

# **Materiały dotyczące wystaw Centrum Nauki Kopernik**

*wersja z 28.02.2019*



**CENTRUM NAUKI  
KOPERNIK**

## Uczenie się na wystawach

**dr Ilona Łowiecka-Tańska**

Być może jednym z najciekawszych eksponatów na świecie jest kałuża. Zjawiska, które można w niej zaobserwować są fascynujące. Fale. Odbicia. Zmiany stanu skupienia. Życie w kropli kałużowej wody. Eksperymenty z tworzeniem wirów patykiem. Puszczanie łódek. Topienie patyków i kapsli.

Pewien problem polega na tym, że jako przedmioty obserwacji kałuże nie są traktowane poważnie. Nie tylko one – także ruch piasku na plaży, piruety słoneczników i dziwne trajektorie lotu spadających piórek. Nie dlatego, że już wszystko o nich wiemy. Po prostu uczymy się, że uczenie się polega na czymś innym niż obserwowanie kałuż.

### **Dostrzeganie zjawisk i zaciekawienie**

Nasze eksponaty mają zaintrygować i zachęcić do obserwacji. Pobudzić ten rodzaj ciekawości, jaka towarzyszyła nam, kiedy przed laty pilnie potrzebowaliśmy kamyków, żeby wrzucać je do kałuży i przyglądać się okręgom powstającym na powierzchni wody. Obserwacja jest bowiem pierwszym krokiem na drodze do zrozumienia. Na wystawach uczymy więc obserwować – uważnie i celowo przyglądać się zjawiskom. Dlaczego to takie ważne? Ponieważ kiedy podstawa programowa wymaga przekazania wiedzy za pomocą wzorów, formuł i symboli, na lekcjach może zabraknąć czasu na przyglądanie się źródłom tej wiedzy – czyli na obserwację zjawisk.

Wiele z naszych eksponatów pokazuje zjawiska przyrodnicze, które odkryto w minionych stuleciach. Ktoś kiedyś zauważył coś po raz pierwszy i pomyślał: jakie to jest ciekawe! Chcemy sprawić, aby u zwiedzających pojawiła się podobna refleksja: zaraz, jak to się dzieje?, jak to możliwe? Czasem eksponaty pokazują przebieg zjawisk inny niż byśmy się spodziewali. Uczniowie, obserwując, konfrontują swoją dotychczasową wiedzę i intuicję z zaobserwowanymi faktami – i często są zaskoczeni, kiedy coś się dzieje inaczej, niż oczekiwali. To właśnie jeden z momentów, tu na wystawie, który możemy wykorzystać, aby spróbować zainteresować uczniów nauką.

### **Uruchamianie doświadczeń i wiedzy**

Dlaczego ta zaskakująca różnica między oczekiwanym przebiegiem zjawiska a zaobserwowaną rzeczywistością jest tak ważna? Bo uczenie się często jest pochodną ciekawości – odkrycia, że „coś się nie zgadza”, tego szczególnego napięcia między tym, co wiadome, a tym co nieznanne. Impulsy do dociekania są różne: może to być zachwyt czymś obserwowanym na co dzień, może to być nagłe dostrzeżenie czegoś po raz pierwszy. Kiedy się uczymy, uruchamiamy posiadaną już wiedzę – to jej zasoby pozwalają interpretować zjawiska. Musimy umieć dostrzec, że coś jest nie tak. Zdziwi nas niebieska marchew i zapytamy,

jak to możliwe tylko wtedy, gdy wiemy, że marchew zazwyczaj jest pomarańczowa. Wrzenie wody w temperaturze pokojowej zaskoczy nas tylko wtedy, gdy wiemy, że do wrzenia woda zazwyczaj potrzebuje stu stopni Celsjusza. Żadne z tych zjawisk nie zaskoczy więc trzylatka. Choć może zachwycić go jagodowa marchewka, trzylatek ma jeszcze za małą wiedzę, żeby dostrzec to kolorystyczne odstępstwo.

Uczenie się przy eksponatach często polega więc na budowaniu połączeń między tym, co się już wie, i co się przewiduje, że się stanie, a tym, co faktycznie się dzieje. Pamiętamy o tym w Koperniku, projektując eksponaty. Mają one inspirować uczniów do odkrywania relacji między zjawiskami, które dostrzegli, a swoją wcześniejszą wiedzą i intuicją. Mówimy, że nasze eksponaty są dla każdego, a to dlatego, że interpretacja pokazywanych przez nie zjawisk jest możliwa dla odbiorców z różną wiedzą i umiejętnościami: od pierwszoklasisty, który po raz pierwszy dostrzega, jak przebiega dane zjawisko, po naukowca, który interpretuje swoje obserwacje poprzez teorie i prawa, którymi swobodnie się posługuje.

### **Zadawanie pytań**

Grupa uczniów przy eksponacie, uczniów którzy pytają i dają sobie nawzajem zadania, czasem przypomina nam... zespoły naukowców w laboratoriach, którzy dociekają natury i istoty zjawisk obserwowanych dzięki urządzeniom badawczym. Ba! Wiele z naszych eksponatów było inspirowanych urządzeniami właśnie z akademickich laboratoriów.

Zadać pytanie to znaczy dostrzec nieoczywistość obserwowanego zjawiska – brawo! Oto bodziec do uczenia się. Od tego właśnie swoją pracę rozpoczynają naukowcy. Zadawanie pytań w procesie uczenia się to nic innego, jak przejście od posiadanej wiedzy do zdobywania wiedzy. Pytanie zazwyczaj zawiera i to, co już wiemy (wiemy, że magnesy się przyciągają albo odpychają), jak i to, czego nie wiemy (ciekawe, co się stanie, kiedy między dwa magnesy wstawię telefon).

### **Eksperymentowanie**

Zadawanie pytań jest napędem eksperymentowania. Co się stanie, jeśli... Czy da się zrobić tak, żeby... Pytania zachęcają do interakcji z eksponatami, która polega na wymyślaniu i przeprowadzaniu określonych działań, a potem sprawdzaniu rezultatów. Dla uczniów te eksperymenty to często pierwsze doświadczenia swobodnej pracy z interaktywnymi eksponatami.

Uczniowie uczą się więc eksperymentować – i uczą się pracować z urządzeniami. Praca z eksponatem rozwija jednocześnie dwie kompetencje niezbędne w pracy metodą badawczą. Po pierwsze, daje doświadczenie samodzielnego podejmowania wyzwań badawczych. „Sprawdzę, co się stanie, kiedy wstawię piankę między te kule” – ta ciekawość i podjęte w związku z nią działanie to początek eksperymentowania, czyli sprawdzania, co się wydarzy w zależności od zmienianych warunków. Po drugie, interpretacja doświadczeń pozwala stworzyć modele rozumienia zjawisk i podstawy do rozwoju własnej wiedzy.

Eksperymentujący przy eksponatach uczniowie wyglądają zupełnie inaczej niż

wtedy, kiedy uczą się, siedząc w ławkach – lub przynajmniej kiedy siedząc w ławkach, są żywą ilustracją naszych wyobrażeń na temat prawdziwego uczenia się. Jak te wyobrażenia mają się do rzeczywistości? Kiedy dokładnie następuje proces zwany uczeniem się? Uchwycenie tego momentu wciąż jest wyzwaniem dla naukowców zajmujących się edukacją.

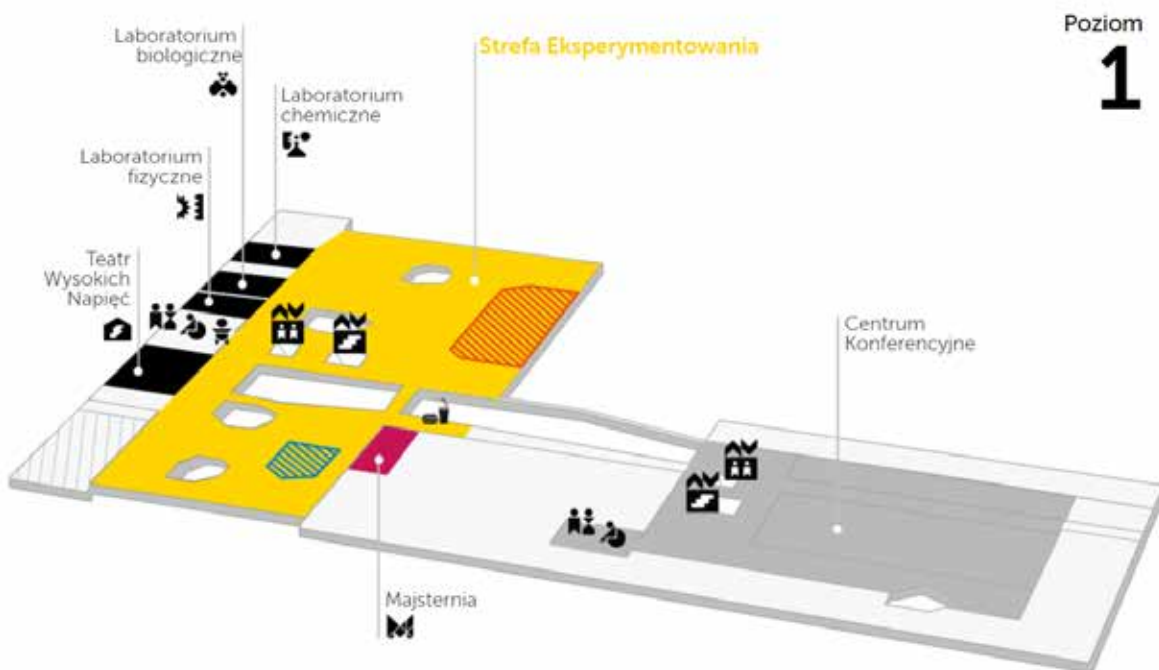
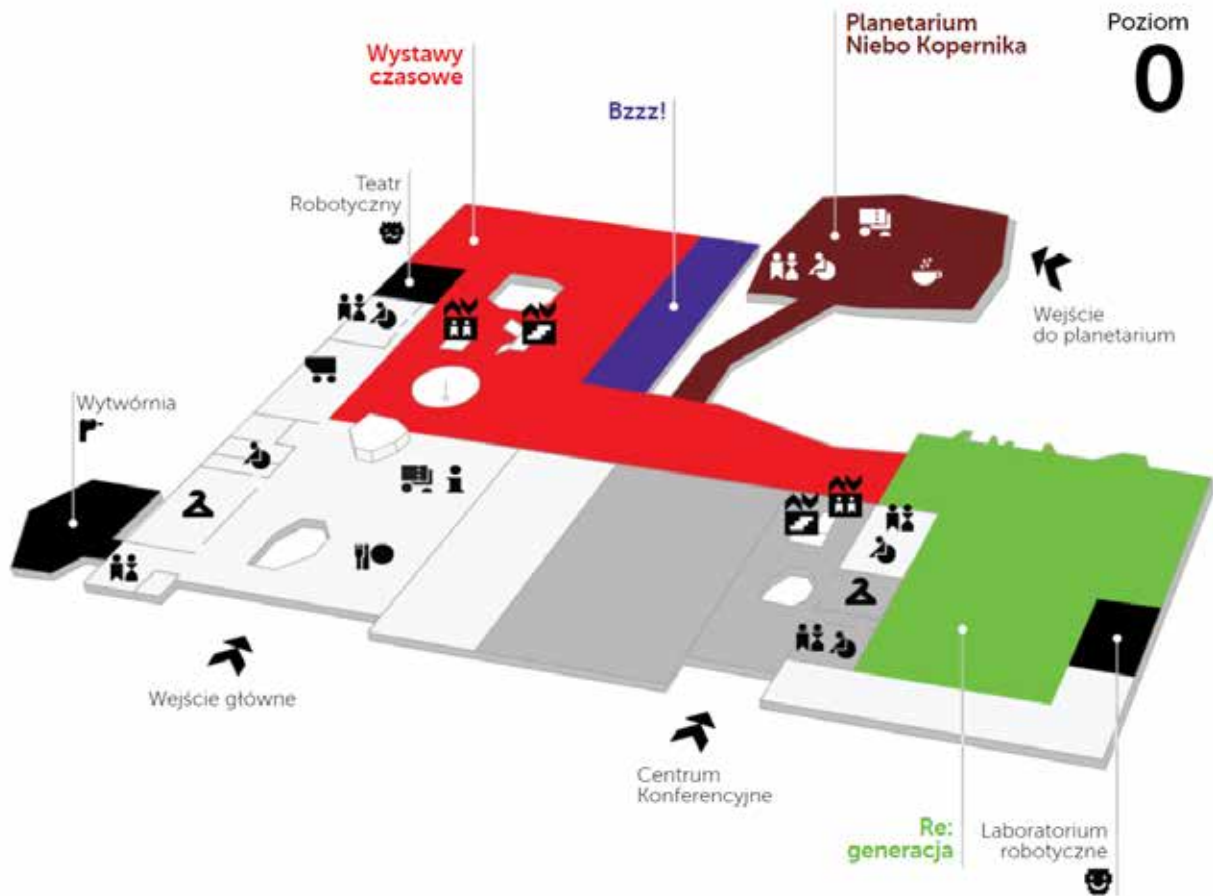
[...]

**dr Ilona Łowiecka-Tańska**

Kierownik Obszaru Pracowni Przewrotu Kopernikańskiego, Centrum Nauki Kopernik.  
Antropolożka kultury, prowadzi badania z obszaru Learning Sciences

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

# Plan centrum



## Majsternia

---

Majsternia to miejsce, w którym każdy z odwiedzających, niezależnie od wieku, wiedzy i umiejętności, przekona się, że „myśli lepiej, niż myśli”. Przy stołach warsztatowych można samodzielnie podejmować wyzwania inżynieryjne, naukowe, logiczne, mając do dyspozycji przedmioty codziennego użytku – słomki, papier, spinacze, kulki, gumki... Bez dokładnych instrukcji, bez ocen, bez limitów czasowych. Każdy ma szansę na odkrycie.

Ideą galerii jest skupienie się na procesie samodzielnego poznawania i rozumienia otaczającego nas świata. Koncentrujemy się na drodze, sposobie dojścia do rozwiązania, nie na wyniku. Nie chcemy przekazywać konkretnej wiedzy czy umiejętności. Chcemy by nasi zwiedzający poznali/przypomnieli sobie pewną ścieżkę poznania pozwalającą samodzielnie opanować otoczenie. Niektórzy wyjdą z uśmiechem z takiej konfrontacji. Inni poczują się urażeni, pokonani. Ale jedni i drudzy wyjdą z tym bagażem, w który chcemy ich zaopatrzyć.

## Teatr Wysokich Napięć

---

Mimo że znajdziesz się w bezpiecznej klatce Faradaya, chroniącej przed polem elektrostatycznym, poczujesz tu napięcie na każdym kroku. Wśród mroku zobaczysz potyskującą czasę generatora Van de Graaffa i usłyszysz odgłosy wyładowań atmosferycznych. Dalej dostrzeżesz kule i rury, wypełnione barwnymi, rozedrganymi zygzakami piorunów. Ciarki pojawiają się na karku, a to dopiero początek.

Prawie codziennie do godz. 12 w Teatrze Wysokich Napięć odbywają się 15-minutowe pokazy z różnych dziedzin nauki, przygotowane przez Grupę Pokazową Centrum Nauki Kopernik. W późniejszej części dnia w teatrze odbywają się spektakle z wykorzystaniem generatora Van de Graaffa, drabiną Jakuba oraz transformatorem Tesli.

## Strefa Eksperymentowania

---

Strefa Eksperymentowania to ogromna, otwarta przestrzeń zajmująca większą część pierwszego piętra Kopernika. Można ją podzielić na dwie części, poświęcone człowiekowi i zjawiskom fizycznym. Można tu samodzielnie eksperymentować przy ponad 200 eksponatach tworzących 19 grup tematycznych.

## CZĘŚĆ WSCHODNIA

przy pomarańczowym pawilonie – poświęcona człowiekowi

Tutaj sam stajesz się przedmiotem zaskakujących eksperymentów. Sprawdzisz, jak zmysły i umiejętności pozwalają ci odbierać, interpretować i opisywać świat. Przetestujesz możliwości własnego ciała, wrażliwość na światło, postrzeganie kolorów, podatność na iluzje.

Są tu także eksponaty ilustrujące procesy biologiczne zachodzące w przyrodzie. Będziesz mieć możliwość obserwowania organizmów żywych i zmian, którym te organizmy podlegają w wyniku interakcji z otoczeniem. Na własne oczy zobaczysz fotosyntezę, przyjrzyj się stułbiom i rozrastającym się grzybom.

## CZĘŚĆ ZACHODNIA

przy niebieskim pawilonie – poświęcona zjawiskom fizycznym

Znajdziesz tu eksponaty związane z falami, prądem, płynami czy zjawiskami chaotycznymi. Ruszysz na spacer z żyroskopową walizką, zbudujesz magnetyczny most, zadziwią cię możliwości obrotowego stolika. Poeksperymentujesz ze stroboskopami i dźwiękiem. Dowiesz się, za co Einstein dostał nagrodę Nobla i dostrzeżesz promieniowanie kosmiczne.

## Część wschodnia – opis eksponatów

### Grupy tematyczne:

#### Obraz w oku

W kropli wody, Pijany kierowca, Punkt widzenia, Kolorowe cienie, Wystawa obrazów,

Świat w nie kolorze, Bielszy odcień bieli, Znikokot, Kolorowa fotografia, Zootrop – papuga, Zootrop – człowiek, Narysuj film

#### Anatomia i fizjologia człowieka

Kamera termowizyjna, Spalanie kalorii, Labirynt przeszkód, Pijany kierowca, Łoże fakira, Idealna asymetria

#### Możliwości człowieka – sprawdź się

Skakanie, Giętkość, Labirynt przeszkód, Szybkość reakcji, Rysowanie w lustrze, Siła sugestii, Siłowanie na rękę, Mistrzowie szybkiego zapamiętywania, Przetestuj pamięć, Naoczny świadek, Ściskanie, Zwisanie, Odpręż się – Mindball, Puzzle matematyczne

#### Percepcja

Pojedynek oczu, Kijomatografia, Odcienie szarości, Wywrotka, Kot z Cheshire,

Tam i z powrotem, Parskacz, Pałacy chłód, Rysowanie z opóźnieniem, Tańczące kropki, Aksamitne dłonie, Lustrzane okno, Uciążliwe echo, Pedatujący szkielet, Giętkie szprychy, Brzydale, Trans, Obrotki, Wycieraczki, Kolory których nie ma, Rower

## Ruch – wzrok

W kropli wody, Stuch, Szybkość reakcji, Wzrok, Spacer z funkcją, Wywrotka, Kot z Cheshire, Rysowanie z opóźnieniem, Tańczące kropki, Lustrzane okno

## Iluzje

Rysowanie w lustrze, Ja latam!, Łoże fakira, Parskacz, Pałacy chłód, Pedatujący szkielet, Gięt-kie szprychy, Trans, Obrotki, Wycieraczki, Kolory których nie ma, Rower, Instalacja kół, Puzzle matematyczne, Ukryta perspektywa, Znikająca sylwetka

## Światło i barwy

Odcienie szarości, Kolorowe cienie, Wystawa obrazów, Świat w nie kolorze, Bielszy odcień bieli, Znikokot, Kolorowa fotografia, Znikająca sylwetka, Żółte światło, Kolorowa sprzeczka, Rzeźba świetlna, Mieszanie barw CMY

## Światło i optyka

Znikające szkło, Pluszowy pacjent, Dwa oblicza, Ukryte obrazy, Dwa oblicza, Obrotowe lu-stra, Wszystkie oczy patrzają na mnie, Ja latam!, Siatka perspektywiczna, Camera lucida, Punkt widzenia, Kolorowe cienie, Pryzmat Newtona, Bilard świetlny, Stół polaryzacyjny, Podaj mi dłoń, Stół ultrafioletowy, Peryskop, Rozplatanie tęczy, Hełmy dyfrakcyjne, Pryzmat Goethego, Kształty światła, Żółte światło

## Perspektywa

Rysowanie w lustrze, Siatka perspektywiczna, Camera lucida, Ukryta perspektywa

## Symetria

Dwa oblicza, Ja latam!, Idealna asymetria

## Kształty i wzory

Prostowanie koła, Rozeta, Instalacja kół, Bez drugiej strony, Hiperbola i spółka, Fraktale, Kształty światła, Rzeźba świetlna

## Środowisko – procesy

Grzyby reducceni – soplówka, Grzyby reducceni – koprofagi, Drapieźnicy – stłbie, Roślino-żercy – rozwielitki, Sekwoja, Silnik roślinny, Fotosynteza – drewno z powietrza, Kolumna Winogradskiego

## › ZNIKAJĄCE SZKŁO

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, optyka falowa, odbicie światła, załamanie światła

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka; IX.6. – opisuje zjawisko załamania światła na granicy ośrodków

Ekspozycja dotycząca zjawisk odbicia i załamania światła.

Na stoliku zainstalowano prostopadłościennie akwarium, w którym użytkownik zanurza kilka przezroczystych pateczek. Obraz po zanurzeniu jest zaskakujący: pateczki przestają być wi-doczne. Dzieje się tak dzięki odpowiedniemu dobraniu cieczy i materiału, z którego sporzą-dzono pateczki. Zastosowana ciecz (gliceryna) oraz szkło, z którego wytworzono pateczkę, mają jednakowe współczynniki załamania światła. Dzięki temu fale świetlne biegną z tą samą



szybkością przez ciecz i przez pateczkę. W tych warunkach fale elektromagnetyczne – a fale świetlne należą do tej kategorii – nie odbijają się od powierzchni pateczki, ani nie załamują się na niej. W konsekwencji zanurzona pateczka nie wpływa na bieg światła. Jej przejrzystość, brak odbicia światła i brak jego załamania powodują, że zanurzanych pateczek nie widzimy. Dostrzegamy jednak inną pateczkę, stale zanurzoną – ta sporządzona jest ze szkła, którego współczynnik załamania jest różny od współczynnika załamania gliceryny.

## › POJEDYNEK OCZU

**Hasła kluczowe:** percepcja wzrokowa, interpretacja obrazów, rywalizacja obuoczna

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX. 8. obrazy wytworzone przez soczewki; biologia – III.10.1. elementy budowy oka, powstawanie obrazu; Ekspонат dotyczy rywalizacji obuocznej – jednego ze zjawisk związanych z percepcją wzrokową.

Urządzenie sprawia, że lewym okiem widzimy inne przedmioty, niż prawym. Oczy – a ściślej części kory mózgowej odpowiedzialne za interpretację obrazów z każdego oka – rywalizują ze sobą. Często jeden z obrazów staje się dominujący. Niespójność obrazów uzyskiwanych z lewego i prawego oka może pociągać za sobą niestabilność wrażeń wzrokowych. Obrazy z lewego i prawego oka mogą się także uzupełniać, tworzyć w mózgu jeden spójny obraz. Nietypowe bodźce wzrokowe – a takich właśnie dostarcza ekspонат – mogą być źródłem niepokoju.

## › KIJOMATOGRAFIA

**Hasła kluczowe:** percepcja obrazu, bezwładność wzroku, niekierunkowe odbicie światła, pochłanianie światła

**Przedmioty szkolne:** biologia III.10. narządy zmysłów, oko, nerw wzrokowy, układ nerwowy  
Ekspонат dotyczący percepcji wzrokowej.

Wyposażony jest w rzutnik tworzący strugę światła. Struga – gdyby padała na ekran – wytworzyłaby na nim obraz przedstawiający czarną figurę na białym tle. Struga biegnie przez wydzieloną część przestrzeni, w której użytkownik eksponatu wykonuje doświadczenie. Polega ono na szybkim machaniu białą pateczką w poprzek strugi i obserwacji efektów tego ruchu. Machanie pateczką sprawia, że obserwator (użytkownik lub inna osoba) widzi obraz. Jest on widoczny w miejscu, w którym porusza się pateczka. Źródłem obrazu jest rzutnik. Powstaje dzięki odbiciu światła od białej pateczki. Tworzy się pomimo tego, że na jej powierzchnię pada w jednej chwili jedynie niewielka część strugi światła. Mózg obserwatora przetwarza docierające doń fragmenty obrazu i scala je w jeden interpretowalny obraz. Nadawanie obrazom sensu jest własnością ludzkiego mózgu – ekspонат dostarcza dobrego przykładu uzasadniającego to stwierdzenie.

## › PLUSZOWY PACJENT

**Hasła kluczowe:** laparoscopia, chirurgia, laparoskop, optyka

**Przedmioty szkolne:**

Ekspонат pokazuje zasadę działania przyrządów laparoskopowych – daje wyobrażenie o przebiegu tego typu zabiegów.

## › KAMERA TERMOWIZYJNA

**Hasła kluczowe:** promieniowanie cieplne (temperaturowe), termografia, ogrzewanie, ochładzanie, stałocieplność organizmu człowieka

**Przedmioty szkolne:** fizyka: elektryczność i magnetyzm; fizyka: fale, fizyka IV zjawiska cieplne

Ekspонат umożliwiający użytkownikowi oglądanie się w podczerwieni. Obraz powstaje dzięki zastosowaniu kamery czułej na fale elektromagnetyczne o długościach fal kilku lub kilkunastu (sprawdzić) mikrometrów. Użytkownik staje w wyznaczonym miejscu i wówczas na znajdującym się naprzeciw niego ekranie wyświetlany jest kolorowy widok jego sylwetki. Widoczne na ekranie kolory nie są naturalne – kolor czerwony zastosowano do miejsc, z którego do kamery dochodzi intensywne promieniowanie podczerwone. Do miejsc, które promieniują słabiej zastosowano kolory zielony, niebieski, ciemnoniebieski. Dzięki kamerze i zastosowanej technice wizualizacji, użytkownik może wskazywać cieplejsze i chłodniejsze miejsca swojej skóry. Ciepłe części organizmu (np. powierzchnia czoła) promieniują więcej promieniowania podczerwonego niż miejsca chłodne (np. dłoń). Intensywność, z jaką ciała wysyłają promieniowanie zależy bowiem od ich temperatury. Użytkownik może ogrzewać części ciała (np. pocierając je) lub chłodzić (stykając z zimnymi przedmiotami) i oglądać tak zmienione miejsca w podczerwieni. Może także obserwować proces stygnięcia lub ogrzewania. Interesująca jest także możliwość badania wpływu ubrania na obserwowany obraz.

