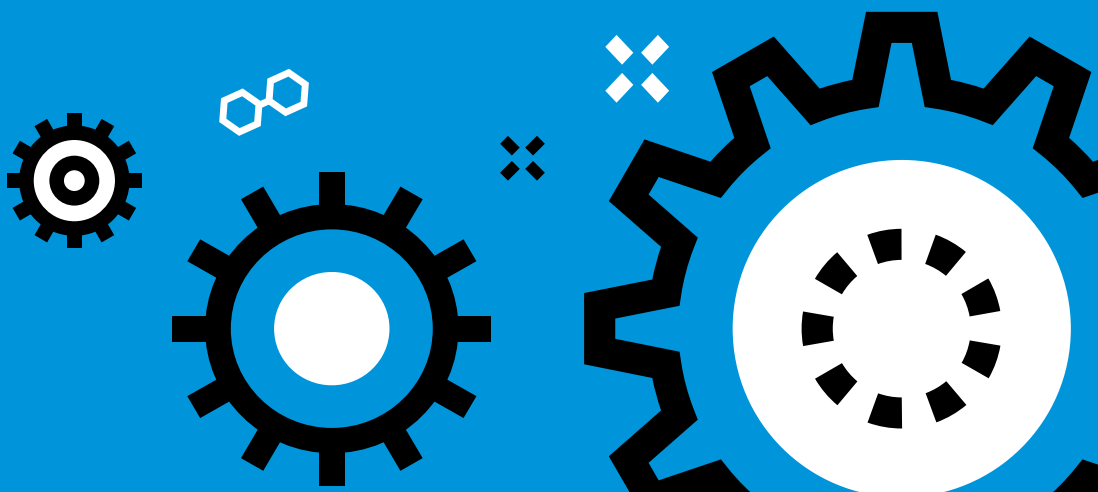


Nauczyciel z klasą na wystawach



Spis treści

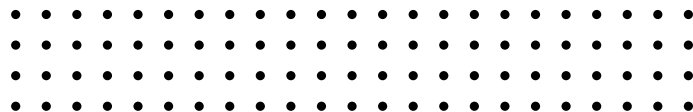
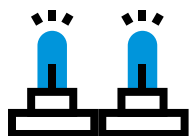


dr Ilona Iłowiecka-Tańska

Pracownia Przewrotu Kopernikańskiego

Centrum Nauki Kopernik

1. Wstęp	2
2. Czym są eksponaty Centrum Nauki Kopernik?	3
3. Nauczyciel z klasą na wystawie: czego dowiedzieliśmy się z badań?	4
4. Co po wystawie? Jak przedłużyć doświadczenie pracy z eksponatami?	10
4.1. Jak wprowadzić rysunek w ruch? Narysuj film	10
4.2. Aeroherbatka	15



O wystawach z interaktywnymi eksponatami Frank Oppenheimer – fizyk i założyciel Exploratorium – pisał, że są jak las. Wędrujemy po nim naszym własnym szlakiem, otoczeni przez zjawiska. Wybieramy te, przy których chcemy się zatrzymać. Poznajemy je, kierowani własnym zachwytem, ciekawością, chęcią zrozumienia.

Eksponaty Centrum Nauki Kopernik to stacje badawcze inspirowane Oppenheimerowską wizją „laboratorium dostępnego dla wszystkich”. Wizyta w Koperniku to przede wszystkim wywoływanie i obserwacja zjawisk, które na przestrzeni wieków inspirowały biologów, chemików i fizyków do badań naukowych. Zwiedzający są w ciągłym działaniu – kręcą, podnoszą, oświetlają, stawiają, sypią, napinają, przelewają, rozmawiają, śmieją się. Gdyby wybierać część mowy niezbędną do opisanego tego co kluczowe dla zwiedzania Centrum Nauki Kopernik, byłoby to z pewnością czasownik. Wizyta w Koperniku ma budować oparte na osobistym doświadczeniu przekonanie, że uczenie się polega na zaangażowanym działaniu i samodzielnie dokonywanych odkryciach.

Często, kiedy myślimy o tym, jak zwiedzanie wystaw Centrum Nauki Kopernik wpisuje się w doświadczenia edukacyjne uczniów, przypominamy sobie metaforę lasu Franka Oppenheimera. Jak odbywa się wędrowka uczniów wśród eksponatów? Kto im w tej wędrowce towarzyszy i jaką pełni w niej rolę? Co zachwyci uczniów, co może budzić ich obawy, a czego mogą nie dostrzec?

Broszura „Nauczyciel z klasą na wystawie” zbiera doświadczenia badaczy i edukatorów Kopernika dotyczące zwiedzania wystaw przez grupy szkolne i nauczycieli. Przedstawiamy w niej odpowiedzi na pytanie o to, jak wprowadzić klasę w świat eksponatów, żeby uczniowie w pełni wykorzystali to doświadczenie. Piszemy więc o tym, jaką rolę może pełnić podczas zwiedzania nauczyciel – i jak moderować współpracę uczniów. W publikacji tej wykorzystujemy jak zawsze pomysły i rady nauczycieli, którzy korzystali z naszych wystaw.

Życzymy udanej wędrowki i zapraszamy do dzielenia się uwagami!

dr Ilona Iłowiecka-Tańska

Pracownia Przewrotu Kopernikańskiego

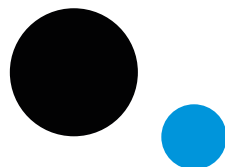
Ilona.tanska@kopernik.org.pl

2. Czym są eksponaty w Centrum Nauki Kopernik?

Eksponaty, które prezentujemy na wystawach Centrum Nauki Kopernik, różnią się od typowych obiektów muzealnych. Różnica ta polega na roli zwiedzającego. Wszystkie nasze eksponaty są interaktywne, co oznacza, że aby móc spełniać swą funkcję, wymagają aktywności odbiorcy. Tylko wchodząc w interakcję z eksponatami, zwiedzający może poznać „ukryte” w nich zjawiska. To on je wywołuje, zmienia i kształtuje. W Koperniku myślimy więc o eksponatach jako narzędziach skupiających uwagę odbiorców i angażujących ich do samodzielnego odkrywania oraz badania zjawisk – na wzór pionierów nauki.

