Metodyka indukcyjnych działań edukacyjnych w edukacji przyrodniczej

na przykładzie materiałów dydaktycznych programu edukacyjnego ExpEdice - wypróbuj, badaj, poznawaj!

2026

Metodyka indukcyjnych działań edukacyjnych w edukacji przyrodniczej
(na przykładzie materiałów dydaktycznych programu edukacyjnego ExpEdice - wypróbuj, badaj, poznawaj!)

Autorzy: doc. PaedDr. Kristína Žoldošová, PhD.
doc. PaedDr. Katarína Kotuľáková, PhD.

Koordynator projektu: Łukasz Łój

Opracowanie graficzne i skład: Mgr. Veronika Chupáčová

Rok wydania: 2026

Przetłumaczono z oryginału: „Metodika induktívnych vzdelávacích činností aplikovaných v prírodovednom vzdelávaní (na príkladoch z učebných materiálov vzdelávacieho programu ExpEdícia, skús, skúmaj, spoznaj)”

Publikacja powstała przy wsparciu finansowym Unii Europejskiej w ramach projektu nr 2023-1-CZ01-KA220-SCH-000164674, pt. Indukcyjne podejście do nauczania przedmiotów przyrodniczych i matematyki.

Dofinansowane przez
Unię Europejską

Przedstawione poglądy i stanowiska stanowią wyłącznie opinie autorów i nie muszą odzwierciedlać stanowiska Unii Europejskiej ani instytucji przyznającej grant (Dům zahraniční spolupráce, CZ). Za ich treść odpowiedzialność ponoszą wyłącznie autorzy.

Copyright:
© — 2026 — Akademia WSB. Niniejsze opracowanie jest udostępniane na licencji CC BY-NC-SA 4.0. Wszelkie prawa zastrzeżone. Unii Europejskiej udzielono licencji warunkowej.

Wydawca i dystrybutor: Akademia WSB, ul. Cieplaka 1C, 41-300 Dąbrowa Górnicza, Poland

ISBN: 978-83-67673-93-8

Metodyka indukcyjnych działań edukacyjnych w edukacji przyrodniczej

na przykładzie materiałów dydaktycznych programu edukacyjnego ExpEdice - wypróbuj, badaj, poznawaj!

Partnerzy projektu:

H-Edu ## prostor_pro_Tebe

INDÍCIA

UNIVERSITAS TYRNAVIENSIS TRNAVA

Akademia WSB
WSB University

SPIS TREŚCI

1. **Indukcyjne i dedukcyjne metody nauczania w edukacji przyrodniczej** **5**
2. **Rozpoznawanie i modyfikowanie prekoncepcji przyrodniczych** **11**
3. **Źródła informacji w edukacji przyrodniczej stosującej podejście indukcyjne** **38**
4. **Rozwój podstawowych kompetencji do pracy naukowej** **57**
5. **Rozwój zintegrowanych kompetencji w zakresie pracy naukowej** **138**
6. **Rozwój wyobrażeń uczniów na temat nauki i badań** **158**

INDUKCYJNE I DEDUKCYJNE METODY NAUCZANIA W EDUKACJI PRZYRODNICZEJ

W ExpEdícia kładzie się nacisk na stosowanie indukcyjnych metod nauczania

CELE ROZDZIAŁU WYRAŻONE W PYTANIACH:

- Czym jest podejście indukcyjne i dedukcyjne w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych?
- Dlaczego ważne jest, aby nauczyciel rozumiał możliwości i ograniczenia tych podejść?
- Jak można sensownie stosować te podejścia w edukacji wczesnoszkolnej i w starszych klasach?
- W jaki sposób nauczyciel może wspierać u uczniów głębsze zrozumienie materiału poprzez łączenie obu podejść?

Wstęp

W edukacji przyrodniczej podejście dydaktyczne odgrywa istotną rolę, ponieważ kształtuje zrozumienie u uczniów, ich naukowe rozumowanie oraz umiejętność stosowania wiedzy w różnych kontekstach. Do podstawowych metod logicznego rozumowania, wykorzystywanych w procesie edukacyjnym, należą indukcja i dedukcja. Są to dwa odmienne podejścia do uczenia się: od szczegółu do ogółu (indukcja) oraz: od ogółu do szczegółu (dedukcja). Ich właściwe i przemyślane stosowanie ma istotny wpływ na to, w jaki sposób uczniowie przyswajają wiedzę przyrodniczą, jak uczą się argumentować, weryfikować swe założenia, tworzyć hipotezy w sposób systematyczny i rozumieć prawa rządzące światem.

W obecnych programach nauczania, w których kładzie się nacisk na rozwój kompetencji przyrodniczych jak również umiejętność rozwiązywania problemów i krytyczne myślenie, coraz większego znaczenia nabiera refleksja nad tym, kiedy i jak stosować podejście indukcyjne a kiedy dedukcyjne. Różnorodność sytuacji dydaktycznych oraz problematyki przedmiotów przyrodniczych, jak również zróżnicowanie wśród uczniów, wymagają od nauczyciela świadomej decyzji, które podejście należy wybrać. Nauczyciel powinien nie tylko potrafić je rozpoznać, ale też użyć ich w sposób celowy i adekwatny, zgodnie z wytyczonymi celami edukacyjnymi.

W niniejszym rozdziale koncentrujemy się na analizie indukcyjnych i dedukcyjnych metod nauczania w kontekście edukacji przyrodniczej na poziomie edukacji wczesnoszkolnej i klas 4-8. Przedstawiamy podstawy teoretyczne obu podejść, możliwości ich łączenia w celu efektywniejszego uczenia się przez uczniów jak również przykłady praktyczne. Celem rozdziału jest dostarczenie czytelnikowi ram teoretycznych do refleksji nad tym, jak można uczyć przedmiotów przyrodniczych w sposób sensowny, gruntowny i jednocześnie odznaczający się pedagogiczną wrażliwością.

1 Wyjaśnienie pojęć

Podejście dedukcyjne w edukacji

Podejście dedukcyjne opiera się na założeniu, że proces uczenia się rozpoczyna się od wiedzy ogólnej lub znajomości zasad, które następnie zostają zastosowane do konkretnej sytuacji. W tradycyjnym nauczaniu przedmiotów przyrodniczych oznacza to często, że nauczyciel najpierw wyjaśnia pewne pojęcie lub prawo, a następnie uczniowie rozwiązują zadania lub przeprowadzają eksperymenty, które mają zilustrować i potwierdzić zdobytą wiedzę.

W sytuacji pedagogicznej nie chodzi jednak wyłącznie o jednostronne „przekazywanie” wiedzy. Nawet dedukcyjnie zorganizowane nauczanie może być wartościowe i efektywne tylko wtedy, gdy towarzyszą mu odpowiednio dobrane pytania, dyskusja oraz wsparcie ze strony nauczyciela w nadawaniu sensu naukowym pojęciom.

Warto zaznaczyć, że również takie pojęcia jak prawo zachowania masy czy różne prawa fizyczne mogą być konstruowane zarówno dedukcyjnie, jak i indukcyjnie – w zależności od celu dydaktycznego, czasu, którym dysponujemy, poziomu przygotowania uczniów oraz celów nauczyciela. Wybór metody nauczania nie polega więc na sztywnym rozróżnieniu między dedukcją a indukcją, lecz na świadomym i elastycznym łączeniu tych podejść na rzecz efektywnego uczenia się.

Podejście indukcyjne w edukacji

W podejściu indukcyjnym rozpoczynamy od konkretnych doświadczeń, obserwacji lub eksperymentów, na podstawie których uczniowie starają się formułować wnioski lub uogólnienia. Taki sposób nauczania jest charakterystyczny dla edukacji przyrodniczej opartej na badaniach (IBSE – Inquiry-Based Science Education), w której uczniowie formułują pytania badawcze, tworzą założenia i hipotezy, a następnie je weryfikują.

Indukcja - to nie tylko „odkrywanie", ale systematyczny proces dydaktyczny, który wymaga przemyślanego zaplanowania, znajomości wcześniejszych wyobrażeń uczniów na temat przyrody, odpowiedniej ilości czasu oraz sprzyjającego środowiska edukacyjnego. Jednocześnie trzeba podkreślić, że czysta indukcja jest w poznaniu naukowym rzadkością; wiedza naukowa powstaje bowiem jako efekt cyklicznego przechodzenia od indukcji do dedukcji, co powinno znaleźć swoje odzwierciedlenie również w nauczaniu.

Wymiar indukcyjno-dedukcyjny jako swoiste kontinuum

Traktowanie indukcji i dedukcji jako dwóch przeciwstawnych i rozłącznych podejść jest z pedagogicznego punktu widzenia nieprecyzyjne. Wymiar indukcyjno-dedukcyjny należy rozumieć raczej jako pewne kontinuum, w którym sytuuje się różne strategie nauczania w zależności od konkretnej sytuacji dydaktycznej.

Tab. 1 *Cechy podejścia indukcyjnego i dedukcyjnego*

Charakterystyka	Podejście indukcyjne	Podejście dedukcyjne
Punkt wyjścia w nauczaniu	Konkretne doświadczenie, obserwacja	Ogólna wiedza, zasada
Rola ucznia	Badacz, twórca wiedzy	Rozwiązujący problemy, analityk, stosujący zasady
Rola nauczyciela	Facylitator procesu uczenia, wspierający ucznia	Przewodnik w systematyzowaniu i interpretacji wiedzy
Przykłady działań	Formułowanie wniosków i uogólnień (opartych na danych), weryfikacja, odkrywanie wzorców	Stosowanie praw, obliczenia, wyjaśnianie zjawisk
Zagrożenia	Niejednoznaczne lub błędne wnioski, czasochłonność	Bierność uczniów, ograniczone możliwości eksploracji

W przeciwieństwie do starszych, transmisyjnych modeli nauczania, coraz częściej stosuje się dziś podejście łączone, które odzwierciedla cykliczny charakter poznania naukowego: *obserwujemy → wyciągamy wnioski → weryfikujemy → uogólniamy → stosujemy zasady → rewidujemy*.

2 Zastosowanie różnych podejść w edukacji przyrodniczej

W praktyce nauczania przedmiotów przyrodniczych ważne jest, aby w procesie dydaktycznym nie ograniczać się wyłącznie do jednego podejścia. Nauczyciel powinien umiejętnie i w sposób celowy korzystać zarówno z elementów indukcyjnych, jak i dedukcyjnych na różnych etapach lekcji. Wybór konkretnego podejścia zależy od wielu czynników: wieku i poziomu przygotowania uczniów, celów nauczania, rodzaju treści dydaktycznych oraz dostępnych środków dydaktycznych.

Zastosowanie różnych podejść na etapie edukacji wczesnoszkolnej

Uczenie się zjawisk przyrodniczych na etapie edukacji wczesnoszkolnej wiąże się ściśle z bezpośrednimi doświadczeniami oraz praktyką. Dzieci rozwijają wówczas podstawowe wyobrażenia naukowe, uczą się nazywać obserwowane zjawiska, zadawać pytania, porównywać i klasyfikować.

Podejście indukcyjne jest na tym etapie szczególnie uzasadnione, bo bazuje na naturalnej dziecięcej ciekawości i wspiera aktywne eksplorowanie świata. Typowe aktywności obejmują wówczas: obserwację przyrody, poznawanie właściwości substancji, pomiary wybranych wielkości (np. temperatury, długości) oraz poszukiwanie prawidłowości. W takich działaniach obecne są elementy naukowego dociekania, choć formalnie nie mamy jeszcze do czynienia z systematycznym myśleniem hipotetyczno-dedukcyjnym.

Przykład:
Uczniowie obserwują, jak zmienia się stan skupienia wody pod wpływem ogrzewania i ochładzania. Na podstawie kolejnych obserwacji mogą samodzielnie wyciągnąć wniosek, że mianowicie zmiana stanu skupienia zależy od temperatury. To jest przykład indukcyjnego uogólnienia opartego na doświadczeniu zmysłowym.

Podejście dedukcyjne jest na etapie edukacji wczesnoszkolnej wykorzystywane rzadziej, częściej stosuje się je w późniejszych klasach (np. w piątej), kiedy wprowadzamy pierwsze pojęcia naukowe. Ich zadaniem jest pomóc uczniom uporządkować wcześniejsze doświadczenia lub zastosować zdobytą wiedzę w nowych sytuacjach.

Zastosowanie różnych podejść w klasach 4-8

Na drugim etapie szkoły podstawowej uczniowie stopniowo zapoznają się z coraz bardziej abstrakcyjnymi pojęciami przyrodniczymi, które wymagają przemyślanych strategii dydaktycznych. Nauczyciel ma możliwość wyboru pomiędzy:

- **Wprowadzeniem indukcyjnym** danego pojęcia, czyli podejściem w którym uczniowie najpierw zbierają dane i prowadzą obserwacje, a następnie – z pomocą nauczyciela – sami formułują ogólną zasadę. Przykładowo, badając prawo zachowania masy, uczniowie mogą przeprowadzić kilka prostych reakcji w zamkniętym naczyniu (np. rozpuszczanie substancji, reakcja zobojętnienia, reakcja octu z sodą oczyszczoną). Każdy eksperyment jest poprzedzony i zakończony ważeniem. Jeżeli uczniowie wielokrotnie stwierdzają, że masa układu nie ulega zmianie, mogą na podstawie tych doświadczeń sformułować indukcyjne uogólnienie: *w układzie zamkniętym całkowita masa nie zmienia się w trakcie reakcji chemicznej*.

- **Dedukcyjnym wyjaśnieniem lub zastosowaniem** pojęcia, czyli podejściem w którym nauczyciel (lub pod-ręcznik) najpierw przedstawia uczniom prawo zachowania masy jako ogólną zasadę. Następnie uczniowie pracują na konkretnych przykładach i prognozują całkowitą masę produktów na podstawie znanej masy substratów – np. w przypadku spalania magnezu w zamkniętym naczyniu lub przy obliczeniach związanych z równaniami chemicznymi. Uczniowie wyciągają wnioski na podstawie już znanego prawa – mamy tu do czynienia z rozumowaniem dedukcyjnym.

Dobrym rozwiązaniem dydaktycznym jest **cykliczny proces nauczania:** najpierw umożliwiamy uczniom zdobycie pewnych doświadczeń, następnie nadajemy im nazwy i porządkujemy je (proces indukcyjny), potem stosujemy je w praktyce (proces dedukcyjny), a w razie potrzeby ponownie je weryfikujemy na podstawie nowych danych (powrót do indukcji). Takie powiązanie doskonale sprawdza się w kontekście edukacji przyrodniczej opartej na badaniach (IBSE). W klasach 4-8 szczególnie ważne jest również wspieranie **krytycznej refleksji nad procesem uczenia się:** – dlaczego coś działa, jak doszliśmy do danego wniosku, jakie są na to dowody?

3 Integracja podejść metodologicznych

Edukacja przyrodnicza oparta na badaniach (IBSE)

Inquiry-Based Science Education (IBSE), czyli edukacja przyrodnicza oparta na badaniach - to strategia pedagogiczna oparta na aktywnym poznawaniu zjawisk przez uczniów. Wykorzystuje ona reguły indukcyjne: uczniowie obserwują, zadają pytania, formułują przypuszczenia i hipotezy, opracowują sposoby ich weryfikacji, zbierają dane, a następnie je analizują i wyciągają wnioski. Podejście to jest zgodne ze współczesnym rozumieniem poznania naukowego jako procesu łączącego doświadczenie, myślenie i dowody.

W raporcie Rocarda (2007) zaleca się częstsze wykorzystanie edukacji opartej na badaniach jako metody zwiększającej zainteresowanie nauką oraz sprzyjającej głębszemu rozumieniu treści. Podkreśla się konieczność zmiany podejścia pedagogicznego, która nie polega na wyeliminowanie dedukcji, lecz odejściu od modelu transmisji wiedzy na rzecz uczenia się, w którym uczeń odgrywa aktywną rolę, a proces edukacyjny opiera się na zadawaniu pytań, obserwacji i tworzeniu dowodów.

Uczenie się oparte na badaniach oraz podejście dedukcyjne **nie wykluczają się** nawzajem – wręcz przeciwnie, **ich połączenie jest podstawowym warunkiem wysokiej jakości edukacji przyrodniczej.**

Podejście oparte na badaniach oraz jego związek z indukcją i dedukcją

Podejście oparte na badaniach łączy w sobie zarówno fazy indukcyjne, jak i dedukcyjne. Typowy cykl uczenia się obejmuje:

1. formułowanie pytania badawczego,
2. tworzenie hipotezy (faza dedukcyjna – formułowanie przewidywań),
3. przeprowadzanie eksperymentu i/lub obserwacji (faza indukcyjna – formułowanie wniosków),
4. interpretacja wyników,
5. formułowanie wniosków, uogólnień i ich zastosowań.

W tym cyklicznym modelu odzwierciedla się istota pracy naukowej. Stanowi on faktyczne ramy procesu uczenia się, które stymulują nie tylko rozwój wiedzy, ale także umiejętności poznawczych i postaw związanych z edukacją przyrodniczą.

Efektywność dydaktyczna nie polega na mechanicznym stosowaniu „właściwych" metod, ale na zrozumieniu wewnętrznej logiki metody i celów nauczania, czyli na umiejętności refleksji nad tym, **kiedy warto pozwolić uczniom na eksplorację i samodzielne odkrywanie, a kiedy zaoferować im uogólnienie ukierunkowujące ich aktywność.**

4 Wyniki badań i zalecenia dla praktyki

Badania w zakresie edukacji przyrodniczej jednoznacznie wskazują, że forma i sposób nauczania mają zasadniczy wpływ na to, jak uczniowie postrzegają naukę, jak przyswajają sobie przyrodnicze koncepcje oraz jakiego stosunku nabywają do wiedzy naukowej. Istotne jest przy tym nie tylko, *co* uczymy, ale przede wszystkim, *jak* uczymy.

Efektywność różnych podejść

Edukacja przyrodnicza oparta na badaniach (IBSE) wspiera:

- głębsze zrozumienie pojęć przyrodniczych,
- rozwój myślenia naukowego i procesualnego,
- bardziej pozytywne nastawienie uczniów do przedmiotów przyrodniczych,
- większe zaangażowanie i sensowną aktywizację uczniów.

Jednak podejście indukcyjne, pozbawione odniesienia do usystematyzowanej wiedzy, może prowadzić do błędnych wniosków lub powierzchownej pracy z danymi. Z kolei połączenie indukcji i dedukcji umożliwia rozwijanie wiedzy w sposób zarówno głęboki, jak i usystematyzowany.

Podejmowanie decyzji metodologicznych w praktyce

Efektywność procesu edukacyjnego w nauczaniu przyrody nie zależy od wyboru jednej „właściwej" metody czy podejścia, lecz od pedagogicznej wrażliwości i elastyczności nauczyciela. Powinien on umieć:

- rozpoznać, kiedy warto zastosować podejście indukcyjne (np. w celu aktywizacji uczniów, formułowania wstępnych hipotez, badania zjawisk),
- a kiedy odpowiednie będzie podejście dedukcyjne (np. do wyjaśniania koncepcji naukowych lub ich zastosowania).

Nauczanie uwzględniające podejście indukcyjno-dedukcyjne pozwala uczniom przechodzić od obserwacji do wyjaśnienia, od doświadczenia - do poznania istoty zjawiska. W tak zorganizowanym nauczaniu oba podejścia nie są przeciwstawnymi, lecz uzupełniającymi się elementami strategii dydaktycznej.

Zalecenia dla praktyki nauczycielskiej

Na podstawie wyników badań i doniesień z praktyki można stwierdzić, iż warto:

- Łączyć podejścia – tworzyć sytuacje dydaktyczne, które umożliwią uczniom najpierw samodzielne badanie (indukcja), a następnie systematyzowanie, nazywanie i stosowanie zdobytej wiedzy (dedukcja).
- Rozwijać umiejętności pracy naukowej – stwarzać przestrzeń i wspierać formułowanie przez uczniów pytań, założeń i hipotez opartych na wcześniejszych doświadczeniach i wiedzy, proponować sposoby ich weryfikacji lub obalenia, analizować dane i argumentować.
- Wspierać autorefleksję uczniów – zadawać pytania typu: *„Jak do tego doszliśmy?"*, *„Co by się stało, gdyby…?", „Jak moglibyśmy to sprawdzić inaczej?"*.
- Uwzględniać poziom rozwoju poznawczego uczniów – na etapie edukacji wczesnoszkolnej koncentrować się na konkretach i doświadczeniu, a w starszych klasach rozwijać myślenie abstrakcyjne i umiejętność argumentacji.
- Angażować uczniów w proces uczenia się; obserwacje, a następnie eksperymenty, dyskusje czy praca z wiarygodnymi źródłami mogą prowadzić do głębszego zrozumienia rzeczywistości, zwłaszcza jeśli są sensownie zaplanowane.

Zakończenie

Podejście edukacyjne oparte na indukcji i podejście oparte na dedukcji – to dwie podstawowe strategie, które w edukacji przyrodniczej nieuchronnie się przenikają. Nie są one przeciwstawne – tworzą dynamiczną płaszczyznę dydaktyczną, w której nauczyciel świadomie kieruje procesem uczenia się – od doświadczenia do pojęcia lub od pojęcia do zastosowania. Poznanie ich funkcji, możliwości i ograniczeń jest zatem nieodzowne dla każdego nauczyciela przedmiotów przyrodniczych.

Współczesna wysokiej jakości edukacja przyrodnicza nie polega wyłącznie na poprawnym „przekazywaniu treści", ale przede wszystkim na rozwijaniu kompetencji przyrodniczych, uczeniu myślenia naukowego i rozumienia świata dzięki sensownym działaniom. Podejście indukcyjne pozwala uczniom odkrywać i zadawać pytania, podejście dedukcyjne uczy ich argumentować, weryfikować i stosować zdobytą wiedzę. Odpowiednie połączenie obu strategii skutkuje głębokim uczeniem się i sprawia, że uczniowie nie tylko „wiedzą co jest", ale również rozumieją „dlaczego" i „jak".

Połączenie edukacji opartej na badaniach z przemyślaną dedukcyjną systematyzacją może znacząco zwiększyć zainteresowanie nauką, poprawić wyniki uczniów i wzmocnić wiarę nauczycieli we własne działania dydaktyczne.

Nauczyciel, który rozumie, kiedy zastosować indukcję, a kiedy dedukcję i jak je łączyć, staje się architektem procesu uczenia się, a nie jedynie przekazicielem treści.

Podsumowując trzeba powiedzieć, że to nie wybór jednego podejścia, lecz ich przemyślane łączenie i dostosowywanie do sytuacji dydaktycznych jest kluczem do nowoczesnej, efektywnej i naukowo uzasadnionej edukacji przyrodniczej.

Bibliografia:

European Commission. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (Rocard Report). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-05659-8.

Held, Ľ a kol. (2011). Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania. IBSE v slovenskom kontexte. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity. ISBN 978-80-8082-486-0.

Held, Ľ. (2014). *Induktívno-deduktívna dimenzia prírodovedného vzdelávania*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity. ISBN 978-80-8082-787-8.

Orolínová, D., Kotuľáková, K. (2014). *Rozvoj spôsobilostí vedeckej práce v podmienkach kontinuálneho vzdelávania učiteľov*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity. ISBN 978-80-8082-828-8.

ROZPOZNAWANIE I MODYFIKOWANIE PREKONCEPCJI PRZYRODNICZYCH

ExpEdícia pokreśla konieczność nawiązywania do wiedzy przyrodniczej posiadanej przez ucznia

CEL ROZDZIAŁU WYRAŻONY W KWESTIACH:

- Jakie są metody rozpoznawania prekoncepcji przyrodniczych?
- Jak wykorzystać metody rozpoznawania prekoncepcji w edukacji przyrodniczej?
- Dlaczego warto rozpoznawać prekoncepcje przyrodnicze uczniów?
- Jak praca nad prekoncepcjami wpływa na motywację do poznawania przyrody?
- Jak praca nad prekoncepcjami wpływa na pouczucie użyteczności zdobywanej wiedzy przyrodniczej?
- Tło teoretyczne: Czym są prekoncepcje, jak powstają i jak można je zmieniać?