## › W KROPLI WODY

**Hasła kluczowe:** mechanika cieczy, spadek w powietrzu, napięcie powierzchniowe, zderzenie, fala mechaniczna na powierzchni cieczy, nakładanie się fal, krople wtórne, powtarzalność, technika szybkiej fotografii

**Przedmioty szkolne:** biologia: organizm człowieka, zmysły, wzrok; fizyka; podwielokrotności (milisekundy)

Ekspонат umożliwiający badanie pewnego krótkotrwałego zjawiska mechanicznego. Stano-wisko badawcze wyposażono w kamerę o wysokiej rozdzielczości. Badane jest zjawisko polegające na spadaniu kropli wody, jej zderzeniu ze swobodną (poziomą) powierzchnią wody zawartej w naczyniu i następujących po tym zderzeniu zaburzeniach kształtu tej powierzchni. Zjawisko trwa krótko – ustaje po ponad sekundzie. Kamera wraz z układem wyzwiania kropli i wyzwiania migawki umożliwia wykonanie zdjęć w precyzyjnie wybranych chwilach. W szczególności można uzyskać precyzyjne obrazy zaburzonej powierzchni wody. Użytkownik może także wzbogacić zdjęcie zjawiska o tło w formie widoku swojej twarzy. Łatwo jest także wykonywać zdjęcia wielokrotnie. Zastosowany układ jest dostatecznie precyzyjny, by użytkownik mógł ocenić granice powtarzalności obserwowanych zjawisk. Precyzyjne działanie eksponatu zachęca do dyskusowania źródeł niepowtarzalności.

## › DWA OBLICZA

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, kierunkowe odbicie światła, odbicie wielokrotne, symetria

**Przedmioty szkolne:**

Eksponat umożliwia porównanie obrazów własnej twarzy powstających dzięki odbiciu światła. Pierwszy uzyskujemy przez jednokrotne odbicie światła biegnącego od twarzy do zwierciadła. Drugi powstaje w wyniku odbicia światła najpierw od jednego zwierciadła, potem od

drugiego, prostopadłego. Użytkownik może wykonać doświadczenia polegające na przesuwaniu głowy w lewo lub w prawo lub jej nachyleniu. Może także wykorzystywać ręce. Przekona się wówczas, że obrazy uzyskiwane dzięki odbiciu jednokrotnemu i dwukrotnemu są różne. Doświadczenie inspirowane do dokonania analizy biegu promieni świetlnych w obu tych przypadkach.

## > UKRYTE OBRAZY

**Hasła kluczowe:** deformacja, kierunkowe odbicie światła, obrazy anamorficzne

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwia zapoznanie się z deformacją obrazów związaną z odbiciem światła od krzywej ale gładkiej powierzchni. (Tego rodzaju deformacje stosowane są m.in. w fotografice i znane pod nazwą obrazów anamorficznymi.)

Użytkownik umieszcza w wyznaczonym miejscu kartę z narysowaną figurą i ogląda jej odbicie w zwierciadle jakiego stanowi powierzchnia walca (lub stożka). Widziany w ten sposób obraz figury nie przypomina rysunku. Przekształcenie figury narysowanej w figurę oglądaną jako odbicie następuje przy odbiciu światła od krzywej powierzchni. Walec (lub stożek) umożliwia odkrycie obrazu ukrytego w rysunku. Odbicia w walcu (lub stożku) prowadzące do opisanych efektów to odbicia kierunkowe od gładkich powierzchni (a nie odbicia z rozproszeniem zachodzące od powierzchni niegładkich).

## > ODCIENIE SZAROŚCI

**Hasła kluczowe:** percepcja obrazu, luminancja

**Przedmioty szkolne:** biologia, organizm człowieka, III.10.1-2 narządy zmysłów, wady wzroku; fizyka, optyka IX.10. opisuje światło białe

Eksponat umożliwia wykonanie doświadczenia związanego z dostrzeganiem odcieni szarości. Użytkownik patrzy na prostokątną planszę i zawieszony przed nią odcinek liny. Plansza wydaje się jednolicie szara. Gdy użytkownik odchyli linę, zauważy, że jedna połówka planszy jest ciemniejsza od drugiej. Istotnie połówki te zostały pomalowane różnymi szarymi farbami, ciemniejszą i jaśniejszą. Różnica między kolorami fragmentów planszy jest łatwo dostrzegalna, gdy widać krawędź zetknięcia tych fragmentów.

## > SPALANIE KALORII

**Hasła kluczowe:** ergometr wioślarski, ćwiczenia, kalorie, wartość energetyczna posiłków, zdrowy styl życia

### **Przedmioty szkolne:**

Wioślarz – urządzenie znane z siłowni. Zwiedzający ma możliwość sprawdzić, jak długo musiałby ćwiczyć, aby spalić kalorie, które zawierają różne przekąski.

## › SKAKANIE › GIĘTKOŚĆ

**Hasła kluczowe:** skok w zwyż, giętkość, skłony, lekkoatletyka, sport

### **Przedmioty szkolne:**

Dwa eksponaty, w których zwiedzający sprawdza, jak wysoko potrafi podskoczyć oraz jak giętkie jest jego ciało.

## › LABIRYNT PRZESZKÓD

**Hasła kluczowe:** złudzenie bariery architektonicznej, niepełnosprawność, wózek inwalidzki

### **Przedmioty szkolne:**

Na kilkunastu metrach kwadratowych zostało ustawionych kilka elementów architektonicznych, które dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich stanowią istotne i trudne do pokonania przeszkody, a które są wręcz niezauważalne dla osób sprawnych. Zwiedzający może samodzielnie doświadczyć tych trudności, siadając na wózku inwalidzkim i próbując się nim poruszać.

## › SŁUCH

**Hasła kluczowe:** złudzenie częstotliwość dźwięku, badanie audiometryczne

### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający może sprawdzić, w jakim zakresie częstotliwości słyszy. Bardzo ważne – nie jest to prawdziwe badanie audiometryczne.

## › SZYBKOŚĆ REAKCJI / ORIENTUJ SIĘ!

**Hasła kluczowe:** złudzenie szybkość reakcji

### **Przedmioty szkolne:**

Zadaniem zwiedzającego jest przyciśnięcie lampki, tak szybko jak się zapali. Mierzony jest czas reakcji na bodziec, jakim jest światło.

## › WZROK

**Hasła kluczowe:** złudzenie zmysł wzroku, widzenie

### **Przedmioty szkolne:**

Gra multimedialna. Zadaniem zwiedzającego jest podanie liczby królików, które jest w stanie dostrzec na polu.

## › PIJANY KIEROWCA

**Hasła kluczowe:** złudzenie, symulator, stężenie alkoholu we krwi, jazda samochodem, profilaktyka

### **Przedmioty szkolne:**

Symulator jazdy samochodem. Są dwa poziomy – jazda zwykła oraz jazda samochodem po spożyciu alkoholu.

## › RYSOWANIE W LUSTRZE

**Hasła kluczowe:** odbicie lustrzane, wzrok, rysowanie

### **Przedmioty szkolne:**

Zadaniem zwiedzającego jest narysowanie prostych kształtów – koperta, gwiazda – w odbiciu lustrzanym, bez możliwości patrzenia na swoje dłonie.

## › OBROTOWE LUSTRA

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, kierunkowe odbicie światła, odbicie wielokrotne

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwiający badanie odbicia światła, zwłaszcza odbić wielokrotnych. W bryle eksponatu zamocowano 5 zestawów zwierciadeł, każdy złożony z pary lusterek tworzących pewien kąt. Użytkownik, obracając układ, dostrzega, że widziany przez niego obraz w niektórych zestawach obraca się, w innych pozostaje nieruchomy. Własność ta – jeśli zostanie dostrzeżona – bywa zaskakująca. Dla zwierciadeł prostopadłych światło biegnące od obserwatora odbija się dwukrotnie, najpierw od jednego, potem od drugiego lustra. Gdy kąt między zwierciadłami wynosi  $60^\circ$ , to zachodzą 3 odbicia. Można wykazać, że obracanie się obrazu przy obracaniu zwierciadłami zależy od krotności odbić. Zestawy o parzystej krotności odbić – a taka występuje dla układu zwierciadeł prostopadłych – dają obrazy obracające się. Zestawy o krotności nieparzystej (np. z kątem  $60^\circ$  pomiędzy zwierciadłami) dają obrazy nieobracające się. Taki też nieobracający się obraz daje zwykłe płaskie zwierciadło, które – dla porównania – zamocowano w ekspozycji w podobny obrotowy sposób. W istocie krotność odbicia dla płaskiego zwierciadła wynosi 1, jest więc też nieparzysta. Ekspонат daje możliwość samodzielnego postawienia hipotezy o związku cechy „obrotowości obrazu” z wartością kąta tworzonego przez zwierciadła. Pełnemu wyjaśnieniu zjawisk zachodzących w ekspozycji służą prawa optyki geometrycznej, przede wszystkim prawo odbicia światła. Dla przeprowadzenia dowodów niezbędny jest rysunek ilustrujący bieg światła.

## › WSZYSTKIE OCZY PATRZĄ NA MNIE

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, prostopadłość, sfera, styczność do sfery

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest urządzeniem wykorzystującym zjawisko kierunkowego odbicia światła. Daje możliwość wykonania nietypowego i zaskakującego doświadczenia. W urządzeniu zainstalowano 285 niewielkich płaskich lusterek – są one jednakowymi kótkami. Zamocowano je w szczególny sposób, tak, że osie lusterek, czyli proste prostopadłe do ich powierzchni przechodzące przez ich środki, przecinają się przed lusterkami w jednym punkcie przestrzeni. Użytkownik, usiadłszy przed zestawem lusterek, tak długo zmienia położenie swojej głowy, obniża ją, unosi, przesuwa w bok, itd.... aż zobaczy odbicia swego oka we wszystkich lusterkach naraz. Widok dużej liczby odbić własnego oka jest zaskakujący. To zaskoczenie i związane z nim emocje inspirują, zachęcają do zastanowienia się, na czym zaskakujące zjawisko polega. Osoba przeprowadzająca doświadczenie jest o krok od spostrzeżenia, że światło, które pada prostopadłe na zwierciadło, prostopadłe się od niego odbija. (Kąty padania i odbicia są wówczas równe.). Eksperymentator widzi 285 odbić swego oka wówczas, gdy jego źrenica znajduje się w punkcie przecięcia osi zwierciadeł.

## › JA LATAM!

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, kierunkowe odbicie światła, odbicie wielokrotne, symetria

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX. 2. opisuje zjawisko odbicia od powierzchni płaskiej

Ekspонат jest układem dwóch zwierciadeł płaskich (luster) umocowanych pionowo pod kątem prostym do siebie. Daje możliwość uzyskiwania obrazów przy odbiciu jednokrotnym (czyli tak jak zwykle w przy przeglądaniu się w lustrze) oraz dwukrotnym. Odbicie dwukrotne uzyskać można gdy stanie się np. przy jednej z pionowych krawędzi luster. Widać je jednak także i z wnętrza kąta tworzonego przez zwierciadła. Widok odbicia dwukrotnego często zaskakuje użytkowników ekspozycji.

## › SPACER Z FUNKCJĄ

**Hasła kluczowe:** funkcja (matematyczne jednoznaczne przyporządkowanie), kinematyka ruchu prostoliniowego, położenie, szybkość ruchu, prędkość, zwrot prędkości

**Przedmioty szkolne:** fizyka, ruch; matematyka – tworzenie wykresów, XIII.1. interpretuje dane przedstawione za pomocą wykresów

Urządzenie służące zabawie tematycznie związanej z matematycznym pojęciem funkcji. Zadaniem użytkownika jest odtworzenie wykresu funkcji ciągłej przedstawionego na ekranie. Aby tego dokonać przemieszcza się on wzdłuż kilkumetrowego chodnika, w przód lub do tyłu. Ruch osoby po chodniku jest śledzony przy użyciu ultradźwiękowego układu echolotycznego i prezentowany na ekranie w postaci drugiego wykresu ukazującego się na tle wykresu „zadanego”. Użytkownik porównuje wykresy i na bieżąco koryguje swoje ruchy tak, by były one jak najbardziej do siebie zbliżone.

## › ŁOŻE FAKIRA

**Hasła kluczowe:** rozkład masy, stereotypy, psychologia poznawcza, siła sugestii

**Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający ma do dyspozycji dwa łóżka na których może się położyć. Jedno z nich jest wyposażone w (podnoszone za pomocą dźwigni) gwoździe a drugie w drewniane półkule. Zwiedzający porównuje na którym z łóżek wygodniej jest mu leżeć.

## › SIŁA SUGESTII

**Hasła kluczowe:** siła sugestii, podejmowanie decyzji

**Przedmioty szkolne:**

Dwa duże pudła, w których znajdują się przedmioty. Nie widać ich. Zwiedzający może sprawdzić, co kryje się w pudłach tylko za pomocą dotyku. Grafika na pudłach sugeruje, czy przedmiot znajdujący się w środku jest czymś miłym, czy wręcz przeciwnie. To sprawia, że wielu zwiedzających niechętnie wkłada rękę do pudła, którego grafika sugeruje, że znajduje się tam coś nieprzyjemnego.

## › WYWROTKA

**Hasła kluczowe:** zmysł równowagi, konkurowanie zmysłów

### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający staje na jednej nodze przed dużą tablicą pomalowaną w pionowe pasy. Po rozbijaniu tablicy, zwiedzający traci równowagę. Do mózgu dociera sprzeczna informacja. Utrata równowagi spowodowana jest tym, że dominuje informacja przekazana przez wzrok.

## › IDEALNA ASYMETRIA

**Hasła kluczowe:** symetria, mapa bitowa, elektroniczna obróbka obrazów

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwia wykonanie doświadczenia związanego z symetrią twarzy człowieka. W wyniku elektronicznej obróbki obrazu można zobaczyć swoją twarz złożoną z dwu lewych połówek lub dwóch prawych połówek. Tak powstałe obrazy są symetryczne – choć sama twarz zwykle jest tylko w przybliżeniu symetryczna. Przedmiotem uwagi jest w tym ekspozycie symetria. (Ścisłej symetria względem prostej.)

## › KOT Z CHESHIRE

**Hasła kluczowe:** percepcja, wzrok, iluzja

### **Przedmioty szkolne:**

Użytkownik obserwuje umiejscowiony na wprost niego rysunek kota. Następnie przed jednym swym okiem umieszcza lustro w taki sposób, by jedno oko wciąż widziało kota, a drugie uniesioną dłoń użytkownika. Ponieważ mózg otrzymuje teraz dwa różne obrazy, zdarza się, że jeden z nich znika. Efekt jest szczególnie silny, gdy użytkownik porusza dłoń. Wówczas mózg koncentruje się na poruszającym się obiekcie i obraz kota zupełnie znika.

## › TAM I Z POWROTEM

**Hasła kluczowe:** zwierzęta, rośliny, życie, spowolniony ruch, przyspieszony ruch

### **Przedmioty szkolne:**

Eksponat to komputer, na którego ekranie można oglądać filmy przedstawiające ruch w świecie zwierząt i roślin. Eksponat wyposażony jest w pokrętło, przy pomocy którego można przewijać filmy do przodu i do tyłu z dowolną szybkością. Eksponat pozwala na obserwacje procesów, które trwają bardzo krótko lub bardzo długo.

## › GRZYBY REDUCENCI – SOPLÓWKA

**Hasła kluczowe:** królestwo grzyby, grzybnia, reducenty, soplówka

### **Przedmioty szkolne:**

Eksponat jest hodowlą grzybni soplówki – występującego w Polsce rzadkiego grzyba. Grzyby te pełnią w ekosystemie rolę reducentów żywiąc się martwą materią organiczną.



## › SEKWOJA

**Hasła kluczowe:** drzewa, sekwoja, cyprysowate, fotosynteza

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат składa się z dwóch plastrów – przekrojów przez pień sekwoi. Ekspонат odwołuje się do fotosyntezy w skutek której drzewo wytwarza swoje ciało wchłaniając związki nieorganiczne z otoczenia. Sekwoje występują wyłącznie w USA i Kanadzie na wybrzeżu Pacyfiku. Nasz plaster pochodzi z północnej Kalifornii. Mniejszy plaster pochodzi z drzewa które miało około 900 lat. Drzewo przewróciło się w 1916r. Około 2007 roku zostało przewiezione do tartaku. Plaster został wycięty na wysokości co najmniej 10m od podstawy drzewa. Szacuje się, że drzewo mogło mieć u podstawy około 6 m średnicy. Średnica naszego plastra to około 1,7m. Interakcja polega na obserwacji eksponatu.

## › ROŚLINOŻERCY – ROZWIELITKI

**Hasła kluczowe:** ekologia, roślinożercy, rozwielitki, bezkręgowce, biologia, migracje, światło, drapieżniki, glony

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат to akwarium z rozwielitkami. Rozwielitki w naturze wykazują dobowe migracje pionowe. To znaczy, że w zbiornikach w których nie ma drapieżników rozwielitki w ciągu dnia migrują do powierzchni wody, do światła, ponieważ tam znajdują się jednokomórkowe glony, stanowiące ich pożywienie. Noc spędzają w niższych partiach wody. W zbiornikach w których są drapieżniki w ciągu dnia rozwielitki kryją się w głębszych partiach a do góry migrują w nocy. Zwiedzający może sterować oświetleniem akwarium (które poza tym jest zaciemnione) i obserwować rozwielitki gromadzące się wokół snopu światła. Ekspонат odwołuje się do zachowań roślinożernych rozwielitek poszukujących glonów.

## › DRAPIEŻNIKI – STUŁBIE

**Hasła kluczowe:** ekologia, drapieżnictwo, bezkręgowce, biologia

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest hodowlą stułbi, niewielkich drapieżnych bezkręgowców. Stułbie należą do parzydełkowców. Prowadzą osiadły tryb życia. Odżywiają się przepływającymi obok nich niewielkimi zwierzętami, które chwytają przy pomocy ramion zaopatrzonych w komórki parzydełkowe a następnie trawią w jamie chłono-trawiącej. Mają 5-15 mm długości. Można je obserwować przy pomocy szkła powiększającego. W eksponacie można zaobserwować przede wszystkim budowę stułbi. W sprzyjających warunkach również pączkowanie, (rozmnajają się one bowiem również bezpłciowo przez pączkowanie) lub polowanie. W eksponacie hodowane są *Hydra vulgaris* lub *H. viridissima*.

## › GRZYBY REDUCENCI – KOPROFAGI

**Hasła kluczowe:** ekologia, reducenty, grzyby, koprofagi, mikroskop

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest hodowlą grzybów rosnących na końskich odchodach. Grzyby pełnią w ekosystemie rolę reducentów, to znaczy wprowadzają ponownie do obiegu sieci troficznej ma-



terię organiczną, pochodzącą z martwych roślin i zwierząt oraz z ich odchodów. Ekspонат nie jest hodowlą konkretnego gatunku grzyba. Wyrastają w nim te grzyby, które akurat są obecne w próbce. Zwiedzający może je obserwować przy pomocy mikroskopu.

### › PARSKACZ

**Hasła kluczowe:** percepcja, wzrok, iluzja, lampa neonowa, lampa wyładowcza, wyładowania jarzeniowe

#### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający obserwuje z pewnej odległości zapaloną neonówkę i zaczyna parskać. Wydaje się wówczas, że żarówka drga. Wynika to stąd, że w rzeczywistości żarówka nie pali się ciągłym światłem, tylko bardzo szybko pulsującym. Parskając, obserwator powoduje, że jego oczy zmieniają położenie, a więc widzą błyski żarówki z różnych miejsc.

### › PALĄCY CHŁÓD

**Hasła kluczowe:** percepcja, iluzja, termorecepcja

#### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат to dwie spirale, o różnych temperaturach, ustawione obok siebie w taki sposób, że na pewnym odcinku są ze sobą splecione. Na początku doświadczenia zwiedzający kładzie jedną dłoń na spirali ciepłej, a drugą na zimnej. Do jego mózgu dociera informacja o temperaturze. Po umieszczeniu dłoni na odcinku, na którym spirale są splecione zwiedzający odczuwa uczucie lekkiego bólu. Jest to związane ze sprzecznymi informacjami, jakie docierają do jego mózgu – ciężko określić, czy czuje zimno, czy ciepło.

### › RYSOWANIE Z OPÓŹNIENIEM

**Hasła kluczowe:** percepcja, wzrok, propriocepcja, hierarchia zmysłów

#### **Przedmioty szkolne:**

Zadaniem zwiedzającego jest odrysowanie kształtu, który widzi na ekranie. Równocześnie, na ekranie pojawia się rysunek tworzony przez zwiedzającego. Trudność polega na tym, że obraz pojawia się z niewielkim opóźnieniem. Sprzeczna informacja dociera do mózgu i nie potrafi on określić pozycji, w której znajduje się pisak. Ekspонат pozwala na wybór czasu opóźnienia. Jest też możliwość rysowania bez opóźnienia. Można przekonać się, że im większe opóźnienie, tym trudniej jest rysować.

### › SILNIK ROŚLINNY

**Hasła kluczowe:** art&science, życie, kosmos

#### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат to osiem, osobnych stanowisk, w formie przeszklonych kopuł. Umieszczone w nich ruchome figurki, przedstawiają sceny odwołujące się do życia na Ziemi, w kontekście Kosmosu. Kolejne stacje to: Gdzieś w Kosmosie, Ziemia na horyzoncie, Ziemia żyje, Siedliska ludzkie, Drzewo życia, Co w nas tkwi, Bakterie – jesteście ich domem, Mikroskala. Interakcja polega na tym, że zwiedzający kręcąc korbką przy każdym ze stanowisk, wprawia figurki w ruch.

## › FOTOSYNTEZA – DREWNO Z POWIETRZA

**Hasła kluczowe:** fotosynteza, ekologia, powietrze, dwutlenek węgla, drewno, sekwoja

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат składa się z kostki drewna sekwoi o objętości 1 cm<sup>3</sup> zawieszanej w przezroczystym sześcianie o objętości 1 m<sup>3</sup>. Powietrze w sześcianie zawiera w przybliżeniu tyle dwutlenku węgla ile zużyła sekwoja na wytworzenie kostki. Ekspонат pokazuje, że rośliny budują się/rosną, wchłaniając materię nieorganiczną z otoczenia. Interakcja polega na obserwacji ekspozycji i przeczytaniu opisu.

## › TAŃCZĄCE KROPKI

**Hasła kluczowe:** percepcja, ruch, wzrok

### **Przedmioty szkolne:**

Użytkownik obserwuje na ekranie film. Zadanie polega na odgadnięciu (otrzymując tylko częściową informację) jakie zwierzę jest pokazywane na filmie. Początkowo użytkownik widzi nieruchome kropki. Są one narysowane na obrysie sylwetki zwierzęcia. Po pewnym czasie kropki zaczynają poruszać się zgodnie z ruchem zwierzęcia. Na podstawie tych informacji użytkownik dokonuje wyboru jednego z trzech zwierząt. Im szybciej odgadnie, tym więcej punktów otrzymuje. Po dokonaniu wyboru, widzi całość zwierzęcia. Eksponent pokazuje, że ruch stanowi ważną informację ponieważ jest znacznie łatwiej podać prawidłową odpowiedź, kiedy kropki się poruszają.

## › AKSAMITNE DŁONIE

**Hasła kluczowe:** percepcja, dotyk

### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający przesuwają złożone dłonie, pomiędzy którymi znajduje się metalowa siatka. Odczuwa iluzję, która polega na tym, że czuje jakby przesuwał dłonie po aksamicie. Przyczyna tej iluzji nie jest znana.

## › LUSTRZANE OKNO

**Hasła kluczowe:** percepcja, wzrok, propriocepcja, hierarchia zmysłów, lustro, koordynacja oko-ręka

### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający chwyci obręcz obydwojema dłońmi. Pomiedzy obręczami znajduje się lustro. W momencie, gdy zwiedzający jedną ręką przesuwa obręcz i równocześnie patrzy w lustro (czyli widzi odbicie), do mózgu dociera sprzeczna informacja – zmysł dotyku informuje, że jedna ręka pozostaje nieruchoma, natomiast zmysł wzroku informuje, że się porusza. Wielu zwiedzających doznaje dziwnego uczucia, często zdarza się gwałtowne przerwanie doświadczenia.

## › SIŁOWANIE NA RĘKĘ

**Hasła kluczowe:** gra, siła, zabawa, możliwości człowieka

### **Przedmioty szkolne:**

Klasyczna rozgrywka siłowania się na rękę. Jednak w tym przypadku, przeciwnikiem jest ramię maszyny. Zwiedzający ma możliwość ustawienia poziomu trudności.

