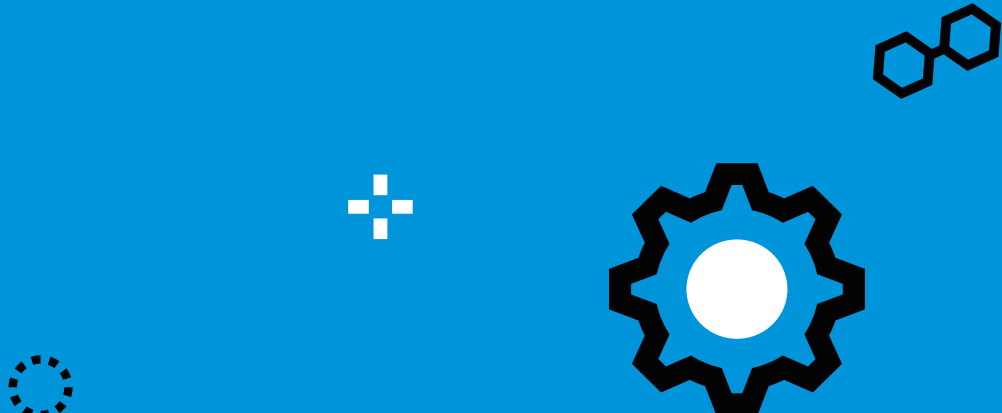




Tworzenie pomocy naukowych

Program Nauka dla Ciebie





dr Ilona Iłowiecka-Tańska

Kierownik Działu Badań
Centrum Nauki Kopernik

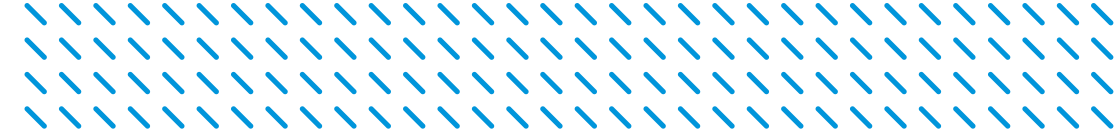
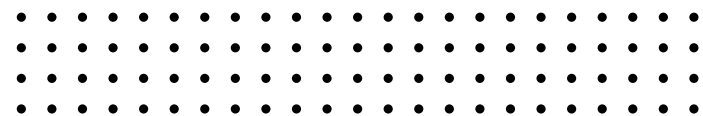
W szkole bardzo lubiłam matematykę. Podobało mi się, że jest takim czystym i konsekwentnym systemem, gdzie na końcu wszystko się zgadza, sprowadza do konkretnego rozwiązania. Uzyskany wynik obliczeń dawał mi poczucie mocy.

Dobrze pamiętam zadania z rachunku prawdopodobieństwa – w pojemniku znajdują się dwie kulki zielone i dwie kulki niebieskie. Albo trzy zielone i dwie niebieskie. Jakie jest prawdopodobieństwo, że za pierwszym razem wylosuję te zielone? Wpatrzeni w tekst zadań obliczaliśmy szanse zielonych kulek.

Kiedy spotkałam prof. Dora Abrahamsona – którego zaprosiliśmy do prowadzenia warsztatów podczas Letniej Szkoły Prototypowania – i zobaczyłam jego pudełko z dwukolorowymi kulkami oraz łożatką do losowania, dotarło do mnie, że w mojej dawnej szkole myśmy tych kulek nigdy naprawdę nie losowali. Prawdopodobieństwo, rzuty bryły na płaszczyznę czy analizowanie torów spadających ciał – to wszystko odbywało się tylko w teorii, na papierze.

Do pewnego momentu nieźle sobie radziliśmy, ale wkrótce coraz więcej osób z mojej klasy, a wśród nich niestety i ja, zniechęcało się i odpadało po drodze. Nie nadążaliśmy, nie umieliśmy sobie wyobrazić operacji, o których czytaliśmy.

Do dziś natomiast pamiętam mechanizm pracy płuc, pokazany na modelu z balonika i plastikowej butelki na lekcji biologii. Napętniane powietrzem gumowe płuca nadymały się podczas „wdechu”, a ja pojęłam, co się dzieje, kiedy wydycham powietrze. To było zrozumiałe, w przeciwieństwie do rysunku w podręczniku, który przedstawiał płuca tylko podczas wdechu i nie pozwalał dostrzec całego złożonego mechanizmu. Pamiętam też, że konstruuąc nasze sztuczne płuco, długo walczyliśmy z gumką, która miała przytrzymać balonowe oskrzela – dzięki temu do dziś wiem, do czego oskrzela służą.



Pomoce naukowe, w języku pedagogiki zwane środkami dydaktycznymi, oddziałując na zmysły i odwotując się do praktycznych doświadczeń uczniów, pozwalają stworzyć ciągłość poznawczą między potoczną wiedzą ucznia a wiedzą naukową. To przedmioty materialne umożliwiające usprawnienie procesów nauczania i uczenia się oraz uzyskanie optymalnych osiągnięć szkolnych na danym etapie edukacyjnym.

W Polsce pracuje liczna grupa nauczycieli, którzy samodzielnie tworzą pomoce naukowe. Dwadzieścioro z nich poznałaliśmy podczas Letniej Szkoły Prototypowania – tygodniowych warsztatów, podczas których nauczyciele wymyślali i tworzyli autorskie pomoce naukowe. Na koniec zapytaliśmy uczestników o pięć zagadnień dotyczących samodzielnego tworzenia pomocy naukowych. Wiele z uzyskanych odpowiedzi zainspirowało nas i podsunęło nam pomysły na nowe programy, warsztaty i spotkania na temat roli pomocy naukowych w nauczaniu i uczeniu się.

Nauczyciele, którzy sami konstruują pomoce naukowe, robią to dla swoich uczniów, których umiejętności i zainteresowania dobrze znają i zawsze biorą pod uwagę przy tworzeniu. Pomoc dydaktyczna wykonana przez nauczyciela albo wraz z nim budzi ponadto autentyczne zainteresowanie uczniów i w całości naturalny sposób angażuje ich emocjonalnie i intelektualnie. Są ciekawi, w jaki sposób wymyślił i zrobił coś człowiek, z którym spotykają się na co dzień. A ponieważ dzieci uczą się przez obserwację dorosłych, dzięki przyglądaniu się pracy nauczyciela-twórcy uczą się zaangażowania i uważności oraz tego, jak wykorzystać kreatywność, dostrzegając jednocześnie ich wartość i zastosowanie w codziennej pracy.



Prototypy powstałe podczas Letniej Szkoły Prototypowania

dr Marta Fikus-Kryńska



Pomoce naukowe powstały podczas trzydniowych warsztatów Letniej Szkoły Prototypowania. Uczestniczący w warsztatach nauczyciele używali podstawowych narzędzi: pił, młotków, śrubokrętów, wkrętarek, nożyczek, oraz tanich i dostępnych materiałów: kartonu, papieru, sklejk, kleju, gumek, stomek, sznurków, taśm klejących, gumowych rurek, plasteliny itp.

Dzięki energii, wyobraźni i wytrwałości nauczyciele w tak krótkim czasie stworzyli osiem prototypów – konstrukcje powstawały zupełnie „od zera”. Gotowe prototypy zostały wypróbowane przez publiczność Centrum Nauki Kopernik.

Poniżej prezentujemy pięć gotowych prototypów.

1. Posmakuj kolor

Co to jest?

Pomysł twórców wziął się z chęci zweryfikowania zastyszonej tezy o wpływie koloru na odczuwany smak. Powstałe narzędzie – odpowiednio skonstruowany tekturowy domek – umożliwia przeprowadzenie badań weryfikujących zastyszaną tezę.

Wewnętrzne ściany domku są białe. Jedyny otwór można zastaniać czterema wymiennymi filtrami – każdy filtr ma inny kolor: czerwony, niebieski, żółty lub zielony. Dzięki takiemu rozwiązaniu, po włączeniu zewnętrznego źródła światła, w zależności od tego, jaki filtr jest zamontowany, wewnątrz domku przybiera inną barwę. Osoba poddawana testom wygodnie siada wewnątrz domku i dostaje do spróbowania płyn w kubku, który ma taki sam kolor jak kolor używanego filtra. Badany, nieinformowany o tym, że za każdym razem w kubku jest tylko woda, odpowiada na pytanie, jaki smak odczuwa.



