka, zob. ryc. 3.5. Tylko że nie jest to już gwiazda polarna! Była nią 5 tysięcy lat temu, ale biegun się przesunął. Funkcja quasi-naukowa prowadzi do dyskusji o archeologii – rozszerza pole rozważań na problemy interdyscyplinarne, humanistyczne.

Przedstawiona analiza wyjaśnia zarówno sposoby przejścia od funkcji ludycznej do dydaktycznej, jak i źródła zdobywania wiedzy oraz sposoby jej przystępnej prezentacji dla widza z uwzględnieniem różnych poziomów komplikacji. Zaznaczymy również, że poszczególne funkcje rzadko występują pojedynczo. W dalszej części tego rozdziału pokażemy, jak w różnych realizacjach tego samego eksponatu (i w różnych sposobach jego przedstawienia) zmienia się udział poszczególnych funkcji. Pokażemy, jak konstruować wystawy i eksploratoria, aby zapewnić spełnienie wszystkich wyżej wymienionych funkcji, a przez to adresować tworzone inicjatywy do możliwie szerokiego grona odbiorców.

Przykład współistnienia trzech działań: ludycznego, dydaktycznego i systematyzującego (naukowego), w zakresie jednej tematyki – lotnictwa, z Muzeum Nauki i Techniki „Leonardo da Vinci” w Mediolanie przedstawiamy na fot. 3.6. Mapa historyczna rozwoju lotnictwa ze zdjęciami epokowych modeli spełnia funkcję dydaktyczną. Kolekcja śmigieł zainteresuje specjalistę od aerodynamiki, wreszcie działający model helikoptera spełnia nie tylko funkcję ludyczną, ale wprowadza zastosowania praktyczne wynalazków lotniczych. Trzy funkcje sąsiadują ze sobą na powierzchni kilkudziesięciu metrów kwadratowych, wykorzystując każdy element przestrzeni dostępnej.



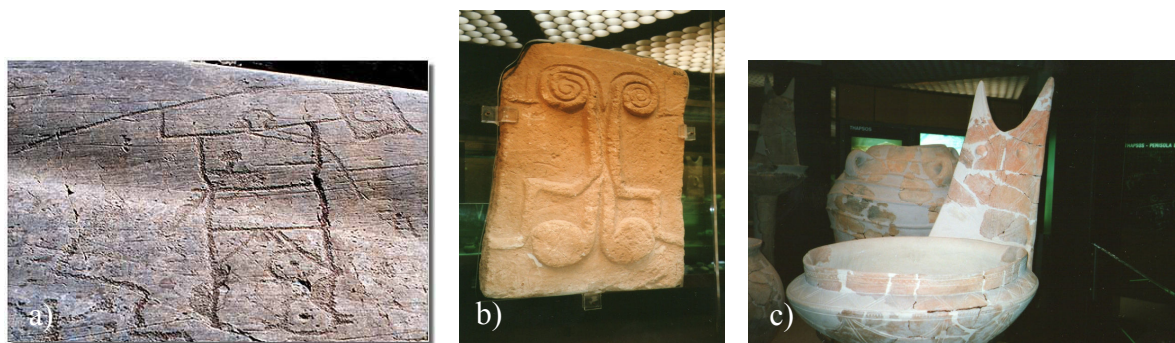
Fot. 3.6. Trzy funkcje poznawcze w muzeach nauki na przykładzie historii lotnictwa w Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie: **a)** funkcja dydaktyczna – historyczne i techniczne etapy rozwoju lotnictwa we Włoszech; **b)** rodzaje śmigieł, funkcja kolekcjonerska – naukowa; **c)** funkcja ludyczna – symulacja sterowania helikopterem (fot. MK)

Umiejętność zdefiniowania, wyodrębnienia (i ukrycia przed widzom) trzech funkcji poznawczych stanowi istotę sukcesu wykładu interaktywnego, wystawy, instalacji dydaktycznej. Przed szczegółową dyskusją tych funkcji poznawczych w instytucjach stanowiących główny przedmiot opracowania posłużymy się kilkoma przykładami (*case studies*) ze zrealizowanych wystaw interaktywnych (oraz ich wersji multimedialnych²⁰). Pokażemy, jak funkcja ludyczna stwarza możliwości dydaktyczne i jak w miarę pogłębiania zagadnienia prowadzi również do funkcji quasi-naukowych.

²⁰ Zob. np. G. Karwasz, *Fizyka i zabawki – obrazy z wystawy*, Postępy Fizyki, nr 51, 2000, http://www.fizyka.umk.pl/~karwasz/publikacje/2000_Fizyka_i_zabawki.pdf (30.12.2011); E. Rajch, W. Bigus, A. Kamińska, T. Wróblewski, K. Karwasz, A. Niedzicka, W. Niedzicki, G.P. Karwasz, *Physics and Toys. Now in multimedia*, Proceedings of the 10th Workshop on Multimedia in Physics Teaching and Learning (EPS-MPTL 10), Berlin 2005, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/toys_mptl10.pdf (30.12.2011).

3.3. Dydaktyka interaktywna jako nowa realizacja zasady pogładowości

Zasada pogładowości leży u podstaw dydaktyki od zawsze, jak na to wskazują nie tylko postulaty klasyków (J. Locke, J. Komeński), ale również, np. literatura religijna. Co więcej, zasada pogładowości leży od zawsze u podstaw *przekazu informacji*, jak to dokumentują odkrycia archeologiczne z najdawniejszych okresów historii ludzkości. Co najmniej też od dziesięciu tysięcy lat odzwierciedlenie rzeczywistości przestaje odpowiadać w sposób dokładny formie wizualnej tej rzeczywistości, a służy przekazaniu *idei*, z jaką twórca dzieła tę rzeczywistość kojarzy – już w neolicie pojawia się tzw. sztuka abstrakcyjna, zob. fot. 3.7. Artysta – neolityczny historyk codzienności z Valcamonica w dzisiejszej Lombardii przedstawił nie osobę, ale gest zwycięstwa, z podniesioną włócznią i tarczą. Jeszcze bardziej skomplikowane są wyobrażenia ze średniej epoki brązu, tj. z II tysiąclecia p.n.e. z Sycylii. Są one bardziej schematami niż obrazami, zob. fot. 3.7.



Fot. 3.7 Ilustracja służy nie odzwierciedleniu przedmiotu czy osoby, ale *wyobrażenia* o nim, jego działania lub innej treści, którą twórca chce przekazać – przykłady sztuki abstrakcyjnej z prehistorii:

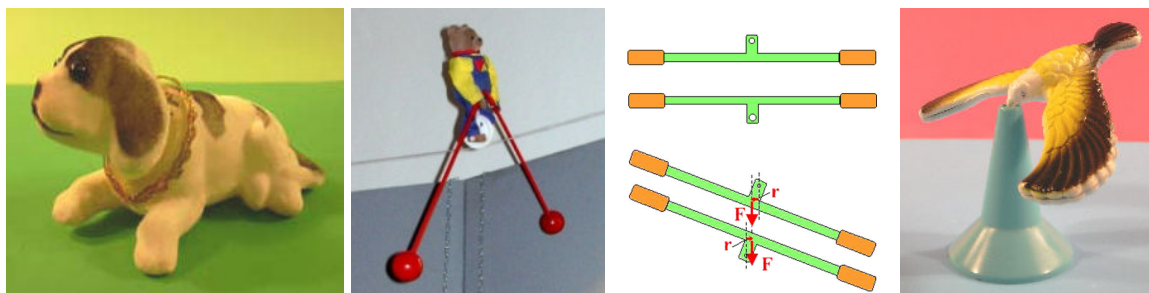
a) dumny wojownik neolityczny z Val Camonica²¹; **b)** drzwi grobowca z Castelluccio, XIX–XIV w. p.n.e., Museo Archeologico Regionale „Paolo Orsi”, Siracusa; **c)** umywalka z „oparciem” w formie torsu kobiety z Thapsos, XV–IX w. p.n.e., tamże (fot. GK)

Wykorzystanie pogładowości w jej *abstrakcyjnej*, a nie „dotykowej” formie leży u podstaw konstruowania wystaw dydaktycznych i kolekcji w centrach nauki. To nie obiekt, ale *idea*, niezrozumiała, trudna do wyobrażenia, zbyt ogólna, jest ilustrowana przez eksponat lub ich serię. Zagadnienie równowagi mechanicznej można przedstawić w postaci kulek na pochyłej powierzchni, ale znacznie bardziej pogładowe jest zestawienie kilku eksponatów, pieska „kiwaczka”, misia ekwilibrysty i wiszącego na dziobie ptaka, zob. fot. 3.8.

Współczesna realizacja zasady pogładowości w dydaktyce musi wypełniać dwie luki wynikające nie z niedoboru obrazu, ale z jego *nadmiaru* (głównie w formie wirtualnej). Z jednej strony eksponat ma zapewnić widzowi *fizyczny* kontakt z realnym światem, z drugiej strony eksponat ma ilustrować nie przedmiot, ale *ideę*, wyobrażenie, działanie tego przedmiotu. Jak pisał prof. Kazimierz Sośnicki „nadmiar pogładowości prowadzi do infantylności”²². Realizacja pogładowości w warunkach nadmiaru informacji musi pokazywać tylko istotną informację, którą w danej porcji informacji zdecydowaliśmy się przekazać widzowi tu i teraz. Paradoksalnie współczesny nadmiar informacji prowadzący do niedoboru *czasu* u widza przypomina epokę, w której przekazywana treść musiała mieć charakter treści najistotniejszej, a to z uwagi na trudności techniczne w jej przekazie (wyryta na specyficznym łupku lub wyrzeźbiona w piaskowcu).

²¹ http://www.rupestre.net/alps/valca_war_piv4.html (30.12.2011).

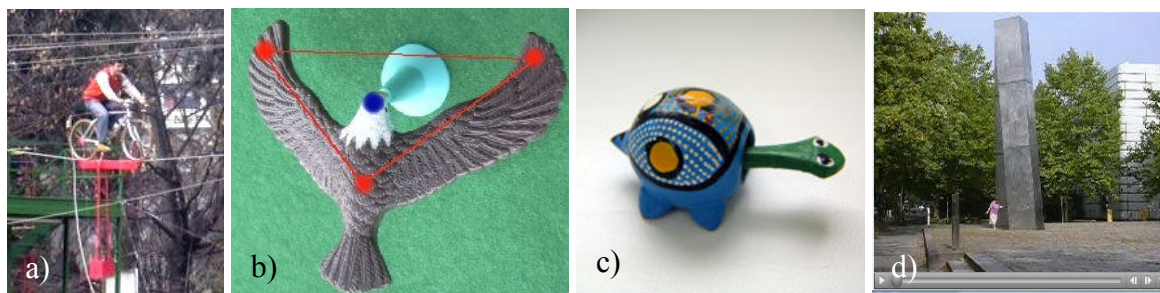
²² J. Kruk, G. Karwasz, *Jak współcześnie stosować zasadę pogładowości – dwugłos interdyscyplinarny*, [w:] *Współczesne odniesienia edukacyjne do pedagogiki Kazimierza Sośnickiego*, Wyd. A. Marszałek, Toruń 2009.



Fot. 3.8. Trzy eksponaty ilustrujące zagadnienie równowagi mechanicznej trwałej: we wszystkich eksponatach środek ciężkości znajduje się *pod* punktem zawieszenia (lub podparcia). Eksponaty ilustrują tę samą zasadę fizyki, ale każdy w inny, komplementarny sposób. Poglądowo też: tak działa wieszak na ubranie – wychylenie na bok powoduje powstanie sił zapewniających powrót do położenia równowagi. Przykłady z pracy autora i współpracowników *Toys and Physics* (2006), będącej systematyzacją wcześniejszej pracy *Fizyka i zabawki* (2005), CD-ROM, PAP w Słupsku (fot. A. Krzysztofowicz)

Z takiego, służebnego w stosunku do przekazywanej treści, rozumienia poglądowości wynikają kolejne zasady dydaktyki interaktywnej, analogiczne jak w przypadku dydaktyki tradycyjnej, jak choćby zasada nazywana zasadą stopniowania trudności. Stopniowanie trudności łatwo prześledzić na omawianym tu przykładzie zagadnienia równowagi. Piesek „kiwaczek”, fot 3.8, jest najprostszym przykładem, tak intuicyjnie oczywistym, że niewymagającym specjalnych wyjaśnień: głowa z przeciwwagą są zawieszona na haczyku tak, jak wieszak w szafie, zob. schemat na fot. 3.8. Miś ekwilibrysta, mimo że działa dokładnie na tej samej zasadzie, jest mniej oczywisty: wielkość misia sugeruje, że jest on cięższy od kulek na przeciwwadze. W rzeczywistości środek masy układu miś + kulki leży *pod* liną, czyli pod punktem podparcia. Równowaga całego układu jest trwała!

Tu skorzystamy z kolejnej zasady dydaktycznej, utożsamianej często z zastosowaniami *praktycznymi*. Na fot. 3.9 przedstawiamy przykład analogiczny do misia ekwilibrysty – rower na linie w parku w Turynie. Zasada działania jest taka sama: środek ciężkości został sztucznie obniżony przez ciężkie odważniki poniżej liny.



Fot. 3.9. Kolejne egzemplifikacje w iteracyjnym konstruowaniu poglądowości: **a)** rower na linie jest zastosowaniem zasady równowagi, jak misiek ekwilibrysta; **b)** równowaga ptaka dotyczy dwóch kierunków: pionowego i poziomego – w obu kierunkach środek ciężkości ptaka leży *pod* punktem podparcia; **c)** piesek (i minizółw) kiwaczek ilustruje nie tylko zasadę równowagi, ale i drgania ciała zawieszonego (bryły sztywnej); **d)** kolumny zawieszone na podporach przed budynkiem Wydziału Chemii Freie Universität w Berlinie wahają się podobnie, tylko znacznie wolniej – wahający się obiekt jest większy (stop-klatka z filmu, zob. G. Karwasz i in. CD-ROM „Physics and Toys”, Wydawnictwo Soliton, 2005, fot. GK)

W dalszych częściach książki podajemy liczne przykłady konstruowania poglądowości według zasad dydaktyki, tak w centrach nauki, jak i na wystawach. Niestety, liczne są też przykłady wystaw, na których aspekt fenomenologiczny, zabawy, fascynacji, aparencji dominuje nad *poglądowością* i samokształceniem za pomocą eksponatu interaktywnego.

3.4. Konstruowanie dydaktyki poza szkołą

Cytowana w paragrafie 3.1 L. Rennie z Uniwersytetu w Perth w Australii przy okazji omawiania dydaktyki muzealnej zwraca uwagę na rolę prasy, telewizji, kształcenia pozaszkolnego w całości systemu edukacji. W wyniku zmian ustrojowych w Polsce na przełomie XX i XXI wieku twórcza rola edukacyjna publicznej telewizji, prasy, tradycyjnych instytucji kultury uległa znacznemu samoograniczeniu²³. Jednocześnie zaś, jak to pokazują statystyki OECD²⁴, polski uczeń w wieku 7–14 lat spędza w szkole o 50% czasu mniej niż jego rówieśnik w Izraelu i o 30% mniej niż rówieśnik w Belgii, Anglii lub Hiszpanii. Z tych też dwóch powodów w realiach polskiego systemu edukacji pozaszkolne instytucje, w tym eksploratoria i centra nauki, nie mają do spełnienia jedynie roli *komplementarnej*, ale wręcz rolę *substytucji* systemu szkolnego.

Wydaje się, że rozwiązania trudności pedagogicznych wczesnych etapów edukacji szkolnej w Polsce (problemy wychowawcze w liceum nie są tak ostre jak w gimnazjum) nie należy szukać w kolejnych reformach programowych ani w doraźnych środkach represyjnych. Z drugiej strony jest nierealne, aby luki dydaktyczne, nie tylko w zakresie przedmiotów matematyczno-przyrodniczych²⁵, zostały wypełnione przez działania własne szkoły. Nie pozwalają na to znaczne obciążenia dydaktyczne, wynikające ze skrócenia (rozbicia) cykli nauczania, labilność treści nauczania w warunkach ciągłych zmian programowych, liczne obowiązki organizacyjne ciążyące na szkole oraz wymogi permanentnego dokształcania się kadry nauczycielskiej. Pomocy należy więc szukać w komplementarnych i wspomagających działaniach instytucji pozaszkolnych. Powstające w wielu miejscach w kraju centra popularyzacji nauki oraz eksploratoria są więc potencjalnie znakomitym miejscem dla praktycznego wspomagania edukacji szkolnej w funkcjach, którym szkoła nie jest w stanie podołać. Przykłady podane w rozdziale IV dotyczą głównie instytucji zagranicznych, w polskich centrach działania dydaktyczne dopiero się rozwijają.



Fot. 3.10. Konstruowanie dydaktyki poza szkołą: **a)** Museo della Scienza e Tecnologia, Mediolan, sala zajęć „mały drukarz” dla dzieci młodszych, wyposażenie obejmuje pieczątki, farby, papier a nawet fartuszek dla małych drukarzy; **b)** Deutsches Museum w Monachium: otwarte laboratorium matematyczne (geometria, stereometria, topologia, teoria liczb); **c)** laboratorium genetyki w Deutsches Museum – zajęcia z uczniami liceum (fot. MK)

Skrótowo – działania edukacyjne w muzeach nauki prowadzone są w najróżniejszej formie. W Mediolanie²⁶, przykładowo, dla dzieci przedszkolnych są to zabawy w „małego drukarza” (zob. fot. 3.10). W specjalnie przystosowanej sali dzieci dostają papier różnej gramatury

²³ Świadomie rozgraniczamy tu rolę *twórczą* w edukacji od roli odtwórczej, w której główny ciężar działań to, niestety, marketing.

²⁴ *Education at a Glance 2010: OECD Indicators*, <http://dx.doi.org/10.1787/888932310472> (30.12.2011).

²⁵ To samo opracowanie OECD z 2010 r. porównuje liczbę godzin poświęconych na naukę języka ojczystego: z 25 krajów porównanych na naukę języka ojczystego mniej niż w Polsce poświęca się jedynie w Islandii.

²⁶ Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia „Leonardo da Vinci”, <http://www.museoscienza.org/> (30.12.2011).

i jakości, kredki, farby wodne, pieczątki i miniprasy drukarskie. Nauka – zabawa odbywa się pod kierunkiem młodych nauczycieli i studentów wydziałów współpracujących z Muzeum, w obecności opiekunów danej grupy. Dla uczniów gimnazjum przygotowane jest laboratorium chemiczne, dla uczniów liceum – laboratorium robotyki, informatyki i biotechnologii; w sumie wszystkie 16 laboratoriów tematycznych jest praktycznie przez cały rok zajęte w dostępnych godzinach lekcyjnych.

Deutsches Museum w Monachium spełnia rolę ogólnokrajową, stąd bardzo wysoki stopień zaawansowania tamtejszych laboratoriów dydaktycznych (zob. fot. 3.10b). W zakresie matematyki laboratorium ma charakter *otwarty*, tzn. każdy ze zwiedzających może przechodzić przez poszczególne warsztaty interaktywne; w zakresie genetyki laboratorium ma ściśle określoną liczbę miejsc i pracuje w warunkach prawie profesjonalnych. Laboratoria są obecne w wielu centrach nauki, tak o znaczeniu ogólnonarodowym, jak i regionalnym, co pokazujemy poniżej na przykładzie muzeum nauk przyrodniczych w Trydencie.



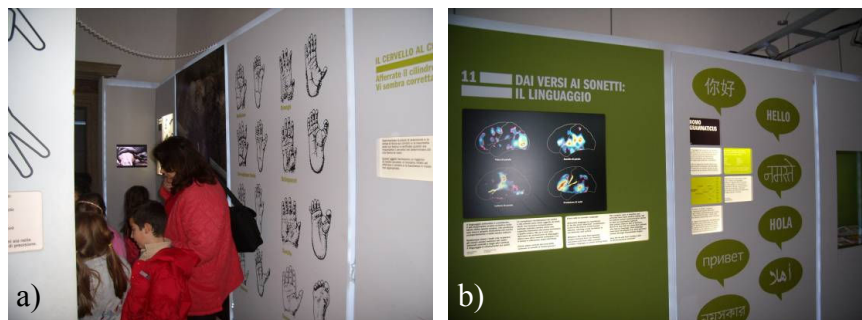
Fot 3.11. Konstruowanie dydaktyki dla szkół w centrach i muzeach nauki. Przykład Museo Tridentino di Scienze Naturali, wystawa „Naga małpa”: **a)** Przygotowanie przed wejściem na wystawę; **b)** zwiedzanie z narracją (eksponaty anatomiczne niedostępne w szkołach – mózg człowieka i małpy); **c)** samodzielne odkrywanie - przeciwstawny kciuk jako warunek skoku technologicznego u małp naczelnych: „Spróbuj wymacać, co jest w otworze w ścianie!” (fot. MK)

Muzeum Naukowe (Museo delle Scienze Naturali) w Trydencie prowadzi bardzo szeroką działalność dydaktyczną. W zakresie fizyki, na poziomie szkoły podstawowej, są to na przykład zajęcia z prawa Archimedes (siła wyporu, pływanie, gęstość różnych substancji itd.), zajęcia z rysunku czy biologiczno – geograficzno – ekologiczne w zakresie przedmiotu „Przyroda”, czy zajęcia symulujące paleontologię (odszukiwanie szkieletu dinozaura w dużej piaskownicy, dla lepszego podziału ról podzielonej na sektory geometryczne, zob. fot. 3.12.). Różnorodność form narracji oraz holistyczne podejście do procesu dydaktycznego ilustrują zdjęcia 3.11 i 3.12. Widz jest zaskakiwany formami narracji, od oglądu do palpacji; uczeń operuje w wykopaliskach szczotką i młotkiem, później lupą, a w końcu katalogiem znalezisk.



Fot. 3.12. Przykład kompletnego (i wewnętrznie komplementarnego) scenariusza dydaktycznego z paleontologii w Museo Tridentino di Scienze Naturali: **a)** podział obszaru badań na sektory i początek wykopaliska; **b)** porządkowanie i czyszczenie znalezisk; **c)** protokolowanie (klasyfikowanie i opisywanie) wyników wykopalisk (fot. MK)

Funkcje dydaktyczne realizowane są przez ekspozycje stałe typu kolekcja (np. geologiczna), przez wystawy dla szerokiej publiczności (jak np. opisana dalej wystawa „Łód i bieguny”) lub przez wystawy tymczasowe, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb szkół. Tego ostatniego typu była przywołana również w innych częściach niniejszej pracy wystawa pt. „Naga małpa”. Była ona zorganizowana z okazji Międzynarodowego Roku Charlesa Darwina, a miała za zadanie pomóc nauczycielom w odpowiedzi na pytania dotyczące ewolucji i różnic biologicznych/środowiskowych/kulturowych między *Homo sapiens sapiens* a innymi naczelnymi, zob. fot. 3.13.



Fot. 3.13. Interrogacja jako forma konstruowania narracji naukowej w centrach nauki – „Człowiek czy małpa?”: **a)** różnice anatomiczne ręki małp i człowieka; **b)** wyższe funkcje mózgu człowieka, jak mowa i pismo (Museo Tridentino di Scienze Naturali, 2007, fot. MK)

3.5. Nowe oblicze konstrukttywizmu

Konstrukttywizm, ten wywodzący się od Piageta i Vygotsky’ego, staje się powoli priorytetową koncepcją pedagogiczną tak w USA, jak i w Europie. Polega on na przeorientowaniu kształcenia z przekazu wiedzy na jej *konstruowanie*. „Konstrukttywizm zakłada, że wiedza jest konstrukcją umysłu ludzkiego i powstaje w wyniku własnej, różnorodnej aktywności podmiotu. Aktywność poznawcza człowieka polega na tym, że zdobywa on, przechowuje, interpretuje, tworzy i przekazuje informacje nadając im pewną subiektywną wartość, sens i znaczenie. Efektywność uczenia się zależy od informacji uzyskanych ze świata zewnętrznego, ale także od informacji wewnętrznych, tak zwanych struktur poznawczych, czyli wiedzy zdobytej w toku wcześniejszego doświadczenia. Każda czynność poznawcza prowadzi do swoistego przekształcania napływających informacji. Poznanie zatem ma zawsze naturę raczej czynną niż bierną”²⁷.

Zmiana w amerykańskim systemie szkolnictwa nastąpiła dopiero w latach 90. zeszłego stulecia. Pojawiło się hasło „nauczania nastawionego na myślenie” (ang. *thinking-centered classrooms*²⁸) jako propozycja zasadniczego przeorientowania podejścia do przekazu wiedzy i umiejętności. Nauczanie utraciło dominujący atrybut „transmisji danych”, a szkoła stała się miejscem, gdzie nauczyciel, używając swej wiedzy i doświadczenia, może prowadzić (ang. *guide*) uczniowski proces kształcenia się. Nauczyciel powinien rozwinąć w uczniu umiejętność samodzielnego rozwiązywania problemów. „Kształcenie umiejętności krytycznego myślenia i logicznej analizy powinno stać się nadrzędnym celem dla wszystkich uczniów, a nie jedynie dodatkowym wzbogaceniem osobowości u jednostek najzdolniejszych”²⁹. Konstrukttywizm, na początku XXI staje się zaleceniem dydaktycznym nie tylko w USA, ale przede wszystkim w nowych trendach pedagogicznych w UE.

²⁷ A. Kamińska, *Nauki przyrodnicze w edukacji wczesnoszkolnej*, „Problemy Wczesnej Edukacji”, nr 6/2011.

²⁸ S. Goldman, *Researching the Thinking-Centered Classroom*, [w:] *Thinking practices in mathematics and science learning*, ed. J.G. Greeno, S.V. Goldman, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey 1998.

²⁹ Tamże.

Współczesna wszechobecność informacji³⁰ nadaje konstruktywizmowi nowe zadanie: natłok danych nie ułatwia, a wręcz uniemożliwia uczniowi wybranie własnej ścieżki poznawczej. Oznacza to, że ponownie istotna staje się rola nauczyciela, przewodnika po wystawie, a szczególnie *projektanta* wystawy, który musi stworzyć dla widza ścieżkę poznawczą, precyzyjnie wytyczoną, a następnie ją przed widzem dokładnie *ukryć*, jak miny zasypane w piasku. Widz powinien być przez pomysłodawcę (i scenarzystów) wystawy interaktywnej poprowadzony w sposób precyzyjny, ale niezauważalny. Konieczność ukrycia funkcji nauczycielskiej wynika ze specyfiki działań pozaszkolnych: mają one charakter nieobowiązkowy i są nauczaniem *nieformalnym*. Uwidocznienie istniejącej ścieżki może widza zniechęcić – stłumić jego własną aktywność poznawczą.



Fot. 3.14. Zaplanowana, acz ukryta, interaktywna ścieżka dydaktyczna: samoistne wyzwolenie funkcji poznawczej przez eksponat o charakterze ludycznym: **a)** podwójny stożek pozornie wjeżdża pod górę, w rzeczywistości na rozwartym torze jego środek ciężkości się obniża; **b)** kółka o różnym rozkładzie masy (momencie bezwładności) zjeżdżają z różnymi „prędkościami” – na ile jest to powtarzalne?; **c)** podwójna równia z wyrzutnią magnetyczną w jej części poziomej przykuła uwagę nawet dorosłych; wystawa „Z górki na pazurki, czyli wszystko o równi pochyłej Galileusza, innymi słowy, jak energia potencjalna zamienia się w energię kinetyczną i jak się można przy tym dobrze bawić” Tunel dydaktyczny, VII Toruński Festiwal Nauki, UMK, Toruń 2007 (fot. MK)

Koncepcję świadomego i ściśle zaplanowanego prowadzenia ucznia/widza przez proces poznawczy nazwaliśmy w oddzielnych opracowaniach³¹ *nadkonstruktywizmem*, czyli konstruktywizmem posuniętym poza przyjęte granice: rola nauczyciela to już nie przekazanie wiedzy, a tylko wskazanie uczniom, które z posiadanych przez nich informacji i w jakiej kolejności są potrzebne do rozwiązania problemu.

Przykładem ścieżki *hyper-konstruktywistycznej* była wystawa (a w zasadzie sekwencyjny tunel dydaktyczny) pt. „Z górki na pazurki, czyli wszystko o równi pochyłej Galileusza, innymi słowy, jak energia potencjalna zamienia się w energię kinetyczną i jak się można przy tym dobrze bawić”, zorganizowany przez autora na VII Festiwalu Nauki w Toruniu. Wyzwaniem dydaktycznym był przekaz wiedzy: „Jak działa równia pochyła Galileusza?”. Kolejne pytania pojawiały się w ciągu logicznym: i) jak ciała poruszają się po równi?, ii) czym charakteryzuje się ten ruch?, iii) od czego zależy?, iv) z czego wynika?, v) czy zawsze ma taki charakter?, vi) jakie są ograniczenia tego modelu? itd. Zwiedzający nie otrzymywali informacji z opisów, które były bardzo lakoniczne (zob. szczegółowe opisy w par. 7.5). Widz sam konstruował ścieżką poznania, przechodząc od eksponatu do eksponatu, według rosnącej trudności koncepcji fizycznych: ruch przyspieszony, jednostajny z tarciem, obrotowy itd.

³⁰ Przykładowo, podanie w Google hasło „pęd, fizyka” zwraca ponad 3 mln odwołań; dla ucznia staje się praktycznie niemożliwe odnalezienie informacji *użytecznej* dla niego.

³¹ G. Karwasz, *Miedzy neo-realizmem a hyper-konstruktywizmem – strategie dydaktyczne dla XXI wieku*, Problemy Wczesnej Edukacji, nr 6/2011; zob. też G. Karwasz, *Teaching science in early childhood – inquiry-based, interactive path on energy*, GIREP-EPEC Conference, Jyväskylä, 2011, Proceedings, w druku.

Tunel „Z góry na pazurki” zafascynował wszystkich widzów – od najmłodszych dzieci po profesorów uniwersyteckich. Większość ze zwiedzających realizowała zadany przez pomysłodawców (a ukryty) scenariusz dydaktyczny. Ale odwołanie się do realnych, interaktywnych doświadczeń dostarcza niespodzianek nawet autorom wystaw!

Takim zupełnym zaskoczeniem było odkrycie nowej funkcji badawczej eksponatu, którego to odkrycia dokonał na wystawie 3 letni syn jednego z asystentów w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UMK. Piotruś pozostawiony sam sobie zaczął się bawić równią w nieprzewidziany sposób: zamiast spuszczać kulkę z równi puszczał kulkę po torze poziomym, tak aby wtoczyła się pod górkę w części pochylonej. Bawił się w ten sposób prawie 15 minut. Chłopiec odkrył dwie nowe funkcje eksponatu. Pierwsza z nich to funkcja ludyczna, jako że wracająca kulka sama w sobie jest zabawna, jakby była przywiązana na gumce. Druga funkcja to funkcja badawcza: Piotruś odkrył prawo zachowania energii. Kulka puszczone po poziomym torze ma energię kinetyczną. Wtaczając się pod górkę, kulka zwalnia, czyli traci energię kinetyczną na rzecz energii potencjalnej. W końcu kulka zatrzymuje się, zawraca i wraca. Piotruś odkrył



cykliczną przemianę energii: energia kinetyczna zamienia się potencjalną, a ta z kolei w kinetyczną. Spontaniczne odkrycie prawa zachowania energii przez trzyletnie dziecko jest ewenementem dydaktycznym i świadczy o dodatkowej, nieprzewidzianej na poziomie projektowania a zaistniałej, funkcji badawczej eksponatu. Wyniki odkrycia Piotrusia zostały przedstawione na międzynarodowym kongresie dydaktyki fizyki ³².

Fot. 3.15. Piotruś (niespełna 3 lata) odkrywa prawo zachowania energii: kula puszczone z równi wraca „samoczynnie”; w rzeczywistości energia potencjalna kuli na początku równi zamienia się w energię kinetyczną w najniższym punkcie równi, po czym ponownie w energię potencjalną na drugim końcu, i tak cyklicznie, prawi jak *perpetuum mobile* (Idea i realizacja eksponatu GK, Toruń, Festiwal Nauki 2007, fot. A. Karbowski)

Wystawy interaktywne stwarzają nadzwyczajne możliwości praktycznej realizacji hyper-konstruktywizmu – widz dostarczaną mu informację asymiluje jako własną. Pomagają mu w tym aspekty ludyczne eksponatów, możliwość samodzielnego eksperymentowania, a także obecność innych widzów – wyzwalają się mechanizmy naśladowania oraz konkurowania, niezależnie czy widzem jest dziecko, czy dorosły, zob. np. fot. 3.14.

Ekspонат hyper-konstruktywistyczny musi też umożliwiać pogłębienie tematyki w kierunku dalszych analogii, powiązań interdyscyplinarnych, zastosowań praktycznych. Składany z klocków łuk rzymski (zob. np. fot. 2.5) pozostanie jednym z wielu eksponatów, chyba że wzbogacimy go analogie z konstrukcjami katedr, zdjęciami starożytnych akweduktów, mostów autostradowych itd.

Wiedza *usieciowana interdyscyplinarnie* staje się przykładem dla dalszych własnych poszukiwań widza, już poza wystawą. Wielorakość odwołań na samej wystawie pozwala na wzbudzenie aktywności poznawczej u szerokiej publiczności, o różnych zainteresowaniach kulturowych i naukowych, a nie tylko u specjalistów z danej dziedziny.

³² G. Karwasz, *Teaching science in early childhood – inquiry-based, interactive path on energy*, GIREP-EPEC Conference, Jyväskylä, 2011, Proceedings, w druku.

3.6. Aspekty pedagogiczne

Spontaniczny udział dzieci i młodzieży w procesie poznawania tajników nauki staje się również okazją do działań pedagogicznych. Mamy tu na myśli oczywiście pedagogiczne cele XXI wieku, a nie tylko epok poprzednich (jak podporządkowanie wzorcom, autorytet nauczyciela, zachowania i współpraca wewnątrz grupy, dyscyplina, regulaminy itd.). Mówiąc o pedagogice XXI wieku, mamy na myśli te cele, które stanowią o sukcesie przyszłego dorosłego obywatela wytwórcy i o odnoszącej sukces ekonomiczny i cywilizacyjny społeczności. Wywodzą się one z korzeni kultury tzw. zachodniej (tzn. europejskiej) i są to:

- indywidualna odpowiedzialność,
- indywidualna widoczność,
- indywidualna decyzyjność,
- respekt norm prawnych³³.

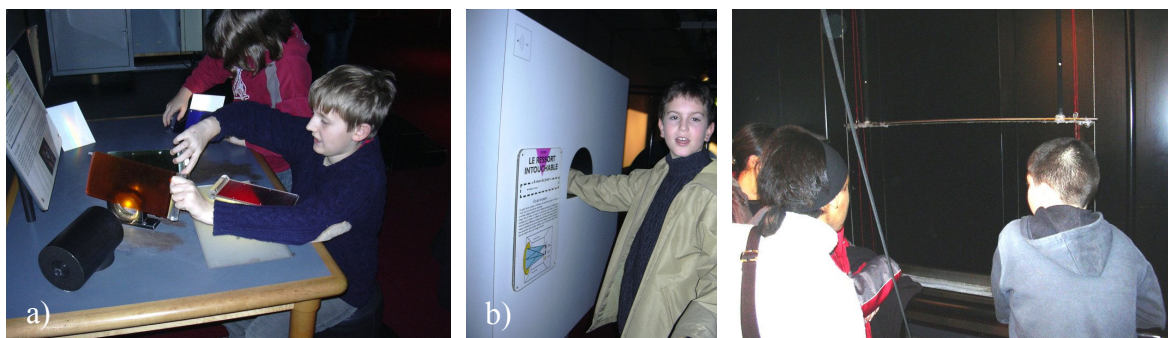
Jak realizować te dość trudne cele na wystawach, w których uczestniczą w spontaniczny sposób duże grupy szkolne, albo na interaktywnych wykładach, w sali wypełnionej setką dzieci w różnym wieku? Oczywiście nie jest to łatwe i wymaga jasnego *wyodrębnienia* eksponatów i/lub części wykładu, w którym treści merytoryczne ustępują celom pedagogicznym. I na wystawie interaktywnej, i w trakcie wykładu zachowania poprawnie pedagogicznie, jak dyscyplina zwiedzania, przestrzeganie instrukcji obsługi czy uważny udział w lekcji, są podstawą sukcesu dydaktycznego i warunkiem satysfakcji dla wszystkich uczestników, tak widzów, jak i twórców i/lub wykładowców. Równie ważne jest podkreślanie osoby pojedynczego widza – przez podział ról na wykonującego doświadczenie i obserwatorów, na dyrygującego i dyrygowanego, na badacza i recenzenta itd.



Fot. 3.16. Elementy pedagogiczne wplecione w interaktywny wykład z mechaniki dla dzieci, UniKids, Gdańsk, luty 2011: **a)** współpraca grupowa, nawet jeśli nie ma ona (pozornie, ale i faktycznie) sensu – telekinezyjne zaklinanie: „Piłeczko, podskocz!”; **b)** indywidualna widoczność i indywidualna decyzyjność: „Proszę, zważ i pokaż wszystkim, który samochodzik jest cięższy! Ten w lewej, czy ten w prawej ręce?”; **c)** normy zachowania: „Teraz proszę wszystkich o zamknięcie szczelnie oczu”. Słuchamy, czy kaczki po równi schodzą „równym” krokiem, czyli uczymy się definicji ruchu jednostajnego, prostoliniowego. Dyscyplina na widowni jest wymogiem sukcesu dydaktycznego. Osiągamy ją nie nakazem, ale zmiennym rytmem narracji i bogactwem ekspozycji (autor GK, fot. MK)

Jednocześnie podstawowe wymogi dyscypliny nie mogą być narzucane metodą zakazów czy zagrządzania eksponatów. Przestrzeń wystawowa musi być tak zorganizowana, aby poniekąd „przypadkowo” uniemożliwiać dostęp zbyt dużej liczby rozentuzjasmowanej młodzieży, aby widza zaciekawić, wyizolować, pobudzić do refleksji. Ekspонат musi niejako *a priori* narzucać sposób interakcji – grupowa ↔ indywidualna, podział ról (np. ekspedient i klient) ↔ wspólny wysiłek (np. przeciąganie liny), precyzja ↔ szybkość. Ludyzm i pedagogika pozostają komplementarne.

³³ Zob. G. Karwasz, *Post-konstruktywizm a korzenie kulturowe Europy*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Pedagogika XXVII 2011, s. 75.



Fot. 3.17. Organizacja i usytuowanie eksponatu determinuje sposób zwiedzania oraz ewentualną współpracę grupową (Cité des Sciences, Paryż): **a)** podział ról – składanie barw za pomocą luster i filtrów; **b)** miraż w podwójnym lustrze parabolicznym – wewnątrz wnęki wisi (pozornie) duża śruba; niemożliwy jest udział więcej niż jednej osoby; **c)** wyciąganie mydlanych baniek na ramkach – eksponat obsługuje jedna osoba, pozostałe „kibicują” (fot. GK)

Aspekt pedagogiczny staje się szczególnie ważny w pracy z dziećmi, niezależnie czy są to zorganizowane grupy szkolne, czy uczestnicy sobotnio-niedzielných wykładów Uniwersytetu Dziecięcego, zob. fot. 3.16 i 3.18. Wykładowca w każdej chwili wykładu ma możliwość realizacji określonych celów: uzyskania współpracy zespołowej, wyzwolenia solidarności grupowej, podkreślenia podmiotowości indywidualnej, okiełznania nadpobudliwości itd. itp. Właściwa *interakcja pedagogiczna* z widownią jest wręcz niezbędna do uzyskania szczegółowych celów dydaktycznych.

Właściwe oddziaływanie pedagogiczne – demokratyczne, ale zdecydowane, liberalne, ale określające jasne granice, entuzjastyczne, ale zaplanowane – jest w znakomity sposób intuicyjnie wyczuwane przez dzieci. Dzięki temu poddają się one z zainteresowaniem i zadowoleniem (niełatwej i nielekkiej) presji dydaktycznej i naukowej. Podobnie jak na wystawach, tak w wykładzie interaktywnym podstawowym wymogiem pozostaje właściwe zaplanowanie roli eksponatu oraz przestrzeni wykładowej. W prostych doświadczeniach z baterijkami uczestnicy warsztatów mogą być podzieleni na grupy pracujące samodzielnie (i samodzielnie określające styl pracy). W pokazach dla dużej widowni należy jasno zdefiniować, kto w określonym momencie nadaje rytm wykładu. W zabawie po wykładzie dostateczna ilość eksponatów musi zapewnić każdemu z widzów możliwość samodzielnego sprawdzenia doświadczeń uprzednio widzianych jedynie z daleka, zob. fot. 3.18. Samodzielna „zabawa” eksponatem profesora to nie tylko funkcja ludyczna, ale przede wszystkim aspekt pedagogiczny – dowartościowania osobowości młodego człowieka.



Fot. 3.18. Zadania pedagogiczne w interaktywnych wykładach dla dzieci w ramach Uniwersytetu Pierwszego Wieku „UniKids”: **a)** spontaniczny podział ról w planowaniu eksperymentu – pomiar napięcia baterijek; **b)** wspomaganie podmiotowości: „No, spokojnie powiedz wszystkim, co chciałeś!”; **c)** fascynacja zwycięża stres: „Wreszcie mogę spróbować sam! Który samochód zjedzie szybciej?” (autor i prowadzenie GK, fot. MK)

3.7. Kompetencje społeczne

W myśl nowoczesnego rozumienia nauczania tzw. umiejętności oraz **kompetencje społeczne** stanowią równorzędne, obok wiedzy, cele procesu dydaktyczno-pedagogicznego. Niestety, nie do końca pojęcie umiejętności jest prawidłowo rozumiane w praktycznych zaleceniach programowych. Nie jest „umiejętnością” stwierdzenie, że „uczeń *umie* wymienić przykłady ruchu jednostajnego” – jest to *wiedza*. Umiejętnością jest natomiast sporządzenie wykresu określonej zależności w funkcji czasu (np. zależność drogi od czasu jako przykład ruchu jednostajnego, zob. *Toruński poręcznik do fizyki*)³⁴.



Fot. 3.19. Praca na budowie kształtuje odpowiednie zachowania: **a)** należy pracować w kasku i zwracać uwagę na znaki ostrzegawcze, pracę należy zsynchronizować z pozostałymi robotnikami – cegły na taczkę nakłada kolega, a inny na nie czeka. Cité des Sciences Paryż; **b), c)** cegły w górę przenosi taśmociąg – praca na dole i na górze muszą być skoordynowane (Questacon, Canberra, 2006, fot. MK)

Jeszcze trudniej określić „kompetencje społeczne”. Wirtualna edukacja komputerowo-telewizyjna stwarza dzieciom poważne problemy rozwojowe tak we współżyciu społecznym, jak i w rozwoju emocjonalnych, a nawet w odróżnieniu fikcji od rzeczywistości. Nie jest to bynajmniej problem tylko polski. 5-letni syn (na fot. poniżej) kolegi z Australii nie mógł zrozumieć, dlaczego ojciec nie złapie za ogon jadowitego węża, nie rozkołysze go nad głową i nie wyrzuci przez okno, „jak to robi Superman”. Dzieci potrzebują miejsca do porzucania kulkami, pobawienia się w (choćby sztucznej) kałuży, w zabawkowej piekarni, stacji benzynowej i gabinecie lekarskim. Dziś nie ma dla dzieci zestawów „mały stolarz” i „mały lekarz”, a jedynie ujednolicone, od Hongkongu po San Francisco, aktualnie modne potworki telewizyjne z plastiku lub lalki Barbie, nieco sexy, ale nie za bardzo. W świadomości dzieci partnerem do interpersonalnej rozmowy staje się w dużej mierze bezosobowy SMS, a w patologicznych przypadkach ekran komputera z witrynami internetowymi. Według badań przeprowadzonych w ramach projektu Unii Europejskiej 1/3 młodzieży wykazuje potencjalnie patologiczne uzależnienia od Internetu, i w tej statystyce młodzież polska nie odbiega od średniej UE³⁵. W szczególnie drastycznych przypadkach wykluczenia emocjonalnego z więzi rodzinnych, choćby nie do końca rzeczywistego, a jedynie w wyobraźni dziecka, partnerem konwersacyjnym stać się może człekokształtny robot³⁶.

Odpowiedzią na to zapotrzebowanie są wydzielone, zajmujące duże przestrzenie, bogate treściowo i przygotowane niezwykle precyzyjnie pedagogiczne oddziały centrów nauki przeznaczone dla dzieci. Są to miejsca, gdzie dzieci mogą bawić się w dorosłych, poznając podział ról, planowanie zadań, interakcję społeczną.

³⁴ G. Karwasz, M. Sadowska, K. Rochowicz, *Toruński poręcznik do fizyki. Gimnazjum I klasa. Mechanika*, Wyd. Naukowe UMK, Toruń 2010, s. 95.

³⁵ L. Kirwil, *Polskie dzieci w Internecie. Zagrożenia i bezpieczeństwo – część 2. Częściowy raport z badań EU Kids Online przeprowadzonych wśród dzieci w wieku 9–16 lat i ich rodziców*, SWPS, Warszawa 2011.

³⁶ Tego rodzaju roboty są od paru lat do nabycia również w Polsce, cieszą się dużą popularnością, zob. „Konkurs Bajki robotów”, UMK 2009, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Bajki_robotow/filmy/Nagrody.wmv (30.12.2011).



Fot. 3.20. Indywidualne kompetencje społeczne: **a)** Luis (3 lata) na placu budowy zajęty obsługą dźwigu; dźwig jest ręczny, obsługa taśmociągu za pomocą obracanej tarczy nie jest manualnie prosta; **b)** Luis, teraz technik radiolog, w ochronnym fartuchu bada za pomocą promieni Röntgena chorego kota; **c)** stacja benzynowa: „A gdzie się podziałła obsługa?” (Questacon, Canberra, koncepcja i fot. MK)

Centra dla małych dzieci, od wieku niemalże niemowlęcego, nie są bynajmniej zjawiskiem marginalnym ani lokalnym. W Australii jest to instytucja w stolicy, Canberze, zrealizowana jako centrum Zachodniego Pacyfiku wspólnie z Japonią i innymi krajami, zob. fot. 3.19 i 3.20. W Paryżu centrum dla dzieci jest częścią największego we Francji Cité des Sciences w Paryżu. Grupy przedszkolne zorganizowane rezerwują zabawę (i animatora) z dużym wyprzedzeniem. Oddzielnie urządzone są wystawy tematyczne, jak „dżungla” dla przedszkolaków albo wystawa medyczna „skąd się biorą dzieci” dla grupy wiekowej 7–10 lat.

Kompetencje społeczne wykraczają znacznie dalej niż umiejętność rozróżnia fikcji od rzeczywistości czy umiejętność uczestnictwa we wspólnej zabawie. W obu tych działaniach dziecko pozostaje uczestnikiem, ale jeszcze nie twórcą. Zdobywane umiejętności pozostają też „do natychmiastowego wykorzystania” – dotyczą przeprowadzanych na bieżąco zabaw. Dydaktyka interaktywna w centrach naukowych może potencjalnie dostarczać kompetencji dla dorosłego, zawodowego i społecznego życia.



Fot. 3.21. **a)** Podział pracy i role społeczne; piekarnia: chleb można wyjąć z pieca dopiero, kiedy spadnie temperatura wewnątrz ale należy użyć rękawic ochronnych; **b)** chleb gotowy, Luis i jego brat James (5 lat) za ladą w piekarni – James umie liczyć, a Luis musi bacznie obserwować; **c)** u Jamesa, w sklepie z pieczywem pierwszy klient emeryt, wolontariusz; rola społeczna Jamesa nagle wzrosła z doradcy dla młodszego brata na decydenta dla dorosłego klienta (Questacon, Canberra, fot. MK)

„Dorosłe” kompetencje zdobywane przez dzieci w centrach nauki są różnorodne – od bezpieczeństwa i higieny pracy, przez podział ról wśród rówieśników, po role emocjonalnie eksponowane, jak obsługa dorosłych klientów w zabawowym sklepie. Przy projektowaniu centrów nauki niezbędne jest więc współdziałanie nie tylko naukowców i techników, ale też psychologów i socjologów. Współpraca ta musi mieć charakter instytucjonalny, tak aby w zmieniających się bezustannie uwarunkowaniach kulturowych i technologicznych efektywnie wykorzystywać szanse pedagogiczne i edukacyjne, jakie stwarza obecność dzieci w muzeach i centrach nauki. Szansa pedagogiczna jest jednocześnie sporym wyzwaniem – na twórców centrów (i obsługę) spada odpowiedzialność spoczywająca dawniej na innych podmiotach wychowawczych.

3.8. Zagrożenia w interaktywnym przekazie wiedzy

Na problemy współczesnych systemów kulturowych na świecie – obniżenie roli nauczania formalnego na rzecz innych kanałów przekazu informacji – w polskim systemie edukacji nakładają się uwarunkowania wynikające z długiego okresu autarchii cywilizacyjnej jak i z okresu przyspieszonych reform po 1990 roku. Nie do końca przygotowana reforma szkolna z lat 1998–2000 łączyła się w Polsce z gwałtownymi zmianami kulturowymi związanymi z coraz powszechniejszym dostępem do Internetu oraz edukacyjnych programów telewizyjnych. Szkoła przestaje więc być jedynym źródłem wiedzy, szczególnie we wczesnych etapach nauczania – użytkowanie komputera wymusza wczesną alfabetyzację a różnorodność programów krajoznawczych, przyrodniczych, popularnonaukowych dostarcza bardzo szczegółowej wiedzy jeszcze w wieku przedszkolnym. Nauczyciel ma coraz większe trudności w zainteresowaniu ucznia nowymi treściami i formami nauczania. Stąd też jego autorytet łatwo ulega erozji, a przypadki nagannego zachowania się uczniów stają się coraz bardziej powszechne, i to na różnych etapach nauczania.

Z drugiej strony, obcowanie dzieci praktycznie od urodzenia z telewizją i wirtualnym światem zdarzeń komputerowych powoduje zatracanie poczucia rzeczywistości. Wszechobecność filmów animowanych, w których bohaterzy łamią wszelkie prawa fizyki, powoduje, że dzieci przenoszą podobne oczekiwania na świat realny. Opracowania wykonane w ramach projektów UE nazywają tę generację „urodzeni z myszką w ręku”³⁷. Nie dotyczy to bynajmniej tylko dzieci polskich. Stąd rodzi się trudność w osiągnięciu spodziewanej efektywności dydaktycznej za pomocą tradycyjnego przekazu podręcznikowego, nawet bogato ilustrowanego i z wykorzystaniem multimediiów. Zaawansowane programy modelowania komputerowego zjawisk fizycznych³⁸ słabo przemawiają do ucznia, który traktuje wyniki skomplikowanych obliczeń z mechaniki, jak bloczki i ciężarki poruszające się na ekranie, jako „jeszcze jeden film animowany, i to dość kiepski”. Oczywiście jest wiele materiałów dobrze przygotowanych tak merytorycznie, jak i dydaktycznie, ale są to zazwyczaj materiały pochodzące jedynie z kilku wiodących ośrodków uniwersyteckich za granicą³⁹.



Fot. 3.22. Gimnazjaliści na pokazach z fizyki w trakcie Festiwalu Nauki w Gdańsku, maj 2006. Wystawa wzbudziła spore zainteresowanie, ale pomimo wieloletniego doświadczenia autora okazało się praktycznie niemożliwe opanowanie „spontanizacji” młodzieży, która wrywała sobie poszczególne eksponaty, eksperymentując z nimi w sposób pełen entuzjazmu i żywiołowości, ale graniczący z patologiczną nadpobudliwością (autor GK, fot. MK)

³⁷ Zob. L. Kirwil, *Polskie dzieci w Internecie. Zagrożenia i bezpieczeństwo – część 2. Częściowy raport z badań EU Kids Online*, SWPS, Warszawa 2011.

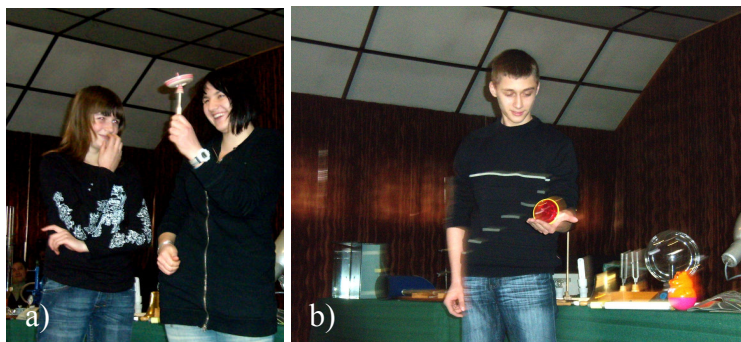
³⁸ Liczne przykłady tego rodzaju programów są dostępne w Internecie, zob. np. MPTL <http://www.mptl.eu/> (30.12.2011). Nasza krytyka nie podważa ogromnej roli edukacyjnej tego rodzaju oprogramowania, niestety, niejednokrotnie model zubaża rzeczywistość.

³⁹ Zob. np. programy modelowania w zakresie mechaniki kwantowej pochodzące z Uniwersytetu w Denver, Colorado, dostępne również po polsku, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/kwant1pl.html (30.12.2011)

Te różnorodne elementy – brak obowiązkowej edukacji przedszkolnej, słabość wczesnej edukacji szkolnej oraz postępująca wirtualizacja treści nauczania – wytwarzają poważną lukę w prawidłowym rozwoju intelektualnym, a także emocjonalnym. Dzieciom i młodzieży zaczyna brakować elementów *rzeczywistości praktycznej* w procesie zdobywania i utrwalania wiedzy. Co więcej, młodzież gimnazjalna coraz częściej wykazuje zachowania nie zrównoważone w nowych sytuacjach dydaktycznych, jak to ilustrujemy na zdjęciach z naszej wystawy interaktywnej na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego w maju 2006 roku (fot. 3.22). W hallu zorganizowano wystawę fizyki współczesnej dla studentów. Przypadkowo, a raczej wskutek błędu organizacyjnego, stała się on również poczekalnią dla grup szkolnych. Okazało się praktycznie niemożliwe zapanowanie nad młodzieżą – część eksponatów zaginęła, część została zniszczona w ciągu parunastu minut. Przykładów patologicznej wręcz potrzeby *hands-on* wśród i polskiej, i zagranicznej młodzieży można przytoczyć więcej.



Fot. 3.23. Wyjść z anonimowego tłumu, etap pierwszy – gimnazjaliści na pokazach z fizyki, Bydgoszcz, XII 2009. „Pokazy, w godzinach lekcyjnych są, z założenia, nudne. Największym błędem, o niekorzystnych konsekwencjach na przyszłość, byłoby wykazanie zainteresowania pokazem!” – jest to punkt wyjścia w sposobie myślenia młodych widzów



Fot. 3.24. Wyjść z anonimowego tłumu, etap drugi: **a)** występ na scenie z jednej strony nobilituje, ale z drugiej jest złamaniem grupowej solidarności, nawet jeśli jest ona źle pojęta; dopiero gimnazjalistki występujące w parze zgadzają się na aktywne uczestnictwo w pokazie, ale nadal traktują to ironicznie (wirujący japoński bąk z drewna); **b)** najtrudniej przełamać początkową, zorganizowaną niejako, pozorną obojętność; kolejni uczestnicy wykazują już żywe zainteresowanie (wirujący żyroskop wewnątrz „latającego dysku” z Australii, autor scenariusza i prowadzenie GK, fot. MK)

Powstające centra nauki w Polsce dość powszechnie spotykają się z problemem niesubordinowanego zachowania zwiedzającej je młodzieży, traktującej eksponaty jako swego rodzaju „salę gimnastyczną”. Podobne zachowania dzieci obserwujemy nawet muzeach posiadających wieloletnie doświadczenie dydaktyczne jak Science Center w Londynie. Rozwiązaniem wydaje się jedynie dalsze upowszechnianie wystaw interaktywnych małych, średnich i dużych rozmiarów. W praktyce szkolnej niezbędny jest powrót do dydaktyki pogłądowej, z wykorzystaniem obiektów realnych, doświadczeń w wykonaniu nauczyciela i różnych form laboratoryjnych a nie tylko środków wirtualnych.

Wystawy powinny zapraszać widza do ukrytego dialogu, indywidualizować jego spotkanie z nauką, w pewnym sensie izolować od negatywnego wpływu grupy rówieśników. Eksponat powinien być atrakcyjny wizualnie, zaskakujący bogactwem treści, jasno przedstawiony, a jednocześnie pobudzający do dalszego myślenia. Innymi słowy, wyróżnione na rys. 3.3 trzy

funkcje wystaw: dydaktyczna, naukowa oraz ludyczna, powinny być właściwie wyważone na etapie projektowania wszelkiej dydaktyki interaktywnej, w jej różnych formach i nie tylko w centrach nauki. Przykłady eksponatów w dziedzinie fizyki oraz sposoby realizacji tych trzech funkcji dla różnych odbiorców oraz w różnych sytuacjach dydaktycznych przedstawiamy w rozdziale IV. Na zakończenie dyskusji w tym rozdziale – krótka dygresja o czystej funkcji *ludycznej*.

3.9. Ludoteki – edukacja poprzez zabawę

Wspomniana już kilkakrotnie *wirtualizacja* świata dostępnego dla dzieci i młodzieży oraz zmiany społeczne – wydłużone godziny pracy zarobkowej, nieadekwatność struktur i programów szkolnych do zmian technicznych i kulturowych są powodem, że również funkcję ludyczną zaczynają przejmować wyspecjalizowane instytucje. Już nie rodzina czy grupa rówieśników na podwórku staje się miejscem zabawy, ale służą ku temu specjalne miejsca, obsługiwane przez osoby z wysokimi kwalifikacjami pedagogicznymi.

Przykładem *ludotek* są inicjatywy lokalne, często np. dzielnicowe lub municypalne, rozwijane w ostatnich latach we Francji. Jak opisują to różne źródła francuskojęzyczne, ludoteką jest publiczne lub społeczne (należące do określonego stowarzyszenia) wyposażenie kulturowe, udostępnione określonej grupie uczestników, a służące grze i zabawie⁴⁰. Ludoteki są organizowane przez administracje lokalne, szkoły, organizacje społeczne, centra socjalne, szpitale lub przedsiębiorstwa.

Ludoteki we Francji stanowią integralną część publicznego systemu edukacji. Spełniają ważne role społeczne – są dla dzieci i młodzieży miejscem wymiany wrażeń, spotkań kulturalnych i międzypokoleniowych. Są również miejscem integracji społeczności lokalnych. Mogą one mieć charakter ogólny lub specjalistyczny, np. w zakresie gier towarzyskich, gier wideo, organizacji wycieczek i zabaw w plenerze itd. Ludoteki francuskie są stowarzyszone we własnej organizacji, która zajmuje się m.in. kształceniem personelu, wymianą doświadczeń, specjalistycznymi publikacjami. Koszty utrzymania są pokrywane przez instytucje założycielskie, a kwoty uczestnictwa, szczególnie dla rodzin z danej społeczności lokalnej, są zupełnie symboliczne.



Fot. 3.25. Ludoteki w wydaniu francuskim: **a)** w Nancy, w dzielnicy Vandœuvre jest ona „przyklejona” do budynku administracji lokalnej, a roczny abonament dla rodziny zamieszkującej dzielnicę wynosił w 2012 roku 13,10 € (fot. MK); **b)** wyposażenie ludoteki w Mouans Sartoux w Regionie Alpes Maritimes⁴¹; zabawa integruje dzieci w różnym wieku

⁴⁰ Une **ludothèque** est un équipement culturel associatif ou public mettant à la disposition de ses membres des jeux et des espaces de jeu, *Ludothèque*, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ludothèque> (09.10.2012).

⁴¹ <http://www.momesdazur.com> (9.10.2012).

Słabnąca rola rodziny w planowaniu tzw. wolnego czasu dziecka leży u podstaw sukcesu edukacyjnego ludotek również w innych krajach Europy. Na fot. 3.26 przedstawiamy innowacyjne rozwiązania wprowadzane przez grupę młodych absolwentek pedagogiki i socjologii Uniwersytetu w Reggio di Calabria. W jednej z dzielnic tego miasta, wśród ulic pełnych jazgotu samochodowego, własnym sumptem zorganizowały one centrum opieki wakacyjnej dla dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym.



Fot. 3.26. Prywatna mini-ludoteka w dzielnicy Arangea w Reggio di Calabria. Pełne problemów środowisko miejskie nie jest wymarzonym miejscem do spędzania czasu wolnego przez dzieci. Trójka młodych absolwentek uniwersytetu stwarza w zaułku ruchliwej ulicy innowacyjną alternatywę. W ludotecę „Acchiappasogni” nikt nie narzuca programu działań – dzieci mają wrażenie permanentnej zabawy. Na zakończenie dnia wychodzą pełne wrażeń i z odrobionymi zadaniami domowymi. U podstaw sukcesu leżą umiejętności pedagogiczne personelu (fot. MK)

Jak mówi kierowniczka tej placówki, Dott.ssa Anna Marra, funkcje ludoteki wykraczają poza tradycyjne działania edukacyjne i pedagogiczne typowe np. dla metody Montessori. Włoska szkoła lub przedszkole realizują programy *własne*, ludoteka zaś koncentruje się na *samorealizacji* młodego człowieka. Dzieci z chęcią spędzają wakacje lub popołudnia w ludotece, o ile nie mają wrażeń, że realizują cele z góry założone. Cytując A. Marrę, największą trudnością dydaktyczną jest znalezienie właściwej chwili i właściwych sposobów motywacji tak, aby dziecko spontanicznie przyłączyło się do zabaw/gier/prac reszty mini-społeczności. Dzieci nie tylko bawią się eksponatami ludoteki, ale przynoszą własne zabawy (np. gry wideo), odrabiają zadania domowe i wakacyjne⁴².

Obserwując pełne entuzjazmu (ale i profesjonalności) działania dziewcząt z ludoteki „Acchiappasogni”⁴³, nie sposób nie dostrzec, że u podstaw ich sukcesu leży wyniesione z własnego wychowania oraz z przygotowania uniwersyteckiego przekonanie o nadrzędnej roli *podmiotowości* młodego człowieka. Poszanowanie dla tej podmiotowości pozwala nie tylko na realizację określonych celów edukacyjnych, ale również na wykształcenie u dzieci i młodzieży odpowiednich kompetencji społecznych. Właściwie zorganizowana ludoteka to nauka przez zabawę, ale przy znacznie wyższym poziomie kompetencji pedagogicznych, niż jest to możliwe w innych formach dydaktyki interaktywnej.

⁴² Zadania wakacyjne, w postaci oddzielnej książki, są prawdziwym ewenementem włoskiego systemu edukacji, przerywającego własną nieefektywność na pracę dzieci (i ich rodziców) w czasie wakacji.

⁴³ W tłumaczeniu „polowanie na marzenia”.

ROZDZIAŁ CZWARTY

Eksponaty i metodologie

4.1. Komplementarne funkcje poznawcze eksponatu

Ogólne aspekty pedagogiczne dydaktyki interaktywnej omówiliśmy w poprzednich rozdziałach. W tym rozdziale przedstawimy kilka aspektów merytorycznych wystaw z fizyki. Realizację trzech funkcji poznawczych najłatwiej prześledzić na przykładach prostych eksponatów, wykorzystywanych przez autora tak na wystawach interaktywnych, jak i na wykładach. Wiele z tych eksponatów należy do kolekcji autora (realnej i wirtualnej) „Fizyka zabawek”¹ lub było projektowanych przez autora dla celów wystaw dydaktycznych i wykładów interaktywnych na różnym poziomie nauczania². O ile eksponaty opisane można spotkać w wielu centrach nauki, nie ma w tych centrach, obleganych przez zwiedzających, miejsca na pogłębienie różnorodności dydaktycznej określonego eksponatu. Poniżej omówimy kilka eksponatów i ich możliwe funkcje – dydaktyczne, ludyczne i naukowe.

Przykład 1. Lejek grawitacyjny

Zacznijmy od lejka grawitacyjnego obecnego nie tylko w wielu centrach nauki ale również np. na lotnisku w Stansted, gdzie służy do zbierania monet na cele charytatywne od osób opuszczających terytorium Wielkiej Brytanii, zob. fot. 4.1. Działanie lejka jest bardzo proste – wpuszczona moneta lub kulka kręci się na obwodzie lejka i stopniowo zbliża się do jego środka, coraz bardziej przyspieszając.

Na lotnisku w Stansted³ lejek ma średnicę około 80 cm, stoi na niskim postumencie stanowiącym skarbonkę, jest eksponatem wyprodukowanym przemysłowo. Monety są wpuszczane przez otwór w plastikowej przezroczystej pokrywie. Dla podkreślenia aspektu widowiskowego wewnątrz lejka jest namalowana jednokolorowa spirala zbiegająca się ku jego środkowi. Podobny lejek w Spectrum w Berlinie, umiejscowiony przy wejściu na wystawy, ma górną średnicę około półtora metra, a spadająca kulka toczy się prawie przez minutę. We wszystkich przypadkach funkcja ludyczna, przykucia uwagi przechodnia lub widza, jest znakomicie spełniona. Prześledźmy po kolei wszystkie trzy funkcje poznawcze tego eksponatu.



Fot. 4.1. Różne funkcje takiego samego eksponatu: **a)** ludyczny (i skarbonki) w hali odlotów lotniska w Stansted; **b)** dydaktyczny: profesor fizyki wyjaśnia zasadę działania lejka wnukom, (wystawa autora „On the Track of Modern Physics” na Uniwersytecie Gdańskim, maj 2006); **c)** naukowy: ruch kulki w lejku przypomina eliptyczny ruch planet dookoła Słońca (wystawa „Spectrum” w Deutsches Museum w Berlinie, fot. GK)

¹ G. Karwasz i in., *Fizyka zabawek*, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki> (30.12.2011); G. Karwasz, A. Kamińska, *Physics and Toys*, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1> (30.12.2011).

² Zob. G. Karwasz, *Feeding and fishing, czyli o popularyzacji i o rekrutacji*, „Głos Uczelni”, nr 6(292)/2010, s. 12, UMK Toruń

³ Jeszcze innym miejscem, w którym znajdziemy podobny lejek, jest ogród zoologiczny w Płocku, gdzie służy on do zbierania pieniędzy na karmę dla zwierząt (2012 r.).

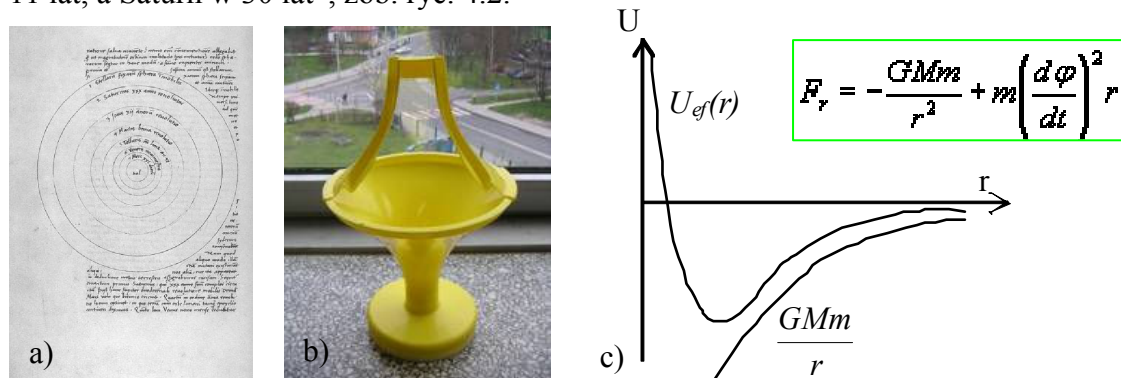
Aspekt ludyczny

Moneta krążąca dookoła i zbliżająca się ku środkowi przykuwa uwagę widza nie tylko z powodu stopniowego przyspieszania ruchu, ale też z uwagi na jej oddalanie się od widza. Stopniowo niejako, z każdym obrotem utrata monety staje się bezpowrotna, ale jednocześnie fascynuje widza. Moneta się toczy ruchem coraz szybszym, aż do zniknięcia. „Spróbujemy jeszcze raz?”

Efekt przykucia uwagi przez toczącą się monetę jest właściwie poza naszą kontrolą, jak obserwacja płomienia ogniska. Ludyczność eksponatu wynika też z prostoty jego obsługi oraz nieskończonej wręcz ilości różnych trajektorii, które zatoczyć może moneta w zależności od warunków początkowych startu.

Aspekt dydaktyczny (1) – dzieło Kopernika i III prawo Keplera

Najprostszym użyciem lejka grawitacyjnego w procesie dydaktycznym jest pokazanie analogii między ruchem monety, przyspieszającej w miarę zbliżania się do środka, a ruchem planet w Układzie Słonecznym – im bliżej Słońca, tym planety szybciej je obiegają. Zależność zaobserwowana już przez Kopernika i przedstawiona nawet na dawnym banknocie 1000 zł. Na własnoręcznym rysunku Kopernik zapisał po łacinie: „Mars okrąży Słońce w 2 lata, Jowisz w 11 lat, a Saturn w 30 lat”, zob. ryc. 4.2.



Ryc. 4.2. Przejście od aspektów ludycznych do dydaktycznych i naukowych: **a)** dzieło Kopernika – im bliżej Słońca, tym planeta porusza się szybciej, jak kulka bliżej centrum lejka; **b)** kształt lejka – hiperboliczny w przekroju, przypomina potencjał grawitacyjny $V \sim 1/r$ (wystawa „On the Track of Modern Physics”, École Centrale Paris, grudzień 2005 (fot. MK); **c)** rozwiązanie równania z potencjałem $V \sim 1/r$ daje orbity eliptyczne, jak w zabawkowym lejku grawitacyjnym

Johannes Kepler nadał tej obserwacji Mikołaja Kopernika (a wywodzącej się z obserwacji astronomicznych od czasów babilońskich) zależność matematyczną, nazywaną obecnie III prawem Keplera: „kwadraty okresów obiegu planet dookoła Słońca mają się do siebie jak sześciany ich odległości od Słońca” $T^2/R^3 = \text{const}$. Przyspieszający ruch monety w miarę zbliżania się do centrum lejka (a dla planet – zbliżania się do Słońca) obrazują zacieśniające się spirale w lejku na lotnisku w Standsted, zob. fot. 4.1.

Aspekt dydaktyczny (2) – I prawo Keplera

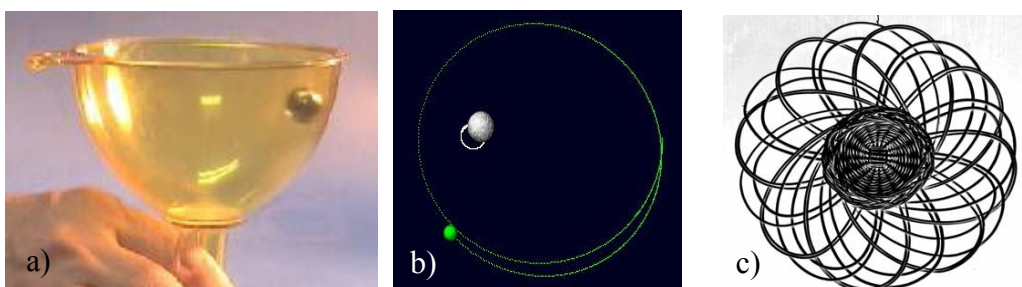
Za pomocą lejka grawitacyjnego można pokazać również pierwsze prawo Keplera, mówiące, że orbity planet są elipsami. Jest to jednak nieco trudniejsze do pokazania. Ba! Wręcz ukryte przez konstruktorów lejka. Otóż w lejku grawitacyjnym sprzedawanym w USA do szkół, monety nie są spuszczone z *jakąkolwiek* prędkością, ale z prędkością ściśle określoną, a dokładniej są spuszczone ze ściśle określonej wysokości, z początku rampy nad lejkiem, zob. fot. 4.1c. Gwarantuje to taką prędkość, że orbita monety pozostaje kołowa. Jednakże niektóre tylko planety, jak np. Ziemia, mają orbity (prawie) kołowe. Ogólnie w polu

grawitacyjnym orbity są eliptyczne, a nawet otwarte – paraboliczne lub hiperboliczne, jak orbity komet. Jak to pokazać?

Lejek grawitacyjny pozwala na pokazanie zarówno orbit eliptycznych, jak i hiperbolicznych. Kluczem do przeprowadzenia pokazu jest znajomość fizyki lub astronomii. Wiedząc, że orbity hiperboliczne (lub eliptyczne wydłużone) wykazują ciała niebieskie nadlatujące z kosmosu z dużymi prędkościami w pobliżu Słońca, orbity hiperboliczne można pokazać wrzucając kulkę w lejek z daleka. O ile nie trafimy centralnie, kulka „odbije” się od lejka lub, dokładniej, zakrzywi a nawet zawróci swoją trajektorię w obszarze lejka i wróci w „kosmos”, jak to czynią niektóre komety⁴.

Aspekt naukowy (1) – ogólna teoria względności A. Einsteina i kosmosy alternatywne

Z prostego doświadczenia z lejkiem grawitacyjnym (tym o kształcie hiperbolicznym) można wyprowadzić jeszcze inny, znacznie trudniejszy problem naukowy. Porównanie lejka *hiperbolicznego* z jakimkolwiek lejkiem innego kształtu (zob. fot. 4.3), wskazuje na wyjątkowy charakter pola grawitacyjnego Słońca, a raczej ogólnie pola Newtona (zob. fot. 4.1c). Pole to jest jedyne w swoim rodzaju – zapewnia *zamknięte* trajektorie kulek (lub planet). W ten sposób dochodzimy do drugiego prawa Keplera: „planety poruszają się po orbitach eliptycznych (czyli zamkniętych), a Słońce znajduje się w jednym z ognisk elipsy”. Każdy inny kształt lejka, czyli kształt „potencjału”, jak np. na fot. 4.3a lub 4.3b, nie daje orbit zamkniętych⁵. W centrach nauki, mimo popularności lejka grawitacyjnego, możliwe aspekty *dydaktyczne* i *naukowe* są rzadko wykorzystywane⁶. Niezależnie od kontynentu, kraju i rodzaju centrum przeważają aspekty ludyczne.



Fot. 4.3. Funkcje naukowe prostych eksponatów – otwarte orbity planet: **a)** zwykły lejek kuchenny i wirująca w nim metalowa kulka fascynują, ale mogą też służyć do ilustracji skomplikowanych pojęć jak ruch w polu siły o innej zależności od odległości niż siła grawitacji (czyli o innym kształcie potencjału); **b)** program symulacji ruchu planet w potencjałach odbiegających od zależności $V \sim 1/r$ (M. Brunato i autor); **c)** poglądowość eksponatu – otwartą orbitę Merkurego, w dalekiej analogii ilustruje ta ludowa wyplatanka z Białorusi (źródło i fot. GK)

⁴ Sposób konstruowania tego doświadczenia jest znakomitą przykładową paradygmatu działań naukowych (i dydaktycznych również): na początku każdego doświadczenia stoi *teoria*. Przeprowadzając badania naukowe, najpierw formułujemy kategorię pojęciową (w tym przypadku „ruch komety”), następnie na podstawie teorii stawiamy hipotezę roboczą („kulka wrzucona niecentralnie z dużą prędkością powinna zatoczyć orbitę hiperboliczną”), a na końcu ją weryfikujemy, wrzucając kulki z różną prędkością, aż do znalezienia tej właściwej, że kulka zatoczy fragment orbity, nie wyskoczy od razu, nie przewróci lejka itd. Zob. w tej kwestii J. Kruk, G. Karwasz, *Reprezentacja, przyczynowość i badania eksperymentalne jako znaczące punkty „mapy poznawczej” dydaktyki ogólnej*, „Forum Oświatowe”, nr 2(33)/2005; G. Karwasz, *Koniec nauki? Na razie nam nie grozi!*, „Edukacja Filozoficzna”, nr 52/2011, 5–17.

⁵ Bardzo naukowo, językiem mechaniki klasycznej (zwanej we Francji lub Włoszech mechaniką *racjonalną*) powiedzielibyśmy, że tylko w przypadku potencjału Newtona, typu $1/r$, i potencjału harmonicznego, typu r^2 , operator potencjału *komutuje* z operatorem momentu pędu. (Wyjaśnienie prof. Enrico Pagani).

⁶ Ciekawy przykład podwójnego lejka grawitacyjnego z Centrum Nauki „Kopernik” w Warszawie opisujemy w rozdziale VIII.

Die Rechnung ergibt für den Planeten Merkur eine Drehung der Bahn um 43'' pro Jahrhundert, genau entsprechend der Konstatierung der Astronomen (Leverrier); diese fanden nämlich einen durch Störungen der übrigen Planeten nicht erklärbaren Rest der Perihelbewegung dieses Planeten von der angegebenen Größe.

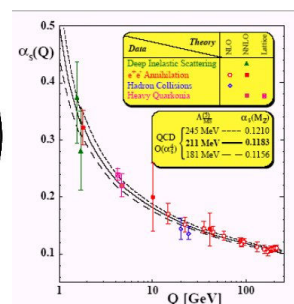
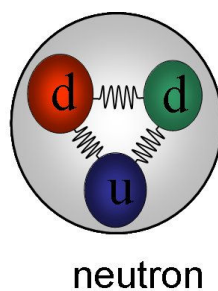
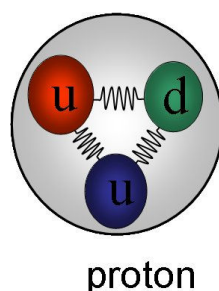
1) Bezüglich der Rechnung verweise ich auf die Originalabhandlungen A. Einstein, Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 47. p. 831. 1915. — K. Schwarzschild, Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 7. p. 189. 1916.

(Eingegangen 20. März 1916.)

Ryc. 4.4. Realistyczne dopełnienie funkcji naukowej lejka nie-grawitacyjnego – kopia oryginalnego artykułu A. Einsteina z 1916 r. z tekstem o odchylaniu się osi elipsy o 43'' na stulecie, czyli o tym, że orbita Merkurego jest orbitą *otwartą*: lejek na fot. 4.3 ilustruje pole inne niż pole Newtona, tak że II prawo Keplera przestaje obowiązywać i orbity są nie elipsami, ale krzywymi *otwartymi*

Aspekt naukowy (2) – uwięzienie kwarków

Jeszcze ciekawsze są rozważania o lejkach i fizyce współczesnej. O ile lejek na fot. 4.1c ma ścianki o coraz mniejszym nachyleniu w miarę oddalania się od centrum, o tyle lejki na fot. 4.3a i 4.5a mają ścianki coraz bardziej strome. W polu lejka grawitacyjnego rzucona kulka, a w polu grawitacyjnym Słońca nadlatująca kometa lub rakieta „Voyager” wystrzelona z Ziemi mają szansę uciec w daleki kosmos. Z lejka jak na fot. 4.3a kulka nie ucieknie. Obrazowo jest to sytuacja, jakiej doświadczają kwarki w cząstkach elementarnych – protonie lub neutronie. Im dalej kwarki znajdują się od siebie, tym bardziej rośnie siła ich wzajemnego przyciągania. Mówimy o „asymptotycznym uwięzieniu kwarków” w nukleonach.



Fot. 4.5. Coraz bardziej złożone funkcje naukowe prostych eksponatów – od lejka do kwarków: podnoszące się ścianki lejka przypominają siłę oddziaływania, które (odmiennie niż dla pola grawitacyjnego) rośnie z odległością, nieco podobnie jak siła sprężyny. Z tego powodu nie jest możliwe wydzielenie kwarków z protonu, jak to pokazują wyniki badań za pomocą akceleratorów cząstek elementarnych⁷

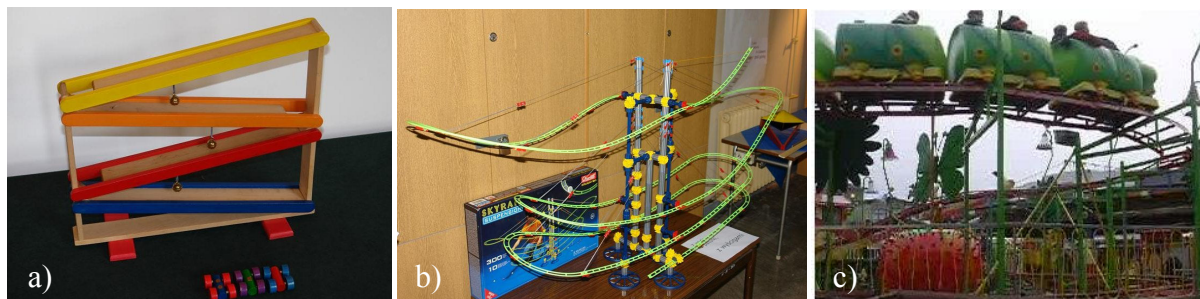
Oczywiście analogia między lejkiem a kwarkami jest bardzo odległa, ale tendencja do wirtualizacji zjawisk, mitologizacji światów dla nas niewidzialnych oraz pseudo-racjonalizacji osądów jest zabójcza dla twórczego myślenia. Osobiście skłaniamy się raczej ku nadinterpretacji zasady pogładowości niż do przyjmowania prostych, banalnych wręcz schematów myślenia, w których i elektron, i proton, i kwark to małe, bezpostaciowe kulki.

Przykład 2. Wyścigi samochodów i kaczek

Innym typowym eksponatem ludycznym są różnego rodzaju zjeżdżalnie, obecne praktycznie we wszystkich centrach nauki. Podobnie jak w przypadku lejka, nieodwracalny ruch w dół fascynuje widzów. Zjeżdżalnie mają więc najróżniejsze formy – metalowe, drewniane, długie, krótkie, ale obecne są wszędzie, we wszystkich znanych nam centrach nauki. Służą głównie zabawianiu widzów, tak dorosłych, jak i dzieci.

⁷ Źródło: G. Karwasz, T. Wróblewski, A. Niedzicka, W. Niedzicki, M. Brunato, *Physics in funnels*, 3rd GIREP Workshop, Lublana (Słowenia), 06–09.09.2005, Book of Abstracts, ed. G. Planinšič, A. Mohorič, S. Lasič, S. Oblak, Ljubljana 2005, s. 57.

Na licznych pokazach dla dzieci autorowi udało się wzbogacić funkcję ludyczną zjeżdżalni o funkcję dydaktyczną, polegającą na pokazaniu, że ruch po równi nie zależy od masy schodzących zwierzątek czy staczających się wózków. Było to zasadnicze odkrycie Galileusza, praktycznie pierwsze prawo nowożytnej mechaniki. Na wystawach dydaktycznych pokazujemy liczne eksponaty ilustrujące to prawo, zob. fot. 4.6a i 4.6b.



Fot. 4.6. Zjeżdżalnie – aspekty dydaktyczne i ludyczne: **a)** samochodziki o różnych masach zjeżdżają po równi z tą samą prędkością; **b)** skomplikowana zjeżdżalnia z kulkami – w górę i pod górę, ilustrująca zasadę zachowania energii; **c)** podobny eksponat w lunaparku (autor GK)

Zjeżdżalnie – eksponaty proste i bezpieczne, dają duże możliwości do samodzielnego eksperymentowania, a właściwie pomyślane – również do samodzielnej nauki praw ruchu.

Funkcje poznawcze a wiek odbiorcy

Z obu powyższych przykładów – lejka grawitacyjnego i schodzących kaczek – wynika jeszcze inne uporządkowanie trzech funkcji *poznawczych* eksponatów (i całych wystaw oraz centrów nauki) – z uwagi na wiek odbiorcy. I tak, funkcja ludyczna służy do przekazu najprostszych treści, prawie że na poziomie sensoryczno-motorycznym: „Uwaga! Schodząc z góry łatwo się przewrócić, jak to się zdarza kaczce za mocno popchniętej” (na przykładzie kaczek) lub „Uwaga! Taki wir w wodzie może wciągnąć do środka!” (na przykładzie lejka grawitacyjnego). Przekaz treści na poziomie ludycznym nie wymaga specjalnej wiedzy odbiorcy ani użycia skomplikowanych opisów. Są to niejako eksponaty dla widza od 0 do 99 lat. Dwa przykłady wystaw interaktywnych opartych głównie na funkcji ludycznej, „W czasie deszczu dzieci się nudzą” w Biurze Wystaw Artystycznych przy Molo w Sopocie w sierpniu 2004 roku oraz wystawę „Z góry na pazurki” w *korytarzu dydaktycznym* na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w kwietniu 2007 roku, przedstawiamy w rozdziale VII.



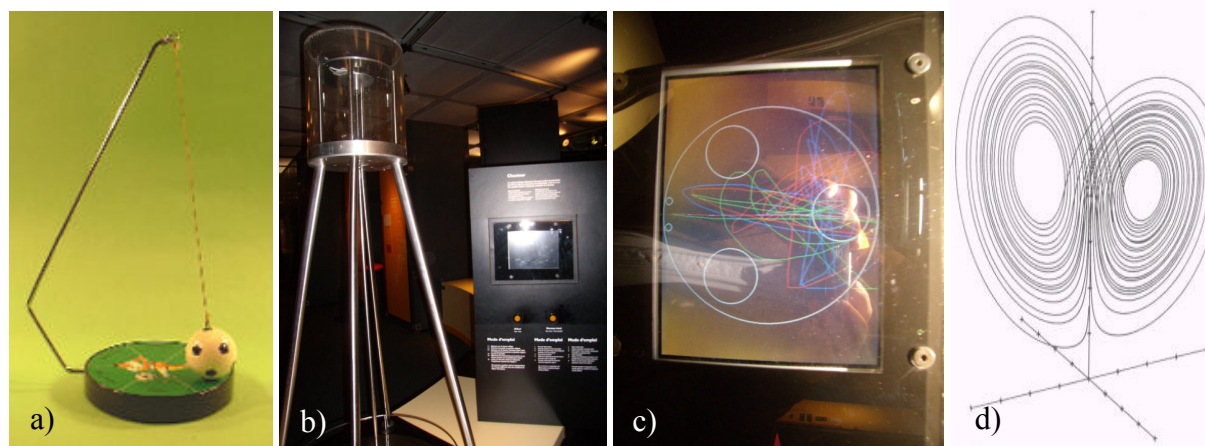
Fot. 4.7. Zjeżdżalnie, cd. – aspekty ludyczne eksponatów *dydaktycznych*; **a)** wyścigi kaczek, Festiwal Nauki Warszawa 2007, siła tarcia jako powód jednostajnego ruchu kaczek; **b)** wyścigi samochodów, niezależność przyspieszenia od masy, pokazy na Uniwersytecie I Wieku, Tuchola 2009; **c)** samodzielne eksperymentowanie po wykładzie interaktywnym UniKids, Zielona Góra 2010 (autor GK)

W scenariuszach wykładów interaktywnych dla dzieci podwójna równia z kaczkami wyzwała jeszcze inne emocje w widzach – nie tylko fascynacji, ale i współzawodnictwa. Zabawa polega na kibicowaniu dwóm kaczkom schodzącym po równi. Jedną z kaczek dopinguje połowa widowni, a drugą – pozostała część. Kaczki są identyczne i schodzą

oczywiście powolnym ruchem jednostajnym, niezależnie od dopingowania widowni. Efekt zabawowy gwarantowany, ale i cel dydaktyczny też jasny: kaczki nie reagują na doping widowni, bo ich ruch jest rządzone przez *prawa fizyki*.

4.2. Współzależności między funkcjami poznawczymi eksponatu interaktywnego

Ekspонат *sam w sobie* nie stanowi jeszcze o jego funkcjach w konkretnych sytuacjach dydaktyczno-wystawowych: może pełnić każdą z trzech funkcji, w zależności od wyboru projektanta wystawy. Przykładem jest wahadło „chaotyczne” wykorzystywane na naszych wystawach „Fizyki zabawek”⁸, ale będące także eksponatem na wystawie matematyki współczesnej w Cité de Sciences w Paryżu. W nawet niezbyt skomplikowanych układach mechanicznych mała zmiana parametrów początkowych ruchu prowadzi do zupełnie innej dynamiki układu. Zjawisko to nosi nazwę chaosu klasycznego.



Fot. 4.8 Funkcja ludyczna prowadzi do funkcji naukowej – wahadło „chaotyczne”: **a)** wahadło ze zbiorów „Fizyki zabawek” – układ 6 magnesów w podstawie wypycha wahającą się piłkę w przypadkowe (pozornie) położenie (T. Wróblewski); **b)** takie samo wahadło, profesjonalnie wykonane, na wystawie matematyki współczesnej w Cité des Science w Paryżu; **c)** trajektoria ruchu wahadła – fotografia ekranu układu pomiarowego po kilku przebiegach; **d)** ilustracja chaosu klasycznego (fot. GK)

Samo wahadło chaotyczne spełnia funkcję ludyczną – jak wszystkie poruszające się obiekty przyciąga uwagę. Funkcja dydaktyczna jest ograniczona, dopóki nie wprowadzimy naukowego pojęcia chaosu i obrazowo nie zarejestrujemy różnych trajektorii ruchu przy różnych warunkach początkowych, tak jak to uczyniliśmy z wahadłem w Cité des Sciences, fot. 4.8c. Multimedialne zobrazowanie zmierzonych przebiegów pozwala na porównanie z teoretycznymi trajektoriami, obliczonymi dla podobnego (matematycznie) typu wahadła.

Wzajemne przeplatanie się trzech funkcji poznawczych jest trudne do określenia *a priori*. Ekspozycje same w sobie mogą być wykorzystane na różne sposoby. Dopiero praktyczne realizacje wystaw i prowadzenie obserwacji pozwala na odkrycie całej różnorodności funkcji pedagogicznych ukrytych w eksponatach. Okazuje się, że nawet najmłodsi odbiorcy są zdolni do działań badawczych w nie mniejszym stopniu jak naukowcy o bardzo szerokiej wiedzy. Podamy tu dwa zdarzenia zaobserwowane na wspomnianej wystawie „Z górki na pazurki”. Dwa bardzo podobne urządzenia – oba zawierające po kilka kulek na równi przechodzącej w poziomy tor – miały dwa różne cele *dydaktyczne*. W trakcie wystawy, ku zdziwieniu twórców, odbiorcy w zupełnie oryginalny sposób wynaleźli nowe funkcje poznawcze.

⁸ T. Wróblewski, *Dopóki piłka w grze*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/elmag/pilkarz.html> (30.12.2011).

Pierwsza równia w założeniu projektowym miała być modyfikacją tzw. wahadła Newtona. Wahadło Newtona składa się z pięciu kulek zawieszonych na niciach – jeśli pierwsza z kulek uderza w cztery pozostałe pozostające w spoczynku, tylko ostatnia odskakuje, a reszta, włącznie z pierwszą, pozostaje w spoczynku. Rozwiązanie problemu wymaga co prawda znajomości dość prostych metod matematycznych, ale jest skomplikowane tak, że przekracza możliwości przeciętnego maturzysty, zob. dyskusję w cytowanej naszej publikacji *Multi-medialnej*⁹. W szczególności istotnym elementem rozwiązania (i działania urządzenia) jest fakt, że ruch wszystkich kulek odbywa się wzdłuż jednej prostej, czyli zderzenia są ściśle centralne. Pytaniem postawionym przez autora było, czy wahadło Newtona można pokazać za pomocą kulek niezawieszonych na niciach (co jest kłopotliwe), ale spoczywających na prowadnicy.