Eksponat jako narzędzie uczenia się

Eksponaty są bardzo zróżnicowane: właściwie każdy z nich zaprasza zwiedzających do innego rodzaju pracy. Czasem jest to indywidualna interakcja, dzięki której powstaje jakieś zjawisko, a czasem – grupowe testowanie i eksperymentowanie w celu odkrycia praw i reguł rządzących danym zjawiskiem. Jeszcze innym razem praca polega na uczeniu się z modelem, np. na złożeniu ludzkiego korpusu. Eksponat, rozumiany jako obiekt edukacyjny, nie tylko pokazuje zjawisko lub teorię. Interakcja sprawia, że zaangażowany w nią użytkownik sam stawia pytania i hipotezy, testuje je w poszukiwaniu odpowiedzi, a na koniec samodzielnie konstruuje koncepcję naukową. W toku procesu sam dochodzi do tego, jak powstaje zjawisko, od czego ono zależy i na czym polega. Eksponat jest zatem narzędziem pozwalającym na dokonanie własnego odkrycia: zjawiska (lub jego modelu) i zależności istniejących pomiędzy wywołującymi (lub konstytuującymi) je czynnikami.



Poniżej przedstawiamy opracowaną przez nas klasyfikację

Eksponaty-stacje badawcze – obiekty wymagające interakcji, która służy wywołaniu zjawiska przyrodniczego w postaci umożliwiającej odkrycie jego kluczowych cech.



Modele – eksponaty, które w sposób schematyczny odwzorowują trudne lub niemożliwe do zaobserwowania w inny sposób procesy lub występujące w naturze obiekty i pozwalają lepiej wyobrazić sobie, jak coś jest zbudowane lub jak działa (np. globus lub anatomiczny model ciała człowieka) – przy tego typu eksponatach często można usłyszeć: „Już rozumiem!”, „To wątroba jest taka wielka?!“.



Eksponaty prowokujące do myślenia abstrakcyjnego – obiekty wymagające zazwyczaj wstępnej wiedzy lub umiejętności (np. umiejętności rozumienia wykresów); część informacji w ekspozycji tego rodzaju zakodowana jest w postaci symboli, na których zwiedzający przeprowadza różne operacje – zwykle interakcja taka polega na wykonaniu konkretnego zadania lub znalezieniu rozwiązania według ustalonych reguł (np. na zakodowaniu/odkodowaniu sekretnej wiadomości).



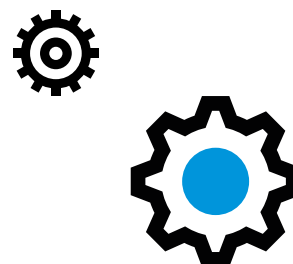
W uproszczeniu złożony proces uczenia się podczas eksperymentowania polega na tym, że uczeń, wchodząc w interakcję z eksponatem, odnotowuje zjawisko (lub jego model), odkrywa, jak ono zachodzi, i sprawdza, na czym ono polega.

Co się dzieje przy eksponacie – stacji badawczej?

Poznanie zjawiska – etapy	Czego dotyczy uczenie na tym etapie	Na czym polega uczenie się na tym etapie
Odnutowywanie, wyodrębnianie zjawiska	ŻE ISTNIEJE dane zjawisko	• Dostrzeżenie zjawiska • Wyodrębnienie go spośród innych • Klasyfikacja: nowe vs znane
Odkrywanie/eksploracja zjawiska	JAK ZACHODZI dane zjawisko	Odkrywanie zjawiska: - Co się dzieje? - Kiedy to się dzieje? - Gdzie to się dzieje? Sprawdzanie/rozpoznawanie kluczowych cech zjawiska, np.: - widoczne vs niewidoczne, - słyszalne vs ciche, - wonne vs bezwonne, - odczuwalne vs nieodczuwalne - regularne vs nieregularne - powtarzalne vs jednorazowe
Eksperymentowanie ze zjawiskiem	NA CZYM POLEGA dane zjawisko	Odkrywanie mechanizmów zjawiska: - Czy mam wpływ na zjawisko? - Czy mogę je kontrolować? - Co wpływa na jego powstawanie, przebieg i intensywność?

Transfer, czyli połączenie nowej wiedzy z tym, co wiedzieliśmy już wcześniej	Z CZYM MI SIĘ KOJARZY dane zjawisko?	Odkrywanie podobieństw między zjawiskiem obserwowanym przy eksponacie a sytuacjami znanymi z życia codziennego, lekcji, innych zajęć. Budowanie analogii - A jest jak B - B działa na tej samej zasadzie co A
--	--------------------------------------	--

Proces uczenia się w interakcji z eksponatem rzadko przebiega w ciszy i spokoju. Uczniowie doświadczają „relacji” z obiektem i ją przeżywają: rozmawiają, żartują, eksperymentują. Często można usłyszeć rozmowy wskazujące na to, że coś ich zaintrygowało i chcą sprawdzić, co się stanie, jeśli postąpią inaczej niż wcześniej (np. „A co by było, jakbyś zrobił/-a X”, „Spróbuj teraz Y” itp.). Wartością takiej – zwykle głośniejszej – interakcji jest możliwość samodzielnego sformułowania przez uczniów jakiejś zasady. Może ona dotyczyć np. warunków, jakie muszą zostać spełnione, żeby zaszło dane zjawisko. Rola nauczyciela, o czym piszemy dalej, polega w głównej mierze na ukierunkowaniu aktywności uczniów, która bywa bardzo żywiołowa i chaotyczna.