Wprowadzenie

W ramach koncepcji edukacyjnych opartych na zasadzie uczenia się indukcyjnego (takich jak koncepcja ExpEdície), w przeciwieństwie do bardziej tradycyjnych metod rozwijania wiedzy przyrodniczej, pracujemy nad tzw. prekoncepcjami przyrodniczymi (naiwnymi wyobrażeniami). W tym przypadku rozwój wiedzy nie polega głównie na przekazywaniu informacji, lecz na dążeniu do rozwijania prekoncepcji posiadanych przez uczniów. W tym rozdziale wyjaśniamy, czym są prekoncepcje, jak należy nad nimi pracować oraz czym nasze podejście różni się od bardziej tradycyjnego pojmowania rozwoju wiedzy przyrodniczej, w którym to nauczyciel jest głównym źródłem wiedzy oraz informacji zwrotnej.

Uczniowie rozpoczynają systematyczną edukację, gdy posiadają już pewną wiedzę przyrodniczą zdobytą spontanicznie, a czasem w sposób celowy, mniej lub bardziej uporządkowany: w środowisku rodzinnym, w przedszkolach, poprzez obserwację otoczenia, refleksję a często również przez spontaniczne odkrycia. Wiedza ta powstaje w sposób naturalny u wszystkich ludzi i wyraża się w zbiorze dość stabilnych prekoncepcji opartych na doświadczeniu. Tworzymy prekoncepcje, aby zrozumieć środowisko, w którym żyjemy, aby móc przewidywać, jak będą przebiegać różne zjawiska i jak się będą zachowywać różne obiekty. Dostosowujemy nasze działania do tej wiedzy, aby chronić zdrowie i życie, ale również po to, by móc przystosować otoczenie do własnych potrzeb. Dlatego dla człowieka istotne jest, aby wykształcił funkcjonalne wyobrażenia, które pomogą mu zrozumieć otaczający świat. Tworzeniu prekoncepcji towarzyszy więc dążenie do budowania realistycznych wyobrażeń, które potencjalnie najbardziej odpowiadają doświadczeniu. Oznacza to, że uczniowie nie mają potrzeby wzbogacania swoich wyobrażeń elementami fantazji. Mimo to ich wyobrażenia bywają niedoskonałe. Uczniowie są ograniczani przez sposób myślenia, jakim dysponują, i/lub brak doświadczenia w zetknięciu się z określoną rzeczywistością.

Już uczniowie rozpoczynający pierwszą klasę szkoły podstawowej posiadają pewne wyobrażenia przyrodoznawcze dotyczące zjawisk, procesów, sytuacji i obiektów, z którymi mieli styczność. Wyobrażenia te są zgodne z ich dotychczasowym doświadczeniem. Myślenie uczniów jest jednak niedoskonałe – brakuje im myślenia abstrakcyjnego, a często także formalnego, dlatego ich wyobrażenia są niepełne. Mimo to są one dla uczniów w tym wieku sensowne i użyteczne. Nawet jeśli są nieprecyzyjne, to uczniowie korzystają z nich w codziennym życiu. Jeśli jednak nauczyciel nie zwraca na nie uwagi, to uczniowie je zachowują i w toku systematycznej edukacji przyrodniczej w szkole podstawowej zaczynają budować własny równoległy system wiedzy, który wykorzystują „na potrzeby szkolne". Często oznacza to, że uczą się czegoś tylko po to, aby zaliczyć sprawdzian, a potem wszystko zapominają. Jeszcze poważniejszym problemem jest to, że taki system wiedzy nie pomaga uczniowi w rozumieniu otaczającego świata.

Jeśli jednak nauczyciel poświęci uwagę wiedzy przyrodniczej posiadanej w danym momencie przez uczniów, to zwiększa się szansa na to, że zintegrują oni nowo zdobyte informacje ze swoimi prekoncepcjami, dzięki czemu rozwiną wiedzę, z której będą mogli korzystać również w codziennym życiu. Aby zmodyfikować prekoncepcje uczniów, konieczne jest nie tylko ich ujawnienie, ale też aktywne zaangażowanie uczniów w proces poznawczy. Edukacja powinna być tak zaprojektowana, aby uczeń reflektował nad przekazywanymi mu informacjami. Jednak pierwszym krokiem w procesie modyfikowania prekoncepcji jest ich trafne rozpoznanie.

W dalszej części tekstu wyjaśnimy pokrótce, czym są prekoncepcje, jak powstają i w jaki sposób można je modyfikować, a także jaki jest ich związek z kształtowaniem procesu zdobywania wiedzy przyrodniczej przez ucznia. Informacje te posłużą do wyjaśnienia, dlaczego w koncepcji ExpEdície kładzie się tak duży nacisk na pracę nad prekoncepcjami przyrodoznawczymi uczniów i dlaczego jest ona tak ważna. Omówimy metody rozpoznawania prekoncepcji oraz dydaktyczne zasady ich przepracowywania. Praktyczne podejście do pracy z prekoncepcjami zilustrujemy na konkretnych przykładach aktywności przewidzianych dla różnych etapów edukacji przyrodniczej, zaplanowanych w podręcznikach ExpEdície.

1 Prekoncepcje przyrodnicze uczniów – ich powstawanie i sposoby modyfikowania

Celem tej części artykułu jest wyjaśnienie, czym są prekoncepcje, jakie mają znaczenie, w jaki sposób powstają oraz jak przebiega ich modyfikacja. Rozdział ten stanowi bazę argumentacyjną do zrozumienia wielu zasad dydaktycznych wykorzystywanych w programie ExpEdícia, które dotyczą procesu rozpoznawania i modyfikowania prekoncepcji przyrodniczych uczniów.

Dzieci, które starają się lepiej zrozumieć zjawiska występujące w świecie, oraz ogólne prawa w nim obowiązujące, posługują się naiwnymi teoriami (prekoncepcjami), które powstają w sposób naturalny jako rezultat ich codziennego, spontanicznego uczenia się. Ponieważ dzieci mają ograniczone doświadczenie rzeczywistości, to ich wyobrażenia są niedoskonałe (Žoldošová, 2006). Musimy jednak pamiętać, że dziecięce, naiwne wyobrażenia nie są błędnym rozumieniem rzeczywistości, lecz stanowią naturalny etap rozwoju wyobrażeń przyrodniczych. Te niedoskonałe, naiwne wyobrażenia nazywamy również dziecięcymi prekoncepcjami (Held, 2011), przez co podkreślamy, że nie są one błędne, a jedynie niepełne.

Dziecięce prekoncepcje stanowią dla dzieci wystarczające narzędzie – swoisty pryzmat, przez który postrzegają, interpretują i wyjaśniają otaczający świat. Jest to punkt wyjścia do lepszego zrozumienia możliwości poznawczych dziecka, za pomocą których przyswaja ono treści przyrodnicze. Zwykle prekoncepcje określa się jako podstawowe, stosunkowo spójne struktury poznawcze, dzięki którym dzieci interpretują rzeczywistość. Powstają one w wyniku naturalnej, spontanicznej aktywności poznawczej dziecka. Ta aktywność poznawcza dzieci charakteryzuje się silną potrzebą wyjaśniania i uzasadniania obserwowanych zjawisk w stymulującym środowisku, co oznacza, że treść dziecięcych prekoncepcji jest bezpośrednio związana z indywidualnym doświadczeniem dziecka (Kolláriková, Pupala i in., 2001).

Podobnie jak Pupala, również Bertrand (1998) podkreśla, że prekoncepcje stanowią dla dzieci narzędzie, za pomocą którego mogą one dekodować rzeczywistość i w ten sposób stopniowo zdobywać wiedzę. Ważne jest uświadomienie sobie, że te struktury poznawcze dziecka są stosunkowo stabilne, subiektywne, silnie zakorzenione, a zatem odporne na próby ich prostego usunięcia lub zmiany (Kolláriková, Pupala i in., 2001). Uczniowie w nie wierzą, ponieważ są zbudowane na bazie ich własnych doświadczeń – nie można ich łatwo zmienić jedynie poprzez wykład nauczyciela.

Zgodnie z filozofią odrzucenia Gastona Bachelarda człowiek wzbogaca swoją wiedzę dopiero wtedy, gdy odrzuci swoje wcześniejsze, niedoskonałe wyjaśnienia rzeczywistości. Konieczne jest zatem nieustanne poszukiwanie i odkrywanie tego, co pozostaje w sprzeczności z pierwotnymi dziecięcymi doświadczeniami, aby dzieci mogły sobie uświadomić, że ich wyobrażenia nie zawsze muszą być całkowicie trafne (Bertrand, 1998). Jeśli zlekceważymy istnienie prekoncepcji u dzieci, będą się one trzymać swych niedoskonałych, naiwnych wyobrażeń i nadal z nich korzystać (Gavora, 1992).

Pierwszym krokiem do zmiany dziecięcego, naiwnego wyobrażenia jest uświadomienie sobie, że dana rzeczywistość może mieć kilka przekonujących wyjaśnień. Dziecko odkrywa wówczas, że jego wyobrażenie zawiera pewne słabe punkty. Takie zakwestionowanie własnego wyobrażenia przez inne powoduje jego destabilizację, co jest początkiem procesu zmiany (Žoldošová, 2006). W prekoncepcjach zachodzi więc nieustanny proces transformacji, integracji i przyswajania nowo zdobytej wiedzy – nowe informacje są integrowane z zastanymi strukturami poznawczymi dziecka (Jodelet, 1984, za Bertrandem, 1998).

Proces ten Jean Piaget (Piaget, Inhelderová, 2007) nazywa procesem asymilacji. Drugim istotnym etapem jest proces akomodacji, czyli reorganizacja struktury poznawczej dziecka w taki sposób, aby mogła ona przyjąć nowe informacje. Nowe treści są przetwarzane na podstawie wcześniejszych doświadczeń, a jednocześnie powodują zmianę w schemacie myślenia. Celem poznania nie jest zatem nic innego, jak dekonstrukcja dotychczasowej wiedzy, aby mogła wytworzyć się wiedza bliższa rzeczywistości (Bertrand, 1998). Poszczególne schematy asymilacyjne powstają w interakcji z obiektem lub otoczeniem. „Obiekt zostaje uchwycony przez schematy asymilacyjne podmiotu, a te schematy są następnie akomodowane pod wpływem obiektu. Między tymi dwoma procesami zachodzi nieustanny proces równoważenia – ekwilibracji" (Rybár, 1997, s. 46).

Jak wspomniano, mimo że dziecięce prekoncepcje są jeszcze naiwne, nie należy ich uznawać za błędne. Z perspektywy osoby dorosłej pewne elementy tych wyobrażeń mogą wydawać się błędnym ujęciem rzeczywistości. Jeśli jednak prekoncepcje powstają w wyniku naturalnych procesów poznawczych, to zazwyczaj adekwatnie odzwierciedlają tę rzeczywistość, na podstawie której zostały utworzone. Problemem nie są same wyobrażenia, lecz limitowane doświadczenie i ograniczone rozumowanie dziecka. Uczniowie mają naturalną tendencję do tworzenia na własne potrzeby funkcjonalnych prekoncepcji, z ich punktu widzenia realistycznych. Nigdy nie dążą celowo do tworzenia błędnych wyobrażeń, np. poprzez fantazjowanie.

Jeśli jednak uczniowie są zmuszani do przyswajania wiedzy o zjawiskach lub procesach wykraczających poza ich codzienne doświadczenia, to może dojść do powstania błędnych wyobrażeń – w wyniku niedojrzałych procesów poznawczych. Dlatego tak ważne jest tworzenie sytuacji edukacyjnych zgodnych ze sposobem myślenia uczniów w danym wieku.

Nauczyciel może postrzegać dziecięce wyobrażenia jako błędne czy mylne. Ma tendencję do ich „poprawiania" i przyjmuje pozycję osoby, której zadaniem jest wyjaśnienie, gdzie tkwi błąd. Jednak jego wyjaśnienia nie zawsze są dla ucznia zrozumiałe – np. dlatego, że używa on „dorosłego" języka, w którym pojawiają się pojęcia wykraczające poza język potoczny. Skutkiem tego może być wspomniane już wcześniej tworzenie się równoległego systemu wiedzy.

To jednak nie oznacza, że nauczyciel powinien ignorować niedoskonałość uczniowskich wyobrażeń. Przeciwnie – ważne jest, aby te niedoskonałości zauważał i potrafił je nazwać. Prekoncepcje stanowią bowiem pewien etap rozwoju oczekiwanych wyobrażeń (koncepcji). Rolą nauczyciela jest organizowanie sytuacji edukacyjnych, w których uczeń przepracowuje swoją aktualną wiedzę. Zadaniem procesu edukacyjnego jest wspieranie rozwoju i doskonalenia przyrodniczych prekoncepcji.

Aby proces ten był skuteczny, warto, by uczeń pracował nad własnymi prekoncepcjami w sposób zgodny z przebiegiem jego naturalnych procesów poznawczych. Najpierw powinien mieć możliwość samodzielnego odkrycia, w czym jego wyobrażenie jest niedoskonałe, a następnie pracować z materiałami, które pomogą mu uzupełnić brakujące informacje.

Held (2011) podaje, że przy jakościowych zmianach, którym podlegają *prekoncepcje,* istotną rolę odgrywa dojrzewanie psychiki dziecka, zdobywanie nowych informacji, ale również wpływ społeczeństwa. Pod wpływem tych czynników można zaobserwować następujące zmiany jakościowe zachodzące w dziecięcych naiwnych wyobrażeniach:

– *Zmiana od opisu do wyjaśniania – koncepcje* dzieci przedszkolnych oraz dzieci w młodszym wieku szkolnym wynikają z codziennych doświadczeń. Ci młodzi ludzie koncentrują się na opisie tego, co się wydarzyło, przy czym często nie podają wyjaśnienia. Starsi uczniowie potrafią już tworzyć nieco bardziej rozwinięte

koncepcje, w których stosują wyjaśnienie przyczynowe. Mniejsze dzieci mogą na przykład opisywać, jak zmienia się rytm serca i od jakich warunków jest on uzależniony, ale dopiero starsi uczniowie będą w stanie zrozumieć, dlaczego tak się dzieje. Należy pamiętać, że podstawą dojrzalszych *koncepcji* są właśnie pierwotne dziecięce *koncepcje*.

- *Zmiana od wyobrażeń jednostkowych do nieco bardziej kompleksowych (od prostszych do bardziej złożonych)* – wyobrażenia jednostkowe mają zazwyczaj charakter opisowy i są powiązane z konkretnymi przeżytymi sytuacjami, mają charakter epizodyczny. Stopniowo, na podstawie podobieństw, wyobrażenia te łączą się w bardziej złożone. Takie wyobrażenia są później łatwiej dopasowane do różnych sytuacji, które mają wspólne cechy charakterystyczne opisane przez bardziej złożoną wyobraźnię. Na przykład wielokrotne doświadczenia pobierania krwi mogą przyczynić się do wzbogacenia dziecięcej wyobraźni o różne rodzaje chorób, które lekarz może wykryć na podstawie krwi.
- *Zmiana od wyobrażeń indywidualnych do współdzielonych* – u młodszych dzieci typowy jest egocentryzm, czyli własna perspektywa, z której postrzegają one dane na zjawisko, gdy próbują je wyjaśnić. Te indywidualne wyobrażenia wynikają z unikalnych osobistych doświadczeń. Starsi uczniowie są już w stanie oderwać się od własnego punktu widzenia i zaakceptować wyobrażenia innych osób. Indywidualne wyobrażenia nieustannie się formują, przy czym wpływ mają na nie zarówno własna aktywność poznawcza, jak i interakcje społeczne oraz edukacyjne (Harlen, 2000 za Heldem, 2011). Uczeń może mieć na przykład wyobrażenie, że jeśli większy, niepływający przedmiot podzielimy na mniejsze kawałki, to te będą unosić się na wodzie. Jeśli jednak w trakcie dyskusji grupowej usłyszy argumenty rówieśników, którzy uważają inaczej, to potrafi odstąpić od swojego pierwotnego wyobrażenia. Po wysłuchaniu wielu uzasadnień, dlaczego jego koledzy i koleżanki myślą inaczej, uczeń jest w stanie zaakceptować ich wyobrażenia, a nawet oderwać się od własnej *prekoncepcji* i stopniowo ją zmieniać. Co ciekawe, ten sposób wpływania na wyobrażenia działa w grupie rówieśniczej, ale słabiej w dyskusji z dorosłym – zwłaszcza u dzieci w młodszym wieku szkolnym.

Dzięki pozyskiwaniu informacji oraz codziennym doświadczeniom uczniowie stopniowo tworzą dojrzalsze i bardziej rozwinięte wyobrażenia. Jeśli mimo licznych, bardziej przekonujących propozycji uczeń nie potrafi oderwać się od własnego wyobrażenia, choć z poznawczego punktu widzenia byłby w stanie przyjąć bardziej adekwatne oraz zmodyfikować swoje pierwotne, to takie fałszywe, błędne wyobrażenie Held (2011) oraz Žoldošová (2010) określają mianem miskoncepcji. Pojawienie się miskoncepcji jest jednak bardziej typowe dla uczniów drugiego etapu edukacji podstawowej, czyli takich, u których rozwinęło się już myślenie formalne i którzy nie doświadczają ograniczeń ze względu na niewystarczająco rozwinięte kompetencje (np. niepełna znajomość języka pisanego czy operacji matematycznych).

Uczeń musi najpierw uświadomić sobie, że jego wyobrażenie jest niedoskonałe, aby mógł rozpocząć proces asymilacji i akomodacji. Do tego uświadomienia konieczna jest konfrontacja dziecka z różnymi wyobrażeniami. Proces ten dobrze opisuje teoria konstruktywistyczna, szczególnie tzw. *model zmiany koncepcyjnej* (zmiana *prekoncepcji,* udoskonalanie wyobrażeń). W ramach teorii konstruktywistycznej wyróżniamy dwa modele zmiany koncepcyjnej – *model allosteryczny* oraz *model epistemicznego zakłócenia* (Held, 2011).

Allosteryczny model Giordana dotyczy zmiany *prekoncepcji*. W jego ramach nauczyciel stara się wywołać konflikt pomiędzy *prekoncepcją* a rzeczywistością, przy czym sam konflikt działa jako aktywizujący element zmiany *prekoncepcji* (Žoldošová, 2006). Poprzez dyskusję, w której dochodzi do konfrontacji uczniowskich przekonań, uczniowie identyfikują punkty niezgodności, niedoskonałości własnych wyobrażeń i są aktywizowani do poszukiwania nowych informacji.

Bertrand (1998) opisuje model allosteryczny przez analogię do allosterii – czyli właściwości białek do zmiany swojej przestrzennej struktury pod wpływem przyłączenia atomu lub cząsteczki do centrum aktywnego, co skutkuje zmianą przestrzenną cząsteczki lub jej części oraz powstaniem nowych wiązań. Podobnie, zgodnie z autorami modelu allosterycznego, w procesie uczenia się powinno dojść u ucznia do modyfikacji aktywnych ośrodków struktur myślowych, co doprowadzi do transformacji jego sieci pojęciowej. Oznacza to, że uczeń nie będzie już musiał dekodować i klasyfikować informacji w dotychczasowy sposób – nastąpi wiązanie pojęć przez nowe relacje nadające im nowy sens.

Giordan, autor modelu allosterycznego, wyjaśnia, że nowe informacje muszą być zintegrowane z konkretnymi punktami sieci pojęciowej, by mogło dojść do pełnego procesu uczenia się. Wiedza dziecka opiera się na wcześniejszych doświadczeniach, przy czym nowe, odmienne spojrzenie na dane zjawisko wymaga reorganizacji jego struktur mentalnych. Nowe informacje są albo odrzucane, albo integrowane, co skutkuje powstaniem nowej wiedzy (Giordan, 1990, za Bertrandem, 1998).

Ważną rolę w procesie transformacji i reorganizacji struktur, a więc i przyswajania nowej wiedzy, odgrywa konfrontacja, w której dziecko może rozpoznać słabe punkty własnej interpretacji danego pojęcia (Held, 2011). Konfrontacja ta obejmuje różne jej wymiary – konfrontację wyobrażeń ucznia z zaobserwowaną rzeczywistością, z wyobrażeniami innych uczniów w klasie, z nową informacją oraz z wyobrażeniami nauczyciela. Celem konfrontacji powinno być oderwanie ucznia od jego niedoskonałego przekonania i motywowanie go do poszukiwania nowych informacji. W rezultacie dochodzi do nowego sformułowania problemu i rozważania nowych zależności w oparciu o pozyskane informacje (Giordan, 1990, cytowany za Bertrandem, 1998).

Ponieważ uczeń często nie potrafi jeszcze łączyć nowo zdobytej wiedzy, mocno związanej z konkretną sytuacją, z wcześniejszymi informacjami, to bardzo ważna jest tu rola nauczyciela. Powinien on zaproponować uczniom takie działania, które pomogą im połączyć nową wiedzę z wcześniejszą, tak aby w strukturach poznawczych mogły powstać nowe znaczenia. Kluczowym zadaniem nauczyciela jest przede wszystkim stworzenie przestrzeni do konfrontacji uczniowskich *prekoncepcji* i ich stosowania w różnych sytuacjach. Nauczyciel organizuje warunki do nauki i wspiera uczniów w wyrażaniu oraz przekształcaniu ich *prekoncepcji* (Bertrand, 1998).

Teoria epistemicznego zakłócenia koncentruje się na wyjaśnieniu procesu rozwoju i zmiany uczniowskich *prekoncepcji*. Jej autorzy, Larochelle i Desautels, zdecydowanie sprzeciwiają się *prekoncepcjom,* uznając je za przeszkodę w procesie uczenia się. Wartość *prekoncepcji* widzą jedynie w ujawnianiu błędów, które pojawiają się w poznawczej aktywności ucznia (Žoldošová, 2006). Na podstawie wyjaśnienia procesu zmiany *prekoncepcji* autorzy starają się także określić dydaktyczną strategię podejścia do tych wyobrażeń. Charakterystyczną cechą tej teorii jest wprowadzenie elementu zakłócającego – np. konfrontacji uczniów ze zjawiskiem, którego nie da się łatwo wyjaśnić na podstawie ich aktualnych wyobrażeń, co prowadzi do powstania konfliktu poznawczego wywołującego zmianę koncepcyjną (Larochelle, Desautels, 1992, za Bertrandem, 1998). Podejście nauczyciela różni się tutaj od modelu allosterycznego.

Jak wspomniano, *model zmiany koncepcyjnej* - to strategia dydaktyczna wywodząca się z teorii epistemicznego zakłócenia. Model ten został szczegółowo opisany przez Susan Carey, która sformułowała teorię *silnej i słabej rekonstrukcji zmiany koncepcyjnej*. Charakterystyczną cechą *słabej rekonstrukcji* jest to, że nowe pojęcia dodawane są do już istniejących. Dla *silnej rekonstrukcji* typowa jest zmiana w samym rdzeniu struktury – ponieważ nowe informacje nie są możliwe do przyjęcia przez starą strukturę poznawczą, to konieczne staje się przemyślenie, ponowne ocenienie nowych i starych informacji oraz stworzenie nowej, bardziej trafnej teorii (Held, 2011).

Z *modelu zmiany koncepcyjnej* wynika również metoda zmiany koncepcyjnej, która ma kilka cech charakterystycznych. Ważną rolę odgrywa w niej nauczyciel. Tworzy on sytuacje, w których uczeń zauważa brak zgodności między swoim wyobrażeniem a tym, jak rzeczy naprawdę funkcjonują, co stwarza przestrzeń do powstania nowej koncepcji. Nowa koncepcja musi być dla ucznia zrozumiała i przekonująca – musi on dostrzec, że jest ona bardziej akceptowalna niż dotychczasowa i lepiej tłumaczy dane zjawisko, które wcześniej było niezrozumiałe (Gavora, 1992, za Heldem, 2011).