## › MISTRZOWIE SZYBKIEGO ZAPAMIĘTYWANIA

**Hasła kluczowe:** pamięć, pamięć krótkotrwała, psychologia poznawcza, szympansy, gra, umysł, możliwości człowieka

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат odtwarza autentyczny eksperyment naukowy, który badał pamięć ultra krótkotrwałą. Użytkownik przez krótką chwilę widzi na ekranie cyfry rozrzucone w przypadkowych miejscach. Po chwili cyfry zamieniają się w prostokąty. Zadanie polega na wskazaniu prostokątów, w kolejności odpowiadającej rosnącej kolejności cyfr zakrytych przez nie. W eksperymencie okazało się, że szympansy radzą sobie lepiej niż ludzie.

## › PRZETESTUJ PAMIĘĆ

**Hasła kluczowe:** pamięć, pamięć krótkotrwała, psychologia, psychologia poznawcza, umysł, gra, możliwości człowieka

### **Przedmioty szkolne:**

Testowanie pamięci krótkotrwałej. Zwiedzający zapamiętuje i odtwarza kolejność zapalania się lampek ustawionych w szeregu. Po każdorazowym wykonaniu zadania sekwencja wydmucha się, aż do chwili gdy zwiedzający pomyli się.

## › NAOCZNY ŚWIADEK

**Hasła kluczowe:** pamięć, psychologia poznawcza, możliwości człowieka, portret pamięciowy

### **Przedmioty szkolne:**

Zadaniem zwiedzającego jest stworzenie „portretu pamięciowego” osoby, której twarz wyświetlona została na ekranie. Trzeba prawidłowo dobrać kilka cech twarzy: kolor i kształt oczu, kształt nosa, ust i głowy. Okazuje się, że dla wielu osób jest to niezwykle trudne zadanie.

## › ŚCISKANIE › ZWISANIE

**Hasła kluczowe:** siła, możliwości człowieka, zabawa

### **Przedmioty szkolne:**

W pierwszym ekspozycie zwiedzający zaciska pięść na uchwycie, najmocniej jak potrafi. Ekspонат mierzy siłę jego uścisku. W drugim – zwiedzający chwytą drążek i zwisa na nim. Zadaniem zwiedzającego jest zwisać jak najdłużej. Ekspонат mierzy czas.

## › UCIĄŻLIWE ECHO

**Hasła kluczowe:** percepcja, słuch, zmysły

### **Przedmioty szkolne:**

Zadaniem zwiedzającego jest założenie na uszy słuchawek i odczytanie tekstu umieszczonego na pulpicie. Okazuje się to bardzo trudne, gdyż zwiedzający słyszy w słuchawkach echo (swoją głowę z opóźnieniem około 0.1 sekundy).

## › ODPRĘŻ SIĘ – MINDBALL

**Hasła kluczowe:** mózg, zabawa

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest urządzeniem do komercyjnej gry o nazwie „Mindball”. Jest to ekspонат dla dwóch osób. Gracze zakładają na głowy elektrody, a eksponat rejestruje aktywność mózgową użytkowników i na tej podstawie przesuwają po stole kulkę. Wygrywa ten, który przesunie kulkę do końca stołu. Teoretycznie im użytkownik jest bardziej zrelaksowany, tym lepszy jego wynik. Jednak system rejestracji fal mózgowych podlega licznym zakłóceniom i nie jesteśmy pewni, co jest w rzeczywistości rejestrowane.

## › PEDAŁUJĄCY SZKIELET

**Hasła kluczowe:** percepcja, wzrok, iluzja, humor, szkielet człowieka, rower, stawy, kości

### **Przedmioty szkolne:**

Eksponat składa się z dwóch sprzężonych ze sobą rowerów, szkieletu człowieka dorosłego (który siedzi na jednym z rowerów) oraz oddzielającego te rowery lustro. Rowery stoją obok siebie ale widoczny jest tylko jeden – ten na którym jest miejsce dla zwiedzającego. Drugi rower jest ukryty za lustrem ustawionym wzdłuż roweru. Siadając na rowerze użytkownik widzi w lustrze swoje odbicie. W momencie, gdy użytkownik zaczyna pedałować, po drugiej stronie lustro zapala się światło. Zwiedzający widzi wówczas w odbiciu w lustrze siebie oraz nakładający się na ten obraz szkielet pedałowujący na drugim rowerze.

## › GIĘTKIE SZPRYCHY

**Hasła kluczowe:** złudzenie optyczne, percepcja ruchomych obrazów, bezwładność wzroku

**Przedmioty szkolne:** fizyka, IX optyka; biologia ogólne: I.3. przeprowadza obserwacje i doświadczenia

Eksponat przedstawia iluzję optyczną związaną z ruchem obserwowanych przedmiotów. Biała kolistą tarczą z namalowanymi czarnymi szprychami obraca się. Przed nią znajduje się przesłona, złożona z pionowych pasów. Gdy przesłona przesuwa się, obserwator doznaje złudzenia – proste dotąd szprychy zdają się być zakrzywione. Mózg człowieka w ten sposób interpretuje zmieniające się obrazy. Zmienność obrazu sprawia, że jego interpretacja staje się błędna. Szprychy są stale proste.

## › BRZYDALE

**Hasła kluczowe:** percepcja obrazu

**Przedmioty szkolne:** fizyka, IX optyka; biologia ogólne: I.3. przeprowadza obserwacje i doświadczenia

Ekspонат to dwie tarcze, które mogą się obracać. Na ich powierzchniach umieszczono fotografie twarzy tej samej kobiety. Jedna z tych fotografii została poddana manipulacji: usta a także oczy zostały odwrócone góra-dół. Użytkownicy mogą oglądać fotografie w dowolnym położeniu. Mogą oceniać, czy – i w jakim stopniu – odwrócenie oczu i ust wpływa na odbiór zdjęcia.

## › TRANS

**Hasła kluczowe:** złudzenie optyczne, percepcja ruchomych obrazów

**Przedmioty szkolne:** fizyka, IX optyka; biologia ogólne: I.3. przeprowadza obserwacje i doświadczenia

Ekspонат ukazuje złudzenie optyczne związane z ruchem. Kolistą tarczą zawiera obraz złożony z barwnych kół i pierścieni. Środki niektórych z nich nie pokrywają się ze geometrycznym środkiem tarczy. Tarczę łatwo jest wprawić w ruch obrotowy. Podczas takiego ruchu wielu obserwatorów ulega złudzeniu: wydaje im się, że niecentralnie umieszczone kręgi przemieszczają się po tarczy. Efekt jest złudzeniem optycznym, związanym z faktem, że mózg obserwatora nie radzi sobie w pełni z interpretacją ruchomych obrazów uzyskiwanych w nietypowy sposób.

## › KOLUMNA WINOGRADSKIEGO

**Hasła kluczowe:** fotosynteza, ekologia, produkcja pierwotna, bakterie, sinice, bakterie beztlenowe, bakterie chemosyntetyzujące

**Przedmioty szkolne:**

Ekspонат odtwarza klasyczny eksperyment naukowy. Jest to szklany pojemnik wypełniony mułem rzeczonym z dodatkiem źródeł węgla, wapnia i siarki. Zwiedzający może obserwować rosnące w nim bakterie beztlenowe, chemosyntetyzujące i fotosyntetyzujące sinice. Ekspонат pokazuje zjawisko produkcji pierwotnej w ekosystemie. Interakcja polega na obserwacji ekspozycji.

## › KOLUMNY WINOGRADSKIEGO – MAŁE

**Hasła kluczowe:** fotosynteza, ekologia, produkcja pierwotna, bakterie, sinice, bakterie beztlenowe, bakterie chemosyntetyzujące

**Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest mniejszą wersją Kolumny Winogradskiego. We wspólnej gablocie umieszczono trzy cylindryczne kolumny o wysokości około 50 cm i średnicy około 10 cm. Są to prototypy dużej Kolumny Winogradskiego. Hodowle były zaczynane w różnych momentach, tak więc różnią się wiekiem. Wszystkie trzy są starsze od dużej kolumny.

## › OBROTKI

**Hasła kluczowe:** złudzenie optyczne, percepcja ruchomych obrazów

**Przedmioty szkolne:** fizyka, IX optyka; biologia ogólne: I.3. przeprowadza obserwacje i doświadczenia

Ekspонат ukazuje złudzenia optyczne związane z ruchem. Kilka kolistych plansz pokryto czarno-białymi i kolorowymi wzorami (figurami). Użytkownik obserwuje plansze z pewnego oddalenia. Gdy są nieruchome – ich percepcja jest niezaktócona. Gdy zostaną wprowadzone w ruch, niektóre zdają się być trójwymiarowe, w niektórych obserwujemy ruch figur po tarczy. Doznania są po części subiektywne. Mózg człowieka nie w pełni radzi sobie z trafną interpretacją tak specyficznym poruszających się płaskich wzorów.

## › WYCIERACZKI

**Hasła kluczowe:** złudzenie optyczne, percepcja ruchomych obrazów

**Przedmioty szkolne:** fizyka, IX optyka; biologia ogólne: I.3. przeprowadza obserwacje i doświadczenia

Urządzenie służące do wywołania złudzenia optycznego związanego z analizą ruchomych obrazów przez mózg. Cztery żółte listwy, częściowo przestłonięte, poruszają się na ciemnym tle. Ich ruch sprawia, że wydaje się, że są one bokami kwadratu. W istocie są jednak rozłączne. To umysł obserwatora – dzięki wspólnemu ruchowi listew – nadaje obrazowi interpretację. Kwadrat istnieje jedynie w wyobraźni obserwatora. Może on się o tym przekonać, gdy odstąpi końce poruszających się listew. Ekspонат uzmysławia rolę ruchu przy nadawaniu sensu (interpretacji) bodźców wizualnych przez mózg człowieka.

## › KOLORY, KTÓRYCH NIE MA

**Hasła kluczowe:** złudzenie optyczne, percepcja ruchomych obrazów, tarcza Benhama

**Przedmioty szkolne:** biologia: organizm człowieka, zmysły, wzrok, fizyka optyka światło białe, rozszczepienie

Ekspонат, w którym prezentowane jest zjawisko powstawania wrażeń barwnych przy cyklicznym ruchu przedmiotu pokrytego biało-czarnym wzorem. Zastosowanym przedmiotem jest krążek znany jako tarcza Benhama. Nieruchomy krążek przedstawia czarną figurę złożoną z wycinków koła i łuków. Pozostałe obszary krążka są białe. Po wprowadzeniu w ruch obrotowy wzór przestaje być widoczny. Obserwator dostrzega jednak barwne łuki. Ich kolory nie są czyste, zawsze są złamane szarością. Widać je jednak bardzo dobrze. Efekt jest po części subiektywny – nie wszystkie osoby tak samo go dostrzegają. Mechanizm powstawania tych barw nie jest jasny. Panuje jednak zgodne przekonanie, że w tworzenie barwnych wrażeń wywołanych ruchem biorą udział neurony pierwszorzędowej kory wzrokowej – części mózgu, dzięki której postrzegamy obrazy.

## › ROWER

**Hasła kluczowe:** złudzenie optyczne, percepcja ruchomych obrazów, efekt mory

**Przedmioty szkolne:** fizyka, IX optyka; biologia ogólne: I.3. przeprowadza obserwacje i doświadczenia

Jedno z kół roweru wiszącego na ścianie jest obiektem, który pozwala badać efekt mory, czyli efektów związanych z nakładaniem się gęsto położonych linii (wzorów). Powstają wówczas ciemne prążki. Zjawisko znane jest także pod nazwą prążków moiré. Podczas obrotu koła następuje ruch dwóch podobnych do siebie tarcz z czarnymi wzorami. Nakładają się one na siebie rozmaicie, tworząc ciemne wstęgi. Użytkownik może badać, jaki wpływ na efekt wywiera szybkość kątowna, z jaką jedna tarcza obraca się wokół drugiej. Możliwość obserwacji sposobu, w jaki powstają ciemne wstęgi skłania użytkownika do pytań o mechanizm zjawiska.

## › PROSTOWANIE KOŁA

**Hasła kluczowe:** planimetria, okrąg, historia nauki

**Przedmioty szkolne:** matematyka: tworzenie wykresów, interpretacja

Przyrząd, którym można sprawdzić następujące twierdzenie matematyczne: Niech A i B będą okręgami wewnętrznymi stycznymi a średnica okręgu A będzie dwukrotnie mniejsza od średnicy okręgu B. Wówczas, jeśli okrąg A toczy się wewnątrz okręgu B bez poślizgu, to każdy punkt okręgu A porusza się po prostej. Twierdzenie to sformułował arabski uczyony Nasir ad-Din Tusi (13 wiek przed n.e. ), znane było ono także Mikołajowi Kopernikowi. Urządzenie składa się z dwóch pierścieni. Użytkownik kreśli nim trajektorię jednego z punktów wewnętrznego okręgu.

## › ROZETA

**Hasła kluczowe:** planimetria, współrzędne biegunowe, krzywe Moritza, symetria względem punktu, symetria względem prostej

**Przedmioty szkolne:** matematyka: tworzenie wykresów, interpretacja

Urządzenie komputerowe kreślące na ekranie krzywe zwane krzywymi Moritza. Są to krzywe zamknięte, których kształty przypominają obrysy kwiatów, rozgwiazd lub architektoniczne rozety. Krzywe kreślone są przy zastosowaniu biegunowego układu współrzędnych. Punkty określone są w nim dwiema liczbami, nazywanymi promieniem i azymutem. Krzywe Moritza powstają jako ilustracje równania matematycznego, w którym wykorzystuje się funkcję cosinus. Wszystkie krzywe Moritza cechuje symetria. Wiele krzywych ma kilka lub kilkanaście osi symetrii. Użytkownik eksponatu zmienia parametry równania i w ten sposób wytwarza rozmaite krzywe.

## › INSTALACJA KÓŁ

**Hasła kluczowe:** złudzenie koła, rozwój techniki, rozwój cywilizacji

**Przedmioty szkolne:**

Instalacja dotyczy kół konstruowanych i używanych przez człowieka w przeszłości i obecnie. Koła młyńskie wytworzone z kamienia. Koło wykonane z drewnianych desek. Kółowrot-



ki służące do nawijania przędzy. Stalowe koło parowozu. Koła rowerowe. Koła znajdujące zastosowanie w wózkach. Koło wodne podsiębierne. Koła stalowe stosowane w mechanizmach. Koło kierownicy. Kołami są także płyta winylowa i dysk CD. Koła, koła, koła ... Ekspонат przypomina o rozwoju cywilizacji, w szczególności techniki. Motyw koła jest ważkim wątkiem tego rozwoju.

## › PUZZLE MATEMATYCZNE

**Hasła kluczowe:** złudzenie łamigłówki, matematyka

### **Przedmioty szkolne:**

Stół z kilkoma łamigłówkami: Wieża Hanoi, Kwadrat do kwadratu, Była sobie bryła, Kule w piramidzie, Dziurawy kwadrat, Rozdrobniona kostka, Parzysta tabliczka, Tangram, Zadanie nr. 59 z „Księgi szkockiej”.

## › BEZ DRUGIEJ STRONY

**Hasła kluczowe:** topologia, powierzchnia jednostronna, wstęga Möbiusa

**Przedmioty szkolne:** matematyka (ogólne) II.1. odczytywanie i interpretowanie danych, IV.2. dostrzeganie podobieństw, formułowanie wniosków

Ekspонат jest statycznym modelem powierzchni jednostronnej znanej jako wstęga Möbiusa. Wzdłuż rozciągniętej stalowej wstęgi użytkownik przeciąga magnes, nie odrywając go od jej powierzchni. Wykonując tę czynność, przekonuje się, że chociaż każdy fragment wstęgi ma dwie strony, to cała wstęga ma tylko jedną stronę. Ta (topologiczna) własność wstęgi jest nieoczywista i zaskakuje wiele osób.

## › HIPERBOLA I SPÓŁKA

**Hasła kluczowe:** stereometria, planimetria, ciecz, krzywe stożkowe

**Przedmioty szkolne:** matematyka: interpretacja wykresów

Przezroczysty zbiornik w kształcie stożka. Część jego objętości zajmuje barwna ciecz, w pozostałej części jest powietrze. Użytkownik obraca zbiornikiem i obserwuje płaską swobodną powierzchnię cieczy. Figura, jaką ta powierzchnia tworzy może być kołem, elipsą, fragmentem płaszczyzny ograniczonym parabolą lub hiperbolą. Figury te ograniczone są krzywymi znanymi jako krzywe stożkowe (okrąg, elipsa, parabola, hiperbola). Rodzaj figury, która powstaje zależy od kąta odchylenia osi stożka od kierunku pionowego.

## › SIATKA PERSPEKTYWICZNA

**Hasła kluczowe:** światło, odwzorowanie, rysowanie, historia sztuki

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest stanowiskiem służącym do rysowania z natury. Wyposażono je w urządzenie ułatwiające wykonywanie rysunków możliwie wiernie oddających kształty rysowanych obiektów. Jest nim siatka z kwadratowymi oczkami. Rysownik, czyli użytkownik eksponatu, patrzy przez nią na przedmioty, które stara się odwzorować na papierze. Papier leży na podświetlanym blacie, na którym także narysowano siatkę – obraz tej, przez którą patrzy rysownik. Patrzenie przez siatkę sprzyja tworzeniu obrazu przez konstrukcję. Wydaje się, że jedną



z istotnych wartości tego podejścia jest uzmysłowienie użytkownikom eksponatu, że światło biegnie po liniach prostych (przynajmniej w przybliżeniu).

## › CAMERA LUCIDA

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, rysowanie, rozwój cywilizacji

### **Przedmioty szkolne:**

Stanowisko do rysowania portretów z natury wyposażone w przyrząd służący do tworzenia precyzyjnych rysunków znany jako Camera lucida. Rysownik jednym okiem patrzy na arkusz papieru, na którym kreśli swój rysunek. Drugim okiem – dzięki zwierciadłom użytym w Camera lucida – rysownik widzi rysowany przedmiot. Obrazy z obu oczu nakładają się, dzięki czemu rysowanie konturów przedmiotu staje się łatwiejsze. Sposób rysowania przypomina rysowanie przez kalkę. Urządzenie Camera lucida miało zastosowanie przy tworzeniu obrazów i rysunków, m.in. w celach artystycznych i naukowych. Stosowano je m.in. przy rysowaniu obiektów oglądanych pod mikroskopem.

## › LEONARDO

**Hasła kluczowe:** rozwój cywilizacji, katarynka, muzyka

### **Przedmioty szkolne:**

Instalacja artystyczna stworzona przez Sharmanka Kinetic Theatre stanowiąca nawiązanie do maszyny latającej – niezrealizowanego projektu Leonarda da Vinci, znanego z wykonanych przez niego rysunków. Główną część maszyny stanowi rzeźba z wieloma kinetycznymi elementami łączącymi wizję Leonarda z figurami pochodzącymi jakby z żydowskich miasteczek z początku XX wieku. Teleskopy, globus, miech, koła, tryby i korby nadają dziełu klimat tajemniczości. Wnętrze maszyny wypełniają kukietki – ludzkie lub zwierzęco-ludzkie postaci. Prowadzą obserwatora w świat wyobraźni. O każdej pełnej godzinie eksponat ożywa. Ptak wznosi i opuszcza skrzydła. Ludzie-zwierzęta wypełniający maszynę poruszają się. Spektaklowi towarzyszy muzyka. Po finałowym fortissimo machina zamiera.

## › USYP MAPĘ

**Hasła kluczowe:** geografia fizyczna, mapa hipsometryczna, rzeźba terenu, kinect

### **Przedmioty szkolne:** geografia – ukształtowanie terenu, poziomice

Eksponat służy do modelowania terenu i zapoznania się z ideą mapy hipsometrycznej. Dużej wielkości płaski zbiornik wypełniony jest sypkim materiałem przypominającym piasek. Użytkownicy – często jest ich naraz kilku – rękoma modelują teren, usypując góry, żtobiąc w ich zboczach doliny, tworząc zagłębienia. Układ optoelektroniczny (wykorzystujący technologię kinecta) wyznacza wysokości poszczególnych punktów modelu terenu, wytwarza jego mapę hipsometryczną. Mapa ta jest wyświetlana na modelu i odświeżana w czasie rzeczywistym (z niewielkim opóźnieniem). Eksponat może mieć aspekty socjalizujące – czynność, jaką wykonuje użytkownik, przypomina budowanie zamków z piasku.

## › PUNKT WIDZENIA

**Hasła kluczowe:** światło, optyka geometryczna, postrzeganie, luminescencja

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат dotyczy optyki geometrycznej. Użytkownik przygląda się ciemnemu wnętrzu komory, w której umieszczono różnej długości pręciki. Jak się wydaje, umieszczono je w przypadkowych miejscach, nadając im także przypadkowe kierunki w przestrzeni. Patrząc na wnętrze komory nie można doszukać się porządku w ich umiejscowieniu. Widać jednak, że tworzą one trzy oddzielne grupy. Użytkownik jest zachęcany do spojrzenia na pręciki nie tylko z góry, przez przejrzyste wieko komory. Obserwację pręcików prowadzi także przez wizjery w jej ścianie. Okazuje się wówczas, że każda z grup pręcików jest widziana jako elementy składające się na krzesło. Krzesła – każde oglądane przez inny wizjer – są takie same, mimo tego, że układ pręcików w trzech grupach jest różny. Wniosek: wiele zależy od punktu widzenia...

## › ZŁAP CIEPŁO

**Hasła kluczowe:** przekazywanie ciepła, promieniowanie cieplne, zwierciadło wklęsłe

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwia przekonanie się o tym, że jednym ze sposobów, w jaki ciepło przechodzi od jednego ciała do drugiego jest promieniowanie. (Ścisłej jest to promieniowanie elektromagnetyczne.) Kilka metrów ponad użytkownikiem umieszczono elektryczną grzałkę. Znajduje się ona w ognisku zwierciadła wklęsłego. Wysyłane przez nią promieniowanie po odbiciu od zwierciadła wklęsłego znajdującego się ponad grzałką pada – po przebyciu pewnej drogi – na dłoń użytkownika. Daje wrażenie ciepła. I w istocie – ogrzewa ono dłoń.

## › FRAKTALE

**Hasła kluczowe:** matematyka, fraktal, samopodobieństwo

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest stanowiskiem doświadczalnym, na którym można zademonstrować powstawanie figur ilustrujących matematyczne pojęcie fraktala. Fraktalny kształt powstaje przy naciśnięciu powierzchni giętkiej płyty pod którą znajduje się warstwa cieczy. Cechą fraktali, która (z pewnym przybliżeniem) jest ukazana w doświadczeniu, jest samopodobieństwo. Figura jest samopodobna, jeśli której każdy fragment jest w sensie geometrycznym podobny do całej figury.

## › KOLOROWE CIENIE

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, optyka falowa, składanie barw, postrzeganie barw

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX.10. – opisuje światło białe jako mieszaninę...

Stanowisko, na którym można wykonywać doświadczenia przy użyciu trzech niezależnie regulowanych źródeł światła o kolorach: czerwonym, zielonym i niebieskim (red, green, blue, czyli RGB). W szczególności można badać cienie rzucane przy różnym oświetleniu przedmiotów nieprzezroczystych. Łatwo sprawić, by były one kolorowe. Źródła światła umiejscowiono w pewnym oddaleniu od siebie, dzięki czemu powstające cienie nie pokry-

wają się ze sobą. Ekspонат pozwala badać mechanizm powstawania cienia oraz zjawisko mieszania barw. Daje możliwość wykonania wielu doświadczeń.

## › WYSTAWA OBRAZÓW

**Hasła kluczowe:** składanie barw, postrzeganie barw, kontrast

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX.10. – opisuje światło białe jako mieszaninę...

Ekspонат jest urządzeniem złożonym z planszy z namalowanymi sylwetkami owadów oraz z projektora zawierającego źródła światła czerwonego (R), zielonego (G) i niebieskiego (B). Użytkownik może niezależnie włączać i wyłączać źródła światła każdej barwy. Stanowisko pozwala badać wygląd sylwetek owadów przy różnym oświetleniu. Doświadczenia pozwalają przekonać się użytkownikowi, że „barwa ciała” jest pojęciem, które – w ogólności – może wprowadzać w błąd. Kolor, jaki człowiek jest skłonny przypisać ciału zależy bowiem nie tylko od ciała ale także od barwy światła, które na nie pada.

## › ŚWIAT W NIEKOLORZE

**Hasła kluczowe:** promieniowanie elektromagnetyczne, widzenie barwne, widma emisyjne pierwiastków

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX.10. – opisuje światło białe jako mieszaninę...

Pomieszczenie z wieloma kolorowymi przedmiotami pomalowanymi w kolorowe pasy. Tych kolorów nie widać jednak, gdyż nie dociera do niego światło dzienne. Światło, które pada na ściany i przedmioty znajdujące się w pomieszczeniu pochodzi z lampy sodowej. Widmo tego światła składa się z jednej linii. Lampa sodowa daje światło monochromatyczne (o długości fali około 580 nm). Przy takim oświetleniu nie dostrzegamy barw przedmiotów. Obserwowane powierzchnie są jaśniejsze i ciemniejsze, ale nie są barwne. Wrażenie barwy zyskujemy dopiero wówczas, gdy zastosujemy źródło niemonochromatyczne, czyli takie, którego światło zawiera fale świetlne o wielu częstotliwościach (wielu długościach). Takie światło daje latarka, którą można oświetlać przedmioty w pokoju, dla przekonania się, że są one barwne.