Fot. 4.9. „Z górki na pazurki, ze zderzeniami” – zjeżdżalnia Newtona: **a)** widok całości urządzenia – kulka zjeżdżająca z nachylonej części po prawej stronie uderza w pięć innych kulek spoczywających na równi; **b)** powiększenie miejsca zderzenia i jego pierwowzór – wahadło Newtona (w górnym rogu); **c)** kolejna modyfikacja idei wahadła Newtona – równia z magnesami w części poziomej, zwana też działem (tj. armatą) Gaussa; „naciąg” kulek w polu magnesów powoduje akumulację energii, która zostaje rekurencyjnie wyzwolona po uderzeniu przez kulkę nadlatującą z lewej strony; w konsekwencji ostatnia kulka z prawej strony wtacza się po równi *wyżej* niż wysokość, z której stoczyła się pierwsza kulka z lewej pochylni. (Festiwal Nauki Toruń, UMK, kwiecień 2007, idea i realizacja GK, współpraca W. Krychowiak, fot. KS)

Przygotowany eksponat, zob. fot. 4.9, przypomina wahadło Newtona: cztery kulki spoczywają na poziomym torze, a piąta stacza się z pochylonego odcinka toru i uderza w pozostałe cztery. Jak należało się spodziewać, nowy eksponat działa inaczej niż wahadło Newtona – po zderzeniu odskakuje nie tylko ostatnia kulka, ale i pozostałe toczą się, choć wolniej. Przyczyną takiego działania jest fakt, że kulki toczą się po równi, a nie są zawieszane na niciach. W analizie ruchu należy uwzględnić nie tylko energię kinetyczną ruchu prostoliniowego ale również energię ruchu obrotowego (tj. toczenia się) kulek. Rozwiązanie problemu jest więc znacznie bardziej skomplikowane; wymaga również uwzględniania tarcia. Eksponat mógłby więc służyć skomplikowanym celom badawczym, weryfikacji modelu matematycznego i siły tarcia, ale niezbędne byłyby pomiary prędkości kulek po zderzeniu, a to nie jest proste.

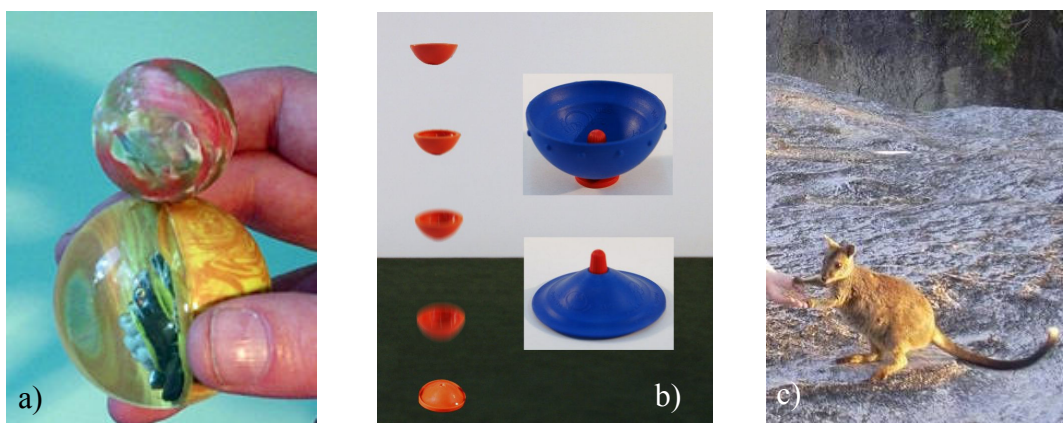
Funkcja ludyczna eksponatu jest stosunkowo mało interesująca, nie rzuca się w oczy żadne specjalne zjawisko – jedna kulka uderza, a pozostałe zaczynają się toczyć. Eksponat spełnia natomiast dobrze funkcję dydaktyczną na poziomie liceum lub kursu fizyki na I roku uniwersytetu: o ile kulki mają nie tylko energię kinetyczną ruchu posuwistego, ale również energię kinetyczną *toczenia się*, to podział energii w zderzeniu jest inny niż w wahadle Newtona i rozwiązanie matematyczne również jest inne, co widać natychmiast w doświadczeniu!

Drugi eksponat z tej samej serii, pozornie dość podobny, wzbudził zainteresowanie widza umiejscowionego na „drugim końcu piramidy edukacyjnej”, a mianowicie dyrektora Instytutu

⁹ G. Karwasz *Wahadło Newtona*, w G. Karwasz i in. *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/mech/wahnewt.html> (30.12.2011).

Fizyki UMK, fizyka teoretyka. Doświadczenie składa się z prostego odcinka równi zakończonego dwoma odcinkami pochyłymi (zob. fot. 4.9c). W zamierzeniu miało ono na celu pokazanie innego jeszcze niż w doświadczeniu Piotrusia (zob. rozdział III) aspektu prawa zachowania energii. Przyzwyczajeni jesteśmy, że w realnych sytuacjach, np. piłki odbijającej się od podłogi, energia jest tracona. Piłka odbija się „prawie na taką samą” wysokość, z jakiej spadła. Innymi słowy, odbija się na taką samą wysokość lub *mniejszą*, nigdy większą. Przykłady, w których dzieje się inaczej, są dla widza zaskakujące, o wybitnie ludycznej funkcji. Dwa przypadki obiektów odbijających się na większą wysokość niż początkowa zawiera kolekcja „Fizyka i zabawki”.

Pierwsze z tych doświadczeń to „skaczące piłeczki”, pozwalające na stworzenie *scenariusza* pokazu o charakterze teatralnym lub fragmentu wykładu interaktywnego. W poprzedniej pracy¹⁰ przedstawiono scenariusz takiego pokazu. „Skaczące piłeczki” są również jednym z trzech doświadczeń składających się na mini-ścieżkę edukacyjną pt. „Prawa nie-zachowania”¹¹. Istotne w wyjaśnieniu, dlaczego lżejsza piłeczka odbija się na większą wysokość niż wysokość, z której spadła, jest prawo zachowania energii – lżejsza piłeczka odbija się wyżej, gdyż uzyskała dodatkową energię w zderzeniu z piłeczką cięższą.



Fot. 4.10. Przykłady zderzeń nad-sprężystych, tj. takich w których jeden z obiektów zyskuje energię od drugiego z CD-ROM „Fizyka i zabawki”: **a)** dwie spadające i zderzające się piłeczki, po zderzeniu ta wyższa odskakuje, asymptotycznie dla nieskończonej różnicy mas, na wysokość 9 razy większą niż wysokość początkowa (doświadczenie T. Wróblewski, fot. A. Krzysztofowicz); **b)** pół-piłeczka wygięta w dół i położona na stole podskakuje „samoczynnie”; sekwencja zdjęć, od dołu do góry pokazuje, że półpiłeczka, lecąc w górę, zwalnia; we wklejce inny przykład pół-piłeczki (zbiory GK, fot. KS); **c)** dla odprężenia po dyskusji o zachowaniu energii – australijski kangurek górski wallabie, choć lepszym przykładem byłyby skoki pchły (materiały CD-ROM „Physics and toys”, fot. GK)

Rozważając więc zjawisko z punktu widzenia lżejszej piłeczki, mamy do czynienia z zewnętrznym, niejako ukrytym źródłem energii. Rozważając natomiast dwie piłeczki jako składniki tego samego jednego systemu, energia pozornie uzyskana (przez piłeczkę lżejszą) pochodzi z wewnętrznego źródła (tj. z energii cięższej piłeczki). Jest to zasadnicza część funkcji dydaktycznej tego eksponatu: energia nie pojawia się z niczego, ale jest przekazywana między piłeczkami.

Możliwy przykład funkcji naukowej jest dość skomplikowany i dotyczy fizyki wyładowań w mieszaninach gazów. W przypadku dwóch atomów zderzenie, w którym jeden z nich otrzymuje dodatkową, „ukrytą” przed zderzeniem energię, nazywamy zderzeniem nad-

¹⁰ G. Karwasz, *Między neo-realizmem a hyper-konstruktywizmem – strategie dydaktyczne dla XXI wieku*, „Problemy Wczesnej Edukacji”, nr 6/2011.

¹¹ G. Karwasz, *Skaczące piłeczki*, [w:] G. Karwasz, A. Kamińska, *Physics and Toys*, CD-ROM, Wyd. Soliton, Sopot 2006, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/piłeczki-pl.html> (30.12.2011)

sprężystym. W wyładowaniach w gazach, np. w mieszaninie neonu i argonu, ta dodatkowa energia pochodzi z de-ekscytacji drugiego atomu (który przed zderzeniem znajdował się w wyższym niż podstawowy stanie energetycznym, czyli miał nadmiar energii, możliwy do oddania pierwszemu atomowi). Zjawisko, dość istotne dla działania np. ulicznych lamp „neonowych”, jest nieznane studentom, a nawet specjalistom w zakresie fizyki atomowej¹².

Innym doświadczeniem z „ukrytą” energią są podskakujące piłeczki, sprzedawane w krajach angielskojęzycznych pod nazwą *dropper-poper*¹³. Piłeczki, a w zasadzie pół-piłeczki, przed spuszczeniem wymagają „naciągnięcia”, czyli przenicowania na drugą stronę. Uderzenie piłeczki w ziemię wyzwala zgromadzoną w przenicowaniu energię, jak pociągnięcie za cyngiel uwalnia energię sprężyny. Przenicowana pół-piłeczka odbija się wyżej niż wysokość początkowa, z której została spuszczone. Położona na stole podskakuje „samoczynnie”. Nawiasem mówiąc, tak właśnie skaczą pchły. Wysokość skoku pchły przekracza stukrotnie jej własne rozmiary, tak jakby skoczek wzwyż skakał na wysokość dwustu metrów! Otóż przed skokiem pchły naciągają więzadła jak cięciwę w łuku, a raczej w kuszy: proste doświadczenie z piłeczką daje odnośnik do zaskakującego zjawiska z dziedziny zoologii. Na płycie *Physics and Toys* nie byliśmy w stanie pokazać pchły, więc zjawisko wyzwala energii zmagazynowanej pokazujemy, a raczej sugerujemy przy pomocy zdjęcia wallabie, małego kangura ze skalistych wzgórz Australii (zob. fot. 4.10c) i za pomocą zdjęcia golfisty, który przekazuje golfowej piłce energię (kinetyczną) ciężkiego kija¹⁴.

Zaplanowane na wystawie „Z górkę na pazurki” doświadczenie z dwoma równiami miało na celu przekaz treści naukowej o zderzeniach nad-sprężystych. Doświadczenie to stanowi rozwinięcie znanego dobrze tzw. działu magnetycznego Gaussa. Jeżeli po dwóch stronach silnego magnesu (zob. fot. 4.9c) umieścimy cztery kulki, ale niesymetrycznie, tzn. jedną z jednej strony, a trzy z drugiej, to taki układ jest dość niestabilny – łatwo oderwać trzecią kulkę natomiast trudno oderwać kulkę „samotną”.

Umieszczając układ takich magnesów z kulkami na jednej prostej, uzyskujemy działło magnetyczne – wystarczy lekko uderzyć w samotną kulkę na początku równi, aby kolejno, w całej serii magnesów, trzecia kulka z poprzedniego magnesu przeskoczyła samoistnie do pierwszej kulki z magnesu następnego. Fizycznie, taki układ przed startem należy „załadować” lub raczej naciągnąć jak cięciwę łuku czy cyngiel w pistolecie. Innymi słowy, należy dostarczyć do układu energię, która jest następnie w układzie zmagazynowana jak energia naciągu w sprężynie cyngla. Działło magnetyczne jest pokazywane na wielu wystawach jako typowy element zabawowy: naciągamy cyngiel, puszczaamy kulkę na początku listwy z magnesami, a ostatnia kulka odskakuje daleko. Silna funkcja ludyczna, a jednocześnie antyfunkcja dydaktyczna: tak naprawdę nie wiadomo, co się stało i dlaczego.

Aby eksponat spełniał również funkcję dydaktyczną (oprócz ludycznej i naukowej – o atomowych zderzeniach nad-sprężystych), wymaga on jednoznacznego pokazania prawa zachowania energii. Jak to zrobić? Bardzo prosto – kulka puszczone z równi z określonej wysokości i wtaczająca się na podobną równię na końcu toru nigdy nie wtoczy się na wyższą wysokość niż początkowa. Chyba że po drodze uzyska dodatkową energię. Tę energię może uzyskać z działła magnetycznego ustawionego na poziomym odcinku toru. Tak naprawdę proponowany eksponat stanowił złożenie dwóch pomysłów – podwójnej, zwykłej równi z działłem do zderzeń nad-sprężystych. Nawet znakomici fizycy – profesorowie, wracali na wystawę, aby „pobawić się” tym eksponatem. Na poziomie wiedzy i percepcji bardzo

¹² Proces taki nazywamy jonizacją Penninga.

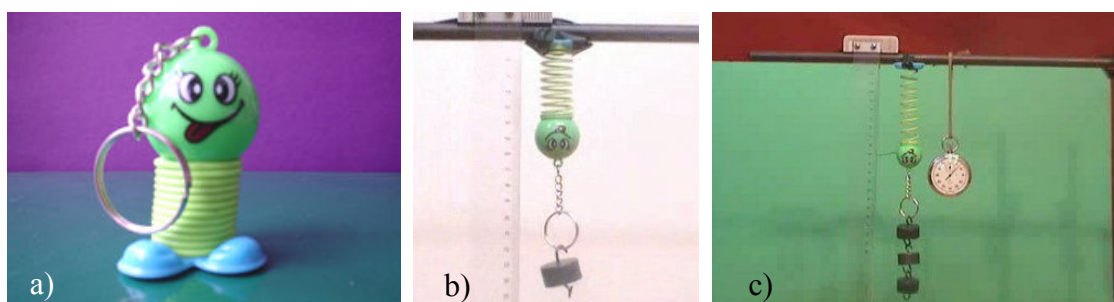
¹³ G. Karwasz, *Dropper-poper*, [w:] G. Karwasz, A. Kamińska, *Physics and Toys*, CD-ROM, Wyd. Solion, Sopot 2006, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/dropper-pl.html> (30.12.2011)

¹⁴ Tamże.

doświadczonego naukowca (i dydaktyka) trzy funkcje: naukowa, dydaktyczna i ludyczna (w tej kolejności tworzące eksponat), złożyły się w jedną całość pedagogiczną. Złożone, a ukryte przed widzami treści eksponatu pozwalają na konstruowanie narracji dydaktycznej w zależności od przygotowania, wieku, zainteresowań, zdolności percepcji indywidualnego widza i/lub grupy.

4.3. Proste jest dydaktyczne!

Parafrazujemy tu tytuł książki Ernesta Schumachera *Małe jest piękne*, która w latach 80. zeszłego stulecia wywołała rewolucję myślenia o cywilizacji technologicznej. Zazwyczaj eksponaty dydaktyczne to skomplikowane zestawy pomiarowe, mało atrakcyjne wizualnie a wykonane tak, że wynik doświadczenia jest z góry przesądzony. Uczeń (i również nauczyciel) nie musi wykazywać się myśleniem, aby uzyskać założony przez dydaktyka cel. W XXI wieku takie działania są anty-edukacyjne: eksponat powinien zachęcać do myślenia. Poniżej przedstawiamy przykład ludzika na sprężynie pochodzącego ze sklepu z pamiątkami, którego zamieniliśmy na edukacyjną ścieżkę o prawach mechaniki.



Fot. 4.11. Funkcje dydaktyczne prostych eksponatów - od zabawy do pomiaru, doświadczenie w formie multimedialnej na stronach „Fizyki zabawek”: **a)** Marsjanin, maskotka na sprężynie; **b)** maskotka ta może służyć do badania praw sprężystości Hooke’a – wydłużenie sprężyny jest proporcjonalne do przyłożonej siły; **c)** w jeszcze innym doświadczeniu Marsjanin służy do ilustracji ruchu drgającego – kwadrat okresu drgań jest wprost proporcjonalny do masy ciała, czyli im cięższe ciało tym wolniejsze drgania (eksponaty i autor ścieżki GK, wykonanie i fot. Andrzej Krzysztofowicz)

Ten zabawny ludzik z zieloną głową na sprężynie jest z założenia breloczkiem do kluczy. Ale właśnie breloczkowy uchwyt i elastyczna sprężyna umożliwiają przeprowadzenie doświadczeń tak w zakresie statyki (prawo Hooke’a – wydłużenie jest wprost proporcjonalne do przyłożonej siły¹⁵), jak i dynamiki (okres drgań zależy od masy zawieszonych ciężarków¹⁶).

Te same doświadczenia można przeprowadzić z jakimkolwiek innym obiektem na sprężynie, oczywiście przy zachowaniu pewnych wymogów fizycznych: sprężyna musi być elastyczna (tzn. spełniać prawo Hooke’a) w stosunkowo dużym zakresie wydłużeń, a główka powinna być w miarę lekka w porównaniu z ciężarkami, które doczepiamy. Zabawy ze sprężynkami złożyliśmy w ścieżkę dydaktyczną „Dlaczego tygrys nie dogoni kurczaka” przeznaczoną dla małych dzieci, przedstawioną po raz pierwszy na Zjeździe PTF w Gdańsku w 2003 roku, a rozwiniętą w oddzielną wystawę dla przedszkolaków na Festiwalu Nauki i Sztuki w Toruniu w 2008 roku. Idea narodziła się z dwóch zabawek kupionych w 2003 roku na przystanku autobusu w Pradze: kurczaka i tygrysa z nogami podwieszonymi na sprężynkach¹⁷, zob. fot. 4.12. Wychodząc z prawa Hooke’a – większa masa to wolniejsze drgania, pomysł doświadczenia pojawia się natychmiastowo: podwieszając tygrysowi do nóg

¹⁵ G. Karwasz, *Marsjanin I*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-Rom, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/mech/marsjanin1.html> (30.12.2011).

¹⁶ Zmierzona zależność dość dobrze oddaje to prawo, gdyż masa główki ludzika jest stosunkowo mała. GK., *Marsjanin II*, tamże; <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/mech/marsjanin2.html> (30.12.2011).

¹⁷ G. Karwasz, A. Karbowski, K. Służewski, *Dlaczego tygrys nie dogoni kurczaka?* Tunel dydaktyczny dla dzieci, Festiwal Nauki w Toruniu, 2010, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/161 (30.12.2011).

„skarpetki” z ołowiu, wydłużamy okres drgań. Tygrys przebiera nogami znacznie wolniej niż kurczak. „Dlaczego nie dogoni kurczaka?” Odpowiedź jest prosta: „Bo ma nogi jak z ołowiu!”. Odpowiedź nie tylko w przenośni, ale i dosłownie.



Fot. 4.12. Proste eksponaty do ilustracji ruchu drgającego: **a)** dwa bliźniacze eksponaty do zabawy „Dlaczego tygrys nie dogoni kurczaka?” – kurczak i tygrys z nogami na sprężynkach; tygrys dodatkowo obciążony „skarpetkami” z ołowiu; **b)** eksponaty do „ważenia” bez wagi, czyli do określania masy bez korzystania z prawa grawitacji – sprężyny zostały pieczołowicie wybrane spośród kilkunastu, tak aby miały ten sam okres drgań, dzięki temu mogą służyć do „ważenia”; **c)** ta sama idea co poprzednio, ale w eksponacie zaprojektowanym *ab initio* – walce o różnych rozmiarach mają okresy drgań mające się do siebie jak 1 : 2 (eksponaty i autor ścieżki GK, fot. KS)

Możliwa jest jeszcze dalsza eksploatacja różnych aspektów prawa ruchu drgającego $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, gdzie T jest okresem drgań, m – masą ciała drgającego, a k – stałą sprężystości. Trzy starannie wybrane (w sklepie z pamiątkami w Trento) sprężyny o takich samych stałych sprężystości (czyli o tych samych okresach drgań) mogą posłużyć do skonstruowania „wagi”, która nie korzysta z prawa grawitacji – urządzenia do „ważenia” dla astronautów.

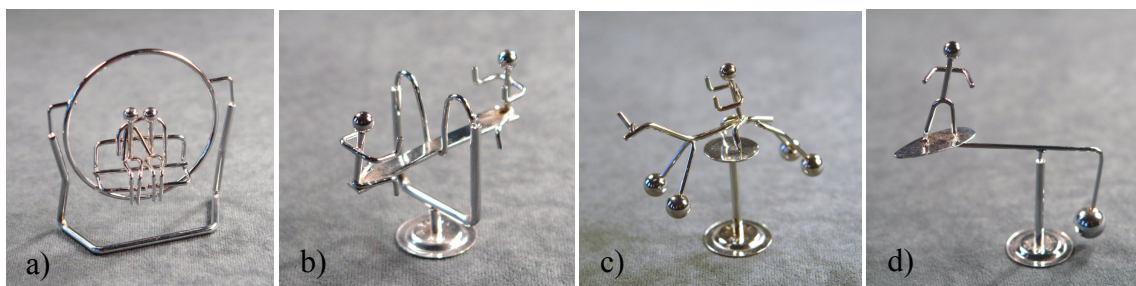
Koncepcja tego doświadczenia opiera się na potocznej (i historycznej) trudności w rozróżnieniu dwóch wielkości fizycznych – wagi i masy. Jeszcze stosunkowo niedawno masę i wagę określaliśmy w tych samych jednostkach – kilogramach (gramach, dekagramach itd.). Z zastrzeżeniem, że mówiąc o *masie* używamy jednostek *kg*, a mówiąc o *wadze*, czyli o sile, z jaką Ziemia przyciąga jeden *kg* masy, używamy jednostek siły, *kG* (obecnie zakazanych!). Były to jednostki bardzo pożyteczne dydaktycznie, jako że np. ciśnienie atmosferyczne wynosi mniej więcej 1 kG/cm^2 . W jednostkach obecnie obowiązujących zdanie „ważę 80 *kg*” jest niepoprawne. Należy powiedzieć „ważę 800 *N* (niutonów)” lub „moja masa to 80 *kg*”. Tu nasuwa się pytanie: jak przekonać uczniów, że do określenia masy nie potrzebujemy „ważyć” ciała? Innymi słowy, w jakim innym zjawisku fizycznym obserwujemy skutki zależne od masy?

Problem jest nie tylko dydaktyczny, jako że mamy w fizyce dwa określenia masy. Pierwszy sposób wynika z drugiego prawa Newtona $a = F/m$, gdzie a jest przyspieszeniem, z jakim porusza się ciało, a F – siłą na nie działającą. W tym przypadku mówimy o masie „inercyjnej”. Drugi sposób określenia masy to właśnie pomiar siły oddziaływania grawitacyjnego między dwoma masami. Te dwie definicje masy dają ten sam wynik. Niestety, nie wiemy do dziś, dlaczego. Nie ma ogólnych przesłanek ku temu, aby dwie masy: grawitacyjna i inercyjna były identyczne, choć nie mamy *żadnych* dowodów, że może być inaczej¹⁸.

Eksponaty na fot. 4.12b nie służą do określenia *wagi*, która zależy od siły przyciągania ziemskiego. Eksponaty te bezpośrednio porównują *masy* (inercyjne): okresy drgań dla sprężyn o podobnych współczynnikach sprężystości, oddają stosunek mas¹⁹.

¹⁸ Identyfikacja masy inercyjnej i grawitacyjnej nie wynika nawet z ogólnej teorii względności A. Einsteina. Problem wynika m.in. z pojęcia (i istnienia, potwierdzonego w czerwcu 2012 r.) bozonu Higgsa.

¹⁹ Oczywiście masa sprężyn zmienia nieco wynik porównań, ale do celów porównawczych w sposób nieistotny.



Fot. 4.13. Etiudy na temat ruchu drgającego – wahadła z berlińskiego sklepu z pamiątkami. Okres drgań nie zależy od masy obiektu, ale od rozkładu masy w stosunku do położenia osi obrotu. Najkrótszy okres wahań ma para zakochanych **a)**, gdzie masa jest rozłożona wokół osi obrotu, najdłuższy okres ma surfista **d)**, gdzie masy są położone daleko od punktu podparcia (zbiory GK, fot. KS)

Zagadnienie ruchu drgającego tworzy w naturalny niejako sposób niezwykle ciekawą i wielowątkową ścieżkę dydaktyczną²⁰. Odkrycie Galileusza sprzed 400 lat o niezależności okresu wahań (kandelabru w Baptysterium w Pizie) od wychylenia (i masy kandelabru), będące podstawą działania zegarów wahadłowych, nie do końca weszło do świadomości nawet współczesnego, wykształconego obywatela. Ale o ile doświadczenie Galileusza – ciężarek na nitce czyli wahadło matematyczne, *jest* w programie szkolnym, to wahania *rozkładów* mas, czyli tzw. wahadło fizyczne, sprawia trudności nawet absolwentom fizyki. W tym celu stworzyliśmy kolekcję prostych, niby-zabawkowych obiektów o takich samych masach ale różnych ich rozkładach w stosunku do osi obrotu. Zwiedzający w bezpośredni sposób może porównać, że okresy wahań tych zabawek się różnią, fot. 4.13. Wspomniane już wahadło (a właściwie „kołyska”, ang. *cradle*) Newtona jest elementem wielu wystaw interaktywnych, popularnych gadżetem na biurko, zob. fot. 4.15, a nawet elementem reklam telewizyjnych.

W wahadle Newtona fascynuje to, że kule pośrednie nie uczestniczą w zderzeniu. Rozwiązanie matematyczne nawet dla dwóch kul nie jest wcale elementarne dla ucznia szkoły podstawowej, gdyż wymaga uwzględnienia prawa zachowania energii i pędu i rozwiązania układu dwóch równań, z których jedno jest kwadratowe²¹. Jeszcze bardziej fascynujące jest, że w układzie np. pięciu kul, jeśli uderzają trzy, to dwie ostatnie spoczywające przed zderzeniem i dwie pierwsze z uderzających zmieniają swój stan ruchu, a środkowa nie (i przed i po zderzeniu porusza się). Kulki wydają się nieobecne w zderzeniach, a uczestniczy w nich jakaś tajemnicza wielkość przekazywana – pęd. Wahadło Newtona dydaktycznie staje się niezbędnym doświadczeniem, o ile chcemy przekonać ucznia, np. na poziomie gimnazjum, że pęd i energia są dwoma komplementarnymi wielkościami opisującymi ruch, a szczególnie zderzenia ciał.

Możliwych wariacji na temat wahadła Newtona jest wiele, jak już częściowo dyskutowaliśmy wcześniej. Usunięcie z sekwencji jednej z kulek powoduje, że zderzenia nie są dokładnie centralne i ruch staje się chaotyczny, zob. 4.14 i sekwencja filmowa w *Physics and Toys*²². Kolejna, ludyczno-dydaktyczna wariacja to np. inna masa jednej z kul. Ścieżka dydaktyczna prostych doświadczeń ilustrujących mechanikę zderzeń obejmować może także „zabawki” i gadżety, jak np. dwie kule zderzające się centralnie w tzw. riki-tiki, fot. 4.15.

²⁰ Ścieżkę tę rozwinęliśmy w ramach projektu UE „Physics is Fun” rozwinęliśmy w oddzielną mini wystawę „Tout tremble”. Francuski tytuł wziął się z miejsca wystawy – Ecole Centrale w Paryżu i był ukłonem w stronę matematyków francuskich Fouriera i Lagrange’a, którzy położyli podwaliny pod analizę układów drgających, tzw. analizę harmoniczną, zob. GK, *Tout tremble*, [w:] *On the track of Modern Physics*, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/posters/fourier6-fr.ppt (30.12.1011).

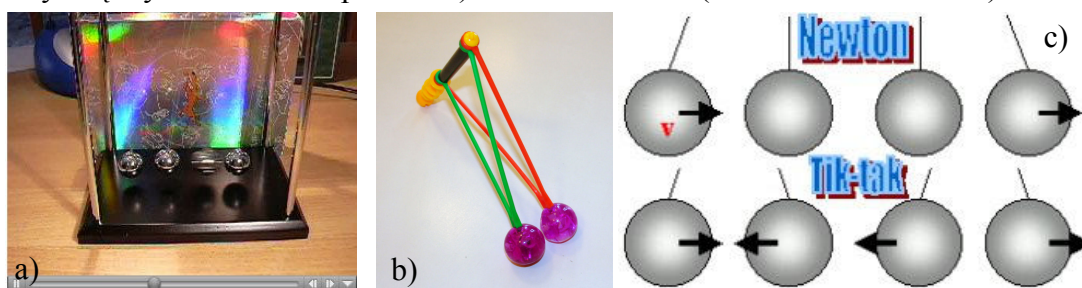
²¹ Zob. rozwiązanie dokładne na stronie GK, *Wahadło Newtona*, część II, [w:] *Fizyka i zabawki*, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/mech/wahnewt-dok1.htm> (30.12.1011).

²² <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/anim/newtchaos.mov> (30.12.1011, idea i film GK)



Fot. 4.14. Proste jest dydaktyczne: **a)** wahadło Newtona inspiruje do samodzielnego próbowania, ile kul się odbije (zbiory UMK). Wahadło to jest odpowiedniego rozmiaru do tego rodzaju prób; wahadło zabawkowe jak na fot. 4.8 jest zbyt małe, a duże i elegancko wykonane wahadło z Centrum Hewelianum w Gdańsku (zob. fot. 8.14) wydaje się nie wzbudzać zaufania, gdyż bardziej przypomina dzieło artysty niż proste kule do doświadczeń; **b)** jeszcze prostszym eksponatem, a wydaje się nie mniej intrygującym, jest jedna kula na podwójnej równi. O ile intuicyjnie jest jasne, że kula stacza się w dół, o tyle dopiero tak zaprojektowane doświadczenie pozwala odkryć, że kula mająca energię kinetyczną również „samoczynnie” wtoczy się pod górkę. Doświadczenie wzbudza zainteresowanie u wszystkich odbiorców (idea GK, Uniwersytet I Wieku, UMK, fot. KS)

Jeśli nauczyciel nie dysponuje wahadłem Newtona, może skorzystać ze wspomnianych internetowych zasobów dydaktycznych. W każdym przypadku jednak warto przeprowadzić *rzeczywiste* doświadczenie, np. ze szklanymi kulkami zderzającymi się centralnie (wzdłuż szczeliny między kafelkami na podłodze) lub niecentralnie (na uczniowskim stole).



Fot. 4.15. Konstruowanie ścieżki dydaktycznej omawiającej różne aspekty zderzeń sprężystych jako jednego z najprostszych problemów dynamiki punktu materialnego: **a)** usunięcie jednej z kul w wahadle Newtona sprawia, że ruch w krótkim czasie staje się quasi-chaotyczny; **b)** dwie zderzające się kule, tzw. riki-tiki, jest zagadnieniem fizycznie identycznym, ale matematycznie „wariacją” wahadła Newtona; **c)** od poglądowości do abstrakcji – wyjaśnienie mechaniki zderzeń (koncepcja GK, fot. GK, A. Krzysztofowicz i KS, rys. T. Wróblewski, źródło „Physics and Toys”)

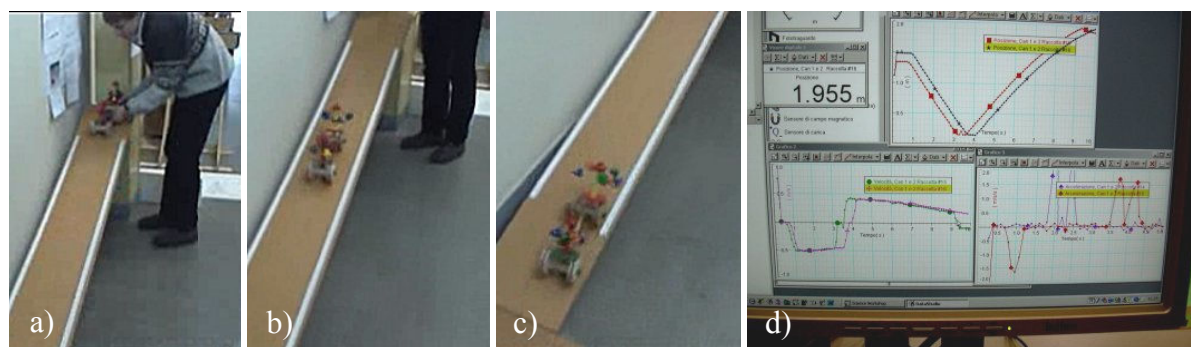
Reasumując, używanie prostych eksponatów do ilustracji zjawisk fizycznych (chemicznych, biologicznych, geologicznych itd.) nie może mieć charakteru przypadkowych zbiorów obiektów ani przypadkowych zastosowań. Zbiory powinny tworzyć ścieżki tematyczne, według ścisłych zasad dydaktyki (stopniowania trudności, poglądowości itp.) a zastosowania powinny w wyczerpujący sposób opisywać zjawisko w jego różnych aspektach – ludycznym, dydaktycznym, naukowym. Pojedynczy eksponat zazwyczaj pozostaje jako element ludyczny. Skojarzenie kilku z nich, nawet najprostszych, jak to pokazujemy na fot. 4.15, instynktownie pobudza widza do samodzielnego poszukiwania problemu i jego rozwiązania. Kilkadziesiąt eksponatów, niezależnie, czy dotyczą fizyki współczesnej czy samych korzeni tradycyjnej fizyki, czyli równi Galileusza²³ stanowić mogą zajmującą, samodzielną jednostkę dydaktyczno-wystawienniczą.

²³ E.M. Rogers umieścił następujące motto w książce popularyzującej fizykę: „Fizyka zeszła z Nieba na Ziemię po równi Galileusza” – E.M. Rogers, *Fizyka dla dociekliwych, Cz. II, Astronomia*, PWN, Warszawa 1972, s. 163.

4.4. Poglądowość wielkości abstrakcyjnych

Rozgraniczenie między masą inercyjną a grawitacyjną z poprzedniego paragrafu, a także dyskusje o potencjałach oddziaływania kwarków z nukleonach (fot. 4.4) są przykładami poszukiwania form poglądowości dla zjawisk i/lub wielkości fizycznych trudnych do przedstawienia i/lub wyjaśnienia. Takim trudnym pojęciem, zresztą przedstawianym w fizycznie bezsensownych jednostkach – m/s^2 (metrach na sekundę kwadratową²⁴), jest *przyspieszenie*. Pomiar prędkości potrafimy sobie wyobrazić, ale jak zmierzyć przyspieszenie, czyli zmianę prędkości²⁵?

Szkolna definicja ruchu przyspieszonego mówi, że jest to taki ruch, w którym przyspieszenie pozostaje stałe $a = \text{const.}$ Trudność w przyswojeniu takiej definicji wynika z tego, że przyspieszenie jako takie, nie jest bezpośrednio mierzalne. Obejście tej trudności jest tylko pozorne: przyspieszenie definiowane jest jako przyrost prędkości Δv w jednostce czasu Δt , czyli $a = \Delta v / \Delta t$, gdzie już na tym etapie musimy zrezygnować częściowo z precyzji fizycznej opisu, a mianowicie wektor a zastępujemy jego wartością a (uwagi w przypisie)²⁶. Jak pokazać (= zmierzyć), że w ruchu przyspieszonym prędkość rzeczywiście *rośnie*? Oczywiście, łatwo to zrobić przez doświadczenie wykonane za pomocą elektronicznego czujnika położenia i konsoli komputerowej²⁷. Uczeń/widz traci jednak poczucie związku z rzeczywistością „namacalną” – interfejs komputerowy przeprowadza wiele pośrednich operacji matematycznych, zanim wynik pojawi się w postaci wykresu na ekranie, a i sam pomiar dokonuje się nie za pomocą metrowej miarki, lecz czujnika ultradźwiękowego, zob. fot. 4.16d.



Fot. 4.16. Ontologia Kanta na wystawach interaktywnych: pojęcie (w umyśle człowieka) generuje rzeczywistość (obserwowalną). „Jak pokazać przyspieszenie, czyli przyrost prędkości w miarę upływu czasu?”: **a) – c)** odchylające się koraliki w zabawkowym wózek dla małych dzieci ilustrują wzrastającą prędkość ruchu. Tunel dydaktyczny „Z górki na pazurki”, UMK 2007. Koncepcja i konstrukcja GK, sekwencja filmowa KS²⁸, doświadczenie wykonuje mgr P. Miszta; **d)** ten sam pomiar - drogi, prędkości i przyspieszenia za pomocą konsoli komputera traci atrybut realności (Uniwersytet w Udine, źródło i fot. GK)

²⁴ Oczywiście chodzi o przyrost prędkości w jednostce czasu, czyli $(\text{m/s})/\text{s}$. O ile istnieje metr kwadratowy jako miara powierzchni, to sekunda kwadratowa jest jedynie dość nieeleganckim skrótem matematycznym.

²⁵ Przez *przyspieszenie* potocznie rozumiemy zazwyczaj siły *bezwładności*, jakie działają na pasażera w przyspieszającym samolocie lub w samochodzie na zakręcie. Nie są to jednak, koncepcyjnie, te same wielkości!

²⁶ Należy tu jeszcze dodać dwie uwagi dydaktyczne. Po pierwsze, stałość (wektora) przyspieszenia, czyli definicja ruchu jednostajnie przyspieszonego, wynika nie tyle z *kinematyki*, co z *dynamiki* – zgodnie z II prawem Newtona przyspieszenie jest proporcjonalne do siły, czyli stała siła powoduje stałe przyspieszenie. Po drugie, definicja przyspieszenia (a również prędkości) jako przyrostu prędkości w jednostce czasu jest definicją nie tyle fizyczną, co *matematyczną* – jest to przykład rachunku różniczkowego, wprowadzonego właśnie przez Newtona.

²⁷ Tak działa nowa (w 2011 r.) technologia interaktywnych „sportów” komputerowych – Kinect.

²⁸ G. Karwasz, *Z górki na pazurki*, Tunel dydaktyczny, kwiecień 2007, UMK, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/pazurki/filmy/z_gorki_wozek_z_karuzelami.wmv (30.12.2011)

Sekwencja na fot. 4.16 pochodząca z wystawy „Z góry na pazurki” pokazuje bardziej bezpośredni, namacalny pomiar rosnącej prędkości wózka zjeżdżającego po równi – za pomocą zabawkowego wózka dla małych dzieci. Odchylające się koraliki w karuzeli sprzężonej z kołami wózka, jak w regulatorze maszyny parowej Watta, wskazują na szybsze obroty i większą prędkość staczania się wózka. Wielkość abstrakcyjna nabiera waloru realności, choć autor zdaje sobie sprawę, że nie jest to związek oczywisty i wymaga od widza uruchomienia własnej wyobraźni.

Związek między ideą a sposobem jej pogładowej wizualizacji jest jeszcze bardziej subtelny w fizyce współczesnej. „Jak pokazać atom?” „*To taki mały punkcik.*” „A elektron?” „*To też taki mały punkcik*”, „A kwark?” „*Też*”. „Czyli niczym się nie różnią?”

Atom, np. wodoru, ma rozmiary 10^{-10} m i składa się z prawie nieruchomego protonu i bardzo szybko poruszającego się po ściśle określonych orbitach elektronu, z prędkością mniej więcej 1/100 prędkości światła. Proton, czyli jądro atomu, ma rozmiary 100 000 razy mniejsze i składa się z kolei z trzech kwarków, o których wiemy, że jest ich *mniej więcej* trzy, znamy ich masę, ale z dokładnością jedynie do $\pm 50\%$ i na pewno nie możemy ich z protonu wydzielić. Dwa z tych kwarków nazywamy *up*, a jeden *down*. Aha! I jeszcze występują z trzema różnymi liczbami chromodynamiki kwantowej, czyli z tzw. kolorami. Czy to wszystko może oddać znak graficzny kropczki?

Za sprawą tego pytania pojawiły się profile kwarków jako zabawnych piesków z ogonkami w górę lub w dół wg idei autora rysunków dr. T. Wróblewskiego²⁹.

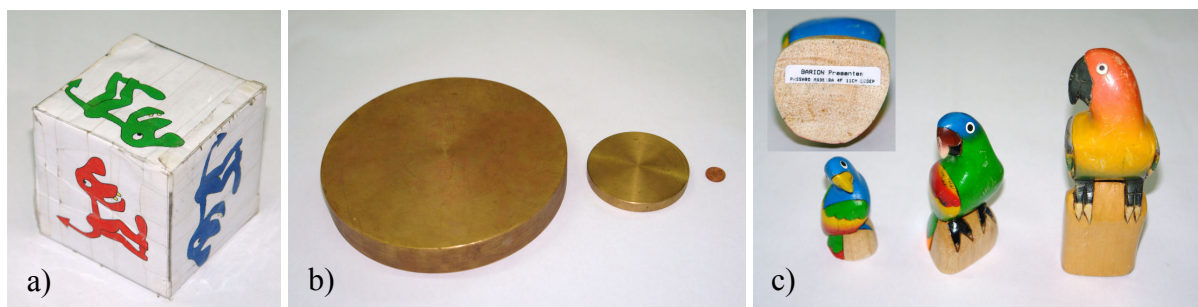


Fot. 4.17. Poglądowość zastosowana do trudnych zagadnień fizyki współczesnej – tzw. cząstek elementarnych (protonów, neutronów, elektronów, kwarków): **a)** funkcję pogładową spełnia rysunek, plakat z opisem; **b)** funkcję tę spełnia także kawałek żelaza o masie proporcjonalnie większej niż masa jednego eurocenta greckiego – leptonu (wykład autora w gimnazjum, Rzęnowo, 3.11.2011, fot. MK)

Jak daleko można posunąć się z poglądowością pojęć niemożliwych (dziś) do bezpośredniego oglądu albo będących wręcz „konstrukcjami umysłu ludzkiego”³⁰. Ortodoksyjnie rzecz rozpatrując, i kwarki, i elektrony, i atomy powinny pozostać kropczkami. W opinii autora jedynie przekraczanie granic własnej wyobraźni, sięganie do innych dziedzin wiedzy, do literatury (jak to uczynił Gell-Man, „wymyślając” kwarki) oraz sztuki jest warunkiem nowych odkryć, we współczesnym świecie, który jawi się coraz trudniejszy do zrozumienia, mimo że możliwy do dokładnego, matematycznego wyliczenia.

²⁹ Zob. G. Karwasz, *Kwarki niby takie same, a zapachy inne*, wystawa wirtualna, PAP, Słupsk 2004, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wystawy_archiwum/z_omegi/kwarki2c.html (30.12.2011).

³⁰ Zob. też. J. Kruk, G. Karwasz, *Reprezentacja, przyczynowość i badania eksperymentalne jako znaczące punkty „mapy poznawczej” dydaktyki ogólnej*, „Forum Oświatowe”, nr 2(33)/2005.



Fot. 4.18. Ustawiczne przekraczanie ustalonych granic wyobraźni jako warunek twórczego myślenia: **a)** „Kwarki to takie małe pieski, a barion, czyli np. proton, to sześcian, w którym pieski siedzą w środku po trzech przekątnych”; **b)** „Elektron to eurocent, więc dwa cięższe leptony, muon i tau to też takie monety, tylko proporcjonalnie większe”; **c)** na lotnisku w Sao Paolo, w sklepie, który nazywa się Barion, pod tą nazwą sprzedawane są kolorowe papugi z drzewa balsy. Mają one po trzy kolory podstawowe, zielony, niebieski, czerwony, tak jak *liczby kwantowe* „zapachu” w chromodynamice kwantowej. Przypadek czy artysta rzeźbiarz – fizyk jądrowy z zamięłowania? (autor GK, fot. KS)

4.5. Wykład interaktywny

Obfitość materiału edukacyjnego w Internecie oraz w programach telewizyjnych popularyzujących naukę jest tak duża, że poszukujący uczeń nie ma żadnych trudności z dotarciem tak do treści jak i obrazów. W innych krajach jest również mnóstwo kanałów TV poświęconych wyłącznie edukacji, gdzie oprócz programów historycznych, przyrodniczych czy astronomicznych przedstawiane są regularne wykłady uniwersyteckie z filozofii, architektury, socjologii itd. Jak więc zainteresować widza/słuchacza? Receptą jest ponownie użycie eksponatów realnych, takich, które zwiedzający może dotknąć i samodzielnie wykonać kilka doświadczeń.

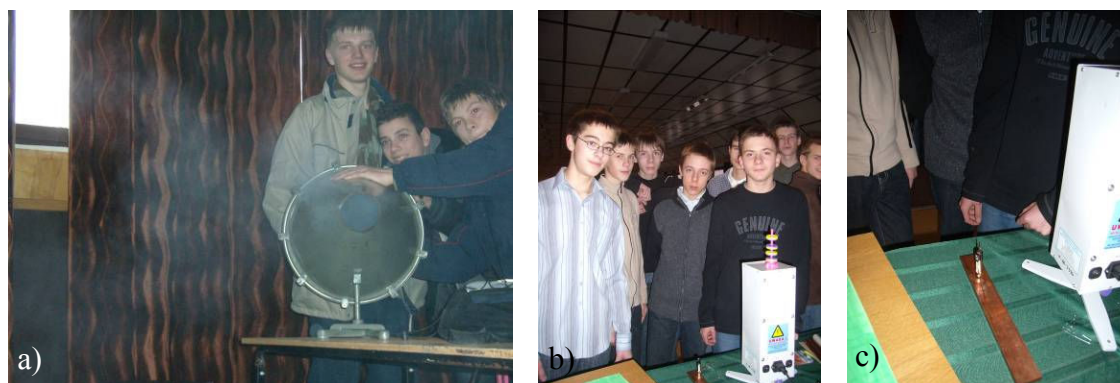
Wykłady interaktywne są jedną z form, które mogą być prowadzone w centrach nauki. Ich scenariusze mogą być jednak wypracowane i poza centrami. Przykładem może być wykład interaktywny Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK dotyczący elektryczności pod tytułem „Niech to piorun trzaśnie!”.



Fot. 4.19. „Niech to piorun trzaśnie!” – wykład interaktywny z elektryczności (ZDF UMK): **a)** kula plazmowa jako źródło fali powierzchniowej zapalającej lampy jarzeniowe; **b)** obsługa generatora van der Graafa wymaga szczególnej ostrożności – wytwarzane napięcia to setki tysięcy woltów (fot. MK)

W przypadku tej tematyki forma wykładu interaktywnego jest najwłaściwsza jako że wiele eksponatów jest zasilanych wysokim napięciem i niezbędne jest zachowanie szczególnych zasad bezpieczeństwa. Zdjęcia przedstawiają edycję z grudnia 2008 z XV Zespołu Szkół w Bydgoszczy (liceum i gimnazjum).

Kolejna seria zdjęć, fot. 4.20, przedstawia, jak wykład przeistacza się w samodzielne poszukiwania badawcze uczniów. Jest to propozycja innowacyjnego scenariusza dydaktycznego i dla szkół, i dla centrów nauki: najpierw wykład z pokazami, później samodzielne eksperymentowanie.



Fot. 4.20. „Niech to piorun trzaśnie” – wykład interaktywny z elektryczności w XVO LO w Bydgoszczy 2009 (IF UMK): **a)** nie ma nic zabawniejszego jak samodzielne puszczanie kółek z dymu za pomocą armaty z membraną; **b)** klub młodych eksperymentatorów, samoistnie zawiązany po pokazie, sprawdza oddziaływanie magnesów; **c)** jak odwrócić kierunek obrotu silniczka? Młodzi „naukowcy” zaskakują oryginalnością odpowiedzi (źródło GK, fot. MK)

Szczególnie druga faza powyższego procesu jest interesująca. Prawie zawsze młodzi doświadczalnicy proponują eksperymenty nieprzewiedziane przez autorów. Tak było również na wykładzie w Bydgoszczy. Prosty silniczek kręci się nad baterijką umieszczoną na magnesie. Jak odwrócić kierunek obrotu? Odpowiedź zaproponowana przez autora – odwrócić magnes. Ale odpowiedź dana przez jednego z uczniów jest równie dobra, jeśli nie lepsza: „Odwrócić bieguny baterii”. Odpowiedź pozornie oczywista, o ile już została dana! Analiza ruchu silniczka jest na tyle niebanalna, że poświęciliśmy jej oddzielny artykuł popularno-naukowy³¹.

Wykład interaktywny, czyli z udziałem publiczności, pozwala na przełamywanie oporów lub obaw, tak uzasadnionych, jak i pozornych. Atrakcyjne są np. wykłady z akustyki, i to nie tylko jako przedstawienie różnych instrumentów muzycznych. Do funkcji czysto ludycznej można wprowadzić skomplikowane elementy analizy dźwięku za pomocą tzw. transformaty Fouriera³². Analiza Fouriera składowych harmonicznym różnych dźwięków, przedstawiona za pomocą prostego programu komputerowego, mimo że matematycznie skomplikowana, jest intuicyjnie tak prosta, że stanowi znakomitą zabawę nawet na poziomie szkoły podstawowej (zob. w par. opis 4.7 konkursów-teatrów „Wszystko gra”). Skojarzenie dźwięków wytwarzanych przez uczestników pokazu – gwizdów, śpiewów, poklaskiwań – z ich *widmem* jest i dydaktyczne, i zabawne. Słyszany dźwięk, w multimedialny sposób, zabawny, ale matematycznie poprawny, zamieniliśmy w obraz. Paradoksalnie można nie znać się na muzyce, nie mieć sluchu, a rozumieć, ba!, nawet widzieć harmonię dźwięków.

³¹ Zob. K. Gołębiowski, W. Peeters, G. Karwasz, *Mikser z magnesem (na deser)*, „Foton”, nr 104/2009, 54–56.

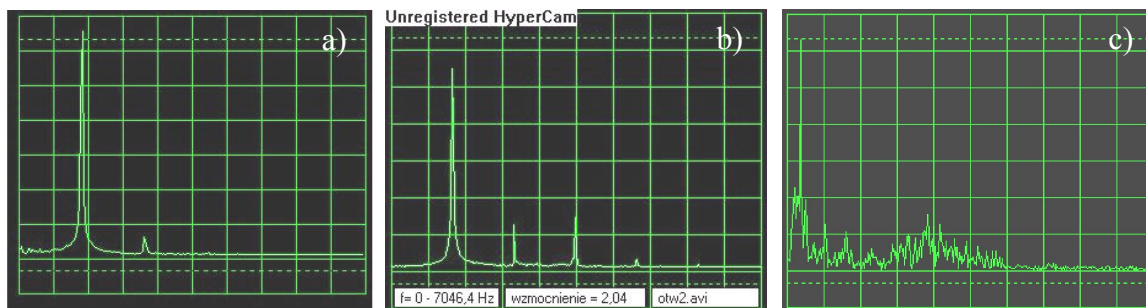
³² Zagadnieniu analizy Fouriera poświęciliśmy cykl artykułów, od najprostszego (spektralnie) dźwięku glass-harmoniki (E. Rajch, G. Karwasz, *Szampańska muzyka*, Foton, nr 85/2004), przez wykład o składowych harmonicznym (E. Rajch, G. Karwasz, *Czarodziejski flet*, „Fizyka w Szkole”, nr 1/2006), po transgraniczne rozważania o sumowaniu funkcji sinus za pomocą dwóch, nieco rozstrojonych dzwonków (G. Karwasz, G. Osiński, *Trygonometria akustyczna*, cz. 1, „Matematyka w Szkole”, nr 28/2007, G. Karwasz, G. Osiński, *Trygonometria akustyczna*, cz. 2, „Matematyka w Szkole”, 29/2007).



Fot. 4.21. Uporządkowany logicznie i technicznie wykład z akustyki, którego celem w zakresie *umiejętności* jest przedstawienie analizy harmonicznej różnych dźwięków, IV Powiatowe Dni Przyrody w Nadrożu, 2010: **a)** analiza różnych sposobów generacji składowych harmonicznych w dźwięku zabawkowego fletu; **b)** wysokość dźwięku zależy od długości słupa drgającego powietrza – organowe rury kupione na rynku w Schöneberg w Berlinie grają uczniowie i dyrektor szkoły; **c)** rura do zaklinania deszczu z Peru – przesypujące się kamyczki dają dźwięk o „szerokim” widmie składowych harmonicznych, przypominający plusk deszczu (zbiory GK, fot. MK)

Na marginesie metodologii wykładów interaktywnych dodajmy kilka uwag dotyczących wzajemnej równowagi funkcji poznawczych zdefiniowanych w rozdziale III. Po pierwsze, wykład pokazowy nie może być nagromadzeniem doświadczeń „na temat”, wyjętych z pracowni uczelni. Spełniałby wówczas funkcję *kolekcyjnerską*, zob. rozdział VI, z zupełnym zaniedbaniem wymogu atrakcyjności *intelektualnej* dla widza. Po drugie, wykład nie może być również zestawieniem „niezwykle ciekawych”, ale zazwyczaj tylko w idei twórcy, doświadczeń pokazowych: „Dzwoni, wybucha, dymi, syczy, ale dlaczego to nie wiadomo” – funkcja ludyczna zdominowała funkcję dydaktyczną³³. Kolejnym niebezpieczeństwem jest pokusa multimedialności – wszystko z ekranu komputera, a na zakończenie pokazanie, że możnaby to zrobić doświadczalnie (ale lepiej nie, bo może „nie wyjść”).

Zajmujący wykład interaktywny powinien przede wszystkim odpowiadać na jasno postawione zagadnienie, np. „Skąd się bierze prąd elektryczny?”, lub innymi słowy na pytanie o źródła elektryczności³⁴. Odpowiedzi jest wiele: z pocierania (efekt trybologiczny), ze zjawisk elektrochemicznych (ogniwo Volty), z efektu piezoelektrycznego (Pierre Curie), z indukcji elektromagnetycznej. Widz na koniec wykładu powinien te podstawowe wiadomości wynieść. W zabawach z transformatą Fouriera dzieci uczą się rozpoznawać dźwięki na podstawie ich „wyglądu”, czyli widma składowych harmonicznych, fot. 4.22.



Fot. 4.22. Uporządkowane koncepcyjnie widma dźwięków: **a)** pisk kieliszka, praktycznie o jednej składowej harmonicznej; **b)** dźwięk zabawkowego fletu z fot. 4.21a – kilka składowych; **c)** „grzmot” rury burzowej – skomplikowane widmo o wielu składowych (zbiory i analiza GK)

³³ Europejska Organizacja ds. Badań Nuklearnych od kilkunastu lat organizuje międzynarodowe festiwale – konkursy pt. „Cyrk fizyczny”. Po kilku latach uczestnictwa polski koordynator tak wyraził się o imprezie: „Dużo cyrku, mało fizyki”.

³⁴ Zob. A. Okoniewska, G. Karwasz, *Źródła elektryczności*, „Fizyka w Szkole”, nr 5/2003, s. 12, i portal Ogniw Volty, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/zrodla/ogniwa.htm> (30.12.2011).

Ten sam pokaz, ale na poziomie liceum może mieć już inną strukturę: co wiemy o budowie materii i jak z własności materii wynikają poszczególne sposoby wytwarzania prądu. Innymi słowy, dobry wykład tak jak dramat ma swój problem i swój (często mrozący krew w żyłach i pełen zaskakujących rozwiązań) scenariusz.

W myśl pogładowości, a szczególnie przeświadczenia Alberta Einsteina o nadrzędnej roli doświadczenia, korzystamy z istnienia obiektów rzeczywistych, np. napisów na akumulatorach w telefonach komórkowych albo na wtyczkach do sieci do konstruowania kategorii pojęciowych, np. „napięcia” lub „mocy prądu”. Pojęcie fizyczne z jednej strony jest koniecznym wynikiem doświadczenia (jak „pęd” w wahadle Newtona), z drugiej strony pozwala na dalsze doświadczenia, np. sprawdzanie, że w banalnym pocieraniu plastikowej rurki kawałkiem wełny wytwarzamy *napięcia* elektryczne rzędu tysięcy woltów.

W myśl nowoczesnej pedagogiki wiedza przedmiotowa winna być uzupełniona o umiejętności tak praktyczne, jak i „społeczne”. W problematyce elektryczności umiejętnością praktyczną może być np. samodzielna budowa ogniwa elektrochemicznego (z blaszek i ogórka), umiejętność obsługi woltomierza. Umiejętnością „społeczną” dla dzieci młodszych będzie ostrzeżenie, że prąd jest niebezpieczny, a dla studentów szczere wyznanie, że potencjały elektrochemiczne pozostają nadal problemem za trudnym dla współczesnej fizyki (i chemii) teoretycznej.

Niewątpliwą zaletą wykładów interaktywnych z nauk fizycznych dla młodzieży gimnazjalnej i ponadgimnazjalnej jest możliwość przeprowadzenia lekcji dla dużej liczby widzów (nawet do 300 osób w praktyce UMK). Niestety, warunki uczelni nie zawsze pozwalają na drugi etap, czyli samodzielne odkrywanie. Do tego celu niezbędne są centra nauki.

4.6. Tunel dydaktyczny

Nie jest łatwo zorganizować wystawę interaktywną tak, aby widz zdobywał wiadomości według *rosnącego stopnia trudności* albo według *właściwej ścieżki poznawczej*. Zazwyczaj zwiedzający wybierają dość przypadkowy scenariusz zwiedzania (a który powinien być scenariuszem interaktywnego, *stopniowego* odkrywania). Jak to pokazujemy w rozdziale VI, eksponaty nawet w renomowanych centrach proponują w dowolnej sekwencji różne aspekty w danej tematyce, np. w optyce, a zwiedzający dość przypadkowo je wybiera.

Przykładem interaktywnej wystawy ludyczno-dydaktycznej zorganizowanej w *rygorystycznie* uporządkowaną ścieżkę poznawczą była wspomniana już wystawa „Z górki na pazurki” zorganizowana w Instytucie Fizyki UMK na VII Festiwalu Nauki w 2007 roku.



Fot. 4.23. Tunel dydaktyczny – eksponaty ustawione są według ściśle zdefiniowanej ścieżki dydaktycznej. Wystawa „Z górki na pazurki” w korytarzu Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK w Toruniu, 2007 (zbiory i fot. autor, współpraca JK, KS, A. Karbowski, G. Osiński)



Fot. 4.24. Tunel dydaktyczny „Z górki na pazurki” na UMK, kwiecień 2007: **a)** „Małyszownia” – gra edukacyjna dla 4 osób dotycząca rzutu ukośnego (idea JK i Tomasz Kuchta, implementacja GK); **b)** wyścigi samochodów – współzawodnictwo dla 2 osób, z elementami dydaktyki (zbiory i fot. GK)

Wystawa odpowiadała na pytanie, jak poruszają się ciała na równi pochyłej. Odpowiedź książkowa mówi „ruchem przyspieszonym”, co uczeń powtarza, ale sensu stwierdzenia nie rozumie. Na poziomie liceum uczeń dowiaduje się o siłach proporcjonalnych do sinusa („A może i cosinusa?”) kąta nachylenia, ale znów powtarza to dość machinalnie. Wystawa na UMK miała na celu pokazanie, co to jest ruch przyspieszony, co to ruch jednostajny, od czego zależy (np. od nachylania równi), a od czego nie zależy (od masy ciała) przyspieszenie na równi, jaka jest rola tarcia, na czym polega staczanie itd. Prawa ruchu pojawiały się w sposób stopniowy, z opisami krótszymi niż lakoniczne: „Z górki na pazurki, ale skokami”, „Z górki na pazurki, z obrotami” itd.³⁵ W sumie wystawa zgromadziła 40 eksponatów odpowiadających *stopniowo* na wszystkie pytania postawione w sposób *ukryty* dla widza, ale jasny dla eksperta. Z tego powodu *tunel*, o ściśle określonej kolejności zadań okazał się najlepszą formą dydaktyczną i został powtórzony na różnych stopniach trudności kilkakrotnie.

Innym jeszcze przykładem *grupowego* uczenia się interaktywnego są gry, w których zwiedzający mogą porównać swoje wyniki. Takimi eksponatami na wystawie „Z górki na pazurki” były zjeżdżalnie, w których kulki spadały różnymi drogami, coś w rodzaju loterii, albo zabawy zręcznościowej, na przykład z wrzucaniem kulki na określoną wysokość, zob. fot. 4.19b i wyścigi modeli samochodów. Niezwykła atrakcyjność tych eksponatów powodowała niemałe problemy z utrzymaniem dyscypliny wśród dzieci. Konieczne było ustawienie kolejki i wyznaczenie maksymalnej liczby kulek, które każde z dzieci mogło spuścić, zob. fot. 4.25c.



Fot. 4.25. Współzawodnictwa edukacyjne – zjeżdżalnia z kulkami i wrzutka do pomiaru energii potencjalnej – Festiwal Nauki dla Dzieci, Politechnika Warszawska, wrzesień 2008; **b)** dorośli traktowali *naukę* jak dobrą zabawę; **a), c)** dla dzieci przeistaczała się ona niejednokrotnie w otwartą rywalizację (zbiory, wystawa i fot. GK, współpraca J. Bogacz)

³⁵ G. Karwasz i współpracownicy, „Z górki na pazurki”, wystawa interaktywna, ZDF UMK, kwiecień 2007, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/pazurki/galileo.html> (30.12.2011).

4.7. Interaktywny teatr i konkurs

Kolejną formą dydaktyki interaktywnej, testowaną z młodzieżą gimnazjalną i ze starszych klas szkoły podstawowej jest *teatr* interaktywny. Teatr ten jest z jednej strony rozwinięciem wykładu interaktywnego, ale z drugiej strony zainspirowany został awangardowymi teatrami z połowy XX wieku (np. teatrem Grotowskiego), w którym widz staje się aktorem.



Fot. 4.26. Teatr interaktywny – forma konkursowa. Edycja 2007 „Puszczanie (w) balona”, czyli zawody w konstruowaniu balonów na ciepłe powietrze: **a)** zawodnicy włożyli wiele wysiłku w przygotowanie balonów; **b)** nie mniej zaangażowani byli „kibice”, czyli reszta klasy dopingująca swoich reprezentantów (źródło GK, fot. dr Katarzyna Przeglętko)

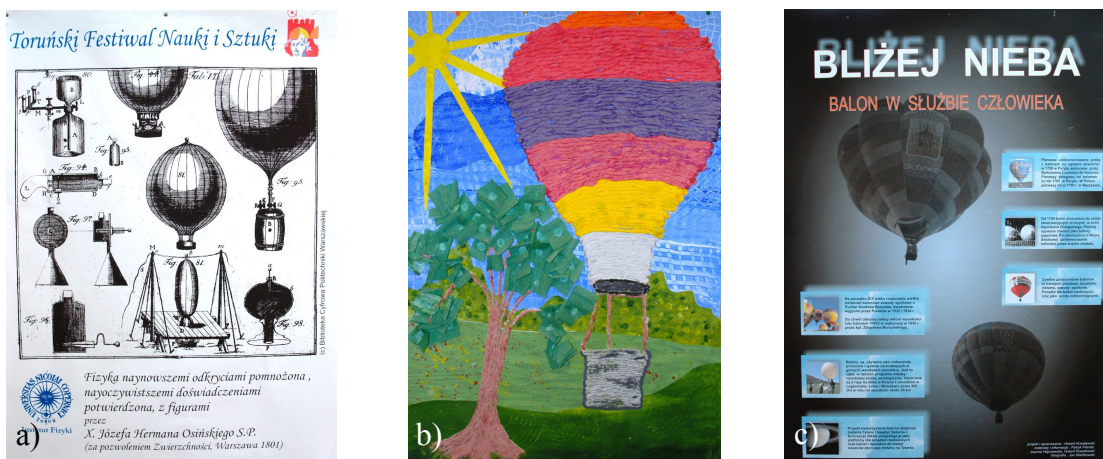
Interaktywnemu teatrowi fizycznemu nadaliśmy dwie formy. Pierwsza, konkursowa, miała na celu przełamanie cytowanych w rozdziale III (zob. fot. 3.23) atawistycznych nieco zachowań zbiorowej nieaktywności, stanowiących jeden z głównych problemów pedagogicznych wśród młodzieży gimnazjalnej. Innymi słowy, celem działań dydaktycznych w zakresie fizyki było wyzwolenie grupowego współdziałania, indywidualizacja i dowartościowanie jednostek w tej grupie i wyzwolenie solidarności wśród pozostałych uczniów klasy. Tak powstał lakoniczny regulamin konkursów teatralnych organizowanych w latach 2007–2010 przez Zakład Dydaktyki Fizyki UMK: „Startują grupy kilkusobowe, a reszta klasy je dopinguje”. Druga forma – to przygotowany i reżyserowany przez wykładowcę spektakl, gdzie widzowie otrzymują role do wykonania – przykładem były spektakle „Kopernik w krótkiej koszulce”, opisane dalej w tym paragrafie.

Tematyka konkursów organizowanych w ramach Festiwalu Nauki i Sztuki w Toruniu była jedynie pretekstem do osiągnięcia tych celów. W 2007 roku „zawodnicy” przygotowywali balony na ciepłe powietrze. Nagrodą miał być wzniesienie się w prawdziwym balonie na krótki lot nad Toruniem³⁶. W trakcie „zawodów” w auli wykładowej UMK balony te były napełniane ciepłym powietrzem, a młodzież okrzykami dopingowała ich jak najdłuższy lot.

Aby uniezależnić się niejako od aspektów technicznych, dodatkowo ogłoszono konkurs na najpiękniejszy plakat dotyczący balonów³⁷. Niektóre z realizacji wymagały sporego zaangażowania nie tylko uczniów, ale i nauczycieli wychowania plastycznego. Wyzwolenie współpracy interdyscyplinarnej było pobocznym, lecz nie mniej ważnym celem konkursu. Na konkurs wpłynęło kilkanaście prac. Wiele było bardzo ciekawych, zob. fot. 4.20; niektóre zostały przygotowane zapewne z udziałem rodziców – co jest, niestety, immanentnym niebezpieczeństwem nauczania tzw. metodą projektową.

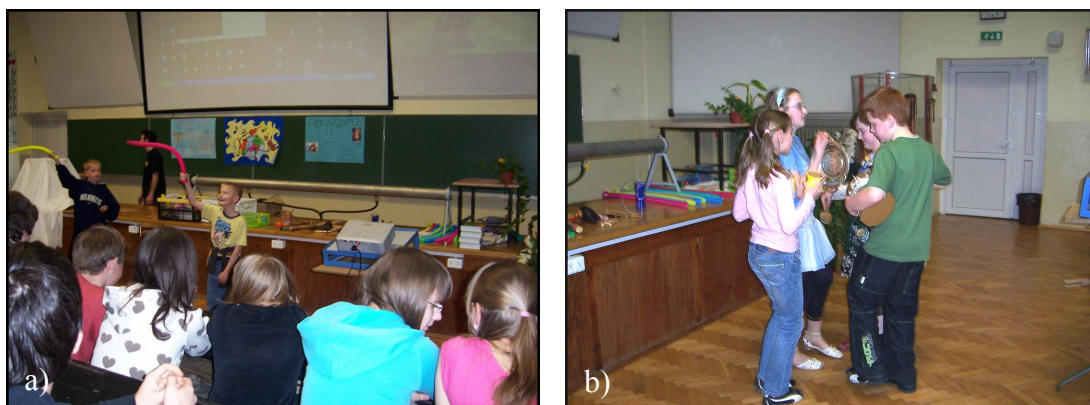
³⁶ Niestety, z powodu wietrznej pogody loty się nie odbyły, ale młodzież z wielką satysfakcją wsiadała do balonowego kosza i się w nim fotografowała.

³⁷ W organizacji konkursu uczestniczyli też dr K. Przeglętko, dr G. Osiński, mgr K. Służewski, mgr A. Karbowski (ZDF UMK), mgr W. Krychowiak i mgr H. Ratajczak (Pracownia Pokazów Fizycznych UMK).



Fot. 4.27. a) Plakat zapowiadający konkurs „Puszczanie (w) balona”; b) plakaty wykonane przez młodzież jako uzupełnienie właściwych zawodów. Niektóre z plakatów, jak ten wyklejany z kolorowych sznurków, wymagały sporej pracy; c) w wykonaniu innych z pewnością pomagali rodzice (fot. KS)

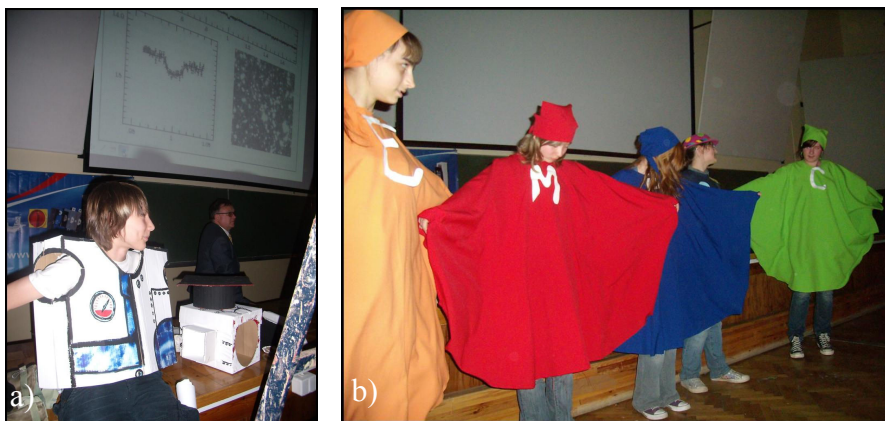
W kolejnym roku zaplanowaliśmy wyzwolenie współdziałania interdyscyplinarnego z nauczycielami wychowania muzycznego, a konkurs nosił tytuł „Wszystko gra”. Regulamin głosił: „Startują grupy 3–4-osobowe, z czego tylko jeden z występujących może grać na instrumencie muzycznym”. Podobnie jak w poprzednim konkursie, młodzież wykazała się nadzwyczajnym zaangażowaniem i pomysłowością. Zwycięzcy konkursu, dzieci z Barcina przygotowali prawdziwą mini-orkiestrę grającą przy podkładzie muzyki klasycznej, chłopcy z jednej z toruńskich szkół grali na suwakach zamków błyskawicznych kurtek itd.



Fot. 4.28. Występy w ramach konkursu teatralnego ZDF UMK „Wszystko gra”, VIII Festiwal Nauki i Sztuki w Toruniu, 2008: a) gra na kolorowych giętkich rurach; b) muzyka, śpiew i taniec dzieci z Barcina (źródło GK, fot. KS)

Największym sukcesem dydaktycznym i pedagogicznym był konkurs zorganizowany w kwietniu 2009 roku w ramach IX Festiwalu Nauki i Sztuki w Toruniu pt. „Inne światy” na inscenizację *Bajek robotów* S. Lema. Regulamin głosił: „Odkrytych, również przez toruńskich astronomów, zostało już setki planet poza Układem Słonecznym. – Jak sobie wyobrażamy życie na innych planetach, z wykluczeniem Marsa (bo za proste)?”.

W tym konkursie każda z grup wiekowych wykazała się niezwykle oryginalnymi pomysłami inscenizacyjnymi. Nieco starsze dziewczęta z Bydgoszczy przedstawiły rodzaj baletu kwiatów o powstaniu wszechświata, gimnazjaliści z Torunia w realistyczny sposób odtworzyli historię S. Lema o maszynie, która wytworzyła „nic”, przez co o mało nie zniknął cały świat, a rewelacyjne dzieci ze szkoły podstawowej w Zieleniu przedstawiły bajkę o elektrosmoku (który pożerał Księżyc, i dopiero mądra maszyna elektroniczna spowodowała, że elektrosmok odjął się sam od siebie i zamienił się w zero, zob. fot. 4.30).



Fot. 4.29. Zabawa, dydaktyka i nauka w jednej inscenizacji; **a)** *Jak ocalał świat* S. Lema w realizacji gimnazjum z Torunia, w tle wykład o zaćmieniowej metodzie odkrywania planet; **b)** „Jak z kwarkowo-leptonowej zupy powstał Wszechświat” – pytanie postawione i odpowiedź udzielona w wykonaniu młodzieży z Bydgoszczy (fot. KS)

„Inne światy” wymagały twórczej współpracy młodzieży i nauczycieli: języka polskiego, wychowania plastycznego i fizyki. Uzyskany efekt, w postaci zaskakujących interpretacji niezwykle ciekawych już w oryginale opowieści S. Lema³⁸, przeszedł najśmielsze oczekiwania. Scenografia grupy z Zielenia w postaci ogromnego zwoju z malowidłami ledwie mieściła się w autobusie, a narratorka recytowała cały tekst bajki z pamięci.



Fot. 4.30. Wyzwalanie twórczego entuzjazmu przez teatr interaktywny: **a)** „Jak maszyna cyfrowa walczyła z elektrosmkciem” – interpretacja w wykonaniu szkoły podstawowej z Zielenia. Narratorka recytuje z pamięci, maszyna cyfrowa (w głębi) cedzi słowa mechanicznie, a elektrosmk wyciąga zza pazuchy pierwiastek, po czym odejmując się sam od siebie, zamienia się w zero, czyli znika; **b)** trudno wręcz przecenić *pedagogiczny* rezultat zwycięstwa w konkursie – to nie tylko robot tryumfalnie wsiadający do autobusu do Zielenia, ale przekonanie, że każdy członek ekipy przyczynił się do tego zwycięstwa! (fot. KS i MK)

Grupy z Zielenia i Bydgoszczy przedstawiły swoje interpretacje w czerwcu 2009 roku na głównej scenie Pikniku Naukowego w Warszawie. Z satysfakcją odnotowujemy, że *Bajki robotów* znalazły się w stałym repertuarze Centrum Nauki Kopernik w Warszawie.

Przy okazji omawiania teatru interaktywnego warto jeszcze raz podkreślić *nadrzędną* rolę docelowej funkcji poznawczej. Innymi słowy, jakiekolwiek doświadczenie przed jego wykonaniem powinno mieć określoną funkcję (dydaktyczną, ludyczną, naukową), określoną treść przekazu oraz określone formy działania (grupową, indywidualną, zespołową itd.). „Kopernik w krótkiej koszulce”, cykl wykładów interaktywnych zorganizowanych przez ZDF w Międzynarodowym Roku Astronomii (2009), jest tego znakomitym przykładem.

³⁸ Konkurs odbywał się pod patronatem spadkobierców Stanisława Lema.

Pomysł zorganizowania niestandardowych pokazów zrodził się w czasie wizyty w Planetarium w Chicago, zob. par. 5.8. Planetarium to, mimo ogromnego rozmachu organizacyjnego, wielkich sal projekcyjnych, znakomitej jakości przekazu dydaktycznego, znakomitych aktorów/lektorów, nie różni się w fundamentalnej treści od wszystkich innych planetariów na świecie. Wszystkie one są *przed-kopenikańskie*: we wszystkich planetariach widz spoczywa wygodnie rozpostarty w fotelu, a gwiazdy, planety, ba!, nawet Słońce i Księżyc krążą nad jego głową. System nawet nie geocentryczny, co widzo-centriczny. Jak wprowadzić w ruch widza? Jak unieruchomić Słońce? Jak pokazać rzeczywiste ruchy planet, a nie symulacje tych ruchów przenoszone na ekran za pomocą skomplikowanych technicznie i matematycznie projekcji?



Fot. 4.31. Wykład-teatr „Kosmiczny pojazd Ziemia” ilustrował w sposób interaktywny zasadnicze problemy poznawcze, z którymi zmagali się Kopernik i Galileusz: **a)** jak odróżnić ruch od spoczynku – doświadczenie z zawiązanymi oczyma na poduszkowcu; **b)** skąd się biorą cienie na powierzchni Księżyca (koncepcja i realizacja GK, współudział K. Rochowicz, fot. M. Juszczyńska)

Odpowiedź zasadnicza jest prosta: to widownia powinna się kręcić, a niebo nad nią pozostawać nieruchome. Nie jest to jednak proste do urzeczywistnienia: widownia powinna mieć formę latającego dysku, i to jeszcze pochylonego jak oś Ziemi w stosunku do ekliptyki, i powinna obracać się wokół własnej osi, a oprócz tego powoli krążyć na długim wysięgniku dookoła nieruchomego Słońca. Technologia na XXI wiek, i to nie tania.

Podzielmy, zgodnie z zasadami myślenia analitycznego, nieosiągalny cel na mniejsze treści, łatwiejsze do przedstawienia. Przede wszystkim, podstawową trudnością jest względność ruchu. Już Kopernik pisał:

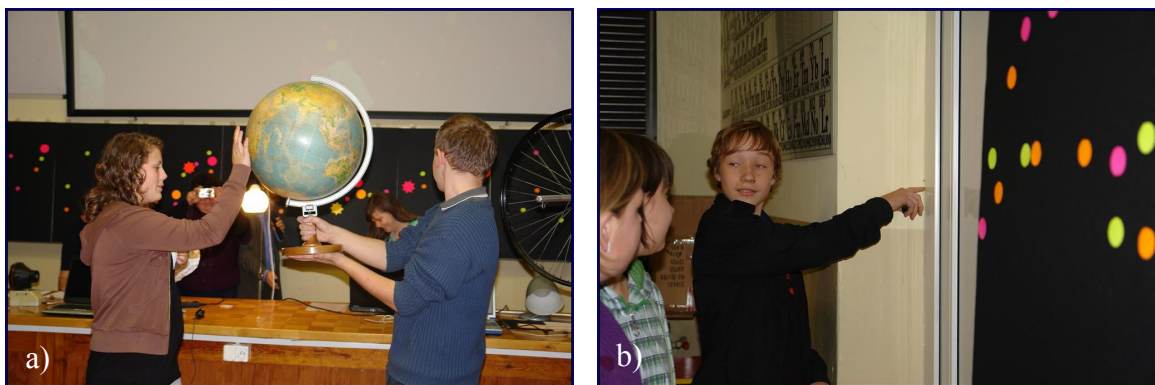
„Dlaczego więc wahamy się jeszcze przyzwolić raczej na jej ruch już z przyrody kształtowi jej odpowiedni, aniżeli utrzymywać, że cały świat się obraca. Złudzenie jest tu bowiem takie samo, o jakim wspomina Eneasz Wergiliuszowy mówiąc: Odbijamy od portu, a lądy i miasta wstecz pomykają. Albowiem na płynącym podczas ciszy okręcie, wszystkie przedmioty znajdujące się zewnątrz widzą żeglarze jakoby cofające się na podobieństwo owego ruchu, a sami natomiast sądzą, że pozostają w spoczynku wraz ze wszystkim co mają ze sobą na okręcie”³⁹.

Wykład-teatr interaktywny „Kosmiczny pojazd Ziemia”⁴⁰ był próbą odpowiedzi na te (otwarte) problemy dydaktyczne: jak pokazać niemożność rozróżnienia pomiędzy ruchem jednostajnym a spoczynkiem, jak pokazać, co odkrył Galileusz, jak wskazać miejsce Ziemi w układzie Słonecznym, co znaczy słowo „planeta” (= błądząca gwiazda) itd. Innymi słowy, postawionym zadaniem było, jak można stworzyć konstruktywistyczne ścieżki nauczania w astronomii, nauce operującej zazwyczaj faktami, a rzadziej – sekwencyjnymi zależnościami⁴¹.

³⁹ M. Kopernik, *De revolutionibus orbium coelestium*, Księga I.

⁴⁰ W analogii do tytułu książki Barbary Ward *Spaceship Earth*, New York 1966.

⁴¹ Nasuwa się porównanie między fizyką a historią, jako że obie nauki operują sekwencyjnymi, logicznymi zależnościami. Dydaktyka astronomii pozostaje w dużej mierze nauką opierającą się na *obserwacjach*.

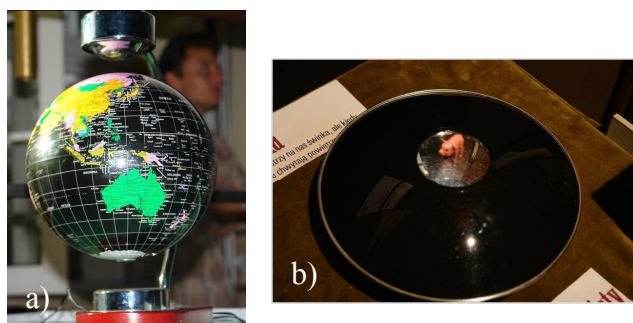


Fot. 4.32. Udział widzów w teatrze interaktywnym „Kosmiczny pojazd Ziemia”, ZDF UMK, listopad 2009: **a)** okrągła lampa w środku to Słońce; Ziemia się kręci, a kamera internetowa przyczepiona do globusa widzi wschody i zachody Słońca na horyzoncie Ziemi; **b)** „-Tak, ten lepek od szpilki to Ziemia zagubiona wśród gwiazdozbiorów Zodiaku” (koncepcja i realizacja GK, współautor K. Rochowicz, współpraca K. Służewski, W. Krychowiak, fot. M. Juszczynska)

Wspólnym celem wykładów, konkursów i teatru pod wspólnym tytułem „Kopernik w krótkiej koszulce” było wypracowanie innowacyjnych i artystycznie ciekawych form popularyzacji wiedzy o wszechświecie dla dzieci⁴². Formy te w założeniu miały stanowić pilotażowy pakiet, którego dalszą realizacją powinny zająć się struktury profesjonalne. Rola uczelni wyższej zamyka się na zaprojektowaniu tych form i przetestowaniu ich atrakcyjności dla widza. Upowszechnianiem wypracowanych rozwiązań dydaktycznych winny zajmować się powołane ku temu, odpowiednie instytucje, jak właśnie centra nauki.

4.8. Sposoby rozbudzenia ciekawości widzów

Podstawą paradygmatu interaktywnej dydaktyki interaktywnej jest działanie i aktywność uczącego się. Oczywiście niełatwo w pedagogii muzealnej utrzymać/uzyskać zainteresowanie odbiorcy, szczególnie w warunkach obfitości innych środków przekazu wiedzy, w tym Internetu. W praktycznych realizacjach uciekać się trzeba do wielu sposobów oddziaływania na percepcję widza, zarówno na sferę intelektualną, jak i emocjonalną. Motywacja emocjonalna jest w przybliżeniu dwa razy efektywniejsza w wyzwalaniu zainteresowania wiedzą niż czysta tylko motywacja poznawcza⁴³. Jak wspomniano wcześniej, w sferze emocjonalnej, „wszystkie chwytaki są dozwolone”. Widza należy: 1) zabawić, 2) zaskoczyć, 3) a nawet przestraszyć. Przestrzeń wystawowa powinna te odmienne funkcje jasno podkreślać. Kilka zdjęć poniżej pokazuje, jak można tego dokonać.



Fot. 4.33. Zaczepienie uwagi przez zadziwienie na wejściu do wystaw i pokazów interaktywnych: **a)** globus pozornie wiszący w powietrzu przy wejściu na wykład interaktywny o Kosmosie (UMK, listopad 2009). W rzeczywistości globus jest podtrzymywany przez elektromagnes nad nim; **b)** znikająca świnka na wejściu do wystawy „Fiat Lux” (fot. MK)

⁴² Projekt był realizowany w ramach grantu Urzędu Miasta Torunia z okazji Międzynarodowego Roku Astronomii przyznanego Oddziałowi Toruńskiemu Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

⁴³ M. Euler, *Hands-On Science and Informal Learning: Challenges and Potentials of Authentic Lab Activities*, [w:] *Informal Learning and Public Understanding of Physics*, III International GIREP Seminar, Lubljana 2005, Selected Contributions, University of Ljubljana, 2006.



Fot. 4.34. Sposoby na utrzymanie uwagi widza na wystawach interaktywnych na przykładzie wystawy „Fiat Lux” (Ratusz Staromiejski, Toruń 2008): **a)** „Czy ta pani na nas patrzy?”. Trójwymiarowy obraz twarzy kobiecej w bryle szkła; **b)** „Czy tę świnkę da się złapać?” Miraż w podwójnym zwierciadle sferycznym (autor GK, fot. MK)

Elementem zadziwienia jest na wystawie „Fiat Lux” tzw. znikająca świnka, czyli realistyczny, uzyskany za pomocą dwóch wklęsłych lusterek obraz plastikowej świnki stojącej na dnie. Zob. 4.24b. Dodatkowym elementem, operatywnie służącym rozładowaniu natłoku przy „świnie” jest „magiczna skarbonka”, w której znikają wpuszczone do niej grosze⁴⁴. Na pokazach o Ziemi i Kosmosie, zob. fot. 4.33a i par. 4.12, takim elementem jest kula ziemiska wisząca w powietrzu, a w rzeczywistości wisząca w polu elektromagnesu. W zestawie dydaktycznym MOSEM⁴⁵ takim elementem jest wiszący ku górze jak wyrwywający się pies na smyczy duży, neodymowy magnes. Na wykładzie o elektryczności dla dzieci, którego przekazem umiejętności społecznych jest „Prąd jest niebezpieczny!”, nie podłączamy widza do maszyny elektrostatycznej, jak to czasem czynią nierozważni nauczyciele, ale podajemy końcówkę niepodłączonego przewodu i straszymy dużym „Buuu!”

Organizacja (i topografia) wystawy powinna być taka, aby elementy samodzielnego eksperymentowania przeplatały się z elementami pokazu przeprowadzanego przez przeszkolony personel. W tym celu odpowiednie pomieszczenie, na przykład podzielone na nisze, jak na wystawie „Fiat Lux” w Toruniu lub „Energia” w Gdańsku, jest istotnym elementem sukcesu.



Fot. 4.35. Zmienne protokoły i rytm przekazu wiedzy na wystawach interaktywnych na przykładzie wystawy „Fiat Lux”: **a)** pokaz za pomocą kręcącego się bąka z zapalającymi się sekwencyjnie kolorowymi diodami: „Jak powstaje obraz stroboskopowy?”; **b)** samokształcenie: „Jak działają te okulary?” (a są to okulary dyfrakcyjne), Muzeum Okręgowe, Toruń 2007 (realizacja GK, fot. MK)

⁴⁴ G. Karwasz i in., *Magiczna skarbonka*, [w:] *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/skarbonka.html> (30.12.2011)

⁴⁵ G. Karwasz, A. Karbowski i projekt MOSEM (Minds-on experiments in superconductivity and electromagnetism), projekt UE LdV nr NO/165.009, koordynator naukowy G. Karwasz, *Zestaw do elektromagnetyzmu*, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Zestaw_doswiadczalny_do_elektromagnetyzmu.pdf (30.12.2011)

Wykorzystanie emocji stanowi część szerszej strategii używania różnorodnych form narracji w centrach nauki, różnych poziomów trudności, różnych form graficznych, zmiennego tempa przekazu wiedzy, stosowania przestanków (jak muzyczna fermata). Jak to pokazujemy w reportażach z europejskich centrów nauki w rozdziale VI, w wielu miejscach wystarcza pozostawienie widza sam na sam z eksponatem, w innych natomiast rozgląda się on intuicyjnie za jakąś asystą lub wyjaśnieniem. Wykład i laboratoria nie powinny być rezerwowane tylko dla grup szkolnych, ale w synkopowany sposób otwierać się również dla odbiorcy indywidualnego. Wiele muzeów, np. opisane w rozdziale V Muzeum Paleontologii w miejscowości Bolca k. Werony, wprowadza swego rodzaju wykład przez projekcję filmu.

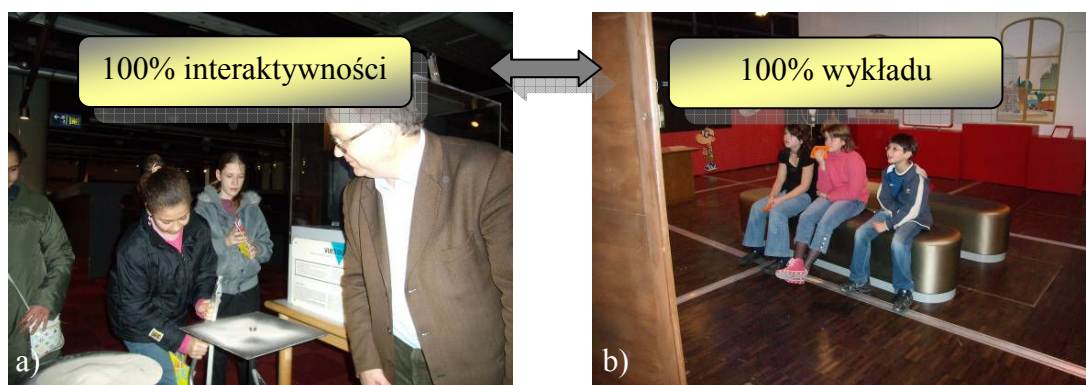


Fot. 4.36. Tylko żywa i zaskakująca narracja pozwala utrzymać uwagę młodych słuchaczy przez cały wykład. „Z góry na pazurki”: a), c) Gdańsk, b) Zielona Góra, 2011 (źródło GK, fot. MK)

I wreszcie, jak już to sygnalizowaliśmy przy okazji wykładów interaktywnych, zmienne nastroje i zmienne rodzaje narracji, jak recytatyw i aria w operze Monteverdiego, pozwalają młodemu odbiorcy utrzymać uwagę i emocje przez przysłowiowe 45 minut.

4.9. Wybór właściwej formy

Współczesne uwarunkowania kulturowe czynią z ucznia coraz aktywniejszego uczestnika procesu dydaktycznego. Dydaktyk i twórca wystawy staje przed wyborem właściwej strategii edukacyjnej: między pełną interaktywnością (z zerową możliwością ingerencji twórcy w trakcie samego procesu dydaktycznego) a tradycyjnym wykładem *ex cathedra* (z zerową możliwością wpływu na ten proces ze strony słuchacza). Jest to dylemat między 100-procentowym wkładem widza, a 100-procentowym wkładem wykładowcy, jak na schemacie poniżej.



Fot. 4.37. Wybór stopnia interaktywności właściwego do rodzaju przekazywanych treści (Cité des Sciences w Paryżu): a) figury interferencyjne na drgającej płycie są ciekawe, ale dzieci nie są w stanie samodzielnie, tj. bez instruktażu, ich uzyskać; b) w tym samym centrum dzieci z zacięciem słuchają wykładu z monitora

Jako przykład na fotografii powyżej pokazujemy dwie sytuacje zachowań młodych widzów w eksploratorium w La Villette – nie zawsze forma pełnej interaktywności jest najlepsza. Nawet zajmujące zabawy, jak wytwarzanie figur na wibrujących płytach, wymagają minimum

instruktażu, a na w pełni interaktywnej wystawie „Skąd się biorą dzieci?” młodzi widzowie z zaciekawieniem słuchają narracji z monitora komputerowego.

Przy projektowaniu wystaw należy dokonać szczegółowej analizy przewidywanej roli (narodowa, regionalna, lokalna) oraz we właściwy sposób przydzielić do tej roli odpowiednie *funkcje* pedagogiczne (ludyczną, dydaktyczną, poznawczą (czyli naukową)). Wreszcie, co nie mniej ważne, podejmowane działania nie powinny kopiować w sposób dokładny innych rozwiązań, jako przynależnych do innych realiów kulturowych. Interaktywność tak realizowana może prowadzić do sukcesu własnych eksploratoriów i muzeów nauki.