Na zakończenie warto podkreślić, że *prekoncepcje* składają się z kilku komponentów a ich poznanie pozwala lepiej zrozumieć, jak kompleksowo należy oddziaływać na ucznia, by doprowadzić do zmiany w jego wyobrażeniach. Według Gavory (1992) *prekoncepcje* mają trzy komponenty: poznawczy, afektywny i wolitywny. Komponent poznawczy odnosi się do wiedzy, rozumienia i znajomości zjawisk. Powstaje on spontanicznie lub celowo – spontanicznie np. w trakcie zabawy. Opiera się na poznaniu przez doświadczenie, uczeń stara się nadawać znaczenie sytuacjom i włączać je do swego systemu wiedzy. Źródłem informacji mogą być: otoczenie ucznia, rodzeństwo, rodzice, media czy encyklopedie. Komponent ten nie jest trwały – może ulec zmianie lub restrukturyzacji pod wpływem nowych informacji. Komponent afektywny wyraża stosunek emocjonalny do danego zjawiska, jego przeżywanie i ocenę. Spontanicznie nabywane dziecięce wyobrażenia są zwykle nacechowane emocjonalnie, co wpływa na pamięć

i tworzenie asocjacyjnych powiązań. Trzeci komponent – wolitywny – reprezentuje sposób, w jaki wyobrażenia są wykorzystywane w codziennym życiu.

2 Znaczenie rozpoznania prekoncepcji

Rozpoznanie prekoncepcji ma w prdogramie ExpEdícia duże znaczenie, bo wiąże się z postulatem rozwijania u uczniów funkcjonalnych kompetencji przyrodniczych. W pierwszym rzędzie chodzi o określenie aktualnego poziomu wiedzy ucznia, aby nauczanie było efektywne – by nie uczyć uczniów tego, co już wiedzą, i nie pomijać tego, czego jeszcze nie rozumieją. Nauczycieli są często zaskoczeni tym, że uczniowie posiadają wiele specyficznych informacji, a jednocześnie wykazują się brakiem wiedzy, którą dawniej posiadali wszyscy uczniowie. Zmienia się społeczeństwo, sposób przeżywania dzieciństwa, wpływ środowiska rodzinnego oraz mediów na uczniów. W rezultacie mamy do czynienia z uczniem o bardzo specyficznej wiedzy. Jeśli nauczyciel przekazuje uczniom informacje, które są im już znane, to edukacja staje się dla nich nudna, nieinspirująca i postrzegana jako niepotrzebna. Z kolei jeśli nauczyciel zakłada, że uczniowie posiadają już określoną wiedzę i na niej opiera dalsze nauczanie, to efektem może być niezrozumienie materiału i wytworzenie przez uczniów równoległego systemu wiedzy „na potrzeby szkoły". Efektywniejsze jest zatem sprawdzenie, co uczniowie faktycznie wiedzą, a tym samy unikanie powyższych problemów.

Rozpoznanie prekoncepcji ma znaczenie także z innych powodów:

- Rozpoznanie prekoncepcji sprawia, że uczeń zaczyna się zastanawiać nad swoją aktualną wiedzą. Istnieje większe prawdopodobieństwo, że informacje zdobywane później, podczas różnych aktywności edukacyjnych, zostaną przez niego powiązane z jego wcześniejszym wyobrażeniem i doprowadzą do jego modyfikacji. Uczeń nie ma potrzeby tworzenia równoległego systemu wiedzy na potrzeby szkoły. Dzięki rozpoznaniu prekoncepcji sprawiamy, że nowe informacje zostaną zintegrowane z dotychczasową wiedzą.
- Rozpoznanie prekoncepcji zwiększa motywację do nauki, dając uczniowi poczucie kompetencji w danym temacie. Jeśli uczniowie zostaną najpierw zachęceni do zakomunikowania tego, co już wiedzą na dany temat, to nie czują się biernymi odbiorcami „właściwej" wiedzy nauczyciela, a sytuacja edukacyjna stanie się im bliższa. Rozwiązując dobrze przemyślane zadania, poszerzają swoje rozumienie.
- Jeśli nauczyciel tworzy sytuację, w której uczeń może wyrazić swoje spontaniczne rozumienie danego zjawiska, a następnie zacheci go do dyskusji w grupie rówieśniczej, to następuje konfrontacja różnych wyjaśnień. Powstaje konflikt poznawczy. Może on skłonić ucznia do zdystansowania się wobec własnych idei, a czasem nawet do ich reorganizacji. Konflikt ten pobudza ciekawość, wzmacnia pewność siebie i rozwija umiejętność komunikacji.

3 Zasady dydaktyczne rozpoznawania prekoncepcji

Każdy rozdział w podręcznikach ExpEdícia rozpoczyna się od sprawdzenia aktualnej wiedzy uczniów na temat danego zjawiska przyrodniczego, obiektu czy sytuacji. Zadania ukierunkowane na rozpoznanie prekoncepcji dają uczniom przestrzeń do połączenia własnych doświadczeń z tematem, którym mają się zająć. Celem jest uświadomienie sobie przez uczniów, że już coś wiedzą o danym zjawisku, obiekcie czy sytuacji, a to, co nie jest dla nich jasne, mogą zbadać. Nie chodzi więc o „poprawianie" nieprecyzyjnych lub niepełnych wyobrażeń uczniów, ale o rozpoznanie i porównanie między dziećmi podobieństw i różnic w ich myśleniu o badanym zjawisku, wywołanie konfliktu poznawczego i pobudzenie potrzeby poznawczej.

Aby rozpoznanie prekoncepcji było efektywne, nauczyciel musi stworzyć taką sytuację, w której uczniowie będą mieli poczucie, że on szczerze interesuje się ich doświadczeniem związanym z danym zjawiskiem, obiektem czy sytuacją. Jednocześnie należy to tak zorganizować, aby uczniowie nie odczuli, że są „egzaminowani", lecz że nauczyciel prowadzi z nimi rozmowę o ich poglądach i doświadczeniach. Ważne jest, aby doceniać wypowiedzi uczniów w dyskusji i nie udzielać informacji zwrotnej o poprawności lub niepoprawności ich wypowiedzi. Należy raczej skupić się na tym, dlaczego uczniowie tak myślą i na jakich doświadczeniach opierają swoje przekonania.

W ramach rozpoznawania prekoncepcji należy jasno określić, nad czym uczniowie mają się zastanowić, co mają narysować lub w inny sposób zanotować. Zadania są tak sformułowane, aby zachęcać do wykorzystywania własnych doświadczeń i aby nauczyciel wspierał te działania. Warto, aby nauczyciel najpierw dał uczniom czas na indywidualne przemyślenia, nawet jeśli dobrali się oni już w grupy. Indywidualna refleksja jest bardzo ważna, ponieważ jednym z głównych celów rozpoznawania prekoncepcji jest aktywne zaangażowanie każdego ucznia w refleksję nad problemem. Nie da się tego zapewnić poprzez indywidualną rozmowę nauczyciela z każdym uczniem – wystarczy dać wszystkim czas na zastanowienie się i przedstawienie własnej refleksji w zadaniu, a następnie omówienie jej w grupie rówieśniczej. Samo zapisanie wyobrażenia, np. w formie rysunku, jest istotne, ponieważ stanowi dla ucznia punkt wyjścia do dyskusji w grupie. Rozwiązanie wstępnego zadania nie musi być pokazywane ani porównywane – to uczeń decyduje, czy swoją koncepcję chce jedynie zakomunikować, czy też posłużyć się rysunkiem podczas rozmowy.

Po indywidualnym zastanowieniu się uczniowie rozmawiają o swoich prekoncepcjach w małych grupach rówieśniczych. Dobrze, jeśli grupy te tworzą uczniowie, którzy nie obawiają się dzielić swoimi pomysłami. Podczas dyskusji nauczyciel obserwuje pracę i sprawdza, co uczniowie już wiedzą na temat danego zjawiska przyrodniczego, obiektu lub sytuacji. Może włączać się do rozmowy, zadając pytania o uzasadnienia – dlaczego uczniowie tak myślą, czy już to gdzieś widzieli, jakie doświadczenia potwierdzają ich spostrzeżenia itp. Jeśli rozmowa w jakiejś grupie słabnie, można ją ożywić, prosząc uczniów o opisanie rysunku i porównanie go z rysunkami innych.

Uczniowie uczą się w ten sposób werbalizować pewne części swoich wyobrażeń, o których być może nigdy wcześniej z nikim nie rozmawiali – i dlatego może to być dla nich trudne. Niektórzy nauczyciele błędnie interpretują to jako brak wyobrażenia o danym zjawisku, obiekcie czy sytuacji. Tymczasem uczniowie z pewnością posiadają naiwne wyobrażenia dotyczące zjawisk, przedmiotów i sytuacji, które zostały przedstawione w podręcznikach.

W ostatniej fazie nauczyciel może poprosić przedstawicieli poszczególnych grup, aby zaprezentowali swoje wyobrażenia. Na początku może to być dla uczniów bardzo trudne zadanie. Dlatego nauczyciel może sam przedstawić podobieństwa i różnice w wyobrażeniach poszczególnych uczniów dotyczących danego zjawiska, przedmiotu lub sytuacji. Jest to również bardziej efektywny czasowo sposób porównania tych wyobrażeń. Daje on nauczycielowi możliwość ukierunkowania porównań na to, co chce dalej z uczniami analizować.

Ważne jest, aby wynikiem rozwiązywania zadań ukierunkowanych na rozpoznawanie prekoncepcji było sformułowanie tego, co uczniowie już wiedzą, a także tego, w czym się nie zgadzają. Tworzy to przestrzeń zachęcającą uczniów do głębszego zbadania danego zjawiska, przedmiotu lub sytuacji.

Jest całkowicie naturalne, że niektórzy uczniowie chętniej biorą udział w dyskusji a inni nie. Jedni uczą się lepiej przez słuchanie, inni preferują aktywną rozmowę. Z drugiej strony, brak aktywności ucznia w grupie może być spowodowany dominacją innego członka grupy. W takim przypadku należy zareagować i ostrożnie poprowadzić uczniów tak, aby w grupie powstała przestrzeń dla każdego.

4 Metody identifikace prekonceptů

Uczniowskie prekoncepcje z zakresu nauk przyrodniczych są od dawna przedmiotem badań, przy czym w poszczególnych pracach badawczych można zidentyfikować szereg interesujących metod służących do ustalania zakresu prekoncepcji i ich jakości. Te metody i konkretne narzędzia badawcze zazwyczaj jednak nie znajdują bezpośredniego zastosowania w procesie nauczania. Wymagają bowiem czasu i wysiłku, często niewspółmiernego do uzyskiwanych efektów edukacyjnych.

Dlatego na potrzeby edukacji opracowano procedury, które umożliwiają skuteczniejsze rozpoznawanie prekoncepcji. Cel tych procedur pozostaje jednak taki sam – ustalić zakres spontanicznie ukształtowanej wiedzy przyrodniczej, ocenić jej jakość i rozpocząć pracę nad nią. Metody rozpoznawania prekoncepcji stosowane w praktyce wywodzą się z metod badawczych i są dostosowane do warunków oraz celów procesu edukacyjnego.

Poniżej przedstawiamy jedynie najczęściej stosowane metody. Nauczyciele często łączą je ze sobą lub dostosowują do wieku uczniów albo cech badanego pojęcia.

Do najczęściej stosowanych metod rozpoznawania prekoncepcji należą:

1. Projekcyjne metody niewerbalne
2. Metody dyskusyjne
3. Zadania koncepcyjne
4. Mapy pojęciowe
5. Wnioskowanie predykcyjne

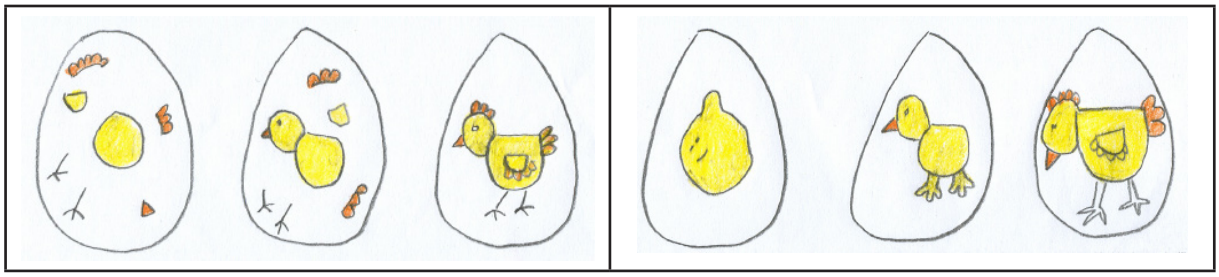
Trzeba pamiętać, że każda metoda ma swoje mocne i słabe strony, i nie wszystkie metody są odpowiednie dla każdej grupy wiekowej oraz do badania dowolnych prekoncepcji. W dalszej części tekstu wyjaśnimy, na czym polegają poszczególne metody i co może pomóc nauczycielowi w dokonaniu właściwego wyboru jednej z nich lub ich kombinacji.

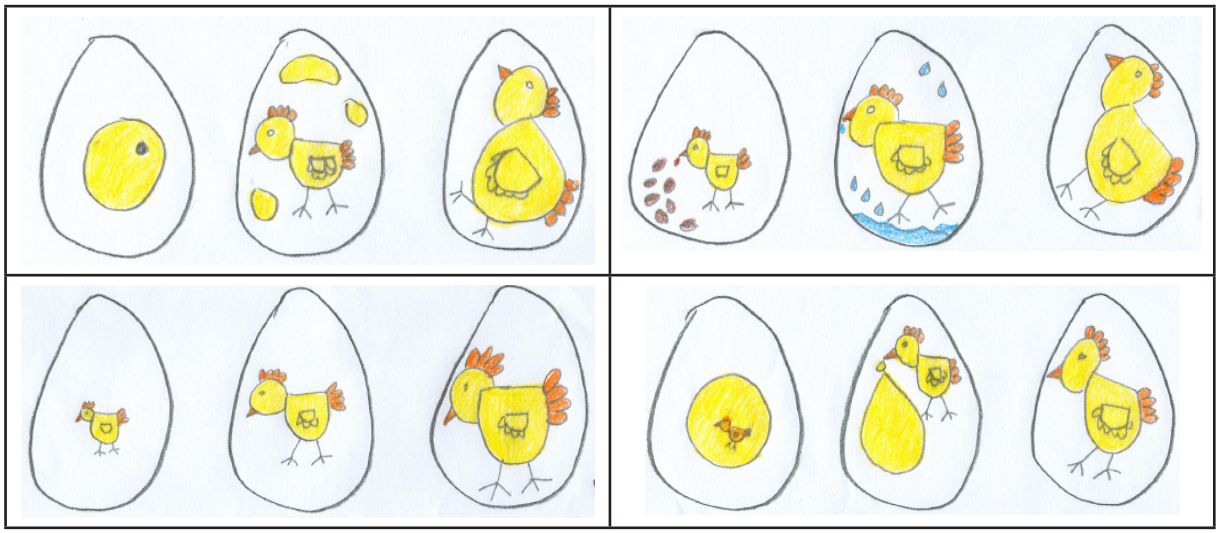
4.1 Projekcyjne metody niewerbalne

Podstawową zasadą metod projekcyjnych jest dążenie do tego, by uczeń ujawnił własny sposób rozumienia danego zjawiska, przedmiotu lub sytuacji poprzez stworzenie obrazu swojej wiedzy, widocznego dla wszystkich. Taka projekcja nie wymaga od razu werbalnego wyrażenia ani opisu. Realizowana jest często za pomocą rysunku, schematu, planu lub innej uproszczonej formy zidentyfikowanego wyobrażenia, jego reprezentacji. Metoda ta jest szczególnie odpowiednia dla uczniów, którzy jeszcze nie opanowali pisemnej formy wypowiedzi, ale posiada także inne zalety, dzięki którym nauczyciel może ją stosować nawet na wyższych etapach edukacji zamiast innych metod, głównie werbalnych.

Wiele wyobrażeń powstaje w formie niewerbalnej. Informacje, które odbieramy różnymi zmysłami, tworzą pewne wyobrażenia, które niekoniecznie musimy umieć nazwać ani nawet opisać słowami. Wtórne werbalne kodowanie wyobrażeń, które powstały wyłącznie na podstawie doświadczenia, może być procesem trudnym – dlatego czasami może się wydawać, że uczniowie nie posiadają danego wyobrażenia, gdy ich prosimy o jego werbalne wyrażenie. Jeśli jednak umożliwimy im zakomunikowanie wyobrażenia w sposób niewerbalny, np. poprzez rysunek, to okazuje się, że faktycznie posiadają już dane wyobrażenie. W bezpiecznym środowisku grupy rówieśniczej potrafią także zwerbalizować elementy swojej projekcji. Metody projekcyjne często ujawniają te elementy wyobrażeń, które są trudniejsze do wyrażenia słowami, np. relacje czy związki między informacjami składającymi się na wyobrażenie.

W podanym przykładzie (Rysunek nr 1) zadaniem uczniów było narysowanie rozwoju kurczęcia w jajku. W sekwencji trzech jaj mieli za pomocą rysunku wyrazić, jak stopniowo zmienia się zawartość jajka od momentu jego zniesienia aż do wyklucia się kurczęcia. Na pierwszym rysunku przedstawiono zawartość jajka tuż po jego zniesieniu przez kurę. Na ostatnim – kurczę tuż przed wykluciem. W jajku pośrodku uczniowie mieli narysować zawartość jajka w połowie tego procesu. Oczywiste jest, że uczniowie w różnym wieku radzą sobie z rysunkiem w różny sposób. Tym, co jednak łączy proces tworzenia rysunku u wszystkich uczniów, jest identyfikacja tego, co w badanym wyobrażeniu nie jest dla nich oczywiste. Uczeń pierwszej, czwartej czy dziewiątej klasy, próbując przelać swoje wyobrażenie na papier, identyfikuje to, co budzi jego wątpliwości. Jednocześnie potrafi w rysunku wyrazić także to, co werbalnie byłoby dla niego bardzo trudne do opisania.





Rysunek 1: *Wyobrażenia dzieci 6-letnich na temat rozwoju kurczęcia w jajku*

Z rysunku jasno wynika, że dzieci mają dość naiwne wyobrażenie dotyczące tego, co dzieje się w jajku zniesionym przez kurę. Dla nauczyciela jest to bardzo pouczające – pozwala mu zrozumieć sposób myślenia uczniów oraz to, czego jeszcze brakuje w ich rozumowaniu. Znacznie ważniejsze jest jednak to, jakie znaczenie ma tworzenie takiego rysunku dla samych dzieci. Podczas podobnych zadań zaczynają się zastanawiać, jak może wyglądać wnętrze jajka – sytuacja ta pobudza ich potrzeby poznawcze.

Opisana metoda jest często realizowana w formie swobodnego rysunku wykonywanego na podstawie przemyślanej instrukcji. Nie wszystkie wyobrażenia da się jednak przedstawić za pomocą rysunku, i nie każde dziecko w określonym wieku jest je w stanie zwizualizować. Pierwszym krokiem jest refleksja nad tym, czy dane wyobrażenie da się w ogóle narysować. Przykładem może być próba poznania wyobrażenia dziecka na temat tego, co jest przyciągane przez magnes, a co nie – w tym przypadku łatwiej wyrazić to słowem niż rysunkiem.

Następnie należy zastanowić się, jakiego poziomu zrozumienia danego pojęcia przyrodniczego można oczekiwać u ucznia, i odpowiednio dostosować do tego polecenie. Przykładowo instrukcja mająca na celu skłonienie ucznia, aby przedstawił swe wyobrażenie na temat powstawania cienia może dotyczyć różnych poziomów rozumienia zjawiska. Polecenie: „Narysuj, dlaczego zmienia się długość cienia przy zmianie kąta padania światła na przedmiot" nie nadaje się dla uczniów młodszych klas szkoły podstawowej, ponieważ nie operują oni jeszcze wyjaśnieniami przyczynowo-skutkowymi. Takie polecenie jest odpowiednie do badania postępu wiedzy na wyższych etapach edukacji. Dla ucznia z młodszych klas należy dostosować zadanie do jego poziomu poznawczego (poziom empiryczny). Aby poznać wyobrażenie ucznia na temat długości cienia, można zadać następujące polecenie: *„Narysuj, jak można stworzyć dłuższy cień tego samego przedmiotu. Narysuj, czego potrzebujesz do stworzenia cienia; gdzie cień się pojawia, jaki ma kształt i długość."*

Do tych metod, oprócz swobodnego rysunku, zaliczamy również zadania, w których uczeń uzupełnia obrazek lub schemat brakującymi informacjami, bądź w inny sposób graficznie go dopełnia (np. kolorując, oznaczając, dorysowując połączenia itp.). Istotniejsze od samego efektu końcowego jest czas, w którym uczeń zastanawia się nad swoim wyobrażeniem. Ponieważ rysunek nie zawsze przedstawia wyraźnie to, co uczeń chciał przekazać, metoda ta jest często uzupełniana rozmową.

4.2 Metoda dyskusji

Metoda dyskusji polega na formułowaniu pytań, na które uczniowie mają odpowiedzieć, przy czym to właśnie poprzez odpowiedzi na przemyślane pytania nauczyciel ustala, jaka jest jakość wyobrażeń ucznia. W praktyce jednak przy stosowaniu tej metody pojawia się dość dużo błędów, które mogą prowadzić nauczyciela do błędnego wniosku, że uczniowskie wyobrażenia na dany temat są słabo rozwinięte lub że uczniowie nie dysponują odpowiednimi prekoncepcjami. Spróbujmy więc określić, jak należy formułować pytania i organizować dyskusję prowadzącą do takich odpowiedzi, aby pozwoliły one skutecznie rozpoznać prekoncepcje uczniów.

- Zestaw przygotowanych pytań powinien być ukierunkowany na odkrycie jakości prekoncepcji dotyczących zjawiska, sytuacji, procesu czy obiektu, którym zamierza zająć się nauczyciel. Nie wystarczy jedynie tematyczna zgodność pytań z problematyką planowaną do omówienia. Zestaw pytań powinien być tak zaprojektowany, aby w miarę precyzyjnie zbadać jakość prekoncepcji, czyli tak, aby nauczyciel dowiedział się nie tylko, co uczniowie wiedzą, ale także czego nie rozumieją. Pytania powinny być dostosowane do aktualnego poziomu myślenia ucznia, którego prekoncepcje badamy. Na przykład dziecko w młodszym wieku szkolnym myśli konkretnie, w oparciu o doświadczenia i obrazy, dlatego w jego przypadku nie są właściwe pytania o pojęcia (np. czym jest cień) ani pytania przyczynowe (np. dlaczego cień jest dłuższy). Niewłaściwe są również pytania dotyczące wiedzy wyuczonej. Pytania powinny być tak formułowane, aby uczeń zrozumiał, że nauczyciel pyta go o jego wcześniejsze doświadczenia, sposób myślenia, wcześniejszą wiedzę, której nie będzie oceniał, a jedynie omawiał. W tym miejscu warto zaznaczyć, że pytania sprawdzające wiedzę wyuczoną są oczywiście częścią działania nauczyciela w klasie, ale stosuje się je na etapie sprawdzania przyswojonej wiedzy, nie zaś przy identyfikacji spontanicznie ukształtowanych prekoncepcji przyrodniczych.
- Frontalne zadawanie pytań jest najmniej efektywną formą realizacji metody dyskusji, szczególnie jeśli uczniowie nie mają czasu na przemyślenie odpowiedzi lub gdy nauczyciel od razu po zadaniu pytania oczekuje odpowiedzi. Jeśli nauczyciel kieruje pytanie do całej klasy, to powinien od razu zaznaczyć, że nie oczekuje natychmiastowej odpowiedzi, lecz daje czas na zastanowienie się. W przypadku frontalnego odpytywania może się zdarzyć, że niektórzy uczniowie odpowiedzą od razu, przez co pozostali przestaną się zastanawiać, ponieważ uznają, że odpowiedź już padła. W ten sposób niweczy się zamiar, aby każdy uczeń podjął pracę nad własną wiedzą i aktywnie uczestniczył w procesie edukacyjnym.
- Istotne znaczenie ma zapewnienie wystarczającego czasu na przemyślenie odpowiedzi. Uczniowie nie powinni mieć wrażenia, że nauczyciel chce szybko przejść do następnego etapu lekcji. Powinni zyskać przekonanie, że nauczyciel rzeczywiście interesuje się ich przemyślanymi odpowiedziami. Należy dać uczniom czas nie tylko na indywidualne zastanowienie się, ale również na dyskusję w grupach rówieśniczych.
- Nauczyciel powinien porównywać odpowiedzi uczniów, ale ich nie oceniać pod kątem poprawności. Powinien udzielać pozytywnej informacji zwrotnej, by zachęcić uczniów do udziału w dyskusji. Z zainteresowaniem może zadawać kolejne pytania, które pomogą uczniowi doprecyzować i uszczegółowić sposób, w jaki rozumie on dane zagadnienie. Podkreślenie różnic w myśleniu poszczególnych uczniów prowadzi do powstania konfliktu poznawczego, który rozbudza potrzeby poznawcze.
- Rezultatem procesu rozpoznawania prekoncepcji są pytania o to, co jest niejasne i w czym uczniowie się nie zgadzają. Ważne jest, aby uczniowie nie myśleli, że efektem dyskusji ma być „poprawna" odpowiedź, lecz że dyskusja stymuluje do dalszych badań. Dlatego od tej fazy trzeba przejść płynnie do aktywności edukacyjnej, której celem będzie rozwinięcie zidentyfikowanych wyobrażeń.
- Metodę dyskusji należy stosować w taki sposób, aby sprawić, że każdy uczeń będzie miał możliwość zastanowienia się nad pytaniami. Trzeba dać mu czas i przestrzeń. Po to, aby mógł zastanowić się, jak rozumie dane zjawisko lub sytuację. Nauczyciel po zadaniu pytania informuje, że uczniowie mają czas na indywidualne przemyślenia, a potem będą mogli przedyskutować temat w grupach rówieśniczych. Tworzy w ten sposób warunki, w których uczeń czuje się pewnie i nie postrzega dyskusji jako elementu oceny, lecz jako produktywny proces, w którym wspólnie z rówieśnikami i nauczycielem identyfikuje, co już wie na dany temat, a czego jeszcze nie, w czym się z innymi zgadza, a w czym nie.