## › BIELSZY ODCIEŃ BIELI

**Hasła kluczowe:** fotometria, skala jasności, natężenie oświetlenia, kontrast, biel, czerń, fizjologia wzroku

**Przedmioty szkolne:** fizyka – przeprowadzanie obserwacji oraz wnioskowanie; optyka

Urządzenie do badań postrzegania wzrokowego przedmiotów, które zwykle oceniamy jako białe, szare lub czarne. Istotną rolę w urządzeniu pełnią 4 kwadratowe płytki. Oglądane przy oświetleniu dziennym są zwykle oceniane jako czarna i szare, w trzech stopniach szarości. W ekspozycji płytki oglądane są w strudze silnego światła białego dającego natężenie oświetlenia rzędu kilku tysięcy luksów. Przy takim oświetleniu nawet płytka, która zwykle oceniona jest jako czarna, czarna nie jest, jest lekko szara. Eksponat zaskakuje swoim działaniem. Pośrednio wyjaśnia postrzeganie tarczy Księżyca jako jasnej. (Księżyc oświetlany jest przez Słońce z natężeniem kilkakrotnie większym niż natężenie oświetlenia uzyskiwane z rzutnika.). Doświadczenie uczy, że zdania typu Ta powierzchnia jest czarna, To ciało jest białe mają ograniczony sens. Własności „bycia czarnym”, „bycia białym” nie są w istocie własnościami ciał.

## › UKRYTA PERSPEKTYWA

**Hasła kluczowe:** iluzja optyczna, ocena odległości, stereometria, rzutowanie

**Przedmioty szkolne:** matematyka; fizyka – optyka; biologia: organizm człowieka – wzrok

Ekspонат jest realizacją pokoju Amesa – znanej iluzji optycznej uzyskiwanej dzięki specyficznej budowie i wystroju pomieszczenia. W pomieszczeniu zainstalowano kamerę. Użytkownicy eksponatu wchodzą do pomieszczenia i oglądają swój obraz na ekranie, są także oglądani przez innych. Pomieszczenie zbudowane jest na planie trapezu. Elementy podłogi – trapezy stanowiące atrapy kafli – tak zostały narysowane, by widziane przez kamerę wyglądały jak kwadraty. Te i inne cechy budowy sprawiają, że obserwator niewłaściwie postrzega (ocenia) odległość do przedmiotu położonego w pokoju. Szczególny przypadek jest często wykorzystywany. Gdy osoby równego wzrostu staną w narożach pomieszczenia, to ich wzrost oceniany jest jako różny. Gdy zamienią się miejscami, osoba postrzegana jako wyższa będzie wyglądać na niższą. Ekspонат naucza, że na ocenę odległości do przedmiotu wpływa wiele czynników i że łatwo jest zakłócić właściwą ocenę.

## › KOLOROWA FOTOGRAFIA

**Hasła kluczowe:** postrzeganie obrazów, składanie barw, historia techniki

**Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest stanowiskiem, przy użyciu którego można poznać zasadę, według której powstawały pierwsze barwne obrazy uzyskiwane techniką fotograficzną. Przedmioty fotografowano trzykrotnie w trzech barwach podstawowych (z reguły wybierano czerwoną, zieloną i niebieską). Uzyskane w ten sposób czarno-białe fotografie – ściślej ich diapozytywy – oświetlano światłem, które posłużyło do wytworzenia fotografii. Obrazy po przejściu światła przez diapozytywy składano. Ekspонат jest doświadczeniem reprodukującym opisany proces. Umożliwia badanie rozmaitych kombinacji fotografii martwej natury. Dzięki odwołaniu się do historii techniki obrazowania w kolorze ekspонат może służyć wyjaśnieniu fizyki i biologii postrzegania barw przez zwierzęta, w tym człowieka.

## › ZNIKOKOT

**Hasła kluczowe:** postrzeganie barw, składanie barw

**Przedmioty szkolne:**

Ekspонат dostarcza „zabawonauki” dotyczącej możliwości składania barw z trzech podstawowych. Użytkownik eksponatu widzi na ekranie sylwetkę kota. Jest barwna, a jej kolor można wybrać spośród kilku. Zwierzę jest przedstawione na kolorowym tle. Dopóki kolory kota i tła są różne, kot jest widoczny. Znika, gdy kolory są takie same. Użytkownik, ustaliwszy kolor kota, zmienia kolor tła przez regulację intensywności trzech barw podstawowych: czerwonej (R), zielonej (G) oraz niebieskiej (B). Może tak dobrać te intensywności, aby kot przestał być widoczny. Może także sprawdzić, jak bardzo uzyskany wynik (intensywność składowych) jest różny od wyniku dokładnego. Przeprowadzone doświadczenie dostarcza wiedzy na temat składania barw oraz ich rozróżniania.

## › PRYZMAT NEWTONA

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, optyka falowa, historia fizyki, rozszczepienie światła, Izaak Newton

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX.10. – opisuje światło białe ...ilustruje rozszczepieniem w pryzmacie

Ekspонат ma formę stolika, na którym można wykonać doświadczenia podobne tym, które wykonywał Izaak Newton w XVII wieku (i które opisał w dziele Optyka). Użytkownik dysponuje oświetlaczem emitującym światło białe, szczeliną kolimującą (formującą) strugę światła, pryzmatem, który światło rozszczepia, soczewką, które rozszczepione światło skupia, drugim pryzmatem, na który pada już rozszczepiona wiązka światła oraz ekranami na które pada światło, które przeszło przez układ tych przyrządów. Przy pomocy eksponatu użytkownik bada naturę światła, w szczególności dostrzega, że pryzmat rozszczepia światło białe.

## › ZNIKAJĄCA SYLWETKA

**Hasła kluczowe:** natężenie oświetlenia, percepcja obrazu, skala jasności (luminancji)

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX.4. – analizuje bieg promieni z punktu w różnych kierunkach; IX.5. konstruuje bieg promieni...powstawanie obrazów pozornych...zwierciadło płaskie

Pomieszczenie ze stolikiem i krzesłem. Osoba, która tu wejdzie i usiądzie na krześle zobaczy w lustrze odbicie swojej sylwetki. Zobaczy także odbite krzesło i stolik. Po chwili jednak obraz nieco się zmieni i osoba siedząca przy stoliku dostrzeże na nim niewielki przedmiot. Tymczasem tego przedmiotu na stoliku nie ma. Wywołanie konfuzji jest celowe: jest sposobem zwrócenia uwagi na to, że obraz może być obrazem odbitym – ten obraz użytkownik eksponatu widzi na początku – a może być obrazem realnym uzyskanym dzięki przechodzeniu światła przez szybę. W istocie bowiem, za szybą znajduje się drugie symetrycznie urządzone pomieszczenie. Początkowo pozostaje ono nieoświetlone i wówczas użytkownik widzi jedynie odbicie w szybie. Gdy użytkownik siada na krzeselku ukryty w nim czujnik włącza oświetlenie drugiego pomieszczenia. Jego obraz nakłada się na obraz pochodzący z odbicia. Nauka z tego eksponatu taka: postrzeganie rzeczywistości w znacznym stopniu zależy od ilości światła, która jest użyta do oświetlania przedmiotów i która wpływa na ilość światła tworzącego obraz na siatkówkach naszych oczu. Zmysł wzroku wybiera i interpretuje obrazy bardziej intensywne, tzn. uzyskane przy większej ilości światła.

## › BILARD ŚWIETLNY

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, odbicie światła, załamanie światła, gry towarzyskie

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX. 2. – opisuje zjawisko odbicia od powierzchni płaskiej, IX.4. – odbicie od zwierciadeł sferycznych

Urządzenie służące do nauki i zabawy, której tematem jest kierowanie strugą światła. Ma postać stołu bilardowego, w którym rolę bil pełni światło (monochromatyczne). Wysyłane jest ono – w postaci trzech wąskich strug – z jednej z łuz bilardu. Użytkownik eksponatu ma do dyspozycji pryzmat, który odbija i załamuje światło, zwierciadła płaskie, wypukłe i wklęsłe oraz cylindryczną soczewkę. Akcesoria te może ustawiać na blacie stołu w dowolny sposób. Zadaniem użytkownika jest takie dobranie położeń tych przyrządów, by strugi światła wpadły do jak największej liczby łuz. Eksponat daje możliwość zapoznania się ze zjawiskami odbicia

światta, skupiania i rozpraszania wiązki światła oraz jego załamania. Dostarcza bliskich odniesień do pojęć stosowanych w planimetrii.

## › ZOOTROP – PAPUGA › ZOOTROP – CZŁOWIEK

**Hasła kluczowe:** postrzeganie obrazu, historia sztuki filmowej

### **Przedmioty szkolne:**

Zootrop jest kołem otoczonym ścianką z wieloma szczelinami. Dostrzegamy przez nie umocowane do koła figurki przedstawiające lecącą papugę, a w drugim eksponacie biegacza biegnącego przez płotki. Figurki są różne, przedstawiają ptaka oraz biegacza w różnych chwilach. Gdy użytkownik wprawi koło w ruch i patrzy przez szczelinę, to w mózgu obserwatora obrazy nakładają się. Mózg interpretuje ciąg obrazów widocznych przez szczeliny jako ruch i obserwator doznaje wrażenia, że papuga macha skrzydłami, a biegacz biegnie. Zootrop był urządzeniem, które poprzedziło wynalazek kinematografu. Percepcja ruchomych obrazów filmowych wyświetlanych na ekranie lub na monitorze także polega na składaniu ze sobą obrazów nieruchomych.

## › STÓŁ POLARYZACYJNY

**Hasła kluczowe:** optyka falowa, polaryzacja światła

### **Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka, ... planowanie i przeprowadzanie obserwacji

Stanowisko do badania przedmiotów polaryzujących światło lub zmieniających jego płaszczyznę polaryzacji. Pod blatem stołu znajdują się źródła światła. Błat wysyła światło niespolaryzowane. Nad blatem umieszczono dwa koła. Każde z nich polaryzuje światło. Pomiędzy kołami znajdują się rozmaite przedmioty. Użytkownik może wykonywać wiele doświadczeń. Może jakościowo badać ilość światła przechodzącego przez układ polaryzatorów w zależności od ich wzajemnego ustawienia. Może badać jak na jasność i kolor przedmiotu wpływa ustawienie przedmiotu .... Może także badać czy naprężenia wewnątrz przedmiotu wpływają na przechodzące przez przedmiot światło. Podsumowując: stół polaryzacyjny dostarcza pożytecznej zabawy (a tym samym i nauki) w zakresie polaryzacji światła.

## › PODAJ MI DŁOŃ

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, kierunkowe odbicie światła, zwierciadło wklęsłe

### **Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX.5. konstruuje bieg promieni...obrazów pozornych wytwarzanych przez zwierciadła sferyczne

Ekspонат ma formę ciemnej wnęki (niszy). W jej wnętrzu umieszczono sferyczne zwierciadło wklęsłe. Tworzy ono rzeczywiste obrazy obiektów które znajdują się przed nim. Użytkownik przekonuje się o tym przez dotknięcie piteczki zawieszanej w środku krzywizny zwierciadła lub przez włożenie do niszy swojej ręki. Ekspонат zaskakuje wielu zwiedzających, ponieważ do rzadkości należą układy optyczne z wykorzystaniem powstawania obrazu rzeczywistego w przestrzeni, a nie na ekranie. W tym eksponacie obraz powstaje we wnętrzu niszy. Ciekawa i zaskakująca jest przestrzenna symetria przedmiotu i obrazu.



## › NARYSUJ FILM

**Hasła kluczowe:** postrzeganie obrazu, historia sztuki filmowej

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest zootropem. Poszczególne klatki zootropu rysuje użytkownik. Mocuje je na wewnętrznej ścianie umocowanej do koła zootropu, wprawia je w ruch i obserwuje klatki przez szczeliny. Użytkownik może tworzyć dowolne rysunki i badać ich percepcję w warunkach stwarzanych przez zootrop.

## › STÓŁ ULTRAFIOLETOWY

**Hasła kluczowe:** promieniowanie elektromagnetyczne, promieniowanie nadfioletowe, luminescencja, fluorescencja, daktyloskopia, techniki zabezpieczeń banknotów

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX.12. wskazuje przykłady zastosowania...nadfioletowe promieniowanie elektromagnetyczne

Ekspонат jest urządzeniem badawczym umożliwiającym wykonywanie obserwacji rozmaitych przedmiotów i substancji, na które pada promieniowanie nadfioletowe. Przedmioty, które udostępniono badaniom leżą pod blatem stołu przepuszczającym bliski nadfiolet emitowany ze specjalnie dostosowanych lamp (świecących jedynie w dół). Promieniowanie pada na przedmioty i pada m.in. na (a) naczynia z fluoresceiną i rodaminą B – barwniki fluorescencyjne, (b) naczynie z płynem do chłodziw zawierającym barwnik fluorescencyjny, (c) brytki skalenia i aragonitu, (d) flamastry z fluorescencyjnym tuszem, (e) przedmioty, na których promieniowanie uwidacznia odciski palców. Użytkownicy mogą poszukiwać przejawów fluorescencji także i innych przedmiotów, np. banknotów, w których materiały fluorescencyjne stanowią jedno z zabezpieczeń. Obserwacje wykonane przy tym ekspozycji służą zaznajomieniu ze zjawiskiem fluorescencji.

## › PERYSKOP

**Hasła kluczowe:** optyka geometryczna, peryskop, rzeki, Wisła

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX. 2. opisuje zjawisko odbicia od powierzchni płaskiej, IX.5. Konstruuje bieg promieni...

Ekspонат jest peryskopem. Jego pionowa kolumna umocowana do podłogi biegnie około 1 m poniżej jej poziomu. Tu – w miejscu niedostępnym użytkownikom – na znajdującej się w niej zwierciadło płaskie pada światło z poziomego kanału optycznego nakierowanego na odległy o około 300 m prawy brzeg Wisły. Użytkownik peryskopu, patrząc przez obuoczny okular, widzi obraz brzegu i wody płynącej w Wiśle.

## › ROZPLATANIE TĘCZY

**Hasła kluczowe:** optyka falowa, dyfrakcja światła, filtry optyczne, pochłanianie i przenikanie światła

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX.10. światło białe jako mieszanina barw, ilustruje to rozszczepieniem...

Urządzenie badawcze, w którym światło po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną pada na ekran. Oprócz promienia przechodzącego na wprost na ekranie ukazują się widma rzędów 1-go i wyższych. Pomiędzy źródło światła a siatkę użytkownik może wprowadzać filtry o zna-

nych charakterystykach światła przechodzącego. Użytkownik może badać uzyskiwane widmo (oceniać intensywność otrzymywanych kolorów) przy zastosowaniu jednego lub kilku filtrów naraz.

## › HEŁMY DYFRAKCYJNE

**Hasła kluczowe:** optyka falowa, dyfrakcja światła, źródła światła

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX.10. światło białe jako mieszanina barw, ilustruje to rozszczepieniem...

Urządzenie służące do patrzenia na źródła światła przez siatki dyfrakcyjne. Użycie siatek dostarcza dodatkowych obrazów wywołanych dyfrakcją światła na szczelinach siatki. Przez siatki można oglądać światło z kilku źródeł, m.in. z lampy neonowej, lampy wodorowej, lampy żarowej, kompaktowej lampy fluorescencyjnej (CFL). Dodatkowe obrazy są dla tych źródeł różne, ponieważ znacznie różnią się one widmami wysyłanego światła. Dyfrakcja, której skutki obserwuje użytkownik, silnie zależy od ilości światła (ilości energii) przypadającej na przedział długości fali, czyli od widma światła.

## › PRYZMAT GOETHEGO

**Hasła kluczowe:** optyka falowa, historia fizyki, Johann Wolfgang Goethe

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka IX.10. światło białe jako mieszanina barw, ilustruje to rozszczepieniem...; postugiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych; historia

Ekspонат jest urządzeniem, w którym użytkownik może rozsuwać i zsuwać do siebie dwie stykające się dwie czarne płyty. Podobnie może czynić z dwiema białymi płytami. Użytkownik, obserwując krawędzie płyt przez pryzmat, dostrzega, że na krawędziach widzi barwy tęczy. Są one ułożone inaczej wtedy, gdy rozsuwane są płyty czarne, inaczej gdy białe. Falowa natura światła wyjaśnia to zjawisko. Pierwszy (błędny) opis zjawiska podał Johann Wolfgang Goethe (był nie tylko poetą, ale także przyrodnikiem i badaczem).

## › KSZTAŁTY ŚWIATŁA

**Hasła kluczowe:** stereometria, optyka geometryczna, symetria środkowa, cień

**Przedmioty szkolne:**

Urządzenie ukazujące obrazy płaskiej świecącej figury tworzone przy przejściu wysyłanego przez nią światła przez mały otworek. Ponieważ światło biegnie (w przybliżeniu) po liniach prostych, to kształt figur jest zachowany. Urządzenie umożliwia unaocznienie matematycznego pojęcia pęku prostych. Dzięki użyciu kilku rozmaitych figur stanowiących źródła światła możliwe jest badanie jak ułożone są obrazy względem swoich pierwowzorów. Ekspонат nadaje się dobrze do analizy geometrycznego podobieństwa figur.



## › ŻÓLTE ŚWIATŁO

**Hasła kluczowe:** składanie barw, optyka falowa, fotometria

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka; rozbudzenie zainteresowania zjawiskami otaczającego świata

Ekspонат dotyczy składania barw. Użytkownik składa barwę żółtą z barwy zielonej i czerwonej. Jego zadaniem jest dobranie ilości (intensywności) światła zielonego i czerwonego dla uzyskania światła żółtego o takiej samej barwie jak zadana.

## › KOLOROWA SPRZECZKA

**Hasła kluczowe:** postrzeganie barw

**Przedmioty szkolne:** fizyka, kształtowanie ciekawości poznawczej

Ekspонат zawiera kolistą tarczę ze świecącymi jedenastoma krążkami tworzącymi szeroki łuk. Krążki te mają różne ale zbliżone barwy. Dwunasty świecący krążek umieszczono w środku tarczy. Ma on barwę taką samą jak jeden z 11 pozostałych. Użytkownik eksponatu ma za zadanie wskazać krążek o tej samej barwie co krążek centralny. Okazuje się, że wyniki tego wskazania tworzą pewien rozrzut. Świadczy to o pewnej niedoskonałości wzroku człowieka związanej z rozpoznawaniem barw.

## › RZEŻBA ŚWIETLNA

**Hasła kluczowe:** ruch obrotowy, sztuka kinetyczna

**Przedmioty szkolne:** fizyka, kształtowanie ciekawości poznawczej, przeprowadzanie obserwacji

Ekspонат jest rzeźbą świetlną autorstwa Paula Friedlandera. Obraz wytwarzany przez trzy projektory rzucany jest na powierzchnię trzech odcinków lin wprawionych są w jednostajny ruch obrotowy. W ten sposób powstaje trójwymiarowa projekcja. Użytkownik ma wpływ na używany obraz w dwojaki sposób: dokonuje wyboru projekcji i reguluje szybkość obrotów lin.

## › MIESZANIE BARW CMY

**Hasła kluczowe:** optyka falowa, składanie barw, filtry optyczne

**Przedmioty szkolne:** fizyka, optyka – IX.10. – opisuje światło białe jako mieszaninę...

Stolik z przezroczystymi płytkami o kolorach: cyjan (pewien odcień niebieskiego), magenta (odcień fioleto) oraz żółtego. Błat stolika emituje białe światło. Kolorowe płytki przepuszczają wybrane barwy. Użytkownicy – a do stolika może podchodzić wiele osób naraz – nakładają płytki na siebie i przekonują się, że złożenie dwóch kolorów daje trzeci, wyraźnie różny od kolorów składanych. I tak na przykład złożenie cyjanu z żółcią daje kolor zielony, złożenie magenty z żółtym daje czerwień. Doświadczenia z kolorami rozwijają zdolność myślenia o świetle jako obiekcie fizycznym.

## Część zachodnia – opis eksponatów

### Grupy tematyczne:

#### Prąd i magnetyzm

Magnetyczny most, Prądy wirowe, Lewitujący magnes, Pociągające przewody, Drabina Jakuba, Najeżone cieczki, Taniec igłami, Domowa elektrownia, Elektromagnetyczne akrobacje, Lewitujący bączek, Magnetyczna chmura, Punkt Curie

#### Fale i drgania

Krocząca sprężyna, Bębnoscyloskop, Wahadło świetlne, Fletnia Pana, Stół Chłodnego, Radio w głębie, Światło i dźwięk, Trzy kulki na sznurku, Drgające pierścienie, Falownica, Fotokomórka, Łańcuch-lasso, Mydlana ściana, Mydlane lustro

#### Żyroskopy i moment bezwładności

Obrotowy stolik, Jak wykopać dołek w wodzie, Leniwe koła, Lewitujący bączek, Niesforna walizka, Piruety, Podwójny żyroskop, Rowerowe przekręty, Utrzymaj pion

#### Płyny i cieczki

Bicze wodne, Zakręcone cieczki, Zobacz ciepło, Mydlana ściana, Mydlane lustro

#### Maszyny proste

Unieś sam siebie, Ząb za ząb

#### Kosmos

Cztery pory roku, Kosmiczny lej

#### Zjawiska chaotyczne

Kot Margot, Copernichaos

#### Inne

Szyfowa przekładnia, Śmigielko, Przewrotna kulka, Stroboskopowy sznurek, Staczanie pod górę, Skacząca kulka, Pipedream, Niesprawiedliwy wyścig, Łódź podwodna, Komora mgłowa, Chwiejny walec, Pocisk na sprężone powietrze, Pocisk na wodór, Gorący balon, Rysowanie na piasku, Najszybsza zjeżdżalnia, Efekt fotoelektryczny, Figury Lissajous

### › BICZE WODNE

**Hasła kluczowe:** Siła Coriolisa

#### Przedmioty szkolne:

Zwiedzający wprawia w ruch obrotowy strumienie wody. Dwa strumienie skierowane są do środka, dwa na zewnątrz. Zwiedzający obserwuje zakręcające strumienie.

## › MAGNETYCZNY MOST

**Hasła kluczowe:** magnetyzm, pole magnetyczne, bieguny magnetyczne

### **Przedmioty szkolne:**

Za pomocą stalowych krążków zwiedzający bada pole magnetyczne pomiędzy dwoma magnesami.

## › KROCZĄCA SPRĘŻYNA

**Hasła kluczowe:** sprężyna, Slinky, siła grawitacji, siła sprężystości

### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający bada ruch sprężyny (Slinky) na pochyłej bieżni. Może regulować prędkość bieżni.

Sprężyna slinky, jeśli tylko jej nie wyginać, ma postać walca, a ściślej – odcinka rury. Gdy ją wygiąć i puścić – wraca do swego pierwotnego kształtu. Czemu? Bo taki jest materiał, z którego slinky zrobiono – sprężysty, czyli elastyczny.

Wygięcie sprężyny wiąże się z jej naprężeniem. Elementy sprężyny, jej odcinki, zwoje, działają na siebie siłami sprężystości. Jak w każdej sprężynie. Jak w tyczce stosowanej do lekkoatletycznych skoków.

Stawiamy sprężynę na pochyłości. Gdy pchniemy jej górną część, sprężyna się wygina (skłania) pod wpływem własnego ciężaru. Wówczas siły naprężające sprężynę pociągają jej dolną część ku górze, a jej bezwładność sprawia, że przemieszcza się ona dalej naprzód. W efekcie sprężyna znów się wygina i cykl zamyka się. Sprężyna wykonuje przewrót za przewrotem, jak gimnastyk na macie.

## › BĘBNOSCYLOSKOP

**Hasła kluczowe:** gitara, struny, oscyloskop, dźwięk, fala, sinusoida, stroboskop

### **Przedmioty szkolne:**

Zwiedzający obserwuje struny gitary na tle obracającego się czarnego bębna pomalowanego w białe cienkie pasy.

Struna na tle bębna wydaje się przybierać kształt wężyka. Użytkownik eksponatu może porównywać widoki drgających strun. Dostrzeże, że są one nieco różne. Użytkownik może nadać bębnowi większą lub mniejszą prędkość obrotową. Przekona się wówczas, że taka zmiana wpływa na kształt wężyka. Widok strun na tle bębna zmienia się także na skutek ich napinania przy użyciu pedału.

Drganie struny łatwo jest dostrzec nawet wtedy, gdy bęben nie obraca się. Szarpnięta struna drga, a jej ruch widzimy jako rozmycie, które – w miarę zanikania drgań – również zanika. Widok ten nie różni się zapewne wiele od widoku drgającej struny prawdziwej gitary. Dzięki zastosowaniu obrotowego bębna stanowiącego pewien rodzaj stroboskopu uzyskujemy inny widok drgającej struny. Urządzenie może służyć do jakościowego badania zjawiska fali stojącej występującej w strunie. Ciekawe jest również samo zjawisko stroboskopowe.

## › OBROTOWY STOLIK

**Hasła kluczowe:** tarcie, ruch obrotowy, żyroskop

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie służy do badania ruchu kul, pierścieni i krążków na obracającej się tarczy (płyty). Siła tarcia między obiektem a obrotowym stolikiem jest za mała, żeby je utrzymać. Jednak jeśli krążek rozkręcony zostanie na obracającej się płycie i puszczony, zaczyna utrzymywać się „w miejscu”. Co więcej, utrzymuje się na tarczy przez długi czas.

Rozkręcone krążki lub duże pierścienie są zadziwiająco stabilne, niełatwo je przewrócić. To efekt działania siły żyroskopowej, która powstaje w szybko kręcącym się dysku lub kółku.