3. Nauczyciel z klasą na wystawie: czego dowiedzieliśmy się z badań?

Niemal co roku w ramach wizyt Naukobusu prowadzimy w szkołach badania naukowe. W 2019 roku zainspirowała nas możliwość odkrycia takiego sposobu zwiedzania, który pobudzałby uczniów do dociekliwego testowania eksponatów tworzących wystawę „Eksperymentuj!”. W Koperniku zabiegamy o to, by każde doświadczenie kontaktu z eksponatem – od obserwowania procesu powstawania zjawiska po dogłębne rozumienie jego istoty – zostawiało ślad w pamięci eksperymentującego ucznia. Aby znaleźć format wzmacniający gotowość uczniów do zapamiętywania i pobudzający ich aktywność, zaprojektowaliśmy badanie, w którym oprócz tradycyjnego sposobu zwiedzania testowaliśmy 9 różnych jego modyfikacji. W jednej z nich, aby zachęcić uczniów do samodzielnego eksperymentowania i wyciągania wniosków, umieściliśmy przy eksponatach dodatkowe pytania. W innej natomiast poprosiliśmy uczniów, aby założyli fartuchy laborantów i zwiedzali wystawę, zachowując się jak naukowcy. Poniższa rycina zawiera skrótowy opis wszystkich przetestowanych przez nas formatów zwiedzania.

Tutoring rówieśniczy

Przeszkoleni uczniowie pomagają swoim kolegom w procesie zwiedzania, wyjaśniają im działanie eksponatów.



Uczniowie jako naukowcy

W przestrzeni wystawy dzieci wcielają się w rolę naukowców: mają za zadanie zgłębiać wiedzę, zadawać pytania, eksperymentować. Wystawę zwiedzają w białych kitlach, co ma zwiększyć ich poziom zaangażowania.



Nauczyciel-eksperymentator

Nauczyciel eksperymentuje wspólnie z uczniami.



Karty pracy

Przed wejściem na wystawę dzieci otrzymują karty pracy dotyczące eksponatów.



Format zwiedzania wystawy Eksperymentuj

Format kontrolny

Uczniowie spontanicznie eksplorują wystawę.



Nauczyciel-mentor

Nauczyciel towarzyszy i doradza uczniom, wyjaśnia im trudniejsze zjawiska.



Nauczyciel-mentor

Nauczyciel towarzyszy i doradza uczniom, wyjaśnia im trudniejsze zjawiska.



Pytania w przestrzeni wystawy

Przy eksponatach umieszczono pytania – uczniowie są zachęceni do ich przeczytania i zastanowienia się nad ich znaczeniem.



Edukator animuje eksponat

Edukator pokazuje, w jaki sposób obchodzić się z eksponatami, zachęcając do tego samego uczniów.



Pytanie przed wystawą

Przed wystawą nauczyciel lub edukator pobudza ciekawość uczniów, zadając im pytania o zjawiska fizyczne możliwe do dostrzeżenia w eksponatach.



Edukator odpowiada na pytania

Edukator zachęca do zadawania pytań i odpowiadania na nie.



Skrócona charakterystyka formatów zwiedzania wykorzystanych w badaniu

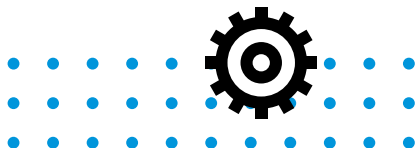




Wyniki eksperymentów nie budzą wątpliwości. Najskuteczniejszymi sposobami zwiedzania wystawy były te, w których uczniom towarzyszył nauczyciel – jako asystent wyjaśniający im trudniejsze zagadnienia lub jako eksperymentator, podobnie jak jego uczniowie, poznający dopiero ekspozycję. Zaangażowanie nauczyciela w zwiedzanie wpływało zarówno na poziom pozytywnych emocji u uczniów, jak i na większe ich „zanurzenie się” w proces eksploracji wystawy. Uczniowie zwiedzający ekspozycję z nauczycielem częściej deklarowali też, że zdobyte tam doświadczenie przyda im się w nauce szkolnej.

Nauczyciel-mentor

Uczniowie odczuwali większą ekscytację wydarzeniem naukowym wówczas, gdy nauczyciel subtelnie zachęcał ich do zadawania pytań oraz spokojnie i konsekwentnie wyjaśniał im trudniejsze zjawiska. Dzieci, z którymi nauczyciel zwiedzał wystawę w roli mentora lub eksperta, znacznie częściej deklarowały, że wystawa pobudza je do myślenia, a same ekspozyty są zaskakujące. Obecność nauczyciela w tym formacie nie tylko ułatwiała uczniom zrozumienie zjawisk prezentowanych przez ekspozyty, ale także skutecznie niwelowała u dzieci senność i nudę.



Nauczyciel-eksperymentator

Drugim, równie skutecznym formatem okazał się taki, w którym nauczyciel eksperymentował wspólnie z uczniami w sposób, w jaki robią to osoby poznające dopiero jakąś rzecz. W formacie tym poprosiliśmy nauczycieli, by eksperymentując, jednocześnie relacjonowali to, czego doświadczają – nawet jeśli oznaczałoby to przyznanie, że z czymś sobie nie radzą. Na naszą prośbę nie objaśniali też zjawisk prezentowanych przez ekspozyty – nie mentorowali dzieciom.



Aktywnie eksperymentujący na wystawie nauczyciel zwiększał ciekawość uczniów oraz ich zdolność do odczuwania zaskoczenia. W ramach tego formatu uczniowie częściej także odczuwali pozytywne emocje i byli bardziej zaangażowani. Częściej przyznawali też, że wiedza zdobyta podczas zwiedzania ma związek z wiedzą zdobywaną w szkole.

Co jeszcze może zrobić nauczyciel na wystawie?