4.3 Zadania konceptualne

Zadanie konceptualne - to takie, którego rozwiązanie wymaga od ucznia zastosowania bardziej złożonego rozumienia danego zagadnienia – zazwyczaj pojęcia, a nie pojedynczej, wyizolowanej informacji. Jeśli zadania te wykorzystuje się do rozpoznawania uczniowskich prekoncepcji, to zadanie należy tak sformułować, aby uczeń był skłonny ujawnić swój sposób rozumowania dotyczący danego zjawiska, przedmiotu lub sytuacji.

Interesującym przykładem zadań konceptualnych jest zastosowanie metody Concept Cartoons (w wolnym tłumaczeniu: metoda rysunków konceptualnych), na podstawie której można zademonstrować przebieg rozpoznawania uczniowskich prekoncepcji. Uczniom przedstawia się sytuację dotyczącą wybranego zagadnienia, która powinna

odpowiadać ich codziennemu doświadczeniu, czyli powinna wywoływać wyobrażenia na temat czegoś znanego, ale nadal niewyjaśnionego.

Sytuacja prezentowana jest w formie rysunku, na którym widnieją różne postacie rozważające daną sytuację. Ich odmienne sposoby myślenia są zapisane w formie wypowiedzi, a zadaniem uczniów jest zastanowić się, z którą wypowiedzią się zgadzają. Najbardziej znanym przykładem zadania konceptualnego jest zadanie z bałwanem (Rysunek nr 2). Postacie na obrazku zastanawiają się, czy bałwanowi założyć płaszcz, czy nie, jeśli ma on przetrwać jak najdłużej i nie roztopić się. Postacie nie zgadzają się co do tego, jaki wpływ na topienie się będzie miał płaszcz.

Dzięki temu, że wypowiedzi są wcześniej sformułowane, dyskusja łatwiej się rozpoczyna. Na obrazku celowo pominięto niektóre informacje o sytuacji, aby można było rozważać różne alternatywy i w ten sposób skuteczniej odkryć, jak uczniowie rozumieją daną sytuację. Na przykład z obrazka nie wynika, jaka jest temperatura na zewnątrz, jaka jest pogoda, ani z jakiego materiału wykonany jest płaszcz.

Wypowiedzi umieszczone na obrazku nie są przypadkowe – odzwierciedlają najczęstsze wyobrażenia uczniów w młodszym wieku szkolnym dotyczące omawianej sytuacji. Uczniowie często się z nimi utożsamiają. Nierzadko prowadzi to do powstania konfliktu poznawczego, który pozwala w dalszej dyskusji lepiej zidentyfikować prekoncepcje uczniów (w tym przypadku dotyczące izolacji cieplnej).

Rysunek 2: *CC bałwan (źródło: https://www.millgatehouse.co.uk/; zmodyfikowane)*

Podczas stosowania metody Concept Cartoons zazwyczaj nauczyciel podaje krok po kroku następujące (przykładowe) polecenia:

- Zastanów się nad wypowiedziami i wybierz tę, z którą się zgadzasz. Spróbuj uzasadnić swój wybór.
- Upewnij się, czy w grupie i między grupami doszliście do porozumienia w sprawie jednej wypowiedzi. Spróbujcie uzasadnić swoje decyzje, ale weźcie pod uwagę także uzasadnienia innych wypowiedzi.
- Czy istnieją sytuacje, w których każdą z podanych wypowiedzi można by uznać za prawidłową?
- Co i w jaki sposób należałoby zbadać, aby się dowiedzieć, która wypowiedź jest prawdziwa w danej sytuacji?

Z poleceń wynika jasno, że ich celem jest doprowadzenie uczniów do konfrontacji ich wyobrażeń oraz do wykorzystywania wcześniejszej wiedzy przy formułowaniu osądów i podejmowaniu decyzji. W ten sposób uczniowie ujawniają, w jaki sposób myślą o rozważanej sytuacji i jakie mają aktualne wyobrażenia o danym zjawisku.

Wielu uczniów na przykład uważa, że płaszcz „ogrzeje" bałwana, co uzasadniają własnym doświadczeniem z noszeniem płaszcza, nie zdając sobie sprawy z różnicy między ludzkim ciałem a bałwanem. Inni uczniowie dostrzegają tę różnicę, ale rozważają, czy jeśli płaszcz jest czarny i świeci na niego słońce, to czy nie przyspieszy to topienia się bałwana. Odnoszą się tym samy do własnego doświadczenia przebywania w czarnej koszulce na słońcu. Jeszcze inni twierdzą, że płaszcz spowolni topnienie bałwana, co może świadczyć o dość poprawnym wyobrażeniu dotyczącym izolacji cieplnej. Jednak przyrównanie nałożenia płaszcza do sytuacji, w której przedmioty znajdują się w cieniu i są chronione przed słońcem, sugeruje, że uczniowie nie wykorzystali w pełni koncepcji izolacji cieplnej, a więc wciąż pozostaje wątpliwe, czy ją rozumieją.

Przytoczone przykłady pokazują, jak metoda ta służy do rozpoznawania uczniowskich prekoncepcji i jak stymuluje uczniów do badania istotnych dla nich sytuacji.

Jeśli zadanie konceptualne ma być efektywne w rozpoznawaniu uczniowskich prekoncepcji, to musi wywoływać u uczniów skojarzenia z wcześniejszym doświadczeniem, a zarazem być sformułowane w taki sposób, aby uczniowie poczuli się kompetentni do jego rozwiązania. Ponieważ celem jest rozpoznanie prekoncepcji uczniowskich, to najlepiej sprawdzają się takie zadania konceptualne, które nie mają jednoznacznego lub jedynego poprawnego rozwiązania. Nauczyciel powinien prowadzić uczniów do uzasadniania swoich sądów na podstawie posiadanej przez nich wiedzy i doświadczeń. Efektem takiej pracy nie jest jedno poprawne rozwiązanie zadania, ale zestaw pytań do dalszego badania.

4.4 Mapowanie pojęciowe

Mapowanie pojęciowe powinno być zasadniczo wykorzystywane dopiero wtedy, gdy uczniowie dysponują dostatecznie (choć nie całkowicie) rozwiniętymi pojęciami. Sam proces mapowania może przyczyniać się do rozwoju pojęć, ponieważ uczeń stara się tworzyć między nimi powiązania, co wpływa na modyfikację treści tych pojęć. Działa to również w drugą stronę – jeśli uczeń stara się wyrażać relacje między pojęciami, to wówczas ujawnia, co o nich myśli i jak je rozumie. Z tego punktu widzenia mapowanie pojęciowe można stosować także w przypadku mniej rozwiniętych pojęć – w celu identyfikacji tego, jak w uczniowskich naiwnych wyobrażeniach łączą się one w bardziej złożone struktury.

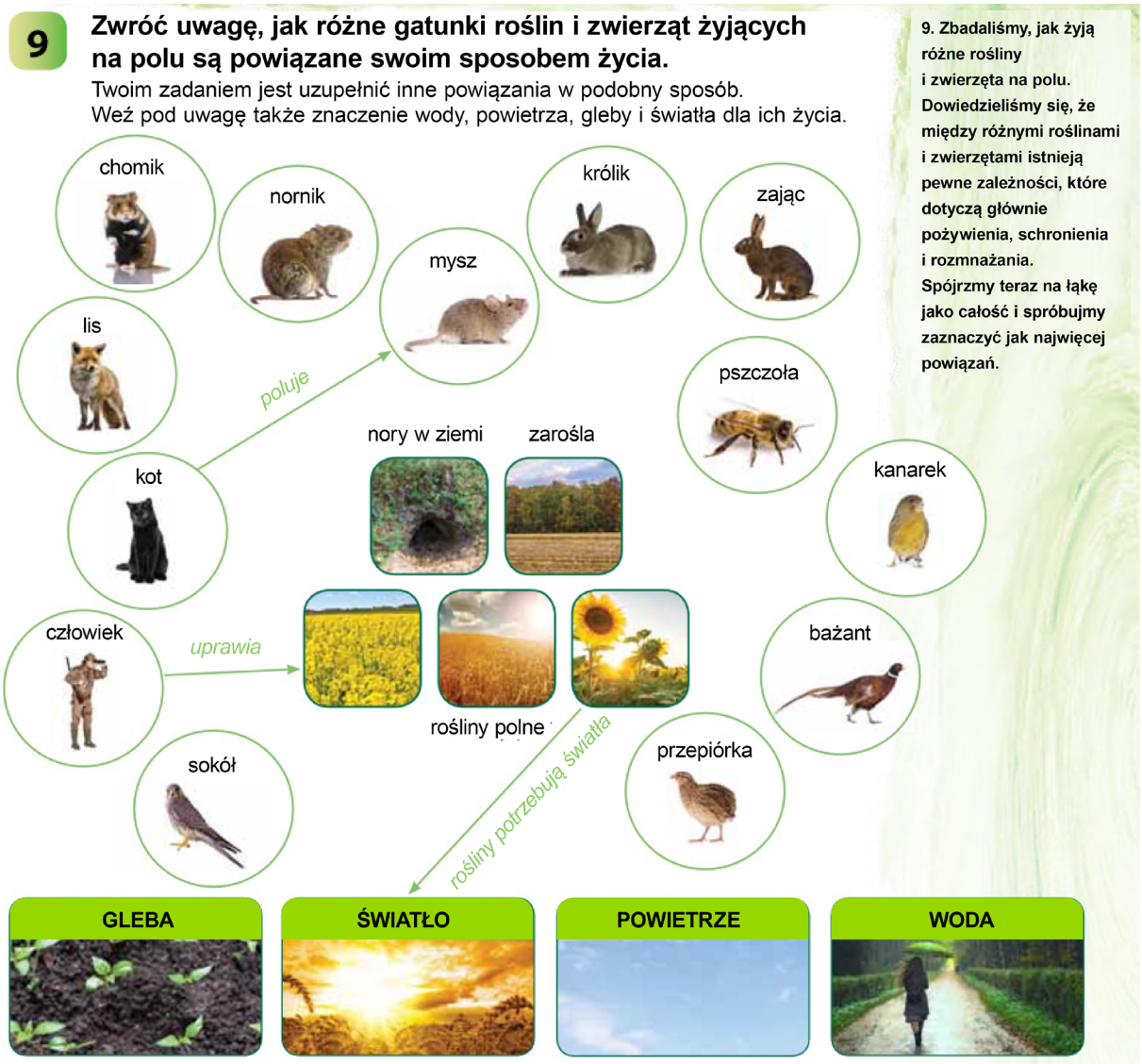
Skupmy się na wyjaśnieniu, jak należy stosować mapowanie pojęciowe, aby rozpoznać jakość uczniowskich prekoncepcji przyrodniczych.

Najczęściej mapowanie pojęciowe polega na tym, że nauczyciel podaje centralne pojęcie, a zadaniem uczniów jest wskazanie pojęć z nim powiązanych. Jeśli chcemy w ten sposób zbadać jakość uczniowskich prekoncepcji, to należy poprosić uczniów również o wyjaśnienie relacji między pojęciem kluczowym a pojęciami pokrewnymi. Mapa pojęciowa pozbawiona uzasadnień lub wyjaśnienia powiązań między pojęciami nie pomaga w odkrywaniu uczniowskich prekoncepcji.

Mapowanie pojęciowe może przyjmować także inną formę. Na przykład pojęcia mogą być podane z góry, a zadaniem uczniów jest zidentyfikowanie i określenie relacji między nimi. Na rysunku nr 3 przedstawiono przykład badania uczniowskich prekoncepcji dotyczących zależności w ekosystemie pola uprawnego.

W zadaniu zaznaczone są elementy ekosystemu pola uprawnego, więc uczeń nie musi ich sam wymyślać. Jego uwaga skupia się na identyfikowaniu relacji między tymi elementami, przy czym trzy przykłady pokazują, jak powinien analizować obrazek. Dzięki rozwiązaniu zadania nauczyciel dowiaduje się, co dla ucznia jest oczywiste, a jakich relacji jeszcze nie rozumie. Jeśli wyobrazimy sobie pełne rozwiązanie tego zadania, rysunek będzie wypełniony różnorodnymi relacjami, co ostatecznie doprowadzi ucznia do uświadomienia sobie złożoności powiązań w ekosystemie. Jednocześnie nauczyciel, identyfikując aktualny stan wiedzy ucznia, może wspierać jego dalszy rozwój.

W mapowaniu pojęciowym, podobnie jak w innych metodach rozpoznawania prekoncepcji, ważne jest, aby na początku pozwolić uczniom pracować samodzielnie. Uczniowie zawsze potrzebują czasu na przemyślenie zadania. Dyskusja w grupie rówieśniczej staje się potem bardziej intensywna, inspirująca, a przez to owocna.



Rysunek 3: *Tworzenie mapy pojęciowej dotyczącej ekosystemu pola uprawnego.*
(źródło: Žoldošová, K. (2018). Prírodoveda pre 4. ročník ZŠ. Bratislava: Expol Pedagogika. ISBN: 978-80-8091-481-3)

4.5 Przewidywanie (wnioskowanie predykcyjne)

Uczniowskie pierwotne przekonania można też skutecznie rozpoznawać poprzez formułowanie przypuszczeń, a w przypadku starszych uczniów – precyzyjnych hipotez. Metoda ta jest stosowana jedynie wtedy, gdy nauczyciel ma zamiar zastosować w nauczaniu podejście badawcze. Wynika to z faktu, że formułowanie przypuszczeń i hipotez jest ściśle związane z określonym problemem badawczym, który następnie musi być wspólnie z uczniami rozwiązany.

Formułowanie przypuszczeń i hipotez służy do rozpoznawania wstępnych przekonań, ponieważ w ich tworzeniu uczeń wykorzystuje swój aktualny stan wiedzy. Przypuszczenie lub hipoteza - to w istocie wnioskowanie dedukcyjne, które jest zakotwiczone w aktualnej wiedzy ucznia. Ta właśnie wiedza zostaje ujawniona poprzez formułowanie przypuszczeń i hipotez. Metoda ta działa jednak tylko wtedy, gdy nauczyciel wymaga od ucznia również uzasadnienia swego przypuszczenia lub hipotezy.

Podstawą zastosowania tej metody jest sformułowanie pytania badawczego, do którego uczeń ma stworzyć przypuszczenie lub hipotezę. Istnieją różne poziomy trudności, w zależności od tego, czy alternatywne przypuszczenia lub hipotezy są uczniowi przedstawione, czy też musi on je sam sformułować. Najprostszą formą jest graficzne wyrażenie przewidywania poprzez zakreślenie lub inne zaznaczenie w arkuszu pracy, jak pokazano na rysunku nr 4. Uczniowie mają rozwiązać problem badawczy: Czy unoszenie się przedmiotu na wodzie zależy od materiału, z którego jest on wykonany? Zadaniem uczniów jest wskazanie, jak zachowają się różne przedmioty po zanurzeniu w wodzie.

Rodzaj materiału i przedmiotu		Hipoteza	Weryfikacja
Przedmioty z drewna	drewniany guzik		
	drewniany klocek		
	drewniana miska		
	gałąź		
Przedmioty z metalu	spinacz		
	klucz		
	metalowa miska		
	podkowa		

Rysunek 4: *Przykład uproszczonego zapisu przypuszczeń*

Nauczyciel obserwuje, w jaki sposób uczniowie podchodzą do zaznaczania obiektów. Jeśli na przykład zauważy, że uczniowie automatycznie zaznaczają, że wszystkie drewniane przedmioty będą unosić się na wodzie, a wszystkie metalowe – nie, to oznacza, że mają już wykształcone adekwatne wyobrażenie o tym, jak materiał wpływa na to, czy dany przedmiot będzie pływał.

Jeśli jednak nauczyciel zaobserwuje, że uczniowie na przykład ważą przedmioty w rękach i na tej podstawie decydują, jak będą się one zachowywać w wodzie, już samo obserwowanie uczniów podczas formułowania predykcyjnych sądów pozwala mu rozpoznać naiwność ich wyobrażenia.

Po wyrażeniu przypuszczeń nauczyciel pyta uczniów o ich uzasadnienie. W przypadku młodszych uczniów unika pytania „dlaczego", które mogłoby sugerować konieczność przyczynowego wyjaśnienia zjawiska. Zamiast tego pyta na przykład: *„Na jakiej podstawie tak sądzisz?", „Gdzie widziałeś coś podobnego?", „Na podstawie jakiego doświadczenia tak wnioskujesz?"*

To właśnie poprzez podanie uzasadnienia uczniowie ujawniają swoje prekoncepcje dotyczące badanego zjawiska.

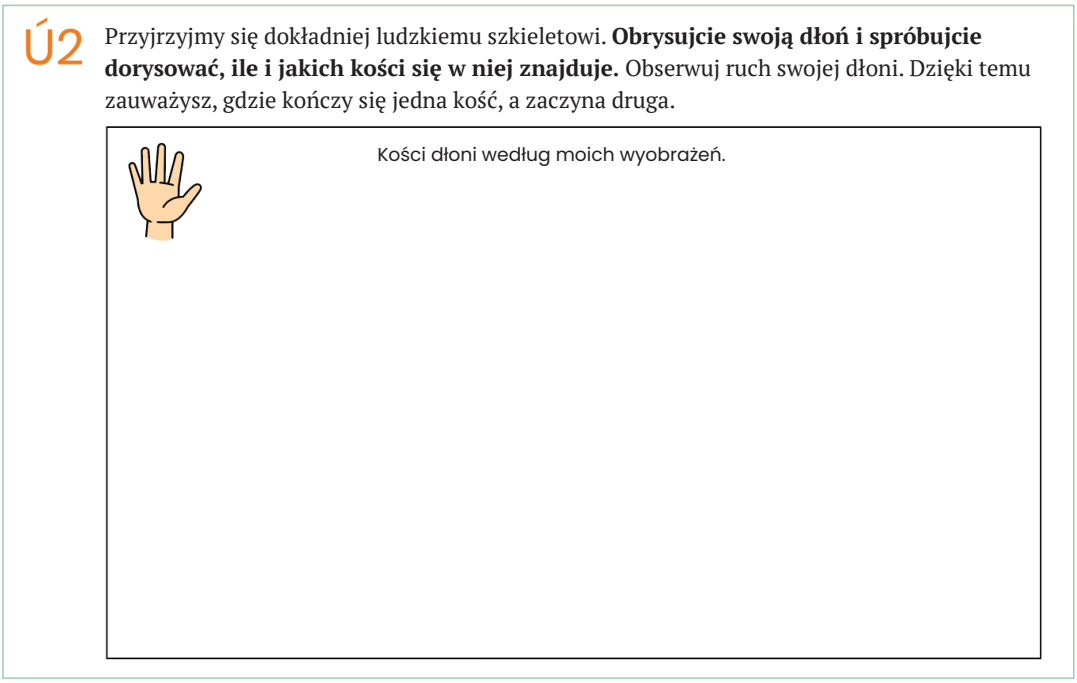
Taka forma wyrażania przypuszczeń wykorzystywana jest częściej u młodszych uczniów. Bardziej złożoną formą jest samodzielne formułowanie przypuszczeń lub hipotez. Ten sposób można stosować dopiero wtedy, gdy uczniowie rozwinęli już zdolność ich tworzenia. We wszystkich przypadkach kluczowe jest jednak zadawanie pytań o uzasadnienie – dzięki temu nauczyciel pozwala uczniom na wyrażenie istotnej części ich prekoncepcji.

5 Przykłady pracy nad rozpoznawaniem przyrodniczych prekoncepcji w programie ExpEdícia

Poniżej przedstawione zostaną konkretne przykłady metod rozpoznawania prekoncepcji w podręcznikach programu ExpEdícia. Celem jest ukazanie różnych podejść do realizacji zasad wykorzystywanych w tych metodach, przy czym często dochodzi do naturalnego przenikania się różnych strategii.

Głównym celem jest skłonienie uczniów do pracy na podstawie aktualnie posiadanej wiedzy oraz przygotowanie ich do procesu modyfikacji własnych prekoncepcji.

PRZYKŁAD 1: **Rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących ludzkiego szkieletu**



Rysunek 5: *Przykład zadania służącego rozpoznawania prekoncepcji dotyczących ludzkiego szkieletu (podręcznik ExpEdície dla 1. klasy szkoły podstawowej)*

Oczekiwanym wynikiem zadania jest – oprócz rozpoznania wyobrażeń uczniów na temat szkieletu – rozwinięcie ich świadomości, że ludzki szkielet składa się z dużej liczby mniejszych kości. Im bardziej elastyczna jest dana część ciała, tym więcej kości, połączonych stawami, się w niej znajduje. Aby w badaniu skoncentrować się na szczegółach, uczniowie analizują jedynie kości dłoni – od nadgarstka po czubki palców. Zakładamy, że dzięki temu uczniowie będą potrafili podobnie rozumować także w odniesieniu do innych części ciała. Celem nie jest to, by dziecko potrafiło wymienić, ile kości tworzy dłoń, jak są dokładnie ułożone ani jaki mają kształt. Zadanie ma prowadzić do ogólnego zrozumienia, że poprzez uważną obserwację dłoni można wnioskować, z ilu kości się ona składa – nawet jeśli niektóre są słabiej widoczne.

Przed rozpoczęciem zadania nauczyciel wprowadza uczniów w temat, którym będą się zajmować – w tym przypadku badanie ludzkiego szkieletu. Na tym etapie uczniowie dysponują jedynie ogólnym wyobrażeniem, że człowiek ma w ciele szkielet złożony z wielu kości. Nauczyciel proponuje, by uczniowie przyjrzeli się tematowi bliżej, zaczynając od tego, co już wiedzą. Przekazuje im polecenia, jak to przedstawiono na ilustracji 5. Warto dzieciom pokazać, którą część ręki mają obserwować (od nadgarstka po czubki palców).

Nauczyciel dzieli uczniów na grupy i wyjaśnia, na czym będzie polegało ich zadanie: Obrysujcie swoją dłoń, a następnie spróbujcie dorysować, ile i jakie kości się w niej znajdują. Obserwujcie ruchy swojej dłoni – to pomoże wam zrozumieć, gdzie kończy się jedna kość, a zaczyna druga. Dzieci pracują w grupach, ale początkowo każdy wykonuje własny rysunek. Nie muszą się ze sobą zgadzać – co nauczyciel powinien wyraźnie podkreślić. Może poinformować,

że badacze zwykle przed rozpoczęciem eksperymentów zastanawiają się, co już wiedzą o danym zjawisku, obiekcie czy sytuacji. Pomaga im to skupić się na tym, co wciąż pozostaje niejasne. Badacze także często się ze sobą nie zgadzają – każdy może mieć inną wiedzę i doświadczenia. Dlatego warto nie tylko rozwiązać zadanie, ale także porównać wyniki z tymi, które uzyskali inni. Badaczy często zaskakuje to, jak różnie inni postrzegają przyrodę – i to motywuje ich do weryfikowania własnych wniosków, wyobrażeń czy założeń.