Proces konstruowania

Realizacja prototypu okazała się podwójnym wyzwaniem. Po pierwsze, trzeba było opracować odpowiednie warunki dla eksperymentu. Konstruktorzy rozważali użycie kolorowych okularów lub kloszy o różnych barwach. Wygrała koncepcja konstrukcji, do której badana osoba wchodzi, a barwę zmienia całe otoczenie. Chcąc zachować powtarzalność warunków podczas prowadzenia eksperymentu, tak aby żaden dodatkowy bodziec nie wpłynął na wynik badania, konstruktorzy musieli rozstrzygnąć szereg kwestii, np. ile wody ma być w kubkach, czy kolor kubków ma być taki sam jak kolor światła, czy kolejność w jakiej zmieniają się kolory ma znaczenie, jak długo pozwalać smakować wodę, jakie zadawać pytania (np. „Jaki ma smak ten napój?” albo „Czy ten napój ma jakiś smak?”).

Testy z publicznością

Podczas testów pomoc naukowa wzbudziła entuzjazm publiczności. Niektóre z badanych osób były przekonane, że smakowały różne napoje, inne mówiły, że nie odczuły różnicy w smaku, ale twierdziły, że zmieniała się temperatura płynu. Wiele osób, kosztując, zamykało oczy. Byli też tacy, którzy do domku chcieli wejść we dwoje lub troje. Komentarze i pomysły wyszły poza zakres badania – testerzy uznali, że siedzenie w domku było okazją, aby się wyciszyć, a kolor światła wpłynął na ich nastrój, w wyniku czego powstał pomysł, aby takie różnokolorowe oświetlenie zastosować w szkołach lub przestrzeniach biurowych.

Pomoc naukowa **Posmakuj kolor** jest narzędziem badawczym i może być używana do nauczania z wykorzystaniem metody badawczej, która obejmuje zadawanie pytań, stawianie hipotez, przeprowadzanie testów, obserwacje, wyciąganie wniosków. Jej dodatkowy atut to możliwość badania innych zjawisk i modyfikowania sposobów realizacji tych badań.

Autorki prototypu: Sylwia Wierchowska, Małgorzata Smalec-Witczak, Zuzanna Grzeška



2. Studnia artezyjska

Co to jest?

Model studni artezyjskiej pokazuje, jak układ skał i szczególne ukształtowanie terenu umożliwiają wydobycie wody bez użycia pomp.

Szara gumowa rurka została ułożona w kształt litery „U”. W najniższym punkcie tak ułożonej rurki konstruktorzy zamontowali pionowo niebieską słomkę do napojów. Zatkany klipsem wylot słomki znajduje się poniżej poziomu obu końców szarej rurki. Pozostałe elementy konstrukcji – pudło i deszczutki – to elementy utrzymujące układ w prawidłowym położeniu. Po wlaniu wody do gumowej rurki i zwolnieniu zaworka (klips do papieru) z niebieskiej słomki tryska woda.

Proces konstruowania

Pomysłodawczynią budowy modelu była nauczycielka geografii, pasjonatka swojej dziedziny. Za cel postawiono sobie stworzenie narzędzia edukacyjnego służącego do przedstawienia konkretnego zjawiska, narzędzia skuteczniejszego niż najlepsza ilustracja czy omówienie w podręczniku.

Osoby obserwujące proces powstawania modelu, niezaangażowane w jego budowę, twierdziły, że na końcowym etapie prac prototyp przestał przypominać studnię. Pojawiło się więc pytanie, czy nie należałoby zadbać o jakąś symboliczną scenografię – np. tło z różnokolorowej plasteliny na tylnej ścianie pudła, imitujące warstwy skał, przez które przepływa woda – tak aby obiekt przywoływał właściwe skojarzenie.

Testy z publicznością

Okazało się, że zjawisko jest samo w sobie wystarczająco atrakcyjne, żeby przyciągnąć uwagę i wywołać entuzjazm – tryskająca z niebieskiej rurki woda cieszyła testerów. Niemniej jednak konstrukcja także budziła ciekawość – poszczególne jej elementy są doskonale widoczne. Przyglądając się tej pomocy naukowej, dorośli odbiorcy mieli różne skojarzenia, np. z wieżami ciśnień lub rurami w blokach mieszkalnych.

Pomoc naukowa **Studnia artezyjska** to ciekawe połączenie modelu takiej studni z układem prezentującym zachodzące w niej zjawisko fizyczne – wyptyw wody spowodowany ciśnieniem hydrostatycznym. Może służyć do prowadzenia eksperymentów i pomagać w zrozumieniu podręcznikowej teorii.



Autorki prototypu: Magdalena Paluch,
Teresa Podobroźna, Grażyna Wizor



**Wspaniale widzieć coś,
co się stworzyło samemu.
Satysfakcja ogromna.
Każdy z nas ma w sobie coś
z inżyniera, choć nie zawsze
o tym wie.**

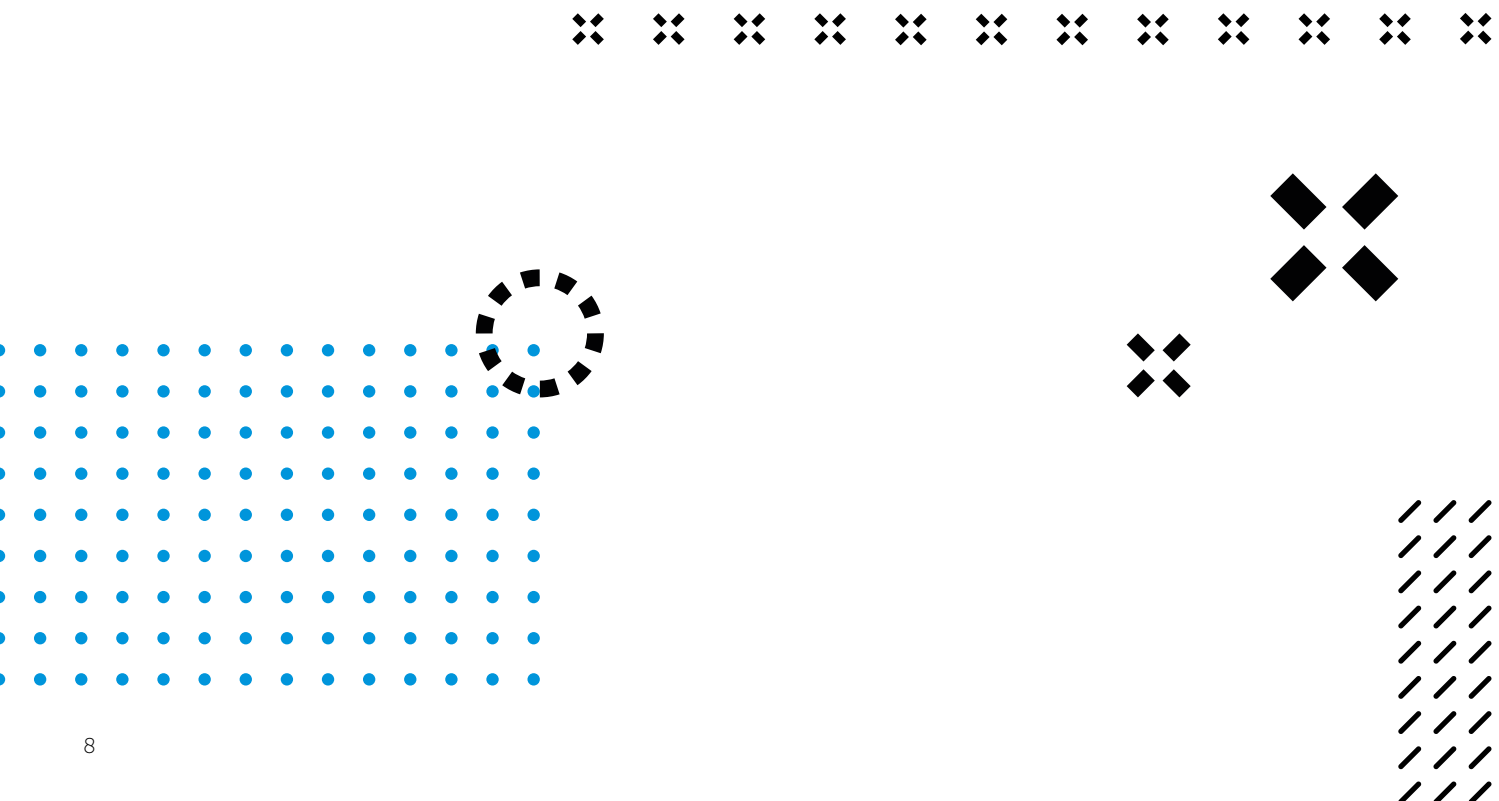
3. Efekt Dopplera

Co to jest?

Wybierając temat pomocy naukowej, autorzy – matematyk i biolożka – chcieli pokazać zjawisko trudne do wytłumaczenia, choć dobrze znane z codziennego życia. Z jednorazowych talerzyków, cienkich listewek, rury tekturowej i srebrnej taśmy klejącej powstała autorska pomoc naukowa, która pomaga zrozumieć zjawisko zwane efektem Dopplera.