Tutoring rówieśniczy

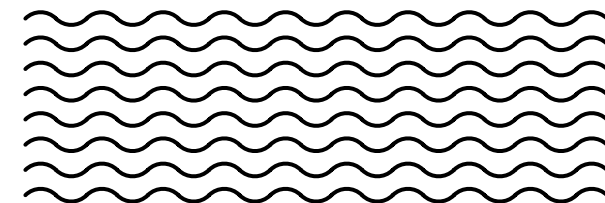
Obok omówionych powyżej formatów nauczyciel może wykorzystać także tutoring rówieśniczy, tj. uaktywnić na wystawie naturalnego lidera – ucznia z danej klasy, który ma dużą wiedzę i potrafi dzielić się nią z innymi. W tym formacie rówieśnik-tutor wyjaśnia innym uczniom działanie eksponatów oraz prezentowane przez nie zjawiska. Ten sposób wzmacniania i pogłębiania recepcji wystawy niesie jednak ze sobą duże ryzyko. Jak pokazują badania, nieodpowiednia technika prowadzenia tutoringu może obniżyć zaangażowanie dzieci i podnieść poziom negatywnych emocji. By uniknąć takiej sytuacji, tutor powinien mieć zarówno wysokie umiejętności interpersonalne, jak i doświadczenie w przekazywaniu wiedzy. Najskuteczniejszy mógłby być tutoring 1:1 lub realizowany w małych grupach.



Karty pracy

Uczniów można też wesprzeć w procesie eksploracji wystawy, rozdając im karty pracy z zadaniami stworzonymi z myślą o konkretnych eksponatach. Z badań wynika jednak, że wprowadzenie tego formatu generalnie nie powoduje większych zmian w odbiorze ekspozycji. Może natomiast nieznacznie obniżyć poziom pozytywnych emocji u uczniów, co prawdopodobnie wiąże się z wejściem w tryb rutynowego wypełniania zadań. Efekt ten można próbować zniwelować poprzez stworzenie „zgamifikowanych” pytań problemowych, które angażują uwagę i motywują do aktywności, pobudzają do współpracy oraz zdrowej rywalizacji.

Raport z badania znajdziesz pod linkiem: <https://www.kopernik.org.pl/program-badawczy-nauka-dla-ciebie>.



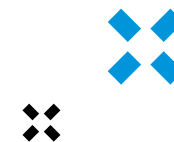
Jak wykorzystać doświadczenie na wystawie?

Nauczyciele o autorskich sposobach pracy z uczniami

Tworząc niniejszą broszurę, zapytaliśmy grono doświadczonych nauczycieli o to, w jaki sposób pracują z uczniami na wystawie. Jakie mają sposoby na zaangażowanie uczniów w aktywne zwiedzanie? Oto ich wypowiedzi.

Organizując wyjazd do Centrum Nauki Kopernik, zapraszam uczniów do udziału w konkursie na poster naukowy. Zadanie konkursowe polega na wybraniu przez ucznia ulubionej ekspozycji i przygotowaniu jej naukowego omówienia. W trakcie zwiedzania uczniowie poruszają się swobodnie po terenie wystawy. Fotografują eksponat, czytają opis, dokonują przeglądu tematu w internecie. Starają się odpowiedzieć na pytania: Kto to wymyślił? Jaki problem naukowy przedstawia eksponat? Co ciekawego można powiedzieć o poruszonym temacie? Jakie są jego praktyczne zastosowania? Uczniowie, którzy przygotowują rzetelne postery, są oceniani oceną celującą z fizyki. Postery są eksponowane w szkolnej pracowni oraz na stronie WWW nauczyciela. Uczniowie w drodze głosowania wybierają najciekawszy poster, którego autor wygrywa publikację popularnonaukową, np. The Science of Rick and Morty. Nienaukowy przewodnik po świecie nauki. Druga forma angażowania w aktywne zwiedzanie polega na przygotowaniu 1-minutowego reportażu z wystawy. Każdy uczeń, który nagra 1-minutowy filmik za pomocą telefonu komórkowego, uzyskuje ocenę bardzo dobrą z fizyki. Celem nagrywania filmu jest przedstawienie jednego eksponatu wraz z samodzielnym omówieniem. Aby zadanie było trudniejsze, uczniowie muszą dogadać się między sobą, kto, co nagrywa, ponieważ filmy muszą być o różnych eksponatach. Jeżeli dzieciaki się nie porozumieją i przygotują film o tym samym eksponacie, ich prace nie zostaną nagrodzone oceną. Z wszystkich 1-minutowych filmów powstaje dłuższy reportaż dostępny na kanale nauczyciela.

Jakub Błaszak



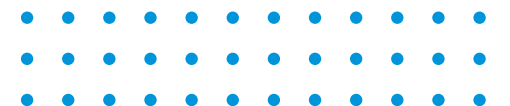
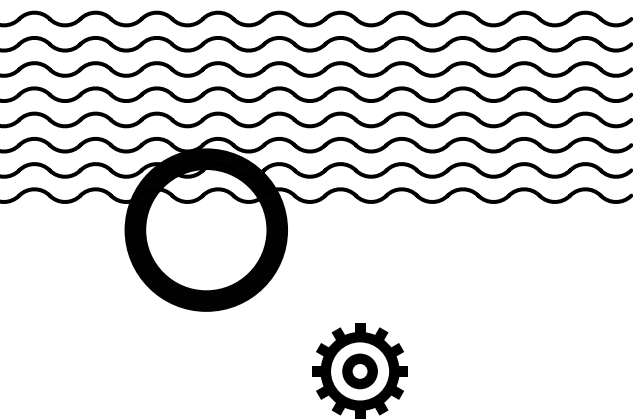
Rola nauczyciela na wystawie? Po pierwsze nie przeszkadzać. Po drugie stwarzać okazję do konstruowania, generowania i zadawania pytań. Po trzecie zachęcać do samodzielnego lub zespołowego poszukiwania rozwiązań, odpowiedzi na postawione pytania. Po czwarte zapewnić przestrzeń, materiały, narzędzia, multimedia i czas, aby uczniowie mogli porozmawiać o tym, co odkryli, czego doświadczyli. Tworzyć z uczniami prototypy – może to, co zobaczyliśmy na wystawie i co zaintrygowało naszych uczniów, jesteśmy w stanie zrobić w naszej szkole? Może nie musi wyglądać i działać tak samo, ale będzie wyjaśniało, jak coś działa, funkcjonuje. Po piąte drążyć temat: Czego jeszcze chcielibyście się dowiedzieć? Co wynika z tego, czego się nauczyliście, co zrozumieliście? Po szóste przekładać wiedzę na praktyczne umiejętności i zastosowanie w życiu. Po siódme wspierać uśmiechem, doceniać wysiłki, wykorzystywać błędy jako kluczowy element uczenia się, motywować, pokazywać, że nauka jest frajdą. Po ósme współpracować z innymi nauczycielami czy koordynatorami wystaw – nie mam wątpliwości, że pracownicy Centrum Nauki Kopernik chętnie wesprą każdego nauczyciela, który zapyta, jak coś zrobić.