Reasumując, podstawą proponowanego paradygmatu jest *aktywne* uczestnictwo widza. Proces dydaktyczny nie jest jednak przypadkowy, ale musi mieć charakter doskonale przemyślanego i szczegółowego otwartego scenariusza. Uczestnik może zatem go współtworzyć, jednak potrzebne są wcześniejsze warunki umożliwiające działanie, poznawanie i eksplorowanie.

4.10. Trudności w definiowaniu funkcji poznawczych

Szczegółowe prezentacje zjawisk zgromadzonych w centrach nauki i edukacyjne aspekty ich funkcjonowania przedstawimy w kolejnym rozdziale. Poniżej wymienimy parę eksponatów, dla których zdefiniowanie funkcji poznawczych wydaje się niedostatecznie jasne.



Fot. 4.38. Przerostu jednej z funkcji poznawczych nad pozostałymi na przykładzie dawnego muzeum nauki w Berlinie „Spectrum”: **a)** pomiar siły nośnej skrzydła jest fizycznie *precyzyjny* ale mało interesujący; **b)** przekazywanie ruchu między dwoma tarczami z magnesami jest *niejasne*; **c)** podobny do poprzedniego eksponat z „Fizyki zabawek” nazwany przez młodych asystentów z PAP w Słupsku „zakochane magnesy” oferuje znacznie większe bogactwo doświadczeń⁴⁶

Przykłady powyższe są zaczerpnięte z muzeum nauki Spectrum w Berlinie (powstałego jeszcze w czasach NRD). Pierwszy z eksponatów na fot. 4.38 przedstawia bardzo precyzyjny, wręcz inżynierski sposób na pomiar siły nośnej skrzydła samolotu. Strumień powietrza owiewa skrzydło, które się unosi. Równowagę pozwala zachować obciążnik po drugiej stronie dźwigni. Niestety, wyjaśnienie jest nieprecyzyjne, a sam pomiar mało interesujący. Zdjęcie wykonane przez autora pokazuje, że nawet po odwróceniu skrzydła występuje siła nośna: funkcja dydaktyczna jest wykorzystana tendencyjnie, a możliwa funkcja poznawcza ginie w tej poprzedniej.

Fotografia 4.38b to przykład oddziaływania dwóch magnesów – jeden z nich obraca się a oddziaływanie magnesów wprawia w ruch drugą tarczę. Eksponat stoi poza zasięgiem zwiedzającego, który nie do końca rozumie, że w tarczach są wmontowane magnesy trwałe i że to one są powodem „sprzężenia” ruchu między dwoma tarczami. Znacznie większe bogactwo możliwych doświadczeń przedstawia eksponat z wystawy „Fizyka i zabawki”, na którym

⁴⁶ T. Wróblewski, *Wirujące magnesy*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/elmag/kreciola.html> (30.12.2011)

magnesy są umieszczone na końcach dwóch wiatraków, każdy o trzech „skrzydłach”, fot. 4.38c. Ekspонат ten daje możliwość twórczego eksperymentowania – ruch między dwoma karuzelami magnesów może być przekazany, „odbity” lub wręcz chaotyczny. Dwa magnesy mogą stanowić znakomitą ilustrację tzw. chaosu klasycznego, opisanego wyżej w tym rozdziale. Prostota eksponatu, wynikająca z celowego ograniczenia funkcji dydaktycznej owocuje wzbogaceniem zarówno jego funkcji ludycznej, jak i naukowej.

Właściwe określenie funkcji poznawczych w centrach nauki i eksploratoriach jest zagadnieniem skomplikowanym i powinno być prowadzone na etapie planowania wystaw. Więcej przykładów tak właściwego, jak i niezrównoważonego przeplatania się zabawy, dydaktyki i nauki na wystawach interaktywnych przedstawimy w dalszej części opracowania.

4.11. Konstruowanie wystawy kulturotwórczej – filozofia i realizacja

Przykładem wystawy spełniającej funkcję *kulturotwórczą* była współrealizowana przez jednego z autorów (GK) wystawa plakatowo-ekspонатowa w Muzeum Nauk Przyrodniczych w Trydencie „Ziemia dla człowieka” (luty–marzec 2003). Wystawa ta w warstwie plakatowej powstała w Centrum „Euresis” w Mediolanie, które jest włoskim ośrodkiem kultury katolickiej. W Muzeum w Trydencie wystawa przybrała dodatkową formę ścieżki dydaktycznej wzbogaconej o ekspонаты przyrodnicze. Wykorzystamy przykład tej wystawy do ilustracji (ukrytych często) celów *dydaktycznych* wystaw oraz filozofii tworzenia wystaw o dominującej funkcji kulturotwórczej.

Konstruowanie wystawy, podobnie jak każdego innego dzieła, zaczyna się od sformułowania głównej *tezy* przekazu dla widza. Wystawa „Ziemia dla Człowieka”, zob. materiały internetowe autora na stronach Università di Trento⁴⁷, mówi o astronomii, geologii, biologii, fizyce i o kulturze człowieka u zarania jego dziejów. Wyliczenie tematyk wskazywałoby na podobieństwa, choćby z Muzeum Przyrody w Brukseli. Wystawa w Muzeum w Trydencie była jednak minimalna w porównaniu z Muzeum w Brukseli, a przekaz informacji dla widza zwiedzającego obie wystawy był podobny⁴⁸.

Sens wystawy „Ziemia dla Człowieka” jest znacznie głębszy niż porównanie różnych aspektów Ziemi jako środowiska życia biologicznego. Dokładne tłumaczenie tytułu⁴⁹: „Jakaś Ziemia dla (tego) człowieka” natychmiast wprowadza widza we właściwe przesłanie wystawy. Pierwsza część tytułu to gra słów, a w zasadzie przedimków rzeczowników. Poprawnym gramatycznie użyciem tych przedimków byłoby: *Ta* Ziemia dla (jakiegoś) człowieka – przed „Ziemia” przedimek *określony*, jako że Ziemia jest jedyna, a przed „człowiek” przedimek *nieokreślony*, jako że ludzi jest wielu. W tytule wystawy przedimki zostały zamienione. Ta gra słów natychmiast jednak wyjaśnia filozofię wystawy: to człowiek, jako istota jest nadzwyczajny, a Ziemia została wybrana (stworzona?) dla niego. Gra słów zmienia punkt ciężkości przekazu dydaktycznego i/lub kulturowego: już nie „prosta” fizyka i geologia, ale skomplikowane zagadnienia filozoficzne i światopoglądowe.

⁴⁷ G. Karwasz, *Una Terra per l’Uomo, I tratti eccezionali del nostro piccolo pianeta*, Euresis, Mediolan, edycja wystawy w Muzeum Nauk Przyrodniczych w Trydencie, 2003, <http://www.science.unitn.it/~brunato/Terra/> (30.12.2011).

⁴⁸ Oczywiście rozmach przedstawienia zagadnień związanych z życiem na Ziemi w Muzeum Przyrody w Brukseli jest nieporównywalnie większy niż wystaw „kameralnych”. Porównanie nasze dotyczy jednak *przesłania* ekspozycji, i w tym sensie wystawa w Trydencie i – jak pokażemy w rozdziale VII – wystawa w Geodium w Toruniu niosą równie głęboką informację, co wystawa w Muzeum w Brukseli.

⁴⁹ Dokładne tłumaczenie nazwy wystawy to „Jakaś Ziemia dla (tego) człowieka. Cechy nadzwyczajne naszej małej planety”.



Ryc. 4.39. Przekaz ukrytych, złożonych treści pod pretekstem prostego eksponatu: **a)** węgiel wapnia to nie tylko wapień jako skała osadowa, ale też *sposób*, w jaki usunięty został z atmosfery nadmiar dwutlenku wapnia; **b)** odkładanie się wapienia to jest też *sposób* na stworzenie krajobrazów zapierających dech w piersiach (Dolomity – Lago Predaia, w głębi masyw S. Martino in Castrozza); **c)** wystawa powinna nie tylko *informować*, ale i zaskakiwać skojarzeniami interdyscyplinarnymi: Księżyc stabilizuje oś Ziemi, tak jak dwa ciężarki stabilizują misia-ekwilibrystę (adaptacja i fot. GK)

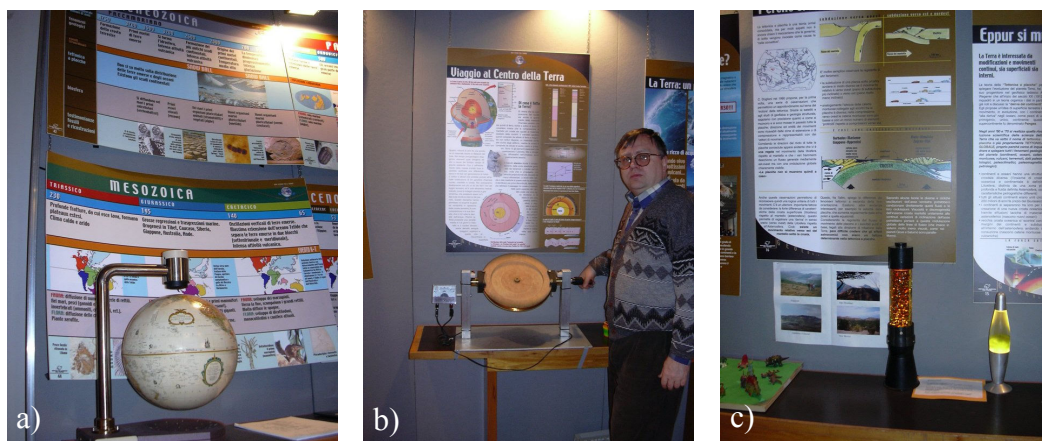
Nasuwa się skojarzenie z *Ziemią – planetą ludzi* Antoine’a Saint-Exupéry’ego, dziełem pisanym w dwóch odsłonach: pierwszej, wynikającej z fascynacji nową techniką lotniczą, ale mówiącej o samotności człowieka w przestworzach, drugiej – wysyłającej księcia na fantastyczną dla niego planetę. „Ziemia – planeta Człowieka” nawiązuje tytułem do książek Saint-Exupéry’ego, ale odwraca niejako pytanie o egzystencję człowieka – tak!, człowiek jest najważniejszy, ma całą Ziemię tylko dla siebie i nie jest w przestworzach pozostawiony sam sobie. Wystawa Centrum „Euresis”, wynikająca z inspiracji katolickich, kieruje pytania astronomii, geologii, biologii komórki, ewolucji ku odpowiedzi teleologicznej: Ziemia powstała dla Człowieka.

Taka filozofia stwarza realizatorom wystawy w strukturach publicznych, jaką jest Muzeum w Trydencie, pewien problem: jak „ukryć” tę filozofię, ale jej nie usunąć? Różnorodność dostępnych na wystawie środków oraz dodatkowe, zewnętrzne otoczenie informacyjne pozwalają ten problem rozwiązać. Wystawa mówi na przykład o formowaniu się skał osadowych – wapieni i dolomitów – za oknami Muzeum w Trydencie. Jest to znany proces geologiczny, a skały osadowe (wapień, piaskowce) jednym z kilku rodzajów skał (wulkaniczne, osadowe, metamorficzne). Na tym kończy się funkcja *podręcznikowa* plakatu i eksponatu. Pozostaje całe bogactwo funkcji – naukowych, artystycznych i kulturowych.

I tak, autor (GK) pod plakatem o ewolucji gatunków i przy okazji zagadnienia formowania się skał osadowych umieścił kilkukilogramowy kawałek wapienia. Pozornie, jako ilustracja pojęć geologicznych, eksponat do dotknięcia – zbadania faktury, koloru, ciężaru. W rzeczywistości eksponat ten miał za zadanie *unaocznić* dość zaskakujące rozumowanie. Otóż skały osadowe, z jednej strony tworzą zewnętrzny „miąższ” skorupy ziemskiej, dostarczając przepuszczalnych i żyznych gleb (less) oraz tworząc góry o bajkowych krajobrazach, zob. ryc. 4.29b. Z drugiej strony pierwotna atmosfera Ziemi, podobnie jak jeszcze dziś atmosfera Marsa, składała się z dwutlenku węgla. To dopiero obecność organizmów żywych *usunęła* dwutlenek węgla z atmosfery. Część węgla usuniętego z atmosfery zostało *zmagazynowane* w postaci złóż węgla i ropy naftowej, ogromna część w postaci skał wapiennych.

Aby *unaocznić* ten ostatni aspekt, kawałek wapienia wyłożony na wystawie był taki, że odpowiadał ilości CO_2 *usuniętego* z sali wystawowej, aby atmosfera w niej była nietoksyczna dla człowieka. Skomplikowane zagadnienia geologiczne i biologiczne – „do dotknięcia”.

Oczywiście opis nad eksponatem był dość lakoniczny, natomiast szczegółowe treści zostały przeniesione do narracji oprowadzającego po wystawie.



Fot. 4.40. Sposoby konstruowania ścieżki dydaktycznej na wystawie plakatowo-eksponatowej: **a)** eksponat umieszczony na wejściu (globus wiszący w polu magnetycznym) ma na celu przykuć uwagę widza; jest on umieszczony na tle schematów er paleontologicznych Ziemi; **b)** poszukiwanie interaktywności w wystawie plakatowej: pole magnetyczne Ziemi jest zjawiskiem wyjątkowym w Układzie Słonecznym; ilustrujemy obecność tego pola za pomocą tzw. cewki Pacciniego – zakręcona w polu magnetycznym Ziemi wytwarza prąd, mierzony przez amperomierz; **c)** interaktywność i ilustracja – skorupa Ziemi podlega ciągłemu *plynięciu*, pod wpływem konwekcji z głębi globu, jak cieplejsze mega-krople kolorowego oleju w lampach konwekcyjnych (fot. MK)

Wystawa powinna nie tylko *informować*, ale i zaskakiwać skojarzeniami interdyscyplinarnymi, szczególnie jeśli są one bardzo proste. Masa Księżyca jest *zbliżona* do masy Ziemi (1/81), o ile porównania tego dokonamy np. w kontekście Jowisza i jego satelitów. W tym sensie, układ Ziemia–Księżyc można zaliczyć do układów *binarnych* – ruch jednego z tych ciał wpływa na ruch drugiego. Obliczenia komputerowe wskazują, że bez Księżyca oś Ziemi uległaby „rozkołysaniu” już po paru milionach lat, co w skali geologicznej jest okresem bardzo krótkim, z katastrofalnym skutkiem dla pór roku, a przez to dla życia biologicznego na Ziemi. Najlepszym przykładem podobnego systemu ze stabilizatorem jest piroga plemion żyjących w rejonie Pacyfiku – większa łódź i mniejszy stabilizator na wysięgniku, taki pierwowzór katamaranu. Nie mając pod ręką pirogi, wykorzystaliśmy misia ekwilibrystę, którego działanie opiera się na podobnej zasadzie fizycznej – mniejsze ciężarki umieszczone na wysięgnikach stabilizują misia w pionie i utrzymują na linii, zob. fot. 4.39c.

Złożoność treści jawnych i ukrytych, interdyscyplinarność wystawy, jej przeznaczenie dla grup odbiorców w różnym wieku i o różnym stopniu przygotowania muszą być dodatkowo „uzgodnione” z warunkami lokalowymi, technicznymi oraz tożsamością organizacyjną gospodarza. Wystawa w Trydencie organizowana była w budynku Muzeum na starym mieście, pochodzącym z XVII wieku. Wykluczało to jakąkolwiek ingerencję w mury lub zabytkowe sufity. Stąd interaktywność wystawy została bardzo ograniczona, a podział na zagadnienia (astronomia, geologia, biologia) odpowiadał układowi sal.

Współorganizatorem wystawy był Wydział Fizyki Uniwersytetu w Trydencie, w tym grupa autora, pracująca nad nowymi ogniwami fotowoltaicznymi i technologiami wodorowymi. Z tego powodu wystawa kończyła się plakatami o energetyce wodorowej oraz eksponatami *futurologicznymi* – modelem samochodu na wodór oraz ogniwami paliwowymi, zob. fot. 4.41. Ogólnie, zgodnie z preferowanym przez nas modelem dydaktyki, sam plakat nie wystarcza, a szukamy dla każdego zjawiska *eksponatów* interaktywnych, aby zadośćuczynić nie tylko zasadzie pogładowości, ale głównie *realizmu*.

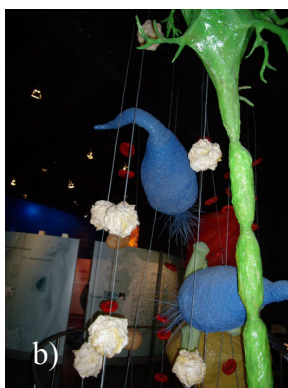


Fot. 4.41. Konkretna wystawa musi odpowiadać nie tylko intencji autora, potrzebom odbiorcy, ale i oczekiwaniom organizatora. Współautorami edycji trydenckiej wystawy „Una Terra per l’Uomo” był Wydział Fizyki Uniwersytetu w Trydencie, z autorem zajmującym się tematem ogniw wodorowych; **a)** z tego powodu wystawa kończyła się tematyką energetyki wodorowej; **b)** obejmowała też elementy dydaktyki fizyki – obecność światła nadfioletowego w widmie słonecznym (źródło i fot. GK)

4.12. Multimedia w dydaktyce interaktywnej

Multimedialny przekaz wiedzy, czyli przekaz z wykorzystaniem różnych środków, bardzo wspomaga funkcje pedagogiczne tradycyjnych wystaw i muzeów. Stąd w muzeach nauki pojawiają się czytelnie multimedialne, a przedstawienia i modele wirtualne, komputerowe towarzyszą eksponatom rzeczowym.

Działania edukacyjne w ramach lekcji muzealnych mimo ogromnej efektywności mają ograniczone możliwości – nie można zapewnić opieki merytorycznej ani środków wszystkim zainteresowanym. Stąd wszechobecność „ukrytej” dydaktyki w formie ścieżek i zbiorów tematycznych, o konstrukcji hybrydowej, opisowo-interaktywnej, i użycie multimediów. Te ostatnie nie muszą oznaczać jedynie komputerów jako środków wyrazu; kolorowe, wielkości człowieka modele komórek i bakterii w Deutsches Museum w Monachium są bardziej fascynujące niż ich komputerowe przedstawienia, zob. fot. 4.42b.



Fot. 4.42. Multimedia, czyli bogactwo środków wyrazu w muzeach nauki: **a)** czytelnia w Cité de Sciences w Paryżu; **b)** „multimedialne” bakterie w Deutsches Museum w Monachium; **c)** komputerowe zabawy na wystawie matematyki współczesnej w Cité de Sciences (fot. GK)

Przykładem właściwego użycia multimediów jest wystawa dotycząca matematyki współczesnej w Muzeum Nauki „La Villette” w Paryżu. Problemy matematyki współczesnej nie należą do najprostszych, ale autorom wystawy w La Villette udało się połączyć skomplikowane treści poznawcze z atrakcyjną formą przedstawienia, angażującą średnio przygotowanego widza w multimedialną przygodę, a jednocześnie oddającą treści naukowe z pełnym rygiorem metodologii. Wystawa z matematyki w Cité des Sciences łączy prawdziwe eksperymenty (wahadła, zjeżdżalnie) z narracją plakatu, odnośnikami do zastosowań

praktycznych (muszle jako przykłady *topologii*), wizualizacją i modelowaniem komputerowym. Wystawa jest poznawczo pasjonująca, artystycznie dopracowana i dydaktycznie jasna. Niestety, wystawy wykorzystujące środki multimedialne są nadal rzadkością, nawet w renomowanych centrach.



Fot. 4.43. Matematyka współczesna, wystawa multimedialna, Cité des Sciences, Paryż: współlistnienie eksponatu, opisu i doświadczenia przeprowadzonego za pomocą komputera składa się na nową jakość w nauczaniu niezwykle trudnego tematu: **a)** poruszane zagadnienia dydaktyczne dotyczą problemów elementarnych, jak objętość brył, **b)** problemów interdyscyplinarnych, jak odwzorowanie powierzchni kuli ziemskiej na płaszczyźnie mapy, **c)** zastosowań społecznych matematyki, np. w sporządzaniu sondaży i statystyk (fot. MK)

Mimo dostępności urządzeń komputerowych multimedia powoli wchodzi na wystawy interaktywne. Cité des Sciences jest jednym z chlubnych wyjątków. Oprócz opisanego wystawy z matematyki współczesnej, multimedia spotykamy na wystawie z akustyki (nb. prawie wyłącznie multimedia, przy małej liczbie rzeczywistych eksponatów interaktywnych). W Polsce multimedia są obecne np. na wystawie „Świat zmysłów” w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego – złudzenia optyczne (a jest ich nieskończenie dużo) są przedstawione nie w postaci plansz, ale na ekranie komputera. Na opisywanej w par. 7.6 wystawie UMK z optyki „Fiat Lux” w formie multimedialnej jest przedstawione działanie tomografu optycznego (prezentacja autorstwa prof. P. Targowskiego).

4.13. Zasady dydaktyki interaktywnej – podsumowanie

W rozdziałach I-IV opisaliśmy zasady dydaktyki interaktywnej i jej różnorodne funkcje – narodowe, poznawcze, kulturotwórcze. Przed prezentacją praktycznych realizacji centrów nauki i muzeów w rozdziałach V-VI i VIII oraz innych form dydaktyki interaktywnej (rozdział VII) podsumujemy opisane zasady i funkcje. Podsumowanie niniejsze to rodzaj przewodnika przy tworzeniu nowych form, treści (i nowych instytucji).

Punktem wyjścia przy organizacji wystaw i/lub centrów nauki jest ich misja i, komplementarnie, grupa docelowa. Jak pokażemy w rozdziałach V i VI nie wszystkie instytucje muzealne tworzone są z myślą o określonej kategorii odbiorców. Tak jest na przykład z dużymi muzeami narodowymi, które spełniają funkcję misję, np. zachowania dziedzictwa narodowego. Nowoczesne instytucje i/lub działania muszą jednak jasno definiować odbiorcę docelowego (ang. *target group*). W przypadku centrów nauki, jak np. Cité des Sciences, jest to zazwyczaj szeroko pojęta młodzież. Jest to jednak nie dość precyzyjne określenie grupy docelowej, niezbędne do dalszych kroków planowania.

Definiując grupę docelową należy sprecyzować poszczególne możliwości:

- 1) młodzież w zorganizowanych grupach klasowych,
- 2) młodzież miejscowa w ramach lekcji zamówionej przez nauczyciela,
- 3) wykład lub warsztaty w ramach lekcji z oferty stałej muzeum,
- 4) młodzież przyjezdna, o dość przypadkowej motywacji,
- 5) grupa z własnym, wyszkolonym merytorycznie przewodnikiem,

- 6) dzieci, głównie dla zabawy (zob. „W czasie deszczu dzieci się nudzą”, par. 7.4),
- 7) turyści, czyli głównie rodziny (zob. „Fiat Lux” w Toruniu, par. 7.6).

Jasne określenie preferowanej grupy docelowej decyduje następnie o:

- 1) założonych *treściach* przekazu,
- 2) organizacji *przestrzeni* wystawienniczej,
- 3) doborze *eksponatów*,
- 4) formie ich opisu,
- 5) przeszkoleniu personelu.

Założone treści przekazu są, po grupie docelowej, podstawową wytyczną organizacji wystawy i/lub centrum. Mogłoby się wydawać, że przy różnorodności możliwych grup docelowych (wieku widzów) nie jest możliwe zdefiniowanie treści. Nie jest to prawda: treść musi być określona na początku organizacji zadania – widz młodszy niż w grupie docelowej otrzyma treść uproszczoną lub w formie zabawy, dla widza dorosłego należy zagadnienie pogłębić. Założona treść (i stopień jej skomplikowania) jest niejako szlakiem przewodnim – można go uprościć lub skomplikować, lecz bez założonego docelowego stopnia trudności przekaz staje się chaotyczny

Posłużmy się przykładem. Wyładowania elektryczne w gazach pod obniżonym ciśnieniem, tzw. rurki Plückera na wystawie w Paryżu, służą do pokazania różnych kolorów (jest ich 4); w Centrum Nauki Kopernik są za pomocą siatek dyfrakcyjnych pokazane są poszczególne linie widmowe (rurek jest 6, w tym np. kryptonowa). Na wystawie dotyczącej ewolucji gwiazd wystarczyłyby 2 rurki (wodorowa i helowa). Na lekcji z fizyki atomowej dla liceum według programu szkoły polskiej z roku szkolnego 2012/2013 – tylko jedna (wodorowa). Na wystawie „Fiat Lux” (zob. rozdział VII) z powodów organizacyjnych (wystawa objazdowa, personel dobrany z różnych dziedzin wiedzy i sztuki, ale praktycznie nigdy fizycy) pokazywane są tylko dwie rurki – helowa i azotowa. Przekaz wiedzy ma na celu pokazanie różnicy między gazami cząsteczkowymi (N_2) i atomowymi (He) – zagadnienie chemii, ale przekazywane jak rodzaj aksjomatu. Wykorzystanie rurek pozwala na *unaocznienie* różnicy tak dla gimnazjalistów, jak i licealistów: azot w odróżnieniu od helu ma widmo rozmyte. Dzieci młodsze pytamy jedynie, czy widzą wszystkie kolory, innymi słowy czy widmo jest ciągłe. Mogą przy tym narysować jakie widzą kolory. Dwie lampki dają potencjalnie całą jednostkę lekcyjną z dodatkową fabułą pt. „Jakiego koloru jest różowa lampka”⁵⁰ (zob. rozdział VII).

Diametralnie innym przykładem jest wystawa „W czasie deszczu dzieci się nudzą” – na poziomie 3–5 lat (par. 7.3). Rodzicom towarzyszącym dzieciom nie proponujemy bardziej skomplikowanego wyjaśnienia „kroczących zwierzaków”, ale skomplikowany problem psychologiczno-pedagogiczny: „Obserwuj dokładnie, jak wyzwalamy u twojego dziecka kreatywność”.

Dopiero po zdefiniowaniu treści przewodnich można planować **dobór eksponatów**. Eksponaty w zadanej przez przestrzeń wystawową kolejności muszą w dużej mierze odpowiadać na pytania, które po obejrzeniu poprzedniego eksponatu widz może zadać, ale jednocześnie takie pytania wyzwalać. Dobór **opisów** zależy od grupy docelowej, czasu przewidzianego na zwiedzanie, oświetlenia itd., zob. np. wystawy „Fizyka i zabawki” par 7.1. i „Z górki na pazurki” par. 7.5. *Last but not least* – personel, prawdziwy klucz do sukcesu!

Kolejne rozdziały dadzą Czytelnikowi *egzemplifikację* praktycznych realizacji dydaktyki interaktywnej najpierw ogólnie – na świecie, a później szczegółowo – w Europie i Polsce.

⁵⁰ G. Karwasz, *Jakiego koloru jest różowa lampka, czyli o spektroskopii*, interaktywny wykład internetowy, ZDF UMK, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Rozowa_lampka.pdf (30.11.2011).

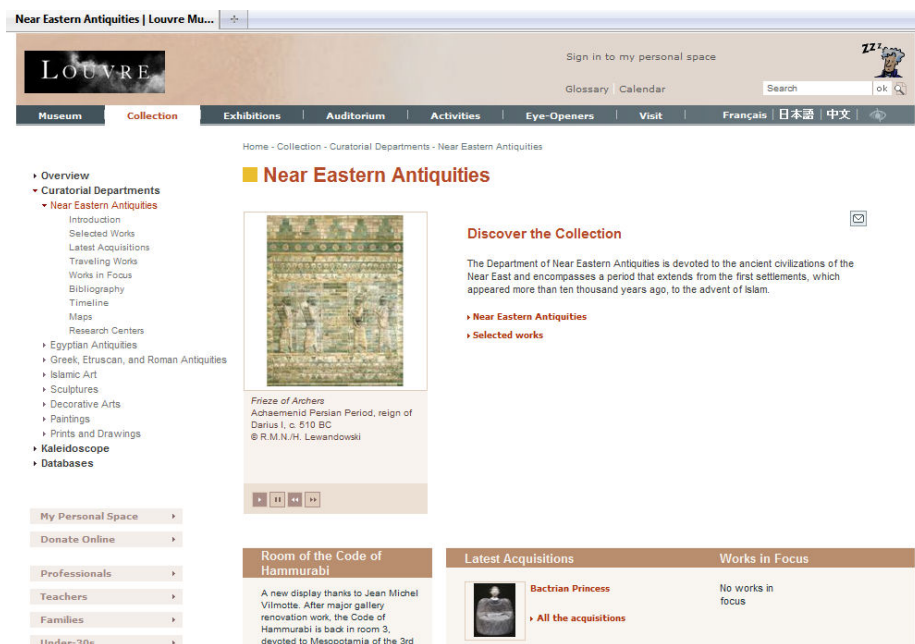
ROZDZIAŁ PIĄTY

Zadania strategiczne i dydaktyczne wybranych muzeów na świecie

Przed szczegółowym omówieniem w rozdziale szóstym wystaw interaktywnych w wybranych centrach nauki w Europie przedyskutujemy w obecnym rozdziale, jak konkretne realizacje organizacyjne, techniczne i dydaktyczne wynikają ze specyficznych funkcji pełnionych przez poszczególne instytucje w wymiarze narodowym lub regionalnym. Porównanie rozpoczniemy od sztandarowej instytucji nowoczesnego, państwowego muzealnictwa – Luwru.

5.1. Realizacja celów strategicznych i dydaktycznych w muzeach – Luwr

Wspomniane w rozdziale drugim Muzeum Luwr, powstałe w 1793 roku pod nazwą Muzeum Centralne Sztuki (Museum Central des Arts), wyznaczyło nowożytny paradygmat działań muzealnych. Początkowe kolekcje obejmowały zabytki sztuki starożytnej Grecji i Rzymu. W wyprawie Napoleona do Egiptu brali udział archeolodzy (a także np. matematycy i fizycy); w jej trakcie odkryty został klucz do odczytania egipskich hieroglifów, tzw. kamień z Rosetty (od 1801 r. w British Museum). Rozszyfrowania kamienia z Rosetty dokonał w 1822 roku J.-F. Champollion, dyrektor kolekcji egipskiej Luwru od 1827 r.



Ryc. 5.1. Ewolucja dydaktyki muzealnej na przykładzie sztuki Bliskiego Wschodu w Muzeum Luwru: od encyklopedycznego ułożenia eksponatów w formie kolekcji na jednym piętrze, przez narracyjną aranżację ekspozycji wzdłuż ścieżki na kilku piętrach (1997 r.), do dydaktycznej wersji internetowej, wykorzystującej całe bogactwo multimedialnych form dostępu do wiedzy – przykładowy obraz dla zaczeplenia uwagi internauty, krótki opis, wirtualna sala muzeum, katalog, nowości, informacje dla specjalistów, informacje dla nauczycieli¹ (źródło: Luwr)

Początkowy sposób ekspozycji zabytków starożytnego Egiptu wynikał z francuskiej tradycji encyklopedystów: muzeum stawało się praktyczną, namacalną ilustracją „całości” wiedzy na dany temat, a kolekcje przypominały nieco schemat „mumia 1”, „mumia 2” etc. Nawiasem mówiąc, ten prosty, a jednocześnie skrupulatny sposób opisu, wywodzący się z czasów, kiedy

¹ <http://www.louvre.fr/> (30.12.2011).

nasza wiedza o starożytnym Egipcie była bardzo fragmentaryczna, pozostał w Muzeum Egipskim w Turynie (założonym zresztą przez J.-F. Champolliona zanim został dyrektorem w Luwrze), zob. ryc. 5.2a.

Ten sposób narracji został w 1997 roku zamieniony na schemat wywodzący się z dydaktyki konstruktywistycznej. Jak to definiują materiały informacyjne Luwru, dziś są to kolekcje *tematyczne* dotyczące różnych aspektów życia starożytnego Egiptu. W oddzielnej sali pokazane są sarkofagi, w oddzielnej świątyni itd. W narracji, która pozostaje chronologiczna, podkreślane są cechy charakterystyczne poszczególnych epok i ich główne osiągnięcia artystyczne.



Fot. 5.2 Dwa różne sposoby narracji o sztuce starożytnej: **a)** skrupulatnie opisane zbiory eksponatów wg J.-F. Champolliona (ale nieco zagęszczone), Muzeum w Turynie, 1995 r.; **b)** starannie ustawiona kolekcja tematyczna – aktualna (od 1997 r.) wystawa w Luwrze (fot. MK i dr J. Maniaczyk, Louvre)

W 2009 roku w Luwrze dokonała się kolejna rewolucja. Wirtualna, tj. internetowa wersja Muzeum stała się nową jakością w przekazie informacji. Wersja wirtualna to nie już kolekcja zdjęć obiektów z sal wystawowych, ale interaktywna encyklopedia wiedzy o zbiorach, polityce dydaktycznej, nowościach Luwru, zob. ryc. 3.1. Dostęp do informacji jest wieloraki – poprzez pokaz sekwencyjny obrazów, opisy kolekcji, wiadomości specyficzne dla nauczycieli. Wersja internetowa Luwru jest kompendium wiedzy dla nauczyciela i sposobem na lekcję w klasie. Imponująca jest też oferta wykładów specjalnych dla szkół.

10 SE FORMER POUR TRANSMETTRE

Enrichir ses connaissances en histoire de l'art

Observez les œuvres et échangez pour bâtir une analyse documentée et critique, tout en élargissant vos connaissances et vos points de vue sur l'art.

Le portrait peint

Qui peint-on et pourquoi? Comment s'est constitué le genre du portrait en France? Comment a-t-il évolué du Moyen Âge à la Renaissance?
L'objectif est de repérer les codes de représentation et les fonctions du portrait.
Parcours dans les salles et analyse des œuvres.

Renaissance italienne

Comment la réflexion humaniste, les innovations techniques et plastiques ont-elles influé sur les artistes? Comment émerge la figure de l'artiste?
L'objectif est de prendre conscience des caractéristiques artistiques et intellectuelles

L'orientalisme ou l'art du voyage

Qu'est-ce que l'orientalisme? Comment, entre rêve et réalité, inspire-t-il les artistes du XIX^e siècle?
L'objectif est de mesurer l'importance des voyages et des conquêtes coloniales dans le travail des artistes au XIX^e siècle.
Parcours parmi les tableaux d'Ingres, de Delacroix, de Fromentin ou de Chassériau, analyse et confrontation des œuvres.

Arcimboldo, artiste de la Renaissance

Comment situer les œuvres d'Arcimboldo dans le contexte artistique, culturel et politique de son temps?

<< Début page 9

AGENDA DES FORMATIONS DU LOUVRE

FÉVRIER 2012

Mercredi 1^{er}
9h30 - La sculpture sous tous ses angles, p. 8.
14h - Art et langues au musée à partir du portrait (module 2), p. 9.

Mercredi 8
9h30 - Têtes composées à partir d'Arcimboldo, p. 8.
14h - Le portrait peint, p. 10.

MARS

Mercredi 7
14h - Histoire des arts au lycée
Interroger la notion de mouvement artistique (module 1), p. 9.

Mercredi 14
14h - Histoire des arts au lycée
Interroger la notion de mouvement artistique

Ryc. 5.3 Oferta dydaktyczna Luwru dla szkół jest bardzo bogata i przygotowana szczegółowo na różnych poziomach nauczania (fragment zeszytu z informacjami dla nauczycieli), http://www.ver-sailles.iufm.fr/pdf/manifestations/Louvre-education_10-11.pdf (30.11.2011).

Luwr jest jednym z najlepszych przykładów różnorodności, a także ewolucji historycznej funkcji muzeów: od tworzenia tożsamości państwowej Republiki Francuskiej, przez funkcję instytucji naukowej, rolę kustosa historii, rolę wiodącej atrakcji turystycznej, do funkcji wspomagania, a czasem zastępowania dydaktyki szkolnej. Luwr jako sztandarowa instytucja kultury francuskiej w znacznej mierze wyprzedza rozwiązania w innych muzeach i centrach nauki, choć ogólne realizowane cele pozostają podobne.

Muzea nauki i centra edukacji interaktywnej pojawiły się dopiero w drugiej połowie XX wieku. Podobnie jak muzea sztuki, muzea nauki korzystają z różnych strategii edukacyjnych i prowadzą działalność zarówno na własnym terenie, jak i w szkołach. Stopień zaawansowania środków dydaktycznych oraz metody dydaktyczne pozostają zróżnicowane: od zwykłego oprowadzania wycieczki szkolnej, przez specjalnie organizowane lekcje na zamówienie, do laboratoriów i warsztatów tematycznych. Instytucją będącą zdecydowanie w awangardzie światowej w zakresie metod współpracy z narodowym systemem oświaty pozostaje Exploratorium w San Francisco.

5.2. Innowacyjne strategie w centrach nauki – Exploratorium w San Francisco

Exploratorium w San Francisco z założenia jest instytucją służącą poznaniu interaktywnemu. Początkowo poświęcone głównie fizyce, obecnie (2011 r.) określa się je jako muzeum nauki, sztuki i ludzkiego postrzegania. Liczba obiektów wystawionych to około 500 z ogólnej liczby jednego tysiąca. Dotyczą one biologii, fizyki, słuchu, wzroku i percepcji.

Liczba zwiedzających Exploratorium dochodzi do 500 tys. rocznie, w tym w formie wycieczek szkolnych około 90 tys. uczniów. Jednakże to nie liczba zwiedzających Exploratorium w San Francisco stanowi o znaczeniu tej instytucji dla amerykańskiego (i światowego) systemu popularyzacji wiedzy; sumaryczna liczba osób, które skorzystały z ofert wystawowych lub edukacyjnych Exploratorium to, jak podaje strona internetowa tej instytucji², 145 mln. Obejmuje to zarówno wystawy filialne, wyprawy edukacyjne na różnych kontynentach³, jak i jednoosobowe „plecaki prostych doświadczeń” prezentowane na międzynarodowych konferencjach dydaktycznych, zob. ryc. 5.4.



Fot. 5.4. Proste doświadczenia, do przeprowadzenia przez uczniów w klasie lub przez zwiedzających na wystawie dydaktycznej są określane jako *hands-on*: **a)** dr Paul Doherty z Exploratorium pokazuje na wykładzie GIREP w Lublanie (2005), jak skomplikowane doświadczenie Coulomba z ładunkami elektrycznymi można pokazać za pomocą plastikowego patyczka, nitki, patyka do szaszłyków i dwóch śliwek, konstruując bardzo czułą tzw. wagę Cavendisha; **b)** autor i dr Doherty prowadzą dyskusję o doświadczeniach autora na temat elektryczności – ta dyskusja ma właśnie charakter *hands-on*, GIREP, Lublana 2005 (fot. MK)

² Exploratorium, About Us, Fact Sheet 2009–2010, http://www.exploratorium.edu/about/fact_sheet.php (30.12.2011).

³ P. Doherty, *Scientific Explorations And Adventures*, <http://www.exo.net/~pauld/> (30.12.2011).

Jedną z wielu inicjatyw prowadzonych przez Exploratorium są letnie szkoły technik eksperymentalnych dla nauczycieli fizyki z całego terytorium USA. Nauczyciele przez miesiąc poznają istniejące eksponaty interaktywne oraz konstruują własne urządzenia. Exploratorium pokrywa wszystkie koszty uczestnictwa. Jedynym warunkiem jest zgoda nauczycieli na pozostawienie wytworzonych eksponatów do wykorzystania przez Exploratorium. W ten sposób zasoby Exploratorium stale się powiększają – nawet jeśli nie w formie nowych obiektów, to w formie wirtualnej lub *know-how*. Nad koordynacją współpracy z nauczycielami czuwa wydzielona organizacyjnie jednostka Teacher Institute. Do dyspozycji nauczycieli są nie tylko szczegółowe opisy działania eksponatów i scenariusze dydaktyczne zawarte w wielotomowej, oficjalnej *cooking book*, ale także „podręczne” wersje doświadczeń, możliwe do samodzielnego przeprowadzenia w szkole, tzw. snacks.

Pojęcie *snack*, oznaczające w tradycyjnym języku angielskim „przekąskę”, zostało świadomie zaadaptowane do nowego znaczenia przez Paula Doherty, założyciela Center for Teaching and Learning w Exploratorium. Doktor Doherty, z wykształcenia naukowiec, specjalista z dziedziny fizyki ciała stałego, różnicuje rolę naukowca i *edukatora*: „Naukowiec musi dogłębnie znać wąski zakres wiedzy, aby rozumieć podstawowe doświadczenia. Wiedza nauczyciela musi natomiast być szeroka, aby potrafił łączyć różne zagadnienia i odnosić je do świata w całości”⁴. I dalej w tym samym wykładzie: „Naukowiec pisze z wielką precyzją, tak aby nie być zrozumianym błędnie przez innych naukowców, ale zapewne tak, że nie może być zrozumiany przez szeroką publiczność. Kiedy piszesz do szerokiej publiczności, pisz tak, aby istniał chociaż jeden sposób, aby twój tekst był zrozumiany poprawnie”.

The screenshot displays the Exploratorium Teacher Institute website with several sections:

- LEADERSHIP PROGRAM**: Information about starting a program to mentor new teachers, including a link to the Leadership website.
- BEGINNING TEACHER PROGRAM**: Enhance your knowledge of science while learning how to bring the Exploratorium's hands-on philosophy of teaching into your classroom. Includes a link to the New Teacher Program website.
- ADVANCED**: The Teacher Institute currently has three podcast series for science teachers that will inform and entertain you. Includes a link to Teacher Institute Teaching Tips.
- Grade 3-Grade 5**: Geometry Playground is funded by a grant from the National Science Foundation. Includes a link to the Teacher Institute's Summer Institute for educators.
- OUR MISSION**: The Exploratorium Teacher Institute (TI) has been a professional home for middle and high school science teachers for over twenty years. Includes a link to the TI brochure in PDF.
- MEET THE STAFF**: Find out more about the staff at the Teacher Institute and their interests.
- SCIENCE SNACKS**: Our popular Science Snacks provide instructions for building classroom versions of Exploratorium exhibits.
- SIGN UP!**: Subscribe to Educators! Educators, the Exploratorium's free educator e-mail newsletter, is sent to subscribers four times a year. Includes a link to Subscribe Now.
- SmallTalk**: SmallTalk is a series of five episodes about nanotechnology featuring leading scientists, writers, and visionaries. Each episode is about 20-30 minutes long.

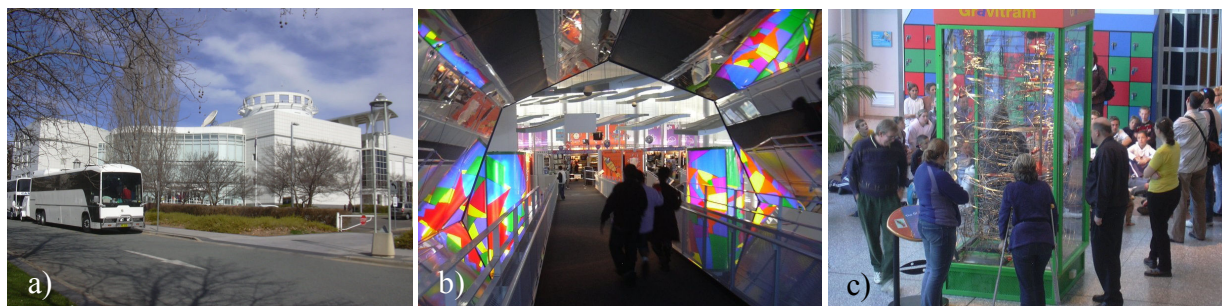
Fot. 5.5. Exploratorium w San Francisco oferuje nauczycielom specjalne ścieżki współpracy – szkolenia letnie, spotkania tematyczne, materiały wideo ilustrujące proponowane scenariusze lekcji, a także krótkie i proste doświadczenia, niejako „kieszonkowe” wersje dużych eksponatów, tzw. *snack* (źródło: Exploratorium 10.12.2009)

Istotą zmian, zachodzących w Exploratorium począwszy od lat 90. XX wieku, jest rosnąca rola działań edukacyjnych w stosunku do tradycyjnych, pojedynczych eksponatów czy pokazów. Jako jeden z mierników działalności Exploratorium podaje się liczbę 6000 przeszkolonych edukatorów od 1995 roku oraz 400 nauczycieli uczestniczących każdego roku w warsztatach i seminariach. Oczywiście, ta wiodąca niejako rola Exploratorium wynika ze specyfiki systemu edukacji w USA, ze znacznym zróżnicowaniem poziomu i braku standardów wymagań w stosunku do nauczycieli. Instytucje europejskie typu Science Center nie muszą spełniać tych zadań, co nie oznacza, że nie spełniają niezwykle ważnej roli, komplementarnej dla własnych, narodowych systemów nauczania.

⁴ P. Doherty, *Learning Science by Doing Science with Simple Materials*, wykład wygłoszony na III Seminarium GIREF, Lublana 2005, <http://www.exo.net/~pauld/lectures/girepattach/GIREP3.pdf> (30.12.2011).

5.3. Questacon – Narodowe Centrum Nauki i Technologii (Canberra)

Questacon w Canberze jest oficjalnym centrum popularyzacji nauki Australii i działa pod egidą rządu australijskiego, a dokładniej Wydziału Edukacji, Nauki i Szkoleń (Department of Education, Science and Training). Jest największym centrum nauki w Australii i prowadzi bardzo szeroką działalność popularyzatorską poza stolicą.



Fot. 5.6. Narodowe Centrum Nauki i Technologii „Questacon” w Canberze jest usytuowane w centrum miasta i architektonicznie, prostą bryłą, przypomina nieco Centrum „Kopernik” w Warszawie: **a)** ruch autobusów pod Questacon jest mniejszy niż pod Centrum „Kopernik”, co wynika z dwa razy mniejszej liczby zwiedzających (a co z kolei wynika z mniejszej liczby mieszkańców w Australii niż w Polsce, 20 mln wobec prawie 40 mln w Polsce); **b)** przechodząc na wystawy, zwiedzający znajdują się wewnątrz ogromnego kalejdoskopu, zwielfokrotniającego obrazy; **c)** stojąca w głównym hallu spora szklana klatka zamyka skomplikowany układ zjeżdżalni z kulkami – wciągane windą, zjeżdżają w sposób trudny do przewidzenia, czym przykuwają uwagę nawet dorosłych (konceptcja i fot. MK)

W roku szkolnym 2006/2007 Centrum w Canberze odwiedziło 403 002 osób (z tego 112 973 dzieci szkolnych)⁵. 18 objazdowych wystaw zewnętrznych w ośrodkach miejskich i regionalnych oraz za granicą (w Korei Południowej i Tajlandii) odwiedziło prawie 1,2 mln osób. W działalności popularyzatorskiej w rejonach wiejskich i oddalonych od centrów metropolitalnych wzięło udział 344 tys. zwiedzających. Plan działań przewiduje, że każdy co najmniej średniej wielkości ośrodek regionalny jest odwiedzany przez mini-wystawy lub wykładowców Questacon raz na 3–6 lat. W roku 2006/2007 odwiedziło 21% wszystkich szkół w Australii, przy czym odsetek ten dla szkół poza ośrodkami metropolitalnymi wyniósł aż 33%. W latach 2005-2008 było tych ośrodków kilkaset. Tematyka wystaw jest zarówno ogólna – nauka, technologia, inżynieria, jak i specjalistyczna – matematyka, nauka dla dzieci, bezpieczeństwo drogowe itd. W ich organizacji uczestniczą pracownicy etatowi Questacon oraz pracownicy naukowcy i dydaktyczni współpracujących uczelni wyższych i szkół.



Fot. 5.7. Questacon w Canberze – organizacja przestrzeni wystawowej: **a)** wspólny plac zabaw dla małych dzieci; **b)** gra kilkuosobowa; **c)** badanie fal mózgowych – stanowisko indywidualne (fot. MK)

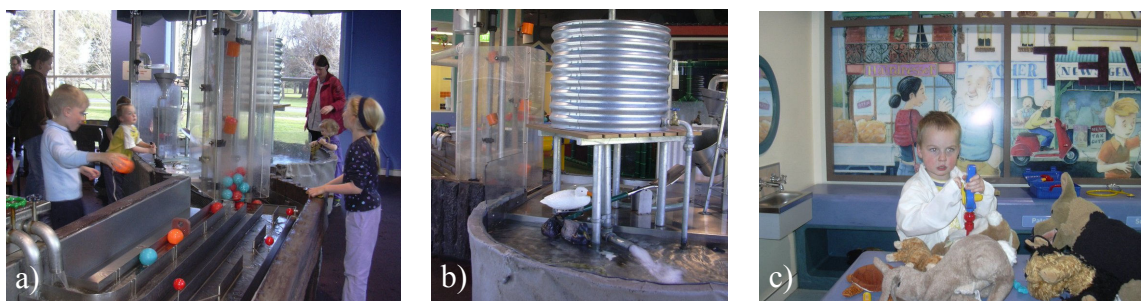
⁵ Stepping up to meet national needs. Review of Questacon – The National Science and Technology Centre. Australian Government. Department of Innovation Industry, Science and Research, July 2008, s. 33. http://www-questacon.edu.au/review/assets/stepping_up.pdf (30.12.2011).



Fot. 5.8. Fale i akustyka w Questacon: **a)** fala stojąca w rurze z wodą, w zależności od regulowanej częstotliwości; **b)** samogłoski języka angielskiego artykułowane w sposób sztuczny przez przepływ powietrza wewnątrz profilowanej wnęki; podobne urządzenie zobaczymy w Spectrum w Berlinie, a dotyczy ono języka niemieckiego; **c)** kolekcja interaktywnych ksylofonów i cymbałów (fot. MK)

W roku 2006 czynnych było $6\frac{1}{2}$ wystawy, gdzie przez $1\frac{1}{2}$ określamy wystawę obejmującą zagadnienia fal i dźwięków, która z jednej strony ilustruje własności fizyczne fal (długość, częstotliwość, harmoniczne), z drugiej strony pozwala na zabawy z dźwiękami muzycznymi i samogłoskami języka. Obok doświadczeń z akustyki ustawiono zabawy ze światłem – kolorami, soczewkami, krzywymi zwierciadłami, przyrządami optycznymi, hologramami itd.

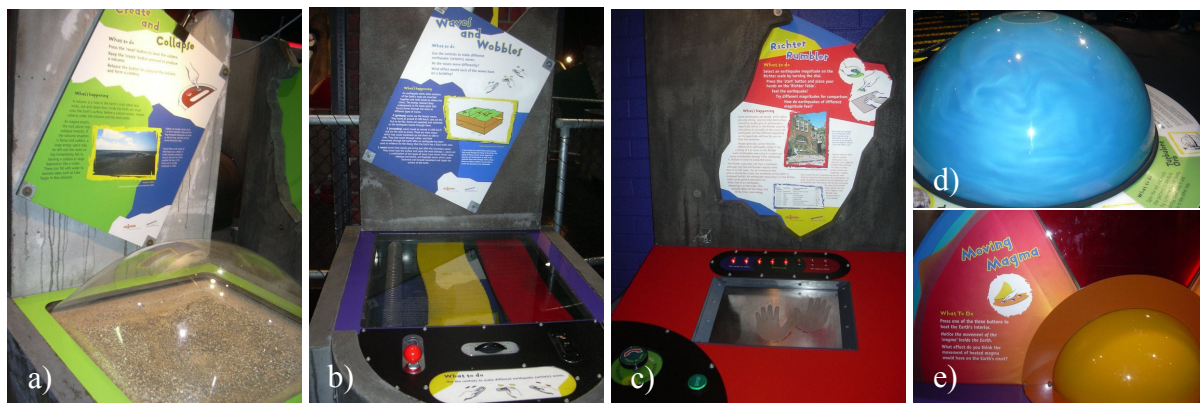
Stałą atrakcją Questaconu w 2006 roku jest niezwykle fascynująca, jedyna w swoim rodzaju przestrzeń zabawowa dla dzieci w wieku 0–6 lat, zorganizowana jako odpowiedź na świat wirtualny, w którym wszystko dzieje się na ekranie telewizora, przed którym zapracowani rodzice „parkują” dzieci. W galerii „Mini 0” dzieci mogą pomóc się w prawdziwej, choć plastikowej kałuży, popuszczać na niej kaczki, poprzelewać z wiadra do wiadra, pobawić się pluszakami, zob. fot. 5.9. Zabawa odbywa się pod opieką dorosłych wolontariuszy. Oddzielnym, pedagogicznym celem tej części Questacon są gry w podział ról społecznych – zabawy w piekarnię, gabinet lekarski, stację benzynową, sklep.



Fot. 5.9. Miejsce zabaw dla dzieci w Questacon: **a)** zabawy w kanale z wodą; **b)** kaczki pływające w dużym baniaku, do którego wlewa się strumień; **c)** zabawy z pluszakami (konceptcja i fot. MK)

Oddzielna interaktywna ekspozycja jest poświęcona geofizyce. Stanowiska doświadczalne, zaopatrzone w szczegółowe instrukcje pozwalają poznać *meritum* zasadniczych zjawisk w fizyce skorupy ziemskiej, w fizyce atmosfery i hydrosfery. Stanowisko ilustrujące trzęsienia ziemi to panel, do którego przykładają się dwie dłonie, a regulacja „skali Richtera” pozwala na zmianę natężenia wibracji panelu. Stanowiska poświęcone mechanice podłoża ilustruje osypywanie się piasku i przesypywanie się wydym (ruchome piaski), zob. fot. 5.10. Półsfera z mikro-zawiesziną w cieczy ilustruje powstawanie prądów morskich, a duża rura z wirem powietrza – powstawanie tornado. Pokazane są również mechanizmy konwekcji wewnątrz kuli ziemskiej, a w ogromnej, izolowanej elektrycznie klatce przeskakują kilkumetrowej długości wyładowania – pioruny. Wystawa ma charakter stały, a jej opis na potrzeby szkół znajduje się w Internecie⁶.

⁶ Awesome Earth, Questacon, <http://awesomeearth.questacon.edu.au/> (30.12.2011).



Fot. 5.10. Sala geofizyki w Questacon: **a)** mechanika podłoża – osuwanie się piasku; **b)** fale podłużne i poprzeczne (ekspонат interaktywny) z opisem rozchodzenia się fal sejsmicznych w Ziemi; **c)** „skala Richtera” – stanowisko do porównywania siły trzęsień Ziemi; **d)** ilustracja prądów morskich w oceanach na kuli ziemskiej; **e)** ilustracja prądów konwekcyjnych w płaszczu Ziemi (fot. MK)

Wystawa zorganizowana w 2006 roku to zabawa w sport, na której można było spróbować rzutu piłką (zmierzyć prędkość), zmierzyć siłę własnego wybiecia przy podskoku, spalić odpowiednią liczbę kalorii (odpowiadającą jednemu spożytemu ciastku, jednemu bananowi itd.) pedałując odpowiednią ilość czasu na rowerze, spróbować sił na ruchomej bieżni i innych tego rodzaju zabaw-treningów.

Oprócz dużych stanowisk interaktywnych uzupełnieniem wystaw (np. dotyczącej akustyki) są zbiory drobnych eksponatów z życia codziennego – zabawek, instrumentów muzycznych itd., ilustrujących różne aspekty tego samego zjawiska. Widz dowiaduje się w ten sposób, jak samodzielnie kompletować podobne zestawy, np. na potrzeby własnej dydaktyki szkolnej.



Fot. 5.11. Małe obiekty w dużym centrum nauki – ilustracja prostych koncepcji przez pokazanie rozlicznych analogii: **a)** „moje zabawy z dawnych lat” – drewniana łódeczka, pajacyk z szyszki, telefon z puszki po kompiecie, szmaciane lalki; **b)** instrumentu perkusyjne – kołatki, grzechotki, tamburyny, kastaniety, bębenki; **c)** zabawkowe soczewki, peryskopy, mikroskopy (fot. MK)

Warte podkreślenia są aspekty organizacyjne i finansowe Questacon. Jest to centrum wspólne – australijsko-japońskie, powstałe przy współdziałaniu kilkudziesięciu instytucji tak rządowych, jak i prywatnych. Wpływy z biletów w roku 2007/2008 to zaledwie 16% (plus 27% z innej działalności, jak sprzedaż, wypożyczanie wystaw itd.)⁷. Koszt działalności odniesiony do jednej osoby zwiedzającej wyniósł w roku 2006/2007 10,66 AU\$ (w porównaniu, według cytowanego zestawienia⁸, do kosztu np. 41,8 AU\$ w Muzeum Narodowym Australii). Był to jeden z niższych kosztów w porównaniu światowym na jednego zwiedzającego, wyższy

⁷ Tamże, s. 21.

⁸ Tamże, s. 34.

od kosztów w Technopolis w Belgii (8,57 US\$), ale niższy zdecydowanie od Centrum Nauki Ontario w Kanadzie (23,7 US\$). W roku 2010 normalny bilet wstępu kosztował 20 AU\$, a rodzinny (2 dorosłych + 3 dzieci) 60 AU\$. Dotacja ze środków publicznych w roku 2006/2007 wyniosła 10,5 mln US\$, co stanowi 63% wszystkich kosztów funkcjonowania.

Udział dotacji publicznej w całości kosztów jest podobny jak w Centrum Heureka w Finlandii i nieco wyższy niż w belgijskim Technopolis. W części merytorycznej Questacon współpracuje ściśle z Uniwersytetem w Canberze (Australian National University) – w roku 2006/2007 zatrudnionych było 19 wykładowców. Zasadniczym elementem działalności w centrum Questacon w Canberze są jednak wolontariusze, głównie emeryci – w 2006 roku działało ich aż 71. Pozwala to w znacznym stopniu obniżyć koszty funkcjonowania całej instytucji (która zatrudniała w 2007 roku 158 pracowników, z tego 123 do obsługi wystaw i wyjazdowej działalności popularnonaukowej)⁹.

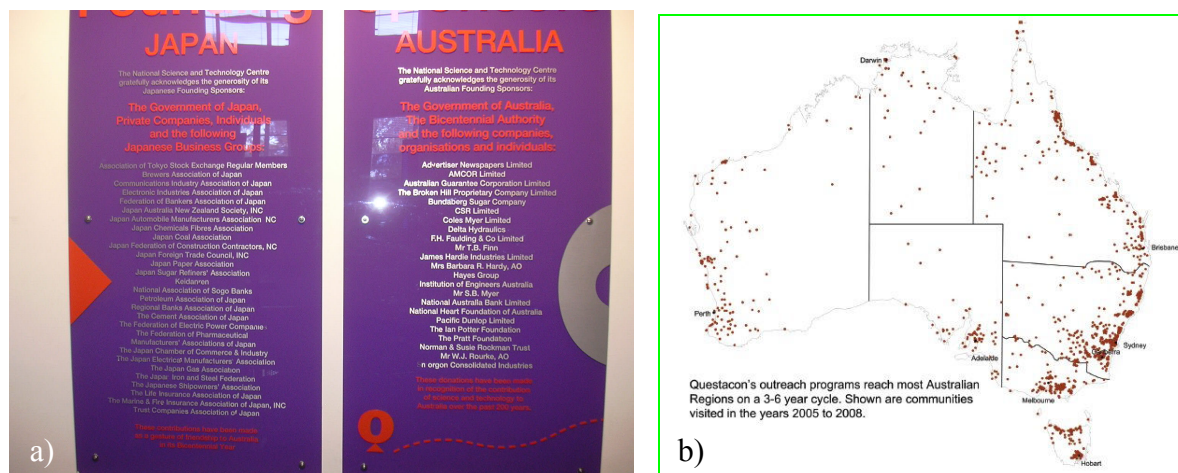


Fig. 5.12. a) Questacon jest określane mianem Centrum Nauki Zachodniego Pacyfiku; jest ono wspólnym przedsięwzięciem kilkudziesięciu instytucji prywatnych i publicznych z Japonii i Australii (fot. MK); **b)** ośrodki, w których prowadzona była wyjazdowa działalność popularyzatorska Questacon w latach 2005–2008 (źródło: Questacon¹⁰)

Poza Questacon pozostaje w Canberze centrum Discovery australijskiego odpowiednika Polskiej Akademii Nauki – CSIRO¹¹.



O ile eksponaty w Questacon mają głównie charakter dydaktyczno-zabawowy, Discovery prowadzi zajęcia dla uczniów liceów (powyżej 13 lat) mające charakter prac paranaukowych, zob. ulotka na ryc. 5.13. Niektóre z tematów to genetyka, technologie wodorowe, zmiany klimatyczne, zróżnicowanie biologiczne etc.¹² Jednym z postulatów cytowanego raportu¹³ była konieczność większej współpracy między tymi dwoma centrami nauki w Canberze.

Ryc. 5.13. Ulotka informacyjna centrum nauki Discovery CSIRO w Canberze

⁹ Tamże, s. 56.

¹⁰ Tamże, s. 27

¹¹ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

¹² <http://www.csiro.au/Portals/Education/Programs/Discovery-Centre/DiscoveryOV.aspx> (30.12.2010).

¹³ Stepping up to meet national needs, http://www.questacon.edu.au/review/assets/stepping_up.pdf (30.12.2010).

W poprzedniej stolicy Australii, Sydney, istnieje jeszcze inne centrum nauki, powerhouse museum¹⁴ poświęcone technice, nauce, projektowaniu przemysłowemu. Główną atrakcją jest oryginalny silnik parowy z 1785 roku z browaru w Londynie. ph w stosunku do Questacon jest muzeum dość tradycyjnym. Znajdziemy w nim zarówno elementy muzeum techniki (pierwsze lokomotywy, pierwsze pamięci komputerowe, odbiorniki radiowe itd.), jak i typowego eksploratorium, z doświadczeniem Galileusza swobodnego spadku w próżni, półkulami magdeburskimi itd. W dziale poświęconym muzyce znajdziemy nie tylko kolekcję instrumentów, ale również zabawy dla dzieci – klawiaturę pianina do stąpania i fantastyczny kwartet dęty miszków, zob. fot. 5.14. Muzeum powerhouse w Sydney przechodzi obecnie (2011/2012) modernizację, podobnie jak berlińskie Spectrum.



Fig. 5.14. Muzeum powerhouse w Sydney: **a)** samochód strażacki na parę z XIX wieku; **b)** koncert kwartetu pluszowych miszków na instrumentach dętych blaszanych – im większy misiek, tym niższy głos instrumentu (trąbka, puzon, róg, tuba); za pomocą przycisków można wybierać, którzy z muzykantów grają; rewelacja!; **c)** japoński robot grający w szachy; po wygranej partii sam sprząta szachownicę, wesoło przy tym nucąc (fot. MK)

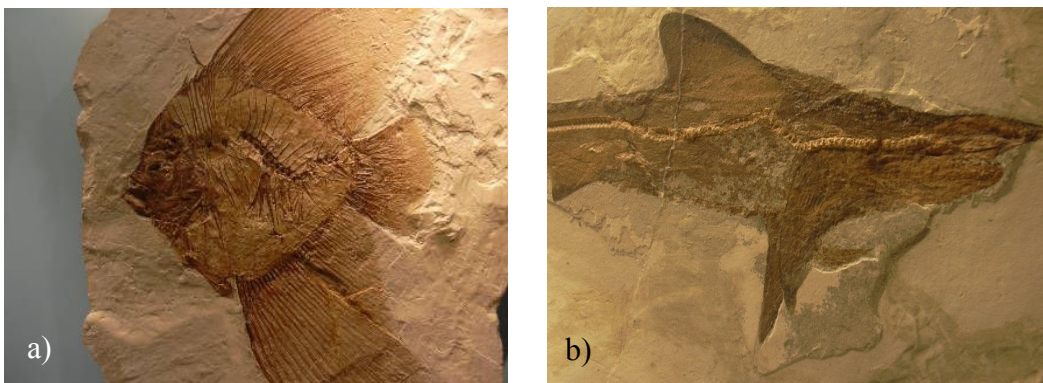
5.4. Muzeum paleontologii – Bolca (Werona)

Kolejną tradycyjną formą muzealnictwa pozostają muzea przyrody, często noszące tradycyjną nazwę muzeów *historii naturalnej*. Muzeami o charakterze monotematycznym są muzea geologiczne oraz paleontologiczne. Muzea o szerszym zakresie tematycznym, obejmującym geologię, biologię, elementy antropologii, nazywać będziemy umownie muzeami *przyrodniczymi*. Również te muzea przechodzą w ostatnich latach zmiany w kierunku dydaktyki *konstruktywistycznej*.

O ile muzea geologiczne są dość powszechne, w Polsce począwszy od Muzeum Tatrzańskiego Parku Narodowego, istniejącego od 1889 roku, to zbiory paleontologiczne są dość unikalne. Jednymi z najciekawszych na świecie są zbiory muzeum paleontologicznego (Museo dei Fossili) w Bolce koło Werony. Bolca – ciąg wzgórz wapiennych na przestrzeni kilkunastu kilometrów kwadratowych, jest unikalnym stanowiskiem paleontologicznym z okresu około 60 mln lat temu. Płytkie morze okresowo zamieniało się w oddzielne jeziora, w których ryby masowo ginęły w okresach cieplejszych z powodu braku tlenu.

Zbiory z Bolki już od czasów napoleońskich można znaleźć w większości muzeów paleontologicznych w Europie. Dzisiejsze muzeum składa się z trzech ekspozycji: pierwsza, na parterze, ma na celu wyjaśnienie, jak powstają odciski paleontologiczne i na czym polegała specyfika środowiska w Bolce. Z pierwszą ekspozycją jest połączona sala wideo, gdzie widzowie przenoszą się w prehistorię. Wreszcie na piętrze są przedstawione najcenniejsze, najlepiej zachowane i największe eksponaty. Egzemplarze te, jak np. odcisk szkieletu rekina bardzo podobnego do form dzisiejszych, mają nie tylko walor dydaktyczny (i estetyczny), ale pozwalają w namacalny sposób uświadomić widzowi ciągłość życia biologicznego na Ziemi.

¹⁴ powerhouse museum, Sydney, <http://www.powerhousemuseum.com> (30.12.2010).



Fot. 5.15. a) Muzeum paleontologiczne w Bolce fascynuje wiernością i wielkością (dochodzącą do ponad metra) eksponatów pochodzących z okresu około 60 mln lat temu. Wiele gatunków znalezionych w Bolce wyginęło, inne uległy ewolucji; **b)** rekiny osiągnęły ostateczny stopień rozwoju około 100 mln lat temu, jak to znakomicie ilustrują zbiory z Muzeum w Bolce (fot. MK)

Funkcje muzeum geo-paleontologicznego to głównie zadania naukowe – nowe odciski paleontologiczne znajdowane są co roku po wiosennych roztopach. Wystawionych pozostaje około 170 najciekawszych eksponatów; mniejsze eksponaty są dostępne w kilku sklepach na terenie Włoch. Do dyspozycji zwiedzających Muzeum pozostaje też grotę, w której prowadzone są wykopaliska.

Bolca, oddalona od głównych szlaków turystycznych, jest miejscem odwiedzanym głównie przez wycieczki szkolne. Dla indywidualnego turysty Muzeum w Bolce spełnia dwie funkcje: w pierwszym rzędzie fascynuje zwiedzających wielkością i dokładnością eksponatów paleontologicznych, a dopiero później wyzwala ciekawość poznawczą – „jak to jest możliwe?”. Mimo znacznego oddalenia od większych ośrodków miejskich Muzeum w Bolce jak i otaczające tereny – wzgórza, lasy i jaskinie, w których wydobywa się znaleziska, są miejscem wycieczek szkolnych i rodzinnych spacerów weekendowych.



Fot. 5.16. a) Sito paleontologiczne w Bolce znane jest do wielu stuleci. Odciski ryb zasilają kolekcję Napoleona, cesarza Austrii, największe muzea Europy. Niestety, multimedialność Muzeum w Bolce ogranicza się do sali video z projekcją (obowiązkowego) filmu oraz do zabytkowych dokumentów, jak przedstawiona na zdjęciu mapa wykopalisk; **b)** sito w Bolce to doskonale stratyfikowane wapienie. Wiosną, po roztopach, łupią się one samoczynnie, ujawniając skamieliny. Odpadki z odkrywek Muzeum są dostępne dla odwiedzających okoliczne wzgórza (fot. MK)

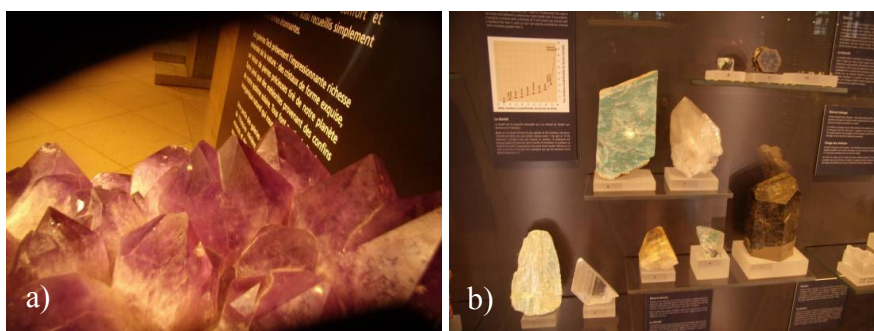
Muzeum w Bolce przyjęło obecny kształt dopiero w 1996 roku; od kilku lat można je zwiedzać również w sposób wirtualny, za pośrednictwem Internetu¹⁵. Brakuje ciągle pewnego ujęcia systemowego prezentacji zbiorów, ale atrakcyjność eksponatów w pełni to rekompensuje.

¹⁵ Museo dei Fossili, Bolca (VR), <http://www.museodeifossili.it> (10.10.2012).

5.5. Geologia – Royal Museum w Toronto

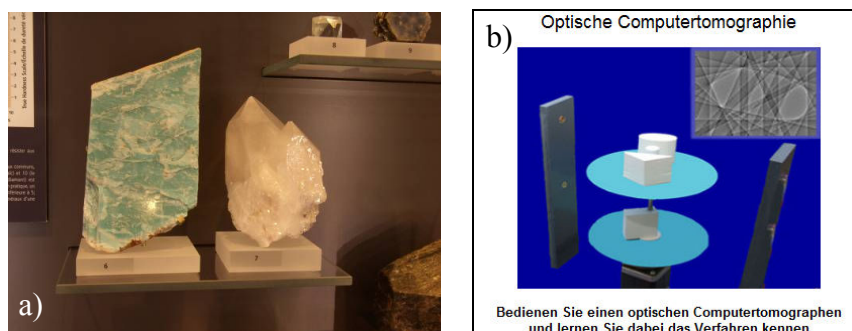
Inaczej niż muzea paleologii, muzea geologiczne w krajach europejskich nie mogą się pochwalić tak atrakcyjnymi eksponatami jak w Brazylii czy Kanadzie. Europa jest starym kontynentem, w którym największe bogactwa zewnętrznej warstwy skorupy ziemskiej zostały wyeksploatowane już w czasach starożytnych.

W Toronto zbiory geologiczne stanowią główną atrakcję Royal Museum of Ontario. Podobnie jak Luwr, Muzeum w Toronto spełnia rolę *sztandarowej instytucji* naukowo-turystycznej w Kanadzie. Bogactwo zbiorów geologicznych jest naprawdę imponujące.



Fot. 5.17. Różne funkcje podobnych eksponatów (Royal Ontario Museum w Toronto): **a)** ogromne, kilkunastocentymetrowe ametysty o wspaniale wykształconych płaszczyznach krystalograficznych przykuwają uwagę widza i zapraszają do wejścia; **b)** takie same eksponaty składają się na dydaktyczny przekaz o klasach twardości minerałów – w lewym górnym rogu zdjęcia pokazany jest wykres skali twardości, od lewego dolnego rogu rośnie skala twardości: 1) talk, 2) gips, 3) kalcyt, 4) fluoryt, powtórzony w postaci większego kryształu o góry. Systematyczność przedstawienia nie zakłóca atrakcyjności wizualnej gabloty (fot. MK)

Na przykładzie wystawy geologicznej w Muzeum w Toronto zauważamy, jak te same minerały mogą być pokazane bądź jako przykłady wspaniałych, dużych, symetrycznych i różnokolorowych kryształów (róża pustyni, szpat islandzki czy ametyst, jak na fot. 3.8), bądź uporządkowane w gablotach według np. klasy twardości (talk, gips, kalcyt itd.). Kalcyt i szpat są to dokładnie te same minerały z punktu widzenia chemicznego i krystalograficznego, ale uporządkowane w gablotach w Toronto spełniają dwie różne funkcje – ilustracji piękna przyrody lub systemową funkcję dydaktyczną. Nauczyciel, przeprowadzając grupę (lub korzystając z zasobów on-line¹⁶) jest w stanie przeprowadzić cały cykl lekcji o minerałach i ich właściwościach, jak skład chemiczny, klasy krystalograficzne, twardość, domieszki jonów w kamieniach szlachetnych, zastosowania itd.



Fot. 5.18. Przekraczanie barier (geograficznych, koncepcyjnych, technicznych) w funkcjach wystaw i formach przekazu – zaawansowane funkcje naukowe: **a)** krystalografia na przykładach minerałów (Ontario Royal Museum Toronto, fot. MK); **b)** tomografia komputerowa kryształów on-line na Uniwersytecie w Kaiserslautern, zob. <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de> (10.10.2012)

¹⁶ Royal Ontario Museum, <http://www.rom.on.ca/teachers.php> (30.12.2011).

Funkcja wystaw nazwana przez nas *poznawczą* jest w zasadzie działaniem naukowym – wykazanie związku z innymi otwartymi problemami badawczymi, pokazanie sposobu stawiania pytań naukowych oraz poszukiwanie odpowiedzi na nie. Przedział wiekowy odbiorców oraz wymagany wstępny zakres wiedzy są więc inne niż w pozostałych funkcjach.

Korzystając ze wspomnianego przykładu muzeum geologii w Ontario Royal Museum w Toronto, funkcję naukową mogłyby spełnić np. doświadczalne badania struktury kryształu i klas krystalograficznych za pomocą doświadczenia on-line z wykorzystaniem tomografii optycznej lub rentgenografii, tak jak to jest oferowane w internetowych zasobach dydaktycznych na Uniwersytecie w Kaiserslautern¹⁷.

5.6. Królewskie Muzeum Przyrodnicze – Bruksela



Drugi przykład zagraniczny, Muzeum Przyrody w Brukseli¹⁸, wiodącej instytucji tego typu w krajach Beneluxu, świadczy o celowości łączenia działalności muzealnej z naukową. W Brukseli pierwsze 4 piętra wieżowca w pobliżu centrum poświęcone są wystawom przyrodniczym, a kolejne 6 pięter, niedostępnych dla zwykłego widza, instytucjom naukowym, zob. fot. 5.20.

Fot. 5.19. Ssaki – Królewskie Muzeum Przyrodnicze w Brukseli

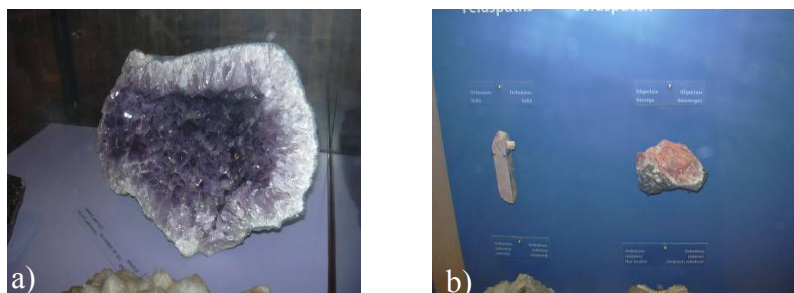


Fot. 5.20. Muzeum Przyrody w Brukseli zajmuje 10-piętrowy budynek, z czego cztery piętra są przeznaczone dla publiczności, a pozostałe dla instytucji naukowych. Muzeum łączy charakterystyki tradycyjnego muzeum przyrodniczego – zbioru eksponatów (jak w polskich parkach narodowych) z funkcjami dydaktycznymi i paranaukowymi realizowanymi przez multimedialne i interaktywne metody przekazu (fot. GK)

Organizacja wystaw w Muzeum Przyrody w Brukseli łączy przekaz oparty na układzie *kolekcji* z funkcją *edukacyjno-interaktywną*. Poniżej ilustrujemy na przykładzie mineralogii dwa zadania: i) pobudzenia zainteresowania widza, fot. 5.21; na przykładzie tzw. geody, czyli wykrystalizowań wewnętrznych ametystów rozmiarów kilkunastu centymetrów pochodzenia hydrotermalnego (eksponaty zazwyczaj pochodzące z Brazylii), oraz ii) uporządkowanego, kolekcyjnego przekazu wiedzy. W gablocie poświęconej różnym przykładom ortoklazów (z różnych lokalizacji) pierwsze miejsce zajmuje eksponat ilustrujący prostopadłościenny układ krystalograficzny, znamieny właśnie dla tej grupy minerałów; dopiero następny eksponat jest typowym, różowym ortoklazem, głównym składnikiem granitów.

¹⁷ Uniwersytet w Kaiserslautern <http://rcl.physik.uni-kl.de> (30.12.2011).

¹⁸ Nazwa oficjalna: Muséum de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique.



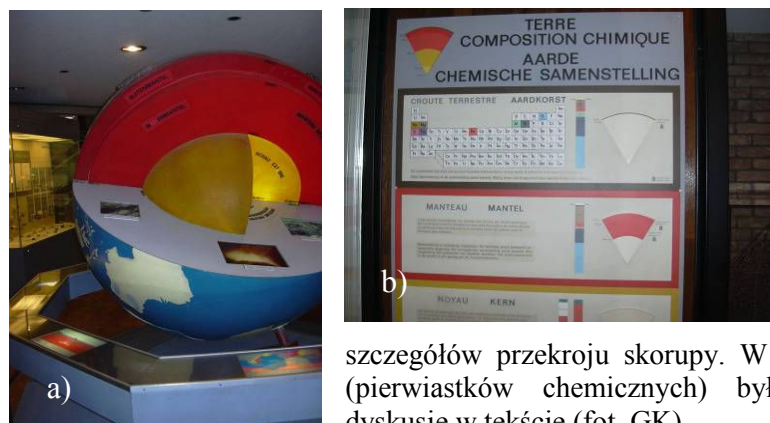
Fot. 5.21. Dwie funkcje eksponatu na przykładzie kolekcji minerałów: **a)** wzbudzenia zainteresowania – geoda ametystu z Brazylii; **b)** przekaz wiedzy – przykłady ortoklazu (czyli skalenia, składnika granitów); pierwszy eksponat z lewej wyjaśnia pojęcie ortoklazu jako „prostopadłościennego” układu krystalograficznego (fot. GK)

Muzeum w Brukseli zaskakuje zmiennością narracji dydaktycznej – kolekcje eksponatów są przerywane planszami dydaktycznymi z eksponatami wkomponowanymi w przedstawiane zagadnienia. I tak na przykład wielkość ziaren w próbkach granitu zależy od szybkości stygnięcia, jest bezpośrednio odniesiona do głębokości powstania danej skały, jak na ryc. poniżej. Wybrany przykład granitu jest jednocześnie często spotykany, np. w kostce ulicznej, stąd możliwość skojarzeń do zastosowań praktycznych.



Fot. 5.22. Narracja dydaktyczna mieszana – planszowa z wykorzystaniem eksponatów: **a)** wielkość ziaren minerałów w skałach zależy od szybkości stygnięcia, a pośrednio o głębokości powstania; **b)** dwa przykłady wtrąceń w kalcyte (górny wiersz, eksponaty na lewo i prawo), przykład kalcytu bez wtrąceń (eksponat środkowy), w linii poniżej wyjaśnienia krystalograficzne; na dole przykład bliźniaka gipsu, tzw. róży pustyni, spełniającego funkcję pobudzenia zainteresowania i odniesienia do popularnych eksponatów ze sklepów z pamiątkami, a jednocześnie podsumowania materiału dydaktycznego z linii poprzednich (fot. GK)

W Muzeum Przyrody w Brukseli obecna jest też typowa narracja „podręcznikowa”, wykorzystująca tylko plansze i schematy. Tak przedstawiony jest na przykład przekrój skorupy ziemskiej oraz jej skład chemiczny, zob. fot. 5.23. Poszczególne pierwiastki chemiczne wchodzące w skład skorupy (krzem, żelazo, tlen, wodór) mają różne stany skupienia; w skorupie ziemskiej tworzą one związki chemiczne (krzemiany, uwodnione krzemiany, tlenki żelaza) będące ciałami stałymi. Pokazanie pierwiastków w czystej formie byłoby więc dydaktycznie mylące. Dydaktycznie mylące byłoby również umieszczenie kawałka (stałego) żelaza w centrum Ziemi, jako że jądro Ziemi jest płynne lub półpłynne.



Fot. 5.23. Narracja dydaktyczna z wykorzystaniem modeli i plansz: **a)** przekrój skorupy ziemskiej; **b)** występowanie pierwiastków chemicznych w poszczególnych warstwach skorupy ziemskiej. Druga plansza rozszerza informację zawartą w pierwszym modelu o odniesienie do tablicy okresowej Mendelejewa, ale abstrahuje od szczegółów przekroju skorupy. W obu przypadkach użycie eksponatów (pierwiastków chemicznych) byłoby dydaktycznie mylące, zobacz dyskusję w tekście (fot. GK)

Muzeum Przyrody w Brukseli jest też ciekawe z uwagi na *problemowe* stawianie zagadnień i *kompleksowe*, wielostronne odpowiedzi na pytania. Przykładem może być pytanie, bardzo istotne zarówno kulturowo, jak i wychowawczo: „Czy człowiek pochodzi od małpy?”. Pytanie, oczywiście postawione tendencyjnie, typowe dla powszechnej percepcji zasady ewolucji i nieobecne w tej formie na wystawie w Brukseli. Na fot. 5.24 ilustrujemy trzy elementy odpowiedzi na to pytanie: geograficzno-historyczną, środowiskową i anatomiczną. W odpowiedzi geograficznej przedstawione są odpowiednio udokumentowane migracje gatunku *Homo sapiens*, udokumentowane podobieństwem znalezisk czaszek, ze szczegółowym zaznaczeniem momentu wyjścia (z basenu Afryki Środkowej) i dojścia (do Europy, Azji itd.). W odpowiedzi ekologicznej przedstawiono występowanie różnych gatunków małp oraz pokazano różnice w szkieletach, wynikające z zajmowanych nisz ekologicznych.



Fot. 5.24. Trzy odpowiedzi na pytanie „Czy człowiek pochodzi od małpy?”: **a)** geograficzno-paleontologiczna – migracje *Homo sapiens*; **b)** ekologiczna – środowisko i szkielet; **c)** anatomiczna – czaszka *Homo sapiens* i Neandertalczyka (fot. GK)

W odpowiedzi anatomicznej porównano czaszki *Homo sapiens* i Neandertalczyka – mającego pozornie większą objętość mózgu, ale zupełnie inne proporcje między częścią mózgową a twarzą czaszki. Wreszcie w czwartej odpowiedzi, paleontologicznej (nieprzedstawionej) porównano drzewo genealogiczne małp i człowieka. Wyraźnie zaznaczono momenty odłączenia się orangutana (15 mln lat temu), goryla (9 mln lat temu) i szympansa (5 mln lat temu) ze wspólnego pnia praprzodka. Delikatne i skomplikowane kwestie kulturowe, mówiące o rzekomym „kuzynostwie” między *Homo sapiens* a małpami człekokształtnymi, są w Muzeum Przyrody w Brukseli szczególnie dobrze przedyskutowane¹⁹.

Muzeum Przyrody w Brukseli jest również bardzo dobrym przykładem różnorodności form przekazu – przez indywidualne odkrywanie interaktywne, przez pracę (grę) zespołową, przez wykład dla grupy szkolnej, zob. fot. 5.25. Szczególnie ciekawe są rozwiązania w części interaktywnej. Są one adresowane głównie do małych dzieci. Ptaki są rozpoznawane przez odszukanie ich gniazda (podniesienie klapki w ścianie) lub odgadnięcie głosu (przyciskanie włączników). Środowisko kreta poznajemy wędrując na czworaka przez zakamarki symulujące podziemne korytarze; wreszcie z wielorybem spotykamy się oko w oko, nie tylko wymalowanym na ścianie, ale także ze szkieletem wiszącym pod sufitem.

Wielorakość form przedstawienia zagadnień owocuje bezustannym zaciekawieniem widzów, niezależnie od grupy wiekowej i celu wizyty w Muzeum. Szczególne zainteresowanie wzbudzają eksponaty wymagające współdziałania lub współzawodnictwa, zob. fot. 5.19. Zaciekawienie to jest silniejsze niż poczucie dorosłości lub spełnianie funkcji nauczyciela.

¹⁹ Polskie podręczniki biologii podkreślają zbieżność genotypów – różnice między człowiekiem a szympansem wynoszą jedynie 2%. Podręczniki te nie mówią, za jakie funkcje te odmienne geny odpowiadają, ani też nie wyjaśniają, dlaczego wszystkie organizmy na Ziemi mają sporą ilość genów podobnych.



Fot. 5.25. Różne formy interaktywności na wystawach przyrodniczych: **a)** ścieżka kreta dla małych dzieci, do przejścia na czworaka; **b)** „skrzynki” edukacyjne służące do rozpoznania ptaków; **c)** lekcja muzealna dla licealistów, pod szkieletem wieloryba (fot. GK)

Oprócz funkcji ludycznej spełniają one również funkcje wychowawcze. Istotne znaczenie ma też niestandardowe umieszczanie eksponatów, wymagające niejednokrotnie gimnastyki dla zaobserwowania szczegółów (fot. 5.26). Uderzają także estetyka i bogactwo rozwiązań technicznych – tunele do przechodzenia, ścieżki do tropienia zwierząt leśnych, skrzynki lęgowe do odszukiwania gniazd ptaków, ule które można otwierać i obserwować życie pszczoł itd. Na zakończenie przypominamy też, że ponad połowa wielopiętrowego budynku jest zajęta przez instytucje naukowe, związane z Muzeum.



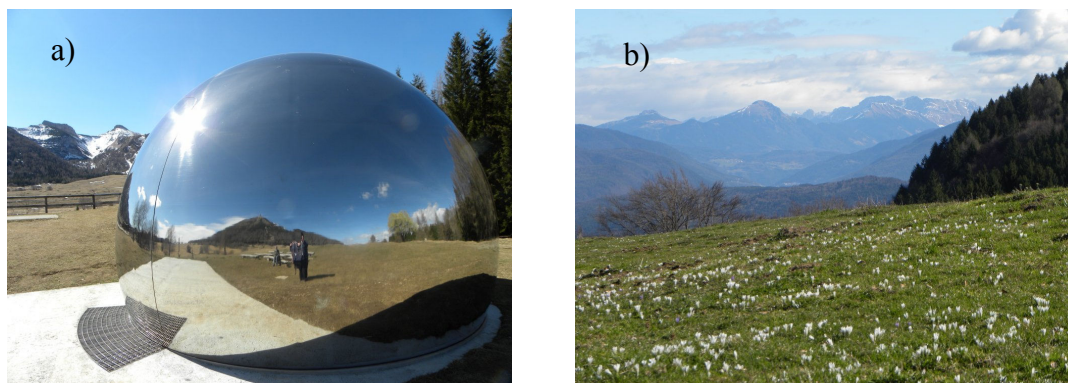
Fot. 5.26. Wzbudzanie zainteresowania na wystawach przyrodniczych u różnych grup odbiorców: dzieci w wieku gimnazjalnym, licealnym, nauczycieli (fot. GK)

5.7. Funkcje narodowe i regionalne – Muzeum Nauk Przyrodniczych w Trydencie

W odróżnieniu od Deutsches Museum w Monachium czy Exploratorium w San Francisco, Muzeum Nauk Przyrodniczych w Trydencie (włoska nazwa Trento, miasto rozmiarów Gdyni lub Torunia) spełnia głównie zadania regionalne. Nie obniża to poziomu merytorycznego wystaw i działalności dydaktycznej, które są często przywoływane we Włoszech na poziomie narodowym jako wzory do naśladowania.

Muzeum w Trydencie powstało jako typowe muzeum przyrodnicze, przechowujące zbiory minerałów i skał, zielniki roślin alpejskich oraz spreparowane egzemplarze fauny. W tym aspekcie przypomina polskie Muzeum Tatrzańskie w Zakopanem lub Muzeum Ziemi w Warszawie. Muzeum trydenckie prowadzi też ogród botaniczny roślin alpejskich i mini-observatorium astronomiczne na pobliskiej górze Monte Bondone, zob. fot. 5.27, muzeum geologiczne (w miejscowości Predazzo) i muzeum lotnictwa poświęcone pionierowi

aeronautyki we Włoszech, inżynierowi Gianni Caproniemu urodzonemu w Trydencie. Muzeum realizowało więc jako główne zadanie ochronę dziedzictwa miejscowego, zarówno technologicznego, jak i przyrodniczego.



Fot. 5.27. Różnorodność tematyk realizowanych przez muzea nauki. Przykład Museo Tridentino delle Scienze Naturali: **a)** obserwatorium astronomiczne (ukryte w metalowej kopule) i sale konferencyjne pod ziemią, zorganizowane we współpracy z astrofilami trydenckimi; **b)** (wiosenny) ogród botaniczny, również na Monte Bondone (fot. MK)

Muzeum w Trydencie rozwinęło się w ostatnich dziesięcioleciach w instytucję aktywnie wspomagającą szkoły na wszystkich szczeblach w realizacji programów nauczania. Początkiem tej działalności były wystawy interaktywne „Fizyka i zabawki”, organizowane od 1992 r. przez prof. Vittoria Zanettiego²⁰. W kolejnych latach zbiory wielotematyczne zamieniły się w wystawy o ściśle określonej treści przekazu. W 2001 roku podjęto temat energii. Ścieżka tematyczna dotyczyła różnych aspektów tego pojęcia, od wytwarzania energii po jej zużywanie, z uwzględnieniem efektów ubocznych przetwarzania energii: takim fizycznym efektem ubocznym jest *entropia*, a biologicznym sam fakt *życia*. Wytwarzaniu energii poświęcone było np. stanowisko koła chomika, w którym widz generuje prąd elektryczny, maszerując (podobny eksponat opisujemy Centrum „Kopernik”). Eksponaty interaktywne ilustrujące różne techniczne sposoby przetwarzania energii (turbiny wodne, wiatrowe, ogniwa fotoelektryczne) sąsiadowały z plakatami o wydźwięku socjologicznym – kto na świecie konsumuje największe ilości energii i jak to wpływa na globalne ocieplenie.