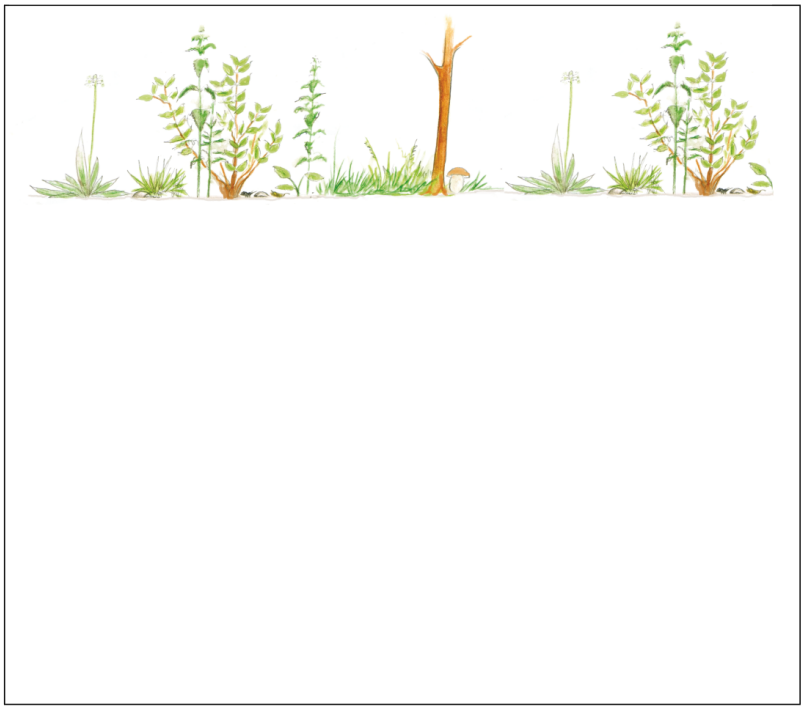
Dzieci pracują w grupach, obrysowują swoją dłoń i w obrębie powstałej sylwety próbują narysować, gdzie – ich zdaniem – znajdują się kości, jak są długie, grube i duże, gdzie kończy się jedna, a zaczyna druga. Nauczyciel zachęca uczniów do uważnego obserwowania dłoni – może to być dla nich wskazówka, gdzie znajdują się kości, a nawet z ilu kości składa się dłoń. Dobrze jest zapewnić dzieci, że nie chodzi o to, by kości były narysowane idealnie ani by ich obraz był zgodny z rzeczywistością.

Poprzez próbę narysowania kości dłoni uczniowie sami odkrywają, co nie jest dla nich całkiem jasne. W kolejnej części zadania, w której mają poszukać informacji, jak jest naprawdę, skupiają się naturalnie na tych elementach, co do których nie mieli pewności. Po zakończeniu rysowania nauczyciel zachęca uczniów do porównania rysunków i próby odkrycia, w jakich punktach się zgadzają, a w jakich nie – czyli gdzie różnią się ich wyobrażenia. Nauczyciel nie ocenia prac uczniów ani nie udziela informacji zwrotnej dotyczącej ich poprawności – jedynie porównuje rysunki i podkreśla podobieństwa oraz różnice, tak aby uczniowie sami doszli do wniosku, że temat wymaga dalszego badania. Zadanie ma zatem charakter stymulujący i motywujący.

Z powyższego wynika, że poprzez precyzyjne rozpoznanie prekoncepcji uczniowie uświadamiają sobie, co w ich wyobrażeniu pozostaje niejasne. Odkrywają, jakie mają braki w wiedzy oraz odczuwają potrzebę dalszego poznania. Jeśli w takim momencie zapewnimy uczniom odpowiednie źródło informacji, to zmiana wyobrażenia może nastąpić stosunkowo szybko. Uczniowie wyszukują w źródle informacje, które potwierdzają lub zaprzeczają temu, co pierwotnie myśleli, i uzupełniają luki w swojej wiedzy. Po rozpoznaniu prekoncepcji powinno pojawić się zadanie (lub zestaw zadań), w którym uczniowie nadal pracują nad własnym wyobrażeniem. Następnie uczniowie sięgają po encyklopedię ludzkiego ciała.

Ú1

Čo znajduje się w glebie? Narysujcie, co według was może znajdować się w glebie pod powierzchnią ziemi. Zastanówcie się nad swoimi doświadczeniami i nad tym, co człowiek zwykle robi z glebą. Porównajcie swoje wyobrażenia w grupach i porozmawiajcie o różnicach.



Rysunek 6: *Przykład zadania służącego rozpoznaniu prekoncepcji dotyczących gleby (podręcznik ExpEdície dla 1. klasy szkoły podstawowej)*

Podstawowym celem zadania jest rozpoznanie aktualnej wiedzy uczniów na temat gleby, jej składu oraz obecności różnych elementów, które mogą się w niej znajdować. Uczniowie mają zastanowić się, co już wiedzą o glebie, co pozwoli im lepiej połączyć nowo pozyskiwane informacje z wcześniejszymi prekoncepcjami. Oczekiwanym rezultatem jest ustalenie, co uczniowie już wiedzą o glebie, a czego jeszcze nie. Ważne jest, aby położyć nacisk na rozmowę o rysunkach – dzięki niej nauczyciel może zorientować się, jakie są podobieństwa i różnice w dziecięcych wyobrażeniach, co uczniowie wiedzą, a co im jeszcze umyka. Dzięki temu może później odpowiednio zmodyfikować proces nauczania. Istotne jest, aby tych wyobrażeń nie oceniać, lecz je porównywać.

Na rysunku nr 6 celowo przedstawiono wierzchnią warstwę gleby z roślinnością – ma to pomóc uczniom dostrzec, że w glebie znajdują się także korzenie lub inne części roślin, które przedostają się tam z powierzchni. Zadaniem uczniów jest spróbować narysować wszystko, co – ich zdaniem – może się znajdować w glebie. Nauczyciel zachęca dzieci, by starały się uwzględnić w rysunku wszystkie informacje, które kojarzą im się z glebą.

Uczniowie najpierw pracują samodzielnie, następnie konsultują się w grupach i mogą dorysowywać elementy, które zauważyli u rówieśników i które wydają się im prawdopodobne. Nauczyciel krąży po klasie, obserwuje, co uczniowie rysują, i wspiera tych, którzy mają trudności z rozpoczęciem pracy. Na zakończenie nauczyciel dzieli się spostrzeżeniami – co najczęściej pojawiało się w rysunkach uczniów. Zwraca też uwagę na elementy, które występowały tylko w niektórych rysunkach, rozmawia z dziećmi, co o nich myślą. Celem jest podkreślenie podobieństw i różnic w wyobrażeniach dzieci na temat składu gleby.

Ewentualnie nauczyciel może poprosić każdą grupę o zaprezentowanie swojego rysunku oraz uzasadnienie, dlaczego narysowały właśnie te elementy jako zawartość gleby. Następnie uczniowie mogą uzupełnić swoje rysunki o to, co chcieliby dodać po prezentacji innych grup.

Priorytetowym celem zadania jest identyfikacja tego, co uczeń już wie. Ujawnione wyobrażenie może być zatem nieprecyzyjne lub niedoskonałe (naiwne). Dlatego nauczyciel nie ocenia wyniku zadania związanego z rozpoznaniem prekoncepcji. Informacja zwrotna przybiera raczej formę docenienia wszelkich trafnych spostrzeżeń – szczególnie gdy uczeń próbuje uzasadnić swoje wyobrażenia na podstawie konkretnych doświadczeń. Rozwiązania zadań są porównywane w taki sposób, by wybrzmiało, że uczniowie posiadają już pewną wiedzę o glebie – coś wiedzą, ale nie są zgodni co do wszystkich szczegółów, więc warto będzie tę tematykę zbadać dokładniej.

PRZYKŁAD 3: Rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących stanów skupienia wody

Z poprzednich dwóch przykładów wynika, że projekcyjna metoda rozpoznawania prekoncepcji nadaje się szczególnie do identyfikacji takich wyobrażeń, które uczeń jest w stanie przynajmniej częściowo wyrazić za pomocą rysunku. Nie zawsze jednak uczeń musi sam rysować. Czasami wystarczy, że uzupełni brakujące informacje lub relacje w gotowym rysunku, schemacie czy szablonie.

W poniższym przykładzie uczniowie wyrażają swoje wyobrażenie o obecności wody w różnych środowiskach, uzupełniając rysunek w taki sposób, aby powstało schematyczne przedstawienie występowania wody w różnych stanach skupienia oraz wzajemnych powiązań pomiędzy jej formami. Zadanie to osadzone jest w kontekście rozwijania u uczniów wyobrażenia o obiegu wody w przyrodzie.

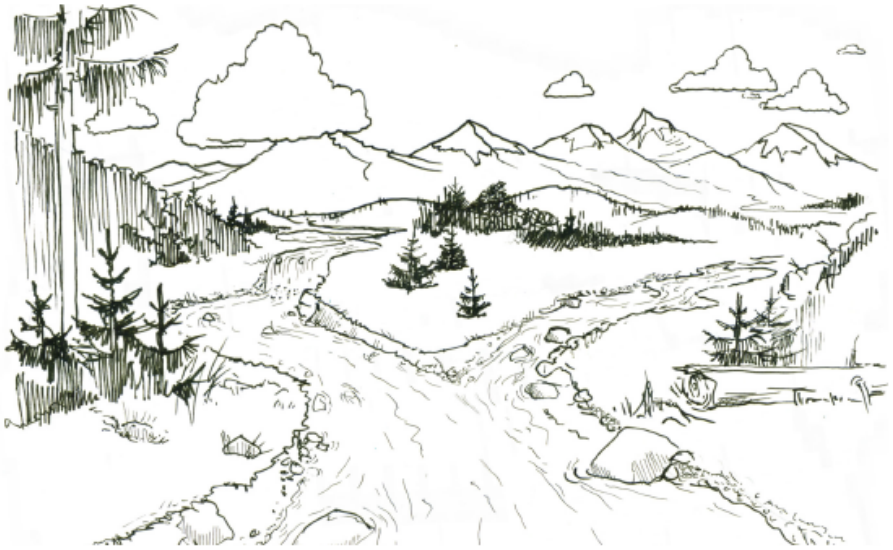
W poprzednich zadaniach uczniowie odkryli, że do powietrza wyparowuje duża ilość wody, która następnie ulega skraplaniu. Dzięki temu zostali przygotowani do rozważań nad częściowymi zależnościami, które składają się na złożony proces obiegu wody w przyrodzie. Celem tego zadania jest uchwycenie szerszych zależności w ramach tego obiegu. Uczniowie powinni sobie uświadomić, jakie źródła wody i w jakim stanie skupienia występują w przyrodzie oraz w jaki sposób są one ze sobą powiązane przez przemiany fazowe. Rejestrują, co już wiedzą o stanach skupienia i przemianach fazowych wody oraz gdzie mogą je zaobserwować w naturze.

Na początku aktywności nauczyciel przypomina uczniom, czego dowiedzieli się wcześniej o parowaniu i skraplaniu się wody, i zachęca do zastanowienia się, czy w przyrodzie można zaobserwować także inne przemiany stanów skupienia, które mogłyby pomóc wyjaśnić, skąd bierze się woda w źródłach. Zadaje pytanie, czy stale krąży ta sama woda.

W pierwszym kroku uczniowie mają za zadanie pokolorować obiekty zawierające wodę w określonym stanie skupienia odpowiednim kolorem według legendy. Podczas pracy w grupach nauczyciel obserwuje decyzje uczniów i zachęca ich do rozważań nad tym, gdzie jeszcze na obrazku może znajdować się woda. Na przykład warto sprawdzić, czy uczniowie oznaczą chmury jako wodę w stanie ciekłym, albo czy uwzględnią rośliny i glebę jako źródła wody.

Następnie nauczyciel powinien poprowadzić uczniów do zastosowania wiedzy zdobytej w poprzednich zadaniach – na przykład tego, że w powietrzu znajduje się dużo pary wodnej, więc cały obrazek powinien być pokolorowany kolorem reprezentującym stan gazowy wody.

Ú9 Na obrazku pokoloruj zielonym kolorem miejsca, gdzie znajduje się **woda w stanie ciekłym.** Niebieskim kolorem zaznacz wodę **w stanie stałym.** Żółtym kolorem zaznacz miejsca, gdzie znajduje się **para wodna.** Uważajcie – jak wiemy, **tego nie widać!** Rozwiązując zadanie, pomyślcie o tym, co już wiecie **o parowaniu wody.**



Jakie inne **źródła wody w przyrodzie** znacie? Gdzie jeszcze i w jakiej formie występuje woda w przyrodzie?

Rysunek 7: *Przykład zadania na rozpoznanie prekoncepcji dotyczących obiegu wody w przyrodzie (podręcznik ExpEdície dla 4. klasy)*

W drugim kroku nauczyciel zachęca uczniów do połączenia poszczególnych źródeł wody w stanie stałym, ciekłym i gazowym na podstawie wiedzy o przemianach stanów skupienia. Może narysować strzałkę w powietrzu skierowaną ku chmurom i nad nią napisać „skraplanie". Następnie zachęca uczniów do stworzenia jak największej liczby możliwych połączeń.

Aby wesprzeć uczniów w realizacji zadania, nauczyciel może rozdać grupom ilustrację przedstawiającą przemiany stanów skupienia (np. taką, jak na rysunku). Chodzi o to, aby uczniowie uświadomili sobie, że przemiany stanów skupienia wody zachodzą nieustannie i że wszystkie źródła wody są w pewien sposób ze sobą połączone.

PRZYKŁAD 4: Rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących obiegu wody w przyrodzie

Nauczyciel kieruje uwagę uczniów na ilustrację przedstawiającą źródło w górach, przekształcone w oznakowane turystycznie ujęcie wody, i zachęca uczniów do tego, aby w grupach zastanowili się nad tym zadaniem i przygotowali własne wyjaśnienie, w jaki sposób woda trafia do źródła wysoko w górach – ewentualnie podali kilka wyjaśnień, jeśli nie dojdą do wspólnego wniosku.

Poza powyższym celem, chcemy także, aby uczniowie zastanowili się nad powszechnymi zjawiskami, którym zazwyczaj nie poświęcają większej uwagi. Nauczyciel wskazuje im powiązania między faktami, dając tym samym przykład, jak można analizować zjawiska w otoczeniu – na przykład zwracając uwagę, że idąc w lesie wzdłuż strumienia pod prąd, zawsze się idzie pod górę, ponieważ woda płynie w dół.

Zadaniem uczniów jest zapisanie własnego wyjaśnienia w przeznaczonym do tego miejscu w ćwiczeniach. W trakcie pracy w grupach nauczyciel przechadza się między uczniami, słucha ich sposobów argumentowania i dyskutuje z nimi. Na zakończenie może sam przedstawić, w jaki sposób różne grupy podchodziły do problemu, podkreślając podobieństwa i różnice w odpowiedziach uczniów. Taki sposób prezentacji wyników dyskusji oszczędza czas, a jednocześnie umożliwia nauczycielowi wybór tych treści, które najlepiej pasują do kolejnych zadań. Jeśli jednak nauczyciel chce zachęcić uczniów do zaprezentowania własnych sposobów myślenia, to może po dyskusji grupowej poprosić ich, by przedstawili wspólnie wypracowane stanowisko. Nauczyciel powinien jedynie zaznaczyć, że omawiane zjawisko jest niejasne i warto je zbadać.

Warto poprosić uczniów, by zapisując swoje rozważania, używali sformułowań takich jak: *„myślę, że…”, „moim zdaniem…”,* itp. Pomimo że jest to praca grupowa, to każdy uczeń zapisuje własną koncepcję, która odzwierciedla jego indywidualne rozumienie zagadnienia. Ważne jest, aby uczniowie formułowali swoje zapisy precyzyjnie i w sposób zrozumiały również po pewnym czasie gdy będą do nich wracać. Chodzi o to, aby po zgłębieniu tematu móc go ponownie przemyśleć.

Warto też zachęcić uczniów do narysowania swojej koncepcji i opisania rysunku. W naukach przyrodniczych typowe jest tworzenie różnych schematów i diagramów – a poprzez próby uczniów, by przedstawić i opisać bardziej złożone sytuacje czy zjawiska, mogą oni lepiej zrozumieć ich znaczenie w komunikacji naukowej. Aby wspierać u uczniów chęć stosowania graficznych form przedstawiania swoich wyobrażeń, można ich w niektórych przypadkach poprosić, by narysowali swoją koncepcję na tablicy i wyjaśnili ją innym. Grupom można również rozdać większy arkusz papieru, na którym przygotują rysunek i zaprezentują swoją koncepcję pozostałym.

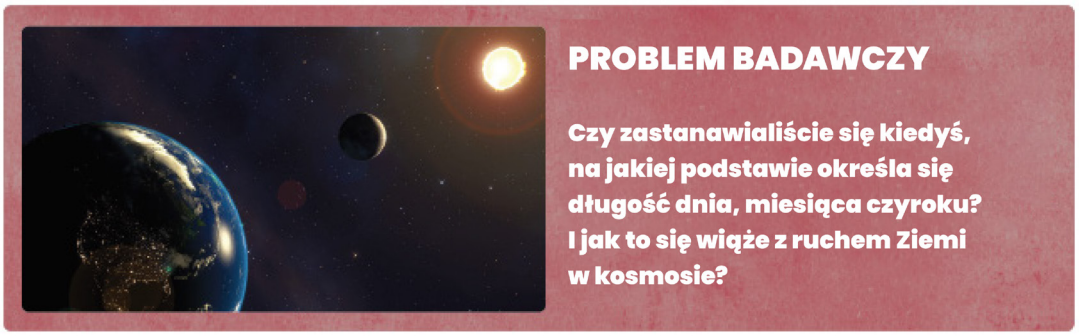
ÚI **Wyjaśnijcie, jak sobie wyobrażacie, że woda dostaje się do źródła w górach. Swoje wyobrażenie możecie narysować i/lub opisać. Przedyskutujcie, czy wasze wyjaśnienia są takie same. Zapiszcie ciekawe spostrzeżenia innych grup.**

Rysunek i opis własnego wyobrażenia:

Rysunek 8: *Przykład zadania służącego identyfikacji prekoncepcji dotyczących obiegu wody w przyrodzie (podręcznik „ExpEdície” dla 4. klasy)*

PRZYKŁAD 5: Rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących ruchu Ziemi w kosmosie

To zadanie stanowi wprowadzenie do tematyki ciał niebieskich znajdujących się w bliskim nam kosmosie. Wdrożenie tego tematu można zainicjować poprzez skierowanie uwagi uczniów na rysunek nr 9, która przedstawia fotografię Ziemi, Słońca i Księżyca z perspektywy satelity.



Rysunek 9: *Przykład zadania do rozpoznania prekoncepcji na temat ruchu Ziemi w kosmosie (podręcznik ExpEdície dla 4. klasy)*

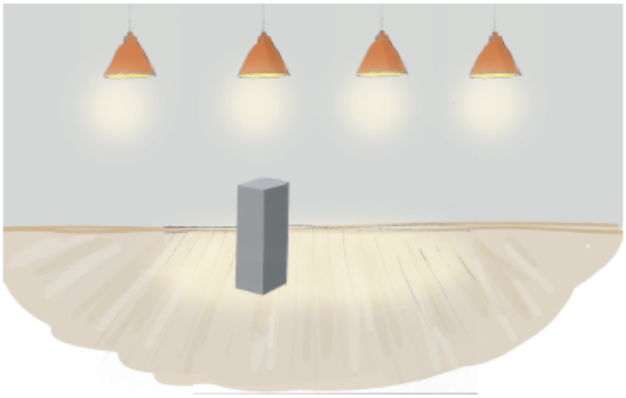
Nauczyciel prowadzi z uczniami rozmowę na temat tego, co przedstawiono na rysunku. Pyta, jak to możliwe, że widzimy tylko sierp Księżyca i/lub czy na całej Ziemi panuje równocześnie dzień. Celem jest pobudzenie uczniów do refleksji nad sytuacjami przedstawionymi na obrazku. Następnie nauczyciel formułuje problem: uczniowie mają się zastanowić, czy długość trwania dnia i nocy, miesiąca lub roku ma związek z ruchem Ziemi w przestrzeni kosmicznej. Nauczyciel upewnia się, że uczniowie zrozumieli pytanie i prowadzi ich do wyrażenia ich aktualnej wiedzy lub spontanicznych przekonań (prekoncepcji) w zadaniu nr 1 z rysunku nr 9.

Uczniowie mają sformułować swoją koncepcję czynników wpływających na długość dnia. Zadanie celowo koncentruje się tylko na jednym, najprostszym przedziale czasowym, czyli dniu. Uczniowie najpierw reflektują nad zadaniem indywidualnie. Warto jednak od razu podzielić ich na grupy, ponieważ po samodzielnym przemyśleniu będą dyskutować o swoich wyobrażeniach w ramach grupy. Powinni zabierać głos nawet wtedy, gdy uważają, że kolega z grupy już wyraził to, co sami myślą. Właśnie poprzez próbę wyrażenia myśli własnymi słowami uczeń ukazuje, co w danym temacie jest dla niego jasne, jakie ma wątpliwości i czego jeszcze nie wie.

Nauczyciel zaprasza poszczególne grupy do zaprezentowania swojej koncepcji, ewentualnie kilku koncepcji, jeśli nie doszli do porozumienia. Zadaniem pozostałych uczniów jest porównywanie zaprezentowanych wyobrażeń z tym, co myślą członkowie ich własnej grupy. Uczniowie mogą wziąć pod uwagę różne zaprezentowane koncepcje i uzupełnić swoje notatki. Po prezentacji wszystkich grup nauczyciel podkreśla podobieństwa i różnice w sposobie myślenia oraz proponuje dalsze badanie tematu.

PRZYKŁAD 6: **Rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących powstawania cieni**

Jak powstają cienie w pomieszczeniu z wieloma źródłami światła? Zastanówcie się, ile cieni może mieć przedmiot w pokoju na obrazku. Zweryfikujcie swój sposób myślenia poprzez badanie w pudełku od butów. Wynik zaznaczcie na rysunku.



Zastanówcie się, ile *maksymalnie* cieni może mieć przedmiot w pokoju na obrazku. Gdzie będzie stał przedmiot? Zbadajcie to a wynik zaznaczcie na rysunku.

Ile *najmniej* cieni może mieć przedmiot w takim pomieszczeniu?
Narysujcie, gdzie musi być umieszczony przedmiot.

Rysunek 10: *Przykład zadania do rozpoznania prekoncepcji na temat cieni (podręcznik ExpEdície dla 1. klasy)*

Zadanie koncentruje się na zastosowaniu wiedzy o powstawaniu cienia, którą uczniowie zdobyli w trakcie rozwiązywania wcześniejszych zadań na ten temat. Głównym celem jest rozwijanie umiejętności wnioskowania i hipotetycznego rozwiązywania sytuacji. Cel ten osiągamy przez to, że uczniowie zaczynają rozwiązywać zadanie, formułując przypuszczenia lub wnioski na temat możliwego wyjaśnienia przedstawionej sytuacji. Chodzi tu o zastosowanie metody przewidywania (czyli o rozpoznanie prekoncepcji poprzez formułowanie przypuszczeń),

w której ważne jest nie tylko sformułowanie przypuszczenia, ale także jego uzasadnienie. Dzięki próbom uzasadnienia uczniowie są w stanie odkryć jakość swoich wyobrażeń o badanym zjawisku.

Jak wynika z założeń zadania, kluczową częścią rozwiązania nie jest aktywność praktyczna, lecz próba zaproponowania rozwiązania sytuacji na podstawie wnioskowania – bez użycia pomocy dydaktycznych. Dlatego w pierwszej fazie aktywności nauczyciel nie udostępnia uczniom żadnych pomocy. Zachęca ich jednak do przewidywania, jak cienie będą po Uvažujte, která kola se budou točit, když začneme točit kolem, které je označeno jedničkou. opiero w drugiej fazi Kola, která se podle vás točit nebudou, přeškrtněte. Diskutujte o tom, zda se v řešení úlohyi zjistit, zda je jejich přshodnete.