Proces konstruowania

Sklejone talerze działają jak koła taśmociągu, na których przesuwa się taśma ze stalowymi nakrętkami. Taśmociąg najlepiej ustawić na dwóch stołach. Taśmę wprawia się w ruch za pomocą korbki zamocowanej przy jednym z kół napędowych. Taśma symbolizuje falę dźwiękową, a nakrętki – grzbiety fali. Użytkownik ma za zadanie tak trzymać talerzyk, aby uderzały w niego przesuające się nakrętki zwisające z taśmy i posłuchać, jak często słyszy dźwięk. Następnie, wciąż trzymając talerzyk w odpowiedniej pozycji, powtarza to doświadczenie, przesuając się wzdłuż taśmy – raz zgodnie z kierunkiem poruszania się taśmy, a raz w kierunku przeciwnym. W pierwszym przypadku częstotliwość uderzeń nakrętek w talerzyk się zmniejsza, w drugim – zwiększa.

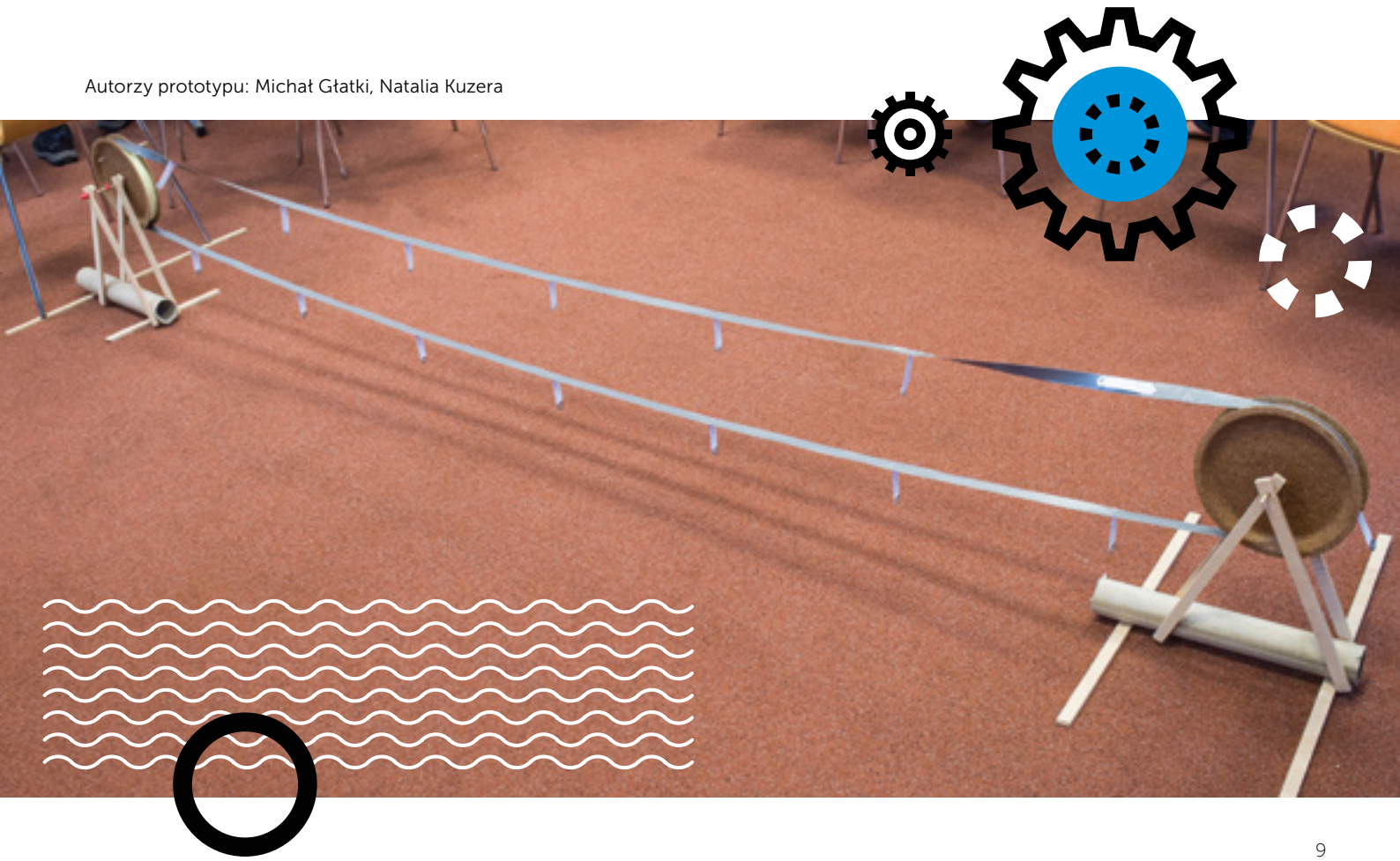


Testy z publicznością

Już sam wygląd modelu wzbudzał zainteresowanie. Część osób uważała co prawda, że podczas testowania będzie mogła usłyszeć sam efekt Dopplera. Jednak ci, którzy rozumieli symbolikę poszczególnych elementów, często wyrażali zdumienie, że równie prosty model tak trafnie wyjaśnia zjawisko – znacznie lepiej niż typowe ilustracje z podręcznika.

Efekt Dopplera stanowi zatem pomoc naukową dla osób dysponujących wiedzą i rozumiejących symbole oraz pojęcia abstrakcyjne. Niezbędny jest zestaw pojęć takich jak fala, fala dźwiękowa, grzbiety (strzałki) fali stojącej, częstotliwość dźwięku, efekt Dopplera. Wartość tego urządzenia można jednak podsumować komentarzem jednego z uczestników warsztatów: „Tyle lat uczyłem się fizyki, tyle lat praktykuję inżynierię, a dopiero teraz, tak do końca, zrozumiałem, na czym to polega!”.

Autorzy prototypu: Michał Głatki, Natalia Kuzera



4. Pralka – siła odśrodkowa

Co to jest?

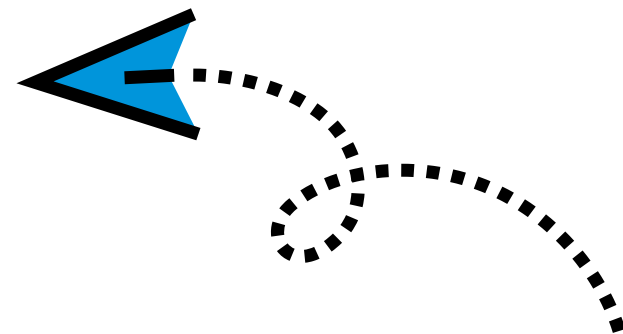
Postronny obserwator, przyglądając się pracom nad tą pomocą naukową, stwierdził, że ta kojarzy mu się z Koloseum. Takie skojarzenie było zaskakujące dla autorek prototypu, który przecież był modelem... pralki! Model pokazuje w praktyce, jak działa siła odśrodkowa i jak można ją wykorzystać.

Proces konstruowania

Model pralki działa jak stara pralka „Frania” wyposażona w bęben o pionowej osi obrotu. Bęben w tej pomocy naukowej wprowadza się w ruch za pomocą otwórka umieszczonego w środku talerza. Z kręcącego się talerza uciekają fragmenty niebieskich stómek do napojów symbolizujące wodę. Skrawki stómek wylatują przez otwory do zewnętrznej części modelu. W części wewnętrznej pozostają tylko papierowe ubranka, które nie mieszczą się w otworach, którymi wyleciała „woda”.

Testy z publicznością

Pomoc naukowa **Pralka**, służąca do przedstawiania siły odśrodkowej, zdała egzamin – testy wypadły pomyślnie. Szybko się okazało, że prototyp sprawdza się nie tylko jako model pralki, ale może być też wykorzystany do innych doświadczeń związanych z działaniem siły odśrodkowej, np. do badania zależności między prędkością obrotów a prędkością poruszania się elementów w bębnie czy do obserwacji zachowania się substancji o różnych wielkościach czy ciężarach. Użytkownicy sami wymyślali kolejne zastosowania. Testy pokazały więc, że ta oferująca swobodę działania pomoc naukowa uruchamia procesy cenne w trakcie uczenia się – prowokuje do zadawania pytań, pobudza ciekawość i daje radość z samodzielnego doświadczania.



Autorki prototypu: Barbara Zegrodnik, Wioletta Bodecka, Marzanna Miąsko



5. Jak się zgina ręka?

Co to jest?

Model ilustruje mechanizm zginania ręki. Rzecz, wydawałoby się, oczywistą. Jednak po wnikliwym przeanalizowaniu procesu, konstruktorki uświadomiły sobie, że pokazanie go na modelu stanowi nie lada wyzwanie, kiedy ma się do dyspozycji tylko proste materiały. Jest wiele mechanizmów, które sprawiają, że ręka się zgina. Chcąc zbudować pomoc naukową, w jasny i zrozumiały sposób obrazującą zjawisko, konstruktorki musiały się zdecydować, który z tych mechanizmów pokazać na modelu.