Wystawa zorganizowana w 2005 roku z okazji Międzynarodowego Roku Fizyki nosiła tytuł „Gry Einsteina” i przedstawiała różne aspekty fizyki współczesnej, w szczególności te wynikające z prac Einsteina. I tak zabawa w wybijanie piłeczek ilustrowała zjawisko fotoelektryczne; rodzaj golfa, ale nie z dziurami, a z pagórkami w formie potencjałów atomowych ilustrował rozpraszanie cząstek alfa na jądrach atomów złota (= doświadczenie Rutherforda); film z krajobrazem spłaszczającym się w miarę wzrostu prędkości ilustrował szczególną teorię względności. Wystawa trafiła w 2007 roku do Warszawy.

Jednocześnie Muzeum w Trydencie rozszerzyło tematykę swych sztandarowych wystaw na zagadnienia interdyscyplinarne, łączące np. klimatologię z biologią, techniką, geografiją. Tego rodzaju przedsięwzięciem była organizowana w 2009 roku wystawa „Lód i bieguny”, poświęcona ekosystemom Arktyki i Antarktydy oraz badaniom polarnym. Jednym z najciekawszych kulturotwórczych przedsięwzięć była natomiast organizowana w 2000 roku wystawa pt. „Potop” (*Il diluvio*), w której mit o potopie był pretekstem do dyskusji o efekcie cieplarnianym. Te dwie ostatnie wystawy opisujemy szczegółowo w rozdziale VI.

Organizacyjnie, różnorodność wystaw pozwoliła na wykształcenie specjalistów dydaktyki interaktywnej, głównie spośród absolwentów wydziału nauk ścisłych miejscowego

²⁰ Zob. T. Wróblewski, G. Karwasz, *Fizyka zabawek*, Zesz. Nauk. WSP, nr 12/1997, s. 97.

uniwersytetu, którzy obecnie tworzą trzon kadry Muzeum. Najpierw zostały stworzone odpowiednie struktury organizacyjne, po czym wyposażono proste laboratoria dydaktyczne na poziomie szkoły podstawowej, realizujące program nauczania przedmiotu „przyroda”. Tematyka proponowanych zajęć dla szkół jest ustalana na cały rok; szkoły realizują lekcje muzealne zgodnie z obowiązującym programem nauczania; instytucje województwa współuczestniczą w finansowaniu udziału uczniów w lekcjach.

Inne formy pracy dydaktycznej w Trydencie to pokazy, warsztaty, zajęcia indywidualne i grupowe. Placówka prowadzi tzw. muzeum objazdowe, w trakcie sesji wyjazdowych pracownicy muzeum organizują szkolenia dla nauczycieli, którzy są w ten sposób przygotowywani do samodzielnego odbywania z uczniami zajęć w muzeum. W czasie tych objazdów podstawową formą pracy są laboratoria dla uczniów, którzy mogą eksperymentować, wykorzystując przywiezione eksponaty.

Współpraca lokalna ma szeroki zasięg, uzgadniany z przedstawicielami różnych dziedzin gospodarki (leśnictwo, rolnictwo, ekologia, ochrona środowiska, geologia, botanika, hydrobiologia). W Muzeum w Trydencie zatrudnionych jest zwykle od 6 do 8 osób do kontaktów ze szkołami, w zakresie wyboru wystawy, szkoleń, i koordynacji wizyt oraz zajęć w laboratoriach (historia, technika, matematyka, fizyka). Muzeum współpracuje też z ok. 130 osobami zatrudnionymi czasowo do realizacji określonego tematu.

Reasumując, Muzeum Nauk Przyrodniczych w Trydencie, mimo że umiejscowione w mieście zaledwie 100-tysięcznym, spełnia trzy role:

- zachowania lokalnego dziedzictwa przyrody i tradycji techniki,
- wspomagania dydaktycznego szkół regionu,
- realizacji wystaw o charakterze kulturotwórczym.

Corocznie w różnych formach edukacyjnych dla szkół uczestniczy w Muzeum w Trydencie 60–70 tysięcy uczniów (oczywiście wielu z nich uczestniczy w zajęciach kilkakrotnie). Muzeum oczekuje (2012 r.) na przeniesienie się do nowego, futurystycznego gmachu w pobliżu centrum miasta, z całkowitą przestrzenią 5 tys. m².

5.8. Regionalne ogniska kultury naukowej – od Chicago do Kalamazoo

Wynikające z potrzeb społecznych powstawanie centrów nauki poza dużymi ośrodkami naukowymi często uwarunkowane jest również konkretnymi sytuacjami personalnymi i możliwościami lokalnymi. W Chicago istnieje najstarsze na półkuli zachodniej planetarium, założone przez przemysłowca M. Adlera w 1930 roku, dysponujące powierzchnią 10 tys. m² oraz – według materiałów informacyjnych tej placówki²¹ – będące wiodącą w USA instytucją popularyzacji nauki. Planetarium ma trzy sale projekcyjne i dysponuje spektaklami czytanyymi przez najlepszych amerykańskich aktorów. W jej posiadaniu jest kilka tysięcy zabytkowych obiektów związanych z astronomią, poczynając od XII-wiecznego arabskiego astrolabium. Sekcja doświadczeń interaktywnych nie zawiera wielu eksponatów, ale są one oryginalne.

W tym samym mieście znajduje się Muzeum Nauki i Przemysłu, jedna z największych tego typu placówek na świecie. Ma ona w swych zbiorach 35 tys. obiektów, dysponuje 25 tys. m² powierzchni wystawowych i obsługuje rocznie (2010 r.) 1,5 mln zwiedzających, z czego ponad 300 tys. to uczniowie²². Muzeum to powstało w 1933 r. z inicjatywy przemysłowca Juliusa Rosenwalda, po tym jak w 1911 roku zwiedzał Deutsches Museum w Monachium. Było to pierwsze muzeum w USA pozwalające na doświadczenia interaktywne. Od czasu założenia zwiedziło je 175 mln osób.

²¹ <http://www.adlerplanetarium.org/about> (30.12.2011).

²² <http://www.msichicago.org/about-the-museum/museum-facts/> (30.12.2011).



Fot. 5.28. Ekspozycje i edukacja w Planetarium Adlera w Chicago: **a)** oryginalny moduł lądowiska statku kosmicznego Gemini 12 z 1965 roku; **b)** pomnik M. Kopernika przed Planetarium Adlera; **c)** gra edukacyjna w rozpoznawanie obiektów galaktycznych (fot. MK)

Istnienie tych gigantów w zakresie popularyzacji nauki wbrew pozorom nie zmniejsza zapotrzebowania na działania w innych ośrodkach. W sąsiednim stanie – Michigan, w odległym o nieco ponad 200 km Kalamazoo, mieście niespełna 75-tysięcznym, działa Kalamazoo Valley Museum²³. Datujące swą historię od 1881 roku dokumentuje zmiany w kulturze lokalnej i przybliża w tym dość prowincjonalnym mieście tak historię, jak i naukę. W zbiorach Muzeum oprócz eksponatów lokalnych znajduje się np. egipska mumia.

Od parunastu lat w nowym budynku działa wystawa interaktywna poświęcona technice, fizyce, ludzkiemu ciału. Wystawa zorganizowana przy współudziale lokalnych instytucji naukowych i przedsiębiorstw zawiera zaledwie kilkanaście eksponatów, ale znakomicie wprowadza w interaktywny świat medycyny, elektromagnetyzmu, mechaniki, geofizyki. Stanowiska są proste w obsłudze i estetycznie wykonane. Muzeum zawiera też oddzielną sekcję zabaw dla małych dzieci i bibliotekę multimedialną, dzięki czemu staje się miejscem spędzania czasu dla społeczności lokalnej. Obsługiwane jest przez wolontariuszy, a wstęp pozostaje bezpłatny.



Fot. 5.29. Ekspozycje i edukacja w Kalamazoo Valley Museum: **a)** eksponaty z historii życia codziennego społeczności lokalnej; **b)** fizyka interaktywna: elektromagnetyzm i optyka; **c)** minisekcja geofizyki – kula z prądamiorskimi (fot. MK)

W tym samym Stanie, w odległym o kolejne 100 mil Ann Arbor działa Muzeum „Hands-On”, powstałe w byłej remizie strażackiej.

Tak jego powstanie opisuje założycielka Cynthia Lao, „Nie często się zdarza, że ktoś decyduje, ot tak, aby założyć muzeum. Ja to zrobiłam, i Muzeum „Hands-On” w Ann Arbor z pracy magisterskiej zamieniło się w rzeczywistość. [...] Zainspirowało mnie pojęcie *hand-on* wiele lat temu, w czasie wizyty w muzeum z naszą czwórką dzieci, kiedy towarzyszyliśmy mojemu mężowi, profesorowi fizyki, w jego podróży po laboratoriach naukowych i uniwersytetach w całym kraju. [...] Los podał nam dłoń, aby ziarno wypuściło korzenie. Centralna

²³ <http://kvm.kvcc.edu/exhibits/sm/> (30.12.2011).

remiza strażacka w Ann Arbor, zbudowana w 1882 roku i wpisana na listę dziedzictwa narodowego [USA], stała pusta przez kilka lat”²⁴.

Po ośmiu latach od otwarcia w 1990 roku muzeum zwiedziło w sumie pół miliona osób, w tym 113 tys. osób w samym 1990 roku. Wystawa „Geometria w naszym świecie” autorstwa D. Goldwatera z Instytutu Franklina zdobyła nagrodę National Science Foundation. Na potrzeby wystaw krążących po kraju zbudowano trzy kopie tej wystawy, a jedna kopia została sprzedana do Kalifornii za kwotę 40 tys. \$. Z prostego *hands-on* muzeum zamieniło się w centrum nauki i edukacji. Na powierzchni dwóch i pół tysiąca metrów kwadratowych wystawionych jest 350 eksponatów z dziedziny technologii („How things work”), zagadek matematycznych i logicznych, drgań i fal, optyki, zdrowia, telekomunikacji, zabaw dla dzieci itd. Muzeum dysponuje również pięcioma laboratoriami *hands-on* oraz biblioteką multimedialną²⁵.

Kwestie finansowania bieżącej działalności, szczególnie w przypadku małych centrów nauki, wymagają, jak to szczegółowo opisuje Cynthia Lao, specjalnej skrupulatności i zapobiegliwości oraz wysokiego poziomu „etyki profesjonalnej”²⁶. Dzięki wpływom z różnych źródeł, w tym przemysłu (np. Ford Motor Company), budżet Muzeum w 1999 roku wyniósł 1,7 mln \$. Jako jeden z podstawowych elementów sukcesu Cynthia Lao wymienia również szeroką współpracę z ośrodkami akademickimi.

Centra nauki w Kalamazoo, Ann Arbor dowodzą, że nawet w obecności „gigantów” jak Chicago i San Francisco istnieje zapotrzebowanie na regionalne ośrodki, pod warunkiem że nie unikają one funkcji kulturotwórczych, oryginalnych na skalę światową.



Fot. 5.30. a) Dawna remiza strażacka w Ann Arbor (USA), wpisany na listę dziedzictwa miasta, obecnie Hands-on Museum kojarzy zabytkową architekturę przemysłową z nowoczesnymi pawilonami (na prawo); **b)** estetyczne, zachęcające do zwiedzania wejście do Muzeum (foto prof. Enrico Landi)

5.9. Standaryzacja a regionalizacja wystaw – San Sebastian

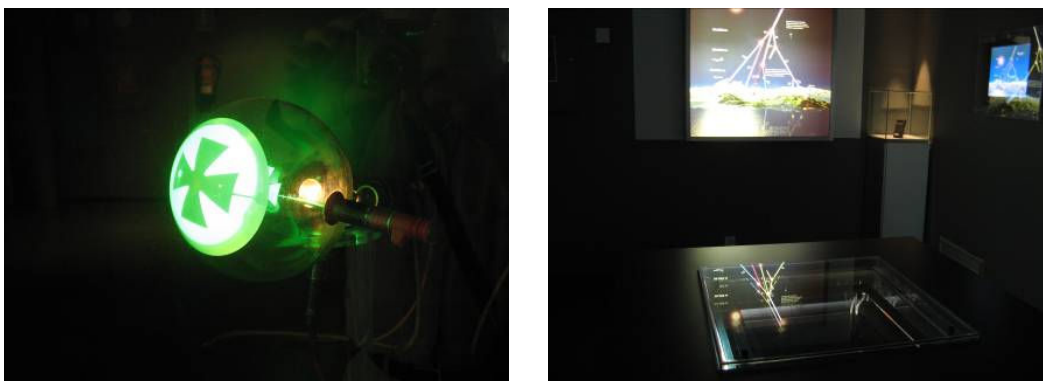
Porównanie wystaw w różnych centrach nauki pokazuje, że wiele z eksponatów powtarza się. Przykładem ekspozycji, która powiela niektóre przykłady z większych centrów, jest wystawa w San Sebastian. Jest ona finansowana przez miasto, miejscowe przedsiębiorstwa i banki. Zawiera elementy zarówno fizyki klasycznej, jak i współczesnej, o różnym stopniu interaktywności i spełniających różne funkcje. Przedstawione na fot. 5.31a doświadczenie Crookesa jest wycieczką w historię fizyki, jako że odtwarza jedno z najważniejszych historycznie etapów odkrycia elektronu, a w dalszej perspektywie konstrukcji telewizyjnej

²⁴ C. Yao, *The Ann Arbor Hands-On Museum: From Dream to Reality*, [w:] *Handbook for small science center*, ed. C. Yao, L.D. Dierking, P. A. Anderson, AltaMira Press, Lanham 2006, s. 3.

²⁵ <http://www.aahom.org/>.

²⁶ Tamże, s. 14.

lampy katodowej. Z kolei tykanie licznika Geigera, fot. 5.31b, ma na celu nie tylko skupienie uwagi widza ale zainteresowania go zagadnieniem promieniowania kosmicznego – skąd ono pochodzi, jak prowadzi do powstania lawiny cząstek wtórnych, jakie są to cząstki, jaki jest ich wpływ na organizm człowieka.



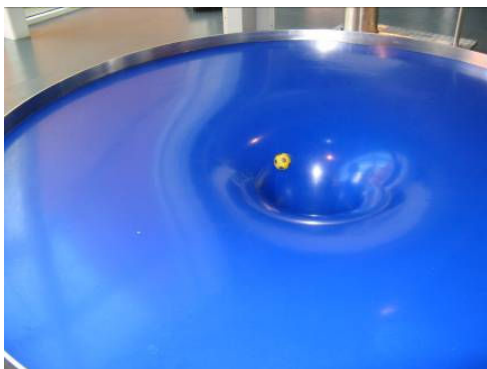
Fot. 5.31. Doświadczenia z fizyki współczesnej w Muzeum Nauki w San Sebastian: **a)** promienie katodowe – reprodukcja doświadczenia Crookesa z XIX wieku; **b)** licznik Geigera reagujący na promieniowanie kosmiczne wraz ze schematem wyjaśniającym naturę promieniowania kosmicznego docierającego do Ziemi (fot. WJ)

Obok eksponatów z fizyki współczesnej o walorze poznawczym i dydaktycznym, centrum w San Sebastian zawiera liczne przykłady typowych obiektów służących do wzbudzenia zainteresowania widza, przy niewielkiej ilości przekazanej informacji. Tego rodzaju funkcje spełniają zabawy z wirami i bąblami w cieczach o różnej lepkości, podobne do tych w Science Museum w Londynie, z tornadem w gigantycznej butelce z wodą lub z kranem opierającym się na plastikowym światłowodzie, a czyniącym wrażenie nieskończonego wypływu z niczego, zob. fot. 5.32.



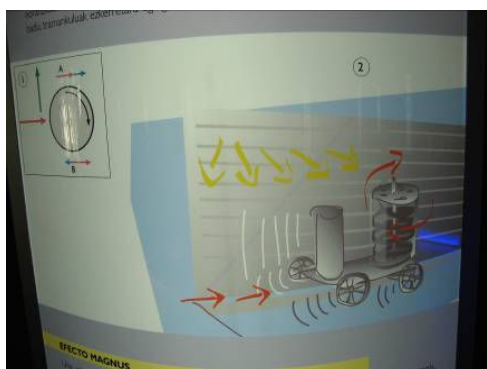
Fot. 5.32. Eksponaty służące zadziwieniu widza – wiry w gigantycznej butelce, bąble w cieczach o różnej lepkości, kran pozornie wiszący w powietrzu; wspólną cechą tych eksponatów jest funkcja ludyczna przy niskim stopniu interaktywności (fot. WJ)

Centrum Nauki w San Sebastian jest stosunkowo niewielkie i cieszy się umiarkowaną frekwencją. Stanowi jednak bez wątpienia atrakcję, która wzbogaca ofertę turystyczną tego miasta. Z tego też względu zawiera liczne eksponaty typowe dla wielu centrów nauki, jak opisywany już lejek grawitacyjny czy zjeżdżalnie dla obiektów o różnych kształtach, a przez to różnych momentach bezwładności (fot. 5.33), nie brakuje również wahadła Foucaulta, chociaż nie tak imponującego jak np. w paryskim Panteonie.



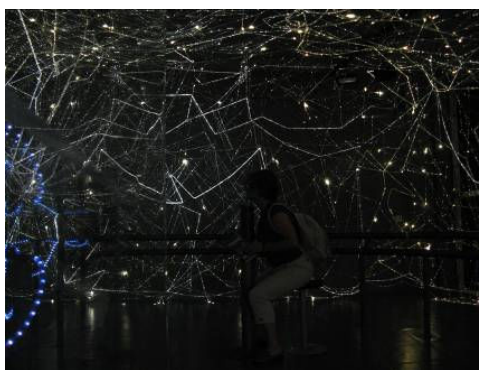
Fot. 5.33. Standaryzacja eksponatów – lejek grawitacyjny i wyścigi na równiach podobne do wyścigów kaczek na wystawach „Fizyka i zabawki” (w tym przykładzie dwie szpulki o różnym rozkładzie masy) są typowymi obiektami w większości eksploratoriów (fot. WJ)

Stosunkowo niewielka liczba eksponatów pozwala również na dość długie i precyzyjne wyjaśnienia działania niektórych z nich. Tak jest na przykład w ekspozycji z dwoma cylindrami na wózku, owiewanymi strumieniem powietrza, zob. fot. 5.34. Jeśli jeden z tych cylindrów ma możliwość obracania się, wózek zaczyna się poruszać. Efekt ten, zwany efektem Magnusa, jest odpowiedzialny np. za zakręcanie piłki w locie. Tablica eksponatu zawiera zarówno schemat działania, jak i opis słowny.



Fot. 5.34. Efekt Magnusa – przykład eksponatu o charakterze dydaktycznym, ze szczegółowym opisem działania (fot. WJ)

Centrum w San Sebastian zawiera nie tylko eksponaty z fizyki, ale również doświadczenia z ekologii (fotosynteza) czy też złudzenia optyczne. Istotnym elementem powodzenia centrum jest elegancka, pełna artystycznego wdzięku aranżacja jego przestrzeni, zob. fot. 5.35.



Fot. 5.35. Ciekawa artystyczna aranżacja, zaplanowanie przestrzeni dla widza, estetyka wykonania eksponatów stanowią istotne elementy powodzenia wystawy ludyczno-dydaktycznej w centrum nauki w San Sebastian (fot. WJ)

5.10. Narodowe Muzeum Nauki, Daejeon, Korea²⁷

Wirtualną wędrówkę po czterech kontynentach kończymy w Azji, w Narodowym Muzeum Nauki Republiki Korei w Daejeon. Jest to drugie po Seulu²⁸ muzeum nauki w Korei – geometrycznym śródku Republiki Korei. Daejeon to miasto 1,5-milionowe, stolica koreańskiej Doliny Krzemowej. Jest ono siedzibą około 200 instytutów naukowych i przemysłowych. Tu znajdują się m.in. laboratoria wielosektorowego koncernu przemysłowego „Samsung”²⁹, zatrudniającego w całej Korei 220 tys. pracowników.

Korea jest krajem gęsto zaludnionym (48 mln mieszkańców na terytorium ok. $\frac{1}{3}$ terytorium Polski) i wysoce uprzemysłowionym – tempo wzrostu gospodarczego należy do najwyższych w świecie, a dochód na 1 mieszkańca był w 2010 roku prawie dwa razy wyższy niż w Polsce. Daejeon gościło światową wystawę Expo w 1993 r. Miasto, podobnie jak wiele innych w Korei, jest mieszaniną nowoczesności i tradycyjnej zabudowy. Specyfikę Korei Południowej odnajdujemy w organizacji i aranżacji Narodowego Muzeum Nauki w Daejeon.

Narodowe Centrum Nauki mieści się w pobliżu tzw. dzielnicy rządowej, z czterema wieżowcami administracji państwowej, parkiem botanicznym (Arboretum) i dwoma muzeami sztuki. Park i muzeum są miejscem koncertów, wystaw i innych wydarzeń o znaczeniu międzynarodowym. Otwarta przestrzeń parku, wypełniona zarówno współczesną architekturą, jak i elementami tradycyjnej kultury koreańskiej, ma specjalne znaczenia w kraju tak gęsto zaludnionym jak Korea. Ulice prowadzące do muzeum nauki zabudowane są nowoczesnymi wieżowcami mieszkalnymi, a droga dla pieszych prowadzi przez futurystyczny nieco most, zob. fot. 5.36b.

Muzeum zajmuje obszar 16 ha, a zamknięta strefa wystawowa to ponad 21 tys. m². Przestrzeń, przyroda, architektura są istotnymi elementami całej dzielnicy rządowo-kulturalnej w Daejeon, zob. fot. 5.36. Hasło przewodnie muzeum brzmi „Harmonia z nauką, przyrodą i człowiekiem”. Różnorodność wystaw to potwierdza.



Fot. 5.36. Przestrzeń urbanistyczna i architektura krajobrazu jako elementy centrum kultury i nauki w Daejeon: **a)** Muzeum Sztuki w dzielnicy rządowej; **b)** most wiszący prowadzący z dzielnicy rządowej do pawilonów Expo i Muzeum Nauki po drugiej stronie rzeki Gapcheon; w głębi wieżowce mieszkalne; **c)** widok ogólny Narodowego Muzeum Nauki w Daejeon (fot. MK)

²⁷ Koncepcja i realizacja Maria Karwasz.

²⁸ Narodowe Muzeum Nauki w Seulu zostało założone w 1945 r. i odbudowane po zniszczeniach wojennych. W porównaniu z Muzeum w Daejeon ma ono charakter bardziej edukacyjny, co widoczne jest nawet na stronie internetowej <http://www.ssm.go.kr/v2/eng/sub30.asp> (15.09.2012). W Seulu większa część wystaw wywodzi się z zagadnień fizyki (energia, elektryczność, ruch, akustyka, optyka), inaczej niż w znacznie młodszym Muzeum w Daejeon.

²⁹ Firma Samsung w 2012 r. wyprodukowała m.in. nowy model telefonu komórkowego, przewyższającego parametrami technicznymi iPhone firmy Apple, a jednocześnie była dostarczycielem 40% podukładów elektronicznych do iPadów, włączając centralny procesor.



Fot. 5.37. Wykorzystanie pleneru w Muzeum Nauki w Daejeon: **a)** park dinozaurów, po lewej na pierwszym planie zegar słoneczny; **b)** zabawy z wodą; **c)** słynny amerykański myśliwiec F-86 z czasów wojny koreańskiej (fot. MK)

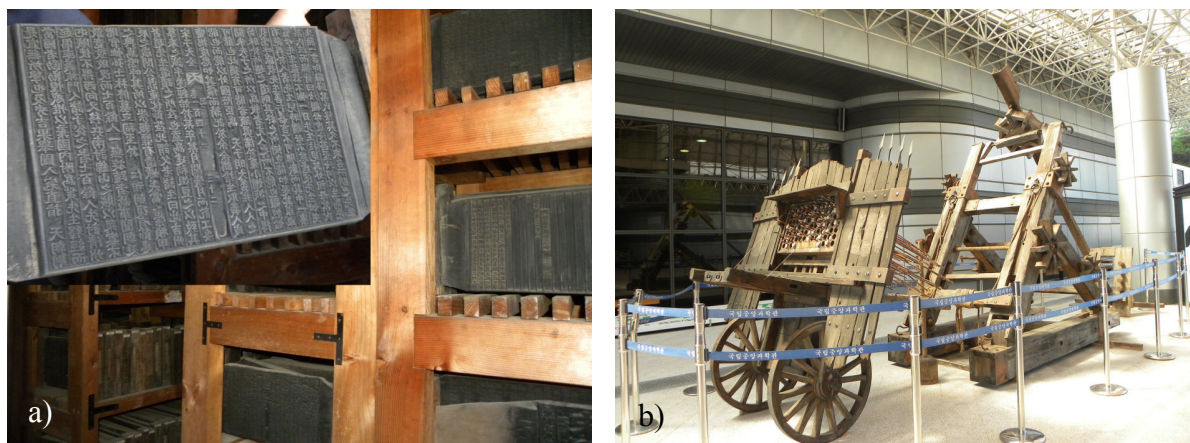
W porównaniu z licznymi muzeami opisanymi w tym rozdziale (muzeum geologiczne w Ontario, muzeum przyrody w Brukseli, muzeum paleontologiczne w Bolce), a także muzeami polskimi opisanymi w rozdziale VIII (Muzeum Techniki i Muzeum Ziemi w Warszawie) Narodowe Muzeum Nauki w Daejeon skupia w jednym miejscu najróżniejsze funkcje. Służą do tego oddzielne, przestronne i nowoczesne pawilony, w których dominują nie pojedyncze eksponaty, ale ich artystyczna aranżacja – nieco podobnie jak w San Sebastian, jednakże zaprojektowana z ogromnym rozmachem. Liczba eksponatów i stanowisk przekracza 4 tys. Część znajduje się w plenerze, zob. fot. 5.37.

Muzeum Nauki w Daejeon realizuje wiele zadań społecznych – od funkcji wystawowej, poprzez kolekcje historyczne, edukację, zabawę, aż do roli „narodowotwórczej”. Znajdziemy więc w Daejeon elementy muzeum wojska – z czołgiem i samolotem z czasów wojny koreańskiej 1950–1953, a dla dzieci park dinozaurów i plac zabaw z wodą – mniejszy niż w australijskim Questacon, ale z naprawdę wielkimi eksponatami, fot. 5.37b.

Pierwszy z czterech głównych działów ekspozycji stałej w Muzeum w Daejeon dotyczy historii nauki i technologii w Korei. Niezwykle ciekawa jest kolekcja historycznych instrumentów naukowych, jak zegary słoneczne, wskaźnik siły wiatru (anemometr), poziomu wody w rzece (dzisiejsza łata wodowskazowa), wielkości opadów (pluviometr) – wszystkie pochodzą z epoki dynastii Joseon (XIV–XIX w.), zob. fot. 5.38. W zbiorach plenerowych Muzeum jest też rekonstrukcja obserwatorium astronomicznego z XIV wieku.



Fot. 5.38. Rekonstrukcje historycznych instrumentów meteorologicznych i zegarów słonecznych w Muzeum Nauki w Daejeon: **a)** wodowskaz na rzece Cheonggye; **b)** rekonstrukcja przenośnego zegara słonecznego z 1437 r. wykonanego z brązu (7-krotnie powiększona); **c)** zegar słoneczny Angubuilgu wynaleziony na początku XV wieku – niezwykle ciekawa, wklęsła konfiguracja powierzchni „cyferblatu”; **d)** anemometr – kierunek i siłę wiatru wskazywała chorągiewka na szczycie kolumny (fot. MK)



Fot. 5.39. Dziedzictwo technologiczne Korei: **a)** Park Historyczny w Daejeon: archiwum matryc drukarskich wykorzystujących system *hanja*; mimo wynalezienia w 1446 r. własnego alfabetu pozwalającego na druk ruchomymi czcionkami, klasy wykształcone jeszcze przez kilka stuleci używały alfabetu pochodzenia chińskiego; **b)** Muzeum Nauki w Daejeon: *hwacha*, czyli system rakietowy wynaleziony w 1409 r. – miotał od 50 do 200 strzał na odległość kilkuset metrów, strzały były napędzane prochem umieszczanym pod grotem; na drugim planie katapulta (fot. MK)

Tak w Muzeum Nauki, jak i w Parku Historycznym w Daejeon, gdzie znajduje się największe w Korei archiwum drewnianych matryc do druku, podkreśla się wynalazek pierwszych na świecie (przed Gutenbergiem) ruchomych czcionek³⁰. W pawilonie stałych ekspozycji Muzeum Nauki wystawione są też rekonstrukcje średniowiecznych machin bojowych, zob. fot. 5.39b. Możemy tam znaleźć m.in. *hwachę*, czyli raketową wyrzutnię strzał – swego rodzaju daleki prototyp radzieckich katiusz z okresu II wojny światowej. Strzały miotane przez *hwachę* były napędzane prochem, którego recepturę Koreańczycy odtworzyli około 1374 roku, w warunkach embarga technologicznego ze strony Chin. *Hwacha* miotła od 50 do 200 strzał na odległość do kilkuset metrów³¹.

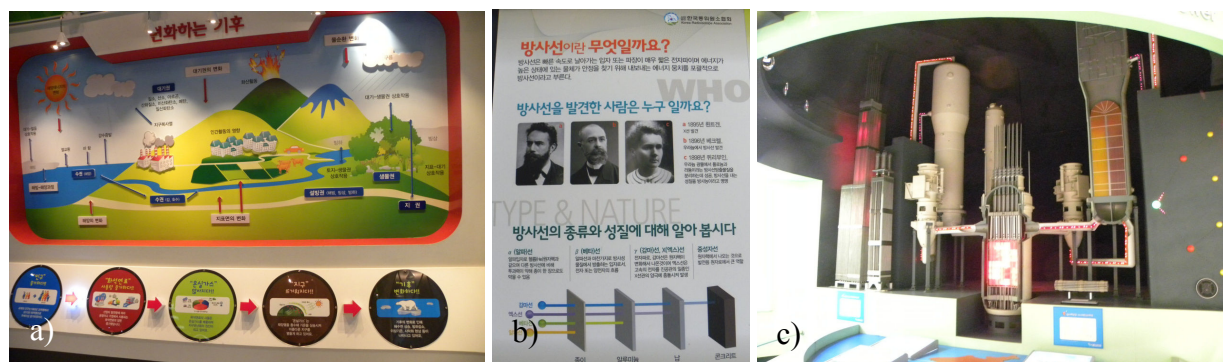
Drugi dział ekspozycji stałej poświęcony jest zagadnieniom współczesnej nauki i techniki. Znajdziemy w nim zabawy w samochody przyszłości napędzane wodorem i ogniwami fotoelektrycznymi, fot. 5.40. Na wysokim poziomie, choć w wizualnie prosty sposób, podjęta została dyskusja o efekcie cieplarnianym – szczegółowo przedstawiono skomplikowany bilans cieplny Ziemi oraz możliwe konsekwencje globalnego ocieplenia, fot. 5.41a.



Fot. 5.40. Podróże wczoraj, dziś i jutro – historia, ekologia i futurologia sąsiadują w pawilonie wystaw stałych Muzeum Nauki w Daejeon (fot. MK)

³⁰ Alfabet koreański wywodzi się z chińskiego i japońskiego, ale w 1446 r. został radykalnie zreformowany. Składa się on z 24 ruchomych znaków (12 samogłosek i 14 spółgłosek), z których składane są swego rodzaju piktogramy.

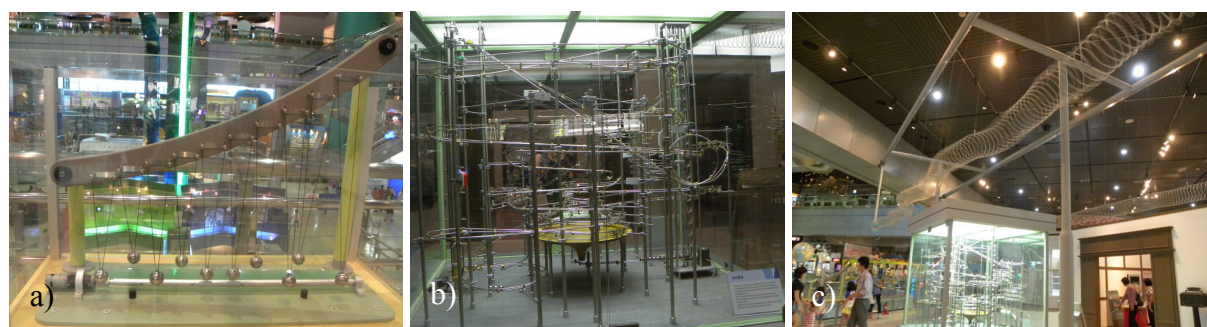
³¹ W tym samym mniej więcej okresie wiele znaczących bitew w Europie zostało rozstrzygniętych przez zastępy łuczników. Słynni byli szczególnie łucznicy angielscy. Użycie kilkudziesięciu baterii *hwacha* było decydujące m.in. w obronie Korei przed inwazją japońską w XVI wieku.



Fot. 5.41. Kształtowanie kompetencji społecznych w Muzeum Nauki w Daejeon: **a)** zagadnienia bilansu energetycznego Ziemi i efektu cieplarnianego. Nawet bez znajomości koreańskiego sekwencja zdarzeń z dolnego marginesu panelu jest jasna: wzrost liczby ludności na Ziemi i rozwój potrzeb technologicznych prowadzi do intensywnej eksploatacji paliw kopalnych, co z kolei powoduje efekt cieplarniany, a w konsekwencji np. topnienie lodów Arktyki; **b)** wizerunki noblistów z 1903 roku oraz krótki opis ich dokonań w kontekście rodzaju i zasięgu promieniowania jądowego; **c)** makieta elektrowni jądowej; po prawej stronie schemat reakcji rozszczepienia uranu (fot. MK)

W Muzeum Nauki w Daejeon podjęto więcej dyskusji na temat istotnych kwestii współczesnej cywilizacji. Dotyczą one m.in. zagadnień energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, energetyki jądowej, zagrożeń naturalnym promieniowaniem jądowym, składowania odpadów radioaktywnych, zagadnień urbanistyki, lotów kosmicznych itp. Stanowiska łączą różnorodne sposoby narracji – od plakatu, przez interaktywne makiety (fot. 5.41c), do opisów na wbudowanych monitorach komputerowych.

„Nieśmiertelne” we wszystkich muzeach i eksploratoriach na całym świecie są zabawy z fizyką. W Daejeon w przyjętej aranżacji przestrzeni jest kilka tych zabaw, ale imponują one estetyką i rozmiarami. Dwie zjeżdżalnie dla kul bilardowych w pawilonie ekspozycji stałych i na wystawie „Alive Science Center” podobnie jak w australijskim Questacon fascynują widzów (foto 5.42b). Podobnie ogromne rozmiary mają zawieszone pod sufitem sprężyny slinky³², które znakomicie ilustrują podłużne i poprzeczne fale mechaniczne, zob. fot. 5.42c.



Fot. 5.42. Zabawy z fizyką w Daejeon: **a)** ciekawa odmiana wahadła Newtona, tzw. wahadło harmoniczne – kule zawieszono są na niciach o różnych długościach, tak aby wpadały w rezonans tylko z niektórymi sąsiadami; **b)** super-zjeżdżalnia dla kul bilardowych; **c)** dwie ogromne sprężyny slinky pod sufitem pozwalają na obserwację fal podłużnych i poprzecznych (fot. MK)

Wdzięcznym działem fizyki pozostaje optyka, jak to pokazujemy w rozdziale VII na przykładzie licznych edycji wystawy „Fiat Lux”. W Daejeon znajdujemy, znów „pełnogabarytowe”, najbardziej klasyczne doświadczenia z optyki: zwierciadła sferyczne i cylindryczne, soczewki w układzie lunety, kalejdoskopy, stroboskopy, układy zwierciadeł

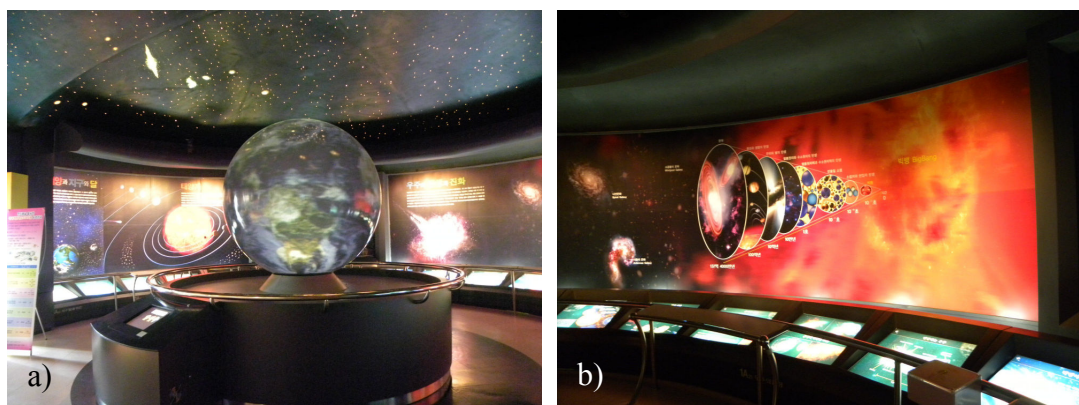
³² Zob. A. Okoniewska i G. Karwasz, *Sprężyny i fale*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/mech/sprezyny.html> (15.09.2012).

w trzech wymiarach, zabawy z promieniami załamanymi w soczewkach lub odbitymi od zwierciadeł, iluzje optyczne itd., zob. fot. 5.43. Wiele z tych doświadczeń jest podobnych np. do działu optyki w muzeum w La Villette, ale ich aranżacja jest ciekawsza i bardziej estetyczna.



Fot. 5.43. Zabawy z optyką w Muzeum Nauki w Daejeon: **a)** układ zwierciadeł – w „Fizyce zabawek” nazwany salonem fryzjera³³; **b)** zwierciadła cylindryczne wklęsłe i wypukłe³⁴; **c)** głowa na talerzu, czyli odmiana skarbonki iluzjonisty³⁵ (fot. MK)

Wydzieloną przestrzeń w pawilonie wystaw stałych poświęcono Ziemi w Kosmosie. Centralne miejsce zajmuje wyświetlana przez projektor kula ziemską, która w zależności od wybranego obrazu zamienia się w Jowisza, Marsa, Słońce. Duże, wklęsłe, cylindryczne monitory na obrzeżach sali pokazują Układ Słoneczny, historię powstania wszechświata od pierwszych momentów po Wielkim Wybuchu aż do ukształtowania się gwiazd. Gwiazdy, Drogę Mleczną i mgławice znajdziemy również na atramentowo czarnym suficie, zob. fot. 5.44a. Pod monitorami interaktywne stanowiska komputerowe opisują szczegółowo Wielki Wybuch, ewolucję gwiazd z materii protoplanetarnej, charakterystyki planet, typy mgławic itd. Duże modele planet z zachowaniem ich względnych rozmiarów zawieszono są też w głównym hallu pawilonu. Do problematyki kosmosu wraca się również w oddzielnym pawilonie planetarium.



Fot. 5.44. Budowa i powstanie Wszechświata: **a)** centralna kula jest w rzeczywistości monitorem, który zamienia się w wybraną planetę (Marsa, Saturna), satelitę lub Słońce; atramentowocarna kopuła nad widzami jest upstrzona gwiazdami i mgławicami; **b)** interaktywne stanowiska komputerowe na obrzeżach opisują szczegółowo budowę i powstanie wszechświata (fot. MK)

³³ Zob. K. Hubisz i M. Brozis, *Salon fryzjerski*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/fryzjer.html> (15.09.2012).

³⁴ G. Karwasz, *Lusterko na wszystko*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/lusterko.html> (15.09.2012).

³⁵ G. Karwasz, T. Wróblewski, *Skarbonka iluzjonisty*, [w:] G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2005, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/skarbonka.html> (15.09.2012).



Fot. 5.45. Elementy historii nauki w Daejeon: **a)** parafraza krzywej wieży w Pizie ze zmienionymi proporcjami między kondygnacjami w celu ilustracji prawa spadku swobodnego (przyrost drogi jest proporcjonalny do kwadratu czasu); **b)** ilustracja praw Keplera – tekst, portret, schemat, animacja komputerowa (fot. MK).

Mimo naukowego charakteru w Muzeum w Daejeon pojawiają się elementy humanistyczne. Jest to np. parafraza słynnej dzwonnicy z XII wieku na Piazza dei Miracoli w Pizie (czyli tzw. krzywej wieży). Przypomina ona o Galileuszu i odkryciu prawa ruchu jednostajnie przyspieszonego, a także o miejscu, w którym to odkrycie zostało dokonane. Monitor ilustrujący trzy prawa Keplera został wbudowany w tło z wizerunkiem ich odkrywcy i krótkimi opisami, fot. 5.45b.

Trzecim działem w pawilonie wystaw stałych jest Muzeum Historii Naturalnej w jej najlepszym, choć skrótowym wydaniu. Znajdziemy tam szkielet mamuta zachowany w 80%, szkielet wieloryba podobny do tego w Brukseli oraz rekonstrukcję szkieletu *Triceratopsa* i *Tyrasaurusa Rexa*. Wystawa, mimo jej lakoniczności, wykracza jednak znacznie poza warstwę fenomenologiczną. Narracja o historii naturalnej jest wielowątkowa. W gablotach na ścianach obrazowo zrekonstruowano środowiska przyrodnicze z głównych epok paleontologicznych. Mamy więc w pozorowanym akwariu ocean z czasów paleozoiku z egzotycznymi stworami, które w nim pływały, a w sąsiedniej gablocie różnorodne duże skamieniałości niekwestionowanych rekordzistów długowieczności paleontologicznej – dennych trylobitów, fot. 5.46b.



Fot. 5.46. Wyprawa w przeszłość Ziemi: **a)** makieta – rekonstrukcja oceanu z Paleozoiku **b)** obiekt realny – skamieniałości różnych odmian trylobitów, **c)** schemat dydaktyczny – drzewo genealogiczne dinozaurów (fot. MK)

Przyjęta aranżacja przypomina tę z sąsiadującego eksploratorium kosmicznego (fot. 5.44) – duże monitory i plansze na obrzeżach, a pod nimi szczegółowe historie w interaktywnych stanowiskach komputerowych. Mamy więc dinozaura wykluwającego się z jaja, bitwę stada styracosaurusów, polowanie tyrasaurusa itd. Warstwa wirtualna nie dominuje jednak, bo nad monitorami kroczy triceratops, a między jego nogami leżą skamieniałe jaja i kenozoiczne pnie drzew. Dodatkowe wyjaśnienia i mini-schematy są znakomicie wkomponowane w całość ekspozycji, zob. fot. 5.47a.



Fot. 5.47. Życie na Ziemi: **a)** w mezozoiku – rekonstrukcja szkieletu triceratopsa, a pod jego nogami schematy, opisy i reprodukcja środowiska; w dolnych konsolach – interaktywne, komputerowe historie o dinozaurach; **b)** przyroda dziś – rekonstrukcja lasu jesienią; po lewej stronie – interaktywne zgadywanki o zwierzętach, np. „Co lubi niedźwiedź?” itp. (fot. MK)

Do kształtowania kompetencji „społecznych” u dzieci służy też spotkanie z naturą, fot. 5.47b. W czterech narożnikach odtworzono środowiska przyrodnicze czterech pór roku. W kraju gęsto zaludnionym i zajętym przez pola ryżowe możliwość spotkania tygrysa w lesie jest nikła. W Muzeum można pogłaskać jego futro (innych zwierząt również), co jest świetną zabawą także dla osób niewidomych. Można zajrzeć do nory myszy, pomacać siekacze wilka, posłuchać pohukiwania sowy itd. W zbiorach ornitologicznych znajduje się 112 gatunków rezydujących na Półwyspie Koreańskim lub migrujących przez niego.



Fot. 5.48. Elementy muzeum historii naturalnej w Daejeon: **a)** lekcja antropologii – różne formy hominidów; górne panele pokazują ich rozpowszechnienie i migracje; w dolnych gablotach wystawione są kopie znalezisk (fragmenty czaszek, zuchwy) itd.; **b)** lekcja geologii: okazy minerałów i ich znaczenie; prawa plansza ilustruje rozpowszechnienie minerałów tworzących skorupę ziemską: plagioklaz, ortoklaz, kwarc, piroksen, oliwin; schemat w centrum wyjaśnia różne formy krzemianów, od grupy $(\text{SiO}_4)^{2-}$ związanej z kationami Mg^+ lub Fe^+ tetragonalnie jak w granatach, przez glinokrzemiany, np. berylu (szmaragd), kaolin, mikię itd. Są to wiadomości wykraczające poza poziom polskiego liceum, a nie do końca zrozumiałe nawet dla studentów wielu kierunków przyrodniczych (fot. MK)

Temat antropologii, który ilustrowaliśmy już na przykładzie Muzeum w Trydencie, jest potraktowany w Daejeon w sposób niejako narodowotwórczy. Pokazane są co prawda formy hominidów zgodnie z klasyfikacjami międzynarodowymi, ale ich rozpowszechnienie jest zilustrowane jedynie w Azji Południowo-Wschodniej. Podobnie jak w wypadku innych

tematów – eksponaty (kopie znalezionych fragmentów kości), rekonstrukcje (sylwetki) i komputerowe schematy wzajemnie się uzupełniają, fot. 5.48a.

Informacje na temat geologii, oprócz klasyfikacji skał i minerałów, jakie widzieliśmy już np. w Ontario, w Daejeon pozwalają na przeprowadzenie kompletnej lekcji licealnej (a nawet uniwersyteckiej) w zakresie stratyfikacji gleby (rolnictwo), procesów subdukcji minerałów w skorupie ziemskiej³⁶ (geologia), struktur krzemianów (inżyniera materiałowa), zastosowań technicznych skał (architektura), zob. fot. 5.48b.



Fot. 5.49. Tradycje i wytwory rzemiosła koreańskiego: **a)** kucie żelaza; **b)** tradycyjny carillon z dzwonkami o odmiennych barwach dźwięku niż harmonia zachodnioeuropejska (fot. MK)

Tematyka dziedzictwa kulturowego Korei pojawia się wielokrotnie w Narodowym Muzeum Nauki w Daejeon. Tradycyjne działy rzemiosła, jak wytop żelaza i kowalstwo, tkactwo, wytop szkła, pokazane są w różnorodny sposób: jako makiety procesów, zbiory surowców i narzędzi, gotowe wyroby, zob. fot. 5.49.

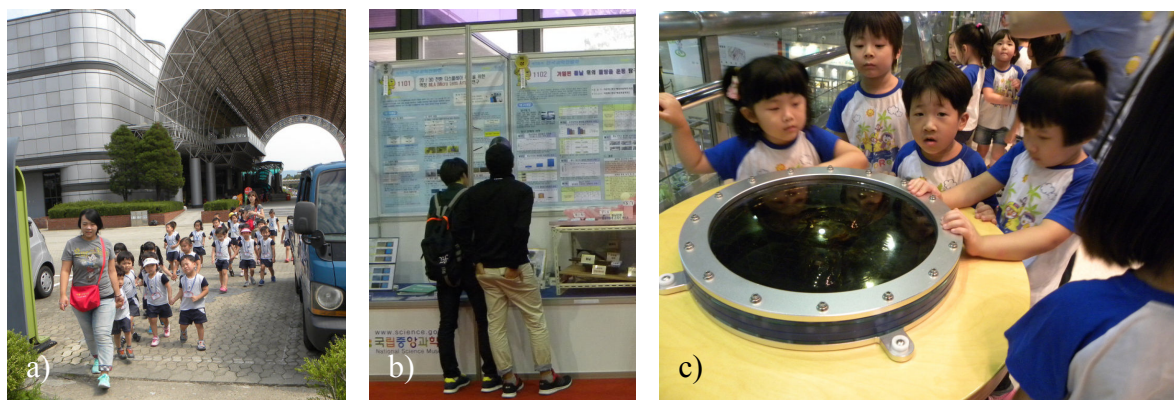


Fot. 5.50. Centrum Zaawansowanej Nauki i Technologii w Daejeon – przykład działalności popularyzatorskiej instytutów naukowych: **a)** ekspozycja Koreańskiego Instytutu Astronomii i Nauk Kosmicznych; **b)** ekspozycja Narodowego Instytutu Nauk Matematycznych (fot. MK)

W Daejeon udało się nawiązać współpracę między licznymi instytutami naukowymi tam zlokalizowanymi a Muzeum Nauki³⁷. Wystawy zorganizowane przez instytucje badawcze zajmują oddzielny, kilkupiętrowy pawilon na terenie Expo. W Advanced Science & Technology Center ekspozycje swoje przedstawiają m.in. Koreański Instytut Standardów i Nauki (KRISS), Koreański Instytut Nauk o Ziemi i Zasobów Mineralnych (KIGAM), Koreański Instytut Medycyny Orientalnej itd., zob. inne przykłady na fot. 5.50.

³⁶ Podobny schemat, ale dość skomplikowany, znajdziemy w Muzeum Ziemi w Warszawie.

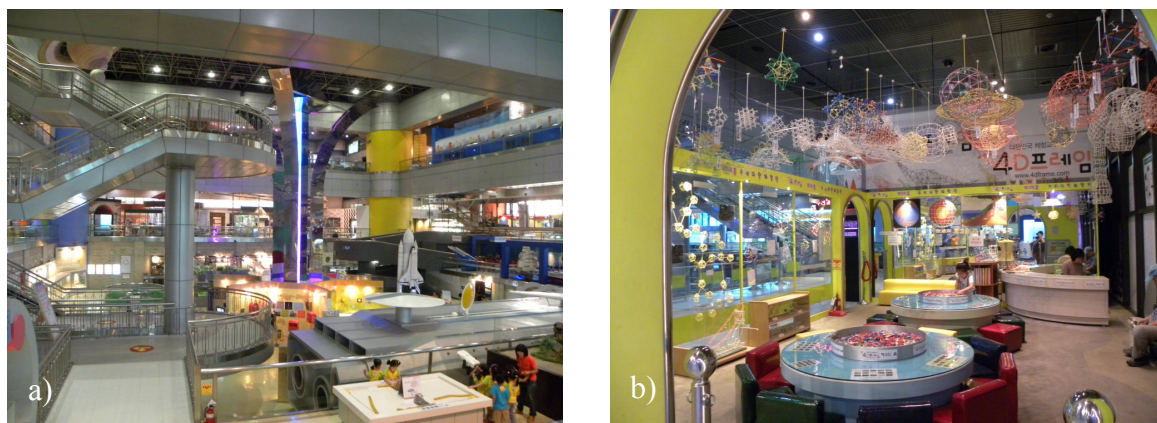
³⁷ Przypominamy, że brak takiej współpracy w Canberze między Questaconem a CSIRO był jednym z mankamentów wskazywanych w australijskich raportach rządowych, zob. par. 5.3.



Fot. 5.51. Odbiorcy w Narodowym Muzeum Nauki w Daejeon: **a)** spora część zwiedzających to grupy wczesnoszkolne; **b)** plakaty naukowe – wynik konkursu dla studentów – wzbudzają zainteresowanie starszej młodzieży; **c)** czasem widzowie okazują się zbyt młodzi i/lub stanowisko (ciecz magnetyczna) zbyt skomplikowane i/lub zbyt mało ludyczne (fot. MK)

Różnorodność tematycznych poruszanych w Narodowym Muzeum Nauki w Daejeon jest imponująca. Znajdziemy w nim sale poświęcone rękodziełu (jak w polskich muzeach regionalnych), interaktywne stanowiska medyczne (podobne zilustrujemy w Centrum Kopernik w Warszawie), zbiory botaniczne, rekonstrukcje historii narodowych dzieł techniki (jak wystawa Leonarda da Vinci w Mediolanie), elementy muzeum techniki (jak to w Pałacu Kultury w Warszawie), zbiory tradycyjnych instrumentów muzycznych, wiele interaktywnych stanowisk z fizyki itd. Oddzielny pawilon nazwano Biosfera. Przypomina on ogród botaniczny. Dwie wystawy – w Science Park i w Expo – łączy pociąg lewitujący na poduszce magnetycznej (*maglev*).

Różnorodne są też techniki oddziaływania na widza. Znajdziemy multimedia, gabloty z nasionami, inscenizacje, schematy elektrowni pływowych itd. Oprócz interaktywnych stanowisk z fizyki, samochodów sterowanych joystickami i komputerowych ilustracji prawa Keplera znajdziemy rzeczywistych rozmiarów radło. Widz steruje dyszlem tego radła, a efekt zaoranej pola widzi na ekranie.



Fot. 5.52. Architektura wnętrza w hallu wystaw stałych Narodowego Muzeum Nauki w Daejeon: **a)** przestrzeń, bryła, kolor i światło stają się istotnymi elementami organizującymi ścieżki zwiedzania i percepcję widza; trójkolorowa kolumna na środku symbolizuje trzy elementy świata – naturę, technologię i człowieka; **b)** sala matematyczna – zabawy interaktywne w centrum wyglądają jak wyspy, a bryły matematyczne pod sufitem robią wrażenie żyrandoli (fot. MK)

Muzeum ciągle się rozwija – pawilon biosfery został otwarty w 2008 roku, pawilon eksploatacji Kosmosu w 2009, magnetyczny pociąg łączący planetarium z Centrum Zaawansowanej Nauki i Technologii – w 2010, a pawilon Science Alive Discovery – w 2011 roku.

5.11. Różnorodność rozwiązań, jasność celów

Przedstawione w tym rozdziale przykłady dobitnie podkreślają nadrzędne znaczenie wyznaczonej *roli* centów nauki (w ujęciu regionalnym, narodowym) oraz założonej grupy odbiorców. W czasach – nazwijmy je „przed-internetowych” – możliwości gromadzenia informacji, a także dostępu do nich były ograniczone. Z tego powodu muzea (nie tylko naukowe) spełniały bardzo ważną rolę *zapisu* stanu wiedzy, porządkowania zasobów, stwarzania środowiska do dalszych badań. Widać to najlepiej w porównaniu Muzeum Egipskiego w Turynie (jeszcze w 1995 roku) i nowych aranżacji w Muzeum w Luwrze.

Tradycyjne muzea zbiorów starożytnych w Turynie, Florencji, Paryżu miały formę „mumia nad mumią” jak na fot. 5.2. Dziś, również w Museo delle Antichità Egizie w Turynie, spora część zbiorów została przeniesiona w przestrzeń wirtualną. Ponad 10 tys. obiektów muzealnych zostało skatalogowanych i udostępnionych społeczności internetowej. Jedna z dwóch części sarkofagu Tabakenkhonsu widocznych na fot. 5.2a została przeniesiona do magazynu, ale obie można „zwiedzić” w Internecie³⁸. W Luwrze nadmiary eksponatów zastąpiono przestrzenią dla zwiedzających, a miejsce „didaskaliów” zajęły internetowe materiały dydaktyczne dla nauczycieli i uczniów. Dotychczasowa misja muzeów – katalogowanie zbiorów i ich udostępnianie ich wąskiemu gronu specjalistów – została wyparta przez funkcję dydaktyczną i funkcję oddziaływania na szeroką społeczność miejscową oraz licznych turystów.

Centra nauki różnicują też swoje zadania. W sąsiednich stanach – Illinois i Michigan – małe muzeum w Kalamazoo pozwala zachować lokalną tożsamość historyczną, centrum w Detroit wspomaga szkoły i wyższe uczelnie w funkcjach dydaktycznych. Muzeum w Ann Arbour było oddolną inicjatywą grupy pasjonatów, a dziś jest centrum kulturowym. Planetarium i Muzeum Nauki w Chicago spełniają role ogólnonarodowe.

Również w zakresie zbiorów muzea zachowują dużą różnorodność. Minerały, owady, skamieniałości można obejrzeć na 4 piętrach Muzeum Przyrody w Brukseli, ale tylko w Toronto znajdziemy półmetrowe okazy ametystów i tylko w Bolce odciski prehistorycznych rekinów z dokładnością do pojedynczej ości.

Zróznicowanie i komplementarność pojawiają się częściowo wskutek specyfiki miejscowych zasobów i/lub potrzeb, ale jak to wskazuje przykład Questacon i Discovery – oba z Canberry – często wymagają wzajemnych uzgodnień i/lub rekomendacji władz krajowych. W skali globalnej zauważamy bezustanny rozwój form, treści i aranżacji architektonicznych – globalizacja sprzyja wymianie informacji i stymuluje twórcze współzawodnictwo w skali światowej. Świadczy o tym zarówno muzeum w San Sebastian, przypominające nieco Cité des Sciences w Paryżu (zob. rozdział VI), jak i najbardziej chyba dynamicznie rozwijające się Centrum Nauki w Daejeon w Republice Korei.

Niezwykle ważna staje się również interdyscyplinarność wystaw. Luwr zaczyna korzystać z nowoczesnych, zaawansowanych informatycznie środków przekazu. Lokalne muzeum w Kalamazoo obok starych pralek z lat 50. XX wieku przedstawia interaktywne urządzenia medyczne do samodzielnego badania tętna serca i bezinwazyjnych analiz krwi. Muzeum w Daejeon przedstawia samochody XXI wieku i rekonstrukcje historycznych osiągnięć koreańskiej myśli technicznej. Muzeum „Hands-on” w Ann-Arbour odzyskuje dla społeczności lokalnej zagrożoną rozbiórką remizę strażacką z XIX wieku.

³⁸ *Fondazione Museo delle Antichità Egizie di Torino*, Collezioni, <http://collezioni.museoegizio.it/eMuseum-Plus?service=ExternalInterface&module=collection&objectId=102213> i 102214 (02.04.2012).

Wyprzedzając nieco narrację z VIII rozdziału podkreślamy interdyscyplinarność wystaw z Centrum „Kopernik”, gdzie pojawiają się i elementy humanistyki (robot-poeta jak z opowiadań S. Lema), i historii techniki (zabytkowe modele odbiorników radiowych). Niestety nie zawsze potrzeba zróżnicowania tematyk i poszanowania tradycji znajduje zrozumienie wśród administracji lokalnych. W wielu powiatowych muzeach w Polsce pozostają w ukryciu dla szerszej publiczności unikalne historie regionalne, tak podkreślane np. w Korei. Nadal wydaje się, że współpraca międzynarodowa dominuje nad współdziałaniem narodowym. Nie do końca rozumiana jest też znaczenie centrów nauki i działań popularnonaukowych dla podniesienia atrakcyjności turystycznej poszczególnych regionów oraz dla kształtowania społecznej akceptacji dla nauki (w terminologii programów Unii Europejskiej *social awarness of science*).



Fot. 5.53. Stary browar z XIX wieku, naprzeciw ruin zamku zakonu krzyżackiego z XIII wieku, Toruń, Polska; wymarzone miejsce na centrum nauki, obecnie (czerwiec 2012 r.) w ruinie (fot. GK)

ROZDZIAŁ SZÓSTY

Kolekcje i strategie edukacyjne w wybranych centrach nauki w Europie

6.1. Strategie edukacyjne i ich typologia

Przedstawione w poprzedniej części spostrzeżenia i doświadczenia własne odnoszące się do form interaktywnych w pedagogiach muzealnych postanowiliśmy skonfrontować nieco bliżej z realiami panującymi w europejskich centrach nauki. Badania prowadzone przez autorów w latach 2007–2009 są podstawą niniejszego rozdziału. Pytania nasze dotyczyły cech muzealnych strategii edukacyjnych i sposobów ich realizacji w warunkach uczenia się na wystawach interaktywnych. Poniższy opis ma na celu zobrazowanie specyfiki strategii edukacyjnych poprzez zebranie i wskazanie różnorodnych przykładów rozwiązań dydaktycznych, wykorzystania eksponatów zgodnie z założeniami i pedagogiami poszczególnych instytucji muzealnych. Przy tak sformułowanych założeniach najodpowiedniejszą drogą badawczą okazała się swobodna eksploracja. Powstał cykl badawczy, który można zawrzeć w kolejnych krokach: *zwiedzanie – obserwowanie – utrwalanie na fotografiach*. Kolejny cykl, który w naturalny sposób nastąpił po zebraniu materiału wizualnego, to jego analiza i interpretacja oraz konfrontacja z przyjętymi założeniami oraz wcześniejszą naszą wiedzą. Cykl ten wyrazić można w sekwencji: *analiza – interpretacja – konfrontacja – opis*.

Pytania poniżej wyszczególnione prowadziły nas w kierunku sporządzenia opisu możliwie reprezentatywnego i nie gubiącego jednocześnie indywidualności poszczególnych rozwiązań dydaktycznych.

- Jakie są podstawowe cele i strategie edukacyjne realizowane przez organizatorów muzealnych wystaw interaktywnych, eksperymentariów i centrów nauki?
- Czy w eksperymentariach i centrach nauki koncepcje wystaw, układy stanowisk i sposób rozmieszczenia eksponatów odpowiadają strukturze i poszczególnym działom dyscyplin naukowych?
- Czy model oparty na kolekcji występuje na wystawach interaktywnych, czy też został zastąpiony przez inne formy prezentacji?
- Jaki rodzaj aktywności poznawczej dominuje w eksperymentariach i centrach nauki? Czy zgodnie z misją tych instytucji jest to eksperymentowanie i systematyczna eksploracja, czy też pojawiają się inne formy aktywności, takie jak uczenie się metodą prób i błędów, brak ukierunkowanego działania poznawczego, przypadkowość?
- Jakie cechy zaobserwowanych strategii edukacyjnych sprzyjają pogłębionej aktywności uczestników?

Istotnym elementem naszego postępowania badawczego było określenie kluczowej kategorii, za pomocą której poddaliśmy analizie muzealne praktyki edukacyjne. Taką kategorią okazały się *strategie edukacyjne*. Przez określenie to rozumiemy całokształt przedsięwzięć podejmowanych w centrach nauki zgodnych z ich misją, tworzących środowisko dla samodzielnej eksploracji i eksperymentowania. Pogłębione uczenie pojawia się z chwilą, gdy czynności badawcze łączą się harmonijnie z przeżyciem, tworząc głębsze doświadczenie poznawcze i emocjonalne¹.

¹ W.P. Zaczyński, *Uczenie się przez przeżywanie*, WSiP, Warszawa 1990.

Strategie edukacyjne zmieniają się w zależności od specyfiki działania danej instytucji. Swoistymi strategiami posługują się szkoły, jako instytucje kształcenia formalnego, natomiast muzea należą do tych podmiotów których specyfika wyraża się często w niekonwencjonalnych formach przekazu, odległych od klasycznej dydaktyki szkolnej. Zmierząc do pełniejszego opisu tych działań, a także poszukując ich edukacyjnych wartości, skupiliśmy się na poszukiwaniu odpowiedzi na poniżej sformułowane grupy zagadnień, które mogą naszym zdaniem przynajmniej częściowo wyczerpywać obszar problemowy obejmujący strategie edukacyjne w muzeach nauki. Poniżej wymieniamy najważniejsze tropy, którymi się kierowaliśmy, rekonstruując muzealne strategie:

1. misja i zadania centrów oraz muzeów nauki²,
2. układ stanowisk eksperymentalnych i ich zgodność z dyscypliną wiedzy,
3. aranżacja ekspozycji, instrukcje (ich obecność lub brak), rola instruktorów w prezentacji zagadnień,
4. współpraca ze społecznością lokalną i szkołami, formy prezentacji muzealnych zbiorów na zewnątrz.

W trakcie naszych badawczych wędrówek próbowaliśmy – niezależnie od powyższych tropów badawczych – uchwycić specyficzne cechy poszczególnych wystaw, charakterystyczne zachowania zwiedzających, a także zaobserwować sposoby aranżacji stanowisk eksperymentalnych, elementy wpływające na ich estetykę i atrakcyjność. Przyjęta w założeniach badawczych typologia strategii odwołuje się do poprzedzających projekt badawczy spostrzeżeń, wskazujących, iż muzea, odchodząc od tradycyjnych form przekazu, nie do końca wyzwoliły się od strategii opartej na prezentacji opartej na modelu kolekcji, zgodnym z linearną formą przekazu wiedzy w zakresie danej dyscypliny. Należy zauważyć, że w badanych instytucjach dało się zaobserwować ewolucyjne przejście od przekazu zamkniętego, typu wykładowego do zróżnicowanych form interaktywnych. Dwa skrajne typy prezentacji: tradycyjny i całkowicie interaktywny w badanych instytucjach nie występują już w czystej postaci. Wyróżnione typy charakteryzują się następującymi cechami:

- *ekspozycje tradycyjne*, zgodne ze strukturą dyscypliny (w szczególności dotyczy to np. geologii, zoologii, fizyki) – prezentują one dorobek poszczególnych dziedzin wiedzy,
- *ekspozycje interaktywne* – obejmują nie tylko nauki przyrodnicze, ale także wiedzę z zakresu nauk społecznych i humanistyki.

Wyróżnione w fazie wstępnej strategie można ująć w cztery podstawowe *typy modelowe*³:

1. Strategie oparte na prezentacjach realistycznych: z jednoczesnym ograniczeniem kontekstu ekspozycji, wywodzące się z tradycji muzeów nauki i techniki. Cechą tych wystaw jest duża statyczność, niska zmienność ekspozycji. Oszczędność użytych środków przekazu powoduje, że uczestnik skupia się na prezentowanym eksponacie, koncentrując się na doświadczeniu, które ma być przeprowadzone najczęściej z wykorzystaniem instrukcji. Cechą charakterystyczną tego typu strategii jest także dystans pomiędzy uczestnikiem/ /wizdem a ekspozycją oraz odwołanie się do kolekcyjnej koncepcji wiedzy.
2. Strategie rekonstrukcyjne – wykorzystują zarówno techniki wirtualne, jak i ekspozycje realistyczne, a ich celem jest skłonienie uczestnika do samodzielnej refleksji nad przeżytym doświadczeniem i nabranie do prezentacji dystansu. Strategia ta nie ma na celu prezentacji oryginalnego, pozbawionego kontekstu eksponatu, ani wiernej symulacji zjawiska, raczej umożliwia ona rekonstrukcję zagadnienia przez nadanie mu znaczenia

² Misję i zadania placówek, w których prowadziliśmy obserwację, określaliśmy dzięki wypowiedziom zebranim wśród pracowników muzeów, część informacji uzupełniających zebraliśmy, analizując strony domowe tych instytucji.

³ J. Kruk, *Doświadczenie, reprezentacja i działanie wśród rzeczy i przedmiotów. Projektowanie edukacyjne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008, s. 190–191.

i umieszczenia go w kontekście bądź rozwiązanie problemu, np. konstrukcyjnego. Strategie te pojawiają się w większości interaktywnych wystaw muzealnych (może być to także pogłębione doświadczenie estetyczne) oraz w tych centrach nauki lub eksperymentariach, których założeniem jest umożliwienie samodzielnej eksploracji i doświadczeń.

3. Strategie oparte na symulacjach: ich zasadą jest maksymalnie perfekcyjna digitalizacja przekazu, na który składa się poza eksponatami także rozwinięta inscenizacja wystawy, wzmagająca dramaturgię odbioru i wpływająca na przeżycie całości sytuacji doświadczanej, przez kontekstualizację i odwołanie się do wyobraźni uczestnika. Ten typ strategii opiera się na kolekcyjnej koncepcji przekazu, koncentrując się na przeżyciu pojedynczych epizodów. Strategie takie wykorzystywane są przez klasyczne muzea w ofercie interaktywnej, a także niektóre centra nauki.
4. Strategie ludyczne, których głównym założeniem jest uproszczenie przekazu, intensyfikacja bodźców oraz nastawienie na dużą liczbę zwiedzających kosztem zaniechania przekazu pogłębionej wiedzy.

Na podstawie powyższej typologii strategii edukacyjnych dokonaliśmy analizy i interpretacji zebranego materiału, przyporządkowując poszczególne przykłady eksponatów i elementy ekspozycji do przyjętych strategii. W trakcie przeprowadzania obserwacji wraz z rejestracją zdjęciową w wytypowanych instytucjach staraliśmy się dodatkowo uzupełnić nasze kwerendy o informacje zebrane z wykorzystaniem stron internetowych muzeów oraz pochodzące z wywiadów z ich pracownikami według przyjętych wątków tematycznych:

- główne cele wystawy,
- zakres współpracy ze szkołami,
- działalność wydawnicza,
- specyfika procesu zwiedzania (liczebność, czy przeważają wycieczki czy osoby zwiedzające indywidualnie),
- zagadnienia tematyczne realizowane na wystawach,
- liczba eksponatów i sposób ich wykonania,
- rola instruktorów i innych pracowników instytucji,
- sposób korzystania z instrukcji przez uczestników,
- pytania najczęściej zadawane przez zwiedzających.

Wytypowaliśmy następujące instytucje⁴:

1. Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia „Leonardo da Vinci” – Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie,
2. Museo Tridentino di Scienze Naturali – Muzeum Nauki w Trydencie,
3. Cité des Sciences „La Villette” – Centrum Nauki w Paryżu,
4. Science Museum – Muzeum Nauki w Londynie oraz część ekspozycji British Museum,
5. Deutsches Museum – Muzeum Nauki w Monachium.

W fazie analiz materiały zostały zebrane podczas wcześniej realizowanych wizyt w eksperymentarium w Penemünde. Biorąc pod uwagę sposób zbierania i analizy materiału wizualnego, zdecydowaliśmy się również na włączenie do niniejszego studium materiałów z Berlińskiego Spectrum. W dalszych częściach opracowania posługujemy się też przykładami zaczerpniętymi z innych wystaw interaktywnych; ich różnorodność i okazjonalne przywołanie

⁴ Wymienione instytucje zostały wytypowane przez autorów w fazie przygotowywania projektu badawczego. W niniejszym opracowaniu poszerzamy pierwotny zestaw o muzea i centra ze względu na wątki tematyczne poruszone w książce, a także z uwagi na inne znaczenie wybranych obiektów. Między innymi w dalszych rozdziałach umieszczamy spostrzeżenia dotyczące działalności Centrum Nauki „Kopernik” i Centrum „Hewelium” w Gdańsku oraz innych instytucji muzealno-edukacyjnych w Polsce.

w tekście nie umniejsza znaczenia tych wątków, Czytelnik zaś będzie miał okazję zapoznać się z rozbudowaną prezentacją wybranych zagadnień.

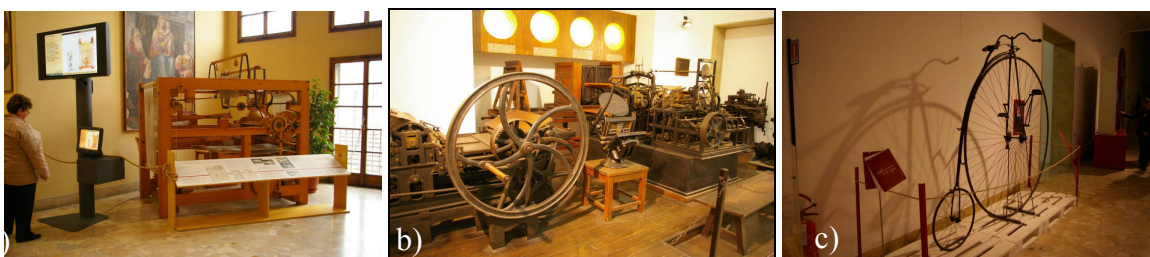
Dokumentacja zdjęciowa wraz z obserwacją obejmowała te elementy, które składają się na edukacyjną strategię instytucji: część stanowisk interaktywnych, aranżację wystaw, sposób zaprojektowania ścieżek zwiedzania i ich znaczenie dla zachowania uczestników.

Analizę materiału wizualnego prowadziliśmy, konfrontując usystematyzowane wątki z wyodrębnionymi cechami schematów czterech modelowych typów strategii edukacyjnych i wybierając takie przykłady realizacji (również uchwyconych strategii mieszanych), które zobrazują możliwe interesująco formy ekspozycji oraz wskażą najbardziej znaczące eksponaty. Opis prezentuje przykłady realizacji wybranych strategii w sposób selektywny, niemniej wybór zdjęć ma charakter możliwie reprezentatywny. W wyborze tym nacisk położyliśmy na strategię mieszane, gdyż takie pojawiły się w naszych eksploracjach, natomiast w mniejszym stopniu mieliśmy do czynienia z wyszczególnionymi typami modelowymi, zwłaszcza w odniesieniu do strategii realistycznej, której obecność dała się dostrzec np. w berlińskim Spectrum czy w Muzeum Nauki w Monachium, co jest charakterystycznym rysem niemieckich pedagogii muzealnych. Wstępne analizy dotyczące centrów zagranicznych i krajowych zostały opublikowane w naszej poprzedniej pracy⁵.

6.2. Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia „Leonardo da Vinci”

Narodowe Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie „Leonardo de Vinci” (podobnie do Deutsches Museum w Monachium i Science Museum w Londynie) jest instytucją o znaczeniu narodowym i publicznym. Znaczną część Muzeum zajmują rekonstrukcje projektów Leonarda da Vinci, oparte na jego oryginalnych rysunkach pochodzących z różnych kodeksów, obecnie w różnych bibliotekach świata. W tym sensie Muzeum w Mediolanie spełnia również funkcję *ogólnoświatową*, o czym świadczą liczne wystawy zagraniczne, w 2010 r. w Chinach i Korei.

W Mediolanie zaobserwować można przewagę oferty indywidualnej, w ramach której proponowane są też wejścia zbiorowe dla rodzin i szkół (muzeum odwiedza ok. 10 000 klas szkolnych rocznie). W muzeum znajduje się 16 laboratoriów interaktywnych, prowadzone są szkolenia dla nauczycieli oraz instruktorów i animatorów (strategie problemowe), a także lekcje tematyczne (przykładowym tematem takiej lekcji może być „Jak rozpoznajemy skrobię?”), które przygotowuje dydaktyk muzealny oraz dwóch nauczycieli. Praktykowane jest eksperymentowanie w laboratoriach, animacje z instruktorami, wycieczki oprowadzane na zamówienie. Struktura przekazu dydaktycznego opiera się na otwartym zestawie tematów, w ramach których realizowane są wątki odwołujące się zarówno do oryginałów, rekonstrukcji, jak i modeli. Opisy eksponatów przybierają często postać mini-wykładów umieszczanych na tablicach poglądowych, których celem jest poruszenie wyobraźni zwiedzających.



Fot. 6.1. Strategie edukacyjne w Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie: **a)** rekonstrukcja warsztatu tkackiego; opis ma zarówno formę tradycyjnego schematu, jak i multimedialną; w tle renesansowy fresk; **b)** maszyny drukarskie z różnych epok; w kolekcji maszyn Leonarda znajduje się rekonstrukcja jego projektu prasy drukarskiej; **c)** zachowany bocykl jako element muzeum transportu (fot. GK)

⁵Zob. G. Karwasz, J. Kruk, J. Chojnacka, *Edukacja multimedialna w centrach nauki i eksploratoriach*, Wyd. A. Marszałek, 2011, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Publikacje_2011/Edukacja_Multimedialna.pdf (30.12.2011).

Muzeum znajduje się w centrum Mediolanu i zajmuje m.in. budynki klasztoru benedyktyńskiego z początków XVI wieku. Powstałe w 1953 roku, łączy nowoczesność i tradycję, naukę ze sztuką, kolekcje statyczne z innowacyjnymi laboratoriami dydaktycznymi dla dzieci i młodzieży. Ściany głównego budynku są udekorowane freskami pochodzącymi z kościołów Lombardii, głównie z okresu renesansu – wpłatają się one znakomicie w nowoczesne technologie multimedialnego przekazu wiedzy, zob. fot. 6.2a.

Działy tematyczne, które są prezentowane w muzeum, obejmują następujące dziedziny: lotnictwo, historia odkryć żeglarskich, historia kolei, materiałoznawstwo i produkcja, historia druku, dział „czy pamiętasz?” maszyny do szycia, do pisania, początki roweru, zdrowie i medycyna estetyczna, instrumenty muzyczne, dźwięk, pomiar czasu, wynalazki Leonarda.

W dalszej części w odniesieniu do niektórych muzeów przedstawiamy przykłady wyodrębnionych strategii, które – pomimo że nie w pełni odpowiadają przyjętej typologii poszczególnych strategii – w dużej mierze zawierają charakterystyczne dla nich elementy.

Przykłady strategii rekonstrukcyjnej

Pod określeniem „strategia rekonstrukcyjna” rozumiemy te działania zespołu muzealnego, które dążąc do możliwie wiernego oddania cech oryginalnego eksponatu, decydują się na możliwie dokładną jego rekonstrukcję materialną oraz stworzenie kontekstu odtwarzającego jego funkcjonowanie w naturalnych warunkach. W przypadku eksponatów z poszczególnych dziedzin i eksperymentów strategia rekonstrukcyjna uwidacznia się w pieczołowitości odtwarzania eksponatów oraz przebiegu znaczących dla rozwoju dyscypliny doświadczeń. Ważna jest obudowa medialna, liczne opisy i komentarze ułatwiające zwiedzającym odtworzenie kontekstu badawczego danego zjawiska. Prezentację przykładów rozpoczynamy od strategii rekonstrukcyjnej, której walory edukacyjne zaznaczają się najsilniej, podobnie jak w przypadku strategii mieszanych, realistyczno-rekonstrukcyjnych.

W Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie odtworzono 130 maszyn Leonarda da Vinci, zrekonstruowanych w oparciu o oryginalne rysunki wynalazcy z zachowanych kodeksów. Jest wśród nich prototyp czołgu, karabinu maszynowego (rozeta obracanych luf), rozliczne projekty armat, model helikoptera, samolotu raczej lotni, są maszyny do pogłębiania kanałów, wbijania pali, mosty zwodzone i obrotowe, maszyny do produkcji śrub, ostrzenia pilników, żarna, piece chlebowe itd.



Fot. 6.2. Wynalazki Leonarda da Vinci: **a)** główna sala ekspozycji z dziełami sztuki lombardzkiej na ścianach; **b)** most zwodzony, rekonstrukcja według oryginalnego rysunku artysty; **c)** żarna, rekonstrukcja według oryginalnego rysunku artysty (fot. ŁK)

Wynalazki wielkiego artysty i genialnego wynalazcy nie mają jedynie formy statycznej. W dziale poświęconym Leonardowi działają 4 laboratoria interaktywne dla dzieci (od wieku 8 lat): techniki malowania fresków, techniki rzeźbiarskiej, interaktywnych zabaw z wynalazkami Leonarda i pisanie w lustrze. Życiorys Leonarda jest też pretekstem dla multimedialnej

internetowej opowieści dla dzieci o historii Mediolanu, a szczególnie o trwającej wiele wieków budowie mediolańskiej katedry⁶.

Charakterystyczne przykłady strategii realistycznej

Strategia realistyczna jest niejako strategią źródłową dla wszystkich pozostałych, bazuje bowiem na oryginalnych eksponatach, ukazuje rzeczywisty przebieg znaczących dla rozwoju dyscypliny doświadczeń, a także wierne nie tyle zrekonstruowanie (gdyż dostępny jest oryginał), co odtworzenie danego obiektu (np. stanowiska laboratoryjnego, por. fot. poniżej)

Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie realizuje strategię realistyczną w różne sposoby, tak w działach poświęconych historii techniki, jak i w działach poświęconych współczesnym technologiom, zob. fot. 6.3. Warte odnotowania jest różnorodność wystaw, które nie są monotonne i zaskakują odbiorcę zmiennymi aranżacjami i przeplataniem się różnych dziedzin nauki. Na każdej z wystaw obecne są multimedialne środki przekazu – od autentycznych, obrazów epoki renesansu, przez schematy techniczne, po kodeksy Leonarda da Vinci do przeglądania w multimedialnej formie komputerowej.



Fot. 6.3. Realistyczne strategie w chemii: **a)** stanowisko laboratoryjne Giulia Natty, odkrywcy polipropylenu izostatycznego, laureata Nagrody Nobla; wynalazek Natty znajduje wszechstronne zastosowania we współczesnych technologiach wyrobów przemysłowych i użytku domowego; w głębi stereometryczny model polipropylenu; **b)** odkrywamy materiały współczesnych technologii – rodzaj polimerów i ich zastosowania; **c)** polimerowe materiały konstrukcyjne – materiały do syntezy, półprodukty, gotowe wyroby (fot. ŁK)

Strategia realistyczna nie oznacza jedynie *obiekty* czy nagromadzenia obiektów, jak to zobaczymy na przykładach niektórych sal Deutsches Museum. W Mediolanie pojedynczy eksponat służy do wprowadzenia *tematyki*, w której znajdują się nie tylko obiekty, ale i ich kategorie. Przykładem jest ekspozycja dotycząca polimerów, zaczynająca się rekonstrukcją laboratorium chemicznego z lat 50. XX wieku, przez przykłady polimerów i ich zastosowań, zob. fot. 6.3, do laboratorium chemicznego dla uczniów gimnazjów. Zrekonstruowane laboratorium nie jest wyimaginowane, jak laboratorium alchemika z fot. 2.13, ale jest swego rodzaju dokumentem narodowym – Nagrody Nobla dla Giulia Natty.

Połączenie strategii rekonstrukcyjno-realistycznej

Walory edukacyjne strategii mieszanych, w szczególności powstałych przez połączenie elementów oryginalnych z działaniami rekonstrukcyjnymi, w których bierze udział również zwiedzający, wyrażają się w zastosowaniu technik aktywizujących uczestnika prezentacji. Połączenie takie gwarantuje pełniejszy i głębszy przebieg procesu badawczego.

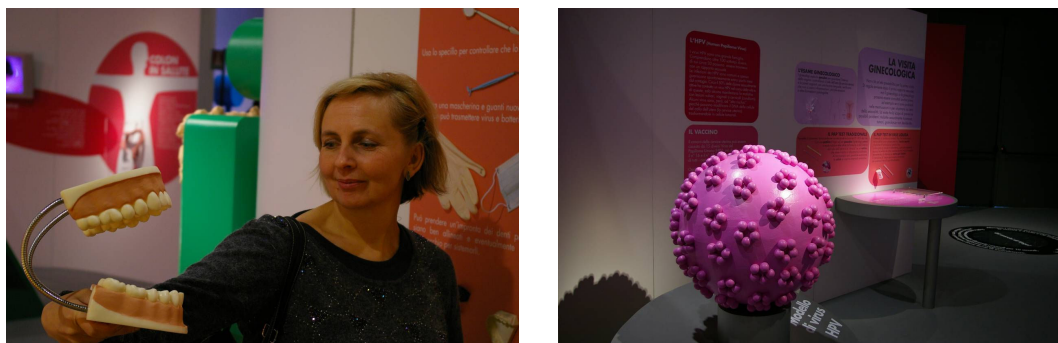
Strategie realistyczne mogą, przy większej ilości tematów, nużyć widza monotonością. Stąd strategie mieszane, w których eksponaty stanowią pretekst do samodzielnego (a często też zorganizowanego) eksperymentowania. Przykłady takich aktywnych strategii, o różnych aranżacjach, przedstawiamy na fot. 6.4.

⁶ <http://www.museoscienza.org/leonardoduomo/> (30.12.2011).



Fot. 6.4. Aktywne strategie realistyczno-rekonstrukcyjne w Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie: **a)** laboratorium genetyki – różne kształty geometryczne figur ilustrują wzajemne przystawanie do siebie sekwencji genetycznych (np. w DNA i RNA); **b)** badanie i odkrywanie w laboratorium genetyki odbywa się przez wykorzystanie (realnych) mikroskopów, ilustracje i schematy spełniają funkcje wspomagające – zasadniczy przekaz wiedzy ma charakter bezpośredniego, indywidualnego doświadczenia; **c)** interaktywność na wystawie o polimerach polega na okrywaniu, w dosłownym tego słowa znaczeniu, skrytek z opisami cech różnych polimerów (fot. ŁK)

Muzeum podejmuje, w formie wystaw czasowych, istotne problemy współczesności, nie tylko technologiczne, jak wystawa „Historia bitu” – poświęcona wynalazkom Apple i jej liderowi Steve’owi Jobsowi⁷, ale i kulturowe, jak wystawa współczesnych artystów Azji Wschodniej „Emporium – a New Common Sense of Space”⁸. W 2007 roku została otwarta pierwsza w Europie wystawa poświęcona zdrowiu kobiety. Została ona zorganizowana przy współpracy liczego grona ekspertów oraz instytucji zewnętrznych. Miała wymiar nie tylko medyczny, ale i kulturowy – podkreślenia roli kobiety we współczesnym społeczeństwie⁹. W sposób niezwykle wyważony i przy starannej, estetycznej aranżacji poruszono skomplikowane problemy biologii, medycyny i kultury.



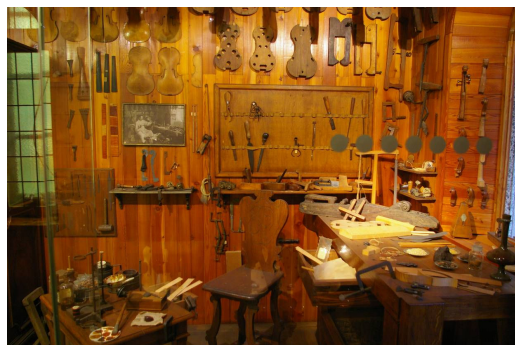
Fot. 6.5. Czasowa wystawa plakatowo-interaktywna „Zdrowie kobiety” (2007–2008) – artystyczna aranżacja, głębokie zrozumienie problemów medycznych oraz wyważone przedstawienie zagadnień trudnych do debaty stanowiły walor tej pierwszej tego rodzaju wystawy w Europie (Fot. ŁK)

Bogate zasoby historycznych eksponatów pozwalają na różnorodne zestawienia strategii muzealnych. Przykładem jest wystawa poświęcona historii instrumentów muzycznych, oparta na zbiorach śpiewaczki operowej Emmy Veccli. Są to różnorodne instrumenty, od smyczkowych, przez dęte, po organy i fortepian z 1830 roku. Samo zestawienie instrumentów nie stanowi jednak wystawy – jest ona wzbogacona przez „usieczowanie” informacji – instrumenty są pokazane z ich miejscem w orkiestrze, tak aby słuchacz muzyki symfonicznej odnalazł je w znanym miejscu. Obok gotowych skrzypiec zagłębiliśmy do warsztatu lutnika (też włoska specjalność – wspomnijmy Stradivarięgo), z jego narzędziami oraz półproduktami czekającymi na montaż w gotowych skrzypcach, fot. 6.6.

⁷ *Story of a bite*, <http://www.museoscienza.org/attivita/mostre/apple-jobs/> (30.12.2011).

⁸ http://www.museoscienza.org/attivita/mostre/mostre_archivio/emporium/ (30.12.2011).

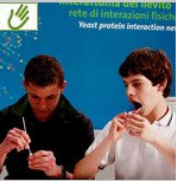
⁹ *Donna in salute*, http://www.museoscienza.org/attivita/mostre/donne_salute/ (30.12.2011).



Fot. 6.6. Historia instrumentów muzycznych – kolekcja instrumentów z XIX wieku jest uzupełniona przez rekonstrukcję warsztatu lutnika, z jego narzędziami i półproduktami (fot. ŁK)

Strategie działań dydaktycznych Muzeum to ścisła współpraca ze szkołami, ale i ze środowiskami akademickimi – jedno z laboratoriów, nanotechnologii, ma charakter naukowy. Muzeum mediolańskie wyróżnia też interdyscyplinarność – poszanowanie do tradycji łączone jest z poszukiwaniem aktualnych tematów debat społecznych.

Warty podkreślenia jest też szeroki zakres adresatów zorganizowanych działań dydaktycznych – zakamarki okrętu podwodnego „Toti” to miejsce pielgrzymek przed-szkolaków, laboratorium „mały drukarz”, zob. fot. 3.10a w rozdziale III, przeznaczone jest dla dydaktyki wczesnoszkolnej, laboratoria Leonarda da Vinci dla dzieci od lat ośmiu, laboratoria chemiczne dla gimnazjalistów. Laboratoria robotyki – dla uczniów w wieku 6–7 lat jest to „taniec pszczoł”, czyli zabawa-nauka, jak robot orientuje się w przestrzeni, dla dzieci starszych – podstawy mechaniki, elektroniki, automatyki, zob. ryc. 6.7. Laboratoria genetyki to układanki logiczno-matematyczne sekwencji dziedziczenia, praktyczne zajęcia wyodrębniania DNA za pomocą enzymów czy wprowadzenie w metody modyfikacji genetycznych i zagadnienia bioróżnorodności.

 1. La danza delle api Come si muove un robot? Impariamo a conoscere le piccole api robotiche e impostiamo la serie di comandi che ci serve per guidarle nello spazio. ★ età (6 - 7 anni) ⌚ durata 1 ora ♿ accessibile	 1. Questioni di eredità Riproduzione, segregazione, trasmissione: tra piselli e moscerini scopriamo cos'è il 9:3:3:1 di Mendel e i segreti delle altre combinazioni genetiche. ★ età (14 - 16 anni) ⌚ durata 1 o 2 ore ♿ accessibile
 2. Il mondo dei robot Meccanica, programmazione e comportamento: osserviamo alcune macchine, descriviamone il comportamento e la struttura e cerchiamo di capire se possono essere dei robot. ★ età (7 - 13 anni) ⌚ durata 1 ora ♿ accessibile	 2. DNA in tasca Raschiare, separare, estrarre: con enzimi, sapone e spazzolini mettiamo in provetta i due metri di DNA che sono presenti in ogni nostra cellula. ★ età (14 - 16 anni) ⌚ durata 2 ore ♿ accessibile
 3. Veicoli pensanti Evitare ostacoli, seguire una linea, pulire una superficie. Possiamo realizzare robot capaci di eseguire i compiti che vogliamo? Progettiamo, costruiamo e programiamo piccoli veicoli automatizzati e proviamoli in azione. ★ età (9 - 13 anni) ⌚ durata 2 ore ♿ accessibile	 3. Selezioniamo geni Biodiversità, piante e ambiente. Scopriamo come i geni si possono selezionare per favorire la crescita in diverse condizioni e comprendiamo come i vegetali utilizzati in agricoltura sono stati migliorati dall'uomo. ★ età (14 - 16 anni) ⌚ durata 2 ore ♿ accessibile

Fot. 6.7. Wystawy, a szczególnie laboratoria mają precyzyjnie określonych odbiorców – warsztaty z robotyki i genetyki mają ściśle określone, różne tematyki, w zależności od wieku uczestników¹⁰

¹⁰ http://www.museoscienza.org/scuole/proposta_dettasp?proposta=2&dip=6&sez=31&num=5 (30.12.2011).

6.3. Museo Tridentino di Scienze Naturali

Działy tematyczne wystaw stałych i czasowych w Muzeum Nauk Przyrodniczych w Trydencie dotyczą najważniejszych dziedzin wiedzy:

- geologia, mineralogia, zoologia i botanika (tradycyjne wystawy stałe),
- laboratorium fizyki na poziomie szkoły podstawowej – pudła tematyczne,
- matematyka,
- sala odkryć dla najmłodszych uczestników w wieku 3–8 lat (w tym dziale znajduje się sala projekcyjna wykorzystywana w trakcie zajęć).

