

Czym jest nauka?

– ćwiczenie: odkrywanie zawartości puszek (nauka jako proces i jako produkt)



Stanisław Czachorowski



11-16 lat



3 godziny

Zalecany wiek uczestników

Dla uczniów z klas młodszych (6-10 lat) zajęcia najlepiej przeprowadzić w formie uproszczonej, koncentrując się bardziej na czynnościach manualnych i obserwacji, dla uczniów z klas starszych (11-16 lat oraz z liceum) możliwe jest zrealizowanie pełnego zakresu ćwiczenia, z naciskiem na komunikację, dyskusję, pisanie sprawozdania i przedstawienia rezultatów w formie referatu, np. w czasie szkolnego festiwalu nauki.

Cel zajęć i formy pracy

Celem zajęć jest pokazanie na czym polega metoda naukowa (nauka jako proces), w tym stawianie hipotez, planowanie eksperymentu, wyciąganie wniosków. Dodatkowym celem jest ćwiczenie dyskusji i krytycznego myślenia. W wersji rozbudowanej możliwe jest kształcenie kompetencji związanych z komunikacją w mowie i piśmie (w tym w formach internetowych).

Na realizację przeznaczyć można dwie godziny lekcyjne: realizowane łącznie lub z kilkudniowym odstępem). Formy pracy: metoda projektu, model symulacyjny, praca w grupach, dyskusja – opcjonalnie kontynuacja dyskusji w Internecie (konsultacje on-line, publikowanie na blogu itd.).

Zakładane efekty

- Uczeń wie czym jest proces badawczy
- Uczeń potrafi zaplanować prosty eksperyment, potrafi dyskutować, formułować wnioski, przygotować raport z badań
- Uczeń ćwiczy dyskusję i wyciąganie wniosków, ćwiczy krytyczny sposób myślenia

Potrzebne materiały i pomoce dydaktyczne

1. Kilka pustych puszek (4-8), można wykorzystać puszki po produktach spożywczych, np. po orzeszkach ziemnych. Lepsze są większe puszki (objętość ok. 1 litra).
2. Różne drobne przedmioty, nie tylko te znane uczniom z życia codziennego. Zawartość może być jednorodna (wkładamy tylko jeden rodzaj przedmiotów) lub zróżnicowana. Przy użyciu różnych przedmiotów zadanie jest nieco trudniejsze w interpretacji ale lepiej oddaje rzeczywiste badania naukowe. Dobrze, żeby przynajmniej w jednej z puszek znalazły się przedmioty metalowe (np. pinezki, spinacze) umożliwi to wykorzystanie magnesu.
3. Instrukcja i karty pracy dla zespołu uczniowskiego, dodatkowe materiały z informacją np. cechy naukowca (z oficjalnych dokumentów UE), wymagane kompetencje do pracy naukowej (w załączeniu).
4. Zestaw kolorowych, samoprzylepnych kartek (każdy zespół zapisuje swoje hipotezy na innym kolorze karteczek).
5. Klej, długopisy, ołówki (opcjonalnie).
6. Flipchart (lub tablica) do zapisywania wyników.
7. Zestaw prostych przyrządów pomiarowych, magnesy, waga itd. (także telefony komórkowe uczniów/nauczycieli) - do wykonania zdjęć jako formy dokumentacji.
8. Przydatny może być dostęp do Internetu (wi-fi) ale nie jest konieczny.
9. Materiały pomocnicze (np. on-line), odnoszące się do definicji nauki, metod naukowych itd.
10. W wersji z samoobserwacją potrzebna będzie kamera do nagrania pracy uczniów.

Wprowadzenie

Metoda naukowego poznawania świata bez wątpienia przyczyniła się do znaczącego postępu technologicznego i rozwoju cywilizacji. Ale na czym ona polega? Co to jest nauka? Czy są to czynności, które wykonują naukowcy w czasie swojej pracy? Nauka jako proces to dochodzenie do wiedzy. Nauka jako produkt (rezultat) to wiedza zapisana w podręcznikach i publikacjach. Metoda naukowa wywodzi się z myślenia zdroworozsądkowego, właściwego wszystkim ludziom. Została jedynie dopracowana i udoskonalona. W tym kontekście naukowcem może być każdy, kto stawia sobie pytania i próbuje dociekać rzetelnej wiedzy o świecie. Najważniejszym przyrządem badawczym jest mózg człowieka. Specjalistyczna aparatura jest tylko pomocnym narzędziem.