Mechanizm zginania ręki wymaga współdziałania kilku elementów – natura zamknęła je w naszym ciele w jeden elegancko i trwale działający system. Konstruktorki dyskutowały, który z tych elementów wybrać: mobilność stawu, układ mięśni i ścięgien, ich położenie w stosunku do kości itd. Przy okazji projektowania prototypu pojawiły się alternatywne, warte zilustrowania tematy: dlaczego ręka się nie zgina, czyli dlaczego staw działa tylko w jedną stronę, albo dlaczego mimo obecności stawu łokciowego człowiek może trzymać rękę wyprostowaną. Każde z tych zagadnień zasługuje na odrębny, obrazujący je model. Zrealizowany ostatecznie prototyp pokazuje, jak działa mięsień ramienia (biceps), który w czasie skurczu zginającego rękę robi się krótszy i grubszy.

Proces konstruowania

Konstruktorki cierpliwie testowały różne rozwiązania techniczne, nie kapitulując ani w obliczu nietrwałych materiałów, ani trudności merytorycznych. Ta walka z materią i myślą była pełna dramatyzmu, ale zakończyła się sukcesem. Pod papierowymi paskami konstruktorki umieściły balon, który pompowany przez stómkę powiększa się i skraca, jednocześnie podnosząc „kość przedramienia”.

Testy z publicznością

Pomoc naukowa **Jak się zgina ręka?** cieszyła się dużym powodzeniem. Nawet małe dzieci były naprawdę zainteresowane testowaniem pracy „mięśnia” i analizą jego działania. Dokładnie oglądały poszczególne elementy konstrukcji. W zrozumieniu mechanizmu pomogło porównywanie modelu z własną ręką.



Autorki prototypu: Agnieszka Jakubowska, Karolina Węgrzecka, Anna Godzik



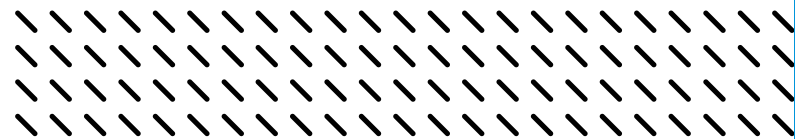
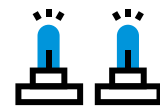
dr Marta Fikus-Kryńska

Biolog, popularyzator nauki. Tworzy interaktywne ekspozycje w Dziale Wystaw Centrum Nauki Kopernik. Autorka naukowych programów, warsztatów i pokazów. Animatorka, trenerka szkoleń z aktywizujących metod nauczania i prototypowania.



Samodzielnie tworzone pomoce naukowe są inne

dr Ilona Iłowiecka-Tańska



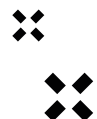
Wartością samodzielnie tworzonej pomocy naukowej jest sam proces, który prowadzi do ich powstania: szukanie inspiracji (jak pokazać?), nagłe olśnienia (mam pomysł!), mierzenie się z pomysłem (jak to praktycznie zrobić?) i wreszcie – walka z materią, która nie zawsze kończy się zwycięstwem twórcy, czyli przeniesieniem pomysłu na konkretne rozwiązania.

Nauczyciele podkreślają, że cenią sobie bycie twórcami. Jako najważniejszy definiują proces, który towarzyszy przygotowaniu pomocy naukowych. Właśnie dlatego o stworzonych przez siebie pomocach dydaktycznych mówią często, że są zupełnie inne. W ten sposób wyrażają entuzjazm dla korzyści edukacyjnych, jakie przyniósł im proces twórczy, ta wewnętrzna dyskusja na temat uczenia. Co jest trudne w zrozumieniu zjawiska? Jak pokazać zjawisko, żeby uchwycić to, co w nim najważniejsze? Jak zaplanować pracę na lekcji, żeby starczyło czasu na eksperymentowanie i na rozmowę o tym, co jest ciekawe? Wreszcie – czy spodziewany efekt jest warty tego całego wysiłku.

Tworzenie pomocy to, jak mówił Seymour Papert, hard fun, ciężka zabawa. Oto jak twórcy pomocy naukowych i finaliści konkursu Nauka dla Ciebie argumentują, dlaczego warto się w tę zabawę zaangażować.

✦ ✦
✦ ✦ *Własna pomoc jest lepiej dostosowana do celu, który stawiamy jako wyzwanie edukacyjne dla ucznia.*

Powody, żeby tworzyć samemu, są co najmniej dwa. Po pierwsze, pomoce tworzy się pod konkretną klasę i konkretne zagadnienie – wiem, co jest potrzebne uczniom w danej chwili. Po drugie, tworząc pomoc naukową wraz z uczniami, pomagam im nabrać śmiałości w działaniu i uczyć rozwiązywania problemów konstrukcyjnych. Pomysłowość uczniów często jest zadziwiająca. Jeżeli pomoc naukowa jest zrobiona z tanich materiałów, nie żal, gdy coś się rozleci w rękach energicznych badaczy. Zawsze jest okazja ulepszenia kolejnego egzemplarza. A gdy coś nie działa, to wiem, jak naprawić.



Wspólne konstruowanie pomocy naukowych przez uczniów i nauczycieli, tak samo korzystanie z pomocy naukowej zrobionej przez nauczyciela, to dla uczniów zachęta do samodzielnego eksperymentowania, własnoręcznego tworzenia obiektów.



Samodzielne wykonanie pomocy wymaga dokładnego poznania problemu. Następuje natychmiastowy wzrost motywacji i mobilizacji – chcemy, by nasza pomoc naprawdę zadziałała. To zmusza do zamiany ról, na pomoc naukową trzeba spojrzeć z punktu widzenia ucznia. Co on zrozumie? Co będzie trudne? Dzięki takiemu spojrzeniu pomoce są dostosowane do indywidualnych potrzeb, do specyfiki nauczania w danej grupie.



Tworzenie pomocy naukowych to własne uczenie się

Jedna z uczestniczek Letniej Szkoły Prototypowania przyniosła na zajęcia miednicę z wodą, talerzyk i świeczkę. Chwilę później zapalona świeczka stała na talerzyku dryfującym po wodzie w misce. Świeczkę nakryliśmy szklanym kloszem, który miał obwód większy niż talerzyk – brzegi klosza zanurzyły się w wodzie. Po chwili świeczka zgasała, a woda, co widać było przez szkło, podeszła wyżej. Byliśmy przekonani, że woda zajęła miejsce tlenu, który zużyła paląca się świeczka. Tylko że wody pod kloszem na pewno nie przybyło tyle, ile ubyło tlenu. Było jej znacznie mniej – i nie wiedzieliśmy dlaczego.

Tworzenie pomocy naukowych często pozwala ponownie przyjrzeć się znanym już zjawiskom i odkryć w nich nieznane dotąd elementy. Okazuje się bowiem, że zjawiska mogą zachodzić inaczej, niż byśmy się spodziewali na podstawie ich teoretycznego opisu. Konstruowanie pomocy naukowej staje się więc okazją, aby dostrzec coś nowego, zaskakującego i ciekawego. Konstruktor sam też się uczy. Nauczyciele, twórcy pomocy naukowych, powiedzieli nam, że:

Wykonując pomoce naukowe, można szybko zauważyć, jakie trudności w zrozumieniu danego zagadnienia będą mieli uczniowie. Żeby stworzyć coś, co działa, trzeba to najpierw zrozumieć. Tworząc własną pomoc naukową, MY się naprawdę uczymy. Lepiej się rozumie problem, gdy się go tak konkretnie dotknie.

Moment tworzenia to dla mnie kolejna chwila zastanowienia, co chcę zademonstrować, w jakim celu i jak. To kolejny moment krytycznego spojrzenia na mój projekt pomocy naukowej.

Sami uczymy się tego, czego chcemy, żeby się inni nauczyli.

Uczę się zostawiania uczniom przestrzeni do działania. Tego, jak bardzo diabeł tkwi w szczegółach. Współpracy. Organizacji pracy. Planowania.

Jeśli tworzy się własną pomoc naukową, trzeba się spodziewać, że ona może zaskoczyć.



Tworząc pomoce w szkolnej drużynie, nauczyłam się współpracy. Tworząc samodzielnie, przekonałam się, jak wielkie pokłady kreatywności we mnie drzemią. Nauczyłam się myśleć niesza-blonowo i szybko przezwyciężać kryzysy, wykorzystując po prostu to, co dzieje się tu i teraz.

Tworzenie pomocy rozwija wyobraźnię, sprawdza kreatywność w danej dziedzinie nauki.