Różnorodność sal i eksponatów zapewnia widzom wielość doznań intelektualnych i estetycznych, jest również podstawą szerokiej akcji dydaktycznej opisanej w par. 5.7. Działalnością, dzięki której Muzeum w Trydencie jest dostrzegane na mapie włoskich centrów nauki, wśród takich potentatów jak Mediolan, Genua czy Neapol, jest jednak tworzenie własnych wystaw czasowych o aspektach interdyscyplinarnych, łączących nauki ścisłe, humanistyczne i społeczne. Jedną z pierwszych, a przy tym najciekawszych była wystawa „Potop”.



Ryc. 6.8. Interdyscyplinarność tematyk realizowanych, przykład Museo Tridentino di Scienze Naturali: **a)** ilustracja efektu cieplarnianego w postaci dwóch półkul, z których jedna jest przykryta kloszem z pleksi; po zapaleniu lampy temperatura na półkuli przykrytej kloszem (czyli atmosferą) rośnie bardziej niż na drugiej półkuli; w głębi plakat o efekcie cieplarnianym (adaptacja GK); **b)** wystawa „Łód i bieguny” – aranżacja obozu rozbitków włoskiej wyprawy na biegun północny (fot. GK)

Sam tytuł wystawy jest grą słów: po włosku brzmi on *Il diluvio universale*, czyli „potop uniwersalny” – podobną kombinację określeń znajdujemy w *Il giudizio universale*, czyli w „Sądzie Ostatecznym”. Tytuł ten zapowiadał treść: potop z początku dziejów ludzkości może się powtórzyć, ale tym razem „na życzenie” ludzkości. Potop opisany w Starym Testamencie odnajdujemy również w eposie *Gilgamesh* datowanej na III tysiąclecie p.n.e. czyli o wiele starszej niż np. *Iliada*. Wystawa w Trydencie zaczynała się od fragmentów glinianych tabliczek z pismem klinowym, pochodzących ze zbiorów British Museum, znalezionych w Niniwie, a datowanych około roku 650 p.n.e. Najstarsze sumeryjskie opisy potopu pochodzą z okresu około roku 1800 p.n.e.

Ta fascynująca dokumentacja archeologiczna, jakby rodem z Luwru, sąsiadowała na wystawie w Trydencie z dokumentacją geologiczną zmian poziomu Morza Czarnego. Jeszcze około 5600 r. p.n.e. Morze Czarne było oddzielone od Morza Śródziemnego naturalną zaporą na Bosforze. Ocieplający się klimat, topniejący lądolód w Azji i Europie powodował podnoszenie się poziomu morza, aż do przerwania tamy na Bosforze: zalaniu uległ obszar około 100 tys. km² na wybrzeżach Morza Czarnego.

Opowieść o potopie, obecna w kulturze większości cywilizacji starożytnych, znalazła przebogatą ikonografię we wszystkich epokach artystycznych. Fakt zmian klimatycznych stał się dla twórców wystawy pretekstem do dyskusji o środowisku przyrodniczym, bioróżnorodności, genetyce, ewolucji życia na Ziemi. Wystawa „Il diluvio” przeplata wątki

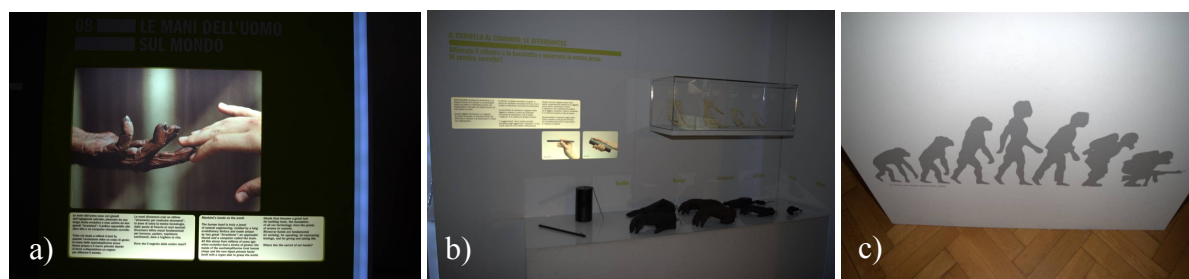
biologiczne, artystyczne, literackie z geologią, klimatologią, fizyką i chemią atmosfery. Katalog wystawy, 235 stron formatu B4, bogaty w ilustracje i szczegółową dyskusję zagadnień przyrodoznawstwa i kulturoznawstwa, został opracowany przez najwybitniejszych znawców tematu z Włoch i z zagranicy. Wystawa kończy się przestrogą: rosnąca emisja dwutlenku węgla do atmosfery, która w ciągu ostatnich 150 lat zwiększyła naturalny poziom CO₂ o 25%, spowoduje wzrost średniej temperatury na Ziemi; wzrost stosunkowo niewielki w porównaniu z historią geologiczną. Niestety, efekty tego wzrostu temperatury – podniesienie się poziomu mórz, gwałtowniejsze cykle pogodowe, powiększanie się różnic między obszarami suszy i nadmiaru opadów – będą tragiczne nie tyle dla przyrody, co dla naszej cywilizacji. Wystawa „Il diluvio”, jedno z najciekawszych wydarzeń kulturowych we Włoszech na początku III tysiąclecia, miała szereg edycji w innych ośrodkach.

Wystawą o znacznie mniejszym rozmachu była ekspozycja z 2009 roku „Lód i bieguny” („Ghiaccio e i Poli”), gdzie ponownie gra słów pozwoliła na połączenie aspektów klimatycznych, geograficznych, fizycznych, biologicznych i technicznych. Wystawa przedstawiała różnorodność geograficzną i biologiczną środowisk podbiegunowych, ich eksploatację przez człowieka i wyzwania techniczne, które ta eksploatacja wyzwała, zob. fot. 6.8b.

W ramach szczególnie trudnej wystawy interdyscyplinarnej „Naga małpa” (2007 r.) zaprezentowane zostały różne aspekty słowa „człowiek” – biologiczne, cywilizacyjne, kulturowe:

- człowiek, jego organizm, fizjologia mózgu (badania mikroskopowe, filmy, program komputerowy),
- sala mowy – etapy rozwoju mowy, budowa i działanie aparatu mowy, komunikacja, alfabet, piktogramy, rodzaje pisma,
- historia, rozwój cywilizacji, kultura, narzędzia, uprawa ziemi, podboje i wojny.

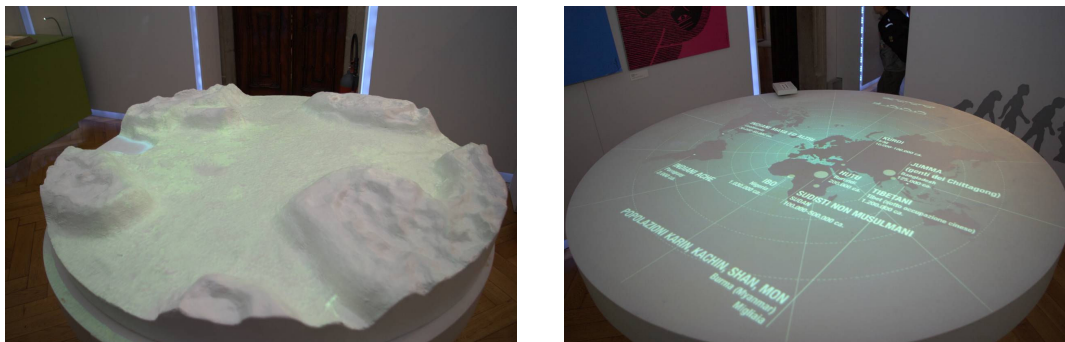
Wystawa zorganizowana z okazji 150-lecia wydania *Powstania gatunków* Karola Darwina podejmuje trudny kulturowo problem ewolucji: czy człowiek pochodzi od małpy? Problem trudny szczególnie w kraju, w którym katolicyzm był elementem narodotwórczym (przypomnijmy tu, że *Boska komedia* Dantego to lektura omawiana przez całe dwa pierwsze lata nauki włoskiego w liceum).



Fot. 6.9. Wystawa tematyczna „Naga małpa”: **a)** Kontekst ogólnokulturowy – parafraza fresku Michała Anioła z Kaplicy Sykstyńskiej „Stworzenie Adama”; **b)** ewolucja dłoni małp człekokształtnych w kierunku większej operatywności w użyciu narzędzi – dłoń, układ kostny, chwytność; **c)** znana parafraza kulturowa – pacyfistyczna: wojna jako zezwierzęcenie gatunku ludzkiego (fot. GK)

Wystawa „Naga małpa”, zorganizowana przy współdziale interdyscyplinarnej grupy kilkunastu ekspertów, rozwiązała problem w sposób bardzo delikatny – przenosząc dużą część dyskusji z płaszczyzny biologicznej na kulturową. W ten sposób widz rozumie intuicyjnie, że istota człowieczeństwa to nie tylko rozwój dłoni, szkieletu czy mózgu, zob. fot. 6.9, ale kultura, którą tylko człowiek potrafi tworzyć.

Dla wzmocnienia siły przekazu obok gablot z eksponatami zostały umieszczone makiety – symulacje. Organizują one przestrzeń wystawową i zmuszają widza do zatrzymania się na określonej tematyce. Mapa konfliktów z podaną liczbą ofiar oraz ich narodowości, w okresie



Fot. 6.10. Model 3D z projekcją mapy oraz symulacja przebiegu konfliktów wojennych – wystawa „Naga mała” w Muzeum Nauki Przyrodniczych w Trydencie (2007) (fot. ŁK)

W Muzeum w Trydencie – poza wymienionymi w poprzednim paragrafie strategiami – stosowane są także koncepcje mieszane, jak opisana niżej strategia realistyczno-symulacyjna, oraz strategia symulacyjno-ludyczna. Obie cechuje wysoki poziom interaktywności. W obu przypadkach wynika to z charakteru symulacji prezentowanych zagadnień i zjawisk; w przypadku wystawy „Naga mała” stworzona jest przestrzeń dla prowadzenia warsztatów tematycznych poświęconych ewolucji naszego gatunku.

Muzeum w Trydencie, mieszczące się w XVII-wiecznym budynku, boryka się z zasadniczymi problemami lokalowymi. Mimo to oferuje zróżnicowane rozwiązania edukacyjne – zaprojektowano przestrzenie dla różnorodnych, zmiennych tematycznie i formalnie zajęć, takie jak laboratorium fizyki oraz miejsce dla zabaw dla najmłodszych.

Ograniczoność miejsca narzuca rozwiązania niekonwencjonalne – laboratorium fizyczne to zestaw pudeł tematycznych (jak mechanika, pływanie ciał i prawo Archimedes, optyka), które młodzi instruktorzy wyjmują z szaf przed zamówioną przez szkołę lekcją. Ta forma działania wyręcza szkołę w utrzymaniu laboratorium tematycznego, zapewnia lekcję dydaktycznie poprawną, a dla młodych instruktorów jest sposobem zdobycia doświadczenia w pracy z dziećmi przed właściwym podjęciem pracy w szkole. Sala dla małych dzieci nie ma określonej tematyki – jest miejscem, gdzie dzieci mogą pomieścić w świecie obiektów ich rozmiarów i swobodnie organizować własną zabawę, z pełnym rozmachem korzystając z własnej fantazji, zob. fot. 6.11.



Fot. 6.11. „Laboratoria” dydaktyczne w Muzeum w Trydencie: **a)** laboratorium fizyczne – stoły przygotowane do zajęć dydaktycznych z dziećmi ze szkół podstawowych; kolorowe wieszaki na ścianie ilustrują koncepcję *fali*; **b)** „sala fantazji” dla dzieci – przykład strategii ludycznej w Muzeum Przyrodniczym (fot. ŁK)

6.4. Cité des Sciences & de l'industrie, „La Villette”, Paryż

Miasteczko nauki Cité des Sciences zajmuje obszar przemysłowy na peryferiach Paryża, przy stacji metra Porte de la Villette. Cité jest jedną z największych takich instytucji w Europie. Misją Muzeum Nauki w La Villette jest stworzenie miejsca szerokiego dostępu do edukacji, poszerzania wiedzy, debaty i postępu społecznego. Oferta La Villette skierowana jest do wszystkich grup wiekowych, prowadzona jest osobna strona internetowa dla szkół (w języku francuskim), zawierająca ofertę, ceny, materiały do ściągnięcia, można też zwiedzać wystawę on-line. W La Villette zauważyć można różnorodność przekazu (są to wystawy o charakterze autorskim, jak np. wystawa „Miłość”, albo tematyczne np. akustyka). Różnorodność dotyczy też stosowanych strategii i obok klasycznych kolekcyjno-dyscyplinarnych form dydaktycznych zaobserwowaliśmy ekspozycje interaktywne ze sporą dawką elementów zabawy. Jednocześnie na niektórych wystawach dominuje nastrój monotonii – w aranżacji wyrażało się to w statyczności, natłoku informacji, w instrukcjach zauważalny jest czasem nadmiar tekstu, co łączy się z niską interaktywnością tych ekspozycji.

Kompleks w La Villette składa się z kilku pawilonów: kina sferycznego (La Géode), muzeum muzyki oraz głównego pawilonu z wystawami interaktywnymi, „zabawownią” dla dzieci, wystawami multimedialnymi.

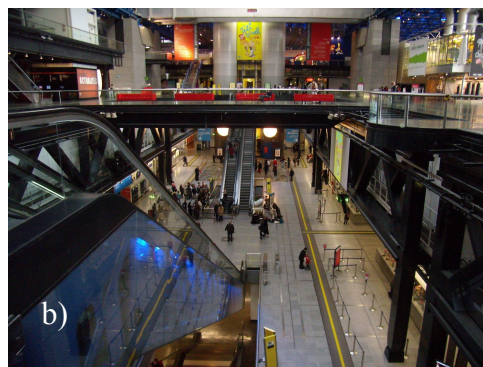
Działy i tematyka ekspozycji Cité des Sciences imponują rozległością. Przytaczamy wybrane wątki prezentowane na ekspozycjach:

- optyka, czyli zabawy ze światłem (składanie, odejmowanie kolorów, podczerwień, złudzenia optyczne, widma wyładowań w gazach, kolory baniek mydlanych),
- wystawa autorska dla małych dzieci – „Miłość”,
- energia (wahadła, elektroliza i synteza wody, wydobywanie węgla, energia nuklearna),
- motoryzacja (symulatory, przebieg wypadków, silniki i ich typy, historia),
- innowacje – napęd odrzutowy, wyścigi Formuły 1,
- wzornictwo i ergonomia (ubior, design w wyposażeniu domów i biur).

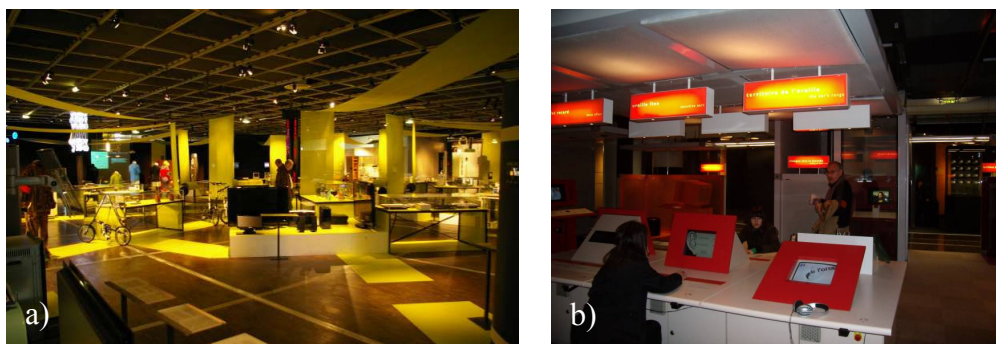
Na osobną uwagę zasługuje dział poświęcony matematyce współczesnej, gdzie w multimedialny sposób prezentowane są m.in. następujące zagadnienia:

- wahadło chaotyczne (fragment wykładu, wzór, pokaz), wahadło magnetyczne,
- teoria chaosu: problem przewidywania zjawisk, na czym polega równowaga między porządkiem a chaosem,
- fraktale – zbiory, rodzaje wzorów (wiedza uzupełniająca dla liceów).

Matematyka jest przedstawiona nie jako abstrakcyjna dziedzina naukowa, ale jako narzędzie zagospodarowania świata, stąd przykłady zastosowań w statystyce, w kartografii, w fizyce.



Fot. 6.12. Cité des Sciences w La Villette, Paryż: **a)** wejście do Centrum Nauki; **b)** wnętrze, widok ogólny na parter (fot. ŁK i MK)



Fot. 6.13. Cité des Sciences: **a)** „Technologia na co dzień” – wystawa wzornictwa przemysłowego z różnorodnych dziedzin życia codziennego; **b)** multimedialna wystawa na temat akustyki; większość eksponatów to stanowiska komputerowe (fot. ŁK)

Wystawa z akustyki, zob. fot. 6.13b, powstała przy współpracy kilku europejskich ośrodków uniwersyteckich. Akustyka, jak to pokazaliśmy na przykładzie Questacon w Canberze i Muzeum w Sydney, jest bardzo wdzięcznym tematem ekspozycyjnym. Zagadnienia związane z dźwiękiem to drgania struny, drgania płaszczyzny, drgania słupa powietrza itd. Te *fizyczne* sposoby wytwarzania dźwięku znajdują praktyczne realizacje w instrumentach strunowych, jak gitara i skrzypce, gdzie drgania pudła rezonansowego mają nie mniejsze znaczenie czy też drgania samej struny, niż w instrumentach dętych itd. Innym ujęciem tej samej problematyki jest podział na zagadnienia teoretyczne związane z *analizą* dźwięku – jego wysokość (ang. *pitch*), amplitudę, barwę (czyli zawartość składowych harmonicznnych). Tę drugą ścieżkę wybrano na wystawie w La Villette, przy czym wszystkie trzy składniki procesu dydaktycznego - *egzemplifikacja*, *opis* i *analiza*, są przedstawione w sposób multimedialny, za pomocą komputerów, przycisków, słuchawek i mikrofonów.

W La Villette zaobserwować można dużą różnorodność form edukacyjnych wykorzystujących możliwości interaktywnego wspomaganie przekazu. Przykład z orchideami zawiera oprócz kolekcji roślin prezentację w formie wykładu multimedialnego, ukazującego hodowlę kwiatów od selekcji ziaren ich cykl wzrostu. Całość znajduje się na terenie małej oranżerii, wkomponowanej w obszar Muzeum. Takie połączenie wpływa na uatrakcyjnienie przekazu, pomimo iż rośliny nie są prezentowane w warunkach naturalnych.

Przykłady strategii realistyczno-interaktywnej i symulacyjnej wskazują na przywiązywanie przez organizatorów wagi nie tylko do wiernej prezentacji obiektów, zjawisk i zagadnień, ale także do pogłębienia funkcji dydaktycznej wystaw, co wyraża się w starannym zaaranżowaniu ekspozycji i przebiegu jej zwiedzania. Elementy prezentacji łączą się z jednocześnie propozycją działań pogłębiających różnorodne wykorzystanie przekazu edukacyjnego, który został wkomponowany w stanowiska ukazane na fotografiach.



Fot. 6.14. Różnorodność aranżacji w Cité des Sciences: **a)** wystawa orchidei – przykłady strategii realistycznej; **b)** wystawa plakatowo-interaktywna na temat matematyki współczesnej – zaproszenie do poszukiwań i samodzielnej refleksji na piękem nauki (fot. ŁK)

6.5. Science Museum w Londynie

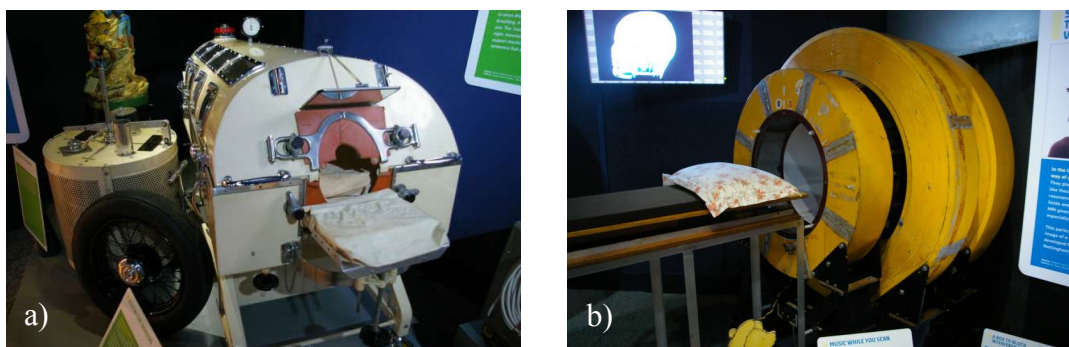
Science Muzeum w Londynie znajduje się w „dzielnicy muzeów” – obok muzeum Ziemi i Muzeum Królowej Wiktorii i Króla Alberta. Jego oferta jest skierowana do wszystkich grup wiekowych – instytucja prowadzi konsultacje dla szkół oraz warsztaty, organizowane są wystawy dla poszczególnych grup zgłaszanych przez szkoły. Tematyka zajęć jest konsultowana z nauczycielami. Zespół pracowników muzeum wraz z zewnętrznymi doradcami tworzy program układany na cały rok, który ogłaszany jest w Internecie (muzeum prowadzi stronę internetową oraz akcje reklamowe dla szkół). Nie prowadzi działalności naukowej, nie ma też laboratoriów, zatrudnia bardzo niewielki personel – przykładowo tylko pięć osób pracujących w muzeum organizuje wystawy. Imponująca jest liczba zwiedzających – jest to ok. 2 mln rocznie z tego 300 tys. to uczniowie (20–40 grup szkolnych dziennie odwiedza placówkę).

Formy pracy dydaktycznej to wystawy, galerie interaktywne oraz warsztaty dla szkół. Nie ma wycieczek z przewodnikiem, ale galerie mają swoich instruktorów wyjaśniających stanowiska, sposób prowadzenia eksperymentów na ekspozycjach interaktywnych. Dodatkowo wprowadzone są też karty pracy dla uczniów wraz z materiałami informacyjnymi dla szkół. Wprowadzany co roku program wystaw obejmuje ofertę wszystkich działów i skierowany jest przede wszystkim do szkół (oczywiście korzystają z niego też uczestnicy indywidualni).

Muzeum zajmuje rozległy, czteropiętrowy budynek w stylu wiktoriańskim. Układ wystaw zmienia się systematycznie, w 2007 roku były to m.in.:

- „W przyszłość” – prezentuje najważniejsze problemy nauki XXI wieku i możliwe ich rozwiązania (gry interaktywne, warsztaty),
- Technologie nowych materiałów,
- Lotnictwo,
- Historia medycyny i sztuka leczenia,
- Spojrzenie na nowoczesność,
- Sekrety życia,
- „Kim jestem?” – dział o tematyce humanistyczno-filozoficznej o charakterze warsztatu dyskusyjnego.

Przedstawione przykłady obrazują bogactwo zbiorów muzeum londyńskiego oraz dbałość organizatorów o możliwie pełną prezentację zebranych kolekcji, opatrzonych szczegółowymi opisami eksponatów. Zwraca uwagę troska o zachowanie autentycznego charakteru ekspozycji – inaczej niż np. w Deutsches Museum, nie znajdziemy w Londynie rekonstrukcji przyrządów, a jedynie ich oryginały.



Fot. 6.15. Prototypy urządzeń współczesnej medycyny: **a)** historyczny respirator; **b)** pierwszy tomograf rezonansu jądrowego, służący np. do badania mózgu (fot. ŁK)



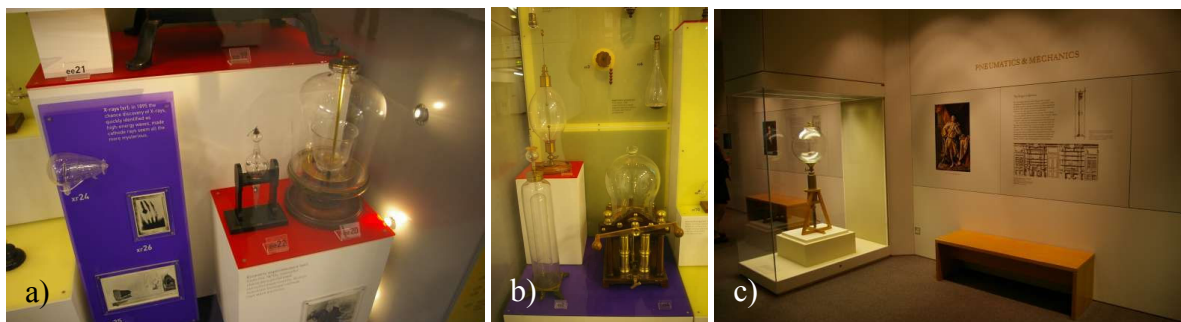
Fot. 6.16. Historia nauki i techniki w Science Museum: **a)** fizyka jądrowa: pierwszy 11-calowy cyklotron – urządzenie do przyspieszania protonów, E. Lawrence, 1932 r.; **b)** medycyna: pierwszy elektrokardiograf na kółkach, T. Lewis, 1930 r.; **c)** wojskowość: pierwszy radar (fot. ŁK)

Science Museum w Londynie, w odróżnieniu od Cité des Sciences, nie tylko popularyzuje naukę, ale również pełni *narodową* rolę zachowania dziedzictwa technicznego, a szczególnie dziedzictwa naukowego. W Londynie w znacznie większym stopniu niż w Deutsches Museum w Monachium podkreślana jest rola brytyjskich odkrywców i naukowców w ogólnoświatowym rozwoju nauki. I tak, znajdziemy w Londynie przykład pierwszego radaru z czasów II wojny światowej, pierwszy przenośny elektrokardiograf, pierwszy angielski akcelerator protonów – cyklotron, fot. 6.16. Urządzenia te wyraźnie podkreślają rolę Anglii w ogólnoświatowym wyścigu naukowym. Cyklotron angielski powstał kilka miesięcy po cyklotronie amerykańskim, ale przed cyklotronem niemieckim; pierwsze elektrokardiografy były tak duże, że pacjent i lekarz znajdowali się w dwóch oddzielnych pokojach, kardiograf Lewisa był więc znaczącym krokiem do powszechnego zastosowania elektrokardiografii; radar działający na długościach fali około jednego cala okazał się (dość przypadkowo) urządzeniem znakomicie działającym w atmosferze ziemskiej, w odróżnieniu od radaru niemieckiego, zaprojektowanego na długości fali jednego centymetra.

Dbłość o autentyczność eksponatu jest niezwykła, nawet jeśli odbywa się to kosztem uszczuplenia funkcji dydaktycznych. W Monachium znajdziemy spektrometr masowy Astona, za pomocą którego odkrył on izotopy, czyli atomy o tej samej liczbie elektronów (czyli o tych samych właściwościach chemicznych), ale o różnej masie (czyli zawierających różne liczby neutronów). W Londynie pokazany jest prototyp tego urządzenia, ale widz musi dopowiedzieć sobie resztę historii. Dla koneserów historii nauki wizyta w Londynie jest przeżyciem niezwykłym: wśród eksponatów znajdziemy oryginalne przyrządy, które zmieniły świat. Oprócz wspomnianego spektrometru masowego, który doprowadził do odkrycia przez J. Chadwicka (też Anglika) neutronu, w zbiorach londyńskich znajdziemy prototyp lasera na CO₂ (laser dużej mocy, powszechnie stosowany np. do spawania lub cięcia blach), prototyp komory Wilsona do badania rozpadów promieniotwórczych, zob. fot. 6.17 i wiele innych wynalazków o znaczeniu epokowym.



Fot. 6.17. Historyczne wynalazki – fizyka XX wieku. Science Museum, aranżacja z 2003 r.: **a)** pierwszy spektrometr masowy do rozdzielania mas jonów w stanie gazowym za pomocą pola magnetycznego (około 1915 r.); **b)** prototyp laser gazowego na CO₂ – ok. 1965 r.; **c)** Komora Wilsona do obserwacji cząstek promieniowania jądrowego (głównie cząstek alfa), ok. 1920 r. (fot. GK)



Fot. 6.18. Science Museum w Londynie: **a)** i **b)** fizyka doświadczalna 2. połowy XIX wieku – szklane naczynia, z których wypompowano powietrze: **a)** prototyp lampy do obserwacji promieni Röntgena (bańka na niebieskim tle) i tzw. radiometr (lub młynek) Crookesa (w środku zdjęcia); **b)** lampy od badania wyładowań w gazach pod niskim ciśnieniem i prosta pompa do gazu (w prawej dolnej części zdjęcia); **c)** fizyka XVII wieku – przemiany gazowe; w miejsce eksponatów pojawiają się kopie oryginalnych rysunków i biografie naukowców (fot. ŁK)

W 2003 roku zbiory historyczne Science Museum stanowiły oddzielną kolekcję na najwyższym piętrze muzeum, zob. fot. 6.17. W 2007 roku oddzielna wystawa historyczna została zorganizowana ze zbiorów króla Jerzego III, pochodzących z początku XIX wieku. Nowej aranżacji poddano również powyżej zaprezentowane eksponaty fizyki współczesnej; zostały one pogrupowane bardziej według kryteriów tematycznych niż historycznych, zob. fot. 6.18. Wystawa stała się w ten sposób łatwiejsza dla nauczycieli, uczniów i indywidualnych odbiorców. Dodajmy jednak, że nadal nie jest łatwo odtworzyć wśród tych przyrządów właściwą *ścieżkę* dydaktyczną, podkreślającą triadę – eksponat naukowy, kontekst historyczny, jego współczesne znaczenie¹¹. Niestety, również w zwierciadle *wirtualnym*, jakim są opisy na internetowej stronie Muzeum, trudną tę *ścieżkę* odnaleźć¹².

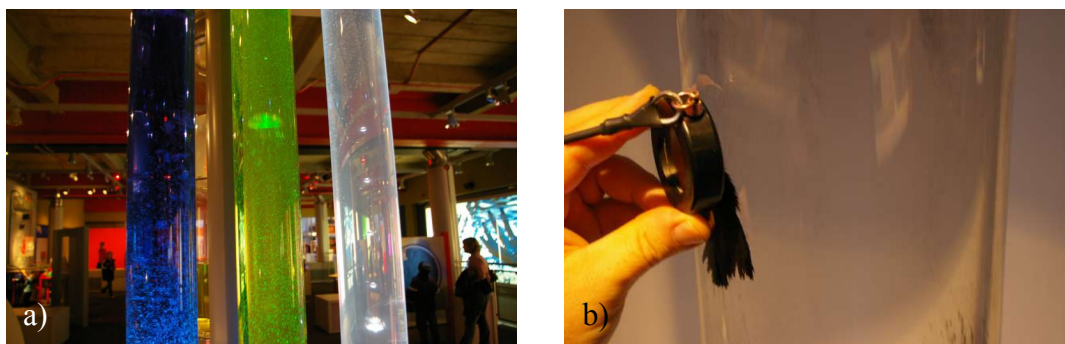
Eksponaty naukowe ze zbiorów króla Jerzego stanowią interesującą „fotografię” stanu nauki z połowy XIX wieku. Były one swego rodzaju pierwszym „muzeum” nauki. Znajdziemy wśród nich m.in. spiralę Archimedesesa, służącą od czasów starożytnych do transportu wody pod górę; dziś ten eksponat służy głównie do zabawy. Wiele miejsca zajmują doświadczenia z elektrostatyki z XVIII wieku, np. pierwszy kondensator, tzw. butelka z Lejdy, i wiatraczki odpychane przez ładunki elektryczne, tzw. młynki Franklina, zob. fot. 6.19.



Fot. 6.19. Kolekcja historyczna przyrządów naukowych – zbiory króla Jerzego III: **a)** śruba Archimedesesa używana do przelewania wody do góry; **b)** butelka lejdejska, czyli pierwsza konstrukcja kondensatora elektrycznego; **c)** różnorodne doświadczenia z elektrostatyki (fot. ŁK)

¹¹ Konstatacja o słabości przekazu dydaktycznego znakomitych zbiorów naukowo-historycznych, którą autor (GK) powziął w czasie wizyty w Londynie w lutym 2003 roku, stała się podstawą wystawy obiektowo-plakatowo-wirtualnej „Na ścieżkach fizyki współczesnej” zaprezentowanej na XXXVIII Zjeździe PTF w Gdańsku we wrześniu 2003 roku, która przerodziła się w projekt „Science and Society” UE realizowany w Trydencie, Paryżu i Słupsku w latach 2005–2006.

¹² Zob. np. *Museum Objects – On Line Staff*, Science Museum, Londyn, http://www.sciencemuseum.org.uk/onlinestuff/museum_objects.aspx (30.12.2011).

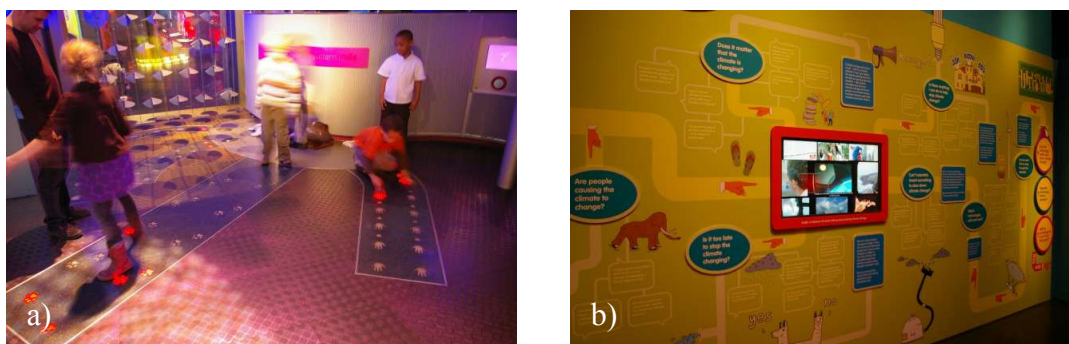


Fot. 6.20. Londyn, Science Museum: **a)** Energy Pad, lepkość cieczy: trzy kolumny z cieczami o różnej lepkości, w których bąble powietrza poruszają się z różnymi prędkościami; **b)** zabawy z cieczą magnetyczną – zewnętrzny magnes pozwala na przeciąganie mikro-opilek w cieczy i ilustrowanie linii pola magnetycznego (fot. ŁK)

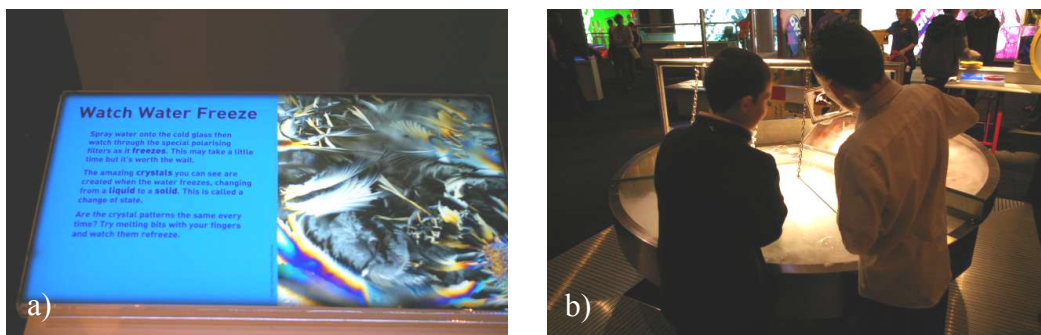
W wyniku nowej aranżacji całości Science Museum przeprowadzonej w latach 2006–2007 powstała oddzielna wystawa interaktywna, zwana „Energy pad [= padillion]”. O ile eksponaty w innych działach Muzeum są obiektami statycznymi, przeznaczonymi tylko do oglądania, o tyle stanowiska Energy-pad mają charakter zdecydowanie interaktywny, skłaniający do działania i eksperymentowania. Żartobliwie stwierdzamy, że nie wiadomo, czy nazwa dotyczy zagadnienia energii, któremu jest poświęcona część eksponatów, czy też *energii*, którą wyładowują dzieci w czasie siłowania się z eksponatami.

W odróżnieniu od statycznych nieco eksponatów historycznych, przeznaczonych do oglądania, ale nie do dotykania, w Energy-pad wszystko jest w zasięgu ręki małych eksperymentatorów. Trzy pionowe rury z cieczami o różnym kolorze, zob. fot. 6.20a, pozwalają na obserwacje zjawiska lepkości. Bąble powietrza wytwarzane przez ręczne pompy na dole rur wędrują ku górze z różnymi prędkościami (i tworzą odmiennych kształtów „kapelusze”), w zależności od lepkości i gęstości cieczy. Doświadczenia mogą być powtórzone w domu, w słoiku z rzadkim miodem; prostota doświadczenia ma spory walor dydaktyczny. Jednocześnie dzieci mają niebywałą radość w wpompowywaniu do rur jak największej ilości bąbli: ich los przed zniknięciem w górnym wylocie rury jest podobnie zadziwiający jak los monety w lejku grawitacyjnym. Naukowy opis wznoszenia się bąbla w gęstej cieczy nie jest wcale łatwy, choć prostszy niż opis wypływu wody z kranu.

Aktywne strategie poznawcze przyjmują w Science Museum różne formy. Gry matematyczne wymagają poruszania się graczy po planszy, zob. fot. 6.21a. Schemat planszowy ilustrujący różne czynniki wpływające na zmiany klimatyczne zajmuje całą ścianę, zob. fot. 6.20b. Abstrakcyjne zazwyczaj *ścieżki* poznawcze przyjmują tu formę znaną z gier planszowych, w których zawodnicy przesuwają pionki po kolejnych polach w kierunku celu.



Fot. 6.21. Wystawa interaktywna: **a)** zabawy matematyczne – dzieci w ruchu; **b)** interaktywny, planszowy schemat zmian klimatycznych – jaką rolę odgrywają poszczególne organizmy i elementy przyrody nieożywionej w całości ekosystemu (fot. ŁK)

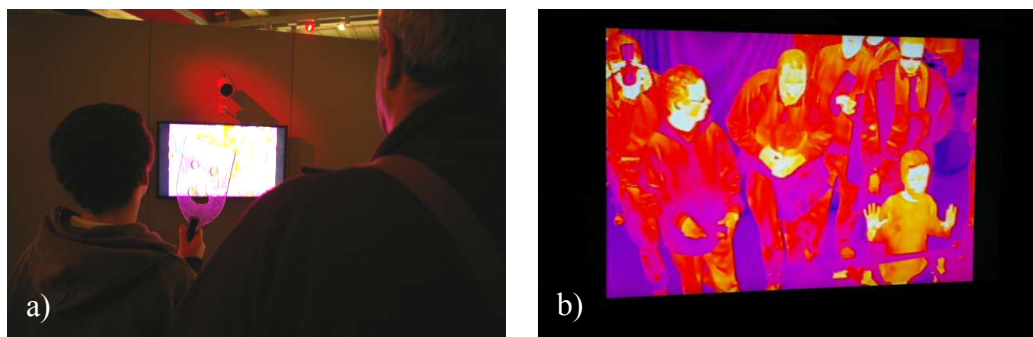


Fot. 6.22. Przykłady strategii interaktywno-realistycznej: **a)** zamarzanie wody; **b)** bańki mydlane na trójwymiarowych ramkach przyjmują regularne, acz nieco dziwne kształty, które *minimalizują* energię związaną z siłami napięcia powierzchniowego (fot. ŁK)

W innych doświadczeniach z *termodynamiki* i mechaniki cieczy zwiedzający obserwują obrazy pamiętane czasem z dzieciństwa – zamarzania wody na szybach w domach z pojedynczymi oknami. Krystalizacja (przez resublimację) pary wodnej tworzy skomplikowane „kwiaty”, które nabierają kolorów, jeśli obserwujemy je w świetle *spolaryzowanym*, zob. fot. 6.22a. Jeśli dokona się rekrytalizacji powstałego lodu przez potarcie ekranu palcem, zmienia się orientacja kryształów a w skutek tego – również kolory. Ekspонат jest niezwykle ciekawy, jako że odwołuje się do prostych zjawisk, możliwych od samodzielnego powtórzenia i okazuje je w niezwykle ciekawy sposób. Zarówno powstawanie kolorów, jak i ich zmiany wynikają z użycia światła spolaryzowanego¹³.

Światłu spolaryzowanemu poświęcony jest jeszcze inny ekspонат, niesąsiadujący jednak z poprzednio opisanym, zob. fot. 6.23a. W tym doświadczeniu użycie filtru polaryzacyjnego pozwala na obserwację kolorowych figur, które bez tego filtru zlewają się z tłem¹⁴. Więcej doświadczeń ze światłem spolaryzowanym omawiamy w rozdziale VIII w opisie wystawy autora „Fiat Lux”. Obok stanowiska ze światłem spolaryzowanym znajduje się kamera rejestrująca światło podczerwone i wyświetlające obrazy na ekranie, zob. fot. 6.23b. Ustawienie odtwarzanych (czyli sztucznych) kolorów na ekranie jest takie, że twarze widzów są jasne i wyraźne, co pozwala widzom na szereg zabaw.

Eksponaty na fotografiach 6.22 i 6.23 poświęcone są interaktywnemu odkrywaniu praw fizyki i tworzą dział „Spojrzenie w nowoczesność”. Dotyczą one zjawisk i przyrządów spotykanych w życiu codziennym (np. okulary polaryzacyjne są zalecane kierowcom), ale korzystają z nowoczesnych materiałów (jak polimerowe filtry polaryzacyjne) lub nowoczesnych technik (jak kamera termowizyjna).



Fot. 6.23. Strategie interaktywno-realistyczne: **a)** polaryzacja światła; **b)** kamera termiczna (fot. ŁK)

¹³ Istota zjawiska powstawania kolorów polega na zmianie *orientacji kryształów*. Oryginalny opis umieszczony obok ekspnatu nie wspomina jednak o tym, mówi natomiast o „zmianie stanu skupienia”.

¹⁴ Filtr polaryzacyjny przepuszcza światło tylko wówczas, gdy orientacja wektora elektrycznego światła jest zgodna z odpowiednią orientacją filtru polaryzacyjnego.



Fot. 6.24. Słynne zagadnienia z historii nauki przełożone na język zabawy w Energy-pad w Science Museum: **a)** zasięg rzutu poziomego – poszczególne obręcze należy ustawić tak, aby kula wyrzucona z określoną prędkością przeleciała przez wszystkie z nich; **b)** znane matematyczne zagadnienie – ile książek można ułożyć jedna na drugiej, aby nie spadły. Długość piramidki zapisana jako „rekordowa” jest w rzeczywistości największą możliwą teoretyczną wartością; **c)** statyka łuku – problem równowagi sił rozwiązany praktycznie już przez architektów starożytnego Rzymu (fot. ŁK)

Ekspонат z Energy-pad pokazany na zdjęciu 6.22b dotyczy napięcia powierzchniowego i łączy fizykę z matematyką: bańki mydlane rozpięte na trójwymiarowych ramkach przyjmują niespodziewane dla widza kształty, które z matematycznego punktu widzenia *minimalizują* całkowitą powierzchnię¹⁵. Jak widać na zdjęciu, niespodziewane kształty baniek pobudzają młodych zwiedzających do zastanowienia i dyskusji.

Kilka kolejnych eksponatów w Energy-pad dotyczy słynnych zagadnień z historii nauki: romańskiego łuku architektonicznego (półokrąg składający się z klinowatych segmentów), trajektorii rzutu poziomego (jest nią parabola), układania kostek domino jedna na drugą (utworzona krzywa opisywana przez *sinus hiperboliczny*), zob. fot. 6.24. Jak już dyskutowaliśmy poprzednio, przekaz wiedzy warto wspomagać *emocjami*. W przypadku łuku architektonicznego (fot. 6.24c) emocją jest ciekawość widza i wynikające z niej pytanie: załamie się czy nie?

Założenie, iż ponowna wizyta w muzeum nastąpi, w dużej mierze jest efektem strategii nastawionej na kształtowanie emocjonalnej sfery zwiedzających podczas pobytu w placówce, a także przyjęcia założenia o potrzebie tworzenia stałego kontaktu z takim rodzajem odbioru treści intelektualnych, który odwołuje się do przeżyć zwiedzającego.



Fot. 6.25. Symulator rakiety kosmicznej jest jednym ze stosunkowo niewielu eksponatów interaktywnych w „tradycyjnej” części Science Museum. Niestety, „przepustowość” tego rodzaju eksponatów jest niewielka (fot. ŁK i GK)

W zaprezentowanym dziale struktura procesu uczenia zawiera się w cyklu kołowym: **oczekiwanie – odkrywanie – łączenie – zaangażowanie – refleksja – ponowna wizyta**. Muzeum nastawione jest dużym stopniu na interaktywne formy przekazu, dlatego dużą wagę przywiązuje się do zachęcania zwiedzających do ponownych odwiedzin instytucji¹⁶. Taka możliwość jest tym prawdopodobniejsza, im więcej ekspozycja dostarcza okazji do przeżyć.

¹⁵ Przykłady takich powierzchni przedstawiamy we wspomnianej już wirtualnej kolekcji „Fizyka i zabawki” <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/termo/banki2-pl.html>

¹⁶ Ten typ przekazu dydaktycznego zaobserwowaliśmy również w innych instytucjach, m.in. w muzeum nauki w Trydencie, niemniej potwierdzenie przebiegu procesu uczenia według modelu kołowego uzyskaliśmy tylko podczas rozmowy z pracownikiem muzeum londyńskiego.

6.6. Deutsches Museum w Monachium

Misją tego muzeum, którego twórcą na początku XX wieku był Oskar von Müller, było kształcenie i zabawa. Pod wpływem zmian w światowych trendach w pedagogii muzealnej w 1989 r. opracowano zasady interaktywnej edukacji, a od 2003 r. większość wystaw jest tworzona według wzorów amerykańskich.

Program dla szkół realizują pedagodzy muzealni zatrudniani przez muzeum (obecnie w muzeum jest około 30 pracowników). Do ich zadań należy rejestracja internetowa szkół, prowadzenie lekcji muzealnych. Przy muzeum działa kolegium kształcące dla potrzeb tej instytucji, która w stosunku do innych placówek europejskich ma szerszy zakres działania i obejmuje zadania związane z kształceniem muzealników. Każdy dział obsługuje zwykle 3-5 osób; rozbudowany jest również dział projektowania wystaw i badań naukowych.

W muzeum tworzone są programy tematyczne odpowiednie dla grup wiekowych i obejmujące działy tematyczne np. na okres ferii, powstają tematy roczne (np. astronomia, matematyka) czy programy dla rodziców z małymi dziećmi. Roczna liczba zwiedzających to około 1,2 mln osób. Do ich dyspozycji jest biblioteka muzealna, sklep, osobny dział dla dzieci 3–8 letnich. Laboratoria stanowią także część oferty kształcenia muzealnego, podobnie jak to jest w muzeum w Mediolanie, lecz są skromniej wyposażone, np. laboratorium szkła, gdzie uczący się ma do dyspozycji filmy, ilustracje, plakaty, modele chemiczne.

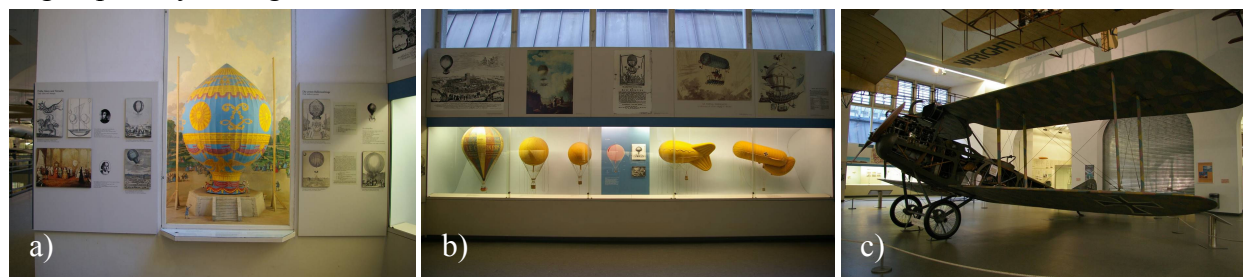
Organizatorzy muzeum realizują zadania związane z przekazem wiedzy z zakresu historii nauki – w muzeum można zobaczyć oryginalny aparat Marii Skłodowskiej-Curie do pomiaru radioaktywności, aparat rentgenowski z 1912 r., licznik Geigera z 1930 r., cyklotron z 1941 r.

W stosunku do koncepcji włoskich i brytyjskiej zauważalna jest niższa interaktywność ekspozycji, dominuje przekaz statyczny. Częściej obserwujemy raczej biernego uczestnika i widza niż działającego samodzielnie eksperymentatora.

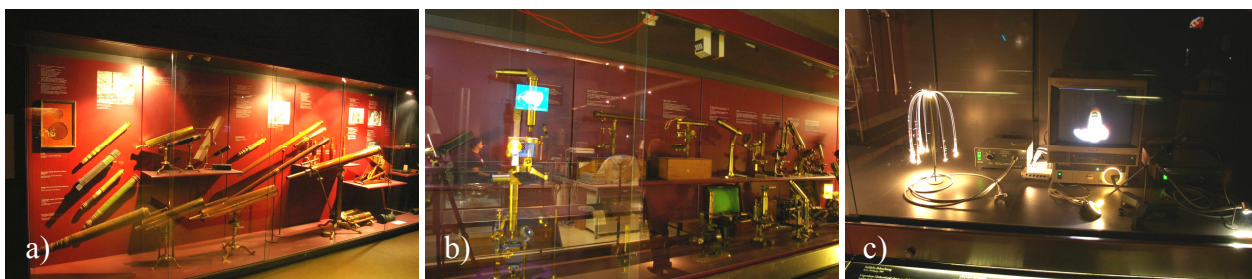
Wybrane działy Deutsches Museum:

- górnictwo, metale, maszyny, samochody, pociągi, samoloty, budownictwo (mosty, tunele), statki, drukarnie, tekstylia i ubiory, szkło, ceramika,
- fizyka, chemia, farmacja,
- instrumenty muzyczne,
- telekomunikacja, informatyka, mikroelektronika, astronomia, techniki pomiarowe,
- sala interaktywna – zabawki, logiczne układanki, konstrukcje.

W Deutsches Museum oryginalne eksponaty są uzupełniane rekonstrukcjami, planszami, wyjaśnieniami, kopiami artykułów naukowych. Podobnie jak w przypadku Science Museum, jedną z funkcji Muzeum w Monachium jest zachowanie narodowego dziedzictwa technicznego i przemysłowego.



Fot. 6.26. Przykłady strategii rekonstrukcyjnej w Deutsches Museum: **a)** model balonu braci Mongolfier i kopie historycznych opisów różnych modeli balonów na ciepłe powietrze; **b)** gabłota z modelami balonów i sterowców z różnych epok; **c)** samolot „Czerwonego Barona” z I wojny światowej (fot. ŁK i GK)

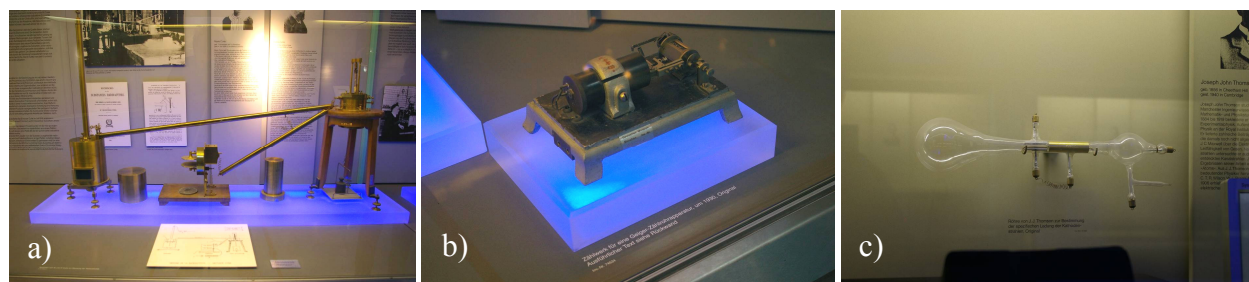


Fot. 6.27. Przykłady strategii rekonstrukcyjno-realistycznej: **a)** lunety; **b)** różnorodne instrumenty optyczne; **c)** światłowody – zasada działania, zastosowania, artystyczne konstrukcje (fot. ŁK i GK)

Jak pokazujemy na fot. 6.26, oryginalne eksponaty zabytkowych samolotów zostały wzbogacone ilustrowanymi opisami zasad działania pierwszych urządzeń latających – balonów i sterowców. Bogaty zbiór instrumentów optycznych mieszczący się w przeszklonych gablotach, fot. 6.27, zawiera eksponaty oryginalne lub też starannie odtworzone.

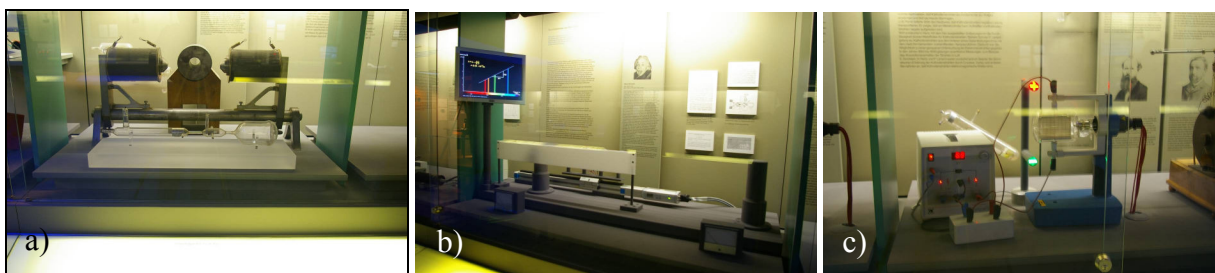
W Deutsches Museum dominują strategie mieszane, w których skład wchodzi strategię realistyczną, rekonstrukcyjną i symulacyjną. Jak pokazują ilustracje poniżej, zasadnicza misja muzeum realizuje się w przekazie dyscyplinarnym – do tego celu najbardziej przydatna jest strategia realistyczna, wykorzystująca oryginalne eksponaty, z mniejszym naciskiem na emocjonalny komponent przekazu (może on oczywiście pojawiać się w indywidualnych wątkach dydaktycznych na lekcjach muzealnych, warsztatach czy pokazach realizowanych w ramach lekcji muzealnych). Dla podejścia realistycznego najbardziej odpowiedni jest układ oparty na zasadzie kolekcji, co ilustrujemy w dalszej części podrozdziału.

Strategie realistyczne, rekonstrukcyjne i mieszane dotyczą tak historii nauki, zob. fot. 6.26, jak i fizyki bardziej współczesnej, zob. fot. 6.27. Deutsches Museum posiada np. bogatą kolekcję historycznych przyrządów optycznych – różnego rodzaju lunet do zastosowań astronomicznych i laboratoryjnych, mikroskopów, teleskopów. Kolekcja w zakresie fizyki współczesnej jest niejako uzupełnieniem zbiorów z londyńskiego Science Museum, pokazanych na fot. 6.16 i 6.17. W Londynie znajdują się oryginalne przyrządy Irène Joliot-Curie, za pomocą których badała ona sztuczną radioaktywność, w Monachium – rekonstrukcja przyrządów Marii Skłodowskiej-Curie. W Monachium zrekonstruowane są przyrządy Ernesta Rutherforda (Nowozelandczyka pracującego w Anglii i Kanadzie), za pomocą których pokazał on, że cząstki alfa, powstające w rozpadach promieniotwórczych, to jądra atomów helu, i przyrządy J. J. Thompsona (również Anglika), za pomocą których pokazał on, że promienie katodowe to elektrony¹⁷.



Fot. 6.28. Eksponaty z historii fizyki w Deutsches Museum: **a)** badania nad radioaktywnością – rekonstrukcja przyrządów Marii Skłodowskiej-Curie; **b)** licznik promieniowania jonizującego metodą Geigera, 1930 r.; **c)** doświadczenie J. J. Thompsona z 1897 r. odchylenia promieni katodowych za pomocą pola elektrycznego i magnetycznego – „odkrycie” elektronu, a właściwie pomiar stosunku ładunku elektronu do jego masy, oryginał (fot. ŁK i GK)

¹⁷ J.J. Thompson dokonał pomiaru stosunku ładunku do masy, co jest uważane za formalne odkrycie elektronu.

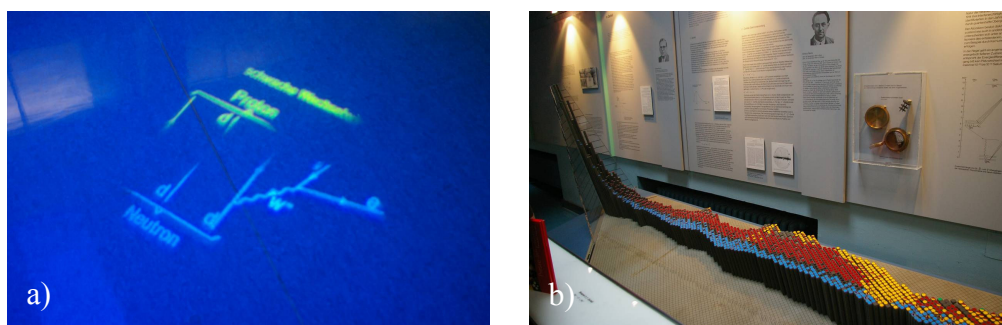


Fot. 6.29. Deutsches Museum: **a)** rozpad promieniotwórczy – strategia realistyczno-rekonstrukcyjna; **b)** efekt fotoelektryczny – pomiar w czasie rzeczywistym powstałego napięcia w funkcji koloru światła i przedstawienie wyniku pomiaru na ekranie komputera (kolorowe słupki odpowiadają wielkości napięcia); **c)** pomiar efektu fotoelektrycznego – szczegóły układu pomiarowego (fot. ŁK i GK)

Przyrządy do badań nad promieniotwórczością są przykładem strategii rekonstrukcyjnej; Muzeum jest depozytariuszem dziedzictwa naukowego. Stanowisko automatycznego (sterowanego za pomocą komputera) pomiaru zjawiska fotoelektrycznego realizuje zadanie przekazu dziedzictwa za pomocą strategii interaktywnej. Albert Einstein otrzymał Nagrodę Nobla nie za teorię względności (która nie do końca była zrozumiana), ale za wyjaśnienie (w 1905 r.) zjawiska fotoelektrycznego, zbadanego doświadczalnie w 1902 r. przez Paula Lenarda (również Niemca)¹⁸. Istotą doświadczenia Lenarda było pokazanie, że dwa różne źródła światła (sodowe i węglowe) dają różne wielkości napięcia fotoelektrycznego. Doświadczenie interaktywne w Muzeum znakomicie oddaje istotę tego odkrycia: światło niebieskie generuje większe napięcie niż światło czerwone.

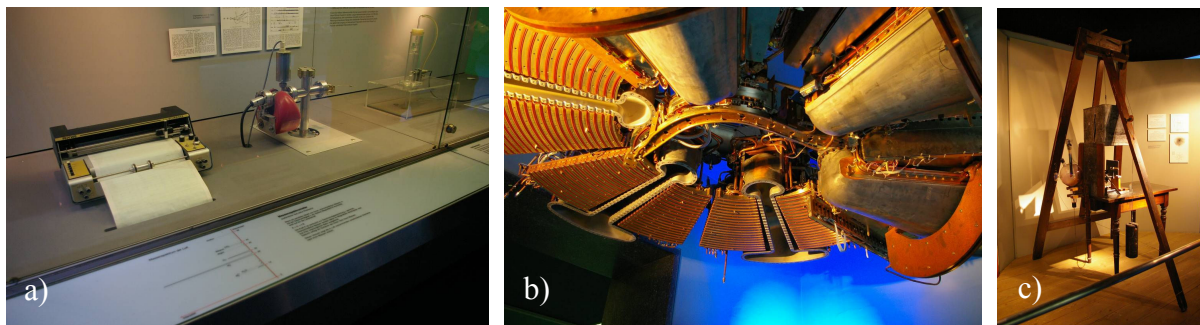
Doświadczenia historyczne z promieniotwórczości są z kolei wzbogacone za pomocą schematów i modeli, umieszczonych nie tylko na ścianach, ale nawet na podświetlanej podłodze, zob. fot. 6.30. Schemat na fot. 6.30a wyjaśnia niezwykle szczegółowo rozpad neutronu na proton (czyli rozpad beta) jako rozpad kwarku *down* na *up* przez bozon pośredni *W*.

Pierwowzór spektrometru masowego, wykonany ze szkła, jest w zbiorach Science Museum w Londynie, zob. fot. 6.17a. W Monachium znajduje się spektrometr przypominający dzisiejsze, wykonany ze stali. Francis Aston za pomocą tego spektrometru stwierdził, że atomy tych samych pierwiastków mogą różnić się masą, co oznacza, że ich jądra zawierają, obok tej samej liczby protonów, różne liczby cząstek masywnych elektrycznie obojętnych, zwanych dziś neutronami. Aston zauważył to dla lekkiego gazu szlachetnego – neonu; w tle fot. 6.30a kopia oryginalnego artykułu.



Fot. 6.30. Fizyka XX wieku w Deutsches Museum: **a)** rozpad neutronu (a właściwie kwarku *down*) poprzez tzw. bozon pośredni *W* na kwark *up*, (anty)neutrino i kwant γ (podświetlana grafika na podłodze); **b)** szereg stabilności jąder atomowych – wysokość słupka ilustruje energię wiązania jądra; kolor słupka wskazuje stabilność jądra – słupki czerwone to jądra stabilne (fot. ŁK i GK)

¹⁸ Paul Lenard przeprowadził pierwsze doświadczenia w zakresie rozpraszania elektronów w gazach. Nie otrzymał Nagrody Nobla z powodu swoich sympatii do nazizmu. Oryginalne doświadczenia Lenarda są również pokazane w Deutsches Museum, ale nie są zbyt wyeksponowane.



Fot. 6.31. Deutsches Museum w Monachium, historyczne zbiory naukowe: **a)** spektrometr masowy F.W. Astona (1922 r.); **b)** akcelerator cząstek – cyklotron (1941); **c)** prototyp aparatu rentgenowskiego do badania struktury ciała stałego (ok. 1915 r.) (fot. ŁK)

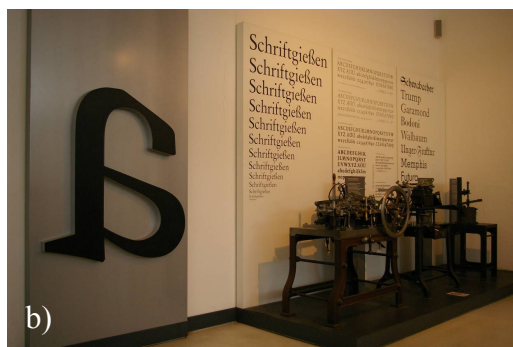
Połączenie symulacji eksperymentów z oryginalną aparaturą pomiarową daje uczestnikom dwie perspektywy odkrywania zjawisk fizycznych – typowo badawczą i historyczną; widz jest potencjalnie w stanie zrozumieć istotne praktyczne znaczenie historycznego odkrycia naukowego.

Cyklotron, fot. 6.31b, służący do badania struktury jąder atomowych przez wywoływanie kontrolowanych reakcji jądrowych był (a przynajmniej tak się wydawało) istotnym elementem w wyścigu do bomby atomowej. W Niemczech powstał on z opóźnieniem w stosunku do Anglii i USA, porównaj z fot. 6.15a. Kolejnym eksponatem historycznym jest prototyp aparatu rentgenowskiego (ok. 1915 r.) do badania struktury krystalograficznej ciała stałych. Tak zwane dyfraktogramy rentgenowskie są dziś podstawą analizy struktury i składu materiałów w wielu dziedzinach przemysłu. Oczywiście dodatkowym powodem wystawienia zarówno doświadczenia fotoelektrycznego, jak i prototypu dyfraktometru rentgenowskiego są motywy tradycji narodowej – i Wilhelm Röntgen, i odkrywca dyfrakcji, Max von Laue otrzymali Nagrody Nobla (odpowiednio w 1901 r. i w 1914 r.).

Muzeum w Monachium przedstawia w niezwykle interesujący sposób zagadnienia biologii, farmacji i fizjologii człowieka, wykorzystując wspomniane już modele, które są wielkogabarytowymi kolorowymi prezentacjami. Świat mikrobów – bakterii, komórek, neuronów, został powiększony dziesięć tysięcy razy i pokolorowany, tak aby stał się „namacalny”. Opisy i schematy działania systemu nerwowego, mechanizmów i objawów zawału serca, astmy i jej przyczyn, opis działania kwasu acetylosalicylowego (czyli aspiryny) i inne składają się na wyczerpującą lekcję biologii i medycyny. Eksponaty i plansze otaczają widza ze wszystkich stron – wiszą nad głową i leżą pod nogami. Opisy są dokładne, ale nie przytłaczają nadmiarem informacji, jak się to niejednokrotnie dzieje w muzeach. Na wystawie medycyny w Deutsches Museum czujemy się elementem skomplikowanego urządzenia, zwanego organizmem człowieka, zob. fot. 6.32.



Fot. 6.32. Deutsches Museum, dział medycyny i farmacji: **a)** wejście do działu przez tunel symulujący kanał w błonie komórki; **b)** gigantyczna ampułka antybiotyku; **c)** hemocyty i limfocyty wielkości obwarzanków i gąbek łazienkowych (fot. ŁK)



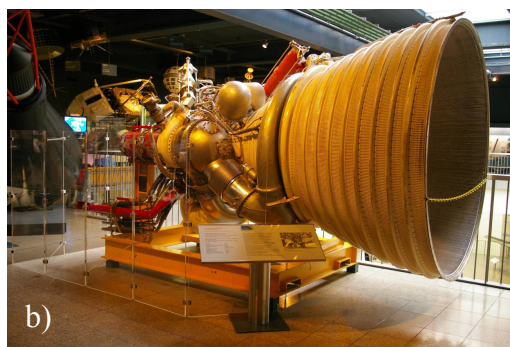
Fot. 6.33. Deutsches Museum – strategie rekonstrukcyjne: **a)** model żaglowca (na lewo) i kosz balonowy (na prawo); **b)** drukarnie i druk (fot. ŁK)

Zadanie zachowania dziedzictwa technicznego przewija się ustawicznie przez wystawy w Deutsches Museum. Oddzielna sala zawiera kilkanaście rodzajów maszyn drukarskich – ponownie jest to doskonale zrozumiałe w kraju Gutenberga. Zwiedzający ma możliwość dokonania przeglądu analitycznego: funkcjonalności i historii techniki.

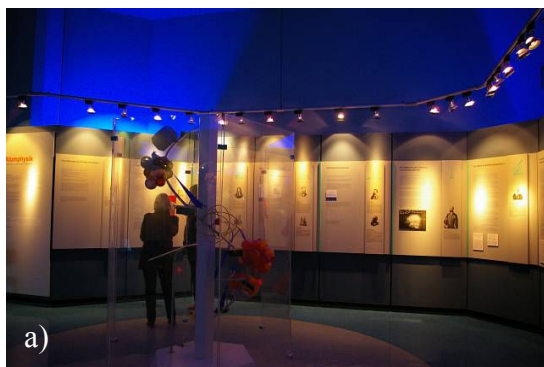
Jak można się zorientować z zamieszczonych ilustracji, struktura przekazu dydaktycznego w Deutsches Museum ma charakter liniowy. Układ stanowisk jest odpowiedni do danej dyscypliny, zgodny z fazami jej rozwoju. Powstałe w ten sposób ciągi dydaktyczne obejmują prezentacje, czyli ilustracje doświadczeń: jak np. rozpadu radioaktywnego, przebieg rozszczepienia uranu, symulacja rozpadu neutronu. Ich celem jest przybliżenie zwiedzającemu danego zagadnienia w sposób poglądowy. Zauważalna jest dbałość o szczegółowy wykład i pełną reprezentację zagadnienia obejmującą teorię, opisy i możliwie często ekspozycję oryginałów lub wierne ich rekonstrukcje.

Innym rozwiązaniem dydaktycznym przyjętym w monachijskim muzeum są prezentacje egzemplaryczne, czyli jednostkowe zasygnalizowanie jakiegoś interesującego wątku tematycznego. Ponadto zauważyć można, iż w tym podejściu pojawiają się specyficzne formy przekazu naukowego, takie jak *plakat naukowy* oraz *modele*, których zadaniem jest strukturyzacja przekazu oraz narracja (plakat jako mini-wykład) poświęcone zaprezentowaniu określonego wątku. Aby zwiedzający mógł uzyskać w miarę spójny obraz zagadnienia, muzeum częściej sięga do układu kolekcyjnego. Tak przedstawiona jest na przykład historia lotnictwa (większość eksponatów to samoloty niemieckie sprzed II wojny światowej) i historia podboju kosmosu (ten dział zawiera repliki sztucznych satelitów Ziemi).

Każda z wystaw w Deutsches Museum jest inna – zdradzają one różnych autorów oraz różne momenty powstania. W dziale poświęconym komputerom (nazywanych „maszynami logicznymi”) omówione są zasady działania bramek logicznych i obliczeń analogowych, jest np. wystawiona maszyna cyfrowa z lat 60. XX wieku, a nie ma urządzeń współczesnych.



Fot. 6.34. Strategie rekonstrukcyjne w Deutsches Museum – loty kosmiczne: **a)** modele sztucznych satelitów Ziemi; **b)** silnik rakiety Saturn (fot. ŁK)

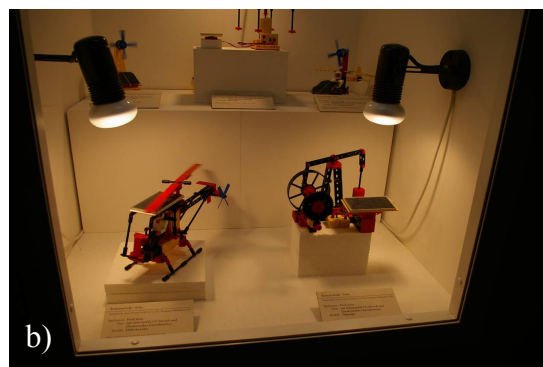


Fot. 6.35. Rozbudowana forma plakatu dydaktyczno-naukowego, swego rodzaju łącznika między żywym eksperymentem a wiedzą teoretyczną, pełniącego jednocześnie funkcję porządkująco-systematyzującą: **a)** historia nauki współczesnej w szczegółowych opisach; **b)** plakat *sensu stricto* naukowo-badawczy – zasada działania mikroskopu sił atomowych (fot. ŁK)

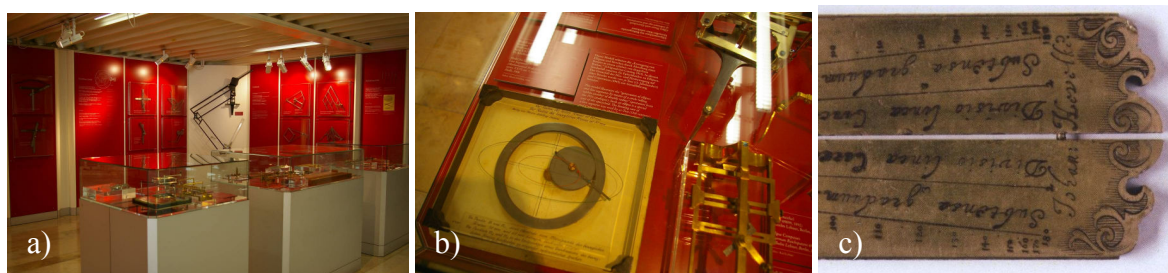
Wystawa „maszyn logicznych” wyjaśnia w sposób szczegółowy zasady ich działania i konstrukcji. Potencjalnymi odbiorcami mogą być studenci wydziałów informatyki. W czasach dzisiejszych interesujący jest raczej *sposób* przekazu treści pokazany w Muzeum niż same wiadomości – nauczanie informatyki zmieniło się diametralnie.

Deutsches Museum w Monachium łączy w sobie cechy tradycyjnego muzeum techniki (jak Muzeum Nauki i Techniki w Warszawie), elementy eksploratorium (jak Cité des Sciences w La Villette), elementy muzeum odkryć naukowych (jak Science Museum w Londynie). Narracja w niektórych działach, jak fizyki XX wieku czy medycyny, używa różnych form przestrzennych, kształtów, kolorów, zestawień eksponatów historycznych z doświadczeniami sterowanymi komputerem itd. Bogactwo tych środków obejmuje nawet „prawdziwy” plakat naukowy jak z kongresów międzynarodowych, obok plakatów tradycyjnych, omawiających historię nauki, zob. fot. 6.35. Plakaty dotyczące telekomunikacji mają podświetlone fragmenty ilustrujące propagację sygnału sinusoidalnego, sygnału prostokątnego. Opisy w prosty sposób omawiają tak trudne zagadnienia, jak przesunięcie fazowe, zbocze impulsu, amplituda itd.

Niezwykle oryginalną kolekcją jest również robotyka i technologie fotowoltaiczne dla dzieci, oparte na modelach z klocków Lego, zob. 6.36. Modele te nie są eksponatami dostępnymi w gotowych zestawach, ale są pracowicie poskładane z podstawowych elementów. Mimo że klocki Lego są powszechnie dostępne w sklepach, nie są jednak tanie, nawet dla rodzica w Niemczech. Stąd funkcja edukacyjna – stymulująca młodego odbiorcę: „A ja też coś podobnego mam, a ten innym model mógłbym zbudować samodzielnie”. Modele fotowoltaiczne poruszają się po zapaleniu światła.



Fot. 6.36. Deutsches Museum w Monachium: **a)** robotyka z klocków Lego dla dzieci; **b)** zastosowania ogniw fotowoltaicznych dla dzieci – „Włącz światło, a helikopter zacznie obracać śmigłem!” (na lewo, na dole zdjęcie) (fot. ŁK)



Fot. 6.37. Zbiory w Deutsches Museum: matematyka i rysunek techniczny. **a)** przyrządy kreślarskie, pantografy i cyrkle z różnych epok; **b)** przyrząd do kreślenia elips (fot. ŁK); **c)** cyrkiel Jana Heweliusza (fragment) – Muzeum Okręgowe w Toruniu (fot. ŁK i katalog Muzeum, mgr N. Mazurkiewicz)

Ekspozycja na fot. 6.37 poświęcona innej dziedzinie techniki – rysunkowi technicznemu, w tym przypadku *egzemplifikacja* jest bardzo szczegółowa. Przedstawione są różne modeli cyrkli, pantografów, przyrządów do kreślenia elips – wszystkie wykonane z wielką precyzją i z materiałów wysokiej jakości. Przyrządy te przeznaczone są do wieloletniego użytku. Podobnym przyrządem, pochodzącym z XVII wieku, jest cyrkiel Jana Heweliusza znajdujący się w zbiorach Toruńskiego Muzeum Okręgowego. Wykonany z mosiądzu, do dziś ma doskonale czytelne noniusze. Tego rodzaju cyrkle były w poprzednich wiekach rodzajem tablic matematycznych i kalkulatorów jednocześnie – jeszcze przed wynalazkiem suwaka logarytmicznego. W Deutsches Museum opisy są bardzo szczegółowe, cenne dla znawców przedmiotu, ale wydaje się, że zbyt trudne dla zwykłego odbiorcy. Rzeczywiście, sale poświęcone przyrządom kreślarskim nie są zbyt uczęszczane.

Zagadnieniom matematyki poświęcone jest kolejne piętro. Większość eksponatów w tej sekcji ma charakter interaktywny, a forma przekazu wiedzy to *autowarsztaty*. Można samodzielnie spróbować zbudować trójwymiarowe *puzzle*, można sprawdzić, że niewłaściwie sklejona wstęga jest powierzchnią, która się nigdy nie kończy (jest to tzw. wstęga Möbiusa), zob. fot. 6.38a. Można spróbować sił w kolorowaniu map świata za pomocą 4 kolorów (kolejne słynne twierdzenie matematyczne, pozornie proste, ale rozwiązywane przez stulecia i prowadzące do powstania zupełnie nowych działów matematyki).

Innym, pozornie prostym zagadnieniem jest „kafelkowanie podłogi” – jakie figury geometryczne (oprócz np. kwadratu) mogą być wykorzystane do pokrycia płaszczyzny tak, aby nie pozostały puste miejsca. Wystawa korzysta z interaktywnych eksponatów wirtualnych (komputerowych), np. do konstrukcji fraktali, czyli figur samo-powtarzających się, jak liść paproci, zob. fot. 6.38c. Stosunkowo niska frekwencja w dziale matematyka, w porównaniu z frekwencją w multimedialnym dziale w La Villette, świadczy o tym, że współczesny odbiorca jest bardziej zainteresowany *zastosowaniami* wiedzy niż problemami drżącymi w nauce. Wystawa w Deutsches Museum bez wątpienia była projektowana przez matematyków naukowców z pasją do popularyzacji. Wystawa w Paryżu powstała zapewne również przy współudziale odbiorców – artystów plastyków, informatyków, studentów.



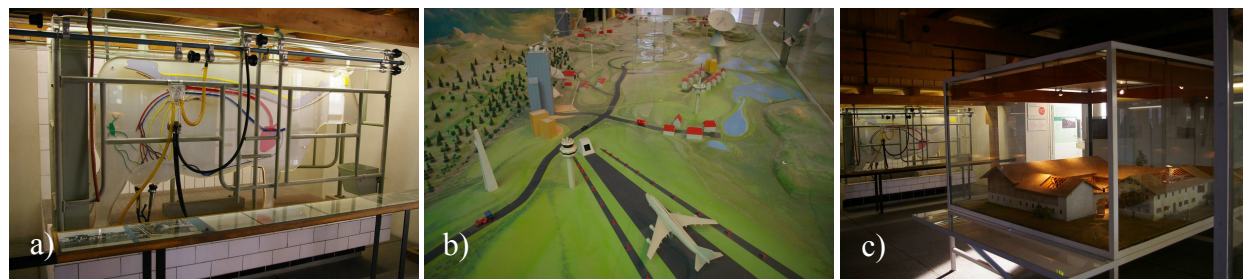
Fot. 6.38. Matematyka w Deutsches Musuem w Monachium: **a)** wstęga Möbiusa – jeden z dziwnych wynalazków topologii, czyli nauki o przestrzeni; **b)** bryły różnych kształtów – układanki dla najmłodszych; **c)** komputerowe konstruowanie fraktali, czyli figur samo-powtarzających się (fot. ŁK)



Fot. 6.39. Odtwarzanie kultury technicznej w Deutsches Museum – makiety: **a)** huta szkła; **b)** cegielnia; **c)** kolekcja zabytkowych traktorów i maszyn rolniczych (fot. ŁK)

W Deutsches Museum zastosowanie *modelu* odbywa się w najbardziej pracochłonnej formie – makiety trójwymiarowej, we właściwych proporcjach, prawie że działającej, jak np. cegielnia i huta szkła, zob. fot. 6.39. Makiety te zajmują sporo przestrzeni i z tego powodu są niespotykane w innych centrach nauki. Ostatnie piętro Deutsches Museum zajmuje wystawa historycznych maszyn rolniczych – traktorów, siewników itd. Widz jest wprowadzany w sytuację psychologiczną określaną w pedagogice muzealnej jako „przeżycie odwrotne”. Uczestnik niejako przenosi się mentalnie w epokę, z której pochodzą eksponaty, mając możliwość poznania warunków, w jakich powstały i były użytkowane przez człowieka minionego, choć niezbyt odległego okresu. Nawet podwórko Muzeum jest zajęte eksponatami – znajdziemy tam trzy przykłady turbin elektrowni wodnych, rozmiarów rzeczywistych a znanych zazwyczaj jedynie z podręczników fizyki.

Innym ciekawym rozwiązaniem są modele *funkcjonalne*; model „działania” krowy jest jednym z najbardziej pomysłowych, choć nie brakuje i bardziej tradycyjnych jak model lotniska, model farmy ekologicznej czy schematy przepływu informacji. Podobnie jak w przypadku makiet, modele funkcjonalne wymagają dużych przestrzeni i dlatego są niespotykane w innych centrach nauki. Modele w Deutsches Museum spełniają bardziej funkcję ludyczną (i to dla dorosłych) niż funkcję dydaktyczną lub naukową. Mimo to stanowią one interesującą formę przekazu, wchodzącą w skład strategii symulacyjnej i rekonstrukcyjnej. Podobnie jak plakat naukowy, model stanowi uniwersalną formę przekazu wiedzy, ułatwiając jej syntezę i uzupełnienie.



Fot. 6.40. Oryginalne strategie „interaktywne” w Deutsches Museum – makiety o dużych rozmiarach: **a)** model „działania” krowy; **b)** model lotniska; **c)** model farmy ekologicznej (Fot. GK i ŁK)

Resumując wystawy w Deutsches Museum, przedstawiają one bogactwo środków wyrazu i treści oraz spełniają różnorodne funkcje – tak zachowania narodowego dziedzictwa technicznego i naukowego jak funkcje dydaktyczne, naukowe i ludyczne. W porównaniu z Cité des Sciences, organizacja i estetyka wystaw zdradza starszy wiek wystaw w Monachium. Należy jednak zaznaczyć, że eksponaty historyczne są umiejscowione w Paryżu w oddzielnym muzeum, w centrum miasta a w Monachium wszystkie obiekty znajdują się w jednym miejscu, na Wyspie Muzeum. Imponująca jest też sekcja badań naukowych w Deutsches Museum, porównywalna tylko z Muzeum Przyrody w Brukseli. Deutsches Museum w Monachium odwiedza rocznie 2 miliony osób.

6.7. Muzeum Nauki „Spectrum” Berlin

Do naszych analiz dołączyliśmy także materiały zebrane podczas wizyt w berlińskim Muzeum Nauki „Spectrum”. Jest to instytucja powstała jeszcze przed czasem intensywnego rozwoju centrów nauki, toteż interaktywne podejście do ekspozycji zjawisk jest tu rzadko obecne. Zbiory prezentowane są w porządku liniowym, przeważa kolekcyjny układ eksponatów, zauważalna jest jednocześnie dbałość o pełną prezentację przedmiotów – zazwyczaj oryginalnych lub zrekonstruowanych – ilustrujących dane zjawisko.



Fot. 6.41. Początek wystawy w berlińskim Spectrum w 2007 roku: optyka i elektromagnetyzm. **a)** Czarno-białe złudzenia optyczne – obrazy zakręcone powodują pojawienie się kolorów na granicach; **b)** złudzenia optyczne trójwymiarowości; **c)** prądy wirowe (Foucaulta) powstające w aluminiowych tarczach (fot. ŁK)

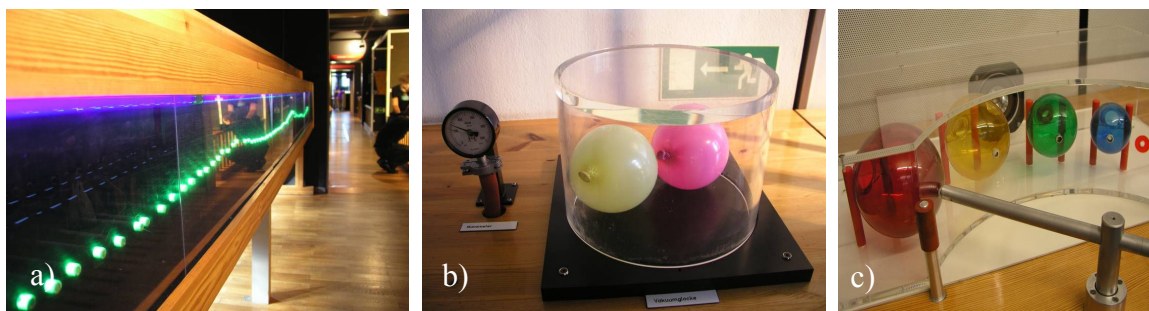
Wystawa Spectrum pochodzi z byłego Berlina Wschodniego (i tam jest nadal zlokalizowana). Mimo niewyszukanej estetyki eksponaty są ciekawe i komplementarne w stosunku do innych centrów nauki. W 2011 roku wystawy poddano renowacji; przedstawiony tu udokumentowaliśmy stan w latach 2005–2008.

Zbiory Spectrum i sposób ich prezentacji to głównie eksponaty wystawione w konwencji realistycznej. Jak widać na poniższych fotografiach ilustrujących zagadnienia z zakresu optyki, akustyki i elektryczności, zarówno aranżacja doświadczeń, jak i kolekcje eksponatów mają za zadanie w możliwie wierny sposób odtworzyć strukturę i rozwój dyscypliny. Spectrum realizuje głównie funkcje dydaktyczne, z niezbyt częstym wykorzystaniem form interaktywnych, toteż – jak pokazujemy niżej – przeważają ekspozycje tradycyjne.



Fot. 6.42. Muzeum „Spectrum” w Berlinie: **a)** prądy wirowe, zastosowania praktyczne w liczniku prądu – zmienny prąd powoduje obracanie się tarczy; **b)** indukcja elektromagnetyczna – hamowanie aluminiowego wahadła w polu magnetycznym; **c)** wyładowania elektryczne między dwoma metalowymi kulami (fot. ŁK)

Kolejny dział jest poświęcony zjawiskom falowym, akustyce oraz zjawiskom związanym z powietrzem. Na makiecie wzdłuż ściany układ poprzeczek połączonych dwoma elastycznymi torami i z lampkami na końcach poprzeczek pokazuje rozchodzenie się fali (fot. 6.43a). W próżni dźwięk się nie rozchodzi (fot. 6.43b). Puste szklane kule „grają” z charakterystyczną wysokością dźwięku – jest to tzw. rezonator Helmholtza (fot. 6.43c).



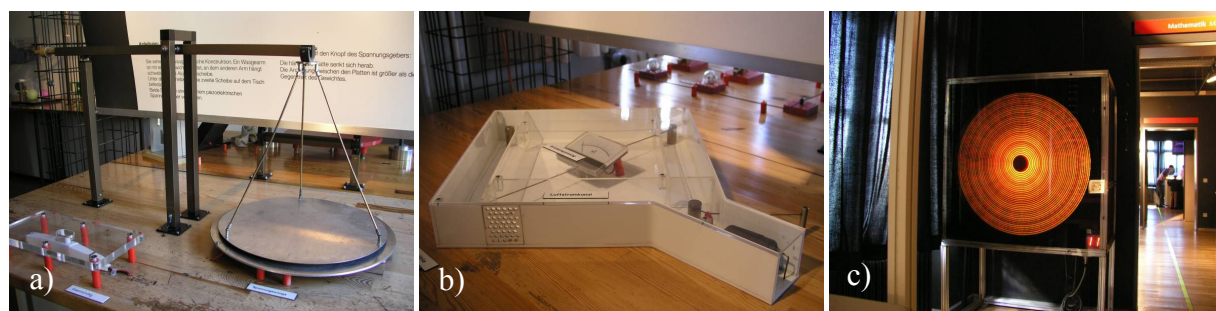
Fot. 6.43. Ekspozyty interaktywne w berlińskim Spectrum (wrzesień 2008): **a)** fale podłużne i poprzeczne; **b)** ciśnienie atmosferyczne; **c)** rezonator Helmholtza (fot. ŁK i GK)

Także ekspozyty, które widzimy poniżej, poświęcone zjawiskom elektrycznym, operują tradycyjnym, ilustracyjnym przekazem. Waga elektrostatyczna Volty jest już prawie zapomniana zarówno w podręcznikach szkolnych, jak i laboratoriach pokazowych wyższych uczelni. Jest to bardzo ważne doświadczenie, jako że w ten właśnie sposób Volta zdefiniował napięcie elektryczne. Dziś *wolt* jest podstawową jednostką pomiaru *napięcia* elektrycznego. Alessandro Volta nie tylko zbudował pierwsze ogniwo *woltaiczne*, czyli chemiczne (takie jak tzw. baterie, np. w telefonach komórkowych), ale dokonał istotnych odkryć w kwestiach natury *fizycznej* elektryczności. Urządzeniem do pomiarów napięcia jest *woltomierz*, ale jak mierzył napięcie Volta¹⁹? Przedstawiona waga mierzy siłę mechaniczną oddziaływania między dwoma naładowanymi płytami elektrycznymi – pomiar taki jest predefinicją napięcia elektrycznego.

Ekspozat obrazujący efekt fotoelektryczny niejako zamyka ścieżkę Volty. Volta odkrył sposób zamiany energii chemicznej w prąd elektryczny – efekt fotowoltaiczny, wykorzystując do tego samego celu światło. Efekt fotoelektryczny – to samo zjawisko, któremu było poświęcone oddzielne stanowisko w Deutsches Museum (zob. fot. 6.31) – w Spectrum ma charakter mniej widowiskowy, a bardzo „szkolny” – napięcie fotowoltaiczne mierzy nie komputer, ale tradycyjny woltomierz (w środku stanowiska), fot. 6.44b.

Dział złudzeń optycznych stanowi bardzo interesujący wątek tematyczny Spectrum. Są to ekspozyty oparte na obserwacjach z XIX wieku, znane już od czasów Goethego, zaczynające ścieżkę zwiedzania, zob. fot. 6.41a.

Wystawa w Spectrum zaczyna się i kończy na złudzeniach optycznych, a w zasadzie na obrazach dynamicznych z wykorzystaniem technologii XXI wieku, jak diody elektroluminescencyjne i światła laserowe (por. fot. 6.44c).



Fot. 6.44. Ekspozyty interaktywne w berlińskim Spectrum: **a)** waga elektrostatyczna Volty – ekspozat znajdujący się w wielu szkołach; **b)** zjawisko fotoelektryczne – pomiar za pomocą woltomierza analogowego (w środku układu); **c)** dynamiczne złudzenia optyczne, a w zasadzie obrazy stroboskopowe – układ diod luminescencyjnych zapalający się w określonych sekwencjach na wirującej tarczy, dający obraz gwiazdy, róży itp. (Fot. ŁK i GK)

¹⁹ Zob. G. Karwasz, A. Karbowski, *Na końcu języka Volty*, Foton, 96 (2007), s. 34.

6.8. Podsumowanie specyfiki muzeów nauki w Europie

Zastanawiając się nad specyfiką niemieckiej strategii muzealnej, zauważyliśmy, że ekspozycje Deutsches Museum i Spectrum dobrze się uzupełniają. Pierwsza instytucja prezentuje głównie zbiory w postaci kolekcji w układzie tradycyjnym, druga ma na celu interaktywne wspomaganie laboratoriów szkolnych. Jest to korzystne też z tego względu, iż nie spycha na marginesie nieco już przestarzałego parku eksponatów Spectrum i pozwala na łączenie systematycznego przekazu z interaktywną jego obudową, co ma szczególne znaczenie dla tworzenia przemyślanego otoczenia uczenia się. Jest to tzw. *interakcyjne środowisko uczenia się*, w którym wszelkie impulsy płynące z otoczenia mogą być wykorzystane jako warunki dla *rozwojowej zmiany poznawczej*²⁰. Sama interaktywność nie gwarantuje jeszcze efektywności ekspozycji. Konieczne jest wkomponowanie jej w wybraną strategię edukacyjną oraz opracowanie przemyślanego scenariusza możliwych działań zwiedzającego, który jest w ten sposób wspomagany (ale nie prowadzony) w procesie konstruowania wiedzy.