W praktyce szkolnej dość często spotykamy się z pytaniami uczniów: „dlaczego w jednej książce jest napisane tak a w innej inaczej? To jaka jest w końcu prawda i czego się uczyć?”. Ze złożonością i różnorodnością faktów naukowych spotykamy się więc na co dzień. Kolejnym pytaniem często stawianym przez uczniów jest to, skąd się biorą fakty naukowe oraz teorie i dlaczego ciągle się zmieniają? I jeszcze jeden dylemat współczesnego człowieka, zaglądającego do księgarni czy zasobów internetowych: jak odróżnić naukę od paranauki i najróżniejszych teorii pseudonaukowych?

Rozróżnijmy na początku naukę jako produkt i jako proces. Nauka jako produkt to gotowe fakty i teorie podane w podręczniku. Uczenie się w tradycyjnej szkole to przede wszystkim przyswajanie produktu naukowego. Nauka jako proces to dochodzenie do tych faktów, ustaleń, teorii.

Tym zajmują się zazwyczaj naukowcy. Zrozumienie, na czym polega proces dochodzenia do faktów naukowych, pozwoli zrozumieć zarówno różnorodność i niejednakowość „faktów” naukowych, znajdujących się w podręcznikach i czasopismach jak i to, skąd się biorą różnice w interpretacji zjawisk, nie tylko w kontekście historycznym. Umiejętność ta wiąże się z logicznym i krytycznym myśleniem, przydatnym każdemu człowiekowi w życiu codziennym. Na przykład z koniecznością weryfikacji informacji, docierających z różnorodnych źródeł jak i odróżnienia informacji prawdziwych od fałszywych (fake news).

Nauczyciel ciągle staje przed wyzwaniem jak pokazać czym jest i na czym polega nauka (wiedza naukowa). Każdy z nauczycieli przeszedł kształcenie na poziomie wyższym zatem uczestniczył w pisaniu przynajmniej jednej pracy naukowej o charakterze raportu (praca licencjacka, magisterska). Uczestniczył, ale czy w pełni ten proces rozumiał, skoro sami naukowcy mają problem z przejrzystym i prostym zdefiniowaniem nauki? W praktyce szkolnej skupiamy się na metodach podających, na przekazywaniu produktu naukowego, zaniedbując pokazywanie procesu (procesu naukowego czyli tego, jak powstają fakty i teorie naukowe).

Poznanie i odkrywanie jest właściwe każdemu człowiekowi. Procesowi odkrywania towarzyszą emocje: najpierw emocje związane z ciekawością, potem z satysfakcją odkrycia, zrozumienia, uporządkowania wiedzy. Są niezwykle ważne w edukacji, bo wzmacniają motywację do pracy i wysiłku. Z emocjami uczenie się staje się przyjemną przygodą. Proponowany scenariusz lekcji jest edukacyjną zabawą w odgadywanie tego, co jest w puszcze bez jej otwierania.

Propozycja zawiera wszystkie etapy poznania naukowego, od inspiracji i pomysłu aż do relacjonowania wyników i komunikacji. Różnica wieku i doświadczenia uczniów w dużym stopniu wpływa na przebieg zajęć i możliwości interpretacyjne (młodszy bardziej skupiają się na zabawie i manipulacjach), niemniej daje się zastosować w każdej grupie wiekowej.

Zawiera w sobie element zabawy, ale jednocześnie jest dobrym modelem nauki i pretekstem do dalszych, pogłębionych dyskusji towarzyszących innym eksperymentom czy obserwacjom. W szczególności nadaje się do zajęć z biologii (i innych przedmiotów eksperymentalnych). W krótkim czasie pozwala przejść wszystkie etapy poznania naukowego, łącznie z pisanem raportu, może być dobrym wstępem do innych zajęć, obserwacji i eksperymentów.