Skąd się biorą pomysły na pomoce naukowe

Nauczyciele wyrażają przekonanie, że pomysły na pomoce naukowe można znaleźć wszędzie. We własnej głowie, w internecie, w pytaniach uczniów. Ważne jest, aby pomoc naukowa odpowiadała na potrzeby uczniów. Uważna i pełna spokoju obserwacja uczniów, którzy borykają się ze zrozumieniem zjawiska, oraz czasem nieuporządkowana twórczość – to dwa bieguny tego samego procesu tworzenia pomocy naukowych. To, w jaki sposób będą pracować, na ile się zaangażują, gdzie będą szukać inspiracji, zależy od samych nauczycieli.

Co o znajdowaniu inspiracji do tworzenia pomocy naukowych mówili nauczyciele – uczestnicy programu Nauka dla Ciebie?

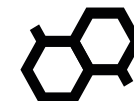
❖ *Kiedy po raz kolejny tłumaczę, a uczniowie nie rozumieją, to wiem, że potrzebna jest pomoc naukowa dopasowana do aktualnej potrzeby w konkretnej sytuacji edukacyjnej. Inspiracją jest więc przede wszystkim potrzeba uczniów. Pomysłów jest zatrząśnięcie w internecie. Zwykle robię tak, że oglądam kilka rozwiązań znalezionych na YouTube czy przez Google. Bazując na nich, wymyślałam coś własnego, lepiej dopasowanego do potrzeby.*

❖ *Pomysłu szukam, odpowiadając na pytanie, co dla ucznia stanowi trudność w zrozumieniu zjawiska lub pojęcia.*

❖ *Natchnienie przychodzi, gdy przygotowuję się do lekcji. Inspirację znajduję, przeglądając katalogi z ofertą gotowych pomocy naukowych. Patrząc na większość z nich, myślę: to mogę zrobić sama, a to świetnie się nadaje na pracę z uczniami w ramach kółka zainteresowań.*

❖ *Mnie inspiruje potrzeba poznawania świata, zjawisk przyrodniczych, zrozumienia, jakie zachodzą relacje między człowiekiem a przyrodą, jakie technologie są przyjazne i pomocne w życiu codziennym.*

❖ *Natchnienie można znaleźć w ogrodzie, jak się spokojnie usiądzie i pomyśli: FAJNIE BYŁOBY ZROBIĆ... – i wtedy przychodzi natchnienie i jest moc :)*



Sposobem na znalezienie odpowiedzi na trudne pytania jest wspólne tworzenie pomocy naukowych. Konstruując pomoce naukowe, można zapytać uczniów, co dostrzegli.

Natchnienie przychodzi w drodze do pracy, podczas jazdy autobusem. Wolne 45 minut to czas na porządkowanie myśli. A na poważnie, czasem problem chodzi długo po głowie i pomysł się krystalizuje dłużej. Czasem następuje olśnienie, czasem coś gdzieś podpatrzę. Do poszukiwań w internecie jeszcze dojrzewam.

Uczniowie to partnerzy w procesie tworzenia pomocy naukowych

Projektowanie pomocy naukowych to sport kontaktowy – najlepsze pomoce powstają w stałym dialogu z uczniami, którzy dociekają, zadają niespodziewane pytania i... nadal nie widzą tego, co tak bardzo chcielibyśmy im pokazać. Czasami naprawdę trudno jest zgadnąć, dlaczego tak się dzieje. Na przykład efekt Dopplera. Co sprawia, że uczniowie mają kłopot ze zrozumieniem tego zjawiska? Czy to, że dźwięk jest zjawiskiem falowym? Czy to, że fale wysyłane w równych odcinkach czasu niekoniecznie muszą być odbierane w tych samych odcinkach czasu? Czy to, że nie ma znaczenia, czy to nadajnik czy odbiornik zmienia położenie (względność ruchu)? Sposobem na znalezienie odpowiedzi jest właśnie wspólne tworzenie pomocy naukowych, podczas którego można zapytać uczniów, co dostrzegli, co dostrzegli, sprawdzić, czy pomoc naukowa nie wprowadza w błąd.

Inny przykład, z dziedziny anatomii. Jak to się dzieje, że dłoń nie zgina się do tyłu? Czy można to wyjaśnić, tworząc model ręki? Uczniowie zaangażowani w proces konstrukcji pomocy naukowej, która ma to w jasny sposób obrazować, stają się partnerami w rozwiązywaniu konkretnych kwestii konstrukcyjnych i współtwórcami rozwiązania tej anatomicznej zagadki, a w konsekwencji w pełni kompetentnymi i zwykle entuzjastycznymi promotorami nowej pomocy. Warto!

Jak więc wygląda taka współpraca z uczniami?

Uczeń jest punktem odniesienia. Do stanu wiedzy ucznia, jego umiejętności myślenia abstrakcyjnego chcemy dostosować pomoc naukową, tak by dzięki niej zrobić krok do przodu.



Uczniowie mają prostsze pomysły niż my, nauczyciele.

Są najlepszymi testerami :) Mają dużo zapału do tworzenia. Dopiero zaczynamy wspólne działania.

Jeżeli pomoce tworzymy w szkole, u uczniów rozwija się zainteresowanie stawianym problemem, szukaniem prostych rozwiązań oraz zastosowaniem ich w życiu codziennym.

Uczniowie często mogą sami stworzyć pomoce naukowe. Tak było z naszym projektem. (...) Chodzi tu o ucho elektroniczne, które zostało zakupione, ale nie w pełni odpowiadało naszym potrzebom. (...) uczniowie, stwierdzili, że takie ucho mogą wykonać samodzielnie, my, nauczyciele, musimy im tylko zapewnić potrzebny sprzęt. Przyjęliśmy to wyzwanie :)

W konkursie ja tylko stworzyłem ogólną koncepcję i przyglądałem się. Prawie wszystko zrobili uczniowie. A na co dzień – to zależy od klasy. Ale jeśli coś fajnego wychodzi, to moja jest co najwyżej początkowa wizja, sam za bardzo nie lubię pracy fizycznej, więc nie przeszkadzam uczniom i może dlatego tak im dobrze wychodzi!

Jeżeli uczeń robi z nauczycielem pomoc naukową lub korzysta z pomocy zrobionej przez nauczyciela, to, moim zdaniem, jest zachęcany do samodzielnego eksperymentowania, tworzenia obiektów, przy których sam może manipulować.

Uczestnictwo ucznia w tworzeniu pomocy naukowej daje niesamowite efekty dodatkowe. Uczeń uświadamia sobie swoją moc sprawczą, widzi, że jego zaplanowane działania przynoszą pozytywne rezultaty. Operacji myślowych, jakie przeprowadza, aby przejść od pomysłu do końcowego produktu, nie zdołają zastąpić żadne wykłady, prelekcje czy pokazy.

Korzyści są warte wysiłku tworzenia własnych pomocy naukowych

Nauczyciele tworzą pomoce naukowe w domu, po lekcjach, w weekendy. Zakres ich obowiązków tego nie obejmuje, a w szkole często nie mają z kim podzielić się pasją. Mimo tego mówią, że warto.

Dlaczego?

Wspaniale widzieć coś, co się samemu stworzyło. Satysfakcja ogromna. Każdy z nas ma w sobie coś z inżyniera, choć nie zawsze o tym wiemy.

Wreszcie można samemu czegoś porządnie się nauczyć :)