Obserwując bogactwo ekspozycji badanych centrów nauki oraz odczytując towarzyszące im pedagogie, zwróciliśmy uwagę, że misja we wszystkich muzeach jest określana podobnie, a do jej realizacji wykorzystywane są różne formy organizacyjne i dydaktyczne. Struktura przekazu dydaktycznego jest zróżnicowana, ale przeważa schemat: eksponat oryginalny lub rekonstrukcja i aranżacja działania zwiedzających prowadząca do uzyskania odpowiedzi na postawione problemy. Uczestnicy szukają odpowiedzi najczęściej przez eksplorację i eksperyment, a także przez odbiór odpowiednio przygotowanego przekazu. Może to być przekaz teoretyczny, który obejmuje prezentację z wykorzystaniem interesującej formy dydaktycznej, jaką są plakaty naukowe.

Wysoki poziom interaktywności obserwujemy w muzeach w Mediolanie i Trydencie, częściowo w Londynie, niższy w niemieckim Deutsches Museum. We wszystkich muzeach na ogół stosuje się modele mieszane – nie ma jednego typu strategii, najczęściej przeważa typ realistyczny i rekonstrukcyjny, w mniejszym stopniu obecne są elementy przekazu symulacyjnego, natomiast strategia wyłącznie ludyczna w zasadzie nie występuje. Jest to uzasadnione popularyzatorską misją muzeów, które mogą uatrakcyjnić swój przekaz, ale nigdy nie zastępują procesu poznawania zabawą, tak jak dzieje się to w parkach rozrywki.



Fot. 6.45. Funkcje zachowania tradycji narodowych w muzeach nauki: **a)** Mediolan - rekonstrukcja helikoptera napędzanego maszyną parową E. Forlanina z 1887 r.; **b)** Monachium – wystawa historii lotnictwa – pociski V1; **c)** rurka Crookesa – promienie katodowe, podstawa działania kineskopu telewizyjnego, oscyloskopu, ekranu radaru itd. w Science Museum w Londynie (fot. GK)

Przedstawione w tym rozdziale centra nauki są największe w swoich krajach i wyznaczają narodowe strategie edukacyjne. W Londynie wstęp do Science Museum jest bezpłatny,

²⁰ Por. J. Kruk, *Przestrzeń i rzeczy jako środowisko uczenia się*, [w:] *Pedagogika wczesnoszkolna. Dyskursy, problemy, rozwiązania*, red. D. Klus-Stańska, M. Szczepka-Pustkowska, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2009, s. 494.

w Mediolanie stosowane są zniżki dla grup szkolnych, w La Villette oferta ludyczno-dydaktyczna obejmuje odbiorców w wieku 1–99 lat, od ścieżek „na czworakach” dla małych dzieci, przez wystawy dla dzieci starszych, np. przedstawiana w 2007 roku wystawa „O miłości”, aż do wystaw multimedialnych dla studentów i specjalistów na temat dźwięków i zagadnień matematyki współczesnej.

Wszystkie cztery muzea (Mediolan, Paryż, Monachium, Londyn) oprócz funkcji edukacyjnych pełnią rolę zachowania i waloryzacji *narodowych dokonań* technicznych i naukowych. W Londynie jest to np. owieczka Dolly, sklonowana przez naukowców brytyjskich i pierwszy radar z II wojny światowej, w Monachium jest to doświadczenie fotoelektryczne przypominające o Nagrodzie Nobla dla A. Einsteina, maszyny drukarskie i aparaty rentgenowskie (pierwsza Nagroda Nobla z 1901 r.), w Mediolanie jest to rekonstrukcja helikoptera na parę E. Forlanina z 1887 roku i modele maszyn Leonarda da Vinci. Prezentacja osiągnięć narodowych jest jednocześnie przedstawiana tak, że zwykły widz nie ma poczucia przesyty propagandą, a jedynie nauczyciel, instruktor, przewodnik wolontariusz zaznajomiony z historią nauki i techniki potrafi umieszczone eksponaty wykorzystać we właściwej ścieżce o charakterze interdyscyplinarnym, patriotycznym, humanistycznym.

W celu realizacji tych zadań narodotwórczych poszczególne muzea wybierają nie tylko tematyki i eksponaty, ale także same budynki i aranżacja wystaw podkreślają przyjęte założenia. Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie odwołuje się do Leonarda da Vinci. Budynek Muzeum pochodzi z czasów tego uczonego i artysty. W Londynie Muzeum mieści się w budynku z czasów wiktoriańskich – okresu największej świetności Imperium, a we Francji bryła budynku, architektura wnętrza, podział przestrzeni wystawowej i wystawy podkreślają permanentność rewolucji naukowo-technicznej.

Podobnie jak w innych centrach nauki na świecie, także w muzeach rośnie rola funkcji dydaktycznej. Umieszczają one w Internecie tak wersje wirtualne zasobów, jak i materiały dla nauczycieli i uczniów. Grupy szkolne zwiedzają muzea z nauczycielami uprzednio przygotowanymi. Dodatkowo zapewniany jest nauczyciel i/lub przewodnik i/lub instruktor miejscowy.

Jednocześnie nie zapomina się o dwóch pozostałych funkcjach interaktywnego przekazu wiedzy: zabawie i wiedzy pogłębionej. W Science Museum w Londynie, szacownym i bardzo tradycyjnym, dodano w ostatnich latach oddzielną sekcję – opisany wcześniej Energy-pad – pełniącą głównie funkcję ludyczną. W La Villette wiedzy pogłębionej służy np. wystawa matematyki współczesnej. Berlińskie Spectrum – bardzo dydaktyczne, a niewiele ludyczne, jest gruntownie przebudowywane. Museo Tridentino di Scienze Naturali znakomicie realizujące dydaktykę pozaszkolną jak również funkcje kolekcjonerskie, a w 2013 roku przeniesie się do nowego, futurystycznego budynku, gdzie większość miejsca zostanie wydzielone na „exhibits”, czyli eksponaty do samodzielnego eksperymentowania z udziałem zwiedzającego.

Uczestnik, a zarazem badacz zwiedzający różnorodne ekspozycje muzeów nauki wychodzi stamtąd z pewnymi strukturami wiedzy doświadczalnej (eksperymentalnej), z pewnymi intuicjami co do systemu dziedziny nauki, techniki, przyrody, które miał okazję poznać w sposób pogłębiony. Jest to dobry punkt wyjścia do bardziej systematycznego, samodzielnego studiowania.

Istotne w sprawnej organizacji muzeów, przepływu widzów i jasności przekazu jest właściwe gospodarowanie przestrzenią wystawienniczą. W La Villette, nieco mniej w Science Museum i Deutsches Museum, każda tematyka ma inną aranżację, oddzielną przestrzeń, kolorystykę i sposób narracji. Ułatwia to widzowi percepcję odmiennych zagadnień. Wystawa orchidei w La Villette w 2007 zawierała mało narracji, ale dużo kolorów i zapachów; aranżacja

L'amore operowała bryłami, ścieżkami, plakatami i stanowiskami interaktywnymi. Brak zróżnicowania, co pokazywaliśmy w opisach poszczególnych muzeów, może prowadzić do znużenia widza. W ten sposób niezwykle ciekawe zbiory stają się mało atrakcyjne, co Czytelnik zapewne w tym rozdziale zdołał zauważyć.

Niezależnie od struktury organizacyjnej i metod finansowania duże muzea narodowe są organizacjami, w których widoczne jest nawarstwianie się koncepcji wystawienniczych i edukacyjnych, tak że z czasem nie tylko eksponaty, ale i ich sposób pokazania staje się elementem historii. Muzea nauki i eksploratoria odpowiadają w różnych krajach na bardzo podobne potrzeby odbiorców. Czynią to jednak w taki sposób, że każde z nich jest niepowtarzalne na skalę światową.

Specyfikę i osiągnięcia niektórych z polskich muzeów nauki i eksperymentatoriów omówimy w rozdziale VIII, natomiast w rozdziale VII omówimy inne realizacje dydaktyki interaktywnej – chronologicznie wyprzedzające powstanie centrów nauki i eksploratoriów w Polsce. Podróż po polskich muzeach wykorzystamy dla wskazania ich specyfiki, a przez to pokazanie ich unikalnych szans rozwoju.



Ryc. 6.46. Futurystyczna architektura nowego (czerwiec 2012) muzeum nauki w Trydencie (budynki z lewej części obrazu); źródło: <http://www.trentocultura.it/?lang=it&s=7&mod=news&cId=297&catId=4> (18.10.2012)

ROZDZIAŁ VII

Wystawy interaktywne z fizyki – cele, miejsca, aranżacje

W ciągu ostatnich kilkunastu lat dydaktyka interaktywna przeżywa w Polsce nadzwyczajny rozkwit. Praktycznie każdy ośrodek akademicki organizuje własne lub regionalne festiwale nauki, a ich warsztaty, laboratoria, wystawy interaktywne cieszą się największą frekwencją. W Warszawie działają wręcz dwa, nieco konkurujące festiwale – Piknik Naukowy (początkowo Radia Bis, obecnie Centrum Nauki „Kopernik”), w maju–czerwcu, od 1996 roku, oraz Festiwal Nauki, we wrześniu, od 1997 roku. W następnych latach pojawiły się festiwale nauki we wszystkich ośrodkach akademickich, od Gdyni do Bielska-Białej. Imprezy popularno-naukowe pojawiają się też coraz częściej w programach festynów lokalnych. W rejonie pomorskim i kujawsko-pomorskim są to na przykład Dni Jakubowe w Łęborku, Festiwal Nauki na Zamku w Bytowie, Powiatowe Dni Przyrody w Nadrożu k. Rypina itd. Niektóre z tych inicjatyw szcharakteryzujemy w poniższym rozdziale.

7.1. Zabawki i fizyka – Warszawa, Słupsk 1998

W Polsce zainteresowanie nowymi formami nauczania przedmiotów przyrodniczych, w tym zainteresowanie wystawami interaktywnymi, wynikało również z otwarcia kulturowego w latach 90. ubiegłego wieku. Jak ogromna jest potrzeba interaktywnych wystaw dla szerokiej publiczności, wykazały pierwsze krajowe inicjatywy autora organizowane wówczas jeszcze z Uniwersytetu w Trydencie – wystawa „Fizyka zabawek” w pałacu Potockich na II Festiwalu Nauki w Warszawie oraz w Ratuszu Miejskim w Słupsku (zob. fot. 7.1a), obie we wrześniu 1998 roku. Na wystawach było prezentowanych 60 eksponatów z kolekcji zgromadzonej przez prof. Vittorio Zanettiego z Uniwersytetu w Trydencie – autor współpracował z V. Zanettim przy organizacji podobnych wystaw we Włoszech. Mini-katalog wystawy, wydrukowany przez Wydawnictwo „Prószyński i S-ka”, zawierał opisy autora – hasłowe, 3–4-wyrazowe, ale oddające istotę eksponatów i zjawiska fizycznych przez nie przedstawianych.



Fot. 7.1. Pierwsza edycja wystawy „Fizyki zabawek” w Polsce – Warszawa i Słupsk 1998: **a)** dyskusja przy eksponatach (od lewej A. Okoniewska, A. Kurowska, D. Pliszka, ówczesznie studenci II roku fizyki WSP w Słupsku, obecnie pracownicy naukowcy różnych uczelni); **b)** emblemat wystawy – pochodzący z Bolzano misiek ekwilibrysta Ernest; **c)** mini-katalog wystawy – nazwa eksponatu i jego 3–4-wyrazowy opis (autor GK). Źródło: A. Kamińska, rozprawa doktorska, *Efektywność dydaktyczna multimedialnych form nauczania fizyki*, Biblioteka Główna UMK, Toruń 2009

„Miś ekwilibrysta – śmiało jeździ po linie” – opis eksponatu z fot. 7.1b. „Lejek grawitacyjny: Gdzie kończą żywot gwiazdy” – mieliśmy na myśli czarne dziury. Inne opisy tego mini-katalogu wprowadzały bezpośrednio w odpowiednie prawa fizyki, np. prawo zachowania energii. „Pracowity dzięcioł: pracowicie schodzi i kuje” – mając na myśli zamianę energii potencjalnej w energię ruchu wahadłowego na sprężynie. „Jo-jo: Energia nie znika” – gdyż w tej „zabawce”¹ energia potencjalna zamienia się w energię kinetyczną, ale ruchu obrotowego, itd., itp. Wszystko na dwóch stronach reklamowej ulotki-katalogu.

Wystawa była zorganizowana jako wspólna inicjatywa autora i profesora Krzysztofa Ernesta z Uniwersytetu Warszawskiego, przy wsparciu Polskiego Towarzystwa Fizycznego poprzez grant Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego i Nauki i przy współpracy organizacyjnej Wydawnictwa „Prószyński i S-ka”. Metodologia tworzenia wystawy oraz jej cele dydaktyczne zostały opisane w oddzielnej publikacji². W dwóch miastach, w ciągu dwóch tygodni wystawę zwiedziło około 10 tys. osób. Wystawa nie byłaby możliwa bez zaangażowania się studentów ówczesnej Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku³, z której stopniowo wykształciła się kadra naukowa o wysokich kwalifikacjach. Odbiór wystawy był tak entuzjastyczny, że wiele z zaprezentowanych eksponatów corocznie jest pokazywanych na festiwalach nauki w Warszawie i w innych miastach Polski. Wystawa doczekała się niezliczonej liczby inicjatyw typu *spin-off*, przekraczającej najśmielsze oczekiwania pomysłodawców.

7.2. „Zabawki” dla naukowców, Białystok 1999

Kolejna edycja „Fizyki zabawek” odbyła się jako impreza towarzysząca XXXV Zjazdowi Polskiego Towarzystwa Fizycznego we wrześniu 1999 roku w Białymstoku. Wystawa została zorganizowana przez WSP w Słupsku jako odpowiedź na inicjatywę prof. A. Maziewskiego. Tym razem pomocą służyli uczniowie miejscowych liceów, a część eksponatów została bezpośrednio zakupiona za granicą. Aranżacja przestrzeni wystawowej była stosunkowo prosta – wszystkie eksponaty ustawione były w sekwencji w jednej sali.



Fot. 7.2. Wystawa „Fizyka Zabawek” w Białymstoku: **a)** J. Friedman – laureat Nagrody Nobla i A.K. Wróblewski zwiedzający wystawę; **b)** obsługę prowadzili uczniowie białostockiego liceum (fot. A. Okoniewska)

Na Zjeździe w Białymstoku pojawiła się też pierwsza publikacja komercyjna w zakresie „Fizyki zabawek”, w postaci kasety wideo red. W. Niedzickiego, a po Zjeździe Komitet Organizacyjny wydał publikację multimedialną, zob. ryc. 7.3. Istotnym postępem w stosunku do dwóch edycji z 1998 roku był zakup własnych eksponatów. Wykład autora towarzyszący

¹ Jo-jo jako eksponat dydaktyczny nosi nazwę wahadła Maxwella.

² T. Wróblewski, G.P. Karwasz, *Wystawa zabawek*, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/owyst/art01.html> (30.12.2011).

³ Oprócz osób wymienionych w podpisie pod fot. 7.1 w organizacji pierwszych edycji „Fizyki zabawek” uczestniczyli T. Wróblewski, K. Hubisz, M. Brozis, obecnie pracownicy Akademii Pomorskiej w Słupsku.

wystawie wzbudził żywe zainteresowanie. Uczestnictwo w Zjeździe PTF było okazją do zaprezentowania idei wystaw interaktywnych szerokiej społeczności fizyków polskich, wśród zwiedzających byli wybitni naukowcy polscy i zagraniczni, zob. fot. 7.2.

Opis wystawy pt. „Czy świat się kręci w prawo” – filozofia odniesienia eksponatu do szerszego kontekstu naukowego, został opublikowany w „Postęпах Fizyki”⁴. Pretekstem do sformułowania takiego tytułu było celtyckie czółenko – prawie symetryczne, ale kręcące się tylko w jedną stronę. Analogia dotyczy tzw. łamania symetrii w fizyce. Wszystkie prawa fizyki, tak klasycznej, jak i kwantowej (z jedynym wyjątkiem fizyki statystycznej), są doskonałe symetryczne. Film pokazujący kulkę puszczoną ruchem jednostajnym (bez tarcia) z lewa na prawo jest nie do odróżnienia od filmu wyświetlonego wstecz – zmieni się jedynie kierunek ruchu kulki. Mówimy, że *strzałka czasu* może również biec wstecz. Okazuje się, że w mikroświecie symetrie te są nie do końca doskonałe. Od połowy XX wieku wiemy, że cząstki i antycząstki (czyli np. elektron i jego dodatni partner – pozyton) nie do końca są symetryczne. Symetrię można przywrócić, jeśli założymy, że w antyświecie obroty w prawo odwracają się na obroty w lewo. Ale i taka *łączona* symetria ładunku (C) i parzystości (P) nie jest zachowana, co wiemy od lat 60. XX wieku. Wierzmy natomiast, że zachowana jest symetria CPT, ładunku–parzystości–strzałki czasu. Innymi słowy, w antyświecie obroty w prawo zamieniają się w obroty w lewo, a czas biegnie do tyłu! I to chcieliśmy pokazać.

Dla rozstrzygnięcia, czy w naszym świecie czas *musi* biec do przodu, w latach 90. ubiegłego wieku przeprowadzono w laboratoriach cząstek elementarnych (CERN i Fermilab) doświadczenia sprawdzające, czy rozpady pewnych cząstek elementarnych są symetryczne w czasie. Okazało się, że obserwowana asymetria jest niewielka, tak, jak symetryczne jest (prawie) czółenko celtyckie. Mimo to czas biegnie *tylko* do przodu, jak czółenko, które kręci się tylko w jedną stronę, zob. film na stronie internetowej⁵.



Fot. 7.3. Publikacja multimedialna z XXXV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Białystok, 20–23 września 1999 r. Źródło: A. Kamińska, rozprawa doktorska, *Efektywność dydaktyczna multimedialnych form nauczania fizyki*, Biblioteka Główna UMK, Toruń 2009

⁴ G. Karwasz, *Czy świat kręci się w prawo? Fizyka i zabawki*, XXXV Zjazd Fizyków Polskich, Białystok, 20.09.1999, „Postępy Fizyki”, 51/2000, zeszyt dodatkowy, s. 97, <http://postepy.fuw.edu.pl/zjazdy/Bialystok-1999/B2-spis.pdf> (30.12.2011).

⁵ G. Karwasz, *Celtyckie czółenko*, w *Fizyka zabawek*, PAP Słupsk, 2004, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/mech/kamien.html> (30.12.2011).

7.3. Szkolne laboratoria fizyczne, Gdańsk 2003

Wystawa „Fizyka zabawek” już w 1998 roku została szczegółowo opisana w materiałach internetowych Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku. Przyczyniło się to zasadniczo do szybkiego rozpowszechnienia idei prostych eksponatów do interaktywnego nauczania fizyki. Po pierwszych edycjach w 1998 i 1999 roku w Słupsku, Warszawie i Białymstoku pojawiły się podobne edycje interaktywne i internetowe – wystawiennicze na Festiwalach Nauki Uniwersytetu Warszawskiego, internetowe w Szczecinie, zaadoptowane przez Koło Naukowe Fizyki Uniwersytetu Szczecińskiego, sceniczne w Katowicach w Pałacu Młodzieży i w wielu innych miejscach. Zabawki fizyczne zostały opisane w szeregu artykułów, m.in. autorstwa prof. S. Bednarka z Uniwersytetu Łódzkiego, powstały dalsze materiały wideo *Fizyka zabawek*⁶.

W kolejnych edycjach wirtualnych eksponaty zostały dokładniej opisane na stronach internetowych Pomorskiej Akademii Pedagogicznej⁷ oraz na serwerze zagranicznym w dwóch wersjach językowych⁸. Jednocześnie dość niespójna pierwotna wystawa oparta na zbiorach prof. V. Zanettiego zaczyna rozwijać się w oddzielne tematyki⁹ oraz zostaje przedstawiona tak w formie wirtualnej, jak i obiektowej na międzynarodowych kongresach dydaktyki fizyki¹⁰.

Wiele z prezentowanych w kraju podobnych wystaw nie wносиło jednak postępu *merytorycznego* do tematyki wystaw interaktywnych. Z tego to powodu na kolejnym Zjeździe PTF, we wrześniu 2003 roku w Gdańsku zaprezentowano trzy wystawy pozornie podobne, z trzema różnymi *paradygmatami* działania. Było to niejako przygotowanie do rozdziału funkcji wystaw według triady zaprezentowanej w rozdziale III: **zabawa ↔ dydaktyka ↔ odkrycie naukowe**. Trzy wystawy, mające oddzielnych kuratorów¹¹ zostały przedstawione w trzech różnych salach na terenie Wydziału Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego.



Fot. 7.4. Wystawa „202 lata ogniwa Volty” na XXXVII Zjeździe Fizyków Polskich w Gdańsku – środowiskowe laboratoria dydaktyczne: **a)** elektromagnetyzm – przykłady lewitacji magnetycznej w układach o różnych więzach ; **b)** zestaw doświadczeń z elektrostatyki. (Fot. A. Okoniewska)

⁶ W. Niedzicki, *Fizyka zabawek*, Ambernet, 1999.

⁷ G. Karwasz i in., *Fizyka i zabawki*, PAP, Słupsk, 1998–2004, administrator A. Krzysztofowicz, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/>.

⁸ <http://www.karwasz.it/toys/intro/main-fr> (30.12.2011).

⁹ G.P. Karwasz, T. Wróblewski, V. Zanetti, *Toys in Physics*, INFM Meeting, National Congress on the Physics of Matter, Genova, 12.16.06.2000, Abstracts, s. 326.

¹⁰ A. Okoniewska, D. Pliszka, G.P. Karwasz, *Multimedia Tools in Teaching Science*, Eur. Workshop „Science and Mathematics Teaching for the Information Society”, UMK Toruń, 19–22.07.2000, Book of Abstracts, 261. A. Kurowska, T. Wroblewski, G.P. Karwasz, *Toys in Physics*, tamże, s. 285.

G. Karwasz, W. Niedzicki, A. Okoniewska, E. Rajch „*Multimedia Tools in Teaching Physics*”, II International GIREP Seminar „Quality Development in Teacher Education and Training”, Udine, 1-6.09.2003, Book of Abstracts, University of Udine, s. 69.

¹¹ Wystawę „Fizyka dla nauczycieli” prowadził dr M. Brozis i Koło Naukowe Fizyki Akademii Pedagogicznej w Słupsku „Tetrakis”, wystawę „202 lata ogniwa Volty” prowadziła mgr A. Okoniewska, doktorantka autora, wystawę „Na ścieżkach fizyki współczesnej” prowadzili autor i dr T. Wróblewski.

Wystawy w Gdańsku w 2003 roku miały dwie różne grupy odbiorców: uczniów, osoby indywidualne, zwiedzające wystawy pobieżnie, i nauczycieli, którzy rezerwowali czas wizyty z grupami szkolnymi z wyprzedzeniem. Z uwagi na ten dualizm, opisy eksponatów miały „awers” i „rewers”. Pierwszy, prosty, miał na celu przykuć uwagę zwiedzającego; drugi – pogłębiony, był adresowany do nauczyciela, zob. poniższy przykład.

Tresura jo-jo

AWERS

Nawijamy sznurek na szpulkę i trzymając za wolny koniec sznurka, upuszczamy swobodnie szpulkę. Szpulka, spadając, rozwija sznurek, co powoduje, iż wprowadzana jest w **ruch obrotowy**. Po całkowitym rozwinięciu się sznurka wspina się do góry, nawijając się z powrotem na sznurek. Spadanie i podnoszenie się jojo powtarza się cyklicznie, lecz za każdym razem szpulka wznosi się na coraz to mniejszą wysokość. Cała seria „wzlotów i upadków” trwać będzie jedynie kilka sekund.

Jeśli chcemy, by jo-jo „wracało do ręki”, powinniśmy nadać szpulce pewną prędkość początkową oraz w momencie całkowitego rozwinięcia sznurka pociągnąć sznurek ku górze.

„Tresura” jo-jo pozwoli nam na zapoznanie się z **zasadą zachowania energii** oraz zgłębienie zagadnień związanych z **kinematyką i dynamiką ruchu obrotowego**.

(i wyjaśnienie dla nauczyciela) REWERS

Bardziej „naukowo” jo-jo nazywane jest **wahadłem Maxwella**. Oryginalność tej zabawki polega na szczególnym *podziale* energii między **energię kinetyczną ruchu postępowego** i **ruchu obrotowego**. Dla przykładu, energia ruchu postępowego toczącego się walca wynosi $\frac{1}{2}mv^2$, a energia ruchu obrotowego $\frac{1}{4}mv^2$, czyli połowę.

W jo-jo, dzięki małemu promieniowi wewnętrznej szpulki, ta *partycja* jest inna – zakładając, że promień szpulki wewnętrznej wynosi $\frac{1}{2}$ promienia zewnętrznego (i równomierny rozkład masy), energia ruchu obrotowego jest większa (o czynnik 2) niż energia ruchu postępowego.

Występowanie energii ruchu obrotowego powoduje, że spadek ciała jest wolniejszy niż punktu materialnego. W przypadku punktu materialnego spadającego z wysokości h prędkość ta wynosi dla walca pełnego $v = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$, dla jo-jo o podanych rozmiarach $v = \sqrt{\frac{2gh}{3}}$, czyli nieco więcej niż połowę prędkości $v = \sqrt{2gh}$ dla punktu materialnego.

Pokazane jo-jo ma jeszcze jedną cechę – zawiera w środku układ elektroniczny wytwarzający dźwięk i światło. Układ jest włączany przez styki reagujące na **siłę odśrodkową**. Puść jo-jo powoli – zacznie grać w najniższym punkcie, w momencie szarpnięcia w górę, kiedy do siły odśrodkowej dodaje się siła wywierana przez sznurek. W ten sposób „mierzymy” wartość siły w **impulsie**, zgodnie ze wzorem, że popęd jest równy zmianie pędu

$$Ft = 2mv$$

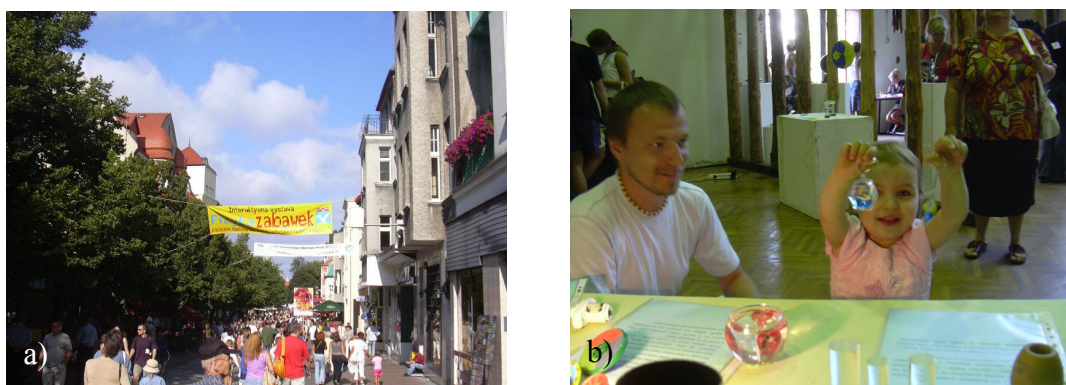
1) Wyjaśnienie, jaka jest „dokładna” wartość siły działającej występującej w powyższym równaniu, jest trudne. Za pomocą jo-jo można ją bezpośrednio zmierzyć tę. Styki układu elektronicznego składają się z małej masy umieszczonej na sprężynie; regulując odległość styków (wydłużenie sprężyny), można wybierać wartość siły włączającej układ.

2) Zawieszając jo-jo na sprężynie lub gumce, można pokazać, że przy tej samej zmianie pędu, jeśli wydłuża się czas (droga) „zderzenia”, maleją działające siły. Na tej zasadzie giętkie karoserie samochodów są bezpieczniejsze niż sztywne.

Siły włączające jo-jo są typowymi **siłami pozornymi** (bezwładności), jako że poruszające się jo-jo nie jest **układem inercyjnym**.

7.4. „W czasie deszczu dzieci się nudzą” – Sopot 2004

Rok po prezentacji interaktywnych form *dydaktyki* na XXXVII Zjeździe PTF w Gdańsku, przy znacznym zainteresowaniu władz Sopotu, zaproponowaliśmy wakacyjną wystawę dla szerokiej publiczności. Wystawa „Fizyka zabawek” została zorganizowana w sierpniu 2004 roku jako wspólna inicjatywa Urzędu Miasta Sopot i Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku. Nowatorskim celem postawionym przy organizacji tej edycji było podkreślenie funkcji *ludycznej*. Wystawa w założeniu miała jedynie marginalnie spełniać funkcję dydaktyczną (i z pełnym wykluczeniem funkcji naukowej). Z tego powodu na motto został wybrany cytat z piosenki Jeremiego Przybory „W czasie deszczu dzieci się nudzą”. Uzasadnieniem serio była chęć zapewnienia rozrywki (i nauki) turystom, a szczególnie dzieciom w czasie (niezbyt pogodnego zazwyczaj) bałtyckiego lata.



Fot. 7.5. Wystawa „W czasie deszczu dzieci się nudzą” miała siedzibę w dawnym budynku Biura Wystaw Artystycznych w Sopocie, w bezpośrednim sąsiedztwie mola. Wystawa uzyskała spore nagłośnień medialne: **a)** afisz na sopockim deptaku; **b)** wystawa była adresowana do dzieci, ale rodzice otrzymywali bilet wstępu gratis (fot. MK)

Wystawa została umiejscowiona w budynku Biura Wystaw Artystycznych, w bezpośrednim sąsiedztwie wejścia na sopockie molo. Była obsługiwana przez studentów PAP w Słupsku. Ogromne zainteresowanie tak dzieci, jak i dorosłych dało impuls do dalszych działań w Trójmieście. Sukces wystawy pokazuje, że powstanie centrów nauki w Polsce w pierwszych latach XXI wieku było powodowane autentyczną potrzebą społeczną.



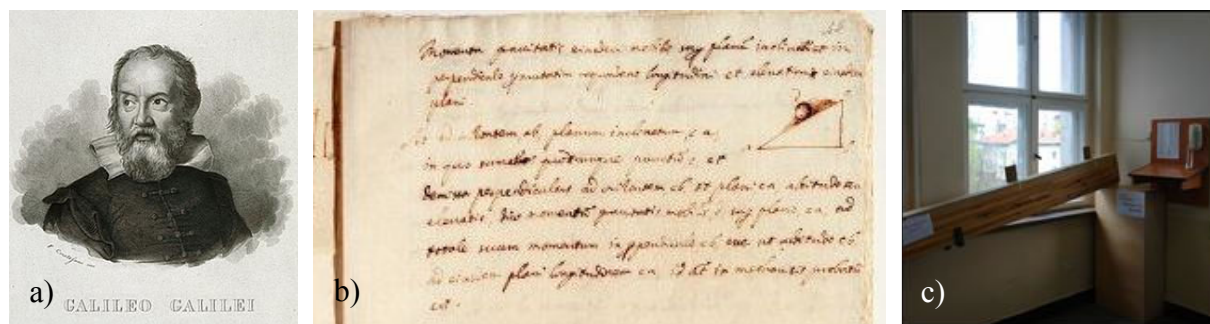
Fot. 7.6. **a)** Rodzic z trudem powstrzymuje się przed powiedzeniem dziecku: „Zostaw, ja ci to pokażę”. Dziecko w intuicyjny sposób próbuje, czy dwa wózki, lżejszy i cięższy, dogonią się na równi pochyłej. Odkrycie, że „prędkość” staczania się po równi nie zależy od masy ciała, dokonane przez Galileusza, uważa się za początek nowożytnej fizyki. „Fizyka zesła z nieba na ziemię po równi pochyłej Galileusza”; **b)** Dorośli we frenetyczny wręcz sposób korzystają z dostępu do „zabawek”.

7.5. „Z górki na pazurki” – Toruń 2007

Pierwszą wystawą autora na Uniwersytecie M. Kopernika w Toruniu był tunel dydaktyczny „Z górki na pazurki! Czyli wszystko o równi pochyłej Galileusza, innymi słowy jak energia potencjalna zamienia się w energię kinetyczną i jak się można przy tym dobrze bawić”, opisany wstępnie w par. 4.7. Wystawa jest monotematyczna – stawia jedno zagadnienie dydaktyczne i konsekwentnie je rozwija. Pytaniem wstępnym – obserwacją dydaktyczną – koncepcją było pytanie o równię pochyłą. Jest ona dobrze znana ze szkoły średniej jako „umysłowa tortura” w zakresie fizyki. „Na ciało na równi działają siły, jedna jest proporcjonalna do sinusa druga do cosinusa, ale która jest która tego tak dokładnie nie wiadomo.”

Dla udzielania odpowiedzi na zagadnienie dydaktyczne równi pochyłej sięgnąć przede wszystkim należy do pytania Galileusza, jakim ruchem jest spadek ciał. Galileusz nie korzysta z pojęcia przyspieszenia, które wprowadził dopiero Newton¹². Píše on:

*Ale to stwierdzenie ogólne nie ma żadnej wartości, jeśli nie wiadomo w jakich proporcjach rośnie prędkość, wniosek nieznany aż do naszych czasów dla wszystkich filozofów, a odkryty jako pierwszy i wykazany przez Akademika, **naszego wspólnego przyjaciela**: który w niektórych swoich rękopisach, jeszcze **niepublikowanych** a pokazanych w zaufaniu mnie i niektórym jego przyjaciołom wykazuje, jak **przyspieszenie ruchu prostoliniowego** spadających ciał odbywa się w **porządku kolejnych liczb nieparzystych**, to znaczy zaznaczywszy jakie i ile równych czasów chcemy, jeśli w pierwszym czasie, ruszając ze stanu spoczynku, przybędzie określony odcinek, na przykład **jedną** długość lufy, w drugim czasie **trzy** lufy, w trzecim **pięć**, w czwartym **siedem**, i tak sukcesywnie w porządku kolejnych liczb nieparzystych, co w sumie jest tym samym, co powiedzieć, że odcinki przebyte przez ciało, ruszając ze spoczynku, mają się do siebie w proporcji podwójnej w stosunku do czasów w jakich te odcinki są mierzone, lub możemy powiedzieć że odcinki przebyte mają się do siebie jak kwadraty czasów¹³.*



Fot. 7.7. Strona tytułowa wersji internetowej wystawy „Z górki na pazurki”: protagonista, dzieło, realizacja praktyczna: **a)** portret Galileusza; **b)** fragment rękopisu z rozważaniami o ruchu po równi, zbiory Museo della Scienza, Florencja; **c)** równia z dzwonekami rozłożonymi we wzajemnych odległościach jak kolejne liczby nieparzyste (konstrukcja PDF UMK, koncepcja wystawy GK, fot. KS)

Opis Galileusza, że drogi przebyte w kolejnych odcinkach czasu mają się do siebie jak kolejne liczby nieparzyste, znowu należy uznać za „przypadłość” matematyczną, a nie za wiedzę dydaktycznie niezbędną¹⁴. Istota dydaktyczna równi pochyłej polega na tym, że jest ona niejako „rozcieńczoną” grawitacją – jeśli równia jest ustawiona (prawie) pionowo, ruch jest spadkiem swobodnym, jeśli jest ustawiona poziomo, ciało nie przyspiesza (porusza się ruchem

¹² W dużej mierze dla Newtona pojęcie przyspieszenia, czyli stosunku przyrostu prędkości do interwału czasu, innymi słowy, pochodna prędkości po czasie, było sposobem na rozwinięcie nowego działu matematyki – rachunku różniczkowego. Współczesna tendencja dydaktyczna jest inna – przedstawiania przyspieszenia nie jako pochodnej prędkości, ale przyrostu prędkości jako wyniku ruchu z przyspieszeniem. Zob. G. Karwasz, K. Rochowicz, M. Sadowska, *Toruński poręcznik do fizyki. Gimnazjum, klasa I. Mechanika*, Wyd. Naukowe UMK, 2009, s. 52.

¹³ Galileo Galilei, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, Oscar Mondadori, 1996, s. 231–232. Tłumaczenie G. Karwasz, z zachowaniem oryginalnej interpunkcji Galileo Galilei.

¹⁴ Droga jest proporcjonalna do kwadratu czasu; biorąc dwa kolejne odcinki, czasu różnica przebytych dróg wynosi $(n+1)^2 - n^2 = (2n+1)$, co z definicji jest liczbą nieparzystą.

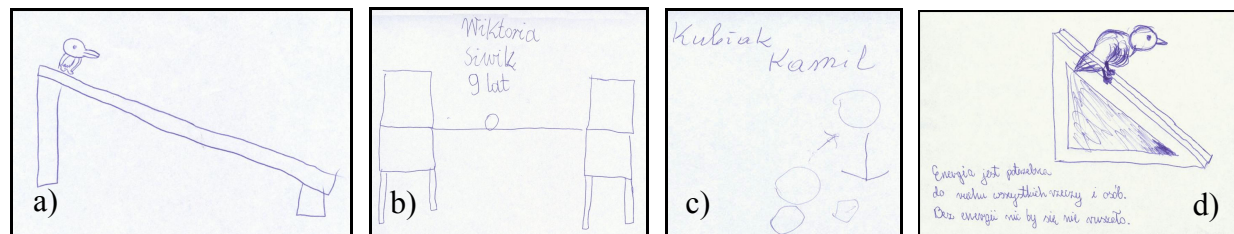
jednostajnym). Kolejne pytania o przyczynę ruchu (= energia potencjalna i możliwość jej zamiany na energię kinetyczną), o tarcie (tj. przyczynę, że ruch, który powinien być zawsze przyspieszony, jak zjazd sanek z góry, jest po początkowym przyspieszeniu ruchem jednostajnym), o inne formy energii kinetycznej (np. energia ruchu obrotowego), inne formy energii potencjalnej (np. energia naciągniętej sprężyny) dają *ścieżkę* dydaktyczną nie tylko przez zagadnienia ruchu przyspieszonego, ale ogólnie przez kinematykę i dynamikę ruchu punktu (i bryły) materialnego.



Fot. 7.8. Tunel dydaktyczny „Z góry na pazurki”, UMK 2007: **a)** niezbyt estetyczny korytarz ZDF UMK udało się zamienić w „dżunglę” do zabaw interaktywnych; **b)** obiekty zostały pogrupowane według zagadnień fizycznych – tu spadające kulki wprowadzają w ruch ptaszki i pajacyka, energia potencjalna kulki jest tracona stopniowo; podpis głosi: „Z góry na pazurki, pomiędzy dziobami”; **c)** wyścigi samochodów to pozornie czysta funkcja ludyczna; w rzeczywistości, aby pokonać pętlę śmierci, samochód musi набrać prędkości na torze odpowiednio wcześniej; nawet maksymalne możliwy prąd z zasilacza włączony w ostatnim momencie przed pętlą nie dostarcza odpowiedniej ilości energii kinetycznej niezbędnej do pokonania pętli (koncepcja, zbiory, realizacja GK, fot. KS)

Opisy eksponatów były bardziej niż lakoniczne: wszystkie zawierały wstęp „Z góry na pazurki”, a różne rozwinięcia, np. „ale krokami”, „ale z obrotami”, „a czasem pod górkę”. Opisy te oczywiście oddawały ukryte zagadnienie dydaktyczno-fizyczne, zob. fot. 7.8. I tak „ale krokami” – to tzw. schodzące po równi drewniane zwierzaki, „ale skokami” – to schodzące dziecięty, „Pod górkę, ale leniwie” – to pęcherzyk w rurce z lepłą cieczą (= ruch jednostajny), „Ze zderzeniami, ale pod górkę” – to opisane w par. 3.5 zderzenia nad-sprężyste kulek itd.

Wystawa „Z góry na pazurki” miała na UMK kilka reedycji dla różnych grup wiekowych. Rozwinęła się w interaktywną ścieżkę wykładową pod tym samym tytułem, przeznaczone dla dzieci, w ramach Uniwersytetów UniKids. Aspekty pedagogiczne są omówione w rozdziale III, a reakcje dzieci przedstawione na fot. 3.16. Wyniki dydaktyczne, w postaci spontanicznych relacji w długim odstępie czasu po wykładzie (pół roku), są naprawdę zaskakujące, zob. ryc. 7.9 i stały się podstawą kilku opracowań naukowych autora.



Fot. 7.9. Relacje własne („Narysuj, co zapamiętałeś!”) z wykładu „Z góry na pazurki” dla UniKids w Brzegu i Namysłowie po upływie pół roku od wykładu: **a)** fotograficzne odzwierciedlenie doświadczenia (8 lat); **b)** doświadczenie najbardziej istotne, wprowadzające w zasadę zachowania energii; **c)** wektorowe przedstawienie doświadczenia ze zderzającymi się piłeczkami (8 lat); **d)** opis, oddający istotę wykładu – „Energia jest przyczyną ruchu ciała” (12 lat).

7.6. „Fiat Lux!” – Toruń 2008

Szczególnie trudne jest stworzenie wystawy, która łączyłaby w sobie wszystkie trzy funkcje: poznawczą, dydaktyczną i zabawową. Przykładem realizacji tego rodzaju wystawy w warunkach dość ograniczonych środków jest „Fiat Lux! Zabawy ze światłem. Od Witelona do tomografu optycznego”. Wystawa ta, w dużej mierze oparta na zbiorach autora i zorganizowana wspólnie przez Instytut Fizyki UMK i Muzeum Okręgowe w Toruniu, była prezentowana w okresie od maja do września 2008 w Ratuszu Staromiejskim w Toruniu, w okresie od października 2008 do lutego 2009 w Centrum Nauki „Hewelianum” w Gdańsku, a w okresie od marca 2009 do września w Obserwatorium Astronomicznym w Olsztynie.

Witelo to średniowieczny uczony pochodzący ze Śląska i definiujący się jako „syn turyńczyka i Polski”, znacznie lepiej znany dziś we Włoszech i Anglii niż w Polsce. Dzieła Witelona, w tym 10 ksiąg *Perspektyw* liczących w sumie ponad 700 stron druku, dopiero teraz są tłumaczone na język polski. *Perspektywy* były obowiązującym w Europie podręcznikiem optyki aż do czasów Keplera, który napisał pracę pt. *Komentarz do Perspektyw*. Z prac Witelona na pewno więc korzystali i Galileusz, i Kopernik, a następnym podręcznikiem optyki było dopiero dzieło Newtona z 1703 roku. Kopie (manuskrypty) *Perspektyw* są dzisiaj w bibliotekach Uniwersytetu w Oxfordzie, Paryżu i Bibliotece Watykańskiej. Tłumaczenie dzieła Witelona na język polski zajęło prawie 20 lat ekipie naukowej obejmującej historyków i latynistów, fizyków i lekarzy. Niestety, dzieło to pozostaje nieznane dla szerszego ogółu publiczności, a nawet dla studentów fizyki i pracowników naukowych.



Fot. 7.10. „Fiat Lux! Od Witelona do tomografu optycznego” – przykład interdyscyplinarnego paradygmatu dydaktycznego na pograniczu fizyki, historii, filozofii, sztuki. Wystawa miała charakter plakatowo-interaktywny: **a)** stylizowana sylwetka Witelona (autor M. Kłosiński), w głębi instrumenty do badania prostoliniowego rozchodzenia się światła (wg A. Bielskiego); **b)** przestrzeń wystawiennicza, na pierwszym planie dwusoczewkowa, interaktywna luneta. Koncepcja, eksponaty, realizacja GK, część historyczna M. Kłosiński. Muzeum Okręgowe w Toruniu, maj–wrzesień 2008 (fot. MK)

Niejako z hermetyczności dzieła Witelona wzięła się motywacja do działań dla jego szerszej popularyzacji. Nie jest to łatwe zadanie w przypadku prac z XIII wieku pisanych w diametralnie różnej od dzisiejszej kulturze i po ponad siedmiu wiekach intensywnego rozwoju nauki, w tym szczególnie fizyki. Większość twierdzeń naukowych Witelona straciło na aktualności, a inne są po prostu oczywiste dla dzisiejszego odbiorcy. Niełatwym zadaniem było więc poszukiwanie elementów ponadczasowych, interesujących dla widza w dzisiejszym, multimedialnym świecie.

Witelo, zgodnie ze swą epoką, używa terminologii Arystotelesa w opisie zjawisk. Wyjaśniając na przykład *widzenie przestrzenne brył* na podstawie oglądu fragmentarycznego, Witelo nie pisze o „złudzeniach optycznych”, ale o „zdolności osądzającej duszy”. W charakterystyczny też dla swej epoki sposób Witelo konstruuje dzieło o optyce w formie traktatu

dedukcyjnego, a nie indukcyjnego, tak jak *Geometria* Euklidesa. Ten aksjomatyczno-dedukcyjny sposób wyjaśniania jeszcze kilkadziesiąt lat temu znajdował miejsce w podręcznikach geometrii, dziś natomiast jest zupełnie anachroniczny. Niezbędne jest więc połączenie tego sposobu rozumowania z percepcją współczesną. W wystawie „Fiat Lux” podjęliśmy zadanie nawet bardziej ambitne: przekonania widza, że odpowiedź na pewne jego pytania, mimo całej dzisiejszej znajomości nauki, daje właśnie dzieło Witelona.

To trudne zadanie zostało zrealizowane przez skonstruowanie złożonej ścieżki edukacyjnej, obejmującej obiekty interaktywne, elementy żartu edukacyjnego, dzieła sztuki oraz wyjaśnienia Witelona na końcu tej ścieżki. Jej głównymi elementami są figury wypalone we wnętrzu szklanego prostopadłościanu, które można oglądać jednocześnie z trzech stron, fot. 7.11a. Kolejnym elementem jest odwołanie się do kubizmu, np. u Picassa, jako przejawu prób oddania bryły trójwymiarowej na płaszczyźnie obrazu (np. gitary). Następnym elementem na kolejnym słupku wystawowym jest wklęsły obraz ludzkiej twarzy, fot. 7.10c; widzowie są przekonani, że widzą obraz prawidłowy, czyli wypukły. Dopiero spojrzenie z boku wyprowadza ich z błędu. Na koniec, na plakacie, odwołujemy widzów do tekstu z rozprawy Witelona, podanego tu wyżej.



Fot. 7.11. „Fiat Lux! Od Witelona do tomografu optycznego” – wariacje na temat, skąd się bierze obraz trójwymiarowy: **a)** profil kota wypalony w kostce szkła możemy oglądać z trzech stron naraz; **b)** „Od Witelona do Picassa”, czyli w poszukiwaniu sposobu na przedstawienie różnych projekcji tego samego przedmiotu; z prawej plakat z wystawy Picassa w Berlinie, 2005; **c)** wklęsły profil twarzy wydaje się wypukły; to złudzenie jest silniejsze niż wiedza, że oglądamy „negatyw”. Zbiory i treść plakatu GK, współpraca T. Wróblewski (fot. MK)

Interdyscyplinarne ścieżki edukacyjne

Widzenie trójwymiarowe w interpretacji Witelona, w poszukiwaniach artystycznych Picassa i w złudzeniach optycznych to tylko jedna z kilku ścieżek interdyscyplinarnych na wystawie. Konieczność stworzenia takich ścieżek wynikała z szerokiego przekroju publiczności, jakiej należało oczekiwać na wystawie w Ratuszu Staromiejskim. Można było spodziewać się publiczności w dużej mierze przypadkowej (poza oczywiście wycieczkami szkolnymi obsługiwanymi przez doktorantów UMK). Więcej, należało spodziewać się publiczności, która wyszła właśnie ze zwiedzania dzieł sztuki w Ratuszu. Z tego też powodu układ wystawy był w dużej mierze zdeterminowany przez konieczność zapewnienia odpowiednich wrażeń estetycznych. I tak naprzeciw wejścia umieszczone były trzy lampy dające kolorowe cienie zawieszonego pod sufitem ptaka. Na samym zaś suficie promień lasera kreślił esy-floresy, w rzeczywistości zaś obrazy drgań harmoniczych, tzw. figury Lissajoux.

Interdyscyplinarne ścieżki dydaktyczne obejmujące lunetę Galileusza (i inne rekwizyty interaktywne, lunetę Keplera i teleskop Newtona) połączoną z plakatem o Koperniku i jego przyrządach do pomiarów astronomicznych zatytułowano „Mędrca szkiełko i oko”. Cytując

Mickiewicza, przywołujemy jego doświadczenie na Uniwersytecie w czasach Śniadeckich, gdzie na początku XIX wieku „szkiełko” Galileusza było jeszcze nowością naukową. Podobnie zabawy z kolorami, zaczynające się od pryzmatu wodnego Goethego. Rozszczepienie światła białego na poszczególne kolory opisane przez Hooke’a dla baniek mydlanych, a następnie wyjaśnione matematycznie przez Newtona, zostało inaczej zinterpretowane przez Goethego.



Fot. 7.12. „Fiat Lux! Od Witelona do tomografu optycznego” – interdyscyplinarne ścieżki dydaktyczne: **a)** pryzmat wodny Goethego z czarno-białymi figurami na ekranie obok obrazów impresjonistów i składania kolorów z rzutnika światła (zbiory PDF UMK); **b)** szkolna ława optyczna (funkcja dydaktyczna), zwierciadła, podczerwień (funkcja ludyczna) z przesłoną z krzemu (funkcja naukowa); plakat odnosi się do zjawisk atmosferycznych i pośrednio do dzieła Witelona (fot. MK)

Dla tego wielkiego poety, z zamiłowania również naukowca, powstawanie kolorów nie mogło wynikać jedynie z *przepisu* matematycznego, ale musiało mieć „przyczynę sprawczą”¹⁵. Dla Goethego zjawisko rozszczepienia światła miało powód nie fizyczny, ale filozoficzny, aby nie powiedzieć etyczny. Newton, aby zaobserwować kolory, kierował (w warunkach zaciemnienia pokoju) wąską wiązkę światła na pryzmat. Goethe zauważył, że kolory pojawiają się nawet w warunkach braku zaciemnienia, ale wówczas, gdy obserwuje się obraz składający się z naprzemiennych pasów jasnych i ciemnych. Kolory pojawiają się tylko na granicy między częścią czarną i białą obrazu, tak jakby to ciemność walczyła z jasnością. Dla Goethego kolory były więc przejawem walki dobra ze złem. Dzisiaj wiemy, że aby pokazać kolory, albo ekran musi być czarny (jak w telewizorze), albo biały. Jest to więc tylko kwestia *tła*, a nie filozoficznych sporów. Odniesienia do poezji i filozofii znalazły oczywiście największe uznanie u nauczycieli i studentów nauk humanistycznych.

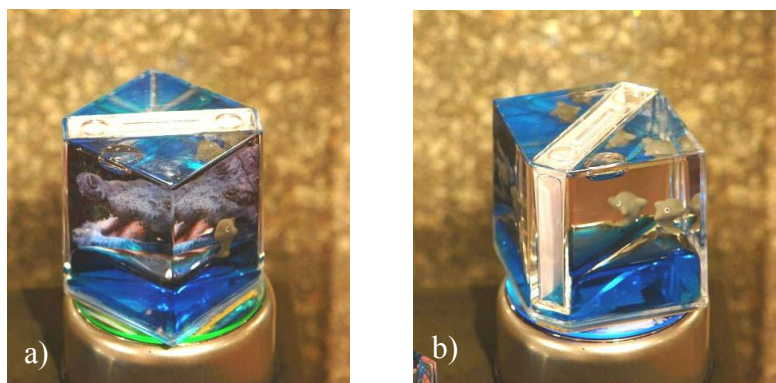
Doświadczenie dotykane a doświadczenia bacznie obserwowane

Brak prawdziwych obiektów (zabawek dydaktycznych, wyposażenia laboratoryjnego) w zabawach pozaszkolnych i nauczaniu szkolnym wytwarza u młodzieży wręcz neurasteniczną konieczność bezpośredniego dotykania obiektów i eksperymentowania z nimi, nawet w sposób nie do końca przemyślany. I rzeczywiście kilka stanowisk, jak stoły z kolorowymi bączkami i kalejdoskopami, było celowo zaplanowane po to, aby pozwolić widzom na spontaniczne, choć nie zawsze celowe eksperymentowanie. W odróżnieniu jednak od wielu naszych poprzednich wystaw dydaktycznych, wystawa z optyki zawierała szereg obiektów szczelnie zamkniętych za szkłem. Zapraszaliśmy natomiast widzów, aby zamiast kręcić obiektami, kręcili głową, w przenośni, ale i dosłownie. Na wszystkich gablotach były zaznaczone strzałkami miejsca, z których należy patrzeć i w jakim kierunku. W ten sposób widz był

¹⁵ Tu znowu znajdujemy się w połowie drogi między interpretacją Arystotelesa a niewyjaśnialnymi „przyczynowo” fenomenami fizyki współczesnej, takimi jak splątanie fotonów, teletransport czy nawet sama mechanika kwantowa.

zmuszony do twórczego poszukiwania zjawiska, a nie tylko do jego biernej rejestracji. W tym celu kilka stanowisk było też wyposażonych w ruchome podstawki, tak aby obraz był dynamiczny i aby scenariusz poznawania zjawiska konstruował się niejako spontanicznie.

I tak dla przykładu zamiast opowiadać o zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia, czyli o tym, że powyżej pewnych wartości kąta padania promień światła nie wychodzi z ośrodka optycznie gęstszego, skonstruowaliśmy historyjkę o krokodylu i delfinku, fot. 7.10. Historyjka na tyle prosta i „mroząca krew w żyłach” (czy krokodyl połknie delfinka?), że widzowie, nawet najmłodszy nie odrywali oczu od obrotu kostki. To, co było odkryciem naukowym dla dzieci (znikanie obrazu po przekroczeniu pewnego kąta obserwacji), dla dorosłych zmieniało się w odczucie zadziwienia: „Jak to możliwe, że nigdy takiego czegoś nie zauważyłem?”. W ten sposób przekaz edukacyjny jest jednocześnie zaproszeniem do własnych obserwacji, swego rodzaju własnego poszukiwania i formułowania praw natury. Przekaz naukowy jest wzmocniony przeżyciem emocjonalnym oraz przeżyciem zapadającym w podświadomość.



Fot. 7.13. Wystawa „Fiat Lux” – scenariusze dramatyczne: **a)** „Czy krokodyl połknie delfinka?”; **b)** „A gdzie się podział krokodyl?” Obracająca się kostka z cieczą i zdjęciem krokodyla staje się przykuwającą oczy (*eyes-on*) historyjką o zjawisku optycznym całkowitego wewnętrznego odbicia. Krokodyl znika, kiedy widz obserwuje go pod małym kątem (w stosunku do wewnętrznej powierzchni granicznej powietrze–ciecz) (konceptcja, eksponat i fot. MK)

W oczach zwiedzających

Oceny zwiedzających spontanicznie wpisywane do dziennika wystawy stanowią jej niezależną recenzję. Spośród ponad 50 stron wpisów wybraliśmy przede wszystkim te, które zdradzają niewyrobioną rękę dziecka, lub komentarze rodziców (pisownia oryginalna).

„Jestem uczniem 5 klasy i uważam że wystawa jest bardzo fajna najbardziej podobało mi się to że można było dotykać eksponaty”

„Po zwiedzeniu górnych kondygnacji ze sztuką i malarstwem – syn był zadowolony, ale nieco zmęczony. Kiedy zszedł na dół i zagłębił się w ‘królestwo iluzji’ ożywił się i był oczarowany ciekawostkami. Dziękujemy za ciekawą i pouczającą wystawę jak zainteresować i ożywić naukę dzieci – nawet na wakacjach. Mama z 11-letnim Maksymilianem”

„Mieszkam w Irlandii tutaj jest Super! Oliwia”.

„Super sprawa, nasza Anusia bawiła się godzinami poznając spektrum zastosowania naiwności ludzkiej poprzez odbiór sercem. Dało to nam dowód, iż świat należy odbierać sercem.”

„Supcio wystawa!!! Tyle jest ciekawych rzeczy, o których dotychczas nie miałam pojęcia. COOL! Aśka 12 lat”

Wpisy dorosłych ogólnie też były bardzo pozytywne, ale wyraźnie odwołujące się do istniejącego u odbiorcy uprzedniego doświadczenia.

„Doskonała wystawa, przypomniła mi okres nauki i nadzwyczajne doznania przy doświadczeniach prowadzonych la lekcjach fizyki i chemii. Dziękuję!”

„Wierzę w „cuda na kiju’!”

Jeszcze inne były wpisy obcojęzyczne, również bardzo pochlebne i zdradzające znaczne obycie z wystawami.

„This is brilliant. Thank you for your thorough explanations. David, London”.

„I have seen better but other than that it was really good”

Najkrótszą recenzję wyraził jednak mężczyzna, przypuszczalnie bezrobotny, przypadkowo zwiedzający wystawę poza godzinami otwarcia:

„Panie! Jakie to ciekawe! Aż się w oczach kręci!”

Pamiętając o najmłodszych

Rozważania o filozofii Arystotelesa i Euklidesa, poezji Goethego i Mickiewicza z łatwością przeistoczyć mogły wystawę w nudnawy spacer za rękę z rodzicami. Mając na uwadze ponownie szeroki przekrój zainteresowań widza oraz fakt, że w okresie długich weekendów wiosennych i lata wielu ze zwiedzających to rodzice z małymi dziećmi, ścieżki dydaktyczne i obiekty artystyczne były wymieszane z wypami typu „zabawownia”. Obiektami przeznaczonymi głównie do zabawy dla najmłodszych były na przykład trzy duże grające bączki, kolorowe i dostarczające najwięcej zajęć małym dzieciom, fot. 7.14. Możliwość nieskrępowanej zabawy na poważnej wystawie w muzeum toruńskim zadziwiała przede wszystkim osoby dozorujące, przyzwyczajone do dyrektyw zakazujących zbliżania się do jakiegokolwiek obiektu muzealnego. I w tym również należy upatrywać funkcji edukacyjnej wystawy „Fiat Lux”.

Wyspy zabawowe były przewidziane dla różnych grup wiekowych. Bączkami najchętniej bawiły się dzieci w wieku 2–3 lat, siedząc na zabytkowej posadce. Kolorowymi cieniami zabawiały się starsze dzieci przedszkolne a już dzieci szkolne wołały okulary dyfrakcyjne, dające całą tęczę kolorów. Przedśionek wystawy, bez żadnych obiektów do oglądania, służył wprowadzeniu do zagadnień optyki. Wprowadzenie odbywało się przez odwołanie do dotychczasowej wiedzy uczniów, np. o konstrukcji okularów, o kolorach tęczy itd. Dopiero po sformułowaniu hipotez dotyczących powstawania obrazów w okularach, naturze kolorów uczniowie byli wprowadzani na właściwą wystawę. Dla młodzieży licealnej pytanie o kolory dotyczyło doświadczenia Newtona, dla dzieci przedszkolnych pytanie dotyczyło farbek wodnych i tęczy po deszczu.



Fot. 7.14. „Zabawy z kolorami” stanowiły część ścieżki dydaktycznej o kolorach podstawowych i uzupełniających: **a)** składanie kolorów przez składanie filtrów; **b)** składanie kolorów w wirujących bączkach. Jednocześnie stanowiska z kolorami stanowiły dla dzieci „przystanek” zabawowy, gdzie funkcja dydaktyczna i poznawcza ustępowały miejsca rozrywce (fot. MK)

Na wystawie „Fiat Lux” widz-uczeń był niejako zmuszony do przygotowania „schematu myślowego”, na wzór formy odlewniczej, do której nowa treść na wystawie była następnie wlewana jak płynny metal. W ten sposób eksperymentowanie przez dotykanie, *hands-on*

zmieniało się w eksperymentowanie przez rozumowanie, *minds-on*, a poszukiwanie indukcyjne – w tworzenie wiedzy metodą dedukcyjną. Edycje regionalne okazały się nie mniej twórcze.

7.7. „Fiat Lux!” – edycje regionalne

Wystawa „Fiat Lux!” od kwietnia 2008 roku do kwietnia 2012 miała dziesięć edycji. Każda z nich była niepowtarzalna i odzwierciedlała specyfikę muzeum przyjmującego. W ten sposób ta sama zawartość (eksponaty) przyjmowała nowe znaczenia treściowe i wizualne. Jednocześnie nowa, niespotkana wcześniej forma wystawowa – interaktywna, fizyczna i dla młodzieży, wymagała od instytucji przyjmujących znacznej adaptacji istniejących zasobów i umiejętności, tak aby sprostać skomplikowanym, interdyscyplinarnym zadaniom.

Pierwsza z edycji poza Toruniem odbyła się w Centrum „Hewelianum” w Gdańsku¹⁶, gdzie zajmowała pierwsze piętro zaadaptowanych zabytkowych koszar. Podobnie jak w Toruniu, podział na nisze, tym razem o białych ścianach, pozwolił na wydzielenie „wysp” tematycznych: zjawiska odbicia, załamania, soczewki, powstawanie kolorów. Duża ilość światła (południowa wystawa okien) nadała nowy walor eksponatom szklanym – piramidy i kule Swarovskiego oraz filtry interferencyjne, fot. 7.15., mieniły się wszystkimi barwami. Cytowana już wypowiedź przypadkowego widza „Aż się w oczach kręci” pochodzi właśnie z edycji w Gdańsku. Współpraca z nowo-powstałym Centrum była też ważnym doświadczeniem organizacyjnym, tak dla gospodarzy, jak i autorów wystawy.



Fot. 7.15. „Fiat Lux!” w Centrum „Hewelianum” w Gdańsku, październik 2008 – styczeń 2009: **a)** przestrzeń wystawowa pełna światła pozwoliła wyeksponować gry kolorów w szkłe; **b)** w bryłach Swarovskiego i filtrach interferencyjnych różne kolory pojawiają się w zależności od kąta patrzenia (fot. MK)

W Olsztynie gospodarzem wystawy było Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne; wystawa mieściła się w dopiero co odnowionej wieży Obserwatorium. Układ pięter zdecydował o aranżacji ekspozycji – już nie nisze tematyczne, ale ciąg chronologiczny – od odkryć Witelona i lunet Galileusza (fot. 7.16a), przez prawa załamania z epoki Kartezjusza i artystyczne bryły szklane wykorzystujące te prawa, po interferometr Michelsona z XIX w. i współczesny toruński tomograf optyczny na najwyższej kondygnacji.

W organizację wystawy w Olsztynie aktywnie zaangażował się cały personel Instytucji, pomagając w ustawieniu obiektów i uczestnicząc w przeprowadzonych przed otwarciem szkoleniach merytorycznych, fot. 7.16b. Wykład dla szerokiej publiczności koncentrował się na opisanych wcześniej aspektach złudzeń w obrazach trójwymiarowych, czyli omawiał prawa załamania światła i zagadnienia sumowania kolorów, ale nosił tytuł zapożyczony z literatury „Uśmiech kota bez kota”.

¹⁶ Zob. par. 8.4 dla szczegółowego opisu tej instytucji.



Fot. 7.16. „Fiat Lux!” w Olsztynie: **a)** kondygnacje wieży Obserwatorium pozwoliły na skonstruowanie ścieżki historycznej zaczynającej się od czasów Witelona, Kopernika i Galileusza; **b)** wykład pt. „Uśmiech kota bez kota” dla pracowników Planetarium – przykład kantowskiej koncepcji poznania: najpierw konieczność zaistnienia nowej kategorii umysłu, później jej wyjaśnienie (fot. MK)

Przy okazji edycji olsztyńskiej powstała też nowa forma wirtualna – sekwencja pytań i odpowiedzi. Dotyczy ona dość skomplikowanych zagadnień postrzegania kolorów, naukowo – spektroskopii optycznej. Żartobliwy tytuł „Jakiego koloru jest różowa lampka?”¹⁷ ma na celu ukazanie interlokutorowi internetowemu ułomności wrażeń wzrokowych. O ile ludzkie ucho jest w stanie rozróżnić *widmo* dźwięku, czyli np. poszczególne instrumenty w orkiestrze symfonicznej, oko ludzkie łatwo oszukać. Przykładowo, kolor żółty i złożenie koloru czerwonego z zielonym są dla większości ludzi nierozróżnialne. Wykład-żart na tym bazuje – w widmie (różowej) lampy helowej jest wiele linii składowych, na przykład kolor zielony. Ten sam kolor jest w widmie czerwonej lampy neonowej. Zabawa, ale bardzo naukowa.

Legnica, wrzesień 2009–styczeń 2010

Legnica jest miastem, gdzie (przypuszczalnie) Witelon spędził ostatnie lata życia. Gospodarzem wystawy w tym mieście było Muzeum Miedzi. Muzeum to prowadzi bardzo szeroką działalność wystawienniczą. Tematem przewodnim wielu wystaw jest miedź, ale częścią tej instytucji jest też Muzeum Bitwy Legnickiej.

Muzeum Miedzi nosi imię Witelona. Wystawa „Fiat Lux” była pierwszym tego typu przedsięwzięciem interaktywnym w Muzeum. Kuratorem miejscowym był specjalista archeolog. Pierwszymi zwiedzającymi była grupa wybranych licealistów zainteresowanych fizyką; zabawa z soczewkami okazała się nie tylko rozrywką, ale także pretekstem do konstruowania dwusoczekowych instrumentów optycznych: teleskopu i mikroskopu, zob. fot. 7.17.

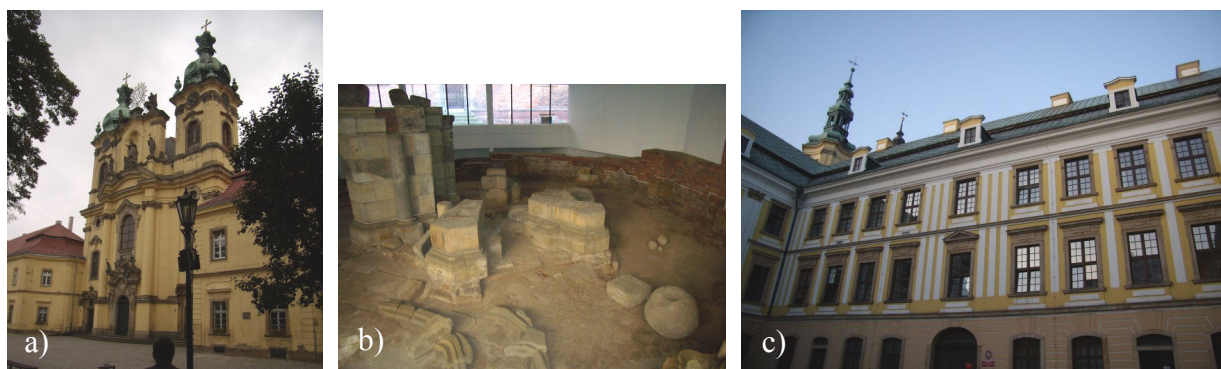


Fot. 7.17. „Fiat Lux” w Muzeum Miedzi w Legnicy: **a)** od funkcji ludycznej: „Ale fajnie powiększa ta soczewka!”, do **b)** funkcji dydaktycznej eksponatu: „Zbadajmy, jaki obraz powstaje, gdy przybliżymy obiekt do soczewki”; **c)** zwierciadło wypukłe (górne) i wklęsłe (dolne) przy pewnej odległości dają podobne obrazy, oba nieodwrócone, choć pierwszy z nich pomniejszony (koncepcja i fot. MK)

¹⁷ G. Karwasz, *Różowa lampka, czyli 3-minutowy wykład o o kolorach, widmach, spektroskopii atomowej, fizyce kwantowej, chemii*, UMK Toruń, 2008, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Rozowa_lampka.pdf.

Sama Legnica jest miastem o niezwykle ciekawej historii, o potencjalnie wielkich walorach kulturowych, wykraczających poza polskie ramy narodowe. Henryk Pobożny, który poległ w bitwie z Tatarami w 1226 roku, bez wątpienia zasługuje na miano bohatera europejskiego. Opuścił bezpieczne mury miasta aby zagrozić drogę nawałnicy wojennej, która dotarłaby zapewne do Paryża. Zginął zdradzony przez wojska własnego brata, który wycofał się do miasta. Obrona Legnicy nie była jednak tylko symboliczna – był to rodzaj krucjaty, tyle że miejscowej. Być może na terenie Zamku Piastowskiego chronione były relikwie, może nawet Krzyża Świętego. Świadczyłyby o tym monumentalne, jak na średniowiecze, rozmiary ortogonalnej kaplicy (podobnej do baptysterium w Parmie), znajdującej się na Zamku.

Brak jednak w mieście Legnicy ścieżki narracyjnej dla potencjalnego turysty, nie widać też autokarów z młodzieżą. Księstwo, zarządzane najdłużej przez pierwszą polską dynastię, Piastów, w wielu innych krajach uczyniłoby z tego faktu oś atrakcji turystycznej. Samo Muzeum Bitwy Legnickiej, nieco zapomniane, położone poza miastem, mogłoby się stać miejscem panoramicznego, trójwymiarowego kinowego spektaklu batalistycznego, ze świstem strzał i rżeniem koni – wirtualnym starciem historycznych cywilizacji.



Fot. 7.18. Legnica jest miastem unikalnym ze względu na swoją niezwykle historię: **a)** naprzeciw niepozornego Muzeum Bitwy Legnickiej stoi przepiękny kościół w stylu najlepszego baroku praskiego; **b)** odkopane ostatnio fundamenty kaplicy na dziedzińcu zamku zadziwiają rozmiarami i starannością konstrukcji; niewykluczone, że były miejscem chroniącym cenne relikwie; **c)** Szkoła Rycerska była akademią, gdzie kształciła się polska szlachta, często wyznania protestanckiego, przypuszczalnym wzorcem dla późniejszego Collegium Nobillum w Warszawie, w latach 1945–1990 miejscem stacjonowania sztabu armii radzieckiej. Informacje dyr. A. Niedzielski (opis GK, fot. MK)

Do dziś odmienność religijno-kulturowa uważana jest w Polsce za rodzaj wady, a powinna stać się przepustką do (wielokulturowej) Europy. Legnica jest potencjalnie idealnym miejscem dla interaktywnej dydaktyki historii, sztuki wojennej i tradycji tolerancji religijnej.

Sosnowiec luty–kwiecień 2010

Wystawa w Sosnowcu zorganizowana została w pochodzącym z końca XIX wieku okazałym pałacu Ernsta Schöna w malowniczym parku, przy głównych trasach komunikacyjnych miasta. Główną atrakcją Muzeum, na skalę światową, jest unikalna kolekcja wzornictwa tzw. galanterii szklanej. Są to oryginały lub kopie wytworów przemysłu Szklarskiego z lat 70. i 80. z całej Europy i dzieła artystów polskich. Kolekcja liczy 5000 obiektów.

Przestronne sale Muzeum pozwoliły na otworzenie ciągów tematycznych, impresji w szkłe, zob. fot. 7.19b, tomografii optycznej, zob. 7.19c itd. Wystawa na piętrze znakomicie harmonizowała ze zbiorami szkła na parterze. Kuratorem wystawy w Sosnowcu była magister historii sztuki. Główną grupą zwiedzających były klasy szkolne z miasta i regionu.

Specyfika miasta, z trudem odnajdującego tożsamość w erze post-przemysłowej, to jego historyczne położenie, na granicy trzech zaborów – miejsce ścierania się różnych kultur, warte wyeksponowania w jednoczącej się Europie.



Fot. 7.19. „Fiat Lux” w Sosnowcu: **a)** okazały pałac Schöna, siedziba Muzeum; **b)** przestronne sale Muzeum pozwalały na stworzenie ścieżek tematycznych; po prawej stronie w gablotach obiekty szklane; **c)** układ sal umożliwił również przedstawienie całości ścieżki o tomografii: od lewej – modelu interferometru Michelsona, stanowiska do obserwacji dyfrakcji dla laserów o różnych długościach fal, dwóch plakatów tematycznych, atrapy tomografu oraz po prawej – prezentacji multimedialnej; na stole w centrum dodatkowo doświadczenia z podczerwienią i soczewkami (fot. MK)

Wystawa szkła w Sosnowcu, harmonizująca z elementami szkła artystycznego ze zbiorów „Fiat Lux”, nasuwa jeszcze jedną uwagę. Wydaje się możliwe, że pierwsze pytania o optykę jako naukę pojawiły się dużo wcześniej niż w 1703 roku, kiedy Newton sformułował jej matematyczne prawa, wcześniej niż w 1609 roku, kiedy Galileusz zbudował lunetę, wcześniej niż w średniowieczu, kiedy pisał Witelo i kiedy sporządzono pierwsze okulary. Pierwsze pytania o optykę musiały się pojawić, kiedy Egipcjanie wytopili pierwszy krzywy kawałek szkła. Zakrzywione kieliszki, puste wazony, bąble w szkłe – to wszystko przyrządy optyczne.



Fot. 7.20. Optyka jako nauka mogła powstać już w starożytnym Egipcie, po wytopieniu pierwszego krzywego kawałka szkła. Pokazujemy to przez: **a)** zbiory szkła artystycznego z Sosnowca, **b)** weneckie wazony i popielniczki o fantazyjnych kształtach i kolorach; **c)** berlińskie wazy z rubinowego szkła (domieszkowanego nano-strukturalnym złotem). Zbiory Muzeum w Sosnowcu i GK (fot. MK)

Muzeum w Sosnowcu jest więc potencjalnie miejscem na koniunkcję szkła jako obiektu artystycznego i jako przyrządu optycznego. Zasoby Muzeum są unikalne na skalę światową, przyrównywalne tylko do zbiorów Swarovskiego szkła współczesnego w Kuhtal w Austrii. Zasoby z Sosnowca wymagają jedynie właściwej waloryzacji.

Grudziądz – grudzień 2010

Muzeum w Grudziądzu im. ks. Dr. Władysława Łęgi zajmuje piękny kompleks poklasztorny (benedyktynski) na wzgórzu, w sąsiedztwie centrum miasta. Muzeum eksponuje głównie wykopaliska archeologiczne; posiada w swoich zbiorach również dzieła sztuki, m.in. *Zachód słońca* Jacka Malczewskiego. Wystawa „Fiat Lux” w Grudziądzu była adresowana głównie do szkół miasta i okolicy. Reportaż z lekcji przeprowadzonej przez autora dla gimnazjum na temat soczewek i zwierciadeł przedstawiamy na fot. 7.21. Podobnie jak w innych ośrodkach, „Fiat

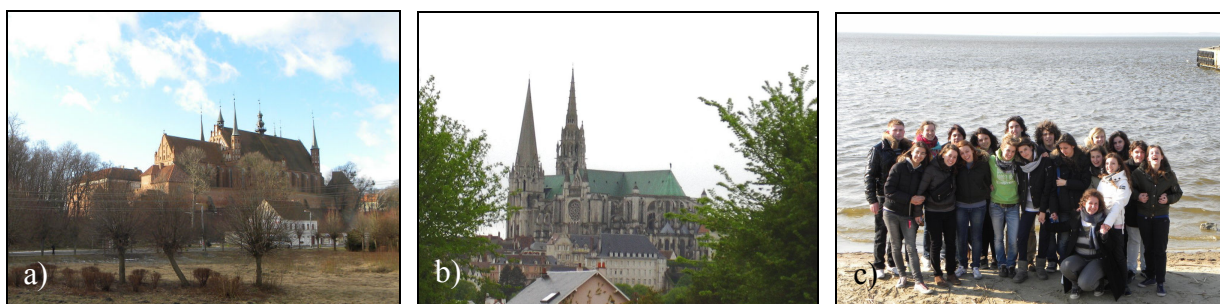
Lux” była pierwszą wystawą interaktywną w Grudziądzu i głównie z tego powodu spotkała się z uznaniem zwiedzających, co podkreślają wpisy w księdze gości.



Fot. 7.21. „Fiat Lux” w Grudziądzu – improwizowana (pozornie) lekcja o soczewkach dla gimnazjum: **a)** okulary (a w każdej klasie kilku uczniów z okularami zawsze się znajdzie) to soczewki skupiające lub rozpraszające; **b)** soczewki wypukłe (skupiające) dają obraz odwrócony, o ile obserwowany obiekt jest daleko; **c)** te same soczewki dają obraz nieodwrócony (i powiększony), jeśli obiekt jest blisko. Koncepcja i wykład GK (fot. MK)

Frombork – luty–czerwiec 2011

Kopernik prawie 30 lat spędził w małej mieścinie, na *limes* zachodniej cywilizacji, na brzegu Zalewu Wiślanego, w „Mieście Kobiet” – Frauenborgu. Mimo piastowania szeregu obowiązków (zarządu ekonomicznego biskupstwa, obrony zamku olsztyńskiego) nie zrobił kariery państwowej ani uniwersyteckiej¹⁸. We Fromborku Kopernik pełnił posługę kanonika, czyli księdza przypisanego do katedry. Jego dzieło, teoria systemu heliocentrycznego poparta własnymi doświadczeniami astronomicznymi, było gotowe praktycznie zaraz po powrocie z Włoch, w 1512 roku¹⁹. Mimo rozwijających się możliwości technicznych dzieło zostało ukończone do druku dopiero w 1543 roku, za namową (przy współpracy?) przybyłego na dwa lata z Norymbergii Jana Retyka. Druk dzieła w Niemczech natrafił po 1517 roku na poważną przeszkodę – przeciw teorii heliocentrycznej jako największej głupocie, o jakiej można było usłyszeć, wypowiedział się nie kto inny, jak sam Marcin Luter²⁰. W tym samym czasie, po Hołdzie Pruskim (1505 r.) między Prusami Królewskimi (geograficznie Warmią) a Książęcymi (Mazury) przebiegała granica dwóch religii – protestanckiej i katolickiej: kanonicy we Fromborku z pewnością uważnie to starcie obserwowali.



Fot. 7.22. **a)** Katedra we Fromborku wyrasta na wzgórzu, „z pustego pola”, identycznie jak wiele innych średniowiecznych katedr, np. w Pelplinie lub **b)** w Chartres, na północ od Paryża; **c)** z mini-portu rybackiego we Fromborku rozciąga się widok na tereny obwodu kaliningradzkiego Rosji; na zdjęciu młodzież z Liceum Rosminiego w Trydencie zafascynowana „egzotycznym” pejzażem za plecami (Fot. MK)

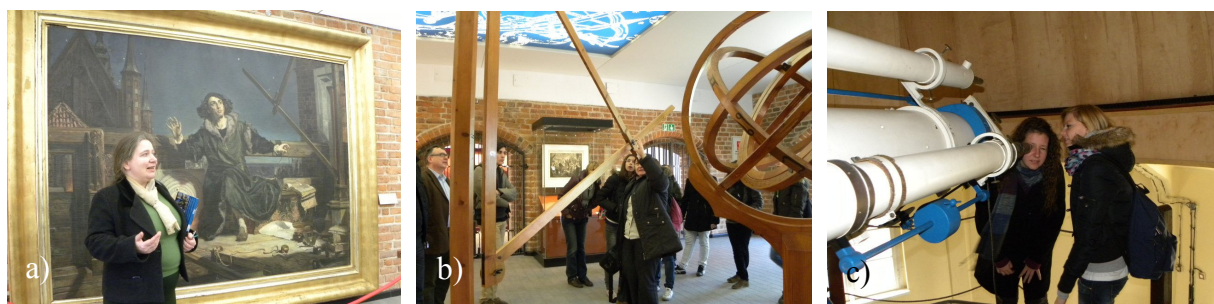
¹⁸ Mimo że Kopernik wyklądał w Rzymie, studiował w Padwie, Bolonii, Ferrarze.

¹⁹ Przypuszczalnie około tego roku napisany został tzw. Komentarzyk, w którym zostały sformułowane podstawowe tezy teorii heliocentrycznej.

²⁰ Mechanizmy rodzenia się rewolucji kopernikańskiej opisał J. Repcheck w książce *Sekret Kopernika*, Rebis, Poznań 2008.

Wystawa we Fromborku zorganizowana była w Muzeum Mikołaja Kopernika, przylegającym do dziedzica katedry. Muzeum to w niezwykle ciekawy sposób wprowadza nie tylko w dzieło Mikołaja Kopernika, ale także w czasy i miejsca działania Mistrza. Miasteczko liczy dziś tylko 3 tys. mieszkańców, wystawa była więc adresowana głównie do turystów.

Wizyta grupy szkolnej z Trydentu (Włochy) była praktyczną próbą, czy scenariusze turystyczno-edukacyjne tworzone w Polsce mogą być interesujące dla młodzieży z zagranicy. Relacje młodzieży po powrocie do Włoch były wręcz entuzjastyczne. Najwyżej ocenione zostały elementy dydaktyki interaktywnej – wizyta we Fromborku i w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach. Fot. 7.22c i 7.23c znakomicie to ilustrują. Młodzież, nasycona wiedzą i *informacjami* ze świata *wirtualnego* przeżywa prawdziwe emocje w kontakcie z obiektami *realnymi*: z kopułą obserwatorium astronomicznego, która otwiera się ze skrzypieniem a teleskop podnosi majestatycznie w kierunku wybranej gwiazdy, widocznej w teleskopie niezależnie od światła dziennego, z laserami w doświadczeniu interferencyjnym Michelsona, z doświadczeniami interaktywnymi w Centrum Nauki „Hewelianum” w Gdańsku, zob. seria zdjęć na fot. 8.15.



Fot. 7.23. „Fiat Lux” we Fromborku: **a)** opowiada wicedyrektor Muzeum M. Czupajło; w tle kopia obrazu Matejki, z ewidentnym błędem historycznym – Kopernik nie używał lunety (w prawym dolnym rogu), korzystał z niej dopiero Galileusz, w 1609 roku; **b)** rekonstrukcje średniowiecznych instrumentów astronomicznych zamienione *ad hoc* w stanowiska interaktywne: „Wciel się na chwilę w Kopernika!”; **c)** ci sami uczniowie (z Trentino) wcielają się we współczesnych astronomów, zaglądając w teleskop Obserwatorium UMK w Piwnicach (fot. MK)

Rogoźno, Wągrowiec, Jarocin – 2011/2012

Kolejne edycje „Fiat Lux” odbyły się w trzech muzeach regionalnych Wielkopolski: Rogoźnie, Wągrowcu, Jarocinie. Tylko drugie z tych miast jest siedzibą powiatu; liczy ono 25 tys. mieszkańców. Muzeum Regionalne w Wągrowcu zajmuje budynki po klasztorze cystersów – kompleks zabudowań nie ma tej świetności co np. kompleks w Gdańsku-Oliwie, ale stanowi cenny dowód średniowiecznej jedności kulturowej z resztą Europy.

Muzea w Jarocinie i Rogoźnie znajdują się w centrach miast. Instytucje te stanowią ośrodki kulturotwórcze w swoich miejscowościach i okolicy. Lekcje muzealne w Wągrowcu dotyczą etnografii, historii regionalnej, archeologii (w tym zajęcia z garncarstwa). Muzeum organizuje również szereg imprez w czasie wakacji – pokazów, konkursów, warsztatów dla dzieci i młodzieży. Atrakcją są zbiory sztuki ludowej o tematyce religijnej – wynik konkursów ogólnopolskich organizowanych przez muzeum. Wśród eksponatów są prawdziwe perełki sztuki ludowej, jakich nie powstydzilyby się najlepsze galerie za oceanem.

W Jarocinie unikalna jest kolekcja ludowych instrumentów muzycznych i regionalnego haftu (tzw. snutki golińskie). Ważnym dokumentem historycznym są eksponaty życia codziennego (listy, pieczęcie, etykiety itd.) z okresu, gdy Wielkopolska wracała po I wojnie światowej do Polski; ich dwujęzyczność lub niezdarne ortografia polska świadczą o ciągłości zmian kulturowych, nawet w okresach przejściowych.



Fot. 7.24. „Fiat Lux” we Rogoźnie: **a)** interdyscyplinarność wystawy oraz brak standardowych postumentów decyduje o unikalnym charakterze każdej edycji; na zdjęciu planowanie rozmieszczenia stanowisk; **b)** gotowa ekspozycja zajmująca dwie sale; **c)** zabawa dla najmłodszych – (pozornie) kroczące lwy, konie i pingwiny na obracających się widokówkach zawierających dwa nakładające się obrazy (fot. MK)

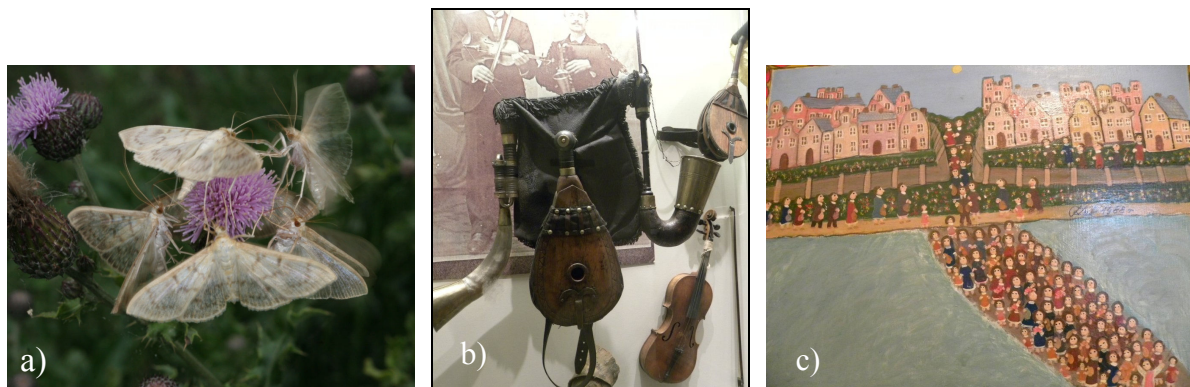
Unikalne w Rogoźnie są zbiory entomologiczne (motyli) z kolekcji własnej Muzeum; bogate są również lokalne zbiory etnograficzne. Zagadką historyczną, i to na skalę poszukiwań początków państwowości polskiej jest tzw. skarb Rogoziński (zob. informacja poniżej, ze strony internetowej Muzeum²¹).

Wśród ekspozycji na pierwszej sali na uwagę zasługuje nowo nabyty skarb... Ów „Skarb Rogoziński” to fragmenty monet posiekane na kawałki, tzw. siekańce, sięgające swą metryką IX w., a związane z okresem panowania rodów arabskich Abbasydów /750-1258 r.n.e./ i Samanidów /819-1005 r.n.e./. Podczas wykopalisk archeologicznych znaleziono ponad 100 fragmentów dirhemów arabskich oraz srebrne ozdoby z IX i X w. Jeden z kolczyków typu „świątki” zachował się w nieco większych fragmentach. Wśród fragmentów dirhemów arabskich znajdują się także m.in. kawałki naszyjników, sztabka srebra, ozdoby misternej roboty. Najstarszy fragment monety pochodzi sprzed roku 815/816, najmłodsza zaś moneta została wybita między 912 a 942 rokiem. Archeolodzy przypuszczają, że owy skarb mógł zostać zakopany około połowy X w., czyli za panowania księcia Mieszka I.

Wszystkie te trzy wielkopolskie muzea wydają własne zeszyty naukowe, stanowiące cenny zapis działań i źródło informacji o atrakcjach turystycznych regionu. Instytucje te finansowane są głównie z budżetów miast; ich znaczenie wykracza jednak daleko poza lokalną funkcję kulturotwórczą. Muzea Wielkopolski (i innych regionów Polski również) gromadzą dowody bogatej przeszłości ziem polskich – przepływów kultur we wszystkich kierunkach geograficznych. Podobnie jak w innych opisanych centrach, nie do końca to ogromne znaczenie dla jedności kulturowej Europy jest odczuwane na szczeblu lokalnym.

Wszystkie odwiedzone muzea w widoczny sposób borykają się z niedoborami środków na działalność bieżącą, a szczególnie na działania rozwojowe – strategiczne. Ich działalność nie jest jednocześnie zbyt zróżnicowana i wszystkie usilnie poszukują własnej tożsamości. Wydaje się, że powinna to być tożsamość silniej wpisana w międzykulturowe aspekty dziedzictwa i współczesności europejskiej, na co wskazywaliśmy w naszych (pozornych) dygresjach tematycznych. Każde z muzeów – Grudziądz, Sosnowiec, Legnica, Jarocin, Rogoźno, Wągrowiec – posiada w swych zbiorach elementy potencjalnie interesujące również dla widza z zagranicy, o ile ścieżki narracji (wizualnej lub słownej) należycie je wyeksponują.

²¹ Źródło: http://www.rck.rogozno.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=322&Itemid=50 (12.04.2012).



Fot. 7.25. Bogactwo kulturowe zbiorów lokalnych: **a)** wirtualne zbiory motyli (Przezierka szybianka *Pleuroptya ruralis*, zbiory i foto M. Skwisz), Muzeum Regionalne w Rogoźnie; **b)** zbiory instrumentów ludowych, w tym unikalne dudy (podhalańska koza, szkockie *bagpipes*, *baghèt* po bergamasku, a *cornamura* – ‘rogo-pysk’ po włosku), Muzeum Regionalne w Jarocinie; **c)** zbiory sztuki o tematyce religijnej, pokłosie konkursów dla artystów ludowych, Muzeum Regionalne w Wągrowcu (fot. MK)

Zainteresowanie wystawą „Fiat Lux” ze strony i dużych, i małych instytucji muzealno-oświatowych, duża frekwencja, a przede wszystkim entuzjastyczne wpisy zwiedzających przeszły oczekiwania twórców. Powodzenie wystawy świadczy zarówno o jej walorach poznawczo-estetycznych, jak i o ogromnym zapotrzebowaniu odbiorców, szczególnie w ośrodkach regionalnych. Jak to podkreślaliśmy na każdej edycji, jest to wystawa interaktywna, ale nie do ruszania rękoma, ale głową, jak to widać na fot. 7.26.

Perspektywicznie, w okresie ogromnej popularności wystaw interaktywnych, ale głównie fizycznych, można oczekiwać, że pojawi się wkrótce zapotrzebowanie na wystawy z zakresu nauk humanistycznych, a szczególnie na wystawy *interdyscyplinarne* i *interkulturowe*.