Siła tarcia jako siła rozkręcająca. Użytkownik usiłujący „postawić” obracający się krążek dostrzega, że rozkręcenie następuje na skutek siły wywieranej na krążek przez powierzchnię stolika. Jest to siła tarcia, działająca stycznie do powierzchni krążka. (Na powierzchnię stolika działa siła przeciwna.). Wartość siły tarcia jest tym większa, im większy jest nacisk krążka na stolik. Użytkownik może ten nacisk regulować w sposób opisany powyżej. Tarcie, które rozkręca krążek, zachodzi przy ślizganiu się powierzchni trących o siebie. Taki rodzaj tarcia nazywamy kinetycznym.

Zsuwanie się ciał ze stolika. Próba położenia na stoliku krążka na płask nie udaje się: tak położony krążek jest wyrzucany poza stolik. Dzieje się tak dlatego, że siła tarcia statycznego, która mogłaby utrzymać krążek na obracającym się stoliku jest zbyt mała. Nie wystarcza, aby nadać krążkowi szybki ruch obrotowy. Inaczej mówiąc: siła tarcia jest zbyt mała, by mogła być siłą dośrodkową. (A taka siła jest niezbędna, aby utrzymać ciało w ruchu po okręgu).

## › WAHADŁO ŚWIETLNE

**Hasła kluczowe:** ruch wahadłowy, laser, materiały światłoczułe

### **Przedmioty szkolne:**

Eksponat jest urządzeniem przeznaczonym do kreślenia okazałych krzywych geometrycznych przy wykorzystaniu wahadła.

Zwiedzający ustawia ciężarek wahadła w wybranej pozycji. Wprawia wahadło w ruch i obserwuje obraz powstający na światłoczułym papierze.

Eksponat należy do rodziny urządzeń nazywanych harmonografami. W wieku XIX stanowiły one urządzenia badawcze. Obecnie służą przede wszystkim wizualizacji ruchów dla celów związanych z edukacją.

Okresowość ruchu wahadłowego jest istotną cechą decydującą o kształtach wytwarzanych krzywych. Jest ona konsekwencją dwóch podstawowych cech układu ciał stanowiących wahadło. Po pierwsze, wahadło ma dobrze określony stan równowagi trwałej – występuje on w jego najniższym położeniu. Po drugie, wychylenie wahadła z położenia równowagi pociąga za sobą wystąpienie powtarzalnej siły zwracającej wahadło ku położeniu równowagi. Siła ta, jako składowa siły ciężkości, zależy od kąta wychylenia wahadła .

## › FLETNIA PANA

**Hasła kluczowe:** aerofony, fletnia pana, długość fali, dźwięk, natężenie dźwięku, częstotliwość dźwięku

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie zbudowane jest z kilku rur różnych długości (swym kształtem przypomina instrument muzyczny – fletnię Pana). Służy do badania dźwięków. W pomieszczeniu panuje duży hałas, a w każdej z rur wzmocnieniu ulega taki dźwięk, którego fala ma długość pasującą do długości rury.

## › STÓŁ CHLADNIEGO

**Hasła kluczowe:** drgania, fala stojąca, częstotliwość dźwięku, figury Chladniego

### **Przedmioty szkolne:**

Posypana piaskiem stalowa płyta wprawiana jest w drgania i działa jak membrana głośnika. Przy niektórych częstotliwościach drgań płyta zachowuje się w taki sposób, że niektóre jej punkty wyraźnie podskakują, inne zaś pozostają nieruchome. W efekcie, ziarenka piasku na płycie układają się we wzorki. Fakt, że takie punkty nie przemieszczają się, oznacza, że w płycie powstała tak zwana fala stojąca.

Prezentowane zjawisko nazywane jest figurami Chladniego, od nazwiska niemieckiego fizyka, muzyka i geologa, który wprawiał w drgania mosiężną płytkę za pomocą skrzypcowego smyczka. Wyniki badań opisał w dziele „Die Akustik” w 1802 roku.

## › RADIO W GĘBIE

**Hasła kluczowe:** radio, drgania, przewodnictwo kostne

### **Przedmioty szkolne:**

Na metalowy pręt zwiedzający nakłada (względny higieniczny) plastikową słomkę do picia, a następnie zaciska na niej zęby. Gdy zatka rękoma uszy, usłyszy – głośno i wyraźnie – dźwięki muzyki, których osoby stojące obok słyszeć nie będą. Wszystko dlatego, że ośrodkiem, w którym może rozchodzić się fala akustyczna, może być ludzkie ciało. Co więcej, nasze tkanki, głównie kości, przenoszą drgania do naszych uszu, umożliwiając rozróżnianie poszczególnych dźwięków (tzw. przewodnictwo kostne).

## › ŚWIATŁO I DŹWIĘK

**Hasła kluczowe:** fale dźwiękowe, fale elektromagnetyczne, światło, próżnia

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie składa się ze szklanego klosza, w którym znajduje się dzwonek oraz żarówka. Po wypompowaniu z klosza powietrza, dźwięk znika. Za to światło rozchodzi się w próżni bez przeszkód. W filmach science-fiction wielu kosmicznym eksplozjom towarzyszą potężne efekty dźwiękowe. Jednak prawdziwe wybuchy w próżni odbywają się w całkowitej ciszy.

## › CHWIEJNY WALEC

**Hasła kluczowe:** stroboskop, złożenie ruchów

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie służy do obserwacji ruchu obiektów w świetle stroboskopowym. Powietrze wtłaczane do pojemnika wydostaje się z niego ukośnymi dyszami. Dzięki temu powstaje wewnątrz powietrzny wir. Ponieważ walcowata bryła ma uskok w połowie swojej długości, najpierw zaczyna kręcić się na krawędzi uskoku zgodnie z zawirowaniami powietrza. Każde zaburzenie tego ruchu może z kolei sprawić, że walec zacznie obracać się także wokół swojej podłużnej osi, w kierunku przeciwnym do powietrza w pojemniku. W rezultacie dwa ruchy obrotowe i wir powietrza podnoszą jeden z końców klocka, tak że utrzymuje się on w równowadze.

Obraz wirującej bryły w pojemniku jest zamazany. Aby zobaczyć go wyraźnie, należy uruchomić stroboskop. Światło na moment pada na klocek i oko wychwytuje obraz. Jeżeli częstość błysków jest taka jak obrotów walca, odnosi się wrażenie, jakby bryła zastygła w miejscu.

## › KOT MARGOT

**Hasła kluczowe:** art&science, wahadło chaotyczne, kot

### **Przedmioty szkolne:**

Najważniejszym elementem instalacji autorstwa Arthura Gansona jest malutki fotel, który zachowuje się jak wahadło chaotyczne. Ramię, do którego jest przymocowany, porusza się jedynie w górę i w dół, a sam fotelik może obracać się swobodnie wokół punktu mocowania. Jego spowolnione ruchy, przypominające skakanie po powierzchni Księżyca, są nieprzewidywalne i nigdy się nie powtarzają. Układ został dokładnie zaprojektowany pod względem pędu i równowagi elementów.

Tytuł rzeźby odnosi się do Margot Clark, posiadaczki 10 kotów i pełnej życia optymistki, która wykładała historię sztuki na University of New Hampshire, do którego uczęszczał autor eksponatu – Arthur Ganson.

## › PRĄDY WIROWE

**Hasła kluczowe:** pole magnetyczne, elektromagnetyzm, prądy wirowe, indukcja elektromagnetyczna, prąd indukcyjny

### **Przedmioty szkolne:**

Płytką z metalu przesuwając się w dół pomiędzy magnesami, poddawana jest działaniu ciągle zmieniającego się pola magnetycznego. To wywołuje w niej ruch elektronów – prąd. Elektrony w płytce poruszają się po liniach zbliżonych do koła, stąd ich nazwa – prądy wirowe. Prąd wirowy wytwarza własne pole magnetyczne, które działa na magnesy w ekspozycji. Pola magnetyczne magnesów i prądu odpychają się, co spowalnia spadek dysku.

Ten efekt można zaobserwować jedynie w przedmiotach zbudowanych z materiałów przewodzących prąd, dlatego część z dysków, które testujesz, nie reaguje na pole magnetyczne.

Prądy wirowe są problemem w wielu urządzeniach elektrycznych, np. transformatorach. Z tego powodu zamiast jednego kawałka metalu stosuje się cienkie blaszki, które dodatkowo muszą być specjalnie izolowane, aby przeciwdziałać efektom prądów wirowych. Mechanizm wykorzystywany jest także w transporcie, np. systemach hamowania pociągów.

## › POCISK NA SPRĘŻONE POWIETRZE

**Hasła kluczowe:** sprężone powietrze, ciśnienie

### **Przedmioty szkolne:**

Za pomocą pompki powietrze tłoczone jest do zbiornika znajdującego się pod pomarańczowym pociskiem. To sprawia, że stopniowo rośnie ciśnienie. Po naciśnięciu guzika, stłoczone powietrze gwałtownie się uwalnia i pocisk startuje.

## › POCISK NA WODÓR

**Hasła kluczowe:** cząsteczka wody, jony, reakcja mieszania, reakcja wybuchowa, gaz

### **Przedmioty szkolne:**

Po uruchomieniu (za pomocą korbki) prądnicy, wytwarzany prąd. Przewody prądnicy są doprowadzone do naczynia z wodą. Pod wpływem napięcia elektrycznego cząsteczki wody rozpadają się na ujemnie naładowane jony tlenu i dodatnio naładowane jony wodoru. Jony się zbierają na odpowiednich elektrodach i – pod postacią gazu – są gromadzone w pojemnikach. Po naciśnięciu guzika, gazy mieszają się. Iskra uruchamia reakcję spalania wodoru, którego produktem jest para wodna. Jest to bardzo gwałtowna reakcja – wybuch wyrzuca pocisk w powietrze.

## › GORĄCY BALON

**Hasła kluczowe:** gęstość, gaz, siła wyporu, balon, różnica gęstości

### **Przedmioty szkolne:**

Po podgrzaniu balonu ucieka z niego część cząsteczek powietrza, tym samym zmniejsza się gęstość gazu wewnątrz balonu. Mniejsza gęstość oznacza, że powietrze zamknięte w czarnej balonu jest lżejsze niż powietrze na zewnątrz. Dlatego balon się unosi. Po chwili powietrze się schładza, różnica gęstości maleje i balon opada.

Objętość naszego balonu wynosi 2000 litrów, a różnica temperatur pomiędzy jego wnętrzem a otoczeniem – nawet 40 stopni Celsjusza. Balon może podnieść masę około 300 gramów, równą trzem tabliczkom czekolady. Najmniejsze balony żałogowe mają objętość trzysta razy większą, największe zaś mieszczą około 17 milionów litrów powietrza – to dwukrotnie więcej niż hala, w której znajduje się eksponat.

## › LEWITUJĄCY MAGNES

**Hasła kluczowe:** indukcja elektromagnetyczna, prądy wirowe

### **Przedmioty szkolne:**

Wewnątrz dwóch miedzianych belek znajduje się magnes. Po przyłożeniu do belki drugiego, zewnętrznego magnesu tuż nad magnesem wewnętrznym – ten „przykleja się” do górnej części belki. Aby zaczął lewitować, potrzebny jest ruch magnesu zewnętrznego. W miedzianej belce pojawiają się wtedy prądy wirowe. Wytwarzają one pole magnetyczne, które działa przeciwnie niż pole magnetyczne trzymanego przez zwiedzającego magnesu. Opór ten jest odczuwalny, podczas szybkiego przesuwania magnesu wzdłuż belki. Magnes wewnętrzny także poddawany jest zmiennemu polu magnetycznemu. Jego ruch przypomina pływanie, przesuwa się też z pewnym opóźnieniem. Odpowiednio nawigując magnesem,



można utrzymać go pomiędzy belkami eksponatu. Opisane zjawisko można badać także przy eksponacie „Prądy wirowe”.

## › POCIĄGAJĄCE PRZEWODY

**Hasła kluczowe:** elektromagnetyzm, przewodniki z prądem, indukcja elektromagnetyczna, natężenie prądu, wydzielanie ciepła

### **Przedmioty szkolne:**

Stanowisko, w którym znajdują się dwa równoległe przewody. Kiedy płynie prąd, wokół przewodów powstaje pole magnetyczne. Można to zobaczyć na umieszczonym w gablocie kompasie.

Po zbliżeniu do siebie dwóch przewodzących prąd kabli, pola magnetyczne wytwarzane wokół każdego z nich oddziałują ze sobą. Przyciągają się lub odpychają od siebie, podobnie jak dwa zwykłe magnesy mogą, w zależności od orientacji biegunów, przyciągać się lub odpychać.

Siła przyciągania i odpychania się przewodów zależy od natężenia prądu. Aby uzyskać widoczny efekt, musieliśmy zastosować na tyle duże natężenie, że kable mocno się rozgrzewają. Przerwy w działaniu urządzenia to czas na schłodzenie przewodów.

## › DRABINA JAKUBA

**Hasła kluczowe:** złudzenie elektryczność, napięcie, jonizacja powietrza, opór elektryczny, łuk elektryczny, różnica potencjałów, konwekcja

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie elektryczne zbudowane z dwóch metalowych prętów, ułożonych względem siebie na kształt litery V. Między prętami (elektrodami) jest wysokie napięcie, dlatego przeskakują między nimi iskry. Biegają po takiej drodze, na której prąd napotyka najmniejszy opór. Zwykle jest to najkrótsza droga, ale nie zawsze: w drabinie Jakuba tylko z początku iskry przeskakują tam, gdzie elektrody są najbliżej siebie, czyli na dole. Unoszące się, rozgrzane iskrami powietrze łatwiej się elektryzuje i stawia mniejszy opór. Dlatego wyładowania pojawiają się coraz wyżej.

Nazwa urządzenia, popularnej pomocy naukowej, nawiązuje do drabiny prowadzącej do nieba, która – jak opisuje Stary Testament – przyśniła się Jakubowi.

W eksponacie iskra powstaje u dołu elektrod, gdzie pole elektryczne jest najsilniejsze. Jego wartość wynosi kilkadziesiąt kilowoltów na centymetr. (W suchym powietrzu iskra powstaje, gdy natężenie pola elektrycznego przekracza około 30 kilowoltów na centymetr.) Ponieważ do elektrod stale doprowadzane są ładunki, to wyładowanie jest stale podtrzymywane i przyjmuje charakter łuku elektrycznego. Łuk elektryczny ma postać jasno świecącego kanału pomiędzy elektrodami. Kanał – podobny kanałowi iskrowego wyładowania atmosferycznego – jest wąskim obszarem, jakby cienkim sznurkiem, w którym powietrze jest w wysokim stopniu zjonizowane: składa się z jonów dodatnich (cząsteczek i atomów z niedomiarem elektronów) oraz elektronów. Ten stan materii nazywamy plazmą. Temperatura plazmy w łuku elektrycznym może sięgać kilku tysięcy stopni Celsjusza. Szczególnie wysoka jest temperatura miejsc, w których kanał wyładowania styka się z elektrodami; w tych miejscach elektrony i jony rozpędzone siłami elektrycznymi bombardują elektrodę.



## › NAJEŻONE CIECZE

**Hasła kluczowe:** ferromagnetyzm, elektromagnes, pole magnetyczne, NASA, inżynieria materiałowa

### **Przedmioty szkolne:**

Obecny w ekspozycji czarny płyn (ferrofluid) to zawiesina mikroskopijnych drobin ferromagnetyku, substancji ulegającej namagnesowaniu w oleistej cieczy. Widoczny w centrum komory trzpień to elektromagnes – urządzenie wytwarzające pole magnetyczne w wyniku przepływu prądu elektrycznego. Po przekręceniu pokrętła, drobiny z ferrofluidu przemieszczają się i ustawiają w określonym porządku w polu magnetycznym, ciągnąc za sobą ciecz i tworząc przestrzenne, jeżowate struktury.

Ferrofluid to wynalazek z 1963 roku, inżyniera z NASA, Steve'a Papella. Paliwo-ferrofluid, w stanie nieważkości, można było przyciągnąć do wlotu pompy paliwa przy pomocy elektromagnesów. Dziś ferrofluidy znajdują coraz szersze zastosowanie w inżynierii materiałowej, elektronice, przy projektowaniu urządzeń pomiarowych, w medycynie, optyce i sztuce.

## › TANIEC IGŁAMI

**Hasła kluczowe:** magnes, pole magnetyczne Ziemi, kompas, igła magnetyczna

### **Przedmioty szkolne:**

W okrągłego stolika umieszczono małe igły magnetyczne, które ustawiają się równolegle do linii pola magnetycznego Ziemi i wskazują północ. Po zbliżeniu magnesu, jego pole magnetyczne przeważa nad ziemskim. Igły obracają się w jego kierunku.

## › DOMOWA ELEKTROWNIA

**Hasła kluczowe:** prąd elektryczny, energia elektryczna, prądnica, elektrownia

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspozycja pozwala na uruchomienie czterech urządzeń elektrycznych: dzwonka, żarówki, głośnika i wiatraka. Prądnicę uruchamia się kręcąc korbką bądź pedałując na rowerze lub maszerując na stepperze. W prądnicach energia związana z ruchem jest zamieniana na energię elektryczną.

## › ELEKTROMAGNETYCZNE AKROBACJE

**Hasła kluczowe:** elektromagnetyzm, elektromagnes, indukcja elektromagnetyczna

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspozycja prezentuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej.

Pod metalowym panelem znajdują się cztery potężne elektromagnesy sterowane przez komputer. Są one wykonane z żelaznego rdzenia, wokół którego owinięty jest miedziany drut. Przez drut płynie prąd. Przepływ prądu w uzwojeniu powoduje powstanie pola magnetycznego. Parametry prądu (amplitudę, częstotliwość, przesunięcie w fazie) są kontrolowane za pomocą pokręteł.

Wszystkie parametry prądu mają wpływ na pole magnetyczne wytwarzane przez elektromagnesy.

## › RYSOWANIE NA PIASKU

**Hasła kluczowe:** ruch obrotowy, układ odniesienia, piasek, złożenie ruchów, zmiana perspektywy

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат ma formę stołu o kształcie nieregularnego sześciokąta. Na jego blacie znajduje się duża ilość drobnego piasku.

W blacie stołu umocowane są trzy koliste tarcze/talerze. Przy użyciu bardzo prostych narzędzi, a także własnymi dłońmi zwiedzający kreują wzory na powierzchni obracających się, przysypanych piaskiem talerzy. Szybkość obrotów talerza można regulować.

Doświadczenia, które można (i warto) wykonywać przy użyciu eksponatu należą do kategorii otwartych. Generalnie ekspонат służy kreacji i uczy poprzez kreację. Użytkownik zaznajamia się z ruchem obrotowym wprost, w sposób (dostownie) namacalny. Widok niebanalnych figur powstających przy rysowaniu palcem na poruszającym się piasku sprawia, że ekspонат wciąga zwiedzających w proces twórczy. Można spodziewać się, że wciągnięcie do zabawy większości użytkowników nie będzie wymagało żadnych specjalnych zabiegów.

Przy objaśnianiu tworzenia figur można posługiwać się językiem matematyki, tzn. m.in. nazywać figury, które użytkownik rysuje lub które stara się narysować. Można także – i zapewne warto – mówić o powstawaniu figur, stosując pojęcie układu odniesienia. W przypadkach przeprowadzanych tu doświadczeń przydatne będzie rozpatrywanie ruchu rylca w odniesieniu do układu związanego ze stołem oraz układu związanego z obracaną tarczą.

## › TRZY KULKI NA SZNURKU

**Hasła kluczowe:** ruch harmoniczny, częstotliwość własna, ruch obrotowy, wahadło

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат to układ trzech kulek umieszczonych (jedna pod drugą) na wspólnym sznurku. Sznurek przymocowany jest do obracającej się tarczy, a całość umieszczona wysoko pod sufitem. Użytkownik może regulować częstotliwość z jaką obraca się tarcza. Cały układ przyjmuje różne mody ruchu (porusza się jedna, dwie lub trzy kulki), odpowiadające różnym częstotliwościom własnym układu.

Ekspонат polega na obserwacji układu kulek przy powolnym zwiększaniu prędkości obrotowej, a następnie przy jej powolnym zmniejszaniu. Dzięki dwukrotnemu przejściu przez zakres zmian, od 25 do 125 obrotów na minutę, i na powrót do 25 obrotów, użytkownik może wyrobić sobie samodzielnie pogląd na powtarzalność obserwowanych zjawisk.

## › NAJSZYBSZA ZJEŹDŹALNIA

**Hasła kluczowe:** brachistochrona, krzywa najkrótszego spadku, cykloida

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie składa się z trzech, różnych zjeżdżalni. Zadaniem zwiedzającego jest zbadanie, który kształt zjeżdżalni jest optymalnym torem tj. po którym torze kulka stoczy się najszybciej. Optymalnym torem okazuje się odwrócona cykloida – krzywa, którą rysuje punkt położony na obwodzie toczącego się koła.

Zagadkę wyboru najszybszej trasy zjazdu pomiędzy dwoma punktami rozwiązali (niezależnie od siebie) Jakob Bernoulli – twórca podstaw rachunku prawdopodobieństwa, Isaac Newton

– odkrywca prawa powszechnego ciężenia i Gottfried Leibniz – ojciec rachunku różniczkowego.

## › COPERNICHAOS

**Hasła kluczowe:** teoria chaosu, Układ Słoneczny, art&science

### **Przedmioty szkolne:**

Jest to artystyczna interpretacja teorii chaosu. Pod plastikową półkulą znajduje się trójwymiarowy model Układu Słonecznego, który autorka – Mary Ziegler – wykonała na podstawie rysunku pochodzącego z rękopisu Mikołaja Kopernika „O obrotach sfer niebieskich”.

## › CZTERY PORY ROKU

**Hasła kluczowe:** Układ Słoneczny, Ziemia, Księżyc, ruch obiegowy, pory roku

### **Przedmioty szkolne:**

Model układu Słońce-Ziemia. Umożliwia obserwację zmian oświetlenia Ziemi w różnych porach roku.

## › DRGAJĄCE PIERŚCIENIE

**Hasła kluczowe:** rezonans, drgania, częstotliwość dźwięku, trzęsienia ziemi

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie składa się z głośnika i umieszczonych na nim metalowych pierścieni o różnych średnicach. Po włączeniu głośnika pierścienie zaczynają ledwo zauważalnie drgać. Po zmianie częstotliwości głośnika, można uzyskać mocniejszy efekt: nagle jeden z pierścieni zaczyna bardzo wyraźnie podskakiwać. Kiedy drobne drgania nakładają się na siebie, następuje wzmocnienie. To zjawisko nazywa się rezonansem. Częstotliwość rezonansowa zależy od masy i sprężystości przedmiotu.

Głośnik wysyła falę dźwiękową (tzn. akustyczną) o częstotliwości zadanej przez użytkownika. Fala ta polega na zgęszczeniach i rozrzedzeniach powietrza przemieszczających się w powietrzu z szybkością około 330 m/s. Wywołuje wrażenie dźwięku. Tego dźwięku w warunkach wystawy niemal nie słychać, gdyż jest stłumiony przez obudowę.

Fala padająca na kolistą podstawę pierścieni wywołuje (czyli wymusza) jej drgania. Dalej drgania te przenoszone są na sprężyste pierścienie.

Pierścienie różnią się średnicami. Każdy z nich można wprawić w drgania własne, np. uderzając go i chwilę czekając. Wówczas (ściślej po bardzo krótkim czasie) z szerokiego spektrum częstotliwości drgań pozostaje drganie o częstotliwości własnej; inne drgania są szybko tłumione.

## › EFEKT FOTOELEKTRYCZNY

**Hasła kluczowe:** efekt fotoelektryczny, fotefekt, fotony, teoria korpuskularno-falowa, Albert Einstein, mechanika kwantowa

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie pozwala na obserwację zjawiska wybijania elektronów z metalu przez światło.

Odkrycie i wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego przyczyniło się do rozwoju korpuskularno-falowej teorii materii. Za odkrycie praw efektu fotoelektrycznego Einstein otrzymał w roku 1921 nagrodę Nobla.

## > FALOWNICA

**Hasła kluczowe:** fale na wodzie, załamanie fali, ruch harmoniczny

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwia obserwację (z boku i w przekroju) poruszającej się fali wodnej. Można także zobaczyć, jak fala się załamuje.

## > FIGURY LISSAJOUS

**Hasła kluczowe:** krzywa Lissajous, krzywa parametryczna, drgania harmoniczne

### **Przedmioty szkolne:**

Świecący pręt drga jednocześnie w dwóch prostopadłych kierunkach, „rysując” charakterystyczny wzór, który należy do grupy tak zwanych figur Lissajous. Pręt zamocowany jest na dwóch prostopadłych do siebie blaszkach, które mają różną sprężystość. Dzięki temu częstotliwości drgań pręta pozostają do siebie w stosunku 2: 3. Oznacza to, że w czasie, w którym pręt wykonuje dwa drgania w jednym kierunku, w drugim (prostopadłym) wykonuje trzy.

## > FOTOKOMÓRKA

**Hasła kluczowe:** efekt fotoelektryczny, filtry, światło widzialne, częstotliwość fali elektromagnetycznej, fala elektromagnetyczna, podczerwień

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie demonstrujące zasadę działania fotokomórki.

## > JAK WYKOPAĆ DOŁEK W WODZIE

**Hasła kluczowe:** ruch obrotowy, bezwładność, wypadkowa sił, powierzchnia ekwipotencjalna

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwia obserwację powierzchni płynu w wirującym naczyniu (naczynie ma kształt cienkiego prostopadłościanu).