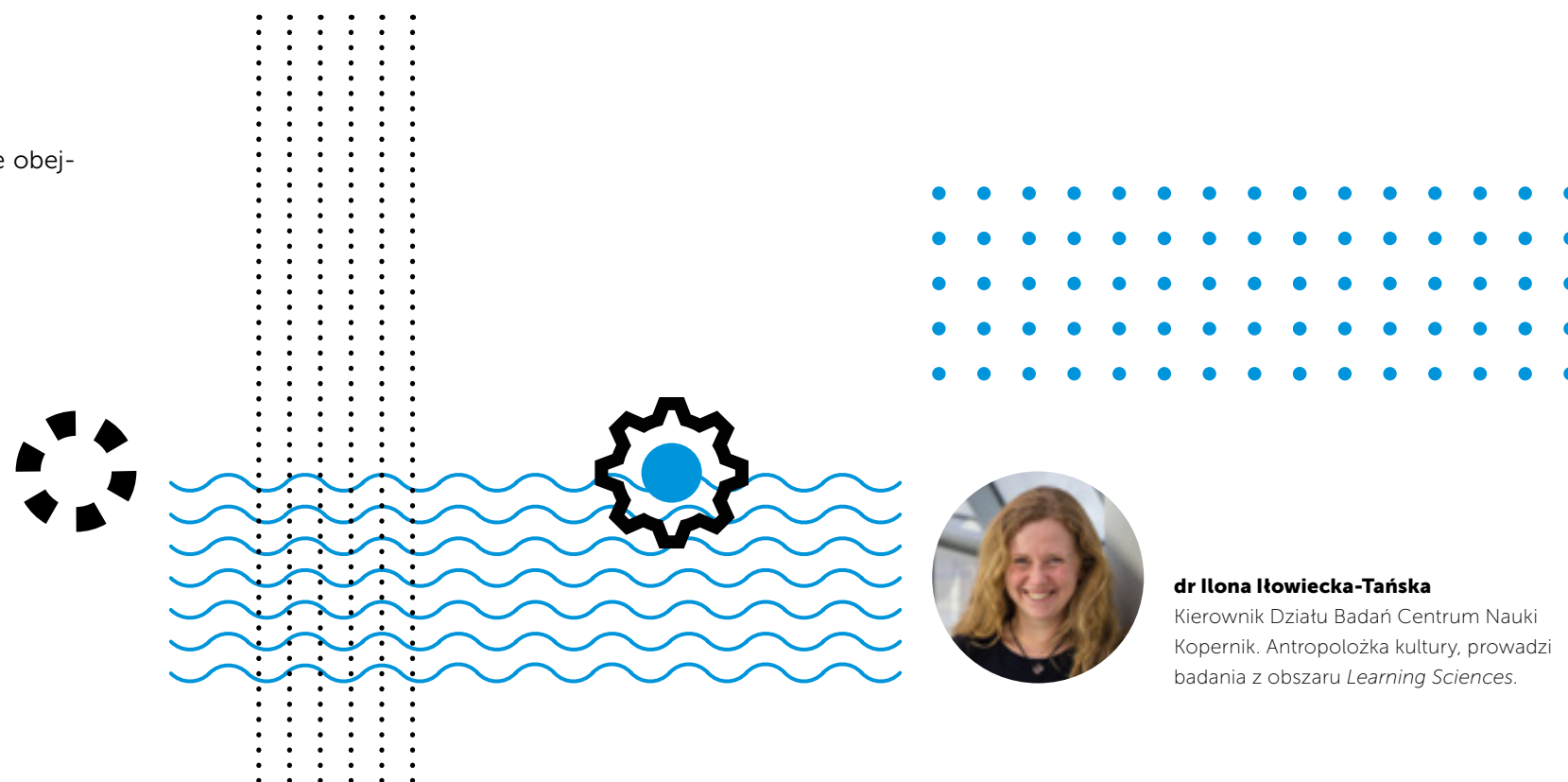
Warto tworzyć samemu, bo warto tworzyć w ogóle.

Te pomoce są bardziej wartościowe, używając ich mamy ogromną satysfakcję, że sami je wykonaliśmy.

Jeżeli chcę nauczać ciekawie i skutecznie – mam na myśli zrozumienie przez uczniów jakiegoś problemu – to postawy uczniowskie (te mniej naukowe...) zmuszają mnie, po prostu, do poszukiwań sposobów zaciekawienia tych uczniów.

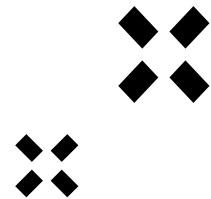
Tworzenie pomocy naukowych z uczniami pozwala wycisnąć z dzieciaków mnóstwo ich potencjału oraz sprawia im ogromną frajdę.

Wspólne tworzenie pomocy na pewno daje lepszy kontakt z uczniami. Działając razem z nimi, skracam dystans pomiędzy nauczycielem i uczniem, nawiązuję bardziej bezpośrednie relacje – oczywiście bez utraty autorytetu. Uczę się cierpliwości do kolejnego rocznika uczniów, lepiej rozpoznaję ich możliwości, charaktery i tempo działania. No i mam okazję dać się poznać nie tylko jako nauczyciel chemii, ale i konstruktor, mechanik, designer, kontroler jakości i trener wspomagający liderów zespołów uczniowskich!



Formy pomocy naukowych, czyli kilka uwag od projektanta

Barbara Malinowska-Pohoryles



Pomoce naukowe są różne. Można skonstruować je samemu – z najprostszych materiałów i przedmiotów codziennego użytku. Można też je kupić, na rynku są firmy, które specjalizują się w takich produktach. Te pierwsze mają tę podstawową przewagę, że powstają w odpowiedzi na konkretną potrzebę edukacyjną w środowisku danej klasy czy szkoły. Nauczyciel zna swoich uczniów – ich możliwości i aspiracje, samodzielnie zbudowana pomoc naukowa uwzględnia te uwarunkowania, przez co często jest skuteczniejsza.

Jak więc budować pomoce naukowe? Chcemy się z Państwem podzielić naszymi doświadczeniami – nad czym należy się zastanowić, projektując pomoc naukową; jak zabrać się za konstruowanie; jakie wyzwania mogą się pojawić. Wierzymy, że nasze wskazówki są na tyle uniwersalne, że będą je mogli Państwo wykorzystać w swoich przedsięwzięciach, konstruując pomoce naukowe.



Czy pomoc naukowa powinna być duża czy mała?

Nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Ważne, żeby model lub zjawisko, które pomoc przedstawia, było łatwo zauważalne. Cóż, duże zazwyczaj jest lepiej widoczne. Możemy więc założyć, że im większe rozmiary będą miały pomoce naukowe, tym łatwiej będzie użytkownikom dostrzec przekazywane treści. Duże pomoce naukowe to też większe wyzwanie dla konstruktorów, ale coś za coś. Dzięki temu są piękne, spektakularne i na pewno przyciągają uwagę.

Nauczyciel zna swoich uczniów – ich możliwości i aspiracje, a samodzielnie zbudowana pomoc naukowa może uwzględniać te uwarunkowania.

Istnieją jednak takie obiekty, które lepiej pokazać w rozmiarze rzeczywistym, np. modele narządów wewnętrznych w ludzkim ciele albo model ludzkiego szkieletu. Niecodziennie można się przyjrzeć wnętrzu swojego ciała (a jeszcze rzadziej nie towarzyszą temu dramatyczne okoliczności). Dzięki modelom w skali można to zrobić. W Koperniku mamy model pokazujący, jak długie jest ludzkie jelito – ciekawy i zarazem zabawny właśnie dlatego, że oddaje rzeczywistość, faktycznie zadziwiającą, długość jelita.

Dla dzieci bardziej interesujący jest model szkieletu dziecka niż szkieletu dorosłego człowieka. Na takim „dziecięcym” modelu dziecku łatwiej zrozumieć, jak ono samo jest zbudowane – maluch może kogoś takiego modelu stanąć i porównać jego elementy ze swoim własnym ciałem.

Osobna kwestia to niezbędne uproszczenia w konstrukcji pomocy naukowej. Upraszczając model lub pokazywane zjawisko, należy uważać, aby nie zmanipulować przekazu i nie wprowadzić odbiorców w błąd. Usunięcie istotnych szczegółów, podobnie jak dodanie elementów, które nie występują w rzeczywistości, może utrudnić lub wręcz uniemożliwić zrozumienie przebiegu zjawiska.

Dobrym przykładem jest model Układu Słonecznego. Można pokazać wielkość planet w skali, zachowując przy tym proporcje poszczególnych globów. Jednak proporcjonalne odwzorowanie odległości między planetami stanowi już dużą trudność, jeżeli chcemy, żeby modele planet były na tyle duże, żeby w ogóle było je widać. Faktyczne odległości między planetami są tak duże, że model nie zmieściłby się w jednym pomieszczeniu.

Projektując pomoce naukowe dla dzieci trzeba pamiętać o wzroście, wadze i sile najmłodszych. Cóż dziecku po obiekcie, którego nie będzie mogło użyć, bo nie będzie miało wystarczająco dużo siły, żeby go włączyć czy przestawić.

Czy pomoc naukowa powinna być kolorowa?

Odpowiednio dobrana kolorystyka jest ważnym atutem pomocy naukowej. Kolor może zwiększyć widoczność jakiegoś efektu czy zjawiska. Różne barwy elementów pomogą, kiedy niektóre z nich mają się wyróżnić na tle innych. Zaskakujący kolor jakiegoś elementu da efekt humorystyczny – jeżeli takie było założenie konstruktora, to czemu nie? Różowa figurka słonia jako część pomocy naukowej? Proszę bardzo. Wszystko, co ma uzasadnienie.

Dlaczego nie powinno być zbyt kolorowo? Nadmiar kolorów to dla mózgu męczący nadmiar komunikatów, które wywołują różne skojarzenia. W Koperniku liczba kolorów jest ograniczona, to nasz świadomy wybór. U nas dzieje się bardzo dużo, liczba bodźców atakujących zwiedzających i tak jest spora. Chcąc utrzymać zainteresowanie u odbiorcy, nie należy rozpraszać jego uwagi.