Nauczyciel proponuje uczniom, aby zastanowili się, jak tworzą się cienie w pomieszczeniu, w którym znajduje się więcej niż jedno źródło światła. To ma ich prowadzić do rozwiązania zadania, w którym sformułowano pytanie: *Jak tworzą się cienie w pokoju z wieloma źródłami światła?* Mają się zastanowić, ile cieni może rzucać przedmiot w takim pomieszczeniu. Uczniowie pracują w grupach, a ich zadaniem jest rozważyć, ile cieni będzie rzucał przedmiot umieszczony pod jedną z lamp w pomieszczeniu z czterema źródłami światła (rysunek nr 10). Nauczyciel wyjaśnia, że chodzi o podłużne pomieszczenie – np. klasę bez okien – z czterema lampami rozmieszczonymi równomiernie wzdłuż środkowej linii sufitu. Uczniowie mają wykorzystać całą dotychczasową wiedzę o powstawaniu cieni i sformułować wniosek, ile cieni będzie rzucał przedmiot (prostopadłościan) pokazany na ilustracji, w którą stronę będą one skierowane i jakiej będą długości.

Nauczyciel zachęca uczniów, by najpierw zastanowili się nad tym samodzielnie, a dopiero potem skonsultowali się z grupą – tak jak to robią naukowcy. Ważne jest, aby uczniowie zrozumieli, że nie chodzi o zgadywanie, lecz o próbę rozwiązania sytuacji na podstawie własnej wiedzy. Nauczyciel zachęca uczniów do tego, by uzasadnili swoje wnioski – by wyjaśnili kolegom z grupy, dlaczego uważają, że przedmiot będzie miał określoną liczbę, długość i kierunek cieni. Każdy uczeń rysuje ołówkiem w swoim arkuszu, ile i jakie cienie jego zdaniem powstaną w przedstawionym pomieszczeniu.

Nauczyciel krąży między grupami, pomaga uczniom w razie potrzeby i zachęca ich do uzasadniania wniosków. Gdy uczniowie omówią rozwiązania, prezentują je na forum klasy. Zadaniem pozostałych jest porównać prezentowane rozwiązania z własnymi i odnieść się do nich – wskazać, z czym się zgadzają, co by uzupełnili lub poprawili. Celem jest, aby uczniowie mogli przedstawić publicznie swój sposób myślenia. Ewentualnie to nauczyciel może podsumować, co w rozumowaniu poszczególnych grup się pokrywało, a co było różne.

Następnie uczniowie mają za zadanie zweryfikować swoje przypuszczenia. Po weryfikacji nauczyciel zachęca uczniów do tego, by długopisem dorysowali w obrazku, ile cieni faktycznie powstało. Razem z nimi analizuje, co spowodowało, że przedmiot rzucał właśnie tyle cieni. Potem uczniowie przechodzą do kolejnych dwóch sytuacji w tym samym pomieszczeniu (rysunek nr 10). W zadaniu 4b mają się zastanowić, ile maksymalnie cieni może rzucać jeden przedmiot w takim pomieszczeniu. Tym razem przedmiot nie jest pokazany na ilustracji – uczniowie mają sami narysować, gdzie musiałby się znaleźć, żeby rzucać największą możliwą liczbę cieni. Przypuszczenie zapisują ołówkiem, a po obserwacji – wynik długopisem.

W trzeciej części zadania (4c) uczniowie mają się zastanowić, ile najmniej cieni może rzucać przedmiot stojący w pomieszczeniu. Ponownie mają sformułować przypuszczenie, zapisać je ołówkiem a następnie sprawdzić je poprzez praktyczne działanie z pudełkiem i figurką. Z tego wynika, że do rozpoznawania prekoncepcji można wracać wielokrotnie w trakcie jednej jednostki lekcyjnej.

PRZYKŁAD 7: **Rozpoznawanie prekoncepcji na temat przekładni zębatej**

Celem zadania jest rozpoznanie prekoncepcji uczniów dotyczących sposobu działania przekładni zębatej. Na to zadanie będą się nakładać kolejne, w ramach których uczniowie będą poznawać zasadę obracania się kół zębatych w układzie liniowym i cyklicznym. Uzyskane informacje uczniowie częściowo wykorzystają także podczas badania, czy prędkość obrotu kół w przekładni można regulować ich wielkością.

Ú1 **Zastanówcie się, które koła będą się obracać, jeśli zaczniemy obracać kołem oznaczonym cyfrą 1. Koła, które waszym zdaniem nie będą się obracać, przekreślcie. Przedyskutujcie, czy wszyscy zgadzacie się z rozwiązaniem.**

Rysunek 11: *Przykład zadania na rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących przekładni zębatych (podręcznik ExpEdície dla 4. klasy)*

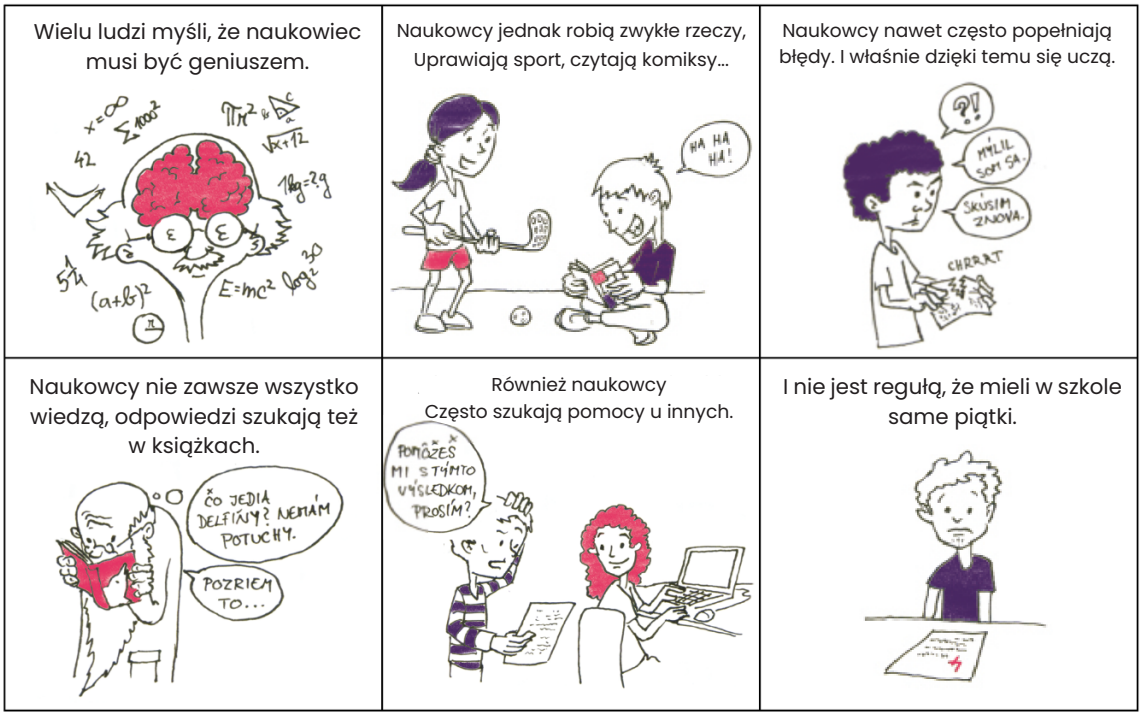
Zadanie to umieszczamy na początku serii zadań ukierunkowanych na badanie przekładni zębatych. Warto rozpocząć od prostego wprowadzenia, czym jest przekładnia zębata: Przekładnie zębate składają się z kół, które na swoim obwodzie mają zęby rozmieszczone w regularnych odstępach. Gdy połączymy je ze sobą tak, żeby zęby jednego koła zazębiały się z zębami drugiego, to obracając jedno koło możemy wprawić w ruch wszystkie połączone w ten sposób koła. O zespole takich połączonych kół mówimy: przekładnia zębata. Charakterystykę przekładni zębatej jako prostego mechanizmu uzupełnia jej rysunek (rysunek nr 11). Uczniowie mają rozwiązać następujące zadanie na myślenie: Zastanówcie się, które koła będą się obracać, jeśli zaczniemy obracać kołem oznaczonym numerem jeden. Koła, które według was nie będą się obracać, przekreślcie. Przedyskutujcie, czy wasze rozwiązania są zgodne.

Uczniowie najpierw indywidualnie przypatrują się rysunkowi nr 11 i próbują zaznaczyć te koła, które ich zdaniem zaczną się obracać. Po indywidualnym rozwiązaniu nauczyciel zachęca uczniów do utworzenia grup i porównania wyników swoich rozważań. Nauczyciel obserwuje pracę uczniów w grupach i dowiaduje się, w jaki sposób rozumieją oni ruch kół. Następnie uczniowie porównują wyniki w całej klasie i dyskutują o tych kołach, co do których nie są zgodni. Celem jest zrozumienie podstawowej zasady działania przekładni – obracając jedno z kół, możemy jednocześnie wprawić w ruch kilka innych, ale tylko wtedy, gdy zęby kół są ze sobą zazębione. Następnie nauczyciel proponuje uczniom dalsze badanie funkcjonowania przekładni zębatych i przechodzi do kolejnych zadań.

PRZYKŁAD 8: **Rozpoznawanie prekoncepcji na temat nauki i naukowców**

Podstawowym celem tego zadania jest uświadomienie sobie, że ludzie nie „rodzą się" naukowcami. To znaczy, że nie jest to zawód przeznaczony tylko dla „wybranych" czy „geniuszy". Naukowcy - to zwyczajni ludzie, którzy robią zwyczajne rzeczy. Nie zawsze mieli w szkole same dobre oceny, często popełniają błędy, na pewno nie wiedzą wszystkiego i często sięgają po książki lub pytają innych, gdy czegoś nie wiedzą. Z drugiej strony tym, co wyróżnia naukowców, jest ciekawość oraz chęć wytrwałego badania tego, co ich interesuje. Uczniowie powinni zrozumieć, że oni również mogą zostać naukowcami. Pierwszym krokiem do tego jest ciekawość i gotowość do odkrywania czegoś nowego.

Ú4 Co więc mają wspólnego naukowcy? Zastanówmy się.



Rysunek 12: *Przykład zadania identyfikującego prekoncepcje na temat charakteru nauki (podręcznik ExpEdície dla 1. klasy)*

Celem zadania jest przekazanie uczniom informacji zawartych w ćwiczeniu w taki sposób, aby mogli je włączyć do własnych wyobrażeń o naukowcach. Nauczyciel przypomina, że podczas rozwiązywania poprzednich zadań uczniowie dowiedzieli się, iż praca naukowa może przybierać różne formy. Pytanie brzmi: co łączy wszystkie zawody, które wykorzystują pracę naukową? Kto w ogóle może zostać naukowcem? Nauczyciel zachęca uczniów do wspólnego obejrzenia ilustracji w zadaniu 4 (rysunek nr 12) i kolejno odczytuje im (ponieważ to pierwszoklasiści) informacje przypisane do poszczególnych ilustracji. Przy każdym obrazku rozmawia z uczniami o tym, jak postrzegają daną cechę. Poszczególne ilustracje podważają główne mity na temat naukowców i pracy naukowej. Wiele osób sądzi, że nauka jest dla nich zbyt skomplikowana.

PRZYKŁAD 9: **Rozpoznawanie prekoncepcji dotyczących powstawania cieni**

W tym zadaniu zastosowano metodę rysunków koncepcyjnych (Concept Cartoons). Wprowadzenie do sytuacji ma wywołać konflikt poznawczy, który skłoni uczniów nie tylko do zastosowania posiadanej wiedzy na temat tego, jak i jakie cienie powstają w różnych sytuacjach, ale przede wszystkim do argumentowania, co pozwoli im utrwalić wiedzę.

Nauczyciel przedstawia zadanie za pomocą pytania: *Czy może powstać ciemniejszy cień przez nakładanie się kilku cieni?* (rysunek nr 13). Rysunek został celowo stworzony w taki sposób, aby nie było jasne, czy cień w miejscu nachodzenia cieni drzew jest ciemniejszy, czy nie. Nauczyciel odczytuje uczniom wszystkie trzy wypowiedzi (ponieważ jest to zadanie dla pierwszoklasistów), a uczniowie mają zastanowić się, z którą wypowiedzią się zgadzają. Zadanie koncepcyjne nie ma jednoznacznego rozwiązania – zostało zaprojektowane tak, by zachęcić uczniów do wykorzystania własnych doświadczeń z cieniami i doprowadzić do głębszego zbadania sytuacji.

Uczniowie dyskutują w grupach. Jeśli nie osiągną porozumienia, ich zadaniem jest uzasadnić, dlaczego wybrali daną wypowiedź. Nauczyciel może też zachęcić uczniów, by argumentowali, dlaczego uważają, że wypowiedź zaproponowana przez innego ucznia nie opisuje poprawnie danego zjawiska. Nauczyciel przede wszystkim zachęca uczniów, aby nie zgadywali, lecz formułowali rozwiązania na podstawie swojego rozumienia powstawania cieni.

Po zakończeniu dyskusji nauczyciel prosi uczniów o zaprezentowanie, którą wypowiedź wybrali i o próbę jej uzasadnienia, np. na podstawie wiedzy lub własnych doświadczeń. Na tym etapie nauczyciel nie ocenia odpowiedzi – jedynie podsumowuje, czy uczniowie się ze sobą zgadzają, czy nie, i zapowiada, że sytuacja będzie jeszcze badana.

Ú8

Czy może powstać ciemniejszy cień przez nakładanie się wielu cieni?
Z którym stwierdzeniem (wypowiedzią) byście się zgodzili? Czy zgadzacie się w swojej grupie? Czy zgadzacie się między grupami?

Rysunek 13: *Przykład zadania służącego rozpoznaniu prekoncepcji na temat cieni (podręcznik ExpEdície dla 1. klasy)*

Uczniowie prowadzący badania odkrywają, że możliwe jest stworzenie ciemniejszego cienia, ale nie zawsze. Dlatego nauczyciel zachęca ich do doprecyzowania wyniku obserwacji – czy rzeczywiście da się uzyskać ciemniejszy cień przez nakładanie dowolnych dwóch przedmiotów. Następnie nauczyciel prowadzi uczniów do próby nazwania właściwości przedmiotów, które powodują, że ich nakładanie się skutkuje powstaniem ciemniejszego cienia. Tym samym ponownie rozpoznaje sposób myślenia uczniów oraz ich wyobrażenia.

Dzięki temu nauczyciel może wielokrotnie wracać w toku badania do pierwotnych prekoncepcji uczniów i kierować nimi tak, aby łączyli wyniki obserwacji z wcześniejszymi przekonaniami – co pozwala te przekonania rozwijać.

Przy stosowaniu metody rysunków koncepcyjnych, warto po zakończeniu badania wrócić do sytuacji, która była punktem wyjścia i spróbować ponownie ją ocenić na podstawie nowo zdobytej wiedzy uczniów.

PRZYKŁAD 10: Rozpoznawanie prekoncepcji na temat faz Księżyca

Ú9

Zwróćcie uwagę na dwa ciała niebieskie na poniższym rysunku. Potraficie określić, jakie to ciała niebieskie? Czy potraficie również określić, skąd pochodzi światło i co jest jego źródłem?

Rysunek 14: *Przykład zadania służącego rozpoznaniu prekoncepcji dotyczących faz Księżyca (podręcznik ExpEdície dla 4. klasy)*

W instrukcji przedstawiono zadanie konceptualne (rysunek nr 14), w którym prosi się uczniów o zastanowienie się nad skutkami padającego światła Słońca na różne pobliskie ciała niebieskie, w tym również nad zjawiskiem faz Księżyca. Przed rozwiązaniem zadania nauczyciel może zachęcić uczniów, by spróbowali narysować, jak ich zdaniem wygląda Księżyc na niebie i jak się zmienia. Uczniowie najpierw pracują indywidualnie, a następnie konsultują swoje pomysły w grupach. Dyskutują o tym, jak zmienia się kształt Księżyca. Nauczyciel omawia z uczniami ich wyobrażenia, porównuje je, a następnie podkreśla, że temat faz Księżyca zostanie jeszcze dokładniej zbadany.

Następnie nauczyciel prosi uczniów o rozwiązania zadania za pomocą polecenia: Zwróćcie uwagę na dwa ciała niebieskie na ilustracji. Czy potraficie rozpoznać, co to za obiekty? Czy potraficie wskazać, skąd pochodzi światło i co jest jego źródłem? Uczniowie pracują nad pytaniami w grupach, a nauczyciel nie oczekuje od razu odpowiedzi – chodzi o to, by nikt nie udzielał głośno odpowiedzi, zanim wszyscy nie zaczną samodzielnie myśleć. Celem jest, aby każdy uczeń zastanowił się nad pytaniami i podjął refleksję nad swoimi dotychczasowymi wyobrażeniami.

Aby zachęcić uczniów do dalszego myślenia, nauczyciel podkreśla, że chodzi o fotografię, czyli rzeczywisty obraz bliskiego kosmosu. Jeśli niektórzy uczniowie mają trudność z rozpoznaniem ciał niebieskich, to nauczyciel może w odpowiednich grupach zasugerować, że jedyną planetą z bliskiego kosmosu, jaką udało się sfotografować, jest Ziemia. Następnie uczniowie mają rozważyć, z jakiego obiektu Ziemia mogła zostać sfotografowana. Celem jest uświadomienie sobie, że jest to fotografia Ziemi wykonana z powierzchni Księżyca. Biorąc pod uwagę to, że mamy do czynienia z obiektami Układu Słonecznego, światło, które je oświetla, najprawdopodobniej pochodzi ze Słońca. Zadaniem uczniów jest więc ustalenie, gdzie znajduje się Słońce. Zadanie ma charakter dedukcyjny i zmusza uczniów do użycia swojej wiedzy o powstawaniu cieni. Przy okazji nauczyciel uzyskuje informacje o tym, jak uczniowie rozumieją bliski kosmos i jak wyjaśniają obserwację Ziemi z Księżyca.

Aby uczniowie mogli lepiej wyobrazić sobie opisywaną sytuację, nauczyciel zachęca ich do jej weryfikacji przy użyciu dwóch kul styropianowych na patyczkach i źródła światła (latarki, lampy). Dobrze, by w czasie tej obserwacji sala była przyciemniona – wtedy uczniowie lepiej zaobserwują zjawisko. Ich zadaniem jest odtworzenie sytuacji

z ilustracji za pomocą dwóch kul o różnych rozmiarach i lampy. Następnie mają zastanowić się, co sprawia, że widzimy tylko część planety, a nie całą jej powierzchnię.

Gdy uczniowie w grupach próbują zweryfikować swoje rozumowanie, nauczyciel pomaga im, aby każdej grupie udało się przeprowadzić symulację. Uczniowie często mylnie zakładają, że to Księżyc powoduje cień i próbują ustawić źródło światła przed Księżycem, by je „przesłonił" i zasłonił część Ziemi. W ten sposób jednak nie uda się odtworzyć sytuacji z ilustracji – światło Słońca na zdjęciu pochodzi z góry, częściowo z prawej strony. To powoduje, że Ziemia jest oświetlona tylko z jednej strony, a po drugiej stronie panuje noc. To właśnie dzięki modelowaniu i refleksji uczniowie lepiej zrozumieją w kolejnych zadaniach, dlaczego widzimy Księżyc w różnych fazach.

Rozpoznanie prekoncepcji następuje w momencie, gdy uczniowie próbują zweryfikować poprzez doświadczenie sytuację z ilustracji – nauczyciel obserwuje, jak manipulują przedmiotami i jakie mają wyobrażenia. Sam proces rozpoznania przechodzi płynnie w modyfikację – uczniowie próbują zmieniać położenie modeli ciał niebieskich tak, by uzyskać takie oświetlenie „Ziemi", jakie widzą na ilustracji. Zaletą takiego podejścia jest to, że uczniowie dokładnie rozumieją cel zadania i są motywowani poznawczo poprzez wywołany wcześniej konflikt poznawczy związany z ilustracją.

Wykorzystane źródła:

BELEŠOVÁ, M. 2017. Prekoncepty detí v predškolskom veku o funkcii a procese čítania a písania. In GRAMOTNOST, PREGRAMOTNOST A VZDĚLÁVÁNÍ. Praha: Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova. ISSN: 2533-7882 , 2017, r. 1, č. 1, s. 7–20

BERTRAND, Y. 1998. Soudobé teorie vzdělávání. Praha: Portál, 1998. 248 s. ISBN 80-7178-216-5.

GAVORA, P. 1992. Naivné teórie dieťaťa a ich pedagogické využitie. In Pedagogika. 1992 roč. 42, č. 2. s. 95–102 ISSN 0031-3815

HELD, Ľ. a kol. 2011. Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania. Bratislava: VEDA–TYPI Universitatis Tyrnaviensis, 2011. 138 s. ISBN 978-80-8082- 486-0.

KOLLÁRIKOVÁ, Z., PUPALA, B. a kol. 2001. Predškolská a elementárna pedagogika. Praha: Portál, 2001. 456 s. ISBN 80-7178-585-7.

PIAGET, J., INHELDEROVÁ, B. 1993. Psychológia dieťaťa. Bratislava: SOFA, 1993. 141 s. ISBN:8085752336

PIAGET, J., INHELDEROVÁ, B. 2007. Psychologie dítěte. Praha: Portál, 2007. 143 s. ISBN 978-80-7367-263-8.

RYBÁR, J. 1997. Úvod do epistemiológie Jeana Piageta. Bratislava: Milan Štefanko – Vydavateľstvo IRIS, 1997. 124 s. ISBN 80-88778--43-3.

ŽOLDOŠOVÁ, K. 2004. Detské predstavy o prírodných javoch. In Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis, Ser. D, 2004, no. 8. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2004. ISBN 80-8082-015-5, p. 66–73.

ŽOLDOŠOVÁ, K. 2006. Východiská primárneho prírodovedného vzdelávania. Bratislava: VEDA–TYPI Universitas Tyrnaviensis, 2006. 60 s. ISBN-l3: 978-80-224-0935-3.

ŹRÓDŁA INFORMACJI W EDUKACJI PRZYRODNICZEJ STOSUJĄCEJ PODEJŚCIE INDUKCYJNE

ExpEdícia koncentruje się na maksymalnym wykorzystaniu pierwotnych źródeł informacji i rozwija kompetencje potrzebne do samodzielnej pracy z wtórnymi źródłami informacji

CEL ROZDZIAŁU WYRAŻONE W PYTANIACH:

- Jaka jest różnica między pierwotnymi, wtórnymi i innymi źródłami informacji?
- Czym się różnią: obserwacja, doświadczenie, demonstracja i eksperyment? Jakie są ich efekty edukacyjne?
- Dlaczego niektóre praktyczne aktywności przyrodnicze są nieodpowiednie dla określonych grup wiekowych uczniów?
- Jak należy postępować, aby źródła informacji stanowiły wsparcie w rozwoju kompetencji przyrodniczych uczniów?
- Jak i kiedy zacząć wykorzystywać cyfrowe źródła informacji?
- W jakich okolicznościach to nauczyciel ma być źródłem wiedzy?

Wstęp

W nauczaniu przyrodniczym naturalne jest, że oprócz kształtowania postaw naukowych i umiejętności pracy badawczej, należy rozwijać aktualną wiedzę ucznia o przyrodzie. Do tego celu potrzebujemy *źródeł informacji,* z których uczeń czerpie wiedzę, przekształcając swoje pierwotne wyobrażenia. W tradycyjnym podejściu do nauczania przyrody, z zastosowaniem metody podawczej, głównym źródłem informacji jest nauczyciel, choć to nie oznacza, że tylko on pełni rolę dostarczyciela wiedzy (wyjaśnimy to w dalszej części rozdziału).

Z kolei indukcyjne podejście do nauczania charakteryzuje się tym, że nauczyciel staje się źródłem informacji jedynie wtedy, gdy jest to nieodzowne. Na pierwszy plan wysuwają się inne źródła informacji, przede wszystkim te, które mają tzw. charakter pierwotny. Co więcej, w edukacji opartej na indukcji typowe jest wykorzystywanie źródeł informacji do weryfikowania, a nie jedynie potwierdzania twierdzeń.