Sylvia Wierzchowska



Nauczyciel na wystawie naukowej może, tak jak przewodnik, poprowadzić swoich uczniów według przygotowanego planu. Jednak znacznie korzystniejszym rozwiązaniem w zdobywaniu wiedzy jest wyzwalanie u dzieci samodzielności i aktywności poprzez stawianie przed nimi pytań oraz problemów badawczych lub zadań do rozwiązania. Wyposażenie uczniów w opisy zadań lub karty pracy pomoże ukierunkować ich działania, ułatwi połączenie zdobytych podczas zwiedzania doświadczeń z treściami realizowanymi podczas lekcji. Warto zauważyć, że wcześniejsze zapoznanie z celami zwiedzania wystawy, różnorodność i atrakcyjność zadań oraz możliwość pracy w grupach i prezentacji wyników przed rówieśnikami ułatwiają zrozumienie i zapamiętanie poznanych zjawisk i doświadczeń.

Nauczyciel biologii



Uczniowie uwielbiają poznawać świat. W pierwszym kontakcie z wystawionymi eksponatami uczniowie oceniają ich wygląd, poznają zmysłami, nie zastanawiając się początkowo, po co są lub czemu służą. I tu pojawia się dobry moment na bycie tzw. kierunkowskazem dla ucznia. Podczas obserwacji wraz z uczniem warto zacząć od pytania, dlaczego zaciekał go ten eksponat, a potem [można ukierunkować aktywność ucznia] poprzez dociekliwe pytania, takie jak: Wiesz może do czego służy ten eksponat? Po co on tutaj jest? W jaki sposób można wykorzystać ten eksponat w życiu codziennym? Aby przeprowadzić ewaluację zwiedzania, można poprosić ucznia, by opowiedział o tym, co zapamiętał, czy też, by narysował to, co było dla niego ważne. Zwiedzanie może być świetnym uzupełnieniem lekcji w praktyce. Przecież nie wszystkie eksponaty można wykonać samemu na lekcji. Są zbyt duże, ciężkie, niewymiarowe, oryginalne. Dlatego podczas zwiedzania warto ułożyć sobie lekcję, na której można wykorzystać eksponat. Opowiadając i wchodząc w interakcje z eksponatem, można również zwrócić uwagę na to, w jaki sposób można by było zrobić to inaczej. Moje twórcze metody to dawanie uczniom przestrzeni na poznanie urządzenia czy eksponatu (np. bardzo często rozdaję uczniom przyrządy i daję im czas na poznanie ich, zastanowienie się nad tym, do czego one nam służą). Na początku nie było to łatwe, ale widzę, że dzięki temu uczniowie w prostych przyrządach widzą potencjał. I nie trzeba żadnych extra przyrządów, aby ich zainteresować. Ważna jest także w procesie edukacji rozmowa i zadawanie pytań typu „W jaki sposób..?”. Takie pytania wymagają od ucznia rozbudowanych odpowiedzi.



Barbara Szymańska-Markowska

4. Co powstanie? Jak przedłużyć doświadczenie pracy z eksponatami?

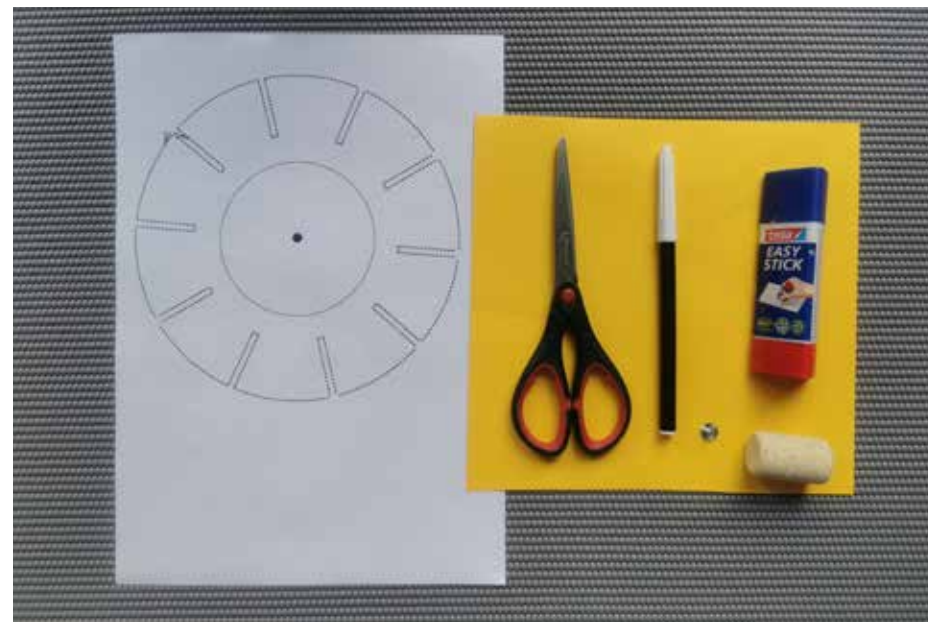


Wśród stacji badawczych składających się na wystawę „Eksperymentuj!” są takie, których działanie łatwo można odtworzyć w warunkach szkolnych. Poniżej prezentujemy dwa eksperymenty zainspirowane eksponatami „Jak powstaje film” i „Zawieszona piłka”. Dzięki nim samodzielnie wykonasz podobne do naszych eksponatów pomoce naukowe.