Powierzchnia cieczy ustawia się prostopadle do sumy działających na nią w danym miejscu sił. Jeżeli naczynie stoi bez ruchu, na płyn działa siła grawitacji (działająca pionowo). Powierzchnia płynu pozostaje więc pozioma. Jednak na ciecz w wirującym pojemniku działają dodatkowe siły związane z ruchem obrotowym: im dalej od osi obrotu, tym siły są większe. Krzywa prostopadła do sumy wszystkich tych sił ma kształt widocznej w naczyniu paraboli. Urządzenie pozwala także na obserwację zachowania płynu w naczyniu podczas gwałtownych zmian (takich jak nagłe zatrzymanie lub energiczna zmiana kierunku wirowania naczynia).

## › KOMORA MGŁOWA

**Hasła kluczowe:** komora mgłowa, komora Wilsona, komora kondensacyjna, promieniowanie jądrowe, cząstki elementarne, promieniowanie jonizujące, pozyton,

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат ujawnia przed użytkownikiem świat elektrycznie naładowanych cząstek materii poruszających w rozmaite strony. To świat znany dziś dobrze fizykom – zwłaszcza tym fizykom doświadczalnym i teoretycznym, którzy badają fundamentalne oddziaływania najmniejszych składników materii.

Komora mgłowa wypełniona jest oparami alkoholu, który znajduje się w stanie bliskim skroplenia (nazywanym stanem przesyconym). Gdy elektrycznie naładowana cząstka przelatuje przez powietrze zawarte w komorze, z cząsteczek powietrza i alkoholu wybija elektrony, pozostawiając dodatnio naładowane jony. Drobiny te pełnią rolę załączków kondensacji. Wokół jonów tworzą się kropelki alkoholu, powstają mgiełki. Rejestracja śladów naładowanych cząstek pozwala poznawać procesy, w których cząstki powstają, oddziałują, zanikają. Zwiedzający ogląda w komorze mgłowej ślady, które pozostawiają po sobie naładowane cząstki materii. To promieniowanie ma dwa źródła. Jednym jest nieustanne bombardowanie Ziemi promieniowaniem z Kosmosu. Drugim są substancje promieniotwórcze obecne w ziemskiej materii, także i w ziemskiej atmosferze.

## › KOSMICZNY LEJ

**Hasła kluczowe:** ruch obiegowy, orbita, planeta, planetoida, kometa,

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат umożliwia badanie ruchu kulki wewnątrz sporej wielkości leja (o średnicy około 1 metra). Orbita kulki zależy od tego, z jaką prędkością i w jakim kierunku zostanie popchnięta. Kulka krąży tym szybciej, im bliżej zagłębienia leja się znajduje.

## › LENIWE KOŁA

**Hasła kluczowe:** moment bezwładności, oś obrotu, rozłożenie masy, koło zamachowe, dynamika

### **Przedmioty szkolne:**

Stanowisko składa się z dwóch równoległych torów, po których toczą się dwa koła (o takiej samej masie), w których można zmieniać rozłożenie masy względem osi obrotu. O tym jak prędko obraca się koło, decyduje sposób rozłożenia masy względem osi obrotu. Im bardziej na zewnątrz znajdują się ciężarki, tym trudniej rozpędza się kółko (czyli wolniej startuje). Co ciekawe, kiedy już się rozpędzi, trudniej je zatrzymać.

## › LEWITUJĄCY BĄCZEK

**Hasła kluczowe:** ruch obrotowy, zasada zachowania momentu pędu, pole magnetyczne, magnetyzm, równowaga niestabilna

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest przykładem dużego i efektownego lewitronu, zabawki wynalezionej przez Roya Harrigana.

Bączek stawia się na podstawce, wprawia go w ruch wirowy, a następnie unosi się podstawkę do góry wraz z kręcącym się na niej bączkiem. Teraz podstawkę można usunąć, a bączek pozostanie w stanie lewitacji. Magnes w bączku jest zwrócony biegunem jednoimiennym do magnesu w podstawie, a więc jest od niej odpychany ku górze. Ruch wirowy bączka jest potrzebny tylko do zapobieżenia odwróceniu się zabawki i połączeniu z podstawą biegunem różnoimiennym. W wyniku tarcia powietrza następuje zmniejszenie się prędkości wirowania, utrata stabilności i upadek. Czas lewitacji jest zależny przede wszystkim od energii, ruchu obrotowego oraz od rozmiaru bączka (a więc powierzchni, która stwarza tarcie). Zbyt mała prędkość obrotowa bączka spowoduje jego odwrócenie się, co spowoduje pojawienie się sił przyciągania, natomiast prędkość zbyt duża spowoduje, że bączek wyleci z centrum na zewnątrz i w konsekwencji upadnie poza podstawą z braku odpychającego go pola magnetycznego. Warunki stabilnej lewitacji bączka opisuje skomplikowany aparat matematyczny.

## › ŁAŃCUCH-LASSO

**Hasła kluczowe:** fala, łańcuch, art&science, mechanika, koło rowerowe, propagacja fali, fala stojąca, fala poprzeczna, fala biegnąca

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат stworzony przez amerykańskiego artystę Normana Tucka. Zbudowany jest z długiego łańcucha przewieszzonego przez obracające się rowerowe koło (umieszczone na około 2,5 m wysokości).

Gdy poruszający się łańcuch zostanie popchnięty, powstanie wybrzuszenie, jakby łańcuch „zapamiętał” miejsce, którego powinien „unikać”. Tworzy się fala. Fala w poruszającym się łańcuchu zachowuje się inaczej niż fala w łańcuchu nieruchomym. Wybrzuszenie zachowuje swoją pozycję w miejscu, gdzie łańcuch był dotknięty, ponieważ nakładają się dwa ruchy – ruch fali w jedną stronę oraz ruch łańcucha w drugą. W rezultacie, dla zewnętrznego obserwatora, fala podróżująca w kierunku przeciwnym do kierunku przemieszczania się łańcucha zachowuje tę samą pozycję. Jednocześnie fala podróżująca zgodnie z ruchem łańcucha biegnie tak szybko, że trudno ją dostrzec. Jeżeli wybrzuszenie powędruje wolno na dół, zmieni się jego kształt. To dlatego, że w dolnej części naprężenie łańcucha jest większe.

## › ŁÓDŹ PODWODNA

**Hasła kluczowe:** łódź podwodna, prawo Archimedesesa, zbiornik balastowy, pływalność

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie pozwala na zanurzenia i wynurzenia modelu łodzi podwodnej. Po wttoczeniu wody do zbiorników balastowych łódź zwiększa się jej całkowita masa i łódź się zanurza. Po wypuszczeniu wody ze zbiorników łódź wynurza się na powierzchnię.

## › MAGNETYCZNA CHMURA

**Hasła kluczowe:** magnetyzm, ferromagnetyzm, magnes

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат składa się z dużego przezroczystego zbiornika wypełnionego bezbarwnym płynem oraz czarnym proszkiem. Drobiniki czarnego proszku to substancja, która sama z siebie nie wykazuje cech magnesu. Jednak gdy znajdzie się w polu magnetycznym wytwarzanym

przez inny obiekt, wykazuje własności magnetyczne. Każda drobinka ustawia się zgodnie z liniami pola magnetycznego, tworzonego przez przykładane magnesy, dzięki temu zwiedzający może tworzyć z proszku wzory i jeżowate struktury. Po odsunięciu magnesu, drobinki przestają być namagnesowane i proszek opada na dno zbiornika.

## › NIESFORNA WALIZKA

**Hasła kluczowe:** żyroskop, dynamika, oś obrotu, ruch obrotowy

### **Przedmioty szkolne:**

Walizka z umieszczonym wewnątrz sztywnym obracającym się krążkiem (żyroskopem). Zadaniem zwiedzającego jest przejście z walizką po galerii i odłożenie jej na miejsce. Okazuje się to znacznie trudniejsze, niż można przypuszczać. Jakakolwiek zmiana kierunku (np. skręt) powoduje zmianę ułożenia osi obrotu żyroskopu, przez co walizka „odbija” w drugą stronę. Wyzwaniem jest również odłożenie walizki na miejsce.

W sąsiadującym ekspozycje „Podwójny żyroskop” można zobaczyć jak wygląda żyroskop.

## › NIESPRAWIEDLIWY WYŚCIG

**Hasła kluczowe:** brachistochrona, krzywa najkrótszego spadku, cykloida, tautochrona

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie zbudowane jest z dwóch jednakowych „zjeżdżalni” w kształcie cykloidy. Doświadczenie polega na badaniu zachowania się kul toczących się po obu torach. Okazuje się, że niezależnie od tego, w którym miejscu toru ustawione zostaną kule (np. jeden punkt startowy wyżej, drugi niżej) – jeżeli wypuszczone zostaną w tym samym momencie, to dotrą do najniższego punktu toru równocześnie. Jest to własność krzywej zwanej tautochroną.

## › PIPEDREAM

**Hasła kluczowe:** Art&Science

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspozycja autorstwa amerykańskiego artysty Bruca Shapiro. Na rurkowym wyświetlaczu kinetycznej instalacji wyświetlają się m.in. wizerunki Mony Lisy czy Marilyn Monroe, złożone z pęcherzyków powietrza. Istnieje możliwość „wyświetlenia” portretu zwiedzającego. Wystarczy zrobić sobie zdjęcie. Po pewnym czasie portret pojawia się na rurkowym wyświetlaczu.

## › PIRUETY

**Hasła kluczowe:** prędkość

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspozycja służy do badania prędkości obrotów układu w zależności od rozłożenia masy (układu) względem osi obrotu. Układ tworzą użytkownik i obracająca się platforma. W zależności od pozycji, którą przyjmuje użytkownik układ obraca się szybciej (użytkownik wyprostowany) lub wolniej (odchylenie sylwetki od osi obrotu).



## › PODWÓJNY ŻYROSKOP

**Hasła kluczowe:** żyroskop, dynamika, oś obrotu, ruch obrotowy, moment bezwładności

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie składa się z obrotowego stożeczka i żyroskopu (szybko obracający się krążek). Użytkownik rozpędza krążek w stacji napędowej i siada na obrotowym krześle. Przy zmianie kierunku nachylenia osi obrotu (wyznacza ją uchwyt krążka) użytkownik odczuwa siłę, która utrudnia zmianę położenia osi obrotu. Jest to siła żyroskopowa, która powstaje w szybko wirującym krążku. Użytkownik siedzący na obrotowym stożeczku i rozkręcone koło stanowią jeden układ. Gdy używając siły własnych mięśni przechyla koło, ono „odpowiada” przeciwnie działającą siłą, obracając całym układem. W rezultacie suma energii w układzie, który tworzy koło, użytkownik i krzesło, pozostaje stała.

W tym eksponacie żyroskop zbudowany jest z dwóch krążków. Istnieje możliwość rozkręcenia dwóch krążków w tym samym kierunku i powtórzenia doświadczenia rozkręcając krążki w przeciwnych kierunkach.

## › PRĘCIKI LISSAJOUS

**Hasła kluczowe:** krzywa Lissajous, krzywa parametryczna, drgania harmoniczne

### **Przedmioty szkolne:**

Sześć pręcików, z których każdy drga w dwóch prostopadłych kierunkach, „rysując” charakterystyczny wzór, który należy do grupy tak zwanych figur Lissajous. Każdy z prętów jest inaczej skonstruowany, dlatego inaczej drga i zakreśla inne figury. Mówią o tym liczby umieszczone na eksponacie przy każdym z pręcików. Przykładowo: zapis 1:2 oznacza, że pręt na każde jedno wahnięcie w kierunku góra-dół, wykonuje dwa wahnięcia lewo-prawo.

Program do kreślenia krzywych Lissajous: <http://lissajousfigures.tk/>

## › PUNKT CURIE

**Hasła kluczowe:** temperatura Curie, własności magnetyczne, ferromagnetyzm, nikiel, wahadło, temperatura

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie demonstruje zmianę własności niklu wraz ze zmianą temperatury. Płytką niklu jest podgrzewana palnikiem. Nikiel to ferromagnetyk. Jest to metal, który w polu magnetycznym ulega namagnesowaniu. Jednak ferromagnetyk traci swoje właściwości, gdy zostanie podgrzany do pewnej granicznej temperatury (charakterystycznej dla danego metalu). Dla niklu są to 324°C.

Eksponat jest wahadłem, którego część stanowi niklowa płytka. Podgrzane wahadło odpada od magnesu i poruszając się, stygnie. Kiedy płytka osiągnie niższą temperaturę, ponownie przyciąga ją magnes i ruch wahadła ustaje. Temperatura, w której ferromagnetyk przestaje reagować na pole magnetyczne nosi nazwę punktu Curie, od nazwiska odkrywcy tego zjawiska – Piotra Curie (męża Marii Skłodowskiej-Curie).

## › ROWEROWE PRZEKRĘTY

**Hasła kluczowe:** żyroskop, dynamika, oś obrotu, ruch obrotowy

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie składa się z obrotowego stołka oraz kilku rowerowych kół umieszczonych na stojaku. Użytkownik siada na stołku i bierze do ręki rozkręcone koło. Przy zmianie kierunku nachylenia osi obrotu (wyznacza ją uchwyt koła) odczuwa siłę, która utrudnia zmianę położenia osi obrotu. Jest to siła żyroskopowa, która powstaje w szybko wirującym krążku. Użytkownik siedzący na obrotowym stołku i rozkręcone koło stanowią jeden układ. Gdy, używając siły własnych mięśni, przechyla koło, ono „odpowiada” przeciwnie działającą siłą, obracając całym układem. W rezultacie suma energii w układzie (który tworzą koło, użytkownik i krzesło) pozostaje stała.

## › SKACZĄCA KULKA

**Hasła kluczowe:** mechanika, dynamika, ruch, tłumienie, odbicie, grawitacja, funkcja wykładnicza, matematyka, fizyka, częstotliwość, dźwięk, zderzenie niesprężyste

### **Przedmioty szkolne:**

Eksperymentujący swobodnie puszcza niewielką stalową kulkę, a następnie obserwuje zmianę wysokości, częstotliwości oraz dźwięku odbić. Kulka w zderzeniu ze stalową płytą traci część energii i dlatego za każdym razem podskakuje niżej niż wcześniej. Wysokość skoków naszej kulki zmniejsza się o około 4 % poprzedniej wysokości. Aby straty energii przy odbiciu były minimalnie, zarówno płyta jak i kulka zostały wyprodukowane ze specjalnie hartowanej stali.

Eksponat to solidny postument na którym umocowany jest duży blok granitu będący masą bezwładną. Do niego przytwierdzona jest specjalnie utwardzona metalowa płyta. Ponad płytą zamocowano przezroczysty blat z wyciętym otworem, ułatwiający użytkownikowi puszczenie metalowej kulki z odpowiedniej wysokości.

## › STACZANIE POD GÓRĘ

**Hasła kluczowe:** środek ciężkości, grawitacja, ruch, dynamika, stożek

### **Przedmioty szkolne:**

Lekko nachylony tor, po którym toczy się bryła (dwa identyczne stożki złączone ze sobą przy podstawach). Obserwator odnosi wrażenie jakby bryła sama wtaczała się pod górę – jakby przecząc prawom grawitacji. Nie ma to nic wspólnego z łamaniem praw grawitacji. Szyny się lekko rozszerzają i choć bryła przesuwa się w górę, jej środek ciężkości opada.

## › STROBOSKOPOWY SZNUREK

**Hasła kluczowe:** stroboskop, drgania

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie składa się ze stroboskopu, linki umocowanej na dwóch końcach oraz mechanicznego układu wprawiającego linkę w ruch (ruch przypomina rozkręconą skakanę), istnieje możliwość regulacji długości, naciągu linki oraz prędkości z jaką się obraca.

Ruch linki można obserwować w świetle dziennym – nasz wzrok scala ruch obracającego

się sznurka w ciągły obraz. Za pomocą światła stroboskopowego można obracający się sznurek „zatrzymać”. Wystarczy aby częstotliwość błysków i częstość obrotów sznurka były takie same.

## › SYZYFOWA PRZEKŁADNIA

**Hasła kluczowe:** mechanika, przekładnie, koła zębate, maszyny proste

### **Przedmioty szkolne:**

Układ wielu połączonych ze sobą kół zębatach. Koła są tak dobrane, że każde następne jest większe od poprzedniego i obraca się 2,5 raza wolniej. Ostatnie porusza się prawie niezauważalnie. Potrzeba wielu obrotów aby sztabka przesunęła się, uwolniła młotek i rozbiła wazon.

## › ŚMIGIEŁKO

**Hasła kluczowe:** stroboskop, śmigło, częstotliwość, ruch obrotowy

### **Przedmioty szkolne:**

Urządzenie umożliwia obserwację obrotów śmigła w świetle stroboskopowym. Istnieje możliwość regulowania prędkości obrotów śmigła i częstotliwości błysków światła. Przy odpowiednim dobrze prędkości obrotów śmigła i częstotliwości błysków światła można „zatrzymać” śmigło.

## › UNIEŚ SAM SIEBIE

**Hasła kluczowe:** maszyny proste, bloczki, mechanika, wielokrążek

### **Przedmioty szkolne:**

Dwa krzesetka umieszczone na linach. Zadaniem zwiedzającego jest uniesienie do góry za pomocą lin samego siebie. Żeby unieść ładunek za pomocą pojedynczego bloku, trzeba ciągnąć linę z siłą równą ciężarowi ładunku. Jedno z krzesetek zawieszono jest na linie za pomocą wielokrążka. Układ wielu bloków – wielokrążek – znacznie ułatwia pracę. Ten sam ładunek można dźwignąć, używając znacznie mniejszej siły.

## › UTRZYMAJ PION

**Hasła kluczowe:** moment bezwładności, oś obrotu, rozłożenie masy, środek ciężkości, dynamika

### **Przedmioty szkolne:**

Kijek z umieszczonym ruchomym ciężarkiem. Zadaniem zwiedzającego jest utrzymanie kijka w pionie. Kijek tracąc równowagę, obraca się wokół jednego punktu (na dłoni lub palcu). Im dalej od punktu obrotu ustawiony jest ciężarek, tym wolniej się przemieszcza. Na tyle wolno, że jest wystarczająco dużo czasu na przesunięcie ręki w taki sposób, by kijek złapał równowagę.

Doświadczenie 1 | Użytkownik opiera pręt na wyciągniętej dłoni i stara się jak najdłużej utrzymać go w położeniu pionowym. Bada jak łatwo utrzymuje pręt w równowadze, gdy masywny pierścień znajduje się u dołu pręta, na jego środku lub u góry.

Doświadczenie 2 | Dla grupy liczącej dwoje użytkowników. Wyznaczają oni (ilościowo, notując wyniki pomiarów) korelację pomiędzy czasem utrzymania pręta w położeniu pionowym, a wysokością, na której umieszczono pierścień.

## › ZAKRĘCONE CIECZE

**Hasła kluczowe:** ruch turbulenty, ciecz, wir, lepkość

### **Przedmioty szkolne:**

Cienki zbiornik, o przekroju kołowym, w którym znajduje się płyn. Dla użytkownika widoczne jest koło, a w nim płyn. Kołem można zakręcić.

Wzory, które można zaobserwować, powstają niemal wszędzie w przyrodzie – podobnie wygląda ślad, jaki zostawia na wodzie pająk nartnik i materia wyrzucana przez umierające gwiazdy.

Im szybciej porusza się ciecz i im większą ma lepkość, tym bardziej zwariowany i pełen zawirowań staje się jej przepływ. Cząsteczki płynu zderzają się i mieszają – obserwujemy ruch turbulenty. Choć od ponad stu lat znamy równania opisujące ruch cieczy, ciągle nie umiemy ich rozwiązać. Na tego, komu się to uda, czeka obiecująca nagroda – równy milion dolarów ufundowany przez Instytut Matematyczny Claya. Jest to jeden z siedmiu tzw. problemów milenijnych, czyli siedmiu zagadnień matematycznych za których rozwiązanie oferowana jest zawrotna suma pieniędzy.

## › ZĄB ZA ZĄB

**Hasła kluczowe:** mechanika, przekładnie, koła zębate, maszyny proste

### **Przedmioty szkolne:**

Układ kilku różnej wielkości kół zębatach. Zadanie polega na dopasowaniu do siebie kół, w taki sposób aby uruchomić jedno z urządzeń znajdujących się w gablocie. Urządzenia te podłączone są do układu zębatek.

## › ZOBACZ CIEPŁO

**Hasła kluczowe:** prąd konwekcyjny, gęstość cieczy, temperatura, wymiana ciepła, klimat, pogoda

### **Przedmioty szkolne:**

Zbiornik wypełniony wodą. W zbiorniku znajduje się grzałka.

Na ekranie widać, co się dzieje z wodą podgrzewaną grzałką umieszczoną na końcu stałego pręta. Widać gwałtowne ruchy, wiry i prądy. Woda porusza się do góry. Podgrzewane cząsteczki zaczynają się gwałtownie poruszać, zajmują przez to więcej miejsca. W konsekwencji lokalnie zmniejsza się gęstość wody, woda staje się lżejsza i unosi się.

## › MYDLANA ŚCIANA

**Hasła kluczowe:** błona mydlana, interferencja światła, optyka, światło, fala, długość fali, iryzacja

### **Przedmioty szkolne:**

Ogromna błona mydlana rozciągająca się na dwie kondygnacje budynku. Aby rozciągnąć

błonę mydlaną na ramie dwie osoby ciągną za linki.

Możliwa jest interakcja między osobami znajdującymi się na parterze i na 1 piętrze. Osoby znajdujące się na 1 piętrze mogą dmuchać na powierzchnię błony mydlanej – tworzy się wybrzuszenie, z którego powstaje ogromna bańka mydlana.

## › MYDLANE LUSTRO

**Hasła kluczowe:** błona mydlana, interferencja światła, optyka, światło, fala, długość fali, iryzacja

### **Przedmioty szkolne:**

Stanowisko służące do tworzenia błony mydlanej o powierzchni około 0,5 m<sup>2</sup>. Aby rozciągnąć błonę mydlaną na ramce należy powoli ciągnąć za linkę. Powstaje cienka błona mydlana, w której można przeglądać się jak w lustrze. Na powierzchni tworzą się kolorowe wzory.

Tęczowe prążki to wynik nakładania się promieni świetlnych odbitych od wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni błonki.

To, jakie kolory zobaczymy, zależy od grubości błony i kąta, pod którym pada na nią światło. Powierzchnia nieustannie się mieni, bo cały czas się porusza, a jej grubość się zmienia, gdy ścieka i paruje tworzący ją płyn. Gdy ścianka bani zrobi się bardzo cienka, promienie światła odbite od jej wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni wygaszają się wzajemnie. Dlatego u schyłku istnienia błona traci kolory.

## › PRZEWROTNA KULKA

**Hasła kluczowe:** dynamika, energia, zasada zachowania energii

### **Przedmioty szkolne:**

Trzy kulki różnych wielkości „nawleczonych” na bardzo cienką stalową linę. Patrząc od podłogi kulka największa znajduje się najniżej, najmniejsza najwyżej. Doświadczenie może przebiegać w dwóch etapach. Najpierw należy podnieść najmniejszą kulkę na wysokość kilkunastu centymetrów i ją upuścić. Energia spadającej kuli zależy od jej prędkości i masy. Im większą energię ma kula, tym wyżej się odbije. Drugi etap doświadczenia to upuszczenie z podobnej wysokości naraz wszystkich trzech kul. W tej sytuacji, w momencie odbicia od podłogi najmniejsza z kul przejmuje energię pozostałych kul, dzięki czemu odbija się znacznie wyżej, niż gdyby odbiła się sama.

## › PÓŁKULE MAGDEBURSKIE (MAGDEBURG HEMISPHERES)

**Hasła kluczowe:** półkule, powietrze, ciśnienie

### **Przedmioty szkolne:**

Dwie niewielkie metalowe czasze, wyposażone w uchwyty, służą jako półkule.

Użytkownik, przyłożywszy je do siebie, ręczną pompką usuwa spomiędzy nich powietrze. Podczas pompowania mierzy ciśnienie powietrza zawartego pomiędzy czaszami. Następnie próbuje rozerwać półkule bądź sam, bądź wspólnie z innym eksperymentatorem. Przekonuje się, że jest to nietatwe.

## › TONĄCY STATEK (FLOATING ON AIR)

**Hasła kluczowe:** powietrze, równowaga, siła ciężkości, siła, gęstość cieczy, łódź

### **Przedmioty szkolne:**

Użytkownik bada pływanie modelu statku w wodzie zawierającej wiele pęcherzyków powietrza i przekonuje się, że jeśli pęcherzyków jest dostatecznie dużo, to model statku tonie.

Statek unoszący się na powierzchni wody, pozostaje w równowadze. Ziemia ciągnie go w dół siłą ciężkości, a woda pcha go w górę siłą wyporu. Siła ciężkości i siła wyporu działają przeciw sobie. Równoważą się, tzn. ich efekt jest taki, jakby nie działała żadna z nich. W konsekwencji statek spoczywa. Jeśli zmienimy jedną z tych sił (nie zmieniając drugiej), siły przestaną się równoważyć. Tak dzieje się w przeprowadzanym doświadczeniu.

Niezwykle istotny wpływ na siłę wyporu ma gęstość cieczy, która wypiera ciało. Im większa gęstość cieczy, tym silniej wypierane jest ciało. W przypadku doświadczenia z tonącym statkiem dokonujemy zmniejszamy gęstość cieczy przez wprowadzenie do niej pęcherzyków powietrza. Ich obecność powoduje, że siła wyporu maleje. Gdy staje się mniejsza od ciężaru łodzi, łódź tonie.