Z powyższego wynika, że w podejściu indukcyjnym do edukacji korzysta się z innych źródeł informacji niż w podejściu dedukcyjnym czy podawczym – i robi się to w inny sposób. W tym rozdziale spróbujemy wyjaśnić, na czym polega korzystanie ze źródeł informacji w nauczaniu opartym na indukcji. Na początku krótko omówimy różnicę między informacjami pierwotnymi, wtórnymi i trzeciorzędnymi. Następnie posłużymy się tą klasyfikacją do analizy efektów edukacyjnych wybranych działań praktycznych z zakresu nauk przyrodniczych, które stanowią istotną część źródeł pierwotnych wykorzystywanych przez uczniów. Na końcu przedstawimy, na co należy zwracać uwagę przy korzystaniu z różnych źródeł informacji, jeśli celem jest rozwój proceduralnego komponentu kompetencji przyrodniczych. Wyjaśnimy zatem, jak poprzez przemyślane wykorzystywanie różnorodnych źródeł informacji można rozwijać wybrane umiejętności badawcze, jednocześnie kształtując rozumienie natury nauki – i to w sposób, który angażuje uczniów w aktywne rozwijanie ich własnej wiedzy.

Pierwotne, wtórne, trzeciorzędne i inne źródła informacji

Za *pierwotne źródło informacji* uznaje się takie, które dostarcza faktów w formie, w jakiej występują naturalnie. Dla człowieka pierwotnym źródłem informacji jest własne doświadczenie. Pozyskiwanie informacji odbywa się za pośrednictwem percepcji zmysłowej oraz następującego po niej procesu myślowego, który niektóre z zebranych informacji zachowuje i włącza do swojej wiedzy. Z tej perspektyw znaczy to, że jeśli nauczyciel wykorzystuje pierwotne źródło informacji w celu zmiany pierwotnych, dziecięcych i naiwnych wyobrażeń, to umożliwia uczniowi obserwację, jak przebiega dane zjawisko, jak rozwija się sytuacja, jak zachowuje się dany przedmiot. Z tego wynika, że zastosowanie pierwotnych źródeł informacji jest równoznaczne z dążeniem nauczyciela do stworzenia uczniom możliwości pozyskania wiedzy poprzez obserwację, a także bardziej systematyczne badania, doświadczenia (dowodzące, weryfikujące) czy demonstracje. Tak więc dostarczenie uczniom pierwotnych źródeł informacji – to przede wszystkim realizacja praktycznych działań przyrodniczych.

Pierwotne źródło informacji cechuje się najwyższym poziomem wiarygodności w porównaniu z innymi źródłami. W istocie korzystanie z niego polega na obserwacji tego, jak przebiegają zjawiska przyrodnicze i sytuacje, jakie cechy mają obiekty przyrodnicze oraz jak zmieniają się pod wpływem zmieniających się warunków. Z drugiej strony, dostarcza ono informacji nieskategoryzowanych, w „surowej" postaci. Dla niedoświadczonego obserwatora (takiego jak uczniowie młodszych klas) może ono nie być wartościowym źródłem wiedzy, jeśli nie są oni ukierunkowani na celowe zdobywanie nowych informacji. Jeśli jednak osoba pozyskująca informacje z pierwotnego źródła jest otwarta na nowe spostrzeżenia lub potrafi skupić uwagę na odkrywaniu czegoś nowego, to zazwyczaj najbardziej ufa właśnie informacjom pochodzącym z tego źródła.

Ze względu na ograniczenia czasowe i organizacyjne podstawowej edukacji przyrodniczej nie jest możliwe, aby uczniowie zdobywali informacje o wszystkich obiektach, zjawiskach i sytuacjach przyrodniczych wyłącznie poprzez własne doświadczenia, czyli z pierwotnych źródeł informacji. Dlatego w edukacji przyrodniczej (także tej o charakterze indukcyjnym) duże znaczenie ma również korzystanie z wtórnych źródeł informacji. Są to źródła, które zawierają często systematycznie opracowane informacje o środowisku przyrodniczym, odkryte przez różnych badaczy. Należą do nich wszelkie publikacje przyrodnicze, a także informacje w formie cyfrowej dostępne w Internecie czy w archiwach. Określenie „wtórne" sugeruje, że informacje te zostały już w pewien sposób przetworzone przez osobę, która pozyskała je z pierwotnych źródeł. Możliwe jest zatem, że osoba ta celowo lub podświadomie pominęła niektóre informacje jako mniej istotne, uporządkowała je w określony sposób lub zinterpretowała – co wprowadza pewien stopień subiektywizmu autora do źródła informacji. Źródła naukowe zobowiązują do zachowania obiektywizmu, dlatego są zdecydowanie bardziej obiektywne niż źródła publikowane w innych formach piśmiennictwa, jednak zawsze należy mieć na uwadze fakt, że zawarte w nich informacje są już w pewnym stopniu przetworzone. Z powyższego wynika, że niższy poziom wiarygodności informacji wtórnych w porównaniu do pierwotnych zależy od tego, w jakim stopniu badacz przetworzył dane zawarte w samym źródle.

Praca ze źródłami wtórnymi w edukacji przyrodniczej jest bardzo ważna. Uczniowie, dzięki przykładom opracowanych informacji, uczą się, jak przetwarzać dane pochodzące z własnych działań badawczych, a także przyswajają sobie, jak polegać na wynikach badań prowadzonych przez innych. Aby rozwinąć taką postawę u podopiecznych, należy pracować ze źródłami wtórnymi w taki sposób, aby uświadomili sobie oni ich różny stopień wiarygodności, a jednocześnie potrafili samodzielnie po nie sięgać, gdy brakuje im jakichś informacji.

Oprócz źródeł pierwotnych i wtórnych można mówić także o źródłach trzeciorzędnych. Przykładem jest sytuacja, gdy autor publikacji odwołuje się do innego badania. Badacz tworzący dane źródło nie dysponuje wówczas własnymi danymi (czyli informacjami pochodzącymi ze źródeł pierwotnych), lecz odwołuje się do wyników badań innego naukowca. W tekście może on próbować objaśnić przejęte informacje na swój sposób, co może prowadzić do ich częściowej modyfikacji, interpretowania w innym kontekście lub podkreślenia tylko wybranych elementów. Powoduje to ponowną utratę informacji i zwiększenie subiektywności takiego źródła w porównaniu do źródeł wtórnych czy pierwotnych. Źródła trzeciorzędne nie są zazwyczaj celowo wykorzystywane w podstawowej edukacji przyrodniczej.

Z zestawienia źródeł informacji wynika, że źródło pierwotne jest najbardziej wiarygodne, jednak nie zawsze można z niego skorzystać. Ponadto, źródła wtórne są dla nas coraz łatwiej dostępne za pośrednictwem Internetu i urządzeń osobistych, takich jak smartfony, tablety, inteligentne zegarki itp. Umiejętność poruszania się w takiej ilości informacji i wyszukiwania tych, które są wystarczająco wiarygodne, to również kompetencja, którą można rozwijać poprzez zaplanowane działania edukacyjne o charakterze indukcyjnym.

Wykorzystanie źródeł pierwotnych ma jednak w indukcyjnych metodach nauczania szczególne znaczenie – przede wszystkim dlatego, że umożliwia uczniowi realizację prostych działań badawczych i rozwijanie umiejętności charakterystycznych dla myślenia naukowego. Praktyczna forma źródła pierwotnego w edukacji przyrodniczej może przybierać różne postacie – mówimy tu o różnych typach praktycznych aktywności przyrodniczych.

Praktyczne aktywności przyrodnicze są powiązane z indukcyjnym podejściem do nauczania, ponieważ dostarczają podstawowych informacji do rozwoju wiedzy przyrodniczej. Muszą być jednak stosowane w taki sposób, aby prowokować ucznia do indukcyjnego wyciągania wniosków. Również dedukcyjnie zorientowane metody nauczania sięgają nierzadko po praktyczne aktywności przyrodnicze. Jeżeli nauczyciel wykorzystuje informacje z obserwacji, aby podprowadzić ucznia do samodzielnego sformułowania wniosku, to wspiera tym samym indukcyjny sposób poznawania. Jeśli jednak nauczyciel używa tych informacji jako dowodu na poparcie własnego wyjaśnienia, mamy do czynienia z podejściem dedukcyjnym. Realizacja praktycznych aktywności przyrodniczych nie zawsze zatem oznacza zastosowanie indukcyjnie zorientowanej metody dydaktycznej. To zależy od tego, w jaki sposób same aktywności są przeprowadzane.

W dalszej części tekstu zostaną wyjaśnione różne typy praktycznych aktywności przyrodniczych, które można realizować, oraz sposób ich przeprowadzania w ramach indukcyjnego podejścia do nauczania.

Praktyczne aktywności przyrodnicze jako dydaktyczna forma czerpania) z pierwotnych źródeł informacji

Z wcześniejszych rozdziałów metodologicznych wynika jasno, że metody nauczania oparte na podejściu indukcyjnym naśladują naukowy proces odkrywania, co sprzyja rozwojowi umiejętności związanych z tworzeniem wiedzy naukowej. Dlatego ich celem jest nie tylko rozwój przyrodniczych wyobrażeń, lecz również rozwój kompetencji, dzięki którym uczeń potrafi pracować z informacjami w taki sposób, aby przyjmować jedynie te wiarygodne, a w przypadku braku jakichkolwiek informacji – umie zaproponować taki sposób badania, który umożliwi ich zdobycie. Dlatego czerpanie z pierwotnych źródeł informacji jest kluczowe dla metod nauczania opartych na indukcji, a korzystanie ze źródeł wtórnych ma bardzo specyficzny charakter.

Celem kolejnej części metodologii będzie wyjaśnienie różnic pomiędzy poszczególnymi formami aktywności przyrodniczych, z uwzględnieniem ich efektów edukacyjnych oraz możliwości zastosowania na różnych etapach edukacji przyrodniczej. Szczególną uwagę poświęcimy tym aktywnościom, które są często błędnie określane mianem eksperymentowania. Celem jest zatem również dydaktyczne wyjaśnienie pojęć związanych z praktycznymi aktywnościami przyrodniczymi: obserwacja, próba, demonstracja, eksperyment czy modelowanie.

Obserwacja

Obserwacja jest specyficznym typem aktywności przyrodniczej, podczas której uczeń jest zapraszany do obserwowania obiektów, zjawisk i sytuacji przyrodniczych w celu zdobycia nowych informacji lub weryfikacji własnego sposobu myślenia o badanej rzeczywistości. W przeciwieństwie do innych praktycznych aktywności przyrodniczych, uczniowie tutaj nie ingerują w obserwowaną sytuację, aby sprawdzić, jak zmieni się ona pod wpływem ich działania.

Z drugiej strony, jeśli zachęcamy ich do obserwacji czegoś, ale oni nie pozyskują żadnych nowych informacji, to taka obserwacja jest zbędna i nie ma charakteru naukowego. W kontekście rozwijania umiejętności obserwowania (jednej z podstawowych kompetencji z zakresu pracy naukowej) zastosowanie metody obserwacji powinno zakładać

ukierunkowanie uwagi uczniów – na przykład poprzez postawienie pytania, sformułowanie hipotezy lub dostarczenie faktów. Zatem obserwacja w edukacji przyrodniczej może mieć dwa główne cele: **zweryfikować** lub **udowodnić.**

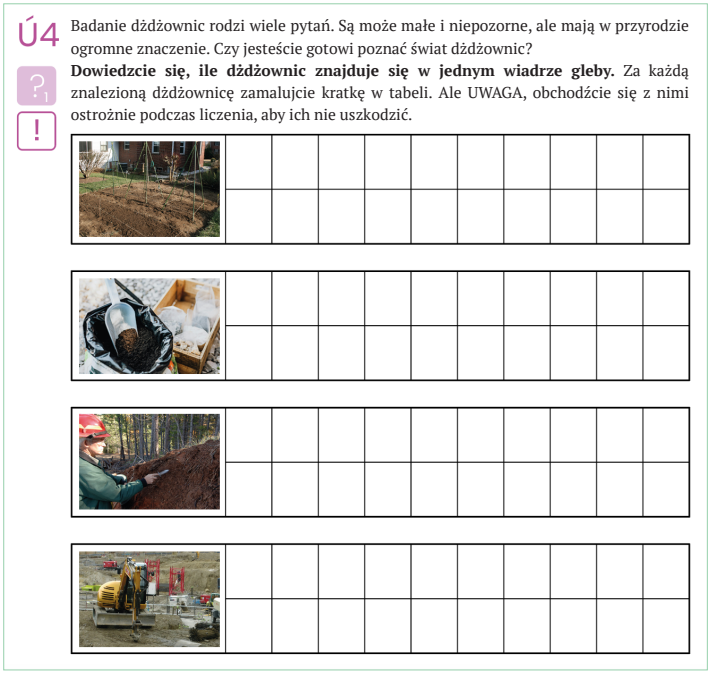
W przypadku obserwacji weryfikacyjnej uczeń jest bardziej aktywny, ponieważ jego zadaniem jest odkrycie informacji, które pozwolą mu odpowiedzieć na pytanie lub sprawdzić postawioną hipotezę. Obserwacja dowodowa ma raczej na celu dostarczenie dowodu, a więc zwiększenie wiarygodności przedstawionych twierdzeń. Dla metod edukacyjnych opartych na indukcji typowa jest obserwacja weryfikacyjna, natomiast dla metod dedukcyjnych lub wykładowych – obserwacja dowodowa.

Na przykład, jeśli dziecku damy kilka różnych kwiatów i zlecimy mu wykonanie zadania obserwacyjnego, to jego działania należy ukierunkować w taki sposób, aby zwróciło uwagę na istotne cechy kwiatów, które później pozwolą mu wykorzystać zdobyte podczas obserwacji informacje do wyjaśniania zasad systematyki roślin. Przykładowo możemy zachęcić dziecko do porównania nie tylko liczby płatków korony, ale także ich wzajemnego nachodzenia, położenia względem słupka, kształtu płatków, koloru i podobnych cech.

W dalszej kolejności może ono obserwować elementy płodne kwiatu (słupek, pręciki), których liczba, kolor, kształt i rozmieszczenie są jednymi z kluczowych cech wykorzystywanych przy klasyfikacji roślin nasiennych. Dziecko można stymulować za pomocą pytań zawartych w karcie pracy, którą ma do dyspozycji i według której może samodzielnie rozwiązywać kolejne zadania. Można nim też kierować poprzez zadania porównawcze, w których ma - na podstawie zanotowanych cech - przyporządkować obserwowaną rzeczywistość do schematycznie przedstawionych przykładów.

Ciekawym zadaniem w tym przypadku mogłoby być schematyczne przedstawienie budowy kwiatu a następnie przyporządkowanie do niego rzeczywistych kwiatów według schematów, które najlepiej oddają ich strukturę. Dziecko musi wtedy obserwować, porównywać i uogólniać zdobyte informacje tak, aby potrafiło przypisać kwiaty, które na pierwszy rzut oka zupełnie nie przypominają schematu, do takiego, który najlepiej oddaje ich budowę. Dzięki obserwacji uczy się ono, które informacje są kluczowe w przypisaniu do schematu i powinny być zawsze śledzone (np. położenie słupka względem płatków), a które nie są rozstrzygające i nie trzeba ich porównywać ze schematem (np. kształt płatków korony).

Przy stosowaniu metody obserwacji zachęcamy uczniów do tego, aby obserwowali sytuację taką, jaką ona jest, bądź też notowali cechy danego obiektu lub sytuacji, przy czym istotne jest odkrycie czegoś nowego. Na przykład w poniższym zadaniu z podręcznika ExpEdície dla klasy 1 uczniowie są proszeni o obserwację występowania dżdżownic w różnych rodzajach gleby.


Ú4

Badanie dżdżownic rodzi wiele pytań. Są może małe i niepozorne, ale mają w przyrodzie ogromne znaczenie. Czy jesteście gotowi poznać świat dżdżownic?

Dowiedzcie się, ile dżdżownic znajduje się w jednym wiadrze gleby. Za każdą znalezioną dżdżownicę zamalujcie kratkę w tabeli. Ale UWAGA, obchodźcie się z nimi ostrożnie podczas liczenia, aby ich nie uszkodzić.

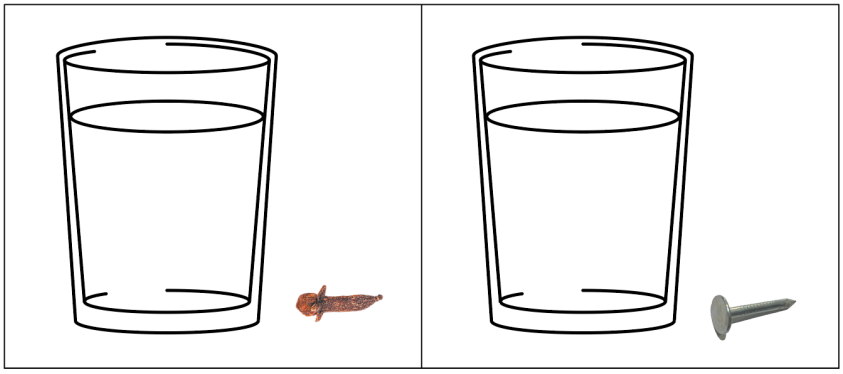
Rysunek 1: *Badanie występowania dżdżownic w glebie (Podręcznik ExpEdície dla klasy 1 szkoły podstawowej – Badamy z PIPI – C)*

Jest to typowy przykład zastosowania metody obserwacji, ponieważ uczniowie nie ingerują w sytuację, a jedynie obserwują jej określoną cechę. Następnie zachęcamy ich, aby zastanowili się nad uzyskanymi wynikami, przeanalizowali różnice i spróbowali powiązać je z informacją o tym, czym żywią się dżdżownice i czy w danych warunkach mają odpowiednie środowisko do życia.

Gdyby tylko postawić pytanie badawcze i nie określać sposobu badania, można by rozważać, czy nie jest to metoda próby, ponieważ dzieci musiałyby same zdecydować, jakie próbki, w jakiej ilości i skąd pobrać do obserwacji, a także jak ustalić, czy liczba dżdżownic w glebie jest wszędzie taka sama. Jednak ponieważ sposób badania jest określony, to aktywność ucznia jest jedynie prostą obserwacją. Jest to zadanie dla uczniów klasy pierwszej. W tym przypadku nauczyciel często pełni rolę osoby, która proponuje sposób badania i rozmawia z uczniami o tym, dlaczego właśnie taki sposób został przyjęty. Sam jest wzorem kogoś, kto potrafi samodzielnie opracować procedurę badawczą.

W kolejnym przykładzie zadaniem uczniów jest zaobserwowanie, jak zachowają się dwa przedmioty w szklance z wodą. Warunki badania określa nauczyciel, podkreślając konieczność użycia dwóch identycznych przezroczystych szklanek z wodą o tej samej temperaturze. Określenie tych warunków należy do osoby ustalającej procedurę doświadczenia, a dzieci podejmują praktyczną aktywność, czyli obserwację. Ich zadaniem jest ustalenie, co stanie się z przedmiotami w wodzie, przy czym w poprzednim ćwiczeniu z podręcznika zajmowały się one już zjawiskiem rozpuszczania, więc ich uwaga jest skoncentrowana właśnie na tym zjawisku fizycznym. Dzięki temu, że nauczyciel podprowadza uczniów do sformułowania hipotezy, może skuteczniej ukierunkować ich uwagę na cel obserwacji.

Ú2 **Obserwujcie, jak w wodzie zachowuje się gwóźdź a jak goździk – przyprawa, która przypomina gwóźdź.** Na podstawie obserwacji oceńcie, czy te przedmioty rozpuszczają się w wodzie, czy nie.



Wyciąganie wniosku: Czy efekt rozpuszczania w obu naczyniach jest taki sam? Co wynika z badania? Jak opisalibyście różnicę między substancją rozpuszczalną a nierozpuszczalną?

Rysunek 2: *Badanie rozpuszczania się materiałów w wodzie (Podręcznik ExpEdície dla 1. klasy szkoły podstawowej – Badamy z PIPI – A)*

W zadaniu celowo użyto dwóch podobnych przedmiotów: metalowego gwoździa, który w ogóle nie rozpuszcza się w wodzie oraz goździka (przyprawy), który rozpuszcza się częściowo. Jego proces rozpuszczania się jest jednak słabo widoczny i wymaga dokładniejszego skupienia się na istocie tego, co dzieje się z substancjami podczas rozpuszczania. Na pierwszy rzut oka goździk pozostaje nierozpuszczalnym przedmiotem, jednak poprzez ukierunkowanie uwagi uczniów na wykorzystanie innych zmysłów, zauważą oni, że do wody uwalniają się np. substancje zapachowe, woda nabiera smaku, a przy precyzyjnej obserwacji – np. na tle białego tła – można dostrzec, że woda jest również lekko zabarwiona.

Wynikiem obserwacji jest zatem zdobycie wiedzy, że niektóre materiały (takie jak mieszaniny różnych substancji rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych) rozpuszczają się w wodzie częściowo. Jednocześnie zadanie to rozwija u uczniów umiejętność skupiania się podczas obserwacji na szczegółach, tak aby z badanej sytuacji mogli wywnioskować więcej, niż wcześniej wiedzieli.

Doświadczenie

W odróżnieniu od obserwacji, doświadczenie charakteryzuje się tym, że osoba badająca ingeruje w sytuację i obserwuje zmianę, którą wywołuje swoją ingerencją. Na tym etapie są to jednak działania mało systematyczne i bardzo proste, nie wymagające złożonego rozumienia zależności w badanym zjawisku czy sytuacji, a tym samym nie wymagające rozwiniętej umiejętności pracy ze zmiennymi.

Doświadczenie może być przeprowadzane w sposób niesystematyczny, na podstawie niewyrażonych, intuicyjnie ukształtowanych impulsów do ingerencji w daną sytuację. W takim przypadku mówimy o tzw. *badaniu eksploracyjnym*. Uczeń ma wtedy przestrzeń do samodzielnego badania określonej sytuacji, z możliwością ingerowania w nią bez otrzymania konkretnych wytycznych do badania. Zazwyczaj określa się jedynie pytanie badawcze o charakterze opisowym. Na przykład, gdy zachęcamy uczniów do zbadania, jak powstaje cień i dajemy im tylko źródło światła i przedmiot. Uczeń intuicyjnie korzysta z pomocy dydaktycznych i obserwuje, kiedy cień się pojawia, a kiedy nie.

Na pierwszy rzut oka taka intuicyjna aktywność może być dla ucznia jedynie „błądzeniem" po omacku. Zwykle można zaobserwować, jak uczeń świadomie zmienia warunki, ingeruje w sytuację i obserwuje, jakie zmiany wywołuje jego działanie. Jego postępowanie często opiera się na niewyrażonych, domniemanych przewidywaniach tego, co się stanie po dokonaniu danej zmiany. Tego rodzaju eksplorację niektórzy autorzy odróżniają od nieco bardziej precyzyjnego badania, w którym uczniowie są tak instruowani, aby planować swoje ingerencje z wyprzedzeniem i ewentualnie formułować przewidywania, jak dana sytuacja się zmieni w efekcie ich działań.

Ponadto, podobnie jak obserwacja, także doświadczenie może mieć charakter weryfikujący lub dowodzący. Doświadczenie dowodzące charakteryzuje się tym (jak sugeruje sama nazwa), że uczeń wykonuje aktywność praktyczną w celu udowodnienia określonego twierdzenia, które zostało mu przekazane przez nauczyciela, np. w formie faktu naukowego. Z tego wynika celowe ukierunkowanie tego typu działań. Celem doświadczenia dowodzącego nie jest więc odkrycie, stworzenie ani przyswojenie sobie nowej wiedzy, lecz przede wszystkim zwiększenie wiarygodności prezentowanego twierdzenia poprzez jego potwierdzenie za pomocą dowodu empirycznego.