Przebieg zajęć

Faza przygotowawcza

Wprowadzenie do problemu czym jest nauka i dlaczego w różnych podręcznikach można znaleźć inne opisy czy interpretacje tych samych faktów. Można pokazać przykład z kilku wybranych źródeł: opis lub definicję czy wyjaśnienie tego samego zjawiska. Ważne, by w podanych źródłach znalazły się inne (przynajmniej w części) informacje. Podany przykład powinien rodzić pytanie „to jaka w końcu jest prawda”.

W czasie zajęć uczniowie będą na sobie samych obserwować czy jest nauka jako proces. Mają za zadanie także obserwować siebie w tych działaniach. Można powiedzieć, że będą jednocześnie „królikami doświadczalnymi”. Można fragmenty pracy uczniów nagrać na kamerę i w dalszej części (podsumowującej) odtworzyć by sami mogli spojrzeć „na siebie” i na czynności, jakie w rzeczywistości wykonywali w czasie zadania.

Następnie nauczyciel przedstawia zadanie do wykonania: uczniowie i uczennice mają odkryć co się w puszcze bez jej otwierania. Można zachęcić, by wykorzystali swoje telefony komórkowe jako przyrządy badawcze (np. do rejestrowania i dokumentowania rezultatów: mogą robić zdjęcia, nagrywać filmiki dokumentacyjne, do wykorzystania w późniejszych analizach).

Czym jest poznanie naukowe i z jakimi problemami spotykają się naukowcy w swojej pracy? Na czym polegają metody naukowe? Jak odkryć to, co jest w puszcze bez jej otwierania? W czasie zajęć uczestnicy w pracy zespołowej odkrywają będą, za pomocą prostych i dostępnych metod, zawartość tajemniczych puszek. Odkrywać będą metody, jakimi posługują się naukowcy w codziennej pracy. Jaki wpływ na obserwacje i wstępne hipotezy ma dotychczasowe doświadczenia i wiedza o świecie? Czy w nauce potrzebna jest kreatywność, umiejętność dyskusji i pracy zespołowej?

Czym jest kontekst odkrycia a czym kontekst uzasadnienia? Wspólna zabawa może mieć swoją kontynuację w Internecie (uczymy dyskusji nie tylko w kontakcie bezpośrednim ale także w przez Internet) a uczestnicy zajęć będą mogli zamieścić swoje raporty z badań zawartości puszek na przykład na wspólnym blogu klasowym.



Dlaczego nie otwieramy puszek? Po pierwsze dlatego, by nie zniszczyć obiektu badawczego. Można posłużyć się przykładem wizyty u lekarza, czy chcieliby aby lekarz przy przeziębieniu lub innej niezbyt groźnej chorobie brał skalpel i rozcinał powłoki ciała by lepiej przyjrzeć się stanowi górnych dróg oddechowych? Innym przykładem może być porównanie do badania ryb w jeziorze: najprościej byłoby spuścić wodę z jeziora i pozierać ryby z dna. Ale wtedy zniszczymy cały ekosystem, łącznie z rybami.

Poznamy jedynie odpowiedź na pytanie ile ryb żyło w jeziorze a nie ile ryb żyje w jeziorze. Kolejnym przykładem może być badanie innej planety za pomocą sondy – wysyłamy urządzenie i możemy wcześniej zaplanować eksperymenty a potem już tylko obserwować działania urządzenia na monitorach rejestrujących.

Faza realizacji

Klasę dzielimy na kilkusobowe zespoły. W zespole powinno być minimum 3-4 uczniów, nie więcej niż 6. Przy liczbie 4-6 zespołów w klasie uzyskamy najlepsze warunki do dyskusji końcowej. Nauczyciel informuje o celu: odgadnąć (odkryć) zawartość puszek. Nie wolno otwierać puszek ani stosować takich metod badawczych, które by puszkę zniszczyły. Badania naukowe nie powinny niszczyć obiektu badań.