## › ŻEGLOWANIE (SAILING)

**Hasła kluczowe:** prąd powietrza, dmuchawy, wiatr

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат, przy użyciu którego użytkownik bada ruch modeli statków żaglowych napędzanych prądem powietrza. Modele statków (łodzi) przypominają budowę bojery; wyposażono je jednak nie w płoty, a w koła. Dla badania ruchu modeli przygotowano prostokątny „akwen”. Wzdłuż jednego z jego boków stoi rząd dmuchaw. Wytwarzają one prąd powietrza symulujący wiatr. Użytkownik eksponatu umieszcza model łodzi na krawędzi akwenu tak, by był napędzany. Może ustawiać model w rozmaitych kierunkach względem wiatru.

Wiatr może napędzać model łodzi w rozmaitych kierunkach. Łódź może płynąć z wiatrem, może płynąć prostopadle do kierunku wiatru. Może także płynąć pod kątem ostrym do wiatru. Byłe nie był on zbyt mały. W ekspozycji najostriejszy kąt, pod którym można płynąć pod wiatr wynosi około 40 stopni.

## › WCIĄGAJĄCE SKRZYDŁO (WING SUCTION)

**Hasła kluczowe:** dmuchawa, ciśnienie, powietrze

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат zawieraj bryłę przypominającą profil samolotowego skrzydła. Jej dolna powierzchnia jest płaska, górna wypukła. Wewnątrz bryły umocowana jest pionowo rura. W pewnym oddaleniu od tej bryły znajduje się dmuchawa wytwarzająca prąd powietrza. Powietrze z dmuchawy płynie w przybliżeniu poziomo. Użytkownik wkłada piłeczkę do rury od dołu. Jeśli strumień powietrza jest dostatecznie silny, piłeczka zostaje zassana i po ułamku sekundy wylatuje górnym otworem.

Przyczyną zasysania jest szybki przepływ powietrza ponad górnym wylotem rury. Przepływ ten sprawia, że ciśnienie przy górnym wylocie rury jest niższe od atmosferycznego, które działa od dołu. W wyniku różnicy ciśnień piłeczka zostaje przyspieszona ku górze i zwykle wylatuje przez górny otwór rury, gdzie porywa ją strumień powietrza.



## › FONTANNA PIŁEK (BALL FOUNTAIN)

**Hasła kluczowe:** dmuchawa, zasysanie, ciśnienie

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат jest stolikiem wyposażonym w akcesoria służące badaniu zjawiska polegającego na zasysaniu piłek przy zastosowaniu dmuchawy.

W blacie stolika umocowano pionowo obustronnie otwarty odcinek rury. Pod jego dolnym otworem umieszczono pojemnik na piłki. Użytkownik dysponuje dmuchawą, której końcówką może manipulować, dowolnie ją ustawiając. Z dmuchawy wyptywa strumień powietrza. Zadaniem użytkownika jest tak ustawić końcówkę dmuchawy, aby piłeczki znajdujące się pod rurą były zasysane do wnętrza rury, leciały przez nią i opuszczały ją przez górny otwór.

Piłeczka przemieszcza się w górę pod wpływem różnicy ciśnień powietrza działającego na piłeczkę od dołu i od góry. Ciśnienie powietrza znajdującego się ponad piłką można zmniejszyć przez wywołanie przepływu powietrza ponad górnym otworem rury. Zadanie stawiane przed użytkownikami ma – do pewnego stopnia – otwarty charakter. Ekspонат swoim działaniem nawiązuje do ekspozycji Powietrzna winda.

## › SŁOŃ BERNOULLIEGO (BERNOULLI ELEPHANT)

**Hasła kluczowe:** powietrze, piłka

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат artystyczny. Figura przedstawiająca różowego słonia z wzniesioną pionowo trąbą, z której wyptywa struga powietrza. Użytkownik umieszcza w strudze piłkę i bada jej stabilność w strudze, próbując przesunąć ją w górę lub w dół, lub wytrącić ze strugi. W Różowym słoniu badamy to samo zjawisko, co w ekspozycji Uwięzione piłki.

Autor ekspozycji Paul Spooner zabiera głos w toczącej się dyskusji wokół ekspozycji nazywanych na ogół „Bernoulli blower”. Czyni to na swój autorski sposób. Artystycznemu wymiarowi dzieła artysty służy nie tylko forma ekspozycji, ale także zamieszczona na ekspozycji inskrypcja sporządzona przez artystę.

## › LATAJĄCY DYWAN (MAGIC CARPET RIDE)

**Hasła kluczowe:** opór powietrza, siła tarcia, poduszkowiec

### **Przedmioty szkolne:**

Stylizowana na dywan platforma mieszcząca jedną osobę. Naciskanie przycisku umieszczonego na platformie powoduje, że silny strumień powietrza jest wtłaczany pod platformę. (Powietrze dopływa z układu sprężonego powietrza zainstalowanego w budynku CNK). Tłoczone powietrze tworzy poduszkę oddzielającą platformę od podłogi. Unoszoną na niej platformę łatwo jest przemieszczać nad podłogą, gdyż nie zachodzi tarcie między podłogą a platformą. Ruchowi platformy przeciwdziałają wprawdzie opór powietrza (tarcie wewnętrzne w powietrzu), jest on jednak znacznie mniejszy od siły tarcia nieunoszonej platformy o podłogę.

Urządzenie jest prostą formą poduszkowca – pojazdu, który znajduje zastosowanie przy przemieszczaniu się przez tereny, na których użycie kół, gąsienic, pługów lub innych tego typu urządzeń jest niecelowe lub utrudnione.



## › TRĄBA POWIETRZNA (TORNADO)

**Hasła kluczowe:** trąba powietrzna, wir, temperatura

### **Przedmioty szkolne:**

Wir tworzony jest pomiędzy podstawą urządzenia o pojemnikiem umieszczonym na wysokości około 2 m ponad podstawą. W podstawie mieści się wytwornica wodnej mgły. W pojemniku ponad podstawą umieszczony został wentylator wysysający powietrze spod pojemnika. W masztach, na których wsparto pojemnik, znajdują się otwory, z których wypływa powietrze w tak dobranych kierunkach, aby ponad podstawą powstawał powietrzny wir. Jest on widoczny dzięki mgłę wypływającej z podstawy urządzenia.

Trąby powietrzne są zjawiskami atmosferycznymi polegającymi na wystąpieniu silnego wiru powietrza, zwykle biegnącego od podstawy chmury do powierzchni ziemi (lądu lub wody). Występowaniu trąb sprzyja zderzenie się mas powietrza o różnych temperaturach. Powietrze w trąbie powietrznej wiruje i podąża ku górze. W Polsce notuje się kilka lub kilkanaście trąb powietrznych rocznie. Silne trąby powietrzne, nazywane tornadami, występują w Ameryce Północnej.

## › FONTANNY W SZKLE (FOUNTAIN IN GLASS)

**Hasła kluczowe:** woda, głośnik, częstotliwość, fala dźwiękowa

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат, w którym fale dźwiękowe w powietrzu są wykorzystane do wytworzenia efektu tryskania wody z jej powierzchni swobodnej.

Ekspонат ma formę cylindrycznego zbiornika o przezroczystych ścianach. Wewnątrz zbiornika zawarte są: woda, do wysokości kilku centymetrów nad dnem zbiornika, oraz powietrze zgromadzone nad wodą. Przy jednym z końców zbiornika umieszczono głośnik. Głośnik wydaje ton. Użytkownik eksponatu może regulować głośność tego dźwięku. Zmieniając częstotliwość fali dźwiękowej, użytkownik reguluje także wysokość dźwięku. Zadaniem użytkownika jest uzyskać efekt tryskania wody. Zachętą jest zaskoczenie: widok wody tryskającej w wielu miejscach nie jest częsty.

Użytkownik przekonuje się, że przy wielu częstotliwościach powierzchnia wody jest spokojna, lecz są i takie częstotliwości, przy których efekt jest spektakularny. W tych sytuacjach zachodzi zjawisko nazywane falą stojącą: w zbiorniku występują miejsca, w których drgania elementów objętości powietrza są bardzo silne, w innych niemal ich nie ma.

## › POWIETRZNA FONTANNA (AIR FOUNTAIN)

**Hasła kluczowe:** powietrze, dmuchawa, prąd wznoszący

### **Przedmioty szkolne:**

Ekspонат ma formę kolistej platformy o średnicy około 5 m. Wnętrze platformy kryje 12 silnych dmuchaw. Tłoczone przez nie powietrze wydostaje się wzdłuż całego obwodu platformy i kierowane jest w stronę jej środka. Takie ukształtowanie wypływu powietrza prowadzi do powstania silnego prądu wznoszącego (czyli powietrza płynącego w górę) ponad środkiem platformy.

Użytkownicy dysponują dużymi szarfami – prostokątami lekkiej tkaniny (organzy). Rozcią-

gając je nad platformą, sprawiają, że tkanina jest porywana przez prąd powietrza, unosi się, tworzy ponad platformą nieoczekiwane i zmienne kształty.

## › ŚWIATŁO I DŹWIĘK (LIGHT AND SOUND)

**Hasła kluczowe:** powietrze, dzwonek, dźwięk, światło, fale elektromagnetyczne, fala mechaniczna

### **Przedmioty szkolne:**

Dzwonek i lampka umieszczono pod kloszem próżniowym. Użytkownik wypompowuje powietrze i przekonuje się, że dźwięk dzwonka znacznie cichnie. Nie zmienia się jednak widok obiektów przykrytych kloszem. Ekspонат pobudza refleksję na temat różnej natury rozchodzenia się dźwięku i światła.

Światło jest falą elektromagnetyczną. Biegnie w próżni a także w wielu ośrodkach, w których nie występują swobodne ładunki elektryczne. Nie rozchodzi się w metalach – w nich energia fal jest pochłaniana przez swobodne elektrony.

Dźwięk jest wrażeniem wywoływanym falą mechaniczną (sprężystą). Rozchodzenie się fal w gazach zawdzięczamy temu, że gazy wykazują sprężystość objętości. Patrz ekspонат Ciężne rękawiczki.

## Zmierz się

---

Wystawa czasowa (marzec 2019 – kwiecień 2020).

**Organizm człowieka i jego funkcjonowanie:** zmierz swój wzrost, rozpiętość ramion, długość stopy i palca. Zważ się. Sprawdź, z jaką siłą naciskasz na podłoże lądując po skoku. Policz częstotliwość skurczów swojego serca. Określ szybkość reakcji na różne bodźce. Zbadaj słuch, wzrok, tężyznę fizyczną. Na wystawie Zmierz się! poznasz swój organizm jak nigdy dotąd.

Większość przeprowadzanych doświadczeń ma charakter pomiaru, tzn. doświadczalnego liczbowego określenia pewnej cechy rzeczywistości. Pomiarowy charakter wystawy znajduje wyraz w jej tytułach polskojęzycznym i anglojęzycznym. Niektóre z przygotowanych doświadczeń nie są pomiarami; podczas nich użytkownik dokonuje jakościowej doświadczalnej oceny pewnej cechy rzeczywistości.

## › PULS (WATCH THE BEAT – PULSE MEASUREMENT)

Sprawdź, jak i gdzie mierzy się puls. Nie potrzeba do tego żadnych specjalistycznych urządzeń.

Stolik wyposażony w urządzenie do pokazywania pulsu użytkownika działające w sposób nawiązujący do najprostszej techniki stwierdzania pulsu przez przyciskanie kciuka do tętnicy w nadgarstku. Użytkownik kładzie swoje przedramię na wsporniku. Na skórze nadgarstka, nad biegnącą tu tętnicą promieniową, umieszcza kulkę stanowiącą mechaniczny czujnik ruchu. Pulsowanie krwi w tętnicy wywołuje niewielkie ruchy czujnika. Są one następnie przetwa-

rzane na ruchy plamki świetlnej na ekranie. Urządzenie jest bardzo czułe, a dobranie przez użytkownika właściwych warunków pracy (ułożenia ręki, wyszukanie tętnicy) wymaga pewnego wysiłku. Owocuje on satysfakcjonującym wynikiem: plamka świetlna przemieszcza się rytmicznie w górę i w dół, oddając cykliczną pracę serca. Użytkownik może badać swój puls (i wyznaczać tętno, czyli liczbę skurczów serca na minutę) wtedy, gdy jest wypoczęty, albo bezpośrednio po dokonanym wysiłku.

### › BICIE TWOJEGO SERCA (MY OWN HEARTBEAT)

Przejrzyj się w nietypowym lustrze, które pozwoli ci zobaczyć... własne bijące serce.

Użytkownik staje przed dużym pionowo ustawionym lustrem. Objąwszy dłońmi poręcze znajdujące się po obu jego stronach spostrzega bijące serce na swoim odbiciu w lustrze. Obraz kurczącego się i rozkurczającego serca nałożony jest na odbicie użytkownika. Cykl pracy wyświetlanego serca zadany jest przez potencjały czynnościowe mierzone przy wykorzystaniu poręczy pełniących rolę elektrod. Ekspozat jest źródłem niecodziennego (i niemal naturalistycznego) wrażenia; pracujące serce staje się widoczne.

### › AKCJA MIĘŚNIA SERCOWEGO – EKG (THE HEART MUSCLE IN ACTION – ECG)

Poznaj rytm swego serca i sprawdź, na czym polega badanie EKG.

Urządzenie służące do mierzenia potencjałów czynnościowych związanych z pracą serca jako funkcji czasu. Użytkownik staje przed pionowo umocowanym ekranem i obejmuje dłońmi dwie poręcze. Pełnią one rolę elektrod. Użytkownik obserwuje na ekranie wykresy mierzonych potencjałów. Dostrzega rytmiczność pracy serca ukazywaną przez okresowość wykresu funkcji ukazywanej na ekranie. Dostrzega także powtarzanie się szczegółów wykresu.

### › MOC SERCA (HEART POWER)

Podczas jednego skurczu, serce tłoczy ok. 70 ml krwi. Zastąp je i spróbuj wykonywać podobną pracę przez minutę.

Urządzenie służące użytkownikowi do realistycznego ukazania pracy serca, tzn. wydatku energetycznego, jaki ponosi organizm człowieka przy przepompowywaniu krwi przez układ krwionośny. Aby pompować użytkownik ściska gumową gruszkę wyposażoną w zawory pełniące rolę zastawek. Korzystając z umieszczonego na tablicy zegara może tłoczyć krew rytmicznie, naśladując tętno pracy serca. Przy każdym ściśnięciu przepompowuje około 70 ml płynu stanowiącego atrapę krwi. (Taką ilość krwi tłoczy przeciętnie serce człowieka przy każdym skurczu).

### › OBJĘTOŚĆ PŁUC (LUNG VOLUME)

Przekonaj się, jak dużo powietrza potrafią zmieścić twoje płuca.

Spirometr. Użytkownik nabiera powietrza do płuc i wydycha je, aby zmierzyć objętość powietrza, które do nich wprowadził. Do pomiaru objętości służy odpowiednio wyskalowany cylinder z tłokiem.

## › KRZYCZ! (SHOUT!)

Krzyknij najgłośniej, jak tylko potrafisz. Zobacz jak działa twój aparat mowy.

Użytkownik, wszedłszy do niewielkiego pomieszczenia, mówi lub krzyczy. Poziom natężenia dźwięku wydawanego przez użytkownika jest mierzony i podawany na ekranie w decybelach. Obraz twarzy użytkownika podczas wydawania krzyku jest prezentowany na ekranie.

## › AKTYWNOŚĆ MIĘŚNI (MUSCLE ACTIVITY)

Wystarczy przez chwilę poruszać palcami, by poznać pracę mięśni.

Użytkownik przykładła swoje przedramię do elektrod umocowanych do stolika. Przy ich użyciu mierzona jest różnica elektrycznych potencjałów czynnościowych dwóch miejsc przedramienia. Wyniki pomiaru prezentowane są na bieżąco na ekranie w postaci wykresu. Użytkownik może badać zmiany potencjałów czynnościowych następujące przy wykonywania ruchów palcami; w ten sposób jest w stanie zaobserwować wizualizować sygnały elektryczne jakimi są impulsy nerwowe.

## › MIĘKKIE ŁĄDOWANIE (SOFT LANDING)

Spróbuj skoczyć tak miękko, jak kot. Sprawdź z jaką siłą działasz na podłoże.

Użytkownik wchodzi na podest i zeskakuje z niego na platformę wyposażoną w miernik siły nacisku. Wyniki pomiarów siły nacisku są prezentowane na ekranie. Ściślej: prezentowana jest zależność wartości siły nacisku od czasu. Siła nacisku jest odniesiona do ciężaru użytkownika. Dzięki pomiarowi użytkownik może badać proces lądowania. Może także ćwiczyć wykonywanie skoku w taki sposób, by lądowanie było miękkie, tzn. aby siła oddziaływania jego ciała z podłożem narastała powoli i by osiągała jak najmniejsze wartości.

## › WIEM, GDZIE ZESKOCZYSZ (I KNOW WHERE YOU'LL LAND)

Skocz jak najdalej. Czy komputer przewidzi, gdzie się zatrzymasz?

Użytkownik staje na niskiej platformie, wybija się z niej obunóż i skacze wprzód. Czujniki zainstalowane w platformie mierzą wielkości fizyczne dotyczące wybicia się. Informacje dostarczane przez czujniki są przetwarzane przez komputer i na ich podstawie wyznaczane jest (komputerowo, na bieżąco) miejsce, w jakim stopy skoczka zetkną się z podłożem. Tam, jeszcze w trakcie skoku, wyświetlana jest linia.

## › PEWNA RĘKA (STEADY HAND)

Trzęsąca się ręka nie zawsze oznacza zdenerwowanie. Przekonaj się osobiście!

Użytkownik bierze do ręki laserowy wskaźnik i kieruje strugę wytwarzanego światła na środek tarczy strzelniczej. Takie celowanie wykonuje bez trudności. Pojawiają się one jednak wówczas, gdy obciąży dłoń z pistoletem ciężkim przedmiotem. Zarówno celowanie jak i trzymanie w poziomie obciążonej ręki, wymagają stałego napięcia mięśni. Użytkownik dostrzega konflikt (dyskomfort) jaki stwarza sytuacja, w której stara się wykonywać dwie czynności jednocześnie: celowanie i utrzymanie obciążonej ręki.

## › ROZPIĘTOŚĆ RAMION (HIGH EQUALS ARM REACH)

Człowiek witruwiański to klasyczny wzorzec proporcji ludzkiego ciała, uwieczniony na słynnym rysunku Leonarda da Vinci. Masz okazję się z nim porównać.

Urządzenie do mierzenia wzrostu i rozpiętości ramion użytkownika. Przymiary liniowe służące wyznaczaniu wysokości i rozpiętości ramion zostały zamontowane na ścianie, na której ukazano rysunek Leonarda da Vinci z sylwetką człowieka witruwiańskiego. Użytkownik eksponatu – wykorzystując własne ciało – styka się z ideami postulowanymi przez Witruwiusza dotyczącymi proporcji rozmiarów części ciała człowieka.

## › WIEK – WZROST (AGE – HEIGHT)

Zmierz swój wzrost i zaznacz wynik na tablicy. Pomóż nam stworzyć siatkę centylową wszystkich gości Kopernika.

Publiczność wystaw tworzy wykres ilustrujący korelację pomiędzy wzrostem człowieka a jego wiekiem. Użytkownik mierzy swój wzrost przy użyciu przymiaru, a następnie umieszcza na tablicy swój „punkt doświadczalny” przez przyklejenie papierowej kropki w miejscu odpowiadającym zmierzonemu wzrostowi i wiekowi wyrażanemu w latach. Kropki mężczyzn i kobiet różnią się kolorami; w ten sposób na jednej tablicy powstają dwa wykresy, osobno dla każdej płci.

## › JAK SIĘ WIDZISZ? (SELF IMAGE AND REALITY)

Czy jesteś w stanie ocenić, kiedy widzisz swoje prawdziwe odbicie? Przed pogrubiającym i wyszczuplającym lustrem to nie takie proste!

Użytkownik ogląda swoją sylwetkę w pionowo ustawionym zwierciadle. Przy użyciu dźwigni może je wyginać, zmieniając w ten sposób zwierciadło płaskie w cylindryczne – wklęsłe lub wypukłe. Zmiany te zniekształcają jego obraz – użytkownik może widzieć swoją sylwetkę wyszczuploną lub poszerzoną, odpowiednio. Krzywe zwierciadła deformują obrazy na skutek tego, że kierunkowemu odbiciu światła od powierzchni krzywej towarzyszy skupianie lub rozpraszanie promieni światła padających na zwierciadło.

## › SZYBKA ODPOWIEDŹ (QUICK OF THE BUTTON)

Obraz, dźwięk, a może dotyk? Na który bodziec zareagujesz najszybciej?

Użytkownik siada przy stoliku z urządzeniem, którym mierzy czas reakcji na bodźce świetlne, dźwiękowe i dotykowe. Wyniki pomiarów przedstawiane są na ekranie w postaci wykresów.

## › SZYBKIE MYŚLENIE (QUICK THINKING)

Przetestuj szybkość swojej reakcji.

Użytkownik siada przy stoliku, na którym zamontowano urządzenie do pomiaru czasu reakcji na bodziec podejmowanej w warunkach wymagających przeprowadzenia pewnego procesu myślowego (w tym przypadku dokonywania wyboru). Reakcje użytkownika polegają na naciskaniu przycisków. Wyniki pomiaru czasu reakcji prezentowane są na ekranie.

## › SZYBKIE ŁAPANIE (QUICK CATCH)

Złap to! Zbadaj swój refleks.

Użytkownik ocenia szybkość własnej reakcji przy użyciu urządzenia, którego zasadniczą częścią są dwa pionowo umocowane pręty. W pewnej chwili pręty zaczynają spadać. Zadaniem użytkownika jest uchwycić je jak najszybciej. Pręty są wyskalowane – można odczytać z nich czas reakcji.

## › CZY POTRZEBNE SĄ CI OKULARY? (DO YOU NEED SPECKLETACKLES?)

Poznaj nietypową metodę badania wzroku.

Urządzenie umożliwia użytkownikowi ocenić, czy widzi prawidłowo, czy też jego oczy są obciążone wadą: krótkowzrocznością lub dalekowzrocznością. Metoda oceny jest niebałna. Światło lasera zostaje rozproszone i skierowane na płaski pionowo ustawiony ekran. Dzięki spójności światła laserowego obserwujemy w oku pewne wzmocnienia i wygaszania spowodowane interferencją (nakładaniem się) światła odbitego od różnych miejsc ekranu. Na obserwację efektów interferencyjnych ma wpływ to, czy oko widzi „ostro”. Gdy oko jest obciążone krótko- lub daleko-wzrocznością, to obserwowane efekty – związane z występowaniem miejsc jaśniejszych i ciemniejszych – są inne, niż wówczas, gdy oko jest zdrowe. Przy przeprowadzaniu oceny użytkownik korzysta z soczewek korygujących wzrok.

## › CZUŁOŚĆ DOTYKU (TOUCH SENSITIVITY)

Zmierz się z ostrzami i zbadaj własną wrażliwość na dotyk.

Użytkownik siada przy stoliku i postępując się prostym przyrządem bada, w jakiej minimalnej odległości od siebie powinny być umieszczone dwa ostrza, aby jednoczesne uktucie nimi powierzchni skóry zostało przezeń rozpoznane jako dotknięcie w jednym, a nie w dwóch miejscach. Badanie można przeprowadzać na różnych miejscach powierzchni skóry. (Odróżnianie miejsc uktucia na dłoni jest znacznie łatwiejsze niż np. na skórze pleców.)

## › TEMPERATURA – REALNA CZY ODCZUWANA? (TEMPERATURES – REAL OR ONLY FELT?)

Termorecepcja to nasza zdolność do odczuwania temperatury. Jak bardzo jest subiektywna?

Użytkownik staje przed stołem. Jego blat pokryty jest siedmioma prostokątnymi płytami sporządzonymi z różnych materiałów. Temperatura płyt jest mierzona przy użyciu umocowanych do nich termometrów. Użytkownik ocenia ciepłotę płyt, kładąc na nich swoje dłonie. Swoją ocenę porównuje ze wskazaniem termometrów. Na wyniki tej oceny mają wpływ m.in. przewodnictwo cieplne i pojemność cieplna materiałów, z których sporządzono płyty.

## › OCENA CIĘŻARU CIAŁA (JUDGING WEIGHTS)

Przetestuj swoje umiejętności oceniania wagi „na oko”.

Użytkownik staje przy stole, na którym leżą rozmaite przedmioty. Ma możliwość wziąć w rękę każdy z nich. Jest zachęcany do oceny masy przedmiotu, tzn. do oceny, ile przedmiot waży. Ma również możliwość skorzystania z wagi mierzącej masę przedmiotu ze znaczną dokładnością. Dzięki jej zastosowaniu ma możliwość porównania swojej oceny dokonywanej przez „ważenie w rękę” z oceną obiektywną, w której wykorzystuje przyrząd pomiarowy.



## › PORÓWNANIE CIĘŻARKÓW (COMPARING WEIGHTS)

„Waż” różne przedmioty we własnych dłoniach i sprawdź, czy potrafisz trafnie ocenić ich ciężar.

Użytkownik siada przy stoliku na którym leży 8 niewielkich walców. Mają one ten sam kształt, te same rozmiary. Są jednak wykonane z rozmaitych (choć nierozpoznawalnych) materiałów – dzięki temu różnią się masami i swoimi ciężarami. Zadaniem użytkownika jest oceniać ciężary (a więc i masy) przedmiotów, przez branie ich w rękę. Wyniki oceny może porównywać z pomiarami masy wykonanymi przy użyciu elektronicznej wagi stojącej także na stoliku.