Doświadczenie stanowi pomost między (często) teoretycznymi uogólnieniami określonych prawidłowości lub faktami teoretycznymi a rzeczywistością. Doświadczenia dowodzące często pojawiają się w edukacji przyrodniczej zorientowanej dedukcyjnie lub bezpośrednio na lekcjach, w których dominuje metoda podawcza. Dzięki temu, że uczeń ma możliwość doświadczyć własnymi zmysłami rzeczywistości, o której się uczy (która jest mu przekazywana w formie wykładu). Wówczas zwiększa się prawdopodobieństwo, że powiąże ją z wcześniejszymi doświadczeniami. Ponadto nauczyciel sprawia w ten sposób, że uczeń z większym zaufaniem przyjmie także te informacje, które są mu przekazywane innymi metodami, np. w formie wykładu.

Na przykład, w podręczniku ExpEdícia dla 1. klasy szkoły podstawowej znajduje się zadanie wykorzystujące metodę dedukcyjnego doświadczenia w celu rozwijania u uczniów umiejętności opisywania obserwowanego zjawiska, a częściowo także umiejętności wnioskowania. W ramach tego zadania prosi się uczniów, aby z wykorzystaniem pomocy dydaktycznych odtworzyli sytuację widoczną na ilustracji. Celem jest udowodnienie, że w ten sposób można stworzyć cień o różnym natężeniu.

Chociaż informacja jest uczniom przekazana w formie ilustracji (czyli widzą, że można we wskazany sposób stworzyć jaśniejszy i ciemniejszy cień tego samego przedmiotu), to nie jest ona na tyle precyzyjna, aby uczeń mógł wykonać zadanie praktyczne bez zaangażowania myślenia. Na obrazku brakuje informacji o położeniu źródła światła.

Ú7 ?

Czy wszystkie cienie są równie ciemne? Sprawdźcie, czy można zaobserwować to, co widzicie na poniższym obrazku. Zbadajcie, czy można uzyskać cienie o różnej intensywności.

Formułowanie wniosków:
Od czego zależy, jak ciemny cień otrzymamy?
Czy zależy to od odległości między przedmiotem a źródłem światła?
A może od odległości między przedmiotem a miejscem, na którym tworzy się cień?
Czy zależy to od tego, jak „mocnego" światła użyjemy?

Rysunek 3: *Badanie powstawania cienia – przykład doświadczenia dostarczającego dowodów (Podręcznik ExpEdícia dla klasy 1 szkoły podstawowej – Badamy z PIPI – B)*

Uczniowie pracują ze źródłem światła i figurkami. Otrzymują dodatkowe pytania, które pomagają im sobie uświadomić, że cień o różnym stopniu intensywności może powstać również wtedy, gdy płaszczyzna, na której się tworzy, znajduje się w większej odległości od samego przedmiotu. Na tym przykładzie widać, że także doświadczenia dowodzące mają swoje zastosowanie w edukacji przyrodniczej o charakterze indukcyjnym, jeśli nauczyciel potrafi zaaranżować sytuację w taki sposób, aby uczniowie byli aktywni podczas badania i stymulowani do wyciągania wniosków. Sama sytuacja dostarcza uczniom dowodu na to, że również w ten sposób można stworzyć cień jaśniejszy lub ciemniejszy. Ostatecznie jednak w zadaniu nie jest wskazane, od czego to zależy. Zadaniem uczniów jest opisanie, czym sytuacja z jaśniejszym cieniem różni się od sytuacji, w której ten sam przedmiot rzuca cień ciemniejszy.

Doświadczenia weryfikujące mają ze względu na swój potencjał rozwijania wybranych umiejętności pracy naukowej większą wartość pedagogiczną. Są to doświadczenia, w których uczniowie są prowokowani do badania określonej sytuacji. Ich zadaniem jest dokonanie zmiany i obserwowanie, czym ona skutkuje, przy czym sam przebieg doświadczenia oparty jest na dość precyzyjnie sformułowanym pytaniu badawczym, które może mieć charakter relacyjny lub przyczynowy (celem jest zbadanie związku między pewnymi właściwościami danej sytuacji lub jej przyczyn). Bardzo często intencja doświadczenia weryfikującego jest wyrażona w formie przypuszczenia lub hipotezy. W ten sposób uczniowie weryfikują swój sposób rozumowania na temat danej sytuacji. W przeciwieństwie do doświadczenia dowodzącego, tutaj chodzi o zdobycie nowej wiedzy.

W kolejnym zadaniu uczniowie są zachęcani do zbadania, w jaki inny sposób można stworzyć ciemniejszy cień. W zadaniu, które przedstawiliśmy jako przykład doświadczenia dowodzącego, uczniowie odkryli, że możliwe jest stworzenie ciemniejszego cienia. Kolejne zadanie skłania uczniów do rozważenia, czy ciemniejszy cień można uzyskać poprzez nałożenie dwóch cieni na siebie.

Ú8 ?

Czy można uzyskać ciemniejszy cień poprzez nakładanie się wielu cieni?
Z którym stwierdzeniem byście się zgodzili? Czy zgadzacie się w grupie? Czy zgadzacie się między grupami?

Zbadajcie cienie tworzone przez przedmioty wykonane z różnych materiałów.
Skupcie się na tym, czy poprzez nakładanie przedmiotów uzyskacie ciemniejsze cienie.

Rysunek 4: *Badanie powstawania cienia – przykład doświadczenia weryfikującego (Podręcznik ExpEdícia dla klasy 1 szkoły podstawowej – Badamy z PIPI – B; według metody Concept Cartoons - https://www.millgatehouse.co.uk/)*

W tym zadaniu mobilizujemy uczniów do zidentyfikowania problemu badawczego i przeprowadzenia serii doświadczeń w celu zweryfikowania własnego rozumowania na temat sytuacji. Aby rozważania uczniów były prostsze, samo zadanie zawiera możliwe sposoby rozumowania, które uczeń analizuje jako potencjalne odpowiedzi na pytanie badawcze. Dyskusja nad wypowiedziami pozwala uczniom zrozumieć cel badania i sformułować propozycje sposobów weryfikacji poszczególnych przypuszczeń. Na przykład, jeśli uczeń uzna, że przez nakładanie dwóch obiektów nie da się uzyskać ciemniejszego cienia, to będzie próbował nakładać na siebie różne przedmioty i obserwować, czy cień w miejscu ich nałożenia jest ciemniejszy. Uczniowie często eksperymentują z różnymi obiektami o różnych właściwościach, aby sprawdzić, czy sytuacja rozwija się zgodnie z ich oczekiwaniami. W ten sposób weryfikują swoje rozumowanie. Dlatego mówimy w tym przypadku o doświadczeniu weryfikującym. Jego celem nie jest udowodnienie, lecz sprawdzenie, a uczniowie często przy okazji odkrywają coś nowego. Przykładowo, w tej sytuacji nauczyciel celowo udostępnia uczniom przezroczyste kolorowe przedmioty, których nakładanie powoduje powstawanie ciemniejszych cieni.

W edukacji przyrodniczej opartej na indukcji bardziej typowe są doświadczenia weryfikujące niż potwierdzające. Jednak oba typy doświadczeń mają swoje uzasadnienie. Chęć przeprowadzania doświadczeń – zarówno weryfikujących, jak i potwierdzających – jest wyrazem potrzeby zdobywania dowodów na zasadność twierdzeń. Częste wykonywanie doświadczeń sprawia, że uczeń nieświadomie zaczyna sięgać do swych wcześniejszych doświadczeń, by wesprzeć swoją nowo nabywaną wiedzę teoretyczną. Profesjonalne wykorzystanie metody eksperymentu w przedmiotach przyrodniczych może w przyszłości pomóc uczniowi budować spójny system wiedzy, w którym aktywnie wykorzysta on doświadczenia wspierania własnych teorii, a także potrafi zastosować ogólne zasady do wyjaśniania aktualnie obserwowanych zjawisk. Wśród celów osiąganych poprzez eksperyment znajduje się również pragmatyzacja wiedzy, czyli zwiększanie jej użyteczności i łączenie zdobytych informacji z praktyką.

Przeprowadzanie doświadczenia zakłada aktywny udział uczącego się, co daje uczniowi możliwość dostrzegania powiązań między zmiennymi oraz związków przyczynowo-skutkowych przy bezpośrednim wpływaniu na przebieg eksperymentu. Praktycznie rzecz biorąc, jest to umożliwianie osobistego doświadczenia, które dziecko zapamięta łatwiej niż inne formy przekazywania informacji. Doświadczenia mają bowiem silną funkcję motywacyjną i mogą uruchomić naturalną chęć poznania obserwowanego zjawiska. Dzieje się to jednak tylko wtedy, gdy doświadczenie łączy się bezpośrednio z wiedzą, która ma być przyswojona. Posłużenie się efektownym, ale niezwiązanym z tematem doświadczeniem (lub takim, którego powiązania dziecko nie zauważa) nie jest zalecane, ponieważ zamiast motywacji wewnętrznej uruchamia się motywację zewnętrzną.

Przebieg doświadczenia może być zaplanowany przez nauczyciela lub być wynikiem przemyśleń ucznia nad danym problemem. Częstą trudnością w doświadczeniach z narzuconym przebiegiem jest utrata kontekstu edukacyjnego: uczeń może nie dostrzegać sensu tego, co fizycznie wykonuje, ani związku pomiędzy przebiegiem i wynikami doświadczenia a treściami przekazywanymi przez nauczyciela. W takim przypadku realizacja doświadczenia staje się celem samym w sobie. Szczegółowe polecenia (szczególnie dotyczące czynności wykonywanych przez uczniów) są kluczowe dla osiągnięcia celów edukacyjnych tej metody. Jeśli uczeń nie otrzyma odpowiednich wskazówek, doświadczenie może pełnić jedynie funkcję motywującą lub odnieść nawet skutek odwrotny, jeśli uczący się nie dostrzeże związku między informacjami od nauczyciela a przebiegiem doświadczenia.

Bardzo częstym błędem i słabością metody eksperymentu jest to, że uczący się nie rozumie koncepcji zaproponowanego postępowania (nie wie, po co robi dane doświadczenie), a także nie widzi logicznych powiązań między poszczególnymi krokami. Dzieje się tak, ponieważ nie jest stymulowany do takiego sposobu myślenia, jedynie (czasem wręcz mechanicznie) wykonuje polecenia. W takim przypadku doświadczenie nie spełnia swego celu edukacyjnego.

Wspomniane problemy próbuje się rozwiązać w podejściu ExpEdícia poprzez nacisk na zrozumienie przez uczniów celu badania oraz budzenie w nich poczucia odpowiedzialności za znalezienie odpowiedzi na pytanie badawcze. Ważne jest zatem, aby uczniowie zrozumieli cel badania i wracali do niego a po wykonaniu doświadczenia, aby na podstawie wyników odpowiedzieć na pytanie lub rozwiązać problem, który zainicjował doświadczenie.

W kolejnym przykładzie doświadczenia weryfikującego uczniowie są najpierw zachęcani do zrozumienia celu badania i pytania badawczego. Czytają o tym, jak dwoje dzieci zastanawia się nad sytuacją z piaskiem, a ich zadaniem jest sformułowanie własnego przypuszczenia na temat tego, czy można w opisany sposób tak przekształcić suchy piasek, aby dało się z niego budować zamki lub babki.

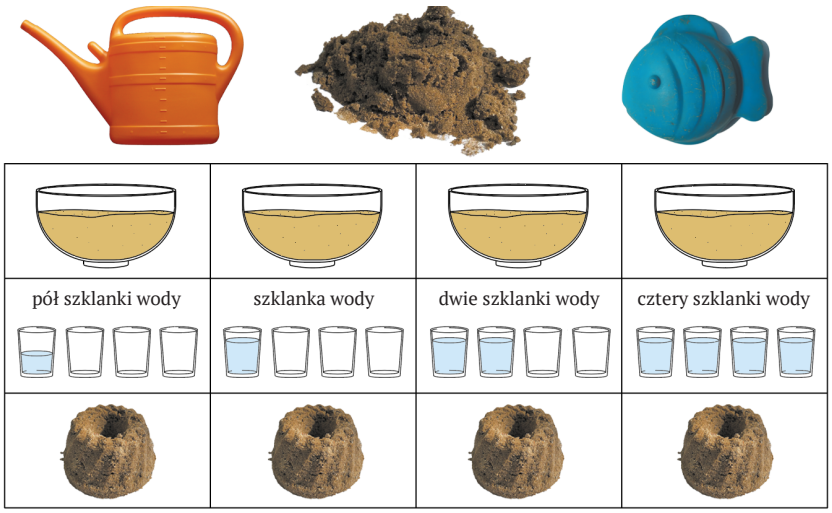
Dopiero później formułujemy pytanie badawcze, wynikające z prezentowanej sytuacji. Dzięki temu uczniowie rozumieją, jaki jest cel badania. Aby jednak uczniowie postrzegali samo doświadczenie jako część procesu rozwiązywania konkretnego problemu lub poszukiwania odpowiedzi na pytanie badawcze, nauczyciel regularnie przypomina w trakcie jego realizacji cel podjętego działania.

Uczniowie badają, ile wody należy dodać do określonej ilości piasku, aby dało się go formować. Kolejna aktywność, zgodnie z przygotowaną tabelą zapisu, ma w zasadzie ustalony przebieg: uczniowie nie muszą zastanawiać się nad zmiennymi, które należy kontrolować. Po prostu ingerują w sytuację: dodają coraz więcej wody, mierzonej tym samym narzędziem, i sprawdzają, czy rzeczywiście można z suchego piasku uzyskać taki, z którego da się formować babki lub budować zamki.

Tak więc dzieci poprzez realizację badania weryfikują swoje rozumowanie dotyczące sytuacji, przy czym nie muszą artykułować swoich przypuszczeń (np. w formie hipotez), wystarczy, że zastanowią się nad sytuacją początkową, w której dwoje dzieci dyskutuje w piaskownicy.

Ú6 Pewnego dnia Jonáš i Lea bawili się w piaskownicy. Od zabawy piaskiem szybko przeszli do nauki, zobaczcie w jaki sposób. Oboje lubią budować z piasku i już dawno odkryli, że piasek musi być wilgotny, aby budowle się trzymały. Jednak latem piasek w piaskownicy wysechł i nie dało się z niego nic zbudować. **Razem zaczęli zastanawiać się, czy możliwe byłoby przygotowanie piasku do budowy poprzez dodanie do niego wody.** Znaleźli więc problem, który chcą rozwiązać i zaczęli zastanawiać się nad rozwiązaniem. Chociaż początkowo się nie zgadzali, razem zdecydowali się na eksperyment, aby dowiedzieć się, jak jest w rzeczywistości.

Jonáš i Lea postanowili rozwiązać problem badawczy: **Ile wody należy dodać do suchego piasku, aby można było z niego budować?** Spróbujcie rozwiązać ten problem razem z nimi a doświadczycie, że nauka jest odkrywaniem.



Formułowanie wniosku: Czy możliwe jest dodanie dowolnej ilości wody do piasku, aby można było z niego budować? Wróćmy do pytania badawczego: *Ile wody trzeba dodać do suchego piasku, aby można go było formować?*

Rysunek 5: *Badanie piasku i wody – przykład doświadczenia weryfikującego (Podręcznik ExpEdície dla 1 klasy szkoły podstawowej – Badamy z PIPI – A)*

Demonstrowanie doświadczeń

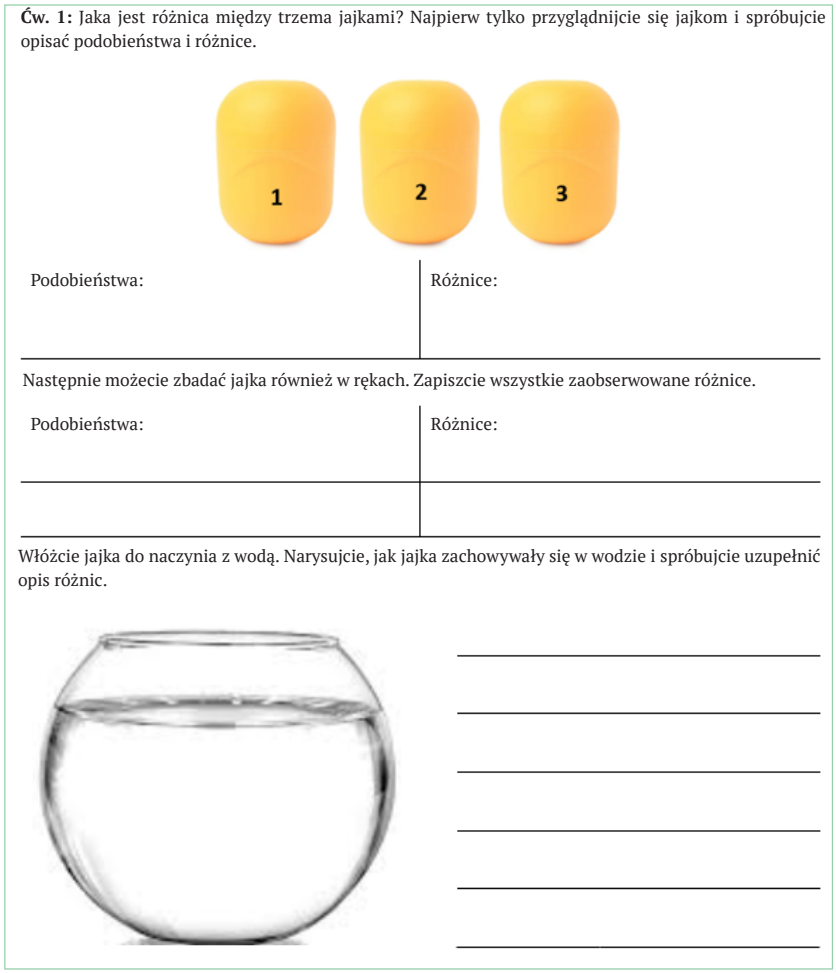
W porównaniu z obserwacją i doświadczeniem demonstrowanie doświadczeń nie stanowi odrębnego rodzaju aktywności praktycznej. Różnica polega na tym, że inaczej niż w obserwacji (zarówno weryfikującej, jak i dowodzącej) demonstracji dokonujemy przed większą liczbą uczniów, którzy nie mają możliwości uczestniczyć aktywnie w prezentowanym działaniu. Mogą jedynie kierować osobą demonstrującą, sugerując ingerencję w sytuację, czyli w demonstrowane doświadczenie.

Zaletą demonstrowania jest to, że w odróżnieniu od materiału obrazowego czy animacji, stanowi ona pierwotne źródło informacji, któremu uczący się naturalnie ufają. Mimo to w porównaniu z samodzielnie przeprowadzanym doświadczeniem wartość edukacyjna demonstrowania jest niższa, ponieważ w tym przypadku uczeń częściej nie zauważa celu, dla którego demonstracja została przeprowadzona, lub nie rozumie związku między ingerencją a zamierzonym celem pozyskiwania danych. Powodem jest bardziej pasywne podejście ucznia do zdobywania informacji z tego pierwotnego źródła.

Samo demonstrowanie - to zasadniczo proste przedstawienie rzeczywistości. W przypadku starszych uczniów może również chodzić o realizację sytuacji modelowej (drugi etap szkoły podstawowej lub trzeci cykl edukacyjny). Uczący się pozyskuje większą liczbę informacji, co sprawia, że są one trwalsze i łatwiejsze do zapamiętania.

Pomimo że w indukcyjnych metodach nauczania preferuje się stosowanie obserwacji i doświadczeń, istnieją sytuacje, w których forma demonstracyjna jest bardziej efektywna. Nauczyciel musi jednak przed jej użyciem upewnić się, że uczniowie rozumieją cel, jaki należy osiągnąć, oraz wiedzieli, na co zwrócić uwagę. Ważne jest również, aby wszyscy uczniowie mieli możliwość zdobycia informacji w czasie demonstrowania, co często wiąże się z koniecznością jego powtórzenia.

Zastosowanie demonstrowania doświadczeń w indukcyjnie zorientowanej edukacji wyjaśnimy na przykładzie z podręcznika *ExpEdície dla 3. klasy szkoły podstawowej (Skúmame so Salou, 2025)*. Jest to zadanie wprowadzające do rozdziału, w którym uczniowie zajmują się materiałami i ich stanami skupienia. Celem zadania jest uświadomienie uczniom, że przedmioty o takim samym rozmiarze mogą mieć różną masę – w zależności od tego, z czego są wykonane.



Rysunek 6: *Badanie stanów skupienia substancji – przykład zastosowania demonstracji doświadczenia (Podręcznik ExpEdície dla klasy 3 szkoły podstawowej – Skúmame so Salou)*

Demonstrowanie doświadczenia

Nauczyciel przygotowuje trzy jednakowe pojemniki z jajek-niespodzianek (np. po Kinder niespodziance), z których jeden pozostaje pusty (jest wypełniony powietrzem – co uczniowie rozumieją, ponieważ w poprzednich rozdziałach podręcznika omawiali obecność powietrza), drugi zostaje napełniony wodą, a trzeci piaskiem. Uczniowie najpierw przyglądają się jajkom, a następnie obserwują, jak zachowują się one w wodzie. Nauczyciel demonstracyjnie wkłada jajka do większego naczynia z wodą, tak aby wszyscy uczniowie mogli dobrze zaobserwować zachodzące reakcje.

W takiej sytuacji demonstracja jest wystarczająca, a nawet budzi większe zainteresowanie uczniów dalszym badaniem, ponieważ dostrzegają oni, że jedno jajko unosi się na powierzchni wody, drugie jest tuż pod nią, a ostatnie opada na dno. Trzy jednakowo duże jajka zachowują się w naczyniu w różny sposób. Gdyby uczniowie obserwowali sytuację w grupach, mogliby intuicyjnie założyć, że zachowują się one inaczej ze względu na ciężar, nie zdając sobie w pełni sprawy, że jajka mają ten sam rozmiar. Przeprowadzenie demonstracji ma wzbudzić zainteresowanie dalszym badaniem. Uczniowie wprawdzie zyskali dzięki swej obserwacji informację o zachowaniu się jajek w wodzie, ale różnice w ich reagowaniu, mimo tej samej wielkości, prowadzą do stawiania nowych pytań, które są następnie rozwiązywane w kolejnych częściach rozdziału.

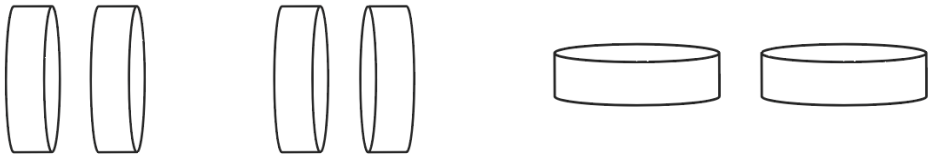
Demonstruje się również doświadczenia, które są niebezpieczne lub wymagają specjalnych umiejętności czy wprawy, albo takie, w których używa się materiałów trudno dostępnych lub kosztownych. Demonstracja wymaga mniejszej ilości pomocy naukowych niż przeprowadzanie doświadczeń w grupach uczniów, dlatego też jest częściej stosowana. Jeśli nauczyciel zadba o to, by uczniowie dobrze widzieli przebieg demonstracji i odpowiednio ich do niej przygotuje, odwołując się do ich potrzeb poznawczych, to może ona stać się bardzo wartościowym źródłem informacji.

Z drugiej strony, nie wszystkie doświadczenia da się równie skutecznie zademonstrować. Dotyczy to szczególnie sytuacji, w których uczniowie muszą się skupić na detalach, których nie można zaobserwować z większej odległości. Trzeba też pamiętać, że podczas demonstrowania oczekujemy, iż wszyscy uczniowie będą w tym samym momencie równie skoncentrowani na obserwacji istotnych elementów sytuacji. W praktyce jednak tak się nie dzieje: uwaga uczniów nie jest na tyle trwała, aby zapewnić wysoki poziom koncentracji. Dlatego nie wszyscy uczniowie są w stanie uchwycić informację, którą nauczyciel chce im przekazać poprzez demonstrowanie doświadczenia.

Ponadto w trakcie przeprowadzania doświadczenia to uczniowie sami ingerują w daną sytuację i robią to wtedy, gdy są na to gotowi. Dlatego jest bardziej prawdopodobne, że dostrzegą informację, którą należy pozyskać z danego działania praktycznego.

Jeśli na przykład chcemy, aby uczniowie samodzielnie odkryli (czyli nie tylko otrzymali informację od nauczyciela), że magnesy z biegunami jednoimiennymi się odpychają, a z różnoimiennymi przyciągają, to przeprowadzenie