Część 1. Badania opisowe

Nauczyciel rozdaje karty pracy nr 1. Najpierw uczniowie zapisują planowane metody badawcze, jakie zastosują w badaniu zawartości puszek (dyskusja w klasie lub zespoły samodzielnie i w ciszy spisują proponowane metody). W wersji trudniejszej, po zapisaniu instrukcji badań, zespoły wymieniają się kartami (teoretycznie wykonują instrukcje innego zespołu). Ten zabieg ma na celu pokazanie jak ważne jest obiektywne i komunikatywne spisanie procedury badawczej.

Nauczyciel podaje zespołom kolejno wszystkie puszeki. Obserwuje jak pracują uczniowie (można nagrać na wideo i potem pokazać uczniom fragmenty ich działań). Obserwacje pracy uczniów nauczyciel wykorzystuje w kierowaniu dyskusją.

Po wykonaniu zadania z puszkami, uczniowie zapisują domniemaną zawartość każdej puszeki na kolorowych karteczkach i umieszczają w odpowiednim miejscu na tablicy (flipcharcie) – przy numerach puszek. Nauczyciel może podkreślić, że przypomina to konferencję naukową: przyjeżdżają naukowcy z różnych laboratoriów (zespołów), uniwersytetów i publicznie przedstawiają rezultaty swoich badań. Nauczyciel stawia pytanie dlaczego są różnice w domniemanej zawartości pojedynczej puszeki. Dlaczego różna jest domniemana zawartość tych samych puszek, badanych przez różne zespoły? Dlaczego patrząc na to samo postrzegamy rzeczywistość nieco inaczej? Może wynikać to z różnych doświadczeń poszczególnych osób, ich wyobraźni (zazwyczaj wpisują to, co zna-



ją z życia codziennego) a także z różnej wiedzy teoretycznej z różnych dziedzin.

Trudno wyobrazić sobie to, czego nie znamy (przykładem są filmy science fiction z wyobrażaniem istot żywych z innych planet).

Nauczyciel kieruje dyskusję na problem konsensusu w nauce (jak powstają fakty naukowe, które znajdujemy w podręcznikach). Za bardziej wiarygodne uznajemy to, do czego skłania się większość naukowców (ustalanie faktów poprzez „głosowanie”). Ale w nauce – wbrew założeniem – znaczenie ma również autorytet – niektórym, uznanym naukowcom (książkom, czasopismom) skłonni jesteśmy przyznać rację bardziej niż innym. Tak jak w życiu codziennym większość ma rację.

Ale czy przy takiej postawie możliwy jest postęp? Można przypomnieć z historii nauki przykłady kontrowersyjnych odkryć, które uzyskały uznanie dopiero po wielu latach (teoria heliocentryczna Kopernika, teoria ewolucji Darwina itd.). W dyskusji możemy podkreślić rolę indywidualności i outsiderów, uparcie trwających przy swoich pomysłach i mobilizujących zarówno do dyskusji jak i ciągłego eksperymentowania.

Uzyskiwanie konsensusu w nauce nie odbywa się tylko na drodze „głosowania”. Inną formą jest uogólnianie (np. zespół 1 napisał „groch” jako domniemana zawartość konkretnej puszeki, zespół 2. „kawa”, zespół 3. „fasola” – można uogólnić wszystkie te wyniki i w toku dyskusji i przystać na sformułowanie „niewielkie nasiona” lub „owalne kształty niewielkich rozmiarów, przypominających nasiona grochu lub kawy”. Jeszcze inną formą jest wymyślanie zupełnie nowych propozycji tzw. „trzecia droga”.

Dyskusja nad stosowanymi metodami

Nauczyciel rozdaje **karta pracy nr 2**. Pyta uczniów o rzeczywiste czynności, wykonywane w trakcie analizy puszek (autorefleksja). Nauczyciel kieruje dyskusją by uświadomić uczniom, że **w trakcie działań dyskutowali ze sobą w grupie**, wymieniali się uwagami, rozmawiali. Dyskusja jest jedną z ważniejszych metod badawczych. Umiejętne precyzyjne wypowiadanie się słowem i pismem jest niezwykle istotna w naukowym procesie badawczym.