## › JAK DŁUGA JEST MINUTA? (HOW LONG IS A MINUTE?)

Spróbuj oszacować, kiedy minie minuta. Czy równie dobrze poradzisz sobie wykonując jednocześnie różne czynności?

Urządzenie służy użytkownikowi do oceny, czy potrafi ocenić odcinek czasu o długości minuty bez postugiwania się zegarem lub innym przyrządem pomiarowym. Użytkownik siada w fotelu, przy którym znajduje się urządzenie przypominające wyglądem zegar. Postugując się nim, mierzy odcinek czasu (różnicę) pomiędzy minutą mierzoną, a minutą ocenianą bez czasomierza.

## › PRZEWIDYWANIE CZASU PRZYBYCIA (PREDICTING ARRIVAL TIME)

Wydaje ci się, że masz dobrą pamięć? Spróbuj zapamiętać szybkość ruchu.

Użytkownik staje przed stołem, w którym umocowany jest długi szereg lampek. Zapalają się one kolejno, tworząc falę biegnącą jednostajnie wzdłuż szeregu. Fala ta gaśnie jednak w pół drogi. Użytkownik ma za zadanie ocenić, jak szybko dobiegłaby do mety, gdyby lampki dalej się zapalały. W chwili, gdy – jego zdaniem – fala osiągnęłaby metę, użytkownik naciska przycisk. Jest informowany o trafności swego przewidywania.

## › ŚLEDZENIE WZROKU (EYE TRACKING – ALL DONE WITH THE EYES)

Dokąd biegnie twój wzrok, gdy oglądasz obraz? Prześledzisz to dzięki technologii eye – tracking.

Użytkownik siada przed ekranem, na którym wyświetlany jest obraz przedstawiający wiele obiektów. W pobliżu ekranu znajduje się źródło promieniowania podczerwonego. Promieniowanie padające na użytkownika odbija się m.in. od oczu użytkownika, umożliwiając śledzenie ruchów gałek ocznych. zastosowana technika okulograficzna (ang. eye-tracking) umożliwia użytkownikowi zbadanie, jak biegł jego wzrok po przedstawionym obrazie.

## › JAK DŁUGI JEST METR? (HOW LONG IS A METRE?)

Odtąd – dotąd! Zaznacz „swoją” metr i porównaj z właściwą jego długością.

Urządzenie pozwalające ocenić użytkownikowi jego własne wyczucie długości jednego metra. Użytkownik staje naprzeciwko tablicy, do której zamocowano rurę z suwakiem. Rura pełni rolę przymiaru liniowego – jego skala jest jednak zakryta. Użytkownik ustawia suwak w miejscu, które – jego zdaniem – jest odległe o metr od krańca rury. Po ustawieniu odślania skalę, by przekonać się, czy i jak „jego” metr różni się od prawdziwego.



## › MIARY DŁUGOŚCI OPARTE NA ROZMIARACH CZĘŚCI CIAŁA CZŁOWIEKA (BODY-BASED MEASUREMENT)

Zespół prostych eksponatów, dających możliwość porównania własnych wymiarów a długościami dawnych jednostek długości. Mierzone są:

- szerokość kciuka u nasady paznokcia (pierwowzór cala)
- długość stopy (pierwowzór stopy – jednostki długości stosowanej w krajach anglosaskich)
- długość kroku (pierwowzór archaicznej już jednostki długości)
- długość łokcia (pierwowzór archaicznej jednostki długości „łokiec”)
- szerokość palca (pierwowzór archaicznej jednostki długości „finger”).

## › ANALIZA CHODU (GATE ANALYSIS)

Jak chodzisz? Na naszej bieżni przeanalizujesz ruch obu swoich nóg z osobna.

Urządzenie służące do analizy chodu człowieka. Użytkownik (osoba badana) chodzi po chodniku (dywanie) wyposażonym w elementy czułe na nacisk. Po przejściu zapoznaje się z wynikami analizy chodu. Może też taką analizę otrzymać w postaci wydruku.

## › ŚCISKANIE (HAND GRIP TESTER)

Przekonaj się, jak mocno potrafisz ścisnąć. Przy okazji zbadasz pracę mięśni.

Urządzenie służące pomiarowi siły, z jaką użytkownik (osoba badana) ścisną przedmiot. Wynikiem pomiaru jest wykres przedstawiający wartość siły (wyrażanej w niutonach) w funkcji czasu.

## › BADANIE ZDOLNOŚCI AKOMODACYJNEJ OCZU (NEAR POINT)

Zdolność akomodacji pozwala nam obserwować zarówno obiekty bliskie, jak i dalekie. Znajdź najmniejszą odległość w której możesz umieścić przedmiot i dobrze go widzieć.

Urządzenie umożliwiający użytkownikowi (osobie badanej) wyznaczyć tzw. Punkt bliży, czyli najmniejszej odległości, w której można umieścić przedmiot, aby widzieć go ostro.

## › SŁYSZENIE KIERUNKOWE (DIRECTIONAL HEARING)

Skąd dobiega dźwięk? Postaraj się to określić.

Urządzenie umożliwiające ocenę zdolności słyszenia kierunkowego. Użytkownik staje w wyznaczonym miejscu i słucha sygnałów dźwiękowych wytwarzanych przez głośniki. Głośników jest wiele, tworzą one przestrzenny układ. Użytkownik określa z którego głośnika dobiegł do niego dźwięk.

## › OSTROŚĆ WZROKU (VISUAL ACTIVITY)

Spróbuj odczytać litery na banknotach raz jednym, raz drugim okiem.

Stanowisko do badania ostrości wzroku. Użytkownik przygląda się tekstom wydrukowanym bardzo drobną czcionką, m.in. na banknotach. Ogląda je gołym okiem a także przez lupę.

## › GORĄCY CZY ZIMNY? (THERMAL IMAGE)

Przejrzyj się w termowizji.

Użytkownik staje przed ścianą stanowiącą duży ekran (szer. 278 cm, wysokość 210 cm). Znajdująca się w tejże ścianie kamera termowizyjna rejestruje promieniowanie podczerwone emitowane przez użytkownika. Wynikiem pracy kamery i połączonego z nią rzutnika jest obraz termowizyjny, w którym miejsca najcieplejsze są ciemnoczerwone, a najzimniejsze ciemnoniebieskie.

## › ZWISANIE (Hanging)

Jak długo potrafisz zwisać z drążka?

Stanowisko z trzema drążkami zamocowanymi poziomo na różnych wysokościach. Użytkownik chwyta drążek oburącz i wykonuje zwis. Na wyświetlaczu odczytuje wyrażony w sekundach czas pozostawania w tym położeniu.

## › DŁUGOŚĆ UKŁADU POKARMOWEGO (LENGTH OF DIGESTIVE SYSTEM)

Ciągniesz, ciągniesz, a końca nie widać! Ta długość robi na tobie wrażenie.

Ekspонат ułatwiający wyobrażenie długości układu pokarmowego człowieka. Użytkownik wyciąga gumową linę zwiniętą we wnętrzu sylwetki człowieka. Po rozciągnięciu ma ona długość 8 m równą przeciętnej długości układu pokarmowego człowieka (nie tylko jelita). Przeciętnej – gdyż długość układu pokarmowego dorosłego człowieka tworzy szeroki rozkład – jest większa dla ludzi wysokich, mniejsza dla niskich. (Dane literaturowe o długościach: jelito cienkie ma zwykle od 6 do 7 m, jelito grube 1,5 m, przetyk + żołądek 0.5 m).

## › SKOCZNOŚĆ (JUMPING ABILITY)

Sprawdzałeś kiedyś, jak wysoko potrafisz podskoczyć? Masz okazję.

Ekspонат umożliwiający badanie wysokości, na którą wznosi się środek masy ciała przy wykonywaniu skoku obunóż z pozycji stojącej. Użytkownik staje na poziomej podstawie, obniża pozycję ciała, wybija się, wyskakuje i opada na podstawę. Układ elektroniczny zastosowany w podstawie, czuły na nacisk, określa moment oderwania stóp od podstawy i moment zetknięcia po wykonaniu skoku. Na podstawie czasu pomiędzy tymi chwilami układ elektroniczny oblicz wysokość, na jaką wznosi się środek masy ciała użytkownika eksponatu. W obliczeniu zastosowany jest model matematyczny, w którym ciało użytkownika traktowane jest jako punkt materialny, który podczas skoku porusza się pod wpływem stałej siły ciężkości ruchem jednostajnie zmiennym. Model nie uwzględnia ruchów ciała wykonywanych przez użytkownika.

## › GIBKOŚĆ (FLEXIBILITY)

Przetestuj gibkość własnego ciała.

Urządzenie umożliwiający badanie zdolności użytkownika do wykonania skłonu w pozycji siedzącej. Użytkownik siada na przygotowanym siedzisku i wykonuje skłon. Mierzony jest dystans, na jaki może wysunąć palce dłoni ku przodowi. Wynik podawany jest w centymetrach.

## › JAKIE DŹWIĘKI SŁYSZYSZ? (WHAT SOUNDS DO YOU HEAR?)

Zbadaj swój słuch.

Urządzenie umożliwiające użytkownikowi badanie zakresu częstotliwości fal dźwiękowych, które postrzega jako dźwięk. Użytkownik nakłada słuchawki a następnie przy użyciu przycisków i pokrętki reguluje wysokość tonu. Wyznacza – w hercach – dolną i górną granice częstotliwości fal akustycznych wywołujących wrażenie dźwięku. (Młody człowiek słyszy tony od częstotliwości około 20 Hz do częstotliwości około 20000 Hz. Z wiekiem przedział ten zawęża się.)

## › SPAL TO, CO ZJADŁEŚ (BURN WHAT YOU ATE)

Czas trochę poćwiczyć. Przekonaj się, ile trudu trzeba, by „spalić” jednego pączka.

Urządzenie ukazujące użytkownikowi pracę, którą musi wykonać, aby wydatkować energię pozyskaną przy konsumpcji niewielkiego produktu spożywczego, np. batonika lub jabłka. Użytkownik zajmuje miejsce w siedzisku. Na ekranie ukazuje się obraz produktu spożywczego. Użytkownik wykonuje czynności podobne wykonywanych przez wioślarza. Mierzona jest energia wydatkowana przez użytkownika, czyli – w fizycznym rozumieniu tego słowa – praca użytkownika (wiosłując, użytkownik działa siłą na pewnej drodze a iloczyn tej siły i drogi jest pracą). Wydatkowana energia ulega rozpraszaniu w hydraulicznym hamulcu zastosowanym w urządzeniu – ogrzewa znajdującą się w nim ciecz). Praca użytkownika jest kumulatywnie obliczana podczas wykonywanego przezeń „wiosłowania”. Użytkownik jest informowany o tym jaką część energii pozyskanej podczas konsumpcji wydatkował.

## › ORIENTUJ SIĘ (BE FAST)

Weź udział w prostej grze i sprawdź, jaki masz refleks.

Jednoosobowa gra zręcznościowa wymagająca refleksu, czyli szybkiej odpowiedzi na bodziec zmysłowy. Gracz staje przed ścianą z wieloma lampkami. Zapalają się one kolejno, jedna po drugiej, w przypadkowej kolejności. Gracz gasi lampkę ręką i wówczas natychmiast zapala się następna. Zadaniem użytkownika jest jak najszybsze gaszenie lampek. Mierzony jest czas, jaki jest potrzebny graczowi dla zgaszenia 40 lampek. Zależy on od psychofizycznej sprawności gracza. Mierzony i wyświetlany jest czas wykonania.

## › ORLI WZROK (EAGLE EYESIGHT)

Jak daleko sięga twój wzrok?

Ekspонат pozwala użytkownikowi na ocenę precyzji wzroku przy obserwowaniu obiektów z dużego oddalenia. Ocena polega na porównaniu precyzji wzroku użytkownika ze znaną ostrością wzroku orła. Użytkownik siada przed ekranem, na którym rozpoznaje i liczy króliki na polu. Uzyskanie przez użytkownika właściwego wyniku stanowi psychologiczną nagrodę dla użytkownika.

# Re:generacja

Re:generacja to interdyscyplinarna wystawa, w której znajdują się eksponaty zarówno z zakresu szeroko rozumianej humanistyki, jak i nauk ścisłych. Wystawa skierowana jest głównie do uczniów szkół ponadgimnazjalnych, średnich i wyższych (powyżej 14. roku życia).

## Strefa JA – opis eksponatów

W części pierwszej (JA), poświęconej człowiekowi jako jednostce poruszane są zagadnienia z zakresu neurobiologii, funkcjonowania mózgu, procesów myślowych, procesów zapamiętywania, ale także psychologii emocji czy różnic indywidualnych. Poza eksponatami pokazującymi odmienne aspekty psychiki ludzkiej podjęto także problematykę sposobów jej badania.

<b>Ekspozycje:</b>	<b>Hasła kluczowe:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Rozpoznawanie twarzy</b></li><li>› <b>Robot Felix</b></li></ul>	zastosowania komputerów, potrafiących rozpoznawać i analizować ludzkie emocje 4 podstawowe emocje rozpoznawane przez Robota Felixa
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Mózg podczas pracy</b></li><li>› <b>Tańcz</b></li><li>› <b>Trening umyślny</b></li></ul>	Metoda funkcjonalnego magnetycznego rezonansu jądrowego, mózg – budowa i funkcje
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Tańcz,</b></li><li>› <b>Pamięć zmysłów</b></li></ul>	Pamięć, pamięć motoryczna
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Zmylić świadka</b></li></ul>	Badania Elizabeth Loftus, konsekwencje zawodności pamięci świadków zdarzeń
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Strojenie mózgu</b></li></ul>	Działanie i zastosowanie: modafinilu, fluoksetyny i metylofenidatu Kwestie etyczne związane z zażywaniem substancji poprawiających sprawność umyślną
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Sprzeczne bodźce</b></li><li>› <b>Sztuka czy emocje</b></li></ul>	Efekt interferencji Stroopa W jaki sposób emocje mogą wpływać na odbiór dzieł sztuki? Obrazy: Pablo Picasso „Płacząca kobieta”, Jean-Auguste-Dominique Ingres „Kąpiąca się”, Stanisław Wyspiański „Józio Feldman”, Caspar David Friedrich „Wędrowiec przed morzem mgły”, Francisco Goya „Saturn”, Pierre-Auguste Renoir „Ścieżka wśród wysokich traw”, Paul Klee „Stylish Ruins”
<ul style="list-style-type: none"><li>› <b>Koń by się uśmieł</b></li><li>› <b>Manipulator emocji</b></li><li>› <b>Pokój doznań</b></li><li>› <b>Precz ze wstrętem</b></li></ul>	W jaki sposób zwierzęta odczuwają emocje? Podstawy neuroanatomiczne odczuwania emocji Kulturowe uwarunkowania rozpoznawania i ekspresji emocji W jaki sposób czynniki zewnętrzne wpływają na odczuwanie emocji?

› Powąchaj mnie	Pięcioczynnikowa Teoria Osobowości P. Costa i R. McRae
› Pokaz okropności	Temperament – definicja
› Sala strachów	Reaktywność emocjonalna
› Kim jesteś	Objawy somatyczne i psychologiczne stresu Temperament a odczuwanie stresu
› Sztuczny czy szczery	Spoteczna funkcja śmiechu
› Nie śmieję się	Neurony lustrzane
› Śmiech bez granic	Różnice w śmiechu udawanym i szczerym
› Odwrócony obraz	Zmysły zaangażowane w układanie puzzli Propriocepcja/zmysł kinestetyczny
› Zrób sobie tatuaż	Czynniki genetyczne a czynniki środowiskowe
› Przeszyszałeś się?	Przeszyszenia, homofony
› Młodzi fotografowie	W jaki sposób dzieci i młodzież postrzegają otaczający ich świat?

## Strefa JA–TY – opis eksponatów

Druga część (JA-TY) obejmuje tematykę dotyczącą komunikacji międzyludzkiej poczynając od komunikacji niewerbalnej przez tworzenie więzi międzyludzkich, zagadnienia związane z seksem po różnorodność kulturową pod względem muzyki, języków, czy wyrażania emocji. W części tej poruszono także problem sztucznej inteligencji komunikacji człowieka z maszyną.

<b>Eksponaty:</b>	<b>Hasła kluczowe:</b>
› Kim jesteś	Soki („humory”) w organizmie człowieka wg Hipokratesa Typy temperamentu wg Gallena
› Gadka Szmatka	Efekt cocktail party
› Stek kłamstw	Kłamstwo – definicja Strategie, których używają ludzie, kiedy kłamią
› Stereotypy	Test utajonych skojarzeń Myślenie stereotypowe i jego konsekwencje
› Flirt czy fiasko	Berlin Speed Dating Study Gesty i zachowania świadczące o tym, że dana para jest sobą zainteresowana
› Mów bez słów	Komunikacja werbalna i niewerbalna
› Robot Portrecista	Obszary, w których człowiek może być zastąpiony przez roboty

## Strefa JA–MY–ONI – opis eksponatów

Trzecia część wystawy (JA-MY-ONI) obejmuje tematykę związaną ze zjawiskami społecznymi. Poruszone są w niej zagadnienia dotyczące przestrzeni społecznej, funkcjonowania

jednostki w społeczeństwie, konformizmu. Poruszono zagadnienia dotyczące migracji i demografii współczesnego świata. W tej części znajdują się także ekspozyty mówiące o czynnikach wpływających na funkcjonowanie społeczeństwa, tworzeniu prawa, podziałach politycznych, czy wreszcie manipulacji społecznej, cenzurze i totalitaryzmach. Pokazane są także problemy współczesnego świata dotyczące języka mediów i sposobu tworzenia reklam.

<b>Ekspozyty:</b>	<b>Hasła kluczowe:</b>
› Piękny przeciętny	Prototyp jako wzorzec piękna
› I kto to mówi	Dopasować frazy do poszczególnych przedstawicieli grup społecznych
› Subkultura? Kultura	Subkultury: Punkowców, Metalowców, Hip-hopowców i Rastamanów
› Ścieżka kariery	Diagnoza społeczna Kwestie, które warto uwzględnić przy wyborze ścieżki kariery
› Świat w Twojej głowie	Mapa mentalna i sposoby jej badania Elementy mapy wyobraźniowej wg K. Lyncha mapa mentalna, topografia, orientacja <b>Przedmioty szkolne:</b> Czy znasz Polskę na tyle dobrze, żeby z pamięci zaznaczyć na mapie jej największe miasta? Wciśnij „start”. Nanieś nazwę miasta na mapę. Jeśli pomylisz się, możesz zmienić jego lokalizację, przenosząc ją w inne miejsce. Po zakończeniu naciśnij przycisk „gotowe”. Dlaczego potrafimy poruszać się w przestrzeni, nie gubiąc się? W naszej głowie przez całe życie tworzy się tak zwana mapa wyobraźniowa. Powstaje ona nie tylko, gdy poruszamy się na co dzień wśród ulic i budynków, ale też gdy słuchamy opowieści czy oglądamy mapy (nawet w prognozie pogody). Niestety, mapy wyobraźniowe są zniekształcone. Nie odzwierciedlają dokładnie rzeczywistości, a jedynie odbijają nasze wyobrażenia o tym, jak wygląda świat. Reprezentacje dobrze znanych nam miejsc są bardziej szczegółowe niż tych, o których wiemy mniej. Mamy także tendencję do wyolbrzymiania odległości do miejsc, które znajdują się za granicą lub wywołują w nas negatywne emocje.
› Podejdź bliżej – stoisz za blisko!	Człowiek jako istotna terytorialna Rodzaje przestrzeni interpersonalnej wg E. Halla
› Życ i przeżyć w grupie	Role grupowe: alfa, antyalfa, beta, gamma, omega
› Dużo nas › Planowane potomstwo	Wskaźnik urodzeń, wskaźnik zgonów, współczynnik przyrostu naturalnego Kraje z najmniejszym i największym przyrostem naturalnym Piramida płci i wieku, starzenie się społeczeństw

<ul style="list-style-type: none"> <li>› Okładkożerca</li> <li>› Język gazet</li> </ul>	Najważniejsze zasady projektowania okładek czasopism
› Generator dzwonków	Komponowanie dzwonków przy pomocy eksponatu
› Kamera – akcja!	Technika blue box/green screen Zastosowania techniki blue box/green screen
<ul style="list-style-type: none"> <li>› pojedynek na reklamy</li> <li>› Reklama pod lupą</li> </ul>	Narzędzia manipulacji stosowane w reklamie (również aby dotrzeć do odpowiedniej grupy odbiorców) Stereotypy w reklamie
› Polityka wartości/ Wartość polityki	Konserwatyzm, liberalizm, socjaldemokracja, solidaryzm Układ doktryn na planszy Poglądy: Helmuta Kohla, Charles’a de Gaulle’a, Margaret Thatcher, Ronalda Reagana, Jose Luisa Zapatero, Francois Mitteranda, Vaclava Havla, Johna F. Kennedy’ego
› Kwestia słowa	Zjawisko forbid/allow asymmetry Konsekwencje forbid/allow asymmetry dla badań społecznych
› Utopia	Utopia, antyutopia
› Wybory	Prawica, lewica, centrum Poglądy prawicy, lewicy i centrum dotyczące prywatyzacji, bezrobocia, podatków, roli Kościoła, walki z przestępczością i lustracji
› Policja myśli	Cenzura w czasach PRL-u, autocenzura
› Rozbitkowie	Konformizm i jego uwarunkowania

## Strefa JA–ŚWIAT – opis eksponatów

Czwarta część wystawy (JA–ŚWIAT) mówi o najnowszych osiągnięciach technologicznych współczesnego świata. Poruszono zagadnienia związane z nanotechnologią, bioniką czy robotyką. Przedstawiony zostaje problem klonowania, zapłodnienia in vitro oraz inne pojawiające się w wyniku szybkiego rozwoju technologii problemy etyczne. W tej części znajdują się także eksponaty dotyczące sposobu zagospodarowania i wykorzystywania zasobów naturalnych oraz przestrzeni, problemy związane z urbanizacją oraz powstającymi nowymi sposobami wytwarzania i magazynowania energii. Ostatnią część wystawy stanowią także eksponaty dotyczące istnienia życia na innych planetach oraz możliwości życia człowieka w przestrzeni kosmicznej.

<b>Eksponaty:</b>	<b>Hasła kluczowe:</b>
› <b>Telefon zaufania</b>	Podłoże i objawy płasawicy Huntingtona, talasemi, zespołu Downa  Dylematy etyczne związane z płasawicą Huntingtona, zespołem Downa, talasemią i transplantacją organów  Eugenika



<p>› <b>Generator energii</b></p>	<p>Odnawialne źródła energii</p> <p>Obszary w Europie i w Polsce, w których panują najlepsze warunki do przetwarzania energii: słonecznej, wiatrowej i geotermalnej</p>
<p>› <b>Nano zoom</b></p>	<p>Zastosowania nanorurek węgla, nanocząstek: srebra, dwutlenku krzemu, tlenku cynku, nanokostek i nanopianów</p> <p>Połączyć zdjęcie mikroskopowe nanomateriału z jego zastosowaniem w przemyśle</p>
<p>› <b>Biologiczne patenty</b></p>	<p>pryczepność, nowe technologie, gekotape</p> <p>Czy odnóża gekona są naprawdę tak wyjątkowe? W ekspozycji mamy możliwość by porównać przyczepność materiału inspirowanego powierzchnią nóg gekona z różnymi innymi materiałami, które znane są ze swej dobrej przyczepności. Na spodzie palców gekona znajdują się małe blaszki pokryte milionami wyrostków skórných, umożliwia to przyczepianie się gekona nawet do płaskich powierzchni. Gekonowi wystarcza jeden palec by utrzymać cały ciężar swojego ciała. Cecha ta występuje wyłącznie u gatunków nadrzewnych, gatunki żyjące na ziemi pozbawione są wypustek u nóg.</p>
<p>› <b>Klonowanie</b> › <b>klonowanie terapeutyczne</b></p>	<p>Klonowanie zwierząt metodą transplantacji jąder komórkowych</p> <p>Komórki macierzyste</p> <p>Możliwe zastosowanie komórek macierzystych w leczeniu choroby Alzheimera</p>
<p>› <b>Karaluszki buty</b></p>	<p>Bionika i jej przykłady</p>
<p>› <b>Ile ziem?</b></p>	<p>Ślad ekologiczny</p> <p>Sposoby na zmniejszenie wielkości śladu ekologicznego</p>
<p>› <b>Elektryczny taniec</b></p>	<p>Mechanizm zamiany energii kinetycznej w elektryczną</p>
<p>› <b>Kosmiczny tunel</b> › <b>Czy widziales ufoludka?</b></p>	<p>Warunki, które trzeba spełnić, aby zostać astronautą</p> <p>Mgławica, teleskop, galaktyka</p> <p>Poszukiwania cywilizacji pozaziemskich</p>
<p>› <b>Reactable</b></p>	<p>Funkcjonalność poszczególnych klocków</p>
<p>› <b>Idealne miejsce</b></p>	<p>migracja, mapa, statystyki</p> <p>Ekspozycja zbiera informacje o przekonaniach zwiedzających na temat idealnego miejsca do zamieszkania. Dane są wizualizowane na mapie.</p> <p>Dodatkowo możemy zapoznać się ze statystykami dotyczącymi najpopularniejszych miejsc wyjazdowych wśród Polaków. Nie tylko tymi, które prezentują dane na temat destynacji wyjazdów wakacyjnych, lecz także na temat postrzegania atrakcyjności innych państw czy kierunków migracji zarobkowych.</p>