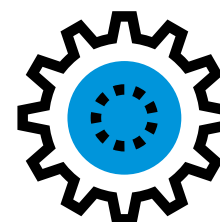


4.1. Jak wprowadzić rysunek w ruch? Narysuj film

Gdy patrzymy na serię szybko zmieniających się, nieruchomych obrazów, mózg składa je w całość i interpretuje jako ruch ciągły. Projektując własną pomoc naukową, dowiesz się, jak wprowadzić rysunek w ruch, i odkryjesz właściwość ludzkiego oka, dzięki której możemy oglądać filmy.



Materiały, które będą potrzebne do stworzenia pomocy edukacyjnej na podstawie eksponatu „jak powstaje film”. I wtedy bez dopiska rycina.



#film #animacja #praksinoskop

Narzędzia i materiały

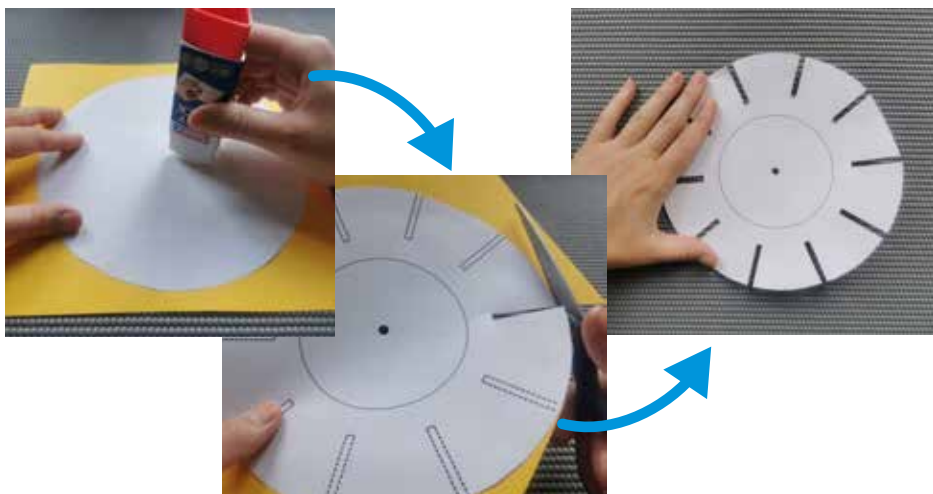
- czarny flamaster
- biała karta (format A4)
- tektura
- nożyczki
- korek (lub otówek z gumką)
- pinezka
- klej
- duże lustro (wystarczy łazienkowe)

Bezpieczeństwo

Eksperyment jest bezpieczny, należy jednak uważać podczas wbijania pinezki w korek.

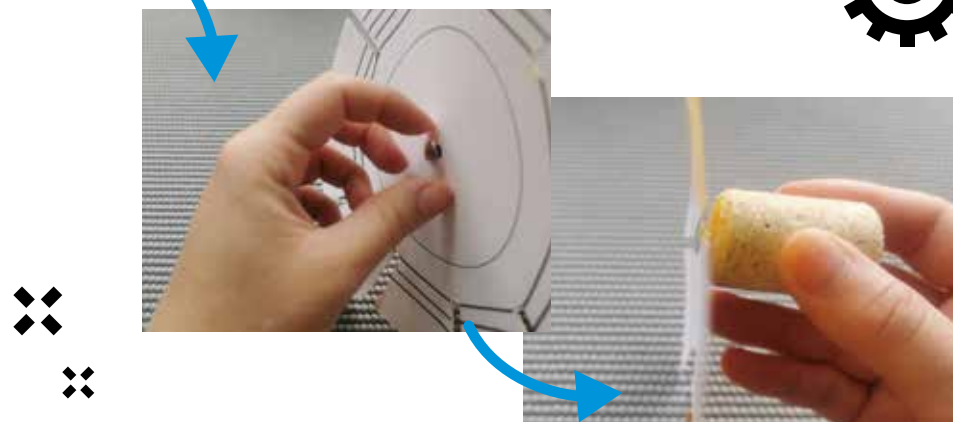
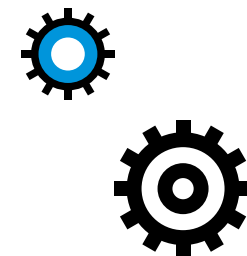
Przygotowanie

1. Wytnij dysk z szablonu i naklej go na tekturę. Następnie przytnij tekturę do kształtu przyklejonego na niej dysku (jak na zdjęciach poniżej).



2. W polach między podłużnymi wcięciami narysuj kolejne fazy ruchu wymyślonego przez siebie obiektu lub postaci. Różnice między kolejnymi rysunkami powinny być niewielkie (tak jak na kolejnych klatkach taśmy filmowej). Im prostszy rysunek, tym lepiej.

3. Wbij pinezkę w środek dysku. Na wystające ostrze pinezki nabij korek. Upewnij się, że dysk może się swobodnie obracać na korku.



Eksperymentuj

1. Jedną ręką złap za korek i trzymaj dysk równolegle do powierzchni lustra, tak aby rysunki było widać w odbiciu. Drugą ręką zakręć tarczą.