Można odwołać się do spisanej instrukcji (gdy grupy na początku wymienili się instrukcjami). Precyzja w naukowej komunikacji jest bardzo ważna. Czy instrukcje, zapisane przez uczniów, w karcie pracy nr 1 były precyzyjne i zrozumiałe dla innych? Czym innym jest samemu wiedzieć, czym innym precyzyjnie to opisać. W przypadku prostych czynności np. potrząsanie, łatwo jesteśmy w stanie wykonać te czynności. Ale zupełnie inaczej jest w przypadku złożonych i nowych dla nas technik (mikroskopowanie, obsługa nowego programu komputerowego itp.). Nauka stawia na komunikatywność kosztem piękna języka. Dlatego publikacje naukowe w swojej formie różnią się



od innych tekstów literackich a nawet popularnonaukowych.

W nauce ważna jest powtarzalność wyników. Dlatego tak ważny jest rozdział „materiał i metody”, w którym opisuje się co i jak zostało wykonane. Ta część jest jak przepis kucharski. Ma umożliwić innym zespołom naukowców wierne powtórzenie badań (a czy my potrafimy przygotować potrawę z nieprecyzyjnych przepisów kucharskich?). Wyniki eksperymentów, których inne zespoły nie mogą powtórzyć, uznaje się za mało wiarygodne. Ważne jest także rozdzielenie „wyników” od „dyskusji” czyli interpretacji tych wyników.

Zazwyczaj w każdym zespole wszystkie osoby dotykają potrzásając każdą puszką, potem dzielą się wrażeniami i pomysłami. Porównać to można do powtórzeń w badaniach eksperymentalnych (tyle powtórzeń ilu członków danej grupy-zespołu, a w podsumowaniu liczba uczniów w klasie). W badaniach naukowych ważne są powtórzenia analiz: nie tylko pojedyncza informacja ale kilka, co umożliwia wyciągnięcie średniej i wyeliminowanie przypadku. Podkreślamy uczniom, że pracowali zespołowo – to kompetencja również ważna w badaniach naukowych.

Znaczenie doświadczenia

W miarę nabywania doświadczenia, analiza kolejnych puszek trwa nieco krócej. Ponadto uczniowie rezygnują z niektórych pomysłów, uznając je za mało przydatne, natomiast wymyślają nowe czynności (nie trzymają się ściśle procedury). Uczenie się metody oraz modyfikowanie metod badawczych jest czymś normalnym w badaniach naukowych. Można zwrócić uwagę uczniom, że nauka np. mikroskopowania, wykonywania analiz chemicznych, sekwencjonowania DNA, wymaga wprawy. Naukowcy także popełniają błędy. Mimo tych pomyłek nauka stale się rozwija. Krytyczna analiza pozwala rozwijać się mimo nieustannego popełniania błędów. Można odnieść to do edukacji szkolnej – by uczniowie nie bali się porażek, bo to one budują wiedzę i perfekcję w umiejętnościach.

Omawiając zastosowane rzeczywiście metody analizy zawartości puszki można zwrócić uwagę na **modelowanie**. Potrzásając puszką wyobrażamy sobie domniemamy przedmiot (np. piłeczka, nasiona, zabawka pluszowa) oraz wyobrażamy sobie to jak on mógłby się zachowywać w puszcze. Porównujemy z odgłosami z puszki. I podejmujemy decyzje, czy jest to zgodne z oczekiwaniami. Wyobrażania i budowanie różnorodnych modeli (nawet tylko myślowych) jest ważna w badaniach naukowych. W nauce bardzo często wykorzystuje się modelowanie wykorzystując symulacje komputerowe.