Fot. 7.26. Wystawa „Fiat Lux” wymaga ruszania głową (w przenośni i dosłownie). Ruszają głowami: **a)** gimnazjaliści w Grudziądzu, przed wizerunkiem kota w szkłe, **b)** dziennikarze w Legnicy, przed wizerunkiem ludzkiej twarzy w szklanej bryle, **c)** pracownica Muzeum w Sosnowcu przekonana, że ogląda obraz van Gogha, a który w rzeczywistości jest wewnątrz okularów (fot. MK)

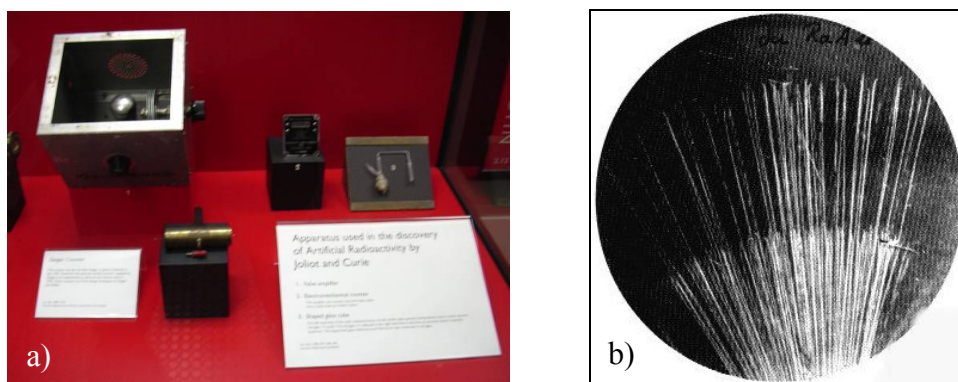
7.8. Ścieżki dydaktyczne fizyki współczesnej

Fizyka współczesna jest stosunkowo rzadko przedstawiana w centrach nauki. Operuje ona pojęciami nienależącymi do języka potocznego. Wręcz sam język używany przez naukowców jest dość hermetyczny. Można podać szereg przykładów, w których pojęcia fizyki współczesnej trafiają do szerokiej publiczności w popularnych powieściach poważnie wypaczone lub zmitologizowane. W powieści *Anioły i demony* Dan Brown czyni z doświadczeń nad antymaterią demoniczne narzędzie walki wewnątrz Kościoła. W rzeczywistości atomy antywodoru zostały wytworzone w laboratorium CERN parę lat temu, bez większych trudności eksperymentalnych. (Badaniami nad antymaterią, pozytonami, czyli anty-elektronami zajmuje się też naukowo autor.) Dan Brown korzysta z pojęć łatwych do wytłumaczenia (i znalezienia w Internecie) aby uzyskać efekt *zastraszenia* czytelnika najnowszymi wynikami nauki.

Wyróżnić można dwa sposoby przedstawienia fizyki współczesnej: w postaci eksponatów historycznych i eksponatów interaktywnych. Sądzymy, że najbardziej interesujący jest sposób mieszany (*blended*); opiszemy go na zakończeniu tego paragrafu. Pierwszy typ ekspozycji, w strategii realistycznej, był wykorzystany na przykład w Science Museum w Londynie w 2003 roku, zob. fot. 6.17 w rozdziale VI. Był to zbiór obiektów zrozumiałych dla eksperta, ale niepozwalający przypadkowemu widzowi na konstrukcję własnej ścieżki poznawczej.

Wystawa historycznych eksponatów fizyki w Londynie w dużej mierze przypominała też układ ekspozycji w części historycznej Deutsches Museum w Monachium. Oba muzea dysponują bezcennymi eksponatami wyznaczającymi postęp naukowy ludzkości, jak doświadczenie J. J. Thompsona odkrycia elektronu (fot. 6.27), pierwsze spektrometry masowe (fot. 6.16), pierwsze aparaty rentgenowskie (fot. 6.30a). Niestety, również te największe światowe muzea, nieco podobnie jak opisane wcześniej muzea regionalne w miasteczkach Wielkopolski, nie do końca potrafią docenić *ponadnarodowe* znaczenie posiadanych zbiorów. Deutsches Museum eksponuje instrumenty badawcze J. J. Thompsona i E. Rutherforda, a zdaje się nie zauważać własnego, niemieckiego wkładu w odkrycie elektronu – doświadczeń Paula Lenarda, w postaci eksponatów w sąsiadujących gablotach.

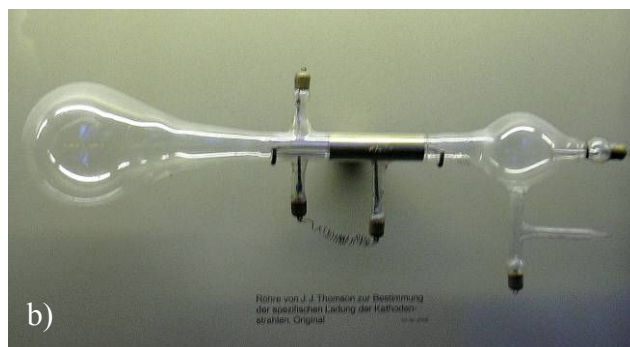
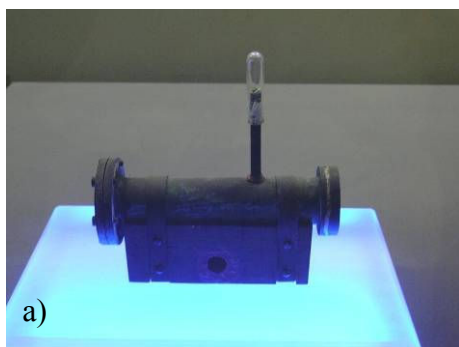
W Londynie eksponatami niezwykle interesującymi, ale znowu wyrwanymi z kontekstu międzynarodowego są elementy oryginalnych eksperymentów prowadzonych przez Frédérica Joliot i Irène Joliot-Curie, zob. fot. 7.27. Zostały one przywiezione do Londynu przez samych naukowców, dla uniknięcia przejęcia ich przez niemieckich okupantów w czasie II wojny światowej.



Fot. 7.27. Elementy aparatury doświadczalnej używanej przez małżonków Joliot w badaniach radioaktywności wzbudzonej przez reakcje jądrowe. Doświadczenia przeprowadzone w latach 1935–1937 nad reakcjami jądrowymi w jądrach fosforu zostały uhonorowane Nagrodą Nobla. W opisie eksponatów brakuje wyjaśnienia, na czym polegały te doświadczenia i dlaczego były tak ważne dla dalszego rozwoju nauki. Zdjęcie z prawej strony, dotyczące badań F. Joliot i I. Joliot-Curie, pochodzi ze źródła francuskiego (edycja francuska *Scientific American*) i zostało dodane przez autora (fot. GK, 2003)

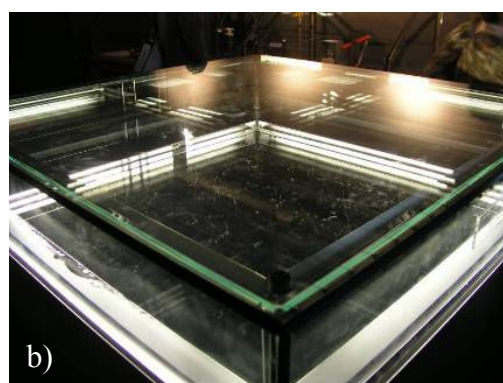
Przedstawione eksponaty nie pozwalają zwiedzającemu na wyobrażenie sobie *całości doświadczenia*, nie wskazują też, dlaczego tego typu doświadczenia były ważne dla rozwoju nauki (np. dla powstania bomby atomowej, leczenia raka za pomocą izotopów, odkrycia nowych pierwiastków chemicznych itd.). Tak przy eksponatach J. J. Thompsona, jak i P. Lenarda²² w Monachium brakuje wyjaśnienia, co to są elektrony, brakuje też odniesienia do zastosowań, choćby w lampie kineskopowej telewizora.

²² Zapomnienie o wkładzie P. Lenarda wynika nieco z pobudek historycznych – był on zwolennikiem reżimu Hitlera. Przykład ten pokazuje, że każdy naród ma kłopoty z oddzieleniem „niechcianej” historii od historycznej rzeczywistości. P. Lenard włożył znacznie większy wkład w „odkrycie” elektronu niż J. J. Thompson, ale nawet Deutsches Museum wydaje się ignorować ten fakt.



Fot. 7.28. Fizyka współczesna (a raczej historia odkryć) w zbiorach Deutsches Museum w Monachium: **a)** doświadczalne okrycie neutronu przez J. Chadwicka oraz **b)** badania nad promieniami katodowymi J.J. Thompsona – uderza brak wyjaśnień, odniesień do znaczenia odkryć dla współczesnej techniki (rurki Thompsona to współczesne kineskopy telewizyjne), brak ścieżek dydaktycznych; nagromadzenie eksponatów jest też w dużej mierze przypadkowe – celowe byłoby wypożyczanie kolekcji między muzeami, jak to robi się np. ze zbiorami malarstwa (fot. GK, 2003)

Podobnie eksponaty Joliot-Curie oryginalne i bardzo ciekawe, nie spełniają funkcji *ludycznej* – są niewyraźne i słabo przedstawione. Trudno też mówić o roli *dydaktycznej* ekspozycji – brakuje powiązania z wiedzą szkolną, oraz *naukowej*, gdyż brakuje odniesienia do badań tak Joliot-Curie, jak i innych – choćby odkrycia neutronu przez Anglika J. Chadwicka. Nieco paradoksalnie przyrządy małżeństwa Joliot, Francuzów, znajdują się w Londynie, a aparatura Chadwicka – w Deutsches Museum w Monachium. Muzea nauki podobnie jak galerie sztuki powinny udostępniać sobie wzajemnie eksponaty z historii fizyki współczesnej lub ich kopie.



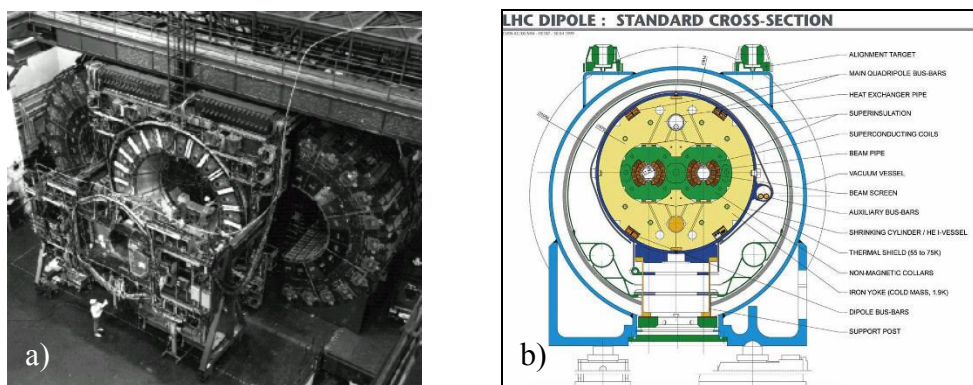
Fot. 7.29. Konstruowanie ścieżki *dydaktyczno-naukowej* współczesnej fizyki: **a)** dydaktyczna komora mgłowa Wilsona do obserwacji torów cząstek alfa (ZDF UMK) i **b)** doświadczenie interaktywne obserwacji ścieżek cząstek elementarnych, Deutsches Museum Berlin (fot. KS i ŁK)

Wracając do doświadczeń z radioaktywności, obserwacje trajektorii cząstek alfa i beta powstających w rozpadach radioaktywnych są znakomitym przykładem możliwej kolekcji *interaktywnej*, *historycznej* i *naukowej* jednocześnie. Radioaktywność jest obecna wszędzie, w pozytywnych i negatywnych aspektach, odkryta została przypadkowo nieco ponad sto lat temu. Obserwacja torów cząstek powstających w reakcjach jądrowych może być bardzo widowiskowa. Niestety, żadne z analizowanych przez nas muzeów nie przedstawia radioaktywności w sposób dostatecznie pełny, w postaci ścieżki dydaktycznej.

Na fot. 7.29 przedstawiamy nasz wirtualny *collage* takiej ścieżki, uzyskany z porównania kopii komory Wilsona²³ ze wspaniale działającą, interaktywną współczesną analogią takiej

²³ Zdjęcie oryginalnej komory Wilsona z Science Museum przedstawiamy na fot. 6.17c.

komory z Deutsches Museum w Berlinie²⁴. Ekspонат z Berlina jest niezwykle zaawansowany technicznie, jako że obserwacja śladów cząstek wymaga utrzymywania ściśle określonych temperatur komory oraz specjalnych gazów wypełniających. Pokazuje on w sposób bezpośredni obecność promieniowania kosmicznego. Mógłby więc służyć pogłębieniu wiedzy naukowej; niestety, brakuje odniesienia dydaktycznego, którym mógłby być na przykład słynny rysunek z doktoratu E. Rutherforda lub współczesne zdjęcie cząstek elementarnych z akceleratorów, zob. fot. 7.33b w dalszej części tego rozdziału.



Fot. 7.30. Rozbudowa ścieżki naukowej dotyczący cząstek elementarnych. Historyczne przykłady detektorów, jak komora Wilsona z fot. 7.29, są w dzisiejszych centrach badawczych ogromnymi konstrukcjami: **a)** fotografia przedstawia detektor z Batavii w USA (fot. courtesy FermiLab), a same akceleratory też są urządzeniami o skomplikowanej konstrukcji; **b)** schemat najnowszego akceleratora w CERN, otwartego we wrześniu 2008. Źródło: FermiLab i CERN

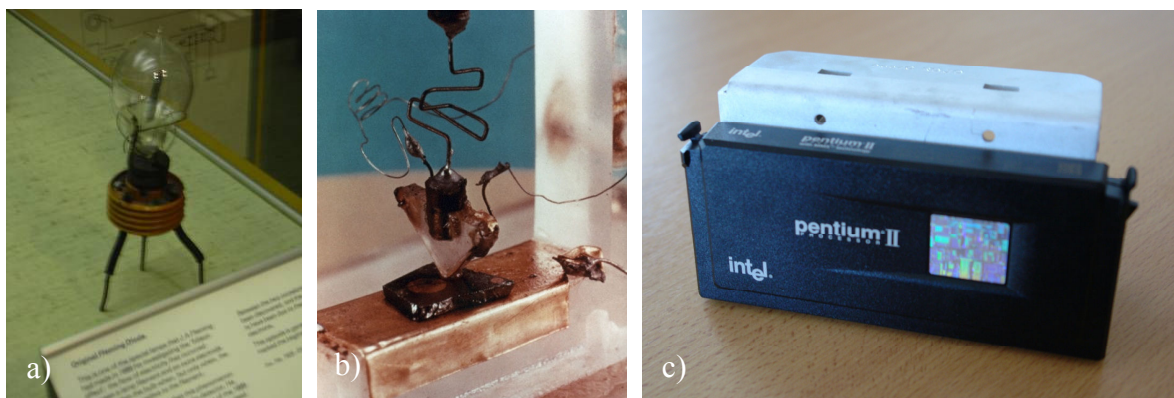
Wreszcie dla skompletowania funkcji naukowej komory berlińskiej z fot. 7.29b ciekawe byłyby schematy wielkich współczesnych centrów badawczych zajmujących się cząstkami elementarnymi oraz zdjęcia i/lub schematy wielkich detektorów jak w FermiLab w Chicago, ryc. 7.30. Nawiasem mówiąc, właściwe przedstawienie szerokiej publiczności zagadnień cząstek elementarnych pozwoliłoby na uniknięcie pytań dziennikarzy, czy po uruchomieniu akceleratora w CERN-ie nastąpi koniec świata! Niektórzy popularyzatorzy nauki przedkładają funkcję ludyczną, wręcz sensacyjną, nad właściwie rozumianą funkcję dydaktyczną.

Jeszcze innym eksponatem z londyńskiego Science Museum, edycja 2003 r., w którym nie zostały wykorzystane potencjalne funkcje dydaktyczne eksponatu, jest pierwowzór lampy elektronowej Fleminga z 1907 r., zob. fot. 7.31a. Oryginalny prototyp diody pozwala na zbudowanie wspaniałej, zaskakującej ścieżki dydaktyczno-poznawczej, porównującej rozmiary diody Fleminga, tranzystora i współczesnego procesora komputera. Obok diody wystarczyłoby również zdjęcie radiostacji opartej na lampach z czasów II wojny światowej. Z dydaktycznego punktu widzenia brakuje wyjaśnienia zasady działania diody jako urządzenia opartego na (jednokierunkowym) przepływie elektronów²⁵.

Zdjęcia poniżej, fot. 7.31, są naszą propozycją ścieżki, złożoną ze zdjęć z dwóch różnych muzeów. Zagadnienie miniaturyzacji komputerów jest obecne w wielu muzeach, niestety zazwyczaj w postaci zwykłej, historycznej kolekcji urządzeń wycofanych z eksploatacji. Zdjęcie pierwszego tranzystora, który w wersji z grudnia 1947 roku przypominał diodę Fleminga z przewodami z poskręcanych drutów, bardzo pobudza wyobraźnię widza. Tylko przez dokładny ogląd przeszłości nauki możemy sobie wyobrazić jej (niewyobrażalną) przyszłość. Bez wyobraźni zaś trudno tworzyć rzeczy wielkie.

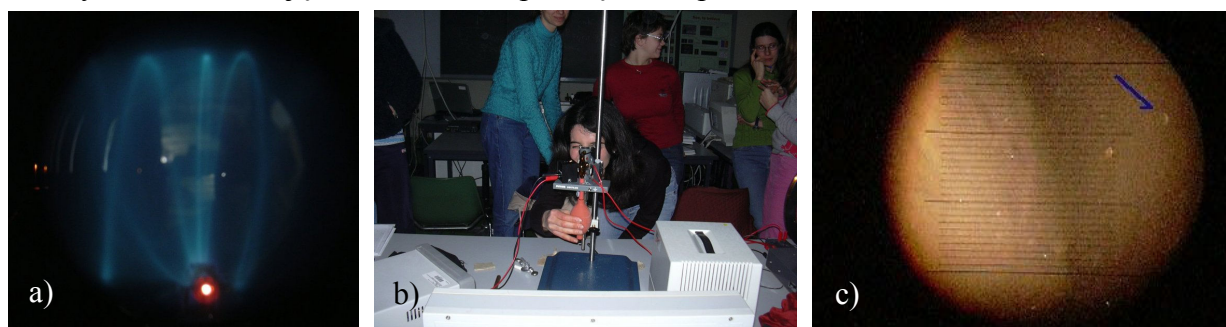
²⁴ Podobny eksponat interaktywny znajdzie Czytelnik w Centrum „Hewelium” w Gdańsku.

²⁵ Te z kolei znajdujemy w berlińskim Spectrum (2009 r.), gdzie są bardzo dydaktyczne, ale niezbyt ciekawe.



Fot. 7.31. Konstruowanie ścieżki *dydaktyczno-historycznej* współczesnej elektroniki: **a)** prototypowa dioda Fleminga (Science Museum, Londyn) wielkości dzisiejszej żarówki; **b)** pierwszy tranzystor z 1947 roku²⁶; **c)** współczesny układ procesora komputera zawiera miliony tranzystorów (fot. GK i KS)

Doświadczenie dydaktyczne autora wskazuje na ogromne zapotrzebowanie na *poglądowość* w nauczaniu fizyki współczesnej, niezależnie od poziomu studentów/uczniów i ich kraju. Realizacja funkcji dydaktycznej, naukowej, a nawet ludycznej w odniesieniu do fizyki współczesnej nie jest trudna – na rynku osiągalne są gotowe zestawy dydaktyczne, przypominające funkcjami doświadczenia z efektem fotoelektrycznym jak w Muzeum w Monachium, fot. 6.28. Przykładem może być doświadczenie z obserwacją trajektorii elektronów w polu magnetycznym, fot. 7.32. Elektrony pobudzają do świecenia gaz znajdujący się w bańce szklanej (helu), dzięki czemu obserwujemy piękne, kolorowe tory. Zwiedzający za pomocą pokręteł potencjometrów może zmieniać pole magnetyczne zakrzywiające ruch elektronów i przez to rozszerzać lub zwężać trajektorie, ogniskować albo rozmywać wiązkę, zapalać ją lub gasić. Podobnie zajmujące jest kolejne epokowe doświadczenie fizyki współczesnej – pomiar ładunku elektronu (doświadczenie Millikana). Eksperymentator obserwuje ruch mikro-kropelek oleju w polu elektrycznym – jeśli są one naładowane elektrycznie, odwracają kierunek ruchu po włączeniu pola²⁷.



Fot. 7.32. Interaktywne ścieżki dydaktyczne z fizyki współczesnej: **a)** doświadczenia z elektronami (lub dokładniej jonami helu); elektrony są emitowane z katody (mały czerwony punkt na dole zdjęcia) i ich trajektorie są zakrzywiane przez poprzeczne pole magnetyczne; zmieniając pole magnetyczne, można zmieniać te trajektorie, czyli praktycznie obserwować ruch elektronów; **b)** doświadczenie Millikana pomiaru ładunku elektronu wykonują słuchaczkę podyplomowych studiów nauczycielskich Uniwersytetu w Udine; **c)** obraz widziany w doświadczeniu Millikana – spadanie mikro-kropelek oleju w polu elektrycznym (doświadczenia i fot. GK)

Ścieżki przedstawione na fot. 7.32 zostały stworzone przez autora *ad hoc*, z wykorzystaniem wyposażenia dwóch włoskich uniwersytetów – w Trydencie i Udine. Według wiedzy autora, żadna uczelnia w Polsce nie dysponuje w chwili obecnej podobnie ciekawymi zestawami doświadczeń dydaktycznych, a przy tym historycznych.

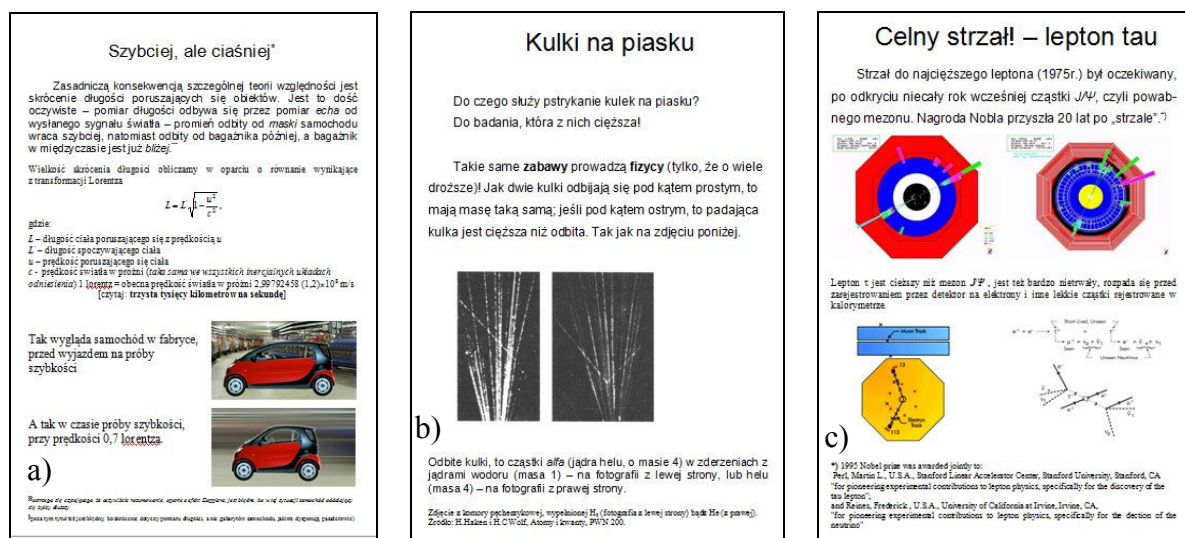
²⁶ (<http://www.electronics-lab.com/blog/?tag=transistor&paged=5>)

²⁷ Zob. film w wersji mult., http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/conf/UDINE/esper.html (30.12.2011).

7.9. „On the Track of Modern Physics” – Gdańsk, Warszawa, Paryż, Trydent

Obserwacje zawarte w poprzednim rozdziale skłoniły autora do przygotowania wystaw interaktywnych, plakatowo-obiektowych w zakresie fizyki współczesnej. Pierwszą edycją, zorganizowaną skromnymi środkami, była wystawa na XXXVII Zjeździe Fizyków Polskich w Gdańsku, zob. par. 7.3, pod nazwą „Na ścieżkach fizyki współczesnej”. Na ośmiu dużych panelach przedstawiono zdjęcia i opisy historycznych doświadczeń i eksponatów z fizyki współczesnej, krótkie odniesienia do ich zastosowań, kopie oryginalnych artykułów naukowych, minizyciorysy naukowców i inne materiały.

Skorzystano z metody wypróbowanej przez autora na innych wystawach interaktywnych: pół żartem, pół serio. I tak na przykład wszystkie podręczniki szczególnej teorii względności pokazują, jaki krajobraz widziałby szybko poruszający się obserwator. W krajobrazie tym samochody, pociągi i wszelkie inne obiekty są skrócone w kierunku ruchu, tak jak to przewiduje szczególna teoria względności. W żartobliwy sposób, korzystając z pedagogicznej zasady poglądowości, w naszym opisie ruchu relatywistycznego przedstawiliśmy zabawkowy model samochodu marki Smart jako obiektu już *po skróceniu*, a na plakacie wydłużyliśmy metodami graficznymi ten model (w spoczynku) zgodnie ze teorią Einsteina, zob. ryc. 7.33a. Mini-plakat pokazuje oba samochody – relatywistyczny i nierelatywistyczny, jako żart, ale też podaje dokładne wzory fizyczne na skrócenie relatywistyczne. Tytuł historyjki pozostaje lakoniczny: „Szybciej, ale ciaśniej”. Opisując rewolucję dokonaną przez A. Einsteina jako „Cztery rękopisy, co zmieniły świat”, sparafrasowaliśmy tytuł znanej książki o Rewolucji Październikowej²⁸. Opisując jego życiorys, nie opowiadamy, że „się urodził, mieszkał i dostał Nagrodę Nobla”, ale próbujemy wczuć się w jego stan ducha, kiedy miał 25 lat, był bez pracy, obywatelstwa, poparcia rodziców i przy tym zakochany (w Milevie Milić)²⁹.



Fot. 7.33. „Na ścieżkach fizyki współczesnej” pierwsza edycja, prototypowa, na XXXVII Zjeździe PTF w Gdańsku, 2003 r. – o nauce pół żartem, pół serio, ale zawsze krótko i nietrivialnie: **a)** szczególna teoria względności; **b)** reakcje jądrowe; **c)** odkrycie *leptona tau* (idea, treści, układ GK)

Prototypowa wystawa w Gdańsku wzbogacona była, zgodnie z zasadą „co dotknąłem, to widziałem”, eksponatami rzeczywistymi. I tak widz mógł obejrzeć elementy aparatur naukowych (np. komorę do badania dryfu elektronów w gazach dr Mechlińskiej-Drewko z Politechniki Gdańskiej), doświadczenia pokazowe obserwacji trajektorii elektronów, jak na fot. 7.32a,

²⁸ J. Reed, *Dziesięć dni, które wstrząsnęły światem*, Nowy Jork 1919; wiele innych książek ma podobne tytuły.

²⁹ G. Karwasz, *Albert i Mileva*, [w:] *On the track of Modern Physics*, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Kwar-ki_plakaty/albert_pl.pdf (30.12.2011).

eksponaty służące rozszerzeniu znaczeń – pobudzenia widza do szukania analogii i modeli koncepcyjnych, jak na przykład układ luster „spojrzenie w nieskończoność”³⁰ służący do zobrazowania wędrówki promienia światła w rurze lasera gazowego itd.

Niekonwencjonalne podejście do prezentacji fizyki współczesnej spotkało się z uznaniem panelu „Science and Society” VI Programu Ramowego UE. I tak kolejne edycje w Paryżu, Trydencie, Lublanie, pod angielskojęzycznym tytułem „On the track of Modern Physics”, były zorganizowane w ramach projektu EU „Physics is Fun”³¹.



Fot. 7.34. Wystawa „Na ścieżkach fizyki współczesnej”: **a)** edycja w Gdańsku na XXXVII Zjeździe PTF przygotowana była skromnymi środkami – zagadnienia tematyczne (opisy, fotokopie historycznych artykułów, schematy, zdjęcia obiektów historycznych oraz współczesnych zastosowań) zgrupowane były na panelach; obiekty doświadczalne zgromadzone zostały pod tymi panelami; **b)** edycja na Kongresie GIREP w Lublanie: zgromadzone na stole obiekty dotyczą cząstek elementarnych – kwarków (fot. MK)



Fot. 7.35. Wystawa „Na ścieżkach fizyki współczesnej”: **a)** edycja w Warszawie na XXXVIII Zjeździe PTF – stanowisko analizy harmonicznej dźwięku „Wszystko gra”; **b)** zjeżdżalnia i „schodzące zwierzaki”, pierwowzór wystawy o Galileuszu „Z górki na pazurki” – autodydaktyka w grupie nauczycieli (fot. MK)

Te kolejne edycje nowego wcielenia „Na ścieżkach...” korzystały z podobnych eksponatów realnych jak opisane już wcześniej modele kwarków, barionów itd., fot. 7.34. Plakaty *ad hoc* zostały zastąpione przez 25 paneli przygotowanych przez autora i współpracowników³², a wydrukowanych profesjonalnie przez Muzeum w Trydencie, nieformalnego

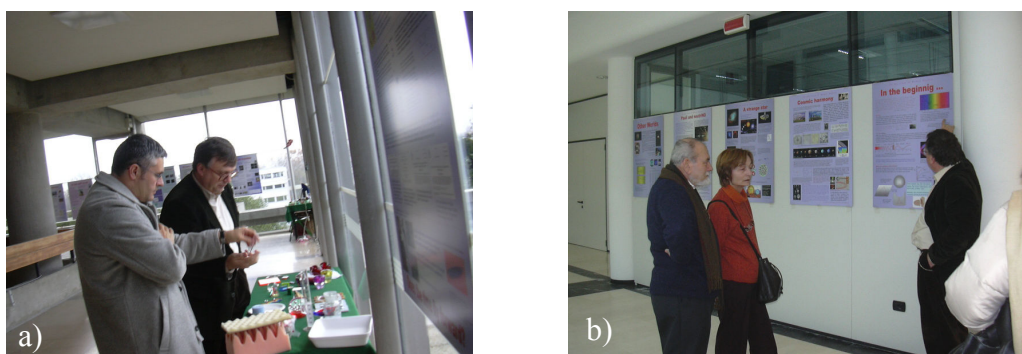
³⁰ G. Karwasz, *Spojrzenie w dal*, [w:] *Fizyka i zabawki*, CD-ROM, PAP, Słupsk 2004, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/optyka/dal.html> (30.11.2011)

³¹ „Physics is Fun” S&S, Projekt 020721, Pomorska Akademia Pedagogiczna, 2005–2006, Koordynator GK.

³² Dr T. Wróblewski, dr D. Pliszka, mgr A. Kamińska, mgr E. Rajch z Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku i dr H. Nowakowska z Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku.

partnera projektu³³. Wystawa w Lublanie odbywała się w ramach Kongresu GIREP³⁴, a mini-edycja w Berlinie w ramach X kongresu dydaktyki fizyki MPTL „Multimedia in Physics Teaching and Learning”.

Różne miejsca i różna widownia decydowały o odmiennym przekazie. Na Zjeździe Fizyków w Warszawie główne zainteresowanie wśród nauczycieli wzbudzały eksponaty interaktywne, fot. 7.35b. W czasie edycji w École Centrale wykładowcy tej uczelni podejmowali spontaniczną dyskusję na temat możliwości prezentacji nauki za pomocą prostych eksponatów, fot. 7.36. Edycja w Trydencie była zorganizowana również dla przechodniów, nie tylko studentów i wykładowców. To znacznie podniosło i rozszerzyło zakres dyskusji – już nie na temat odkryć fizyki współczesnej ale na temat ich konsekwencji światopoglądowych: „Czy świat miał początek?”, „Czy możemy przewidzieć ruch elektronu?”, „Czy istnieją wszechświaty równoległe?”.



Fot. 7.36. Wystawa „On the track of Modern Physics”: **a)** edycja w École Centrale w Paryżu – eksponaty w tematyce struktury atomowej materii; **b)** edycja w Trydencie – dyskusja nt. powstania wszechświata (fot. MK)

Wystawa o fizyce współczesnej jest bardzo trudna – omawia różne zagadnienia fizyki, a czyni to niezbyt systematycznie. Trudno zresztą o systematyczny opis zjawiska w pełnym rozwoju: w odróżnieniu od teorii Newtona i Galileusza wiele pytań fizyki współczesnej ciągle pozostaje bez odpowiedzi, badania wymagają sprzężenia teorii z doświadczeniem, wyniki w każdym momencie mogą okazać się przedwczesne. Stąd, w wersji multimedialnej wystawy³⁵ używamy dwóch ścieżek: *walking* – narracji sekwencyjnej od zjawiska do zjawiska i *jumping* – opowieści o najciekawszych problemach i odkryciach fizyki współczesnej. Wersja wirtualna korzysta też z profesjonalnych prezentacji multimedialnych z kongresów międzynarodowych, z oryginalnych artykułów z prestiżowych czasopism naukowych „Science” i „Nature”, z artykułów innych popularyzatorów fizyki w Internecie (w zakresie udzielonych koncesji), z korespondencji autora z innymi badaczami – jednym słowem, ze wszystkiego, co dokumentuje naukę współczesną jako zjawisko *in statu nascendi*. Przekaz pedagogiczny jest bardzo jasny: „Zobacz, ile już wiemy! Ale jeszcze więcej jest do odkrycia. Ten ogromny ocean czeka ciągle na swoich odkrywców. Jednym z nich możesz być Ty!”.

Plakatowa wersja wystawy stała się podstawą nauczania o fizyce współczesnej w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UMK oraz na licznych wystawach i festiwalach nauki, a jej kopie trafiły do kilku szkół regionu.

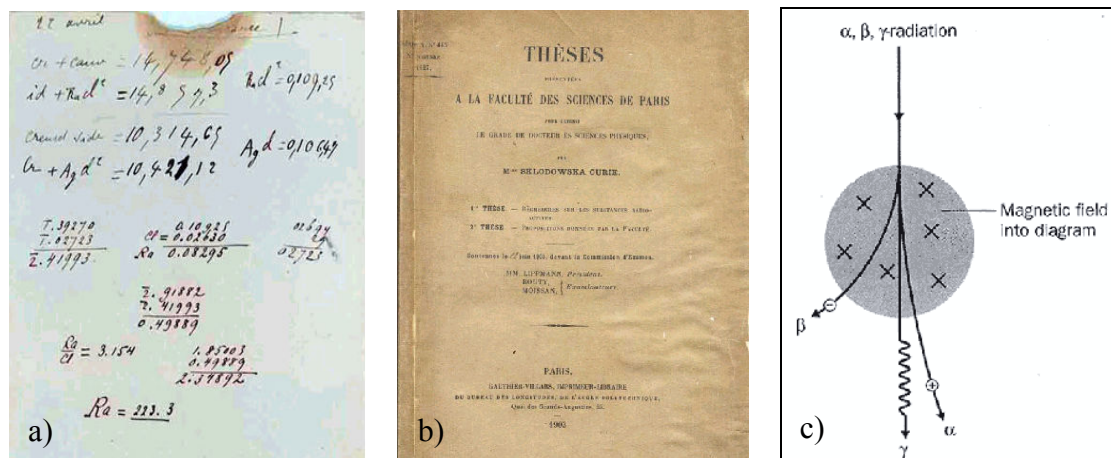
³³ Formalnymi partnerami projektu był Uniwersytet w Trydencie, École Centrale w Paryżu, Pomorska Akademia Pedagogiczna w Słupsku, Uniwersytet Jagielloński (redakcja „Fotonu”) i dwa przedsiębiorstwa dydaktyki multimedialnej „Ambernet” i „Soliton”.

³⁴ G. Karwasz, T. Wróblewski, E. Rajch, A. Kamińska, H. Nowakowska, A. Niedzicka, Z. Gołąb-Meyer, W. Niedzicki, *On the Track of Modern Physics*, 3rd International GIREP Seminar „Informal Learning and Public Understanding of Physics”, Ljubljana 5–9.09.2005, Book of Abstracts, s. 52.

³⁵ G. Karwasz i in., *On the track of Modern Physics, wersja multimedialna*, UMK Toruń, http://dydaktyka.fizyka.-umk.pl/Physics_is_fun/html/index-en.html; administrator K. Służewski (30.11.2011).

7.10. Propozycja (wirtualnego) muzeum Marii Skłodowskiej-Curie

Analizując dokonania fizyki współczesnej, zauważamy, że nadal brakuje w kraju instytucji jak Science Museum, która przedstawiałaby dorobek historyczny polskiej nauki, choćby Marii Skłodowskiej-Curie. Oryginalny rysunek z jej po-doktorskiej publikacji³⁶, kiedyś pokazywany we wszystkich podręcznikach szkolnych (zob. ryc. 7.37c), zupełnie znikł z polskiej dydaktyki fizyki na rzecz kolorowych fotografii zagranicznych urządzeń. Dopóki nie powstanie rzeczywiste muzeum nauki polskiej, powinno się podjąć próbę zbudowania choćby wersji multimedialnej takiego muzeum, w przestrzeni internetowej. Przykłady takich wirtualnych eksponatów przedstawiamy na fot. 7.37.



Fot. 7.37. Ekspozycje do wirtualnego muzeum Marii Skłodowskiej-Curie: **a)** fragment dziennika laboratoryjnego, w którym badaczka określiła masę radu, widoczne ślady nadpaleń chemicznych lub radioaktywnych; **b)** strona tytułowa doktoratu M. Skłodowskiej-Curie; **c)** rysunek śladów cząstek alfa, beta i gamma oparty o prace Marii Skłodowskiej-Curie a wprowadzony przez E. Rutherforda (i z jego nazwiskiem kojarzony). Źródło: H. Nowakowska, *Industrious PhD Student*, plakat dydaktyczny projektu UE S&S 020721, Physics is Fun

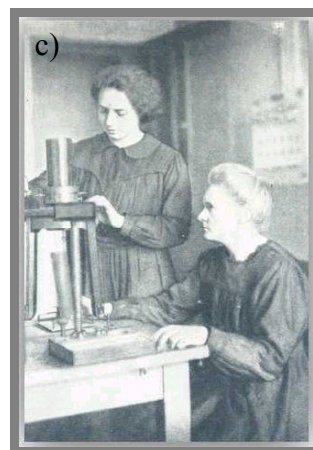
Idea muzeum pół-wirtualnego została zrealizowana w stulecie nagrody Nobla dla Marii Skłodowskiej-Curie na parkanie otaczającym paryski Instytut Onkologiczny stworzony przez nią. Zdjęcia, zmieniane się co kilka tygodni, pokazywały życiorys badaczki z jego wszystkimi aspektami profesjonalnymi i osobistymi. Poniżej przedstawiamy trzy najbardziej wzruszające zdjęcia z tej kolekcji – podróż poślubną rowerami (kupionymi za pieniądze od kuzyna) po Normandii, zdjęcie Marii owdowiałej i zdjęcie z dorosłą córką w laboratorium.

Wystawy, tak wirtualne, jak i realne, mogą i powinny pełnić nie tylko funkcje poznawcze, ale i pedagogiczne, wychowawcze. Przedstawienie życiorysów słynnych naukowców, ale w sposób demitologizujący, może taką funkcję znakomicie spełniać. W podejściu tym podkreślamy przykładowo ogrom pracy fizycznej włożonej przez Marię Skłodowską-Curie w wyodrębnienie metodami chemicznymi radu z rudy uranowej³⁷. W opowieści o Albercie Einsteinie pomijamy znane, „pomnikowe” fakty z jego życiorysu, a rozwijamy opowieść o szczęśliwym, młodym, zakochanym człowieku³⁸.

³⁶ Autor dziękuje pani Małgorzacie Marciniak z Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie za cenne informacje.

³⁷ G. Karwasz, H. Nowakowska, *Pracowita doktorantka*, [w:] *On the track of Modern Physics*, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Kwarki_plakaty/curie_pl.pdf (30.12.2011).

³⁸ G. Karwasz, *Albert i Mileva*, [w:] *On the track of Modern Physics*, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Pliki/Kwarki_plakaty/albert_pl.pdf (30.12.2011).



Fot. 7.38. Zdjęcia tworzące wirtualne muzeum naszej wielkiej rodaczki: **a)** podróż poślubna rowerami po Normandii; **b)** z córkami, po śmierci męża; **c)** Irène w laboratorium (fot. GK z ogrodu Instytutu Onkologicznego Marii Skłodowskiej-Curie w Paryżu, 2005)

Opowieść o Marie Skłodowskiej-Curie, będącej nie tylko ikoną z brązu, ale również prawdziwą, żywą i oddziaływującą *wychowawczo* postacią, jest jednym z wielu możliwych tematów dla polskich centrów nauki³⁹. Brakuje nowoczesnego muzeum o osobie i dziele Mikołaja Kopernika⁴⁰; niezwykle ciekawe i kompletne zbiory o dziele Abrahama Michelsona, noblisty, fizyka, Polaka z urodzenia i deklaracji, a Amerykanina z obywatelstwa, są zlokalizowane na strychu Liceum Ogólnokształcącego w Strzelnie, a o kolejnym nobliście Polaku, fizyku, Sir Józefie Rotblacie nikt w Polsce nawet nie słyszał⁴¹...

Wirtualną opowieść o Marii Skłodowskiej-Curie warto zakończyć jednym z jej ostatnich zdjęć, ciężko chorej na raka, na plaży w Belgii z Albertem Einsteinem, i jego słowami: „Maria, jako jedna z niewielu wielkich tego świata nigdy nie uległa pokusie chwały”, fot. 7.39.



Fot. 7.39. Jedno z ostatnich zdjęć Marii Skłodowskiej-Curie, z A. Einsteinem na plaży w Belgii w przerwie kongresu Solvay; Źródło: H. Nowakowska, op. cit.

Podsumowanie

W rozdziale tym przedstawiliśmy wystawy interaktywne według rosnącego stopnia ich złożoności – od zbioru prostych eksponatów „Fizyki zabawek” z edycji 1997 r. po interdyscyplinarne dyskusje kulturotwórcze i wielowątkowe wystawy wirtualne. Wskazaliśmy na konieczność odniesień *uniwersalnych* prezentowanych treści, niezależnie, czy miejscem ekspozycji jest muzeum regionalne, czy duża instytucja narodowa. Wskazaliśmy też, celowo, na ogromną rolę jaką sieć instytucji lokalnych może spełniać w funkcjach wspomagania szkoły i w dziele tworzenia kulturowych *tożsamości* miast i regionów. Zapotrzebowanie na różnorodne inicjatywy jest ogromne, jak to ilustrują sukcesy wszystkich powstających w Polsce w XXI wieku instytucji interaktywnego przekazu wiedzy, od Krakowa po Szczecin.

Opisujemy ten unikalny na skalę europejską rozkwit polskich eksploratoriów w rozdziale VIII.

³⁹ Po wielu dziełach o Marii Skłodowskiej-Curie jako pomniku z brązu, poczynawszy od książki jej córki Ewy, polecamy nietuzinkową narrację o życiu tej uczzonej, P. Cieśliński, J. S. Majewski, *Śladami Marii Skłodowskiej-Curie*, Agora, 2011.

⁴⁰ Muzeum Domu Kopernika w Toruniu jest częścią Muzeum Okręgowego w Toruniu, a nie instytucją narodową.

⁴¹ G. Karwasz, *Polak, fizyk, noblista*, „Głos Koszaliński”, nr 39/2002, s. 4.

ROZDZIAŁ VIII

Muzea, planetaria, centra nauki w Polsce

Polskie muzea i centra nauki nie mają tak długich tradycji jak np. Deutsches Museum, co wynikało w braku państwowości na początku XX wieku. Pierwsze muzea powstały w okresie międzywojennym. Muzeum Narodowe w Warszawie, instytucja o znaczeniu w Polsce porównywalnym do francuskiego Luwru, otworzyło swoją stałą (i obecną) siedzibę dopiero w 1938 roku. Jeśli powstawały instytucje muzealne, to były zazwyczaj owoce pracy nielicznych pasjonatów, jak np. powstałe w 1889 roku z inicjatywy Tytusa Chałubińskiego Muzeum Tatrzańskie, o charakterze etnograficznym i przyrodniczym. Pierwsze centra nauki i eksploratoria powstały w Polsce dopiero w ostatnim dziesięcioleciu.

W warunkach polskich wystawy dydaktyczne spełniają kilka funkcji jednocześnie: zastąpienia szkoły w działaniach edukacyjnych, wywołania zainteresowania widza, który nie zawsze jest uczniem, oraz przekazu innowacyjnego, tak aby polskie wystawy nie były jedynie kopią renomowanych centrów zagranicznych. Sukces niedawno otwartego Centrum Nauki „Kopernik”, mierzony interesującą i oryginalną ekspozycją oraz dużą liczbą zwiedzających świadczy o dużym zapotrzebowaniu na działalność tych instytucji oraz rozwój rodzimych strategii w istniejących i powstających centrach nauki.

Doświadczenia wystaw interaktywnych w Polsce nie są jeszcze bogate; niewiele instytucji muzealnych proponuje interaktywną tematykę naukową lub przyrodniczą. Przegląd stanu aktualnego w Polsce ograniczymy do kilku instytucji; zaczniemy od instytucji centralnych, o kilkudziesięcioletniej historii. Porównamy je z podobnymi instytucjami z innych krajów.

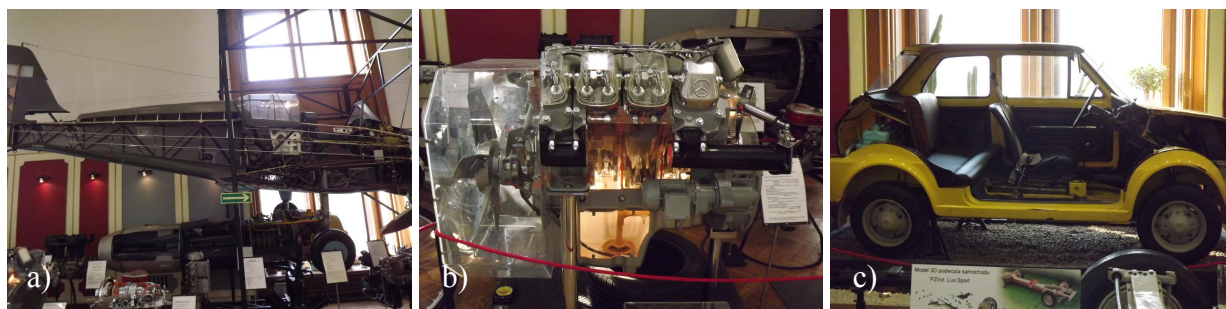
8.1. Muzeum Techniki w Warszawie

Pionierską i wiodącą w kraju instytucją w zakresie techniki jest Muzeum Techniki w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie, działające we współpracy z Naczelną Organizacją Techniczną. Według informacji dostępnych w Internecie sięga ono tradycją do założonego w 1875 roku Muzeum Przemysłu i Rolnictwa¹ oraz Muzeum Techniki i Przemysłu utworzonego w 1929 r. Po przerwie wojennej, w 1955 roku reaktywowane Muzeum Techniki objęło obecną, prestiżową siedzibę w Pałacu Kultury i Nauki. Tradycyjne zbiory techniczne, unikalne na skalę światową, zostały w ostatnich latach wzbogacone o interaktywne ekspozycje w zakresie fizyki.



Fot. 8.1. Dziedzictwo polskiej myśli technicznej w Muzeum Techniki w Warszawie: **a)** polskie konstrukcje motocykli w lat 50. XX wieku; **b)** pierwsze odbiorniki radiowe z okresu międzywojennego; **c)** elektronika tranzystorowa o przeznaczeniu konsumpcyjnym z lat 60. i 70. XX wieku (fot. JCh)

¹ Z laboratorium Muzeum Przemysłu i Rolnictwa korzystała w 1889 roku do celów samokształcenia Maria Skłodowska, za A.K. Wróblewski, *Historia Fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 406.



Fot. 8.2. Funkcja dydaktyczna w Muzeum Techniki w Warszawie: **a)** przekrój samolotu z okresu II wojny światowej; **b)** przekrój nowoczesnego silnika samochodowego (ekspонат darowizna firmy samochodowej); **c)** przekrój fiata 126p – modelu, który spowodował rewolucję społeczną na rynku konsumpcyjnym w Polsce w latach 70. XX wieku

Główną część Muzeum stanowią wystawy stałe o charakterze muzealnym; zbiory obejmują m.in. historię radia, kolejnictwa, motoryzacji, kolekcję gramofonów, modele statków kosmicznych i przyrządów astronomicznych. W tym zakresie Muzeum Techniki przypomina Deutsches Museum w Monachium, choć niektóre eksponaty w Warszawie są unikalne.

Zbiory Muzeum Techniki w porównaniu z innymi instytucjami na świecie są szczególnie bogate, jeśli chodzi o okres dwudziestolecia międzywojennego. Ilustrują one momenty rozkwitu polskiej myśli technicznej – polskie konstrukcje motocykli tak sprzed II wojny światowej, jak i z czasu bezpośrednio po niej, zob. fot. 8.1a. Podobny rozkwit przeżywał przemysł elektroniczny, i to w sektorze tzw. konsumpcji, tj. urządzeń dla indywidualnych użytkowników. Przed II wojną światową były to odbiorniki lampowe (fot. 8.1b), od końca lat 50. XX wieku, niecałe 10 lat po wynalezieniu tranzystora – elektronika zminiaturyzowana dla szerokiego odbiorcy, fot. 8.1c. Zbiory Muzeum Techniki są ciekawe nawet w porównaniu z Science Museum w Londynie, które to eksponuje głównie przełomowe odkrycia naukowe, jak radar i elektrokardiograf, zob. rozdział VI. Zbiory Muzeum Techniki, pokazując urządzenia powszechnego użytku, stają się swego rodzaju muzeum etnograficznym – prezentują styl życia w 2. połowie XX wieku w Polsce.

W porównaniu ze zbiorami lotnictwa w Deutsches Museum zauważamy w Muzeum Techniki funkcje dydaktyczną, w postaci przekrojów samolotu, silnika odrzutowego, silnika samochodowego, przekroju całego samochodu, fot. 8.2.

TECHNIKI

CIEKAWA FIZYKA

Zestaw ćwiczeń ułatwiających zrozumienie praw fizyki i potwierdzających kilka fundamentalnych zasad przyrody odkrytych przez uczonych od XVII do XX wieku.

Prezentujemy 13 doświadczeń z następujących dziedzin:

1. Ruch w polu grawitacyjnym
 - o rura Galileusza,
 - o rzut poziomy i spadek swobodny.
2. Przemiany energii
 - o koło Maxwella,
 - o fotoogniwo,
 - o ogniwo galwaniczne - bateria ręczna,
 - o indukcja elektromagnetyczna.
3. Transport energii i informacji
 - o fale mechaniczne - poprzeczne i podłużne,
 - o fale elektromagnetyczne - światło,
 - o stolik optyczny - prawa załamania światła,
 - o kalejdoskop - prawa odbicia światła,
 - o spektroskop - widmo promieniowania.
4. Promieniowanie korpuskularne
 - o rury katodowe - ruch elektronów,
 - o detekcja promieniowania jonizującego - licznik G-M



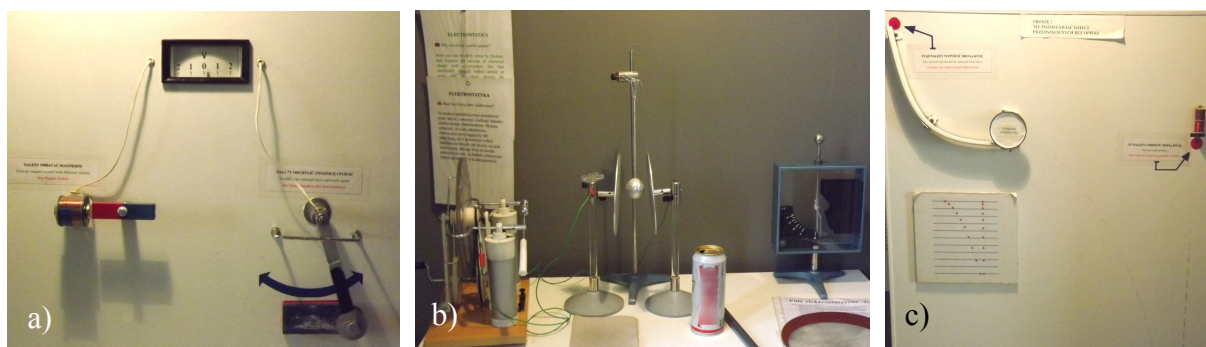
Fot. 8.3. Interaktywna wystawa z fizyki w Muzeum Techniki w Warszawie. Spis doświadczeń i ogólny układ ekspozycji. Materiały ze stron internetowych Muzeum, http://www.muzeum-techniki.waw.pl/wystawy_stale_ciekawa_fizyka.html (10.05.2010)

Dział „Ciekawa fizyka” został zorganizowany w roku 2001 we współpracy z jednym z wydawnictw dydaktycznych, nauczycielami fizyki oraz Uniwersytetem Warszawskim. Przypominamy pierwsze wystawy interaktywne w Warszawie z tego okresu, trydencko-słupską „Fizykę zabawek” na II Festiwalu Nauki w 1998 roku oraz ekspozycje organizowane przez Uniwersytet Warszawski na kolejnych Festiwalach Nauki. „Ciekawa fizyka” obejmuje zestaw 13 oryginalnych ćwiczeń ułatwiających zrozumienie praw mechaniki, elektromagnetyzmu, optyki oraz fizyki współczesnej.

Ogólna koncepcja wystawy przypomina Spectrum z Berlina zob. par. 6.7. Doświadczenia są zorganizowane tak, aby spełniały głównie funkcję dydaktyczną. Jak to opisują strony internetowe tej wystawy, główną motywacją do jej zorganizowania były słabości szkolnych laboratoriów fizycznych narastające w latach 80. i 90. XX wieku. Wśród wystaw znajdziemy doświadczalne sprawdzenie prawa indukcji elektromagnetycznej, fot. 8.4a, podobne nieco, ale bardziej dydaktyczne niż doświadczenia ze Spectrum, por. fot. 4.28b. Widz otrzymuje doświadczenie w takiej formie, aby jego wyjaśnienie było natychmiastowe: poruszanie magnesem w zwojnicy (lewa część doświadczenia na fot. 8.4a) lub zwojnicą w pobliżu magnesu (prawa część doświadczenia) powoduje powstanie napięcia, mierzonego za pomocą woltomierza analogowego w środkowej części panelu. Taki sposób przekazu określa jednoznacznie preferowanego adresata: jest to uczeń lub grupa szkolna.

W porównawczej ocenie trzech funkcji poznawczych najsłabiej w dziale „Ciekawa fizyka” wypada chyba funkcja ludyczna – doświadczenia prezentowane w dużej mierze powtarzają te ze szkolnych laboratoriów i w niektórych przypadkach mają charakter bardziej kolekcji niż sekwencyjnej ścieżki dydaktycznej. Warto byłoby również rozwinąć aspekty pogłębienia wiedzy, np. w doświadczeniach z elektrostatyką podkreślenie, kiedy elektryzowanie ma charakter przekazu ładunku, a kiedy indukcji.

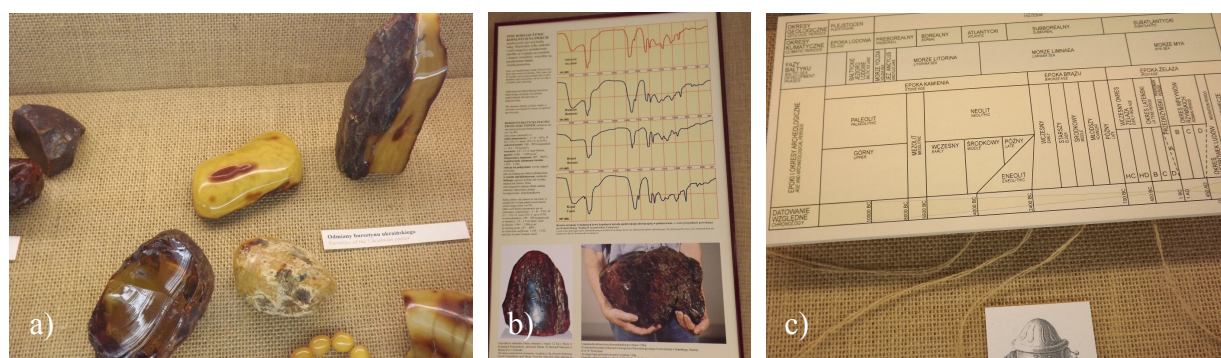
Mimo możliwych udoskonaleń „Ciekawa fizyka” jest pierwszą znaną autorowi tego rodzaju instytucją w Polsce realizującą postulat *środowiskowych laboratoriów szkolnych*, w formie podobnej do tej opisanej np. dla Museo Tridentino di Scienze Naturali (rozdział III). Muzeum Techniki od kilku lat realizuje lekcje dla gimnazjalistów według zaleceń reformy programowej, będąc również prekursorem tej formy dydaktycznej w Polsce.



Fot. 8.4. Wystawa „Ciekawa fizyka” w Muzeum Techniki w Warszawie. Pokazujemy doświadczenia szkolne, ale nie zawsze możliwe do przeprowadzenia w klasie: **a)** zasady indukcji elektromagnetycznej – poruszanie magnesem w zwojnicy (lewa część panelu lub zwojnicą w pobliżu magnesu (prawa część) powoduje powstanie napięcia (miernik u góry); **b)** elektrostatyka – maszyna (na dole po lewej) dostarcza ładunków elektrycznych do okładek kondensatora (w środku zdjęcia); piłeczka pingpongowa owinięta folią aluminiową i zawieszona na nici między okładkami jest „odbijana” przez okładki; doświadczenie to jest efektowne, ale nieco niedydaktyczne: piłeczka niemająca początkowo ładunku elektrycznego nie powinna poruszyć się w jednorodnym polu elektrycznym; **c)** niezależność ruchów – kulka upuszczona swobodnie i kulka wypuszczona początkowo w poziomie z takiej samej wysokości uderzają w podłoże jednocześnie (fot. JCh)

8.2. Muzeum Ziemi w Warszawie

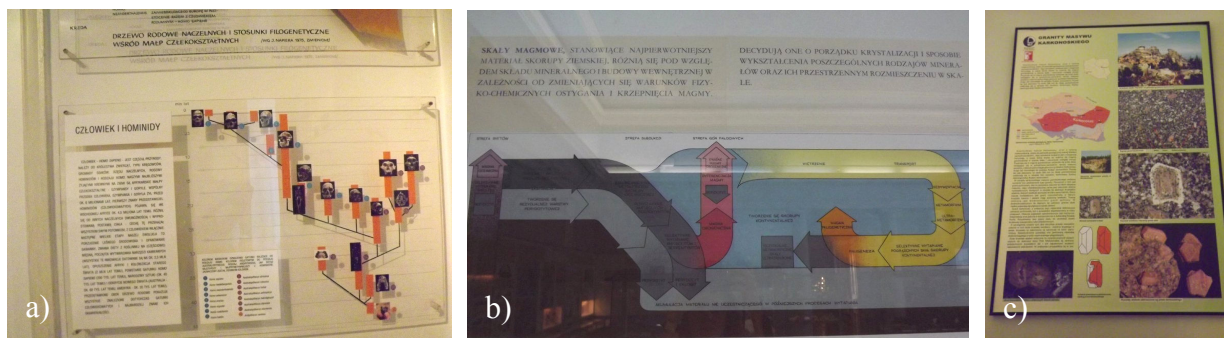
Muzeum Ziemi w Warszawie jest instytucją istniejącą od 1933 roku, powstałą z inicjatywy grona uniwersyteckich profesorów geologii. Od 1959 roku Muzeum jest placówką PAN; mieści się ono w dwóch zabytkowych budynkach przy ulicy Na Skarpie, na terenach ogrodowych księcia Kazimierza Poniatowskiego. W zbiorach Muzeum znajduje się 175 tys. eksponatów – skał, minerałów, skamieniałości; stanowią one geologiczne archiwum Polski i nie tylko. Wystawa czasowa w 2012 pokazuje szczątki wielkich ssaków epoki lodowcowej, w tym mamuta i jelenia olbrzymiego, który w Europie został wytępiony już 12 tys. lat temu. Wystawa bursztynu prezentuje tę organiczną skamielinę w całym bogactwie barw i faktur, fot. 8.5a. Funkcja naukowa pojawia się jako porównanie odcieni bursztynu w badaniu absorpcji w zakresie podczerwieni. Każdy związek organiczny ma specyficzne, skomplikowane widmo, fot. 8.5b, w zależności od składu chemicznego. Podobnie jest w przypadku bursztynu – porównanie widma pozwala określić pochodzenie próbki. Widma bursztynu w podczerwieni są bardzo ciekawe, ale nie wiadomo, na ile są one jasne dla przeciętnego zwiedzającego.



Fot. 8.5. Wystawa bursztynu w Muzeum Ziemi w Warszawie: **a)** różnorodność kolorów i faktury bursztynu, okazy z Ukrainy; **b)** niezbyt udana próba interdyscyplinarności – widma absorpcji w podczerwieni pozwalają na identyfikację skomplikowanych związków organicznych, z jakich składa się bursztyn; niestety, przeciętny użytkownik nie wie, co oznacza podana skala (cm^{-1}) na osi OX; **c)** chronologia er Ziemi, w tym Bałtyku, pozwala na umiejscowienie znalezisk na osi czasu; podobną chronologię, w kolorze, można zobaczyć na wystawie „Ziemia dla człowieka”, fot. 4.30a (fot. JCh).

W ekspozycji w Muzeum Ziemi odnajdujemy wszystkie trzy funkcje poznawcze zdefiniowane w rozdziale III. Funkcja dydaktyczna pojawia się na przykład w schemacie er Ziemi. Plansza na fot. 8.5c ilustruje zależności między epokami geologicznymi, archeologicznymi i klimatycznymi, co ułatwia widzowi umiejscowienie eksponatów we wzajemnych relacjach chronologicznych. Potencjalnie takie uporządkowanie pozwala również na porównania z rozwojem kultury człowieka. I tak, era powstawania bursztynu na wybrzeżach Bałtyku i występowania jelenia olbrzymiego to również początki panowania *Homo sapiens* w Europie, powstania paleolitycznych malowideł naskalnych w południowej Francji, a później rozpowszechnienia neolitycznych statuetek Wenus na terenach dzisiejszej Austrii i Czech. Dziś powiązanie różnych elementów – geologii, archeologii, prehistorii sztuki – może dokonać się również na platformie internetowej. Ekspонат rogów prehistorycznego jelenia może internetowo sąsiadować z (nieдоступnymi już dla zwiedzających) malowidłami tego jelenia w grotach Chauvet-Pont-d’Arc, Cellier i La Grèze.

Elementów dydaktycznych jest w Muzeum Ziemi więcej – są to na przykład chronologie prac człowieka, fot. 8.6a, schematy przepływów magmy w skorupie i płaszczu Ziemi, fot. 8.6b. Obecna jest też forma plakatu dydaktycznego, jak opis granitów pasma Karkonoszy, fot. 8.6c, przy okazji tematycznej wystawy poświęconej różnego rodzaju granitom i podobnym im innym skałom magmowym.



Fot. 8.6. Schematy i plakaty dydaktyczne w Muzeum Ziemi: **a)** drzewo genealogiczne *Homo sapiens*; **b)** subdukcja płyt litosfery i wypływy magmy; **c)** granity w Karkonoszach (fot. J.Ch)

Chronologia praczłowieka w Muzeum Ziemi wydaje się dużo bardziej jednoznaczna, niż w innych omawianych w naszej książce muzeach – w Brukseli i Trydencie. W drzewie genealogicznym gatunku *Homo sapiens* jest pełno luk, wiele wymarłych gałęzi, swego rodzaju ślepych uliczek. Ważne są też aspekty kulturowe jako odróżniające współczesnego człowieka od jego (dalekich) krewnych. Wszystkie te aspekty w naturalny sposób mogą być dyskutowane w ramach wystaw interdyscyplinarnych właśnie w Muzeum Ziemi.

Bardzo ciekawy jest również schemat przepływów magmy – subdukcji, i powstawania wulkanów. Schemat ten wyjaśnia, jak zapadające się płyty oceaniczne topią się w głębi skorupy ziemskiej, a stopiony materiał wypływa ponownie na powierzchnię w wylewach i eksplozjach wulkanów. Schemat jest znakomity w swej funkcji naukowej – precyzyjny i wyczerpujący w szczegółach. Wymagałby jednak obudowy dydaktycznej, a także uzupełnienia przekazu dla przeciętnego widza. Subdukcja płyt litosfery jest podstawowym mechanizmem kształtującym krajobrazy na Ziemi. Himalaje to wynik zderzenia się dwóch płyt kontynentalnych. Podobnie jak Alpy, są to góry wysokie, ale bez czynnych wulkanów. Andy to wynik wsunięcia się płyty oceanicznej pod kontynentalną, podobnie jak Wyspy Japońskie. Różne kąty, pod jakimi wsuwają się płyty, są przyczyną różnych krajobrazów – gór bardzo wysokich i wulkanicznych, jak Andy, lub niższych, jak Japonia. Odniesienie do krajobrazów to funkcja ludyczna – widz skomentuje: „A to ciekawe!” lub „Ja też tam byłem!”.

Schemat przepływów magmy stanowi też znakomity punkt wyjścia dla funkcji dydaktycznej. Na ogół przeciętny zwiedzający, a tym bardziej licealista, wie, co to ametyst, kwarc i granit. Schemat na fot. 8.6b operuje nazwami trudnymi dla przeciętnego widza: „amfibolity, serpentynity, perydotyty”. W strumieniu lawy płynącej w górę wulkanicznym kominem znajdujemy „kwaśne magmy orogeniczne”. Nawet dla nauczyciela w liceum termin ten jest trudny do interpretacji. Wyjaśnijmy najpierw, że „orogeniczny” to *górotwórczy*. Ale dlaczego magma może być kwaśna, może być niejasne nawet dla nauczyciela chemii.



Fot. 8.7. Kilkanaście z ogromnej ilości zbiorów Muzeum Ziemi: **a)** różne granity i ich składniki (kwarc w górnym rzędzie); **b)** minerały fluorescencyjne, czyli świecące pod wpływem światła nadfioletowego; **c)** czaszka mamuta (fot. JCh)

Składniki skał skorupy ziemskiej pochodzenia wulkanicznego to najczęściej tlenki metali takich jak sód, potas, magnez, glin i tlenek krzemu, główny składnik szkła okiennego, a w czystej postaci bezbarwny, twardy minerał, kwarc – SiO_2 . Niewielu nauczycieli wie, że kwarc rozpuszcza się w wodzie w temperaturze powyżej 400°C (czyli pod wysokim ciśnieniem). Większy odsetek nauczycieli wie, że dwutlenek węgla, CO_2 , tworzy w wodzie kwas węglowy, który nadaje smak wodzie gazowanej. Przez analogię chemiczną (i w rzeczywistości tak jest), również SiO_2 w skomplikowanych związkach chemicznych, jakimi są skały, zachowuje się w porównaniu z tlenkami sodu czy wapnia jak bezwodnik kwasu. „Kwaśne magmy orogeniczne” to innymi słowy skały, które zawierają więcej kwarcu niż np. czarne, oceaniczne bazalty.

Opisana tu możliwość rozbudowy narracji dydaktycznej (i naukowej) wynika głównie z ogromnego bogactwa eksponatów zgromadzonych w Muzeum Ziemi. Dzięki temu bogactwu panel dydaktyczny staje się przewodnikiem po zbiorach – skały nie są jedynie statycznie ułożonymi eksponatami ale stanowią ilustrację skomplikowanej dynamiki skorupy ziemskiej.

Unikalne są również wspomniane już eksponaty biologiczne, jak czaszki i kły („ciosy”) mamutów, czaski prażubrów, czaszki nosorożców włochatych, poroża jelenia olbrzymiego itd. Obrazują one nie tylko występowanie różnych gatunków zwierząt, ale również ich migracje związane ze zmianami klimatu oraz wyginiecie (do którego człowiek się przyczynił). Podobnych autentycznych szczątków zwierząt z paleolitu nie znajdziemy nawet w dużych europejskich muzeach opisanych w rozdziale IV. Potencjalnie warszawskie Muzeum Ziemi mogłoby się stać polskim Muzeum Przyrody na miarę tego w Brukseli.

8.3. Planetarium, Orbitarium i Geodium w Toruniu

Stosunkowo nieliczne (i niezbyt duże w porównaniu np. z Chicago) planetaria polskie są instytucjami chętnie odwiedzanymi. Dużą rolę w rozwoju planetariów w Polsce miało 500-lecie urodzin Mikołaja Kopernika – ślady żywego zainteresowania władz centralnych astronomią znajdujemy w postaci planetariów w Olsztynie, Chorzowie i pośrednio w Toruniu. Planetaria polskie podejmują wszechstronną działalność nie tylko dydaktyczną, do której są powołane, ale również działalność *kulturotwórczą*, w postaci wykładów naukowych, wystaw, kolekcji. Przykłady zbiorów meteorytów z Planetarium w Olsztynie pokazaliśmy w par. 7.7.

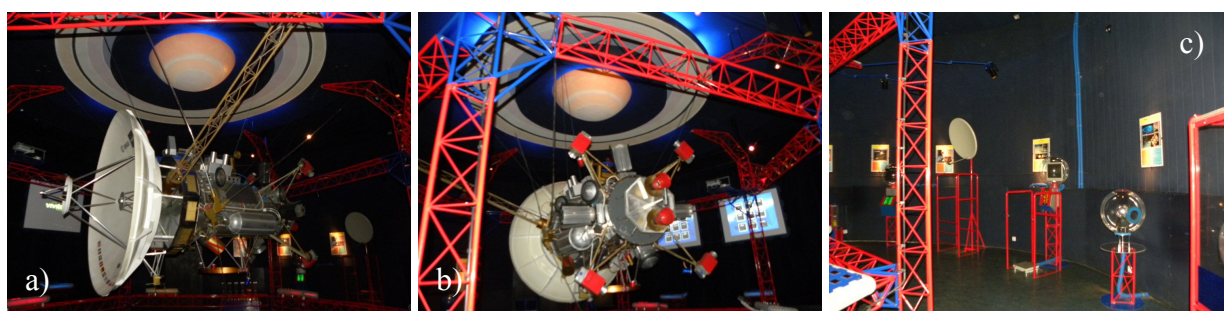
Planetarium w Toruniu powstało w budynku po starej gazowni w centrum miasta – graniczy z franciszkańskim kościołem Najświętszej Marii Panny, którego budowę zaczęto w 1336 r.; jego architektura jest dziś reliktem kościoła *S. Maria Gloriosa dei Frari* w Wenecji.



Fot. 8.8. Dwa bliźniacze kościoły franciszkańskie z początku XIV wieku: **a)** Wniebowstąpienia NMP w Toruniu i **b)** Santa Maria Gloriosa w Wenecji; w Wenecji długie wczesnogotyckie okna zostały zamurowane i zamienione w barokowe lunety; usunięto fryz nad nawą centralną. Kościół toruński jest więc zabytkiem unikalnym, o znaczeniu podwójnym, żywą skamienieliną architektury franciszkańskiej, niejako pierwowzorem znanego kościoła weneckiego; **c)** Planetarium Toruńskie jest ulokowane niejako na dziedzińcu Parafii NMP (fot. MK)

Planetarium w Toruniu rozpoczęło działalność w 1994 roku; w roku 2011 odwiedziło je blisko ćwierć miliona zwiedzających (w przybliżeniu tyle samo osób zwiedziło Muzeum Okręgowe, w skład którego wchodzi Dom Kopernika). Planetarium jest, w odróżnieniu od wielu innych podobnych instytucji, instytucją niekorzystającą z funduszy publicznych i realizującą nowe zamierzenia z bieżących wpływów.

Planetarium dysponuje salą projekcyjną w kopule byłej gazowni, gdzie organizuje spektakle o kosmosie nieodiegające pomysłowością od najlepszych wzorców zagranicznych. W 1996 roku otwarto w Planetarium salę interaktywnych doświadczeń fizycznych – Orbitarium. Mimo że niektóre z tych doświadczeń można znaleźć i w innych instytucjach krajowych i zagranicznych, koncepcja Orbitarium jest bardzo oryginalna. Środek sali zajmuje kopia sondy kosmicznej „Cassini” w skali 1:1, która w 2002 roku zbliżyła się do Saturna. Sonda w Orbitarium jest interaktywna, tzn. można nią sterować, uzyskując określone działania podobnie jak w oryginalnym statku „Cassini”, otwieranie ogniw słonecznych, dokonywanie korekty trajektorii itd., zob. fot. 8.9.



Fot. 8.9. Interaktywne Orbitarium w toruńskim Planetarium: **a)** środek sali zajmuje naturalnej wielkości kopia sondy kosmicznej „Cassini”, która w 2002 roku zbliżyła się do Saturna; **b)** sondą można sterować, podobnie jak to czynią naukowcy z Ziemi; **c)** na obwodzie sali rozmieszczonych jest 14 doświadczeń interaktywnych, głównie o charakterze fizycznym – model atmosfery, model huraganu, kula plazmowa itd. (fot. MK)

W 2007 roku z inicjatywy nieodżałowanego dyrektora Planetarium Lucjana Broniewicza rozpoczęto prace koncepcyjne nad stworzeniem trzeciej wystawy, komplementarnej do dwóch istniejących sal. Według słów L. Broniewicza, o ile pierwsza sala tradycyjnego planetarium wprowadza nas w tematykę kosmosu, sala Orbitarium sprowadza nas do Układu Słonecznego, to trzecia powinna sprowadzić widza na Ziemię, ale tak jak ją widać z przestrzeni kosmicznej. Ziemia to kruszynka, wielkości łebka od szpilki, zawieszona w próżnej przestrzeni, w odległości 10 m od Słońca, o ile przybliżymy to ostatnie dużą pomarańczą².

Lekcja o Ziemi w toruńskim Planetarium musi być lekcją kopernikańską, to znaczy powinna dawać widzowi świadomość wspomnianego już wcześniej „statku kosmicznego”, na jakim podróżujemy w przestrzeni. Przede wszystkim Ziemia w kosmosie się kręci, i to w skomplikowany, trojaki sposób, jak to już pisał Kopernik³. Oś Ziemi jest pochylona, i to znacznie, dzięki czemu występują pory roku. Ale ponadto Ziemia jako planeta podróżuje w czasie. Powstała, potrafimy to powiedzieć z dużą dokładnością, 4,567 mld lat temu⁴ i przeszła bardzo skomplikowaną historię astronomiczną, geologiczną, klimatyczną i biologiczną.

² Średnica Ziemi to ok. 13 tys. Km, a promień Słońca 1,5 mln km; Ziemia znajduje się w odległości od Słońca 149–151 mln km, czyli około 100 promieni Słońca. Księżyc znajduje się od Ziemi o 364–404 tys. km, czyli o „zaledwie” 30 ziemskich średnic. Księżyc ma średnicę 1/6 ziemskiej; układ Ziemia–Słońce bardziej przypomina system binarny gwiazd niż typowe relacje planeta–satelita, jak np. dla Marsa lub Jowisza.

³ Kopernik pisał o trzech rodzajach ruchu: obrocie Ziemi dookoła własnej osi, obiegu dookoła Słońca, a także o „przesuwaniu się punktów równonocy”, co dzisiaj nazywamy *precesją* osi ziemskiej (zob. dyskusję w par. 3.3)

⁴ Zob. Stein B. Jacobsen, *How Old Is Planet Earth?*, Science, vol. 300, nr 1513/2003.

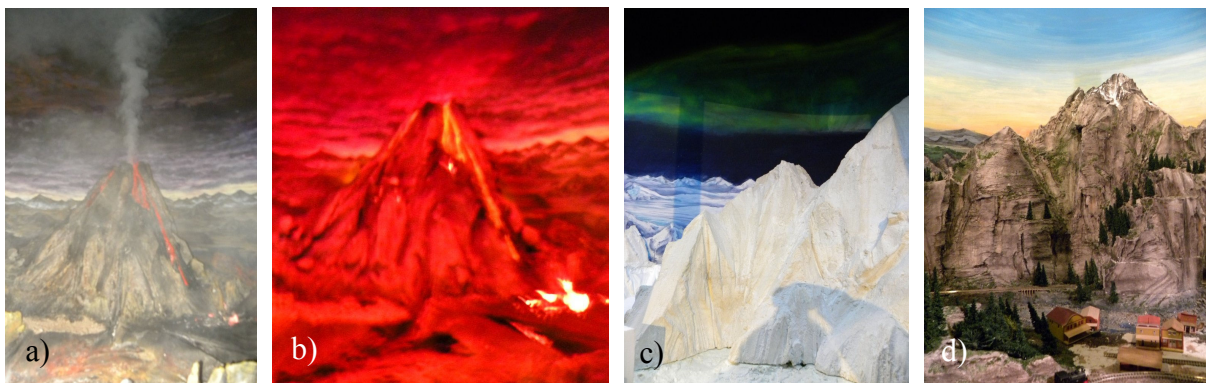


Fot. 8.10. Geodium – wystawa nt. historii planety Ziemi, w trakcie jej powstawania (grudzień 2011), wrażenie zawieszenia w czasie i przestrzeni osiągnięte zostało przez zaciemnienie sali, rozświetlonej gwiazdami i czterema narożnikami poświęconymi poszczególnym erom Ziemi: **a)** era nr II – powstanie hydrosfery; **b)** obracająca się kula ziemiska, jakby zawieszona w przestrzeni pod kątem 23° do ekliptyki; **c)** era globalnych zlodowaceń – około 2 mld lat temu (Fot. MK, KS i T. Bury)

Wystawie w Geodium postawiliśmy cel przekazu widzowi wiedzy przez trzy opisywane funkcje poznawcze: uczyć, bawić, zastanawiać. Wprowadzenie w skomplikowaną narrację o dziejach Ziemi osiągamy przez *fascynację* – niebiesko-zieloną kulą wyłaniającą się z ciemnego Kosmosu.

Wystawa jest ulokowana w stosunkowo niewielkiej sali – 120 m^2 , pozyskanej dla Planetarium od Parafii NMP. Sala pogrążona w zupełnej ciemności rozświetlona jest plamkami gwiazd na czarnym niebie; w jej środku kula ziemiska jest jakby zawieszona w przestrzeni kosmicznej. Kula jest pochylona w stosunku do poziomu o taki sam kąt, pod jakim oś Ziemi jest nachylona w stosunku do płaszczyzny ekliptyki. Kula, z wiernie oddanymi lądami, wyrysowanymi przez artystę plastyka, obraca się powoli; widz mimowolnie pochyla głowę śledząc ruch kontynentów.

Cztery narożniki sali poświęcone są, pozornie, czterem żywiołom – ogniovi, wodzie, powietrzu i życiu, ale jest to zbieżność konieczna. Ziemia jako planeta ukształtowała się dość szybko w skali astronomicznej, to znaczy przez około 10 mln lat; wkrótce po tym spotkała ją katastrofa w postaci zderzenia z planetą wielkości Marsa, przez co powstał Księżyc. Przez pierwsze 100–200 mln lat Ziemia pozostawała kulą płynnej magmy; najstarsze skały przeobrażonych granitów, jakie znaleziono w Kanadzie i Grenlandii, pochodzą sprzed około 4,4 mld lat.



Fot. 8.11. Geodium w Toruniu. Opowieść o historii Ziemi ma jako motyw wspólny dla 4 narożników – czterech er, tę samą górę – wulkan; **a)** realistyczne efekty uruchamiane przez widzów mają na celu zwiększenie interaktywności; **b)** kolor wulkanu i nieba nad nim pozostaje surrealistyczny, aby oddać efekt oddalenia w czasie (4,5 mld lat temu); **c)** pole magnetyczne Ziemi nie pojawiło się od razu, być może dopiero jakieś 2 mld lat temu i dopiero wówczas zapaliły się zorze polarne; **d)** człowiek przekształca dziki wulkan w żyzne środowisko rolnicze, przemysłowe, kulturowe (fot. MK)

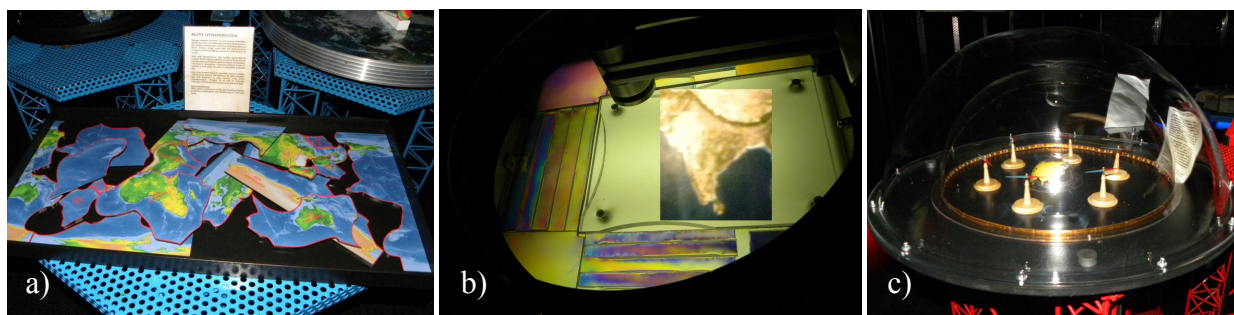
Wulkany, ruch kontynentów, ich zatapianie i ponowne wyłanianie się charakteryzowały pierwsze 1–2 mld lat historii Ziemi i nadal są procesami zasadniczo wpływającymi np. na skład atmosfery. Ziemia widziana z kosmosu musiała przypominać nieco dzisiejsze gorące księżycy Jowisza, z gejzerami siarki i surrealistycznym, fioletowo-żółtym niebem. Płynna woda stała się środowiskiem, które pozwoliło na eksplozję życia dopiero około pół miliarda lat temu⁵. To dzięki fotosyntezie atmosfera Ziemi z początkowej, przypominającej zapewne tę na Wenus lub Marsie, z dużą ilością dwutlenku węgla i pary wodnej, zamieniła się atmosferą *niebieską*, bo zawierającą tlen.

Aktywność wulkaniczna na Ziemi jest możliwa dzięki pierwiastkom promieniotwórczym zawartym w jej wierzchnich warstwach. W skorupie i płaszczu Ziemi wydziela się około 8 TW (terawat) energii z rozpadów uranu (^{238}U), kolejne 8 TW z rozpadu toru (^{232}Th) i 4 TW z rozpadu potasu (^{40}K). Dla porównania moc wszystkich elektrowni na Ziemi wynosi 10 TW. Produkcja ciepła we wnętrzu Ziemi nie jest więc ogromna, ale stała w historii geologicznej naszej planety – czas połowicznego rozpadu uranu ^{238}U wynosi 4,5 mld lat. Dzięki aktywności tektonicznej w skorupie ziemskiej zachowana pozostaje równowaga CO_2 – co ma zasadniczy wpływ na naturalny efekt cieplarniany (+33K). „Mieszanie” materiału między płaszczem a skorupą ziemską dostarcza też mikroelementów do oceanów, co z kolei jest warunkiem obfitości produkcji biologicznej (rozwoju alg).

Niezwykle ważne jest również pole magnetyczne Ziemi. Ono ochrania organizmy żywe przed nadmiernym dopływem zjonizowanych cząstek z wiatru słonecznego. Uważa się, że pole magnetyczne nie istniało na samym początku historii Ziemi – jego warunkiem było ostygnięcie jądra poniżej temperatury, w którym żelazo pozostaje ferromagnetyczne. Badania naukowe w tej dziedzinie nadal są w fazie początkowej.

Ziemia przeszła w swej historii okresy globalnych zlodowaceń, w których lodowce pokrywały nawet okolice równikowe. Wbrew pozorom taka historia geologiczna mogła przyczynić się do przyspieszania *ewolucji* form życia; jedynie wokół wulkanów życie trwało nadal. Setki i tysiące takich wysp życia pozwoliły na „eksperymentowanie” ewolucji z wieloma alternatywnymi rozwiązaniami. Po ponownym ociepleniu dominację przejmowały najbardziej udane gatunki. Jest to oczywiście tylko hipoteza, ale zachęcająca tak do dalszych poszukiwań naukowych, jak i do refleksji nad zjawiskiem *Życia*.

Jak widać z powyższych opisów, ukrytym podtytułem toruńskiego Geodium jest więc ten z wystawy opisanej w rozdziale IV „Ziemia, planeta dla Człowieka”. Celem wystawy jest nie tylko pokazanie zjawisk geofizycznych, ale pobudzenie widza do głębszej refleksji.



Fot. 8.12. Ekspozycje interaktywne w Geodium: **a)** układanka nt. dryfu kontynentów; **b)** zderzenia kontynentów – naprężenia powstające w plastikowej płytce pod wpływem ściskania obrazowane są za pomocą dwóch polaryzatorów światła; podobne naprężenia występują przy zderzeniach kontynentów, **c)** zabawy w polu magnetycznym, niezbędnym do zaistnienia życia na Ziemi – odchyłanie się igieł wokół centralnego magnesu (konceptcja GK i Anna Broniewicz, ekspozycje Planetarium, fot. MK)

⁵ Oczywiście chronologia form życia biologicznego na Ziemi jest szczegółowo badana od ponad 200 lat i doczekała się ścisłego nazewnictwa – odsyłamy Czytelnika do właściwych podręczników.

8.4. Centrum „Hewelianum” w Gdańsku

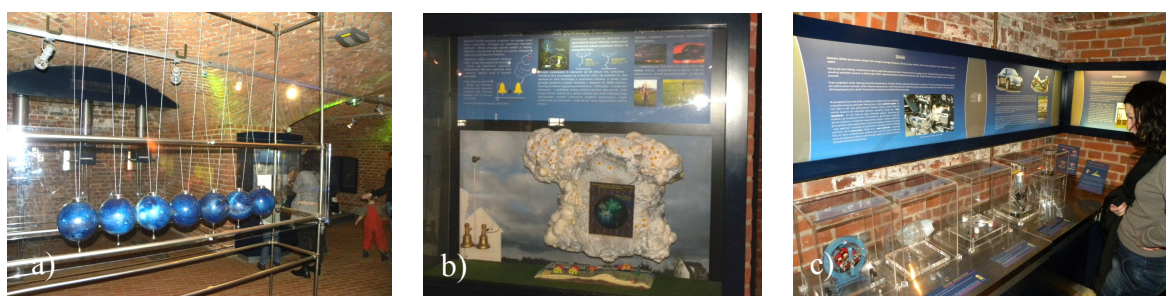
Pod tą nazwą będziemy opisywać Park Kulturowy Fortyfikacji Miejskich w Gdańsku, który jest instytucją budżetową Miasta Gdańska. Rozpoczął on działalność w 2003 roku, po Zjeździe Fizyków w Gdańsku, który spowodował spore zainteresowanie różnych środowisk Trójmiasta dydaktyką interaktywną, głównie w zakresie fizyki. Pierwszą wystawą powstałą na wzgórzach zajmowanych przez byłe forty napoleońskie była jednak ekspozycja dotycząca historii, pt. „Wehikuł czasu”, zob. fot. 8.13.



Fot. 8.13. a) Park Kulturowy Fortyfikacji Miejskich w Gdańsku zajmuje wzgórza, z których roztacza się wspaniały widok na Stare Miasto; b) ze wzgórz tych generał Levebvre prowadził w 1807 roku ostrzał artyleryjski, po którym miasto się poddało – na zdjęciu stylizacja punktu dowodzenia Napoleona; c) w tematykę historii wprowadzają narracje uruchamiane się automatycznie w niszach artyleryjskich, zajętych dziś przez scenki „Wehikułu czasu” (fot. MK i archiwum PKFM „Twierdza Gdańsk” – Centrum „Hewelianum”)

„Wehikuł czasu” zajmuje 14 „stacji” – byłych stanowisk artyleryjskich. W niszach, hermetycznie zabezpieczonych przed wszechobecną w fortach wilgocią, przedstawione są scenki rodzajowe, nie tylko wojenne i nie tylko z historii Gdańska. Narracje czytane przez znakomitych aktorów uruchamiają się automatycznie w obecności widza. „Wehikuł” przenosi nas w mentalność żołnierzy, rzeźmieszków, uczonych, gdańskich patrycjuszów. Zagospodarowanie trudnego terenu podkreśla nie tylko jego urok krajobrazowy, ale również historię Gdańska, szczególnie skomplikowaną w czasach Napoleona⁶.

Budynek tzw. kaponiery południowej zajmują dwie wystawy: „Energia” oraz „Niebo i Słońce” otwarte w grudniu 2009 roku. Na stosunkowo niewielkiej przestrzeni dwóch kondygnacji kaponiery umieszczono kilkadziesiąt eksponatów – większość z nich pogrupowano w zagadnienia tematyczne. Opisy dotyczą nie tylko samych eksponatów, ale również zjawisk, jakie te eksponaty ilustrują, zob. fot. 8.14.



Fot. 8.14. Wystawa „Energia” w Centrum „Hewelianum”: a) artystyczna wersja wahadła Newtona – prawo zachowania pędu i energii; b) pomysłowy model, chmury transportującej ładunki elektryczne w burzy wykonany z pianki poliuretanowej; interaktywna zabawa pozwala na wywoływanie mini-piorunów; na plakacie wyjaśnienie mechanizmu wyładowań atmosferycznych; c) kolekcja modelowych silników, ilustrująca różne sposoby przetwarzania energii (fot. MK)

⁶ Po pokoju w Tylży (1807) aż do kongresu wiedeńskiego (1815) Gdańsk miał status wolnego miasta.

Wystawa „Energia” zawiera eksponaty z różnych dziedzin fizyki (mechaniki, elektryczności, akustyki), wykonane różnymi technikami. Są wśród nich drewniane schodzące zwierzaki, jak na wystawach „Fizyki zabawek”, pętla śmierci dla staczających się kulek (fot. 8.15a), ogniwo Volty, w którym elektrolitem są ręce zwiedzającego (na wystawie „Fizyki zabawek” dowcipnie nazwano je „miernikiem inteligencji”, zob. fot. 8.15c). Bardzo dydaktyczne jest stanowisko dotyczące przemian energii w gospodarstwie domowym. Ilustruje ono, ile energii „zużywa”⁷ czajnik elektryczny, ile kuchenka mikrofalowa itd. Z kolei zabawy z płynem magnetycznym wprowadzają tak zagadnienie dydaktyczne pola magnetycznego, jak i zagadnienia techniczne magnesów, elektromagnesów, generacji prądu.

Zjawiska akustyczne są ilustrowane za pomocą gitary elektrycznej i elektronicznego analizatora częstotliwości dźwięku; zagadnienia dźwięku jako fali przenoszącej energię – za pomocą bębna i kolorowego ekranu z aluminiowych wstążek, reagującego na falę ciśnienia. Zagadnienia energii potraktowane są w sposób kompleksowy – pokazane są kopaliny, źródła energii przetwarzanej w elektrowniach, zbiór różnorodnych modeli silników, a także cieszące się dużym zainteresowaniem stanowisko interaktywne ze stacjonarnymi rowerami dla zobrazowania energii przetworzonej przez widza w trakcie pedalowania.