Inny istotny aspekt doboru kolorów to konsekwencja. Stały kolor elementów o podobnej funkcji ułatwi obsługę pomocy naukowej. Użytkownicy podświadomie uczą się takiego kolorystycznego kodu. Użycie np. koloru żółtego do wszystkich włączników, dźwigni czy pokręteł spowoduje, że na widok koloru żółtego użytkownik intuicyjnie będzie chciał dany element nacisnąć, przesunąć czy przekręcić.

Ile osób korzysta z pomocy naukowej?

Pomoc naukowa powinna być tak skonstruowana, żeby można było z niej korzystać zarówno w pojedynkę, jak i w kilka osób jednocześnie. Decyzję o sposobie interakcji należy podjąć na początkowym etapie projektowania. Może się oczywiście zdarzyć, że w trakcie testów okaże się, że inny sposób interakcji lepiej się sprawdza w przypadku konkretnej pomocy naukowej – to wystarczający powód do weryfikacji wcześniejszych planów i przebudowy całej konstrukcji. Badania wskazują, że część uczniów i uczennic woli używać pomocy naukowych wspólnie z kolegami i koleżankami, co korzystnie wpływa na ich zaangażowanie przy eksperymentowaniu i efektywniejsze uczenie się.

Rozpoczęcie interakcji z pomocą naukową zależy też od indywidualnych uwarunkowań użytkowników i użytkowniczek. Część z nich przed samodzielnym eksperymentowaniem lubi obserwować, jak eksponat jest używany przez inne osoby. Dopiero po takim wstępie zaczynają eksperymentować sami.



Wygląd pomocy naukowych

Pomoc naukowe tworzone dla dzieci nie muszą imitować zabawek – infantylnych i w pstrokatych kolorach. Oprawa i wygląd to dodatki, które mogą istotnie wpłynąć na sposób interakcji. Warto użyć odpornych materiałów, ale konstrukcje nie muszą być pancerne. Kiedyś na muzycznej wystawie czasowej w Koperniku znalazł się eksponat Bottle gong – stelaż z zawieszonymi na nim szklanymi butelkami wypełnionymi wodą. Zadaniem zwiedzających było uderzanie butelek pączkami. Obawialiśmy się, że butelki nie przetrwają długo. Nic takiego się nie stało, po roku eksperymentowania wciąż nie została rozbita żadna butelka. Z doświadczenia wiemy też, że zbyt masywny kształt może korcić do używania nieadekwatnie dużej siły.

W 2016 roku przeprowadzono badania nad cechami wyglądu i budowy eksponatów w Exploratorium – centrum nauki w San Francisco. W wyniku badania powstała lista cech eksponatów, które zwiększają zaangażowanie dziewczynek, równocześnie, nie wpływając negatywnie na zaangażowanie chłopców. Wnioski z badania mogą być pomocne również w kontekście tworzenia pomocy naukowych. I tak elementy, które są znane użytkownikom, sprzyjają odważniejszej i bardziej zaangażowanej interakcji. Mogą to być popularne instrumenty muzyczne, wyposażenie kuchenne albo inny przedmioty codziennego

Jeżeli chcę nauczać ciekawie i skutecznie – mam na myśli zrozumienie przez uczniów jakiegoś problemu – to postawy uczniowskie, te mniej naukowe, zmuszają mnie do poszukiwania sposobów, żeby tych uczniów zaciekawić.



użytku. Projektując pomoc naukową, lepiej więc użyć zwyczajnej latarki zamiast paska LED i zwykłego, znajomego z łazienki, okrągłego lusterka niż specjalnie zaprojektowanego lustra o niecodziennym kształcie.

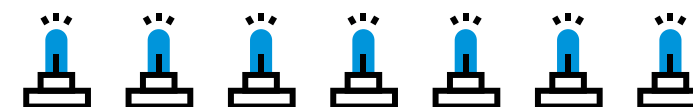
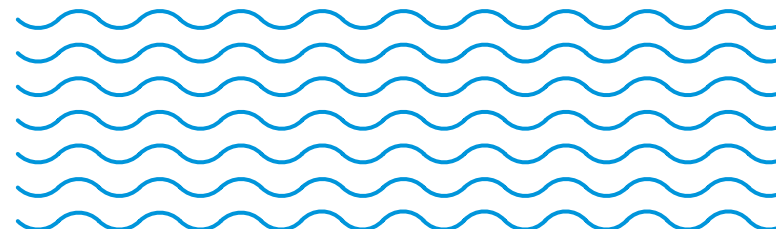
Badając zaangażowanie w interakcję ze względu na płeć, badaczki stwierdziły, że dziewczynki chętniej wchodzi w interakcję z eksponatem, który można określić jako „przytulny”, „domowy”, „delikatny”. W kontekście budowania pomocy naukowych będzie to np. użycie miękkich tkanin czy zwykłej drewnianej szafki. Pożądany jest również znajomy (a przez to oswojony) sam sposób interakcji, np. podobny do czynności znanych z domu – gotowanie, zabawa zabawkami lub siedzenie na miękkiej kanapie. Badania wykazały, że dla dziewczynki ciekawszy będzie eksponat, z którego można korzystać na różne sposoby, a nie według ściśle określonego schematu. To samo dotyczy eksponatów, w których centralne doświadczenie użytkownika stanowi zabawa. Przy czym istotne jest, aby element zabawy był integralną częścią interakcji, a nie jedynie sztucznie dodanym uatrakcyjnieniem nie mającym wpływu na proces eksperymentowania.



Barbara Malinowska-Pohoryles

Architektka, w Dziale Wystaw Centrum Nauki Kopernik projektuje eksponaty i przestrzeń wystawienniczą. Po zakończeniu edukacji formalnej odkryła, że uwielbia się uczyć.

Ważne jest, by element zabawy był integralną częścią interakcji, a nie sztucznym dodatkiem, który ma tylko uatrakcyjnić eksperyment.

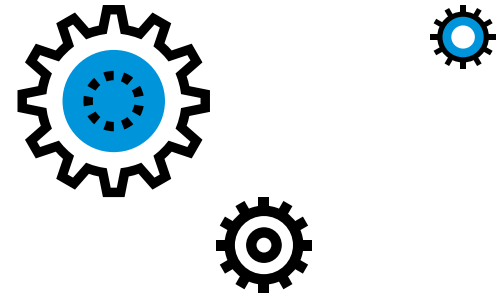


Już na etapie projektowania pomocy naukowej warto zastanowić się nad pożądanym rodzajem interakcji oferowanej przez nią w przyszłości, czyli nad możliwymi sposobami korzystania przez ucznia z opracowywanego przez nas obiektu, szczególnie nad działaniami, jakie uczeń będzie musiał wykonać, żeby osiągnąć zamierzony efekt. Każdy typ interakcji ma inny cel. Można uporządkować je tak, jak pokazuje to Skala Zachowań Eksploracyjnych – narzędzie do badania zakresu działań związanych z eksploracją u dzieci, zaproponowane przez holenderskich badaczy zajmujących się rozwojem i edukacją (Van Schijndel, Franse i Raijmakers, 2010).

Przedstawione interakcje dotyczą obiektu emitującego promieniowanie świetlne, czyli „żarówki” LED.

Rodzaj interakcji	Opis interakcji	Kiedy warto stosować?	Przykłady obiektów
Obserwacja	W tradycyjnym obiekcie „nieinteraktywnym” przedstawione zjawisko albo proces zachodzi bez udziału użytkownika. Przy projektowaniu obiektu nie przewidziano fizycznego z nim kontaktu – brak pokręteł, przycisków, możliwości zmiany elementów lub parametrów. Obiekt stanowi układ zamknięty.	• Kiedy trudno jest wywołać jakieś zjawisko albo proces, ponieważ wymagają one bardzo precyzyjnie określonych warunków. W takim wypadku warto stworzyć obiekt „zamknięty”, który, co prawda, umożliwia jedynie obserwację – bez możliwości ingerencji, ale dzięki któremu pokazywane zjawisko lub proces są dobrze widoczne. • Kiedy proces do zaobserwowania ma przebiegać bez ingerencji człowieka, np. praca mrówek na mrówczej farmie. Taki sposób przedstawienia pozwala na zachowanie zawsze takich samych warunków oraz pełną kontrolę procesu	Zestaw trzech „żarówek” ledowych, z których każda świeci trochę innym światłem – odpowiednio niebieskim, zielonym i czerwonym – na białe tło (np. białą kartkę). Użytkownik może obserwować, co się dzieje, kiedy światła się mieszają. Inne obiekty: komora mgłowa, kolumna Winogradzkiego, fontanna.
Pasywna manipulacja	Zaprojektowany obiekt umożliwia takie działanie użytkownika, które tylko wywołuje zjawisko lub uruchamia określony proces, ale nie wpływa na jego przebieg (np. włączenie obiektu poprzez wciśnięcie przycisku START wywołuje zawsze identyczną sekwencję zdarzeń, której użytkownik nie może zmienić poprzez dalsze działania).	• Kiedy chcemy zaprezentować (zilustrować) różne warianty tego samego zjawiska. • Kiedy zależy nam na pokazaniu niezmienności skutków użytkowania. Podobnie jak w przypadku obserwacji, ten rodzaj interakcji pozwala kontrolować całość procesu, a dodatkowo daje użytkownikowi pewną (nie-wielką) sprawczość.	W/w zestaw, rozbudowany o włączniki i np. aparat do mierzenia temperatury barwowej. Użytkownik może wywoływać zjawisko – włączać i wyłączać światła, oraz sprawdzać temperaturę barwową poszczególnych światel i ich kombinacji. Inne obiekty: kasownik do biletów, lampka, czajnik elektryczny.