Część 2. Eksperyment (można zrealizować na kolejnym spotkaniu)

Po dyskusji można kontynuować analizę zawartości puszek. O ile pierwszy etap porównać można do badań opisowych: nie znamy obiektu, spotykamy się z nim pierwszy raz, trudno było więc stawiać na początku hipotezę roboczą, co jest w środku, to drugi etap badań porównać można do eksperymentu. Mamy już jakąś wiedzę i chcemy sprawdzić nasze przypuszczenia. Możemy postawić hipotezę roboczą i tak dobrać eksperyment by tę hipotezę sprawdzić (sfalsyfikować, obalić).

Na czym może polegać eksperyment? Można powtórzyć analizy, tak jak na początku (zwiększamy liczbę powtórzeń – można włączyć dodatkowe osoby spoza klasy). Można zastosować nowe metody badawcze, np. wykorzystać magnes by sprawdzić czy w środku znajdują się przedmioty z żelaza (czy wszystkie metale mają właściwości magnetyczne?). Zastosowanie aparatu Rentgena w praktyce szkolnej będzie utrudnione ale nie niemożliwe. Można także przygotować próby zerowe: do pustej puszkę wsypujemy znane przedmioty i porównujemy z puszką badaną. Czy potrząsana lub turlana wydaje takie same odgłosy i podobnie się zachowuje? Próba kontrolna pozwala nam w pewien sposób „zajrzeć do puszkę bez jej otwierania”. Jeśli zadanie to wykonywane jest na kolejnej lekcji innego dnia, to uczniowie sami mogą przynieść na lekcję potrzebne materiały. Jeśli kontynuacja następuje tego samego dnia, musimy mieć przygotowane różne przedmioty, które uczniowie będą wkładali do puszek w celach porównawczych.

Najlepiej, aby przygotowany zestaw nie był powtórzeniem tego, co nauczyciel włożył wcześniej do puszek. Do próby zerowej możemy przygotować puszkę różniące się wielkością i materiałem (plastikowe po lodach, metalowe). Dlaczego puszka do próby kontrolnej powinna być podobna/identyczna? Czy ważny jest materiał, wielkość lub etykieta? W eksperymentach biologicznych nie zawsze możemy dobrać identyczne warunki porównawcze. Ważne jest jednak odróżnienie czynników ważnych (wielkość i materiał puszkę, co może wpływać na odgłosy) od nieistotnych (kolor etykiety na puszcze).

Karta pracy 2 (**planowanie eksperymentu**). Jeżeli drugą część wykonujemy bezpośrednio po pierwszych zajęciach, to możliwe jest utrzymanie emocji i początkowego zapału (tygodniowa przerwa może spowodować zmniejszenie zainteresowania i uczniowie zapomną przynieść materiały). Jeżeli jednak uczniowie są dobrze zmotywowani, to będą w domu samodzielnie eksperymentować i przyniosą różne materiały oraz przyjdą z dodatkowymi przemyśleniami).

Przebieg eksperymentu

Uczniowie bez ograniczeń czasowych analizują ponownie puszkę, z wykorzystaniem nowych metod, jakie zaplanowali. Można podpowiedzieć uczniom nagrywanie prób na wideo (aparatem telefonicznym) – jest to forma dokumentacji, umożliwiającą wielokrotne późniejsze przeglądanie i analizowanie. Na tablicy uczniowie zapisują nowe propozycje domniemanej zawartości puszkę



Faza podsumowująca

W dyskusji podsumowującej możemy zwrócić uwagę na kilka problemów. Na kolejnych lekcjach, możemy się odwoływać (przypominać) do doświadczeń i refleksji, wynikających z przeprowadzonych zajęć z puszkami. Możemy wybrać tylko niektóre z przedstawionych niżej propozycji.