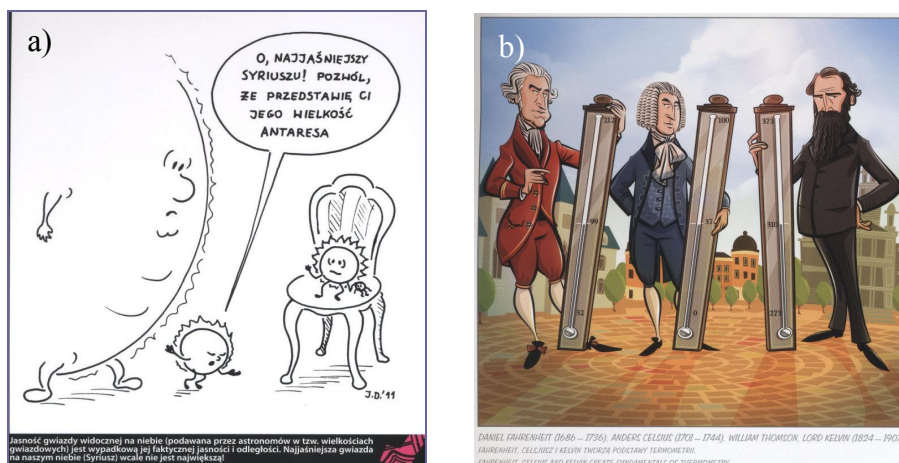
W części „Niebo i Słońce” znajdziemy dwumetrowej wysokości trójwymiarowy model naszej gwiazdy, projektor sferyczny z obrazem fotosfery Słońca, mechaniczny model Układu Słonecznego (rodzaj tellurium) pozwalający modelować zaćmienia Słońca, a także gablotę z marsjańskim pejzażem, po którym podróżuje model łazika.

Powierzchnia użytkowa i liczba eksponatów w „Hewelianum” są znacznie mniejsze niż w Centrum „Kopernik”, a warunki lokalowe (oświetlenie, komunikacja) mniej wygodne niż np. w Centrum „Eureka”. Paradoksalnie, te specyficzne warunki lokalowe – podział przestrzeni wystawienniczej na „nisze” – ułatwiają pracę dydaktyczną. Na fot. 8.16 pokazujemy reportaż z tego rodzaju lekcji, przeprowadzonej dla grupy klasy IV Liceum Rosminiego w Trydencie (wiek uczniów 17 lat). Lekcja w otoczeniu eksponatów interaktywnych pozwala na: i) postawienie zagadnienia, ii) zaplanowanie doświadczenia, iii) przewidywanie wyniku, iv) przeprowadzenie eksperymentu, v) komentarz i wprowadzenie w kolejne zagadnienia. Lekcja taka nie tylko dostarcza wiadomości, ale też kształtuje pozytywne wzorce dla percepcji nauki i techniki.



Fot. 8.15. Strategie dydaktyczne w centrach nauki – wykład w Hewelianum dla grupy licealnej (Liceo Rosmini, Trydent, Włochy); **a)** „Spróbujcie sami, który tor jest torem najszybszego spadku” (zagadnienie brachistochrony); **b)** „Nie jest łatwo wytworzyć pojedynczą falę, jak ta w tsunami”; **c)** funkcja dydaktyczna standardowego doświadczenia, jakim jest pomiar napięcia Volty między dwoma metalowymi płytkami, może zostać wzbogacona o funkcję *ludyczną* – mierzymy nie napięcie, ale „iloraz inteligencji”; jest to oczywiście żart (fot. MK)

⁷ Prawo zachowania energii jest jednym z podstawowych praw rządzących wszechświatem. Nie powinno się więc używać określeń „produkcja” i „zużycie” energii, jako że ilość energii się nie zmienia; zmieniają się jedynie jej formy. Przykładowo w czajniku energia prądu elektrycznego zamienia się na energię ciepłą podgrzanej wody itd. Energia nie ginie, tylko przyjmuje inną formę.



Fot. 8.16. Strategie dydaktyczne w centrach nauki – kalendarze dydaktyczne: **a)** z astronomii – jasność gwiazdy widzianej z Ziemi nie musi odpowiadać jej wielkości, a jest wypadkową rzeczywistej wielkości i odległości od Ziemi (rys. J. Drążkowski); **b)** z fizyki – Fahrenheit, wynalazca termometru był Gdańszczaninem źródło: archiwum PKFM „Twierdza Gdańsk” – Centrum „Hewelianum”)

Centrum „Hewelianum” ma w ofercie dydaktycznej (kwiecień 2012 r.) kilkanaście lekcji – od przedszkola do szkół ponadgimnazjalnych. Szczególnie bogata jest oferta dla szkół podstawowych, które zresztą stanowią większość grup zorganizowanych (56%). W zakresie fizyki dla klas IV–VI są to zajęcia z dźwiękiem, magnesami, ciekłym azotem; w zakresie chemii – Ca-Fe, czyli wstęp do chemii; w zakresie astronomii – „Księżyc, wierny towarzysz Ziemi”, „Z linijką na Słońce”, „Układ Słoneczny okiem kosmitów”.

PKFM w Gdańsku oferuje różnorodność form dydaktycznych – od aranżacji, w rodzaju pejzażu marsjańskiego, przez duże stanowiska interaktywne, np. do wytwarzania tsunami, gabloty w ekspozycjach (rodzaje kopalin – źródeł energii dla cywilizacji człowieka), aż do stanowisk multimedialnych i kalendarzy dydaktycznych, zob. fot. 8.16. Z analiz dydaktycznych przeprowadzonych przez Centrum wynika, że największym zainteresowaniem cieszą się ekspozycje manualne, najmniejszym zaś gry intelektualne i kioski multimedialne. Liczba osób zwiedzających Park Kulturowy Fortyfikacji Miejskich w Gdańsku rośnie systematycznie, od 20 tys. w rok po otwarciu (tj. w 2009 r.) do ponad 50 tys. w 2011 roku.

8.5. Wystawa interaktywna „Eureka” w Szczecinie

Zarówno Park Kulturowy Fortyfikacji Miejskich w Gdańsku, jak i Planetarium w Toruniu powstały jako inicjatywy lokalne (miejskie lub społeczne), głównie z myślą o podniesieniu atrakcyjności turystycznej miast, i prezentują różnorodne formy przekazu (planetarium, interaktywne, interdyscyplinarne „Orbitarium” i „Energia i Słońce”).

Pierwszą dużą wystawą stałą w zakresie fizyki interaktywnej o charakterze *eksperymentarium* jest powstała w Szczecinie w 2002 roku z inicjatywy prof. Jerzego Stelmacha „Eureka”. Początkowo składała się ona z 20 ekspozycji; kolejne 20 otrzymano od firmy Phänomenta w Peenemünde. Ekspozycje dotyczą mechaniki (np. zderzające się piłki koszykowe – rodzaj dużego „riki-tiki”⁸, zjeżdżalnie z kulami, zabawy z żyroskopem z koła rowerowego), elektrostatyki (generator van der Graafa), akustyki (propagacja dźwięku, ciśnienie fali akustycznej). Wiele zabawy dostarczają dzieciom gigantyczne bańki mydlane⁹.

⁸ G. Karwasz i in., *Riki-tiki*, „Physics and Toys”, <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/rikiki-pl.html> (24.03.2012).

⁹ W Cité des Sciences zabawy z bańkami mydlanymi odbywają się za szybą, w Szczecinie bańki dostarczają dzieciom prawdziwej zabawy.

Interesującym zamysłem „Eureki” jest odtworzenie 10 najciekawszych i historycznie najistotniejszych doświadczeń w dziedzinie fizyki, poczynając od pomiaru promienia Ziemi przez Erastotenesa, przez doświadczenia Galileusza z równią pochyłą i pomiar siły grawitacji (doświadczenia Etvösa), do fizyki współczesnej.

Mimo ograniczonej przestrzeni tylko w ciągu pierwszych trzech lat działania „Eurekę” zwiedziło ponad 80 tys. osób¹⁰. Pełni ona ważną rolę popularyzatorską, nie eksponując funkcji naukowych, a koncentrując się na niewielu eksponatach, ale zdecydowanie ludycznych. Wystawa ma również swoją wersję objazdową, prezentowaną w muzeach regionalnych. Sposobem na popularyzację wiedzy (stosowanym zresztą w wielu centrach na świecie, np. w Chicago) jest organizowanie na wystawie imprez towarzyskich dla dzieci połączonych z zabawą, np. z okazji urodzin.



Fot. 8.17. „Eureka” – wystawa interaktywnych doświadczeń w Szczecinie: **a)** zderzenia piłek – najprostsza wersja wahadła Newtona; w głębi – złudzenia optyczne; **b)** organizacja przestrzeni wystawowej; rura ilustrująca opóźnienie propagującego dźwięku jest pomysłowo podwieszona pod sufitem; na pierwszym planie wahadłowe mosty (fot. JK); **c)** doświadczenie Etvösa pomiaru grawitacji, zbiory „Eureka” (prof. J. Stelmach i współpracownicy; autor dziękuje dr T. Molendzie za przesłane zdjęcia).

8.6. „Nauki dawne i niedawne” i „Świat zmysłów” w Krakowie

Wystawy „Fizyki zabawek” opierały się na małych, prostych eksponatach, szczecińska „Eureka” – na dużych stanowiskach interaktywnych. Wystawą o pośrednim charakterze – *stanowisk* interaktywnych, lecz mimo to przenośnych – jest powstała w 2000 roku ekspozycja „Nauki dawne i niedawne”, autorstwa dr E. Wyki, prof. J. M. Kreinera i dr M. Kluzy. Przez pierwsze 5 lat wystawa była eksponowana w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, a w ostatnich latach miała prawie 30 edycji objazdowych, w różnych ośrodkach akademickich i muzeach regionalnych.

Wystawa składa się 4 działów – fizyki, matematyki, astronomii, alchemii. Ekspozycja z fizyki, pt. „W świecie fal”, obejmuje 20 stanowisk demonstracyjnych. Omawiane zagadnienia to m.in. drgania sprężyny, drgania membrany (tzw. figury Chladniego), polaryzacja światła (folie polaryzacyjne, polaryzacja przez rozproszenie, kryształy dwójłomne), zjawiska interferencji światła, propagacja dźwięku, propagacja fal mechanicznych, radiometr Crookesa itd. Twórcy wystawy udostępniają w Internecie pełne opisy eksponatów ze zdjęciami¹¹.

Dział astronomii zawiera m.in. zegary słoneczne, modelowe mapy nieba, kopie przyrządów astronomicznych używanych w starożytności i średniowieczu – torquetum i astrolabium.

¹⁰ J. Stelmach, *Przez zabawę do wiedzy*, „Eureka” – Cuda Nauki i Techniki, Szczecin, <http://eureka.univ.szczecin.-pl/plany.html> (15.03.2012).

¹¹ „Nauki dawne i niedawne” Muzeum UJ, <http://www.maius.uj.edu.pl/nauki/fizyka.pdf> (02.04.2012).

W dziale poświęconym matematyce pokazano współczesne i historyczne przyrządy służące do przeprowadzania obliczeń. Tytuł działu to „Między bitem a abakiem”.

Zaletami wystawy, oprócz jej interaktywności, są atrakcyjna forma graficzna oraz standardowe, proste w montażu stanowiska, zob. fot. 8.17. W latach 2001–2012 w różnych ośrodkach w kraju (a również w Uppsali) zwiedziło ją blisko 150 tys. osób.

Od 2005 roku w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego jest czynna wystawa „Świat zmysłów”, ilustrująca za pomocą ponad 30 eksponatów różne aspekty z pogranicza fizyki i ludzkiej percepcji. W systematyczny sposób pokazane są zagadnienia wzroku, słuchu, dotyku (a nawet węchu). Działem najbardziej rozbudowanym są doświadczenia dotyczące percepcji wzrokowej – powstawania powidoku, pojawiania się kolorów na granicy czerni i bieli w poruszających się obiektach, złudzeń związanych z widzeniem dwuocznym, kontrastu na granicy szarych pól itd.

Wystawa „Świat zmysłów” powstała w oparciu o bogatą, specjalistyczną literaturę naukową¹². Porównanie tej wystawy np. z wystawą z optyki z Cité des Sciences z Paryża wypada zdecydowanie na korzyść ekspozycji krakowskiej. Jest ona bardziej usystematyzowana, dobrze opisana i silnie podkreśla funkcje *naukowe* dydaktyki interaktywnej.



Fot. 8.18. Wystawa dydaktyczna „Nauki dawne i niedawne”, Muzeum UJ w Krakowie. Edycja w Centrum „Hewelianum” (lipiec 2008r.): **a)** zaletą wystawy jest prosty, standardowy sposób montażu eksponatów; opisy korzystają ze stałego elementu graficznego – średniowiecznego żaka objaśniającego eksperymenty; **b)** otwarcie wystawy w Gdańsku – na pierwszym planie eksperyment z propagacją fal; opowiada dr M. Kluza; **c)** inne forma konstrukcji eksponatów – standardowe podstawki; doświadczenia z elektromagnetyzmu, „Hewelianum”, lipiec 2011r. (fot. MK)

„Świat zmysłów” w Muzeum UJ zajmuje trzy sale; „wyspy tematyczne” noszące nazwy: 1) receptory, 2) mono czy stereo, 3) iluzje. Ta ostatnia zawiera 7 stanowisk iluzji wzrokowych, 4 słuchowe i jedno dotykowe (ciepło–zimno).

Dział „Receptory” opisuje nie tylko szczegółową budowę oka i działania poszczególnych elementów, ale również niewyjaśnione zjawiska związane z nie do końca rozumianą fizjologią oka, jak np. pojawianie się kolorów w dwóch obrazach czarno-białych, o ile jeden z nich zostanie przyciemniony (efekt Landa¹³). W dziale tym znajduje się też „ogród zapachów”¹⁴. Dział „Mono czy stereo” przybliża zjawiska związane z obrazem stereoskopowym i kierunkowym odbiorem dźwięków. Eksponatem sięgającym po ciekawą funkcję *naukową* jest stanowisko „Symetria zapachów”, pokazujące odmienne zapachy związków podobnych chemicznie, ale różniących się stereometrią (izometrią, skrętnością)¹⁵. Warte podkreślenia są

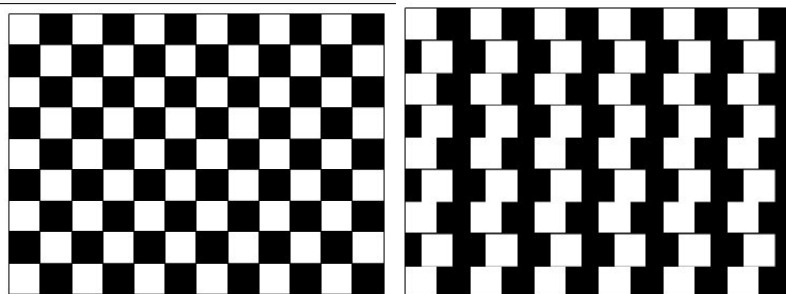
¹² „Świat zmysłów”, Muzeum UJ, <http://www.maius.uj.edu.pl/zmysly/zrodla.php> (02.04.2012).

¹³ Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, *Kolor z czerni i bieli*, <http://www.maius.uj.edu.pl/zmysly/eksponaty.php?stanowisko=7> (20.04.2012).

¹⁴ Podobny ogród zapachów znajdziemy również w Centrum Nauki „Kopernik” w Warszawie.

¹⁵ Muzeum UJ, *Pachnąca symetria*, <http://www.maius.uj.edu.pl/zmysly/eksponaty.php?stanowisko=25>

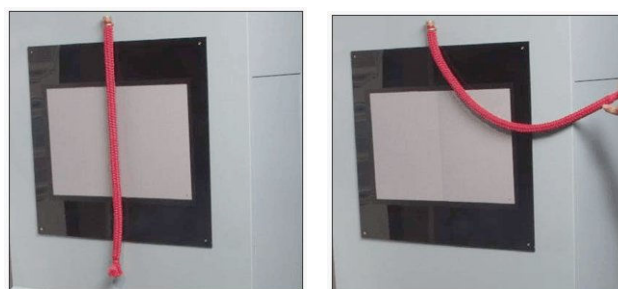
„przedłużenia” wirtualne (na świat Internetu) niektórych z eksponatów „Świata zmysłów”. Dwa z nich, związane z oceną równoległości obiektów czarno-białych i z granicami kontrastów przedstawiamy na ryc. 8.18 i 8.19, odpowiednio.



Ryc. 8.19. Przedłużenie wirtualne wystawy „Świat zmysłów” w Muzeum UJ – kwadraty nieprzesunięte tworzą regularną szachownicę, kwadraty przesunięte wydają się zdeformowane (źródło: Muzeum UJ, K. Kluza)

Wystawę „Świat zmysłów” zwiedza około 15 tys. osób rocznie. Może się to wydawać niewiele w porównaniu z innymi centrami, ale oznacza, że każdy widz ma dostateczną ilość czasu, aby zapoznać się z każdym z eksponatów¹⁶.

Ryc. 8.20. Przedłużenie wirtualne wystawy „Świat zmysłów” w Muzeum UJ – kontrast między obrazami pojawia się dopiero po odchyleniu rozgraniczającego je sznura (źródło: Muzeum UJ, K. Kluza)



8.7. Centrum Nauki „Kopernik” w Warszawie

Wizyta w Centrum Nauki „Kopernik” w Warszawie jest niejako naszym podsumowaniem wszystkich spostrzeżeń zawartych w tym opracowaniu. Centrum to jest nie tylko najbardziej dynamicznie rozwijającym się centrum nauki w Europie, ale po nieco ponad roku od otwarcia – również jednym z największych. W ciągu pierwszego roku działalności (od otwarcia w listopadzie 2010 r.) zwiedził je milion osób, głównie młodzieży i dzieci.

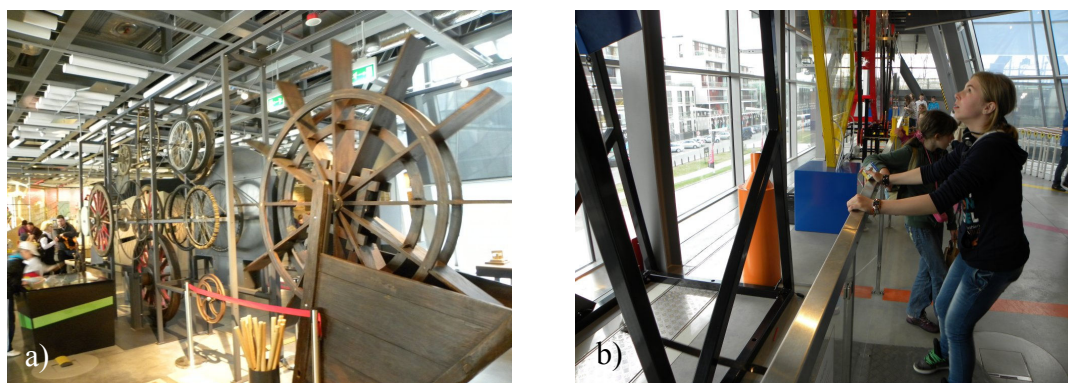


Fot. 8.21. Uniwersalne eksponaty i narracje dydaktyczne w Centrum Nauki „Kopernik”: a) zabawy w kanale z wodą – spirala Archimedesowa do transportu wody; b) wykopaliska paleontologiczne; c) gry matematyczne – podział pola, wieża Hanoi, układanki przestrzenne; z badań porównawczych PKFM Centrum „Hewelanium” wynika, że gry logiczne cieszą się małą popularnością zwiedzających; potwierdza się to również w CNK (fot. GK)

Centrum „Kopernik” pełni ogólnonarodową funkcję popularyzacji nauki. Organizatorami Centrum są Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Ministerstwo Edukacji Narodowej oraz Miasto Stołeczne Warszawa. W kwietniu 2012 roku otwartych zostało 6 wystaw

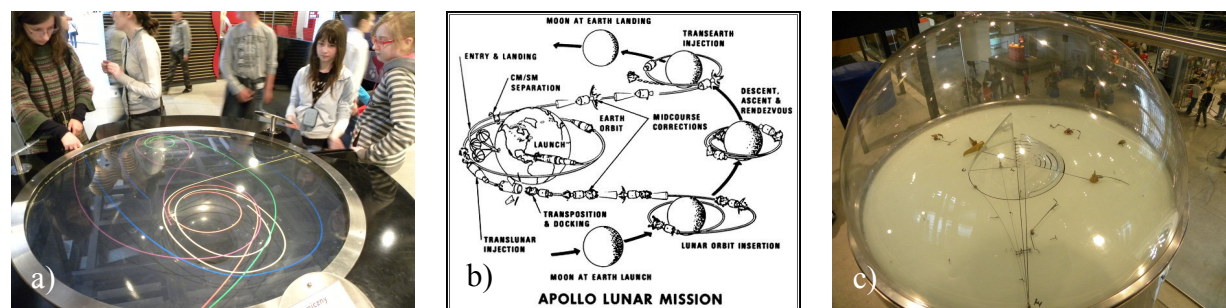
¹⁶ 15 tys. zwiedzających to mniej więcej 4–5 grupy klasowe dziennie w ciągu roku szkolnego.

tematycznych („Człowiek i Środowisko”, „Strefa Światła”, „Korzenie Cywilizacji”, „Bzzz! Re: Generacja”, „Teatr Robotyczny”, „Park Odkrywców”) z 450 eksponatami. Większość eksponatów jest w pełni interaktywnych i wielkogabarytowych. W 2012 roku uruchomiono planetarium, eksponaty pojawiają się również w parku dookoła Centrum.



Fot. 8.22. Instalacje przestrzenne w CNK: **a)** „historia (techniki) kołem się toczy”, aranżacja w formie kolekcji; **b)** „Przewrót kopernikański” – duża aranżacja na zachodniej witrynie, ruchoma, interaktywna, ale nie do końca dająca się objąć wzrokiem (fot. GK)

Kopernik zawiera wszystko, co można najlepszego znaleźć w prezentowanych w poprzednich rozdziałach (V i VI) centrach nauki. Są tu eksponaty *naukowe*, *dydaktyczne* i typowo *ludyczne*. Znajdziemy tu pojedyncze urządzenia interaktywne, aranżacje przestrzenne, gry logiczne, modele funkcjonalne, kolekcje historyczne, dzieła artystyczne, ścieżki przygodowe, urządzenia paramedyczne itd. Niektóre ze stanowisk, jak zabawy z wodą, laboratorium paleontologii, gry logiczne, fot. 8.21, przypominają aranżacje z innych centrów nauki. I tak, przykładowo zabawy z wodą, w Questacon (fot. 5.9a) zarezerwowane dla mniejszych dzieci, w CNK bawią wszystkie grupy wiekowe, fot. 8.21a. Podobnie dostępna dla wszystkich jest w CNK zabawa w paleontologa, podobna do tej w Muzeum w Trydencie, fot. 3.12. Gry logiczne, fot. 8.21c, nie są zbyt oblegane, ale też nie świecą pustkami, jak w niektórych muzeach zagranicznych.

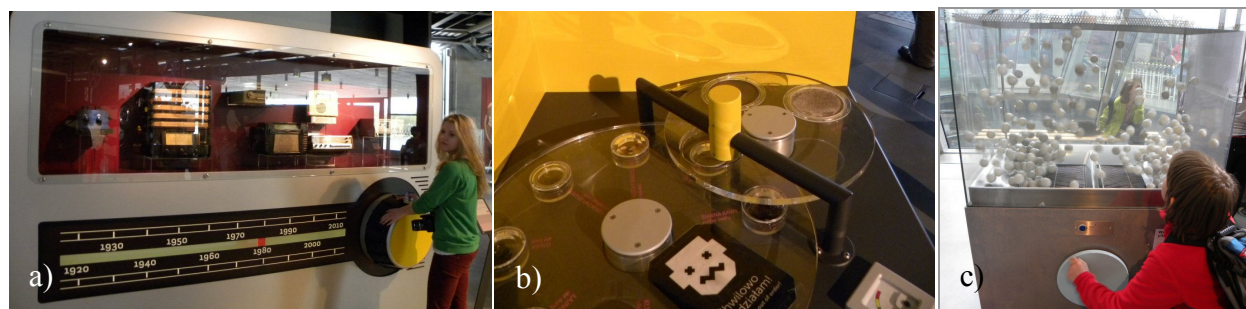


Fot. 8.23. Unikalne eksponaty i narracje dydaktyczne w Centrum Nauki „Kopernik”: **a)** podwójny lejek grawitacyjny nazwany kosmicznym bilardem wydaje się nieco niezrozumiały dla młodzieży; **b)** być może eksponat ten powinien być wzbogacony o schemat trajektorii lotu „Apollo” na Księżyc, (materiały NASA); **c)** Copernichaos – eksponat artystyczny oparty na oryginalnym rysunku Kopernika: małe metalowe obiekty krążą w sposób pozornie chaotyczny, jak mechaniczne żuki poruszane magnesami pod podstawą (fot. GK)

Wiele rozwiązań jest nigdzie niespotykanych. I tak najbardziej typowy dla centrów nauki lejek grawitacyjny, zob. fot. 3.1, w CNK ma formę artystyczną, w rodzaju gry zręcznościowej. Nazwa stanowiska to bilard kosmiczny, ale jest to w rzeczywistości symulacja lotu z Ziemi na Księżyc. Zamiast jednego lejka znajdziemy pod kloszem dwa, tak jak dwa ciała kosmiczne – Ziemia i Księżyc przyciągały statek „Apollo” w trakcie jego lotu, fot. 8.23a. Nieopodal niezwykle ciekawa kompozycja artystyczna, oparta na rysunku z dzieła Kopernika, dzieło

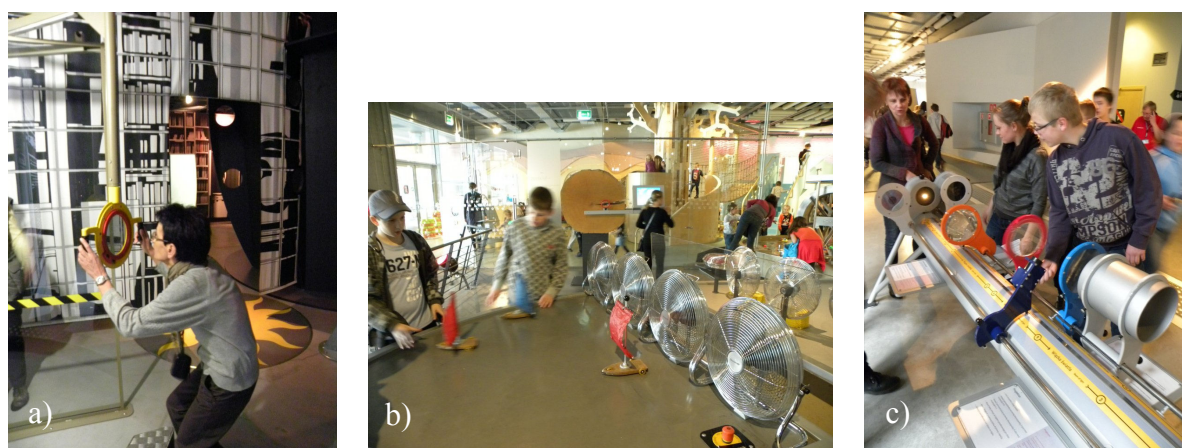
artystki z USA, bardzo futurystyczne – drobne elementy metalowe wykonują skomplikowane tańce wokół centralnego rysunku (Słońca?), fot. 8.23c.

Pojawiają się w CNK elementy historii techniki, jak w dwóch innych narodowych muzeach nauki, w Londynie i Monachium. W CNK jednak historia pojawia się bardzo „sympatycznie”, interaktywnie – strojąc stylizowane radio, wybieramy określony moment technologiczny, fot. 8.24a. Ekspонат nie jest już tylko kolekcją historyczną, jak te z Muzeum Techniki w Warszawie, fot. 8.1b, ale staje się częścią nowoczesnego *eksploratorium* z XXI wieku.



Fot. 8.24. Elementy historii techniki i laboratorium fizyki współczesnej w CNK: **a)** interaktywna historia radia; **b)** interaktywne badanie promieniotwórczości wokół nas – źródeł i sposobów ich ekranowania; **c)** niezwykle ciekawy eksponat o funkcji pozornie zabawowej, a w rzeczywistości modelujący ruch cząsteczek w gazie pod różnymi ciśnieniami (fot. GK)

W pobliżu historycznego radia znajdziemy eksponaty o wybitnych funkcjach *naukowych*, a nawet społecznych – badania radioaktywności materiałów, tak budowlanych, minerałów, jak i np. ziaren kawy. Ekspонат, fot. 8.24b, pozwala na pomiar ilościowy rozpadów promieniotwórczych z różnych substancji, a także ocenę ekranowania przez materiały o różnej gęstości (np. ołów). Promieniotwórczość stanowi część naszego naturalnego środowiska i powinniśmy mieć tego świadomość.

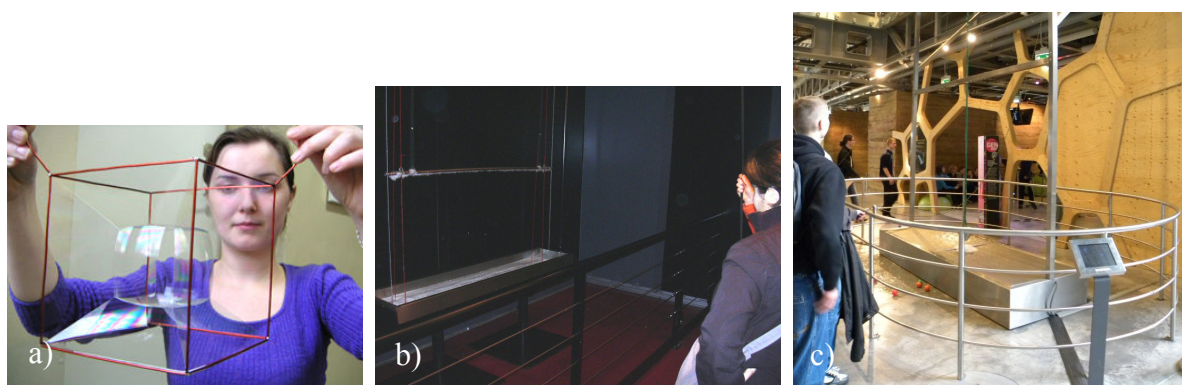


Fot. 8.25. Interaktywne gry w prawa fizyki: **a)** obserwacja obrazów odbitych od powierzchni dielektrycznych – polaryzacja światła padającego pod kątem Brewstera; zwiedzający mają pewne trudności w operowaniu polaryzatorem; **b)** nawigacja żaglówek w podmuchach wentylatorów – gra niezwykle ciekawa, wymagająca umiejętności obserwacji zjawisk fizycznych; **c)** powstawanie obrazów w soczewkach i układach soczewek – dużo zabawy, a przy tym dydaktyki (fot. GK)

Pozornie zabawowy jest eksperyment z piłeczkami pingpongowymi skaczącymi pod plastikową przykrywką, fot. 8.24c. W rzeczywistości za tą zabawą stoi bardzo ważna teoria fizyczna gazów doskonałych. Przybliżamy ją modelem skaczących piłeczek: im szybciej się poruszają (im wyższa temperatura gazu), tym większe ciśnienie wywierane przez gaz na ścianki naczynia. Bardzo trudno przestawić tą zasadę w sposób obrazowy za pomocą kredy i tablicy lub nawet schematu w książce. W CNK ciśnienie gazu można wypróbować „na-ręcznie”.

Szczególnie ciekawe są eksponaty wymagające od widza interaktywności *przemysłanej*. Stanowiska do badania żeglugi statków w zależności od konfiguracji żagla, kierunku i siły wiatru pozwalają wypróbować różne warunki nawigacji, fot. 8.25b. Ekspонат odtwarza realia żeglarstwa – rodzaj ożaglowania (rejowe, gaflowe), kierunek wiatru (bejdewind, fordewind), dryf a zapewne i małą wywrotkę. W głównym hallu stoi stanowisko do budowy instrumentów optycznych z soczewek oraz badania powstawania obrazów; podobnie jak podobne soczewki na wystawach „Fiat Lux”, cieszy się ono dużym powodzeniem, fot. 8.25c.

Na wystawie „Strefa światła” znajdziemy stanowiska do badania tzw. kąta Brewstera. Zjawisko polega na tym, że spolaryzowane światło (zob. np. ekspонат w toruńskim Geodium na fot. 8.12b) nie odbija się, jeśli pada pod określonym kątem. Stanowisko na fot. 8.25a ilustruje znikanie obrazu odbitego od plastikowej płyty, gdy oglądamy ten obraz przez *polaryzator*. Ta sama zasada fizyczna polaryzacji światła obowiązuje, gdy mamy trudności odczytania numeru na wyświetlaczu telefonu komórkowego, o ile oglądamy ten wyświetlacz w świetle nieba (które też jest spolaryzowane).



Fot. 8.26. Eksponaty małe, średnie, duże w dydaktyce interaktywnej – błony mydlane: **a)** „Fizyka i zabawki”, PAP Słupsk, 2004; **b)** takie same błony rozpięte na wyciąganej ramce w Paryżu; **c)** analogiczne doświadczenie w CNK jest największe (fot. A. Krzysztofowicz i GK)

Znajdziemy w CNK duże analogie doświadczeń z innych centrów nauki, a nawet doświadczeń, które można przeprowadzić samodzielnie w domu lub w klasie. Są wśród nich zabawy z bańkami i błonami mydlanymi, fot. 8.26, są to też zabawy z piłeczką unoszoną (a raczej uwięzioną) w strumieniu powietrza z suszaki lub dużego wentylatora, fot. 8.27, ilustrujące prawa dynamiki gazów (Bernoulliego).



Fot. 8.27. Eksponaty małe, średnie, duże w dydaktyce interaktywnej – piłka unoszona w strumieniu powietrza: **a)** „Fizyka i zabawki”, PAP Słupsk, 2004; **b)** Spectrum, Berlin, 2006; **c)** analogiczne doświadczenie w Centrum Nauki „Kopernik”, kwiecień 2011 (fot. A. Krzysztofowicz i GK)

Jak wynika z naszego reportażu, eksponaty w CNK mogą się nawet powtórzyć na różnych wystawach. Tak jest np. z podwójnym wahadłem kreślącym dwuwymiarowe tzw. figury Lissajoux: raz ekspонат syjący strumyk piasku znajdujemy wśród zabaw z dźwiękiem

i drganiami, drugi raz podobny eksponat kreślący na materiale czułym na światło spotkamy w „Strefie światła”, zob. fot. 8.28a i 8.28b. Inne eksponaty tworzą dydaktyczne komplety, ale z obiektami z innych miejsc na świecie, jak dwa silniki elektryczne porównane na fot. 8.28c i 8.28d – jeden z Warszawy, drugi z Paryża.



Fot. 8.28. Analogie w centrach nauki – silniki elektryczne: **a)** CNK silnik w pięcioma biegunami stojana i 4 biegunami wirnika; **b)** Cité des Sciences, Paryż, silnik wielobiegunowy (niestety, 6 stycznia 2005 zepsuty). Ten sam temat na dwa różne sposoby w CNK – figury Lissajoux: **c)** ślad drgań na ekranie światłoczułym; **d)** ślad w postaci strużki piasku (fot. GK)

Ekspонатów o wybitnych funkcjach *naukowych* jest w CNK więcej, czasem wydaje się, że są one przed widzem ukryte, a trudno byłoby przecenić ich rolę dydaktyczną. Obrazy minerałów, stopów metali, polimerów oglądane pod mikroskopem wykorzystującym światło *spolaryzowane* są podstawowym środkiem dydaktycznym w nauczaniu materiałoznawstwa, chemii polimerów, geologii, metalurgii, fot. 8.29a. Niestety, mikroskopy te nie zawsze są na wyposażeniu wyższych uczelni, nie mówiąc o szkołach technicznych, jak to być powinno. Tym większa rola promocji nowej dydaktyki, jaką Centrum Nauki podejmuje.

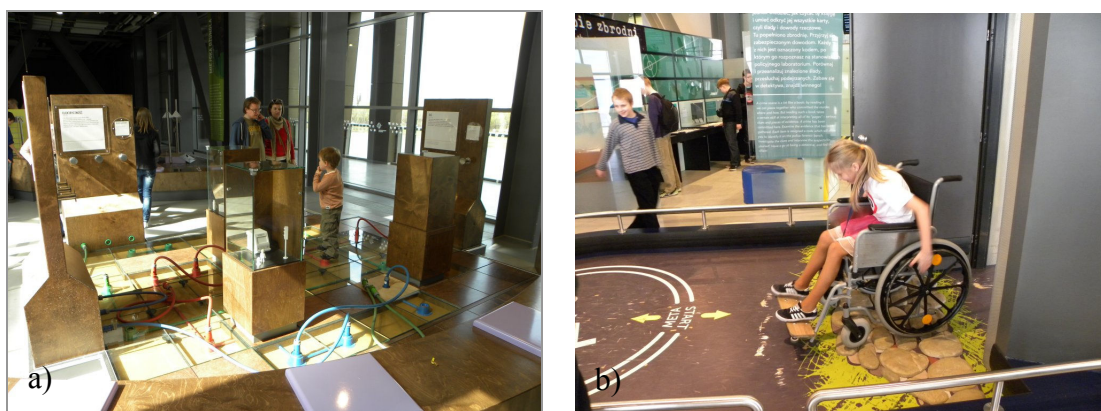
Sąsiedni eksponat na wystawie „Strefa światła” wykorzystuje źródło światła nadfioletowego do pokazania „świecenia” (precyzyjniej: fluorescencji) różnych substancji. Nasuwa się analogia z eksponatem z Muzeum Ziemi, gdzie pokazane były minerały, fot. 8.7b; w CNK świecą barwniki organiczne.



Fot. 8.29. Funkcje naukowe stanowisk interaktywnych w Centrum Nauki „Kopernik”: **a)** obrazy mikroskopowe skał oglądane za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego, patrz tekst; **b)** sąsiednie stanowisko na wystawie „Strefa światła” – fluorescencja substancji oświetlonych światłem nadfioletowym; **c)** nowoczesny, skomputeryzowany mikroskop do oglądania preparatów biologicznych (fot. GK)

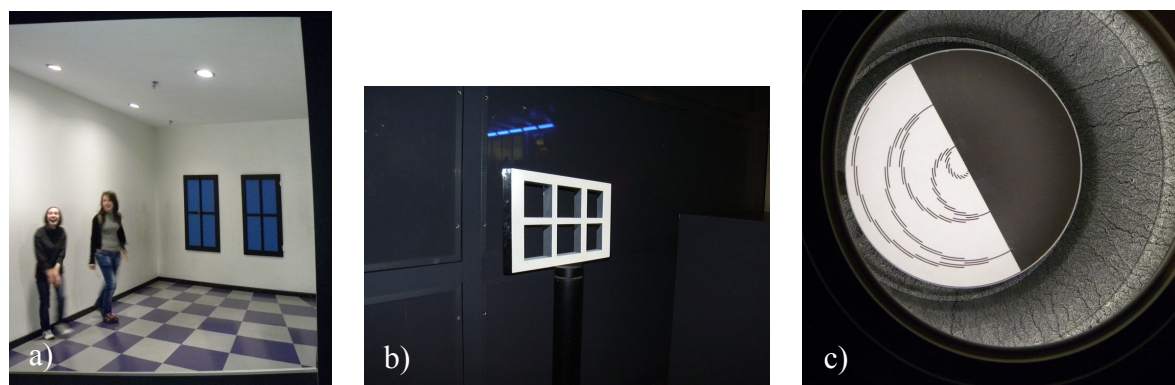
Modele funkcjonowania, jak monachijski model „działania” krowy, fot. 6.40a, znajdujemy w CNK np. w postaci modelu sieci energetycznej Warszawy, fot. 8.30a. Główne magistrale przesyłowe mocy zaznaczone są kolorami węzami z przyssawkami. Obok zwiedzający spacerują po szczegółowym planie miasta o powierzchni kilkunastu metrów kwadratowych

i przechodzą przez Wisłę po wiszącym moście, podobnym do tego w szczecińskiej Eurece, fot. 8.17b. Jeszcze ciekawszy, w pełni angażujący widza i emocjonalnie, i fizycznie, jest model arteriosklerozy, fot. 8.30b. Mamy tu metaforę: przepływ krwi w arteriach ze złoгами cholesterolu przypomina przejazd na wózku inwalidzkim po wybrukowanej kocimi łbami nawierzchni.



Fot. 8.30. Instalacje funkcjonalne w CNK: **a)** model sieci energetycznej Warszawy; **b)** realistyczna symulacja – metafora przepływu krwi przez tętnice i żyły chorego na arteriosklerozę (fot. GK)

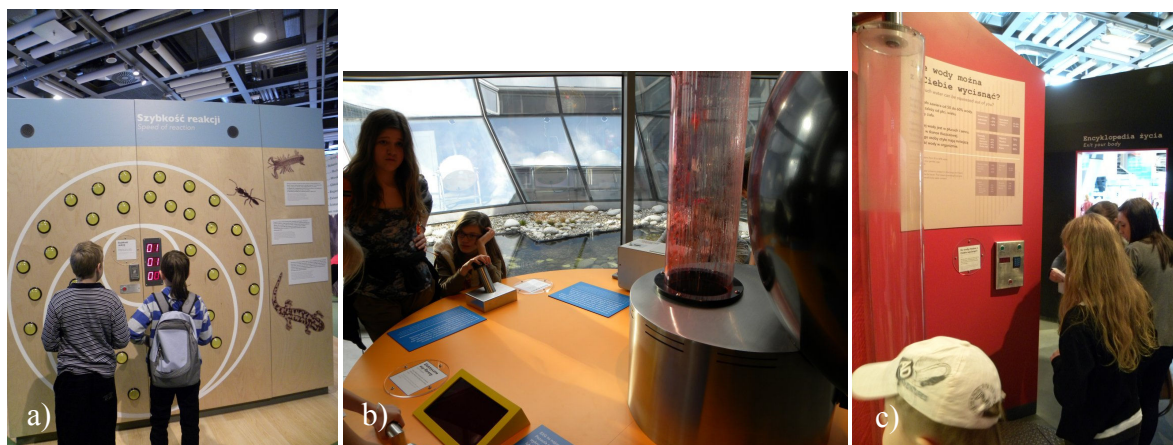
Jak w każdym centrum nauki, również w Koperniku nie mogło zabraknąć złudzeń optycznych. Najbardziej sugestywne, wymagające fizycznej obecności wewnątrz eksponatu jest złudzenie perspektywy w pokoju z wymalowanymi w „niewłaściwych” proporcjach oknach i posadzce, fot. 8.31a. Czytelnikowi przypominamy podobne złudzenie z krakowskiego „Świata zmysłów”, ryc. 8.19, i dla porównania na fot. 8.31b pokazujemy eksponat z „La Villette”, trapezowate okno obracające się w ciemnościach. Aranżacji ze złudzeń optycznych jest wiele – na fot. 8.31 pokazujemy iluzję powstawania kolorów w obracających się czarnych wycinkach kół (efekt Babbina), ale pomysłowo zamontowane w starej pralce.



Fot. 8.31. Złudzenie optyczne: **a)** pokój ze złamanymi proporcjami perspektywy w CNK; **b)** eksponat dający podobne złudzenie w Cité des Sciences – trapezowate okno obracające się w ciemności; **c)** kolory powstające na granicy czerni i bieli, efekt Babbina, instalacja w starej pralce (fot. GK)

Kolejna ekspozycja, interdyscyplinarna dotyczy ludzkiego organizmu – medycyny, anatomii, fizjologii. Jest ona podobnie kolorowa i zajmująca jak np. ta z Kalamazoo (fot. 5.22b), ale zdecydowanie bardziej kompletna. Obserwacji własnych krwinek i pomiaru EKG dokonujemy nie za pomocą olbrzymiej szafy, jak eksponat w Science Museum, fot. 6.16b, ale za pomocą urządzeń wielkości laptopa, fot. 8.32b. Możemy zbadać czas reakcji psychomotorycznej, wydajność płuc, ilość wody w tkankach itd.

Godna podkreślenia jest prostota opisu, a w szczególności tytuły przyciągające uwagę i niosące w kilku słowach zasadniczą treść doświadczenia („elektryczne esy-floresy – na określenie EKG, „płuca jak miechy” – na spirometrię itd.).



Fot. 8.32. Interdyscyplinarne stanowiska interaktywne w zakresie fizjologii, medycyny, psychologii w CNK: **a)** czas reakcji; **b)** pomiar EKG i obserwacja czerwonych krwinek; **c)** „Sprawdź, ile zawierasz wody!” (fot. GK)

Zwiedzając CNK (a także np. „Energy Pad” w Science Museum w Londynie), nasuwa się spostrzeżenie, że dzisiejsza młodzież (także ta młodsza, z klas IV-VI wg polskiej szkoły) ma narastające potrzeby *motoryczne* – już nie samo manipulowanie obiektami (doświadczenia *hands-on*), ale autentyczna potrzeba ruchu, aż do zmęczenia fizycznego. Wynika to zapewne z postępującej „wirtualizacji” świata dzieci i młodzieży. Badania socjologiczne, wspomniane wcześniej, mówią wręcz o „pokoleniu urodzonym z myszką w ręku”. Dostęp do komputera, gier i Internetu jest wśród polskich dzieci jednym z najwyższych w Europie, zaraz po Wielkiej Brytanii¹⁷. Niejako wskutek reakcji obronnej dzieci i młodzieży, jak pokazujemy na fot. 8.33, nie tylko w Polsce, potrzebują ruchu, wysiłku i zmęczenia fizycznego. Zdaje się, że centra nauki nieco z konieczności zaczynają przejmować i tę funkcję. Dodaliśmy więc do zdefiniowanych wcześniej funkcji dydaktycznej, ludycznej i naukowej, czwartą – motoryczną.



Fot. 8.33. Centrum Nauki jako niespodziewane miejsce aktywności fizycznej młodzieży: **a)** próba podciągania się na drążku; **b)** gonitwa wewnątrz koła przypominającego mechanizm napędowy starego żurawia ze średniowiecznego Gdańska; **c)** podnoszenie się za pomocą wielokrążków (fot. GK)

Ciekawy jest w CNK Teatr Robotyczny, proponujący spektakl oparty na *Bajkach Robotów* S. Lema. Nasuwa się tu porównanie z konkursem Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK nt. inscenizacji *Bajek robotów* na Festiwalu Nauki w Toruniu w 2009 roku oraz Pikniku Naukowym w Warszawie, zob. par. 4.7. Konkurs ten wyzwolił nieoczekiwane pokłady spontanicznej

¹⁷ Zob. L. Kirwil, *Polskie dzieci w Internecie. Zagrożenia i bezpieczeństwo - część 2. Częściowy raport z badań EU Kids Online przeprowadzonych wśród dzieci w wieku 9–16 lat i ich rodziców*, Warszawa, SWPS – EU Kids Online – PL, 2011.

twórczości dzieci i młodzieży; inicjatywa nie doczekała się jednak kontynuacji¹⁸; szkoda, że Teatr Robotyczny w CNK opiera się na technologii zagranicznej, a roboty są nieco zbyt człekokształtne.



Fot. 8.34. Dwa z czterech działających laboratoriów dydaktycznych w CNK: **a)** laboratorium biologii i genetyki; **b)** skomputeryzowane pomiary wielkości fizycznych (fot. GK)

Na najwyższym światowym poziomie tak technicznym, jak i dydaktycznym są laboratoria biologiczne, chemiczne, fizyczne, robotyki. W zakresie biologii opracowano scenariusz „Biolog na miejscu zbrodni” – poszukiwanie dowodowych próbek biologicznych, np. krwi, oraz laboratorium genetyczne – próbka genów z własnego policzka i separacje spirali DNA z cebuli. Laboratoria są obsługiwane przez młodą, wykwalifikowaną kadrę, o dużych zdolnościach dydaktycznych.

Laboratorium fizyczne jest pierwszym w Polsce urzeczywistnieniem pomiarów sterowanych za pomocą komputera¹⁹. Pomiary takie uczą nie tylko zasad fizyki, ale i informatyki praktycznej, np. problemów przetwarzania analogowo-cyfrowego, błęd pomiarowego, przedstawiania danych.

W tym konkretnym doświadczeniu mierzona jest masa (co nie jest równoważne z ciężarem, zob. obszerną dyskusję w par. 4.2) metodą pokazaną na rys. 4.11. O ile jednak w wystawach „Dlaczego tygrys nie dogoni kurczaka?” i naszej wystawie w Paryżu pt. „Tout tremble” („Wszystko gra”) pomiar masy za pomocą sprężyny był tylko jakościowy, w CNK komputer robi to w sposób w miarę dokładny, na ile tylko fizyka i informatyka pozwalają. Należy polecić przyjęte w CNK rozwiązania (przenośny interfejs Vernier, USA) i scenariusze pomiarowe jako wzorcowe dla laboratoriów nie tylko fizycznych, ale ogólnie przyrodniczych.

Rola Centrum Nauki „Kopernik” to nie tylko ogromna rzesza młodzieży stojącej w kolejce przed wejściem. To przede wszystkim testowanie w polskiej praktyce nowych, światowych rozwiązań dydaktyki interaktywnej. To rola zdobywania doświadczeń i szkolenia młodego pokolenia, rozumiejącego leżące u podstaw tej dydaktyki problemy techniczne, organizacyjne, architektoniczne, ergonomiczne, psychologiczne i pedagogiczne.

Centrum Nauki „Kopernik” jest instytucją młodą i rozwijającą się tak dynamicznie, że wszelkie oceny byłyby chybione. Jak wspomniano wcześniej, trudno przecenić rolę Centrum w panoramie kulturowej, naukowej i turystycznej Polski. Bez wątpienia ogromne bogactwo eksponatów zaowocuje nowymi ścieżkami dydaktycznymi. Ogromna w tym rola szkół, które mogą przenieść do własnych minilaboratoriów niektóre eksponaty, jak to pokazaliśmy na

¹⁸ Regulamin Festiwalu Nauki i Sztuki w Toruniu nie przewiduje reedycji inicjatywy.

¹⁹ G. Karwasz, *Komputerowo sterowane laboratoria fizyczne*, „Postępy Fizyki”, nr 6/2010, s. 13.

sekwencji zdjęć 8.27 i 8.28. Ogromna też rola Internetu, w którym można znaleźć wyjaśnienia wielu doświadczeń interaktywnych, wirtualne kolekcje i ścieżki dydaktyczne²⁰.



Fot. 8.35. Interdyscyplinarność w Centrum Nauki „Kopernik”: **a)** nie może w żadnym ceniącym się centrum nauki zabraknąć inteligentnego robota, w Sydney (fot. 5.14c) gra on w warcaby, w Warszawie buduje domek z klocków; **b)** ekspozycja z pogranicza psychologii, estetyki, kognitywistyki „Regeneracja”; **c)** największa rewelacja CNK, rodem z XXII wieku – komponujący poezję robot według projektu Stanisława Lema (Fot. GK)

Wracając z Centrum Nauki „Kopernik” na Dworzec Centralny w Warszawie, przejeżdża się w pobliżu Teatru Narodowego. Nie był on pierwszym w Polsce, nie był jedynym, ale bez niego nie rozkwitłyby talenty pilastrów kultury polskiej jak Bogusławski czy Moniuszko. Tego warto życzyć CNK!

8.8. Perspektywy rozwoju

Tak ogromna eksplozja zainteresowania wystawami interaktywnymi jak ta obserwowana w Polsce od 2000 roku jest unikalna na skalę światową. Wynik miliona zwiedzających w ciągu roku w nie w pełni jeszcze gotowym obiekcie jest naprawdę imponujący. Od początku tego wieku praktycznie w każdym ośrodku akademickim w Polsce odbywają się festiwale nauki, z setkami imprez popularyzatorskich w ciągu kilku dni. W krótkim czasie, praktycznie od 1997 roku, sekwencja interaktywnych wystaw, głównie z fizyki, wywodzących się z uczelni wyższych – Słupsk (PAP, 1998), Kraków (UJ, 2000), Szczecin (USz, 2002) – ukoronowana została powstaniem jednego z największych centrów nauki na świecie: Centrum Nauki „Kopernik”. Żaden z omawianych krajów (RFN, Włochy, Francja, Anglia, Australia) nie może poszczycić się takim rozmachem form popularyzatorskich i szybkością ich rozwoju. Wydaje się, że przyszłość popularyzacji nauki w Polsce jest świetlana. Niestety, dokładniejsza analiza wskazuje również na kilka niebezpieczeństw, które mogą zahamować obecny rozwój, co zresztą szczegółowo omawialiśmy w poprzednich rozdziałach.

Po pierwsze, dynamiczny rozwój w ostatnich latach odbywał się w warunkach *obfitości* zasobów finansowych. Polska otrzymała olbrzymie środki unijne tak w okresie przed formalnym wejściem do UE, jak i w pierwszych latach po wejściu. Porównanie budżetu, jakim dysponuje np. Questacon w Canberze i Centrum „Kopernik”, wypada zdecydowanie na niekorzyść pierwszej z tych instytucji. Po początkowym okresie euforycznego rozwoju przychodzi ekonomiczne prawo amortyzacji środków trwałych. Wydaje się, że pierwsze z powstałych w kraju instytucji już dziś zaczynają odczuwać trudności w dalszym rozwoju.

²⁰ Zob. np. strony internetowe *Fizyka dla wszystkich* prowadzone przez Zakład Dydaktyki Fizyki UMK (administrator mgr K. Służewski), kolekcje tematyczne *Fizyka zabawek*, ścieżki dydaktyczne jak „Z górką na pazurki”, wystawy wirtualne jak „Fiat Lux” itd. <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl> (24.04.2012).

Po drugie, dynamiczny rozwój eksploratoriów i centrów nauki odbywa się w ścisłej współpracy z ośrodkami akademickimi. Tak jest w Szczecinie i Krakowie, gdzie wystawy interaktywne powstały we współpracy z właściwymi uniwersytetami. W przypadku Hewelianum ośrodków tych jest wręcz kilka: Akademia Pomorska w Słupsku, Politechnika Gdańska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu. Związek nauki i popularyzacji jest wartościowy, ale on ten kryje niebezpieczeństwa. Popularyzacja jest tylko jednym z czterech zadań statutowych wyższych uczelni, obok badań naukowych, dydaktyki oraz organizacji nauki. Przenoszenie punktu zainteresowania na popularyzację osłabia realizację pozostałych zadań. Stąd konieczność przejmowania popularyzacji przez powołane ku temu instytucje; ponownie przytoczymy tu przykład Hewelianum (i Muzeum UJ), gdzie trzon zespołu stanowią osoby z tytułami i stopniami naukowymi, ale niezatrudnione na uczelni.

Po trzecie, autor jako fizyk powinien być zadowolony, że większość eksponatów wystawianym obecnie w Polsce dotyczy właśnie fizyki. W wielu przypadkach są to obiekty powtarzające się, bardzo często zaprezentowane tylko fenomenologicznie (jak wszechobecna kula plazmowa, szkodliwa dla zdrowia i niewłaściwie wykorzystywana dydaktycznie). Stąd w rozdziale III podkreślenie trzech funkcji eksponatu, w których najtrudniejsza – naukowa, też musi zaistnieć, choćby *implicite*. W kuli plazmowej są to zagadnienia wyładowań elektrycznych pod niskim ciśnieniem w gazach oraz propagacja fal elektromagnetycznych. Wodząc palcem po kuli, widz pozostaje tylko w warstwie fenomenologicznej, a wypełnianą funkcją jest jedynie funkcja zabawa. Monotematyczność wystaw zubaża *interdyscyplinarność* wiedzy, nie mówiąc już o spychaniu na drugi plan nauk humanistycznych. Struktura wystawy „Fiat Lux” o charakterze raczej pilotażowym niż docelowym powodowana jest właśnie przesłankami interdyscyplinarności – uwzględnieniem w narracji wystawienniczej nie tylko historii fizyki, ale i sztuki, filozofii, literatury.

I wreszcie kwestia najtrudniejsza – zagadnienie misji kulturotwórczej. Misja ta oznacza, że turysta zagraniczny znajdzie w polskich muzeach obiekty (i narracje) unikalne na skalę światową, integralnie odwołujące się do polskiej historii, nauki, literatury, sztuki, a przy tym niekoniecznie do martyrologii wojennej. Stąd w rozdziale VII, mimochodem niejako, ukazana została panorama bogactwa kulturowego ukrytego w lokalnych muzeach. Wydaje się, że bogactwo to często jest zapomniane, a może wręcz niezrozumiałe, nawet przez władze lokalne. Interkulturowość oznacza natomiast, że ten sam turysta zagraniczny odnajdzie w polskich muzeach znane sobie elementy kultury, i znów nie tylko o charakterze nacjonalistycznym. Stąd konieczność szerokiej współpracy specjalistów z różnych dziedzin, stąd też wskazanie, nawet przy tworzeniu rewolucyjnie nowych instytucji, na możliwości wykorzystania zasobów i narracji tradycyjnych, Muzeum Ziemi, Muzeum Techniki, tak jak to ma miejsce w Brukseli, Londynie, Monachium.

Oczekiwanymi trendami rozwojowymi, wynikającymi z dotychczasowych dokonań, a także trendów do globalizacji byłyby dalszy rozwój centrów regionalnych, a także ich specjalizacja w stosunku do Centrum „Kopernik”: transfer prostych doświadczeń do szkolnych laboratoriów, doposażenie szkół nie tylko w proste pomoce, ale i specjalistyczne doświadczenia sterowane komputerowo. Większa liczba podmiotów, nie tylko państwowo-naukowych, ale i prywatnych, oraz pojawienie się rodzimych wytwórców gadżetów, urządzeń i stanowisk edukacyjnych byłoby korzystne dla całego sektora innowacyjnej dydaktyki.

Zakończenie – czy możliwa jest realizacja idei dydaktyki interaktywnej w praktyce edukacyjnej?

Zasadniczym celem, który postawili sobie autorzy opracowania, było określenie specyfiki strategii edukacyjnych realizowanych w eksperymentariach i centrach nauki oraz w tych muzeach, w których wystawy mają charakter interaktywny. Realizacja tego zamiaru została poprzedzona dwuletnim cyklem badań, uzupełnianym także w trakcie pracy redakcyjnej kwerendami w Centrum Nauki „Kopernik” i poszerzonym o materiał pochodzący z indywidualnych eksploracji autorów. Zgromadzona dokumentacja nie została – naszym zdaniem – w pełni wyczerpana i powinna w przyszłości zostać poddana dalszym analizom, w miarę pojawiania się nowych wątków badawczych. Pytania, które ukierunkowały nasze poszukiwania, sformułowaliśmy następująco: jakie są podstawowe cele i strategie edukacyjne (ich specyfika) realizowane przez organizatorów muzealnych wystaw interaktywnych, eksperymentariów i centrów nauki?, jaki rodzaj aktywności poznawczej tam dominuje?, czy zgodnie z misją tych instytucji jest to eksperymentowanie i systematyczna eksploracja, czy też pojawiają się inne formy aktywności?, jakie cechy zaobserwowanych strategii edukacyjnych sprzyjają pogłębionej aktywności uczestników?, czy zaobserwowane formy aktywności mogą być inspiracją dla szkolnej praktyki edukacyjnej?

Kolejność etapów postępowania badawczego stanowiła konsekwencję wcześniejszych ustaleń dokonanych w badaniach projektujących współautorki opracowania¹. Wyodrębnione wówczas modelowe strategie poddane zostały konfrontacji podczas gromadzenia materiału dokumentującego działanie centrów i muzeów nauki. Modelowe strategie stanowiły więc rodzaj formy porządkującej zebrane w tych badaniach dane, jednak okazały się niewystarczające dla bogactwa zaobserwowanych rodzajów aktywności muzealnych. Strategie edukacyjne traktujemy jako taki sposób pracy i aktywności, którego zadaniem jest wspieranie procesu indywidualnego uczenia się². Uczenie się w odniesieniu do muzeów nauki to proces zróżnicowany, odwołujący się do wyobraźni i aktywności uczestników. Dlatego organizatorzy wystaw w ramach przyjętej strategii za główne zadanie uważają takie zorganizowanie warunków działania uczestników, by osiągnęli oni maksymalne korzyści z opracowanego przekazu wiedzy. Charakter uczenia się jest wybitnie zindywidualizowany i niepoddający się schematom przyjętym w kształceniu masowym. Jednak należy zauważyć że nie są rzadkością sytuacje, w których interakcja nie uruchamia procesu badawczego, pozostawiając zwiedzającego na etapie powierzchownego zainteresowania. Muzealne strategie mają za zadanie poprawić szanse na zaistnienie pogłębionego procesu uczenia się. Możemy przyjąć założenie, że takie wspomaganie procesu uczenia się opiera się na co najmniej dwóch odmiennych schematach poznawczych – zamkniętym (transmisyjnym) i otwartym (opartym na wielostronnej interakcji). Wyprowadzone z nich modelowe strategie można określić następująco:

1. Strategie realistyczne, charakteryzujące się ograniczonym kontekstem ekspozycji, oparte na tradycjach wypracowanych przez klasyczne muzea nauki i techniki. Cechą tych wystaw jest także duża statyczność, niska zmienność ekspozycji, odwołanie do muzealnych prezentacji kolekcji dyscyplinarnych.

¹ Por. J. Kruk, *Doświadczenie, reprezentacja i działanie wśród rzeczy i przedmiotów. Projektowanie edukacyjne*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008. W pracy tej opisany został schemat badań projektujących, w którym m.in. wypracowane zostały fazy postępowania badacza projektanta. Jednym z celów badawczych było wyodrębnienie i opisanie strategii edukacyjnych występujących w centrach i muzeach nauki. Przyjęta w opracowaniu typologia stała się punktem wyjścia dla koncepcyjnej fazy niniejszych badań, prowadzonych w konwencji opisowo-interpretatywnej.

² B. D. Gołębiak, *Nauczanie i uczenie się w klasie*, [w:] *Pedagogika. Podręcznik akademicki*, red. Z. Kwieciński, B. Śliwowski, PWN, Warszawa 2003, t. 2, s. 172.

2. Strategie symulacyjne, w których poza eksponatami pojawia się także inscenizacja wystawy (jest to wyprowadzone z tradycji dawnych gabinetów osobliwości). Strategie te mają także swe postacie interaktywne, w tym również doświadczenia wirtualne.
3. Strategie rekonstrukcyjne, opierające się na technikach wirtualnych i ekspozycjach realistycznych. Mają one za zadanie dokonanie przez zwiedzającego samodzielnej rekonstrukcji badanego zagadnienia, przez nadanie mu znaczenia i włączenie we własną wiedzę osobistą. Zazwyczaj strategie te stosują interaktywny przekaz, rzadko odwołując się do schematu kolekcji.
4. Strategie ludyczne, których zasadniczą funkcją jest rozrywka, co w konsekwencji prowadzi do uproszczenia przekazu informacji. Stosowana jest często nadmierna ilość bodźców oraz masowość, sprzyjająca bardziej postawie widza/konsumenta niż świadomego i refleksyjnego odbiorcy³.

Przeprowadzona analiza materiału badawczego miała na celu ujawnienie specyfiki wystaw interaktywnych i prezentowanych obiektów, struktury przekazu, wartości poznawczych stosowanych strategii i sposobów ich łączenia w jednym przekazie. Staraliśmy się także znaleźć w bogatym materiale wizualnym elementy charakteryzujące przebieg procesu poznawczego i strukturę aktywności proponowanej przez organizatorów wystaw.

Do najciekawszych spostrzeżeń związanych z badanymi strategiami edukacyjnymi należy naszym zdaniem zaobserwowanie konwencji mieszanej, zwłaszcza w odniesieniu do trzech strategii (przy mniejszym udziale strategii realistycznej, zwykle występującej samodzielnie).

1. We wszystkich badanych instytucjach (centra nauki w Londynie, Monachium, La Villette, Spectrum i in.) stosuje się strategię realistyczną. Koncepcja wystaw w tej strategii wyraźnie nawiązuje do działów poszczególnych dyscyplin, tworząc u odbiorcy logiczny schemat.
2. Strategia rekonstrukcyjna występuje we wszystkich odwiedzanych instytucjach, zauważalne jest wykorzystanie wielu środków wspomagających samodzielną aktywność badawczą zwiedzających. Wartość poznawczą tej strategii podnosi szerokie wykorzystanie potencjału dydaktycznego stanowisk doświadczalnych i eksperymentalnych.
3. Zaobserwowano też konwencję mieszaną ludyczno-symulacyjną i ludyczno-rekonstrukcyjną, stosowaną w zależności od typu odbiorcy
4. Na wielu wystawach interaktywnych stosowane są eklektyczne, kombinowane strategie, łączące różne konwencje.
5. Nie w pełni potwierdzono założenia separujące wytypowane strategie (realistyczną, symulacyjną, rekonstrukcyjną i ludyczną). Występujące zazwyczaj kombinacje strategii: realistycznej, rekonstrukcyjnej wraz z elementami symulacji cechują się wysoką wartością dydaktyczną. Zaobserwowane przejawy aktywności osób zwiedzających centra nauki cechowały się zaangażowaniem i chęcią zrozumienia istoty poznawanego zjawiska. W trakcie zwiedzania uczestnicy zwykle na początku zadają pytania personelowi, w sytuacji gdy nie potrafią wykonać samodzielnie określonego doświadczenia. Jeśli jest to możliwe – cała sekwencja czynności wykonywana jest samodzielnie lub też z pomocą innych uczestników, bądź w przypadku dzieci – z pomocą dorosłych opiekunów⁴.

³ We wcześniejszych opracowaniach ta strategia była określana jako „strategia typu McDonald’s”, jednak obecnie posługujemy się zaproponowanym przez G. Karwasza określeniem „strategie ludyczne”, by podkreślić szerszy i bardziej edukacyjny walor tego podejścia. Por. J. Kruk, *Doświadczenie, reprezentacja i działanie*.

⁴ Zaprezentowane wnioski i spostrzeżenia w tej części zostały wcześniej sformułowane w raporcie końcowym złożonym po realizacji projektu badawczego własnego MNiSW nr 39/H03/2007/32 „Strategie edukacyjne realizowa-

Muzea nauki stanowią niezwykle miejsca wędrówki niekoniecznie w pełni swobodnej. Panuje tu dyscyplina tematyczna, związana ze strukturą prezentowanych dziedzin nauki. Swoistą busolę stanowi ciekawość badawcza, prowadząca odkrywcę przez labirynty muzealnych sal wystawowych.

Przypominając najważniejsze cele, dla jakich powołano muzea, zauważyć można, że są to przede wszystkim miejsca, w których na stosunkowo niewielkiej powierzchni zgromadzono obszerne zbiory różnorodnych, zawierających znaczący przekaz przedmiotów. Toteż zdecydowaną część zbiorów można określić mianem kolekcji, pomimo że w swej strukturze zawierają one elementy interaktywne. Jednak przywiązanie muzealników do narracji opartej na dyscyplinarnym opracowaniu zagadnień odnoszących się do eksponatów i wystaw nie wynika głównie z wieloletniej praktyki, lecz z dbałości o rzetelne przedstawienie możliwie pełnego kontekstu danego działu tematycznego. Widać to na przykładzie ciekawej formy prezentacji muzealnej, jaką jest wykład naukowy, będący jedną z najbardziej powszechnych metod kształcenia. Tak jak wykład akademicki, także przekaz muzealny przeobraził się z inspirowanej klasyczną dydaktyką lekcji muzealnej w multimedialny przekaz. Muzealne wykłady stały się interaktywnymi formami odpowiadającymi możliwościom odbioru uczestnika. Należy do nich omawiany już przez nas w tej książce plakat naukowy w Deutsches Museum, który stanowi formę wspomagającą ekspozycję, ułatwiający wykonywanie niektórych eksperymentów i umożliwiając systematyzację zgromadzonych doświadczeń.

W muzeum tym powstały najważniejsze formy dydaktyki muzealnej, m.in. lekcje muzealne, które początkowo miały strukturę zbliżoną do szkolnej lekcji, by w następnych okresach ulec znacznym przeobrażeniom. Współczesna nowa praktyka muzealna cechuje się odmiennymi formami przekazu i aranżacji wystaw. Dawna lekcja muzealna oparta na schemacie uporządkowanych w kolekcje zbiorów uległa przekształceniom w formy problemowe. Zmieniły się i unowocześniły strategie dydaktyczne, a ich funkcją stało się wciąganie biernego dotąd widza w aktywność badawczą. Do strategii muzealnej – poza aranżacją wystawy i przygotowaniem eksperymentów – zaliczyć można też muzealną infrastrukturę, na którą składają się opisy w postaci instrukcji, obecność przewodników – instruktorów oraz całokształt narracji prowadzonej wokół obiektów muzealnych.

W organizowaniu wystaw istotna jest właściwa ocena możliwości odbiorców i czytelne opracowanie ekspozycji, gdyż „większość wystawców myśli zanadto o treści i sposobie prezentacji wystawy, a za mało o potencjalnym odbiorcy”⁵. Interaktywne elementy wystaw stały się podstawą do poszukiwania zróżnicowanych technik przekazu z użyciem m.in. środków technicznych z obszaru nowych mediów, włącznie z przeniesieniem części ekspozycji do przestrzeni cyfrowej. Dlatego można mówić o zauważalnej tendencji do zmiany muzealnych strategii edukacyjnych, które z tradycyjnych form stają się przekazem interaktywnym, wspomagającym zwiedzających w procesie realizacji własnego „planu edukacyjnego”⁶.

Badając strategie edukacyjne centrów nauki, zauważyliśmy, że w zachowaniu zwiedzających pojawiają się często elementy procesu badawczego, które przypominają szkolny tok kształcenia. Zarówno zwiedzający muzeum, jak i uczniowie w szkole, ucząc się, wykonują

ne w centrach nauki, eksperymentariach i muzeach interaktywnych” (termin realizacji od maja 2007 do końca 2009 roku), kierownik grantu – J. Kruk, miejsce realizacji – Uniwersytet Gdański, współrealizator G. Karwasz.

⁵ P. Vergo, *Milczący obiekt*, przeł. A. Łyda, [w:] *Muzeum sztuki. Antologia*, red. M. Popczyk, Universitas, Kraków 2005, s. 327.

⁶ H. Illeris, *Zdarzenia wizualne i przyjacielskie oko: metody kształcenia widzenia w nowych sytuacjach edukacyjnych duńskich muzeów sztuki*, przeł. A. Bernaczyk, [w:] *Edukacja muzealna. Antologia tłumaczeń*, red. M. Szelaąg, A. Skutnik, Muzeum Narodowe w Poznaniu, Poznań 2010, s. 220.

określone sekwencje czynności. W wielu wypadkach mają one wspólne cechy, ale przebiegają według odmiennych modeli uczenia się. Nazwać je można *modelem reaktywnym* i *interaktywnym*, które osadzone są w dwóch różnych podejściach dydaktycznych⁷.

W reaktywnym przebiegu procesu uczenia się zwiedzający muzealną wystawę stara się odczytać jawny (instrukcja) bądź ukryty (ekspozycja) przekaz i stosownie do tego odczytania zareagować, wykonując ściśle określoną sekwencję czynności. W takim przebiegu samodzielność poznawcza uczestnika jest mocno ograniczona, a jego działanie sterowane jest w większym stopniu kontrolą zewnętrzną niż wewnętrzną motywacją poznawczą. Przykładowo – gdy uczestnik przeprowadza eksperyment, posuwając się krok po kroku zgodnie z zamieszczoną instrukcją do rezultatu przewidzianego przez autorów ekspozycji, wówczas jego działanie jest ciągiem reakcji zaprogramowanych przez organizatorów. Z odmienną sytuacją mamy do czynienia podczas eksperymentów i doświadczeń podejmowanych w warunkach niepewności co do ich przebiegu i rezultatu końcowego. Sens podjętego działania ustala się w trakcie interakcji i decydującą rolę w tym procesie odgrywają już nie instrukcje, lecz własne intuicje badacza szukającego rozwiązania interesującego go problemu.

Interaktywny schemat przekazu wiedzy pojawia się tam, gdzie są warunki do swobodnej eksploracji. Uczestniczący w tym procesie badacz ma wiele możliwości poszukiwania rozwiązań, z których przynajmniej część nie jest znana także organizatorom wystawy. Proces uczenia się jest zarazem procesem badawczym, z towarzyszącą mu sytuacją niepewności co do możliwości osiągnięcia celu, jakim jest znalezienie odpowiedzi na pytania problemowe. Podsumowując różnorodne strategie realizacji idei interaktywnej dydaktyki w centrach i muzeach nauki, chcielibyśmy zwrócić uwagę na pewne cechy wspólne, które dało się zaobserwować w tych instytucjach:

- Na wystawach o charakterze interaktywnym role są zmienne, zwłaszcza te, które przypisane są czynnościom nauczyciela i ucznia. Istotne jest poznawcze nastawienie uczestników, którzy mogą tę funkcję traktować wymiennie. W modelu tym decydujące jest podjęcie strategii badawczej, która uruchamia ciąg interakcji.
- W zaobserwowanych strategiach edukacyjnych o charakterze interaktywnym zamieszczone wyjaśnienia i wskazówki nie mają charakteru ściśle instruktażowego, lecz pomocniczy, uzupełniający wiedzę badacza/zwiedzającego. W wielu muzeach i centrach nauki zatrudnieni są instruktorzy, których zadaniem jest udzielanie pomocy merytorycznej związanej z wykonaniem eksperymentu. Interaktywny model może być realizowany w ramach różnych strategii (realistycznej, rekonstrukcyjnej lub symulacyjnej). Zastosowanie tych typów strategii zwłaszcza realistycznej i rekonstrukcyjnej, ułatwia poznawanie i obserwowanie zjawisk z danej dyscypliny. Strategia symulacyjna oparta na zwirtualizowanym przekazie (łączona często ze strategią realistyczną oraz rekonstrukcyjną) wytwarza ikoniczno-symboliczny przekaz wiedzy, którą uczestnik może konstruować podczas obserwacji i eksperymentu, pozostając w modelu interaktywnym.
- W większości wystaw interaktywnych w centrach i muzeach nauki zaobserwowaliśmy współwystępowanie strategii rekonstrukcyjnej i cech modelu dydaktyki interaktywnej. Organizatorzy wystaw interaktywnych posługują się wieloma środkami ułatwiającymi eksplorację, w trakcie której następuje rekonstrukcja nie tylko materialnego eksponatu, ale

⁷ Więcej informacji na temat dwóch modeli dydaktycznych – reaktywnego i interaktywnego, znajdzie Czytelnik w artykule J. Kruk, *Model dydaktyki interaktywnej w centrach i muzeach nauki i możliwości jego stosowania w szkolnej edukacji*, „Problemy Wczesnej Edukacji”, nr 3/2012. Niektóre wątki tam zamieszczone znalazły się po uzupełnieniach w niniejszym *Zakończeniu*.

też odczytanie myśli przewodniej przyświecającej jego twórcom⁸. W strategii rekonstrukcyjnej organizatorzy stanowisk doświadczalnych i eksperymentów uruchamiają inwencję uczestnika przez zamieszczone instrukcje oraz tworząc okazje do sprawdzania hipotez, niekiedy w postaci ścieżki odtwarzającej postępowanie badacza. Ścieżki te jednak mają charakter otwarty, plastyczny, dający uczestnikom możliwość ich rekonstrukcyjnej zmiany.

W interaktywnym modelu dydaktycznym, który zaczyna dominować w większości współczesnych centrów i muzeów nauki, przewidywalne są tylko warunki stworzone przez organizatorów i formy możliwości działania uczestników. Przebieg procesu poznawczego nie podlega kontroli ani też ocenie, jednak uczestnik zazwyczaj otrzymuje informację zwrotną odnoszącą się do przebiegu podjętych działań, a także jego sukcesu lub niepowodzenia. W szkolnej dydaktyce to czynności ucznia i nauczyciela są w centrum uwagi i kontroli, niekiedy także określa się cechy sytuacji problemowej, która staje się początkiem pracy badawczej ucznia. Rzadko mamy do czynienia z sytuacją, w której etapy lekcji nie podlegają uwadze i nadzorowi. Jednak w sytuacjach, z jakimi spotkamy się w życiu, nasza aktywność poznawcza uruchamiana jest niejako mimochodem, często niezależnie od wieku i wiedzy specjalistycznej odkrywcy, a informacja zwrotna pojawia się w zupełnie innej postaci niż szkolna ocena. Wydaje się zatem, że schematy szkolnego uczenia się i muzealnej eksploracji są do siebie nieprzystające, pomimo iż przyświeca im podobny cel dydaktyczny: przekazać, poszerzyć i wzbogacić wiedzę uczestnika na temat danego zjawiska.

Cenne byłoby znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy model interaktywny mógłby stać się wzorcem dla dydaktyk uprawianych we wszystkich zorganizowanych działaniach poznawczych i w jakich warunkach można go realizować. Zauważamy, iż badawcze doświadczenie w muzeum prowadzi do rezultatów podobnych do szkolnych, ale droga do nich jest odmienna od oferowanej przez instytucjonalne kształcenie. Podstawowa różnica dotyczy szczególnego psychologiczno-materialnego środowiska badania i poznawania oferującego interaktywne ekspozycje, w skład których wchodzi obiekt/urządzenie/eksponat oraz kontekst uruchamiający czynności badawcze. W dydaktyce interaktywnej kontekst ten wysuwa się plan pierwszy, podczas gdy w praktyce edukacji instytucjonalnej często spychany jest na margines. Działania podejmowane w muzeum polega zazwyczaj na koncentracji na czynnościach eksploracyjnych. Sprzyja temu środowisko materialne i wywołane w ten sposób nastawienie na odkrycie u uczestnika. Często podobny efekt starają się wywołać na lekcji nauczyciele, a ich sprzymierzeńcem jest dyscyplina (ład lekcyjny). W muzeum niezainteresowany uczestnik omija ekspozycję lub pozostaje przy niej na bardzo krótki czas. Dlatego często badania nad efektywnością wystaw muzealnych odwołują się do pomiaru czasu poświęconego wystawom, chociaż może to być mylące⁹. Warunkiem sprzyjającym pogłębionym doświadczeniom muzealnym jest interaktywność ekspozycji. Sprzyja to przekształcaniu i rozbudowywaniu mentalnych reprezentacji obejmujących wiedzę konstruowaną w tych warunkach.

Reprezentacje te są plastyczne i ich doprecyzowanie odbywa się w trzech kodach – obrazowym, symbolicznym, a w muzeach nauki przede wszystkim enaktywnym. W edukacji muzealnej to środowisko materialne ma podstawowe znaczenie dla konstruowania reprezentacji mentalnych i dalsze ich rozbudowywanie już poza interaktywnym kontekstem muzealnym.

⁸ W rekonstrukcyjnej strategii chodzi przede wszystkim o zrozumienie kontekstu powstania obiektu i okoliczności temu towarzyszących. Uczestnicy poznają i badają urządzenia, rozpoczynając od najwcześniejszych, prototypowych (jak na przykład pierwszy respirator, który znajduje się w Muzeum Nauki w Londynie). Poza zapoznaniem się z zasadami jego działania badający może też spróbować zgłębić kontekst towarzyszący konstruowaniu tego wynalazku.

⁹ Wartość poznawcza doświadczenia muzealnego niekoniecznie może wiązać się z czasem poświęconym ekspozycji – niekiedy krótka chwila wystarcza dla zgłębienia zjawiska, a często też dłuższy czas spędzony przy ekspozycji nie daje spodziewanych rezultatów.

Model interaktywny nie poddaje się łatwo powszechnemu stosowaniu w kształceniu masowym, gdyż odrzuca zasadę unifikacji, oszczędzanie na środkach dydaktycznych, a także nie uwzględnia ekonomii poznawczej polegającej na przyjmowaniu jednej skutecznej strategii dydaktycznej. Muzea szybciej niż szkoły dokonały wewnętrznej reformy swych praktyk edukacyjnych: wprowadziły strategie sprzyjające dokonywaniu odkryć, zróżnicowanie stylów przekazu stworzono dla uczestników okazje do stawiania pytań badawczych, przeprowadzania rzeczywistych eksperymentów¹⁰. Także lekcje muzealne odbywane są obecnie w innych warunkach, generując odejście od quasi-szkolnego schematu *reaktywnego*. Uważamy, że coraz bardziej potrzebne staje się wypracowanie praktyk dydaktycznych opartych na modelu interaktywnym, możliwych do aplikacji w warunkach kształcenia instytucjonalnego i pozaformalnego, tworząc wspólną płaszczyznę zmiany w edukacji. Intuicje te formułujemy, przyjmując założenie o konieczności znoszenia barier administracyjnych i mentalnych utrudniających procesy naprawcze w oświacie¹¹:

1. Tworzenia „oprogramowania edukacyjnego” doświadczeń i eksperymentów wraz ze ścieżkami badawczymi w miejsce dotychczasowych schematów opartych na tradycyjnej strukturze lekcji szkolnej i muzealnej.
2. Rozszerzenie zakresów współpracy muzeum z innymi podmiotami (a w szczególności szkół wszystkich szczebli) w ramach wspólnych programów dla lokalnej społeczności, grup wiekowych, a także całych rodzin.
3. Rozwijanie współpracy między instytucjami: szkołami, muzeami, uczelniami, w zróżnicowanej formie, m.in. konferencji, pikników naukowych, festiwali nauki, włączenia wolontariuszy: studentów, uczniów klas starszych przy oprowadzaniu grup;
4. Upowszechnianie w edukacji szkolnej zwyczaju korzystania z form edukacyjnych on-line, np. ścieżek badawczych, które następnie mogą być realnie sprawdzane przez uczniów i nauczycieli w trakcie wizyt w muzeach i w szkole.
5. Wprowadzenie do metodyki szkolnej praktyk odwołujących się do strategii interaktywnych jako przykładów do wykorzystania przez nauczycieli, rodziców i wszystkich zainteresowanych takimi formami poznawania i badania zjawisk.

Propozycje te mogłyby być upowszechniane w sferze praktyk edukacyjnych zarówno w oświacie instytucjonalnej, jak i w przestrzeni publicznej kształcenia nieformalnego. Współczesne szkoły, mające coraz więcej trudności w sprostaniu zadaniom dydaktycznym potrzebują wsparcia zewnętrznych podmiotów. Naturalnym i inspirującym sprzymierzeńcem jakościowej zmiany w edukacji są centra i muzea nauki.

¹⁰ W proponowanych schemacie przekazu interaktywnego opracowywane są tzw. *Lernzirkel*, czyli ścieżki z kolejnymi stacjami badawczymi, dającymi uczącym się możliwość wyboru stacji odpowiadających ich stylowi nauki. Por. T. Weber, *Lernen In der Schule Und Lernen im Museum: Welche Methoden fördern actives Lernen am besten?*, Deutsches Museum München, SMEC 02.2_lernen in der schule und lernen im museum_de (08.2007).

¹¹ Por. G.E. Hein, *Edukacja muzealna*, przeł. P. Szaradowski, [w:] *Edukacja muzealna. Antologia tłumaczeń*, red. M. Szelaąg, J. Skutnik, Muzeum Narodowe w Poznaniu, 2010, s. 68.



Muzeum Nauki Phänomenta Peenemünde (fot. JK)

Podziękowania

Książka niniejsza stanowi podsumowanie wieloletniej działalności autorów w zakresie *praktyki i teorii* interaktywnej dydaktyki. GK zaczął przygodę z dydaktyką interaktywną na początku lat 90-tych, w okresie swojego prawie 20-letniego pobytu we Włoszech, jako asystent na wystawach „Fisica e giocattoli” według koncepcji (i kolekcji) prof. Vittorio Zanettiego z Università Degli Studi di Trento. Działalność w Trydencie autor prowadził we współpracy z Museo Tridentino di Scienze Naturali, korzystając z życzliwości jego dyrektora dr Michele Lanzinghera i dott.ssy Lavini Del Longo.

W 1997 roku, po podjęciu przez GK obowiązków dydaktycznych na Wyższej Szkole Pedagogicznej w Słupsku, interaktywna fizyka okazała się naturalną (i brakującą w polskiej edukacji) *bazą badawczą* dla dużej grupy młodych współpracowników autora w Polsce. Obiekty rzeczywiste i wirtualne interaktywnej dydaktyki fizyki stały się przedmiotem licznych prac licencjackich, magisterskich i doktorskich, najpierw w Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku, później na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu.

W historycznej, pierwszej edycji „Fizyki zabawek” w Warszawie i Słupsku w 1998 roku zorganizowanej wspólnie z śp. prof. Krzysztofem Ernstem z Uniwersytetu Warszawskiego a współfinansowanej z grantu Komitetu Badań Naukowych za pośrednictwem Polskiego Towarzystwa Fizycznego brali udział (obecnie dr) Anna Okoniewska (Kamińska), (mgr) Anna Kurowska (Krzywaźnia), (dr) Tomasz Wróblewski, (dr) Damian Pliszka, (mgr) Krzysztof Hubisz, w edycji w Białymstoku – (dr) Mirosław Brozis. Wiele innych osób uczestniczyło w kolejnych wystawach i pokazach, w projekcie VI FP Unii Europejskiej „Physics is Fun” S&S 020772 (2005–2006) koordynowanym przez autora oraz w wersjach internetowych i multimedialnych „Fizyki zabawek”, zob. odnośniki do literatury w tekście książki. W różnorodnych pracach autora na UMK uczestniczył cały Zakład Dydaktyki Fizyki, często też w poszerzonym składzie, wymienianym przy poszczególnych inicjatywach. Nowe formy dydaktyki interaktywnej współfinansowane były, obok UMK i Urzędu Miasta w Toruniu, również z kolejnych projektów międzynarodowych koordynowanych w wymiarze krajowym lub UE przez autora: „Supercomet 2” LdV-NO/04/B/PP/165.008, MOSEM „Minds-on experiments on Superconductivity and Electromagnetism” LLP-LdV-TOI-2007-NO/165.009 i TPSS „Teaching Physics in Secondary School” FSS/2008/V/D4/W/0007. W tych dwóch ostatnich projektach istotny wkład pracy wnieśli (dr) Andrzej Karbowski i (dr) Magdalena Sadowska; w najnowszych pracach uczestniczy mgr Justyna Chojnacka.

JK podjęła badania pedagogiczne zjawisk dydaktyki interaktywnej ponad 10 lat temu, dokumentując rozwój wystaw interaktywnych, m.in. w Szczecinie (dzięki uprzejmości śp. prof. Jerzego Stelmacha) i Krakowie. Tematyki tej dotyczyła częściowo rozprawa habilitacyjna autorki (Uniwersytet Gdański, 2008). Współpraca między autorami datuje się od 2004 roku, tj. od wystawy „W czasie deszczu dzieci się nudzą” w Sopocie. Niektóre dalsze działania autorów odbywały się we współpracy z rodzącymi się instytucjami dydaktyki interaktywnej w Polsce, wśród których wymieniamy szczególnie Park Kulturowy Fortyfikacji Miejskich „Grodzisko” w Gdańsku (nazywany w niniejszej pracy centrum „Hewelianum”), z jego dyrektorem mgr Przemysławem Guzowem i organizatorami wystaw (dr Moniką Lisowską) oraz Planetarium w Toruniu, z nieodżałowanym dyrektorem mgr Lucjanem Broniewiczem i jego małżonką, p. dyr. Anną Broniewicz.

Niezwykle mile układa się współpraca (GK) z licznymi muzeami (i osobami), które współuczestniczyły w kolejnych edycjach wystawy „Fiat Lux”, a szczególnie z Muzeum Okręgowym w Toruniu (dyr. dr Marek Rubnikiewicz), z Muzeum Miedzi w Legnicy (dyr. mgr Andrzej Niedzielenko), z Planetarium w Olsztynie (dyr. dr Jacek Szubiakowski i mgr Lidia Kosiorek), z Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku (mgr Małgorzata Czupajło), Muzeum Regionalnym w Rogoźnie (mgr Małgorzata Skwisz) oraz wieloma innymi osobami.

Współtwórcą wystawy „Fiat Lux” i współkuratorem jej edycji lokalnych jest mgr Michał Kłosiński, kierownik Domu Kopernika w Toruniu.

W ostatecznym kształcie publikacja stanowi pokłosie badań przeprowadzonych przez autorów w latach 2007-2009 w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (3902HO3/2007/32 „Strategie edukacyjne realizowane w centrach nauki, eksperymentariach i wystawach interaktywnych”- kierownik projektu: Jolanta Kruk – Uniwersytet Gdański, współwykonawca – Grzegorz Karwasz, Uniwersytet Mikołaja Kopernika). Podczas wyjazdów studyjnych autorzy wykonali ponad 800 zdjęć uzupełnionych dokumentacją zebraną podczas wizyt w instytucjach popularyzujących naukę. Materiał badawczy został uzupełniony także przykładami (i kolejnymi tysiącami zdjęć) zgromadzonymi podczas indywidualnych wyjazdów badawczych autorów. Dalekie podróże (GK) były możliwe tak dzięki środkom uczelnianym (Uniwersytet w Trydencie, PAP, UMK), jak funduszom Unii Europejskiej i Organizacji Narodów Zjednoczonych. Nie byłoby możliwe zebranie wszystkich informacji i zdjęć bez wsparcia i pomocy mgr Marii Karwasz i mgr Łukasza Kruka, którym wyrażamy serdeczne podziękowania. Mgr Maria Karwasz jest również autorką koncepcji treści w opisach muzeów nauki w Canberze i Daejeon oraz niezastąpioną asystentką we wszystkich opisanych w książce inicjatywach autora. Relacja z San Sebastian jest dziełem prof. Włodzimierza Jaskólskiego.

Podczas naszych odwiedzin w muzeach nauki spotkaliśmy się z życzliwym przyjęciem ze strony Deutsches Museum w Monachium (dr Annette Noschka-Roos), w Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia „Leonardo da Vinci” w Mediolanie (Dott.ssa Camilla Rossi Linnemann), którym pragniemy podziękować za okazaną pomoc i udzielone nam wyjaśnienia odnośnie specyfiki tych instytucji. Ostateczny kształt naszej książki zyskał na przejrzystości przekazu dzięki uwagom profesor Astrid Męczkowskiej-Christiansen, za co jesteśmy szczerze wdzięczni, zwłaszcza jeśli chodzi o pedagogiczne wątki tego opracowania oraz profesora Mariusza Gagosia z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie i Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, współuczestniczącego w praktycznym rozwoju dydaktyki interaktywnej.

Liczba osób, których praca złożyła się na treści prezentowane w niniejszej książce jest znacznie dłuższa – są to pracownicy centrów nauki (m.in. CN Kopernik), wyższych uczelni, muzeów regionalnych, nauczyciele, studenci, młodzież i wreszcie sami zwiedzający, często współtwórcy nowych pytań.

Szczególne podziękowania należą się mgr Krzysztofowi Służewskiemu, który wykonał dużą część pracy przygotowawczej i edytorskiej w niniejszym opracowaniu, niezwykle aktywnie uczestnicząc też we wszystkich inicjatywach dydaktyki interaktywnej w ZDF UMK. Druk książki został sfinansowany ze środków UMK. Dziękujemy Zespołowi Redakcyjnemu za pomoc w nadaniu tekstowi ostatecznego kształtu, umożliwiającego odbiór przez zróżnicowane grono Czytelników: badaczy, uczniów, nauczycieli i wszystkich zainteresowanych fascynującymi zjawiskami nauki.

JK dedykuje pracę Synom – Łukaszowi i Tomkowi, GK dedykuje pracę Rodzicom.

Jolanta Kruk

Grzegorz Karwasz