- **Co widzisz?**
- **Co się stało z narysowanym przez ciebie rysunkiem?**



2. Tym razem unieś dysk na wysokość twarzy. Przez jedno z wcięć spojrz na odbicie w lustrze. Ponownie zakręć dyskiem.

- **Co widzisz?**
- **Czy obrazek „zachowuje się” tak samo jak za pierwszym razem?**
- **Czy udało Ci się uzyskać płynną animację rysunku?**



3. Sprawdź, co się stanie, jeśli zmienisz kierunek obrotów.

- **Czy widzisz jakąś różnicę?**

4. Zakręć dyskiem kilka razy – szybko i wolno.

- **Kiedy ruch jest najpłynniejszy?**



O co chodzi?

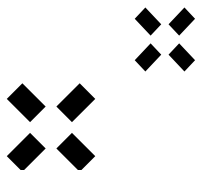
Procesy rejestracji, a następnie interpretacji przez mózg zmieniającego się obrazu następują po sobie tak szybko, iż wydaje nam się, że zachodzą jednocześnie. Kiedy patrzymy na lustrzane odbicie obracającego się dysku, widzimy rozmazujący się obraz rysunku. Gdy jednak obserwujemy to samo odbicie przez szereg szybko przesuwających się szczelin w dysku, obraz rysunku postrzegamy w ruchu. Za każdym razem, gdy na wprost naszego oka znajdzie się kolejna szczelina, przez krótką chwilę w lustrzanym odbiciu widzimy tylko jeden nieruchomy obrazek z całej sekwencji narysowanej przez nas na odwrocie dysku. Tuż po tym receptory światła w oku robią trwającą milisekundy przerwę na regenerację. W efekcie nasz mózg odbiera widzianą przez szczeliny dysku sekwencję rysunków jako obraz w ciągłym ruchu. Właśnie dzięki tej właściwości ludzkiego oka jesteśmy w stanie oglądać filmy. Gdyby nasz wzrok działał perfekcyjnie – widzielibyśmy pojedyncze nieruchome klatki.

Przy produkcji profesjonalnych filmów stosuje się 24 klatki na sekundę, czyli 24 obrazy pojawiające się jeden po drugim w ciągu jednej sekundy. Dają one wrażenie płynności. Nowocześniejsze kamery korzystają ze standardu nawet 60 klatek na sekundę, dzięki czemu obraz jest jeszcze bardziej zbliżony do takiego, jaki widzimy na żywo.



Eksperymentuj dalej

- 1.** Weź kilkanaście karteczek i na każdej z nich narysuj kolejną fazę ruchu wymyślonego przez siebie obiektu lub postaci. Różnice między kolejnymi rysunkami powinny być niewielkie (tak jak na kolejnych klatkach taśmy filmowej).
- 2.** Zepnij karteczki zszywaczem, tak aby były złączone górnymi krawędziami.
- 3.** Powstały „notes” trzymaj w jednej dłoni, a drugą go przekartkuj. Najpierw zrób to powoli, a potem szybko. Co widzisz?



4.2. Aeroherbatka

Dla znudzonych rutynowym parzeniem herbaty mamy propozycję eksperymentu wymyślonego przez Pracownię Edukacji Centrum Nauki Kopernik i nawiązującego do zjawiska, jakie demonstruje eksponat „Zawieszona piłka”. Przy pomocy kilku powszechnie dostępnych rekwizytów zaparzysz „latającą herbatkę” i odkryjesz zjawisko aerolewicy.

Nagranie z przebiegiem eksperymentu znajdziesz pod następującym linkiem: www.youtube.com/watch?v=0pFCv4T16P0.



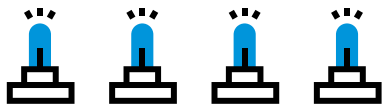
Ryc. 9. Eksponat „Zawieszona piłka”



#fizyka #aerodynamika #strumień #powietrze

Narzędzia i materiały

- balon
- nitka
- torebka herbaty
- moneta 2 zł
- zszywacz biurowy
- kubek
- suszarka do włosów z okrągłym wylotem



Bezpieczeństwo

Wykonanie eksperymentu nie stwarza zagrożenia dla zdrowia.

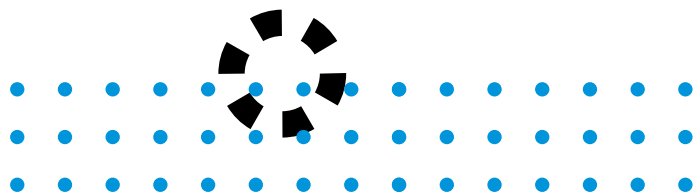
Warunki szczególne

Konieczność użycia prądu do zasilenia suszarki podczas wykonywania eksperymentu.

Eksperymentuj

1. Nadmuchaj balon i zawiąż go na supeł, a następnie przymocuj do supełka nitkę o długości ok. 50 cm.
2. Do końca nici przywiąż torebkę herbaty, umieściwszy w niej uprzednio monetę 2 zł (aby zamknąć torebkę, użyj zszywacza biurowego).
3. Trzymając balon za koniec nici (za torebkę), przyłóż wylot dmuchawki pionowo w dół do powierzchni balonu i dmuchaj na niego z góry.

- Co dzieje się z balonem?



4. Ciągłe dmuchając pionowo w dół, spróbuj przesunąć suszarkę w którąkolwiek stronę w poziomie.

- Co obserwujesz?

- Czy balon podąża za strumieniem, jakby był połączony z suszarką niewidzialną nicią?

5. Nić, za którą trzymasz balon, tworzy z pionem pewien kąt. Nie oddalając suszarki od powierzchni balonu, spróbuj zwiększyć ten kąt najbardziej, jak się da – tak by nić wisiła w powietrzu niemal poziomo.

6. Teraz ustaw suszarkę w taki sposób, aby zwisająca swobodnie z balonu torebka herbaty zaczęła lewitować w strumieniu powietrza. Manipulując suszarką, spróbuj trafić torebką do wcześniej przygotowanego kubka z wodą.