- 1. Staranność i dokładność dokumentacji.** Znaczenie staranności notatek (zapisów), zarówno w pierwszym cyklu badań jak i drugim. Pamięć ludzka jest zawodna, jeśli dobrze nie zanotujemy, to potem trzeba eksperyment powtarzać. A przecież w rzeczywistości naukowej nie zawsze jest to możliwe. Zdjęcia i krótkie filmiki wykonane telefonem, także są formą notowania i dokumentowania przebiegu badań. Przydają się też staranne notatki w zeszycie przedmiotowym.
- 2. Znaczenie dyskusji i komunikacji w nauce,** rola precyzyjnego i zrozumiałego komunikatu zarówno w odniesieniu do metod badań jak i opisanie wyników. Odnosi się to zarówno do komunikacji ustnej (referaty, dyskusja) jak i pisemnej (raport z badań, publikacja), a współcześnie także wiąże się z hybrydowymi formami cyfrowymi. Uzupełnieniem tego elementu mogą być raporty z badań, referaty ustnie i mała szkolna konferencja (piknik naukowy). Możemy podkreślić, że warto uczyć się mówić i pisać, by dobrze się z innymi komunikować.
- 3. Czym jest konsensus w nauce,** gdy wyniki obserwacji różnią się i opinie naukowców są niejednoznaczne, niejednakowe? Zdanie większości? Poszukiwanie innych rozwiązań, synteza, uogólnianie, nowa teoria?
- 4. Co przyczynia się do postępu w nauce?** Jedną z możliwości są nowe metody badawcze, można podać przykładu teleskopu dla udowodnienia teorii kopernikańskiej, czy mikroskopu dla obalenia teorii samoródtwa lub, w nawiązaniu do ćwiczenia, wykorzystanie magnesu do wykrycia metalowych elementów (żeby wykorzystać magnes uczniowie i uczennice musieli wcześniej wiedzieć o właściwościach magnetycznych przedmiotów żelaznych – szersza wiedza z różnych dyscyplin przydaje się w badaniach naukowych)..
- 5. Hipotezy. Jak sprawdzać hipotezy?** Dlaczego potrzebna jest wiedza ogólna przy stawianiu hipotez?
- 6. Rola wiedzy i teorii w stawianiu hipotez i zgadywaniu tego co jest.** Przykład z magnesem – mając wiedzę o magnetyzmie można zastosować magnes do wykrycia niektórych przedmiotów. Do badań i udanych eksperymentów potrzebna jest więc wiedza, ta z książek i ta z lekcji.
- 7. Dlaczego w nauce nigdy nie mamy ostatecznej pewności?** Bo ktoś może odkryć nowe przyrządy i nowe metody badawcze, dające nowe obserwacje. Przykładem jest wykorzystanie badań genetycznych do analizy odkryć archeologicznych.



Pomysły na kontynuacje

- W starszych klasach nauczyciel może polecić napisanie sprawozdania/raportu na temat „Czym jest nauka (na czym polega metoda naukowa)” – napisz czym jest nauka i czym są metody naukowe, opierając się na ćwiczeniach z puszkami. Uwzględnij wstęp z celem, zastosowane metody, wyniki, refleksje, literaturę. Raporty z dokumentacją graficzną mogą być opublikowane na klasowym blogu lub innym miejscu internetowym. Możemy zachęcić uczniów do dalszej dyskusji internetowej – w formie komentarzy pod opublikowanymi raportami. Internet stworzył we współczesnej nauce dodatkową formę dyskusji. Pojawiają się więc nowe formy „publikacji” naukowych. Raport w formie ustnego referatu uczniowie mogą przedstawić w czasie szkolnego festiwalu nauki. Dodatkowo można prowadzić dyskusję nt. „Czym jest konsensus naukowy? (jak ustalamy fakty i prawdy naukowe)”.
- Jeśli uczniowie chcą otwarcia puszek, możemy to zrobić, ale dopiero na koniec zajęć, np. po napisaniu raportów. Otwarcie puszek może być pretekstem do dyskusji na temat rozbieżności uczniowskich hipotez z rzeczywistą zawartością puszek. W nauce nigdy nie mamy okazji „otwarcia puszek”, zawsze pozostajemy w niepewności.



Czy autor będzie mógł udzielić konsultacji po zajęciach

Tak, możliwa jest wideokonferencja lub webinarium, w uzgodnionym terminie (kontakt z autorem e-mail: stanislaw.czachorowski@uwm.edu.pl)