Tessa J. P. van Schijndel, Rooske K. Franse, Maartje E. J. Raijmakers, The Exploratory Behavior Scale: Assessing Young Visitors’ Hands-On Behavior in Science Museums, „Science Education” 94, 2010, nr 5, s. 794-809.



Katarzyna Potęga vel Żabik
Starszy specjalista w Dziale Badań w Centrum Nauki Kopernik. Zajmuje się badaniami procesów uczenia się oraz badawczo wspiera projektantów ekspozycji i pomocy edukacyjnych.

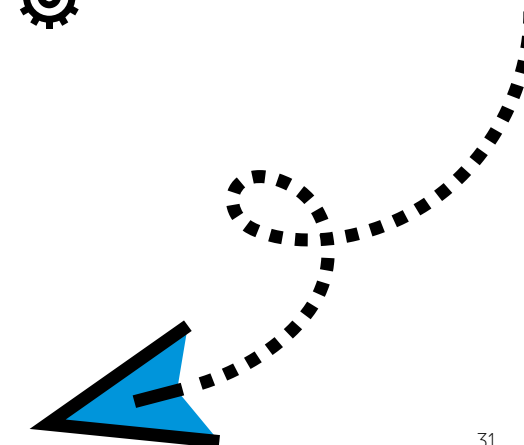
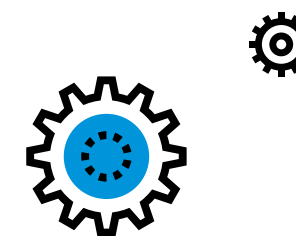
Rodzaj interakcji	Opis interakcji	Kiedy warto stosować?	Przykłady obiektów
Aktywna manipulacja	Zaprojektowany obiekt umożliwia użytkownikowi nie tylko wywołanie określonego zjawiska, ale też wpływanie na to zjawisko – niektóre jego parametry podlegają regulacji. W przypadku aktywnej manipulacji, w odróżnieniu od manipulacji pasywnej, użytkownik aktywnie wpływa na prezentowane zjawisko – jego działania zmieniają wywołany efekt. Zmiana dotyczy jednak wyłącznie ściśle określonych aspektów doświadczenia.	• Kiedy zależy nam na czynnym zaangażowaniu użytkownika w proces poznawania prezentowanego zjawiska lub procesu. • Kiedy chcemy stworzyć przestrzeń dla eksperymentowania. W założeniu interakcja powinna wywoływać zawsze to samo zjawisko, a jednakowa zmiana parametrów – dawać bardzo podobne efekty, niezależnie od użytkownika. Możliwość aktywnej manipulacji – inaczej niż w przypadku samej tylko obserwacji czy pasywnej manipulacji – zachęca użytkownika do eksperymentowania.	W/w zestaw, uzupełniony o pokrętkę, które będzie regulowało jasność emitowanego światła (regulacja jednego z parametrów prezentowanego zjawiska). Teraz użytkownik może mierzyć nie tylko temperaturę barwową, ale też regulowaną przez siebie jasność. Inne obiekty: studnia artezyjska (str. 6–7).
Eksploracja	Zaprojektowany obiekt pozwala użytkownikowi wpływać na przebieg doświadczenia. Umożliwia mu manipulowanie wieloma parametrami, powtarzanie czynności w zmieniających się warunkach i obserwowanie zachodzących zmian – swoboda eksperymentowania.	• Kiedy chcemy stworzyć przestrzeń dla swobodnego eksperymentowania. • Kiedy chcemy dać użytkownikowi możliwość zaawansowanego badania zjawiska. • Kiedy zależy nam, aby obiekt umożliwiał odkrywanie wielu zjawisk. W tym przypadku kontrola projektanta nad przebiegiem doświadczenia jest bardzo ograniczona, dużo zależy od indywidualnych działań użytkownika. Swoboda manipulowania licznymi parametrami pozwala mu na bardziej zaawansowane badanie zjawiska, a nawet na odkrywanie wielu zjawisk. Bardziej skomplikowane obiekty mogą wymagać pomocy animatora, który na początku pokieruje interakcją.	W/w zestaw w wersji rozbudowanej o mierniki parametrów różnych elementów zestawu, np. liczniki prądu potrzebnego do zasilania lampek czy filtry, oraz o pełniące funkcję tła kartki w różnych kolorach. Użytkownik może spróbować potączyć światła z trzech źródeł i stworzyć światło białe. Może też eksperymentować, zmieniając kolor tła. Inne obiekty: mikroskop.





W Letniej Szkole Prototypowania udział wzięli: **Zuzanna Grzeška** i **Ewa Pawlik** (ze Szkoły Podstawowej nr 40 im. Karola Goduli w Rudzie Śląskiej), **Aneta Kołton-Janiga** i **Anna Godzik** (ze Szkoły Podstawowej nr 38 w Zespole Szkół nr 5 w Sosnowcu), **Barbara Zegrodnik** i **Michał Głatki** (z Zespołu Szkół Nr1 im. Gustawa Morcinka w Tychach), **Eliza Trzepizur** i **Karolina Węgrzecka** (ze Szkoły Podstawowej z Oddziałami Integracyjnymi nr 342 im. Jana M. Szancera w Warszawie), **Sebastian Wojtyś** i **Magdalena Paluch** (ze Społecznej Szkoły Podstawowej nr 2 i Społecznego Gimnazjum nr 333 im. Polskich Matematyków Zwycięzców Enigmy STO w Warszawie), **Wioletta Bodecka** i **Agnieszka Jakubowska** (ze Szkoły Podstawowej nr 379 im. Szarych Szeregów Warszawie), **Małgorzata Smalec-Witczak** i **Teresa Podoborożna** (z Publicznej Szkoły Podstawowej nr 16 w Kędzierzynie-Koźlu), **Żaneta Krzezińska** i **Ignacy Waga** (z Niepublicznej Szkoły Podstawowej NASZA SZKOŁA w Opolu), **Marzanna Miąsko** i **Grażyna Wizer** (ze Szkoły Podstawowej nr 1 im. T. Kościuszki w Zawierciu), **Sylvia Wierchowska** i **Beata Marciniak** (z Niepublicznej Szkoły Podstawowej SKRZYDŁA w Lublinie).

Zajęcia podczas LSP prowadzili pracownicy Centrum Nauki Kopernik: **dr Ilona Iłowiecka-Tańska**, **dr Marta Fikus-Kryńska** (trenerki) oraz **Maria Mathia** (koordynatorka), **Katarzyna Potęga vel Żabik** i **Jakub Rozenbaum** (badacze).



Stawianie pytań, eksperymentowanie, uczenie się – zapraszamy do Centrum Nauki Kopernik!

W Koperniku znajdują Państwo prawie 400 eksponatów podobnych do tych, które do Państwa szkoły przywiózł Naukobus. Laboratoria edukacyjne Kopernika to przestrzeń do naukowych eksperymentów. Majsternia natomiast to miejsce, w którym każdy może spróbować swoich sił w konstruowaniu. Seanse w planetarium zabiorą Państwa w kosmiczną podróż. W Teatrze Robotycznym aktorami są... roboty, a w Teatrze Wysokich Napięć rolę główną gra prąd.

Bilety są dostępne na stronie: www.bilety.kopernik.org.pl

Redakcja merytoryczna: **dr Ilona Iłowiecka-Tańska**

Redakcja językowa: **Marcin Malesiński, Natalia Krasicka**

Projekt graficzny: **Małgorzata Marzoch**

Koordinacja procesu wydawniczego: **Aleksandra Rzążewska**

Fotografie: **Waldemar Kompała** (str. 5, 6, 9, 10, 11), **Barbara Malinowska-Pohoryles** (str. 20, 26), **Wojciech Surdziel** (str. 23, 24)

Publikacja finansowana jest w ramach wspólnego Programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Centrum Nauki Kopernik pod nazwą „Nauka dla Ciebie”. W ramach Programu „Nauka dla Ciebie” realizowane są działania „Naukobus” i „Planetobus”. Program „Nauka dla Ciebie” finansowany jest w ramach dotacji Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie umowy z dnia 29 grudnia 2017 r. nr 1/CNK-NAUKOBUS/2018.