- Czy udało Ci się zaparzyć „aeroherbatkę”?



O co chodzi?

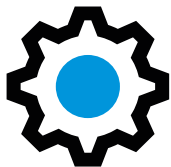
Jeśli balon znajduje się dokładnie w środku strumienia padającego na niego w linii prostej, powietrze opływa go, po czym oddala się od niego również w linii prostej. Kierunek strumienia pozostaje zatem taki sam. Gdy jednak odchylimy balon lub źródło strumienia powietrza (suszarkę) od położenia środkowego, sytuacja się zmienia: kierunek pędu strumienia padającego na balon w linii prostej także zostanie odchyłony w kontakcie z balonem. Na skutek tego odchylenia – a więc oddziaływania siły pędu, której strumień pierwotnie nie miał – pojawi się efekt odrzutu: strumień skręci w jedną stronę (np. w lewo), a balon dozna odrzutu w stronę przeciwną. Siła odrzutu zawsze wypycha balon z powrotem do środka strumienia, tzn. jeśli balon ucieka ze strumienia np. w lewo, strumień również skręca w lewo, a siła odrzutu popycha balon w prawo, tj. w kierunku środka strumienia. Finalny efekt jest taki, że balon nie wypada ze strumienia i podąża za ruchem suszarki, jakby był prowadzony na niewidzialnej smyczy. Efekt ten nazywamy aerolewitacją.

Alternatywny eksperyment

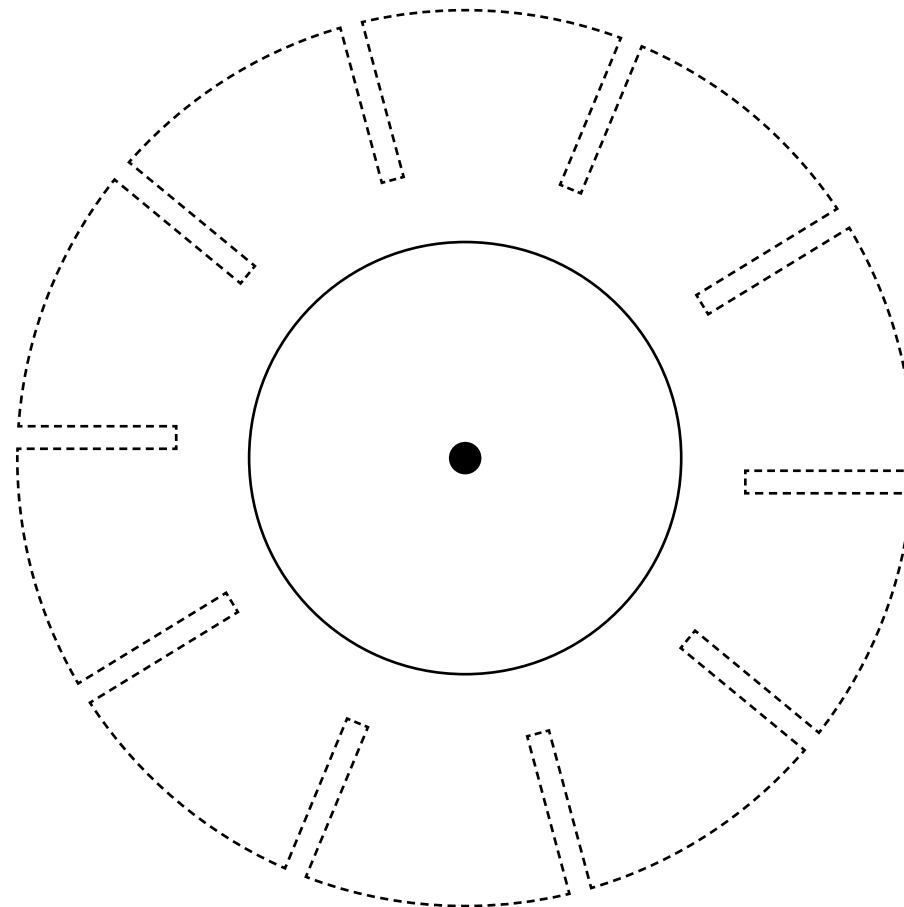
Podobne doświadczenie możemy wykonać z piłeczką pingpongową i strumieniem wody. Zaletą tej wersji eksperymentu jest to, że wyraźnie widać zakrzywiający się strumień. Utrudnieniem może być zaś to, że do jego wykonania potrzebujemy kranu ze zlewem i silnego strumienia wody.

Co może pójść nie tak i jak sobie z tym poradzić?

Aby eksperyment się udał, torebkę herbaty należy czymś obciążyć – w roli obciążnika sprawdzi się dwuzłotowa moneta. Balon natomiast trzeba nadmuchać tak, by miał jak najbardziej okrągły kształt – zwiększy to jego stabilność.



Szablon pomocy naukowej ułatwiający przeprowadzenie eksperymentu, najlepiej powielic na ksero i powiększyć do formatu A4.



Redakcja merytoryczna: **Ilona Iłowiecka-Tańska, Aneta Gop, Katarzyna Potęga vel Żabik**

Współpraca: **Angelika Ochendowska**

Redakcja językowa: **Natalia Krasicka**

Projekt graficzny: **CNK**

Koordinacja procesu wydawniczego: **Anna Dąbrowska**

Fotografie: **Piotr Molędzki, Angelika Ochendowska (CNK)**

Wspólny Program Ministra Edukacji i Nauki oraz Centrum Nauki Kopernik pod nazwą „Nauka dla Ciebie” finansowany jest w ramach dotacji Ministra Edukacji i Nauki na podstawie umowy z dnia 6 marca 2020 r. Nr 1/CNK-NAUKOBUS/2020. W ramach Programu „Nauka dla Ciebie” realizowane są działania „Naukobus” i „Planetobus” oraz zajęcia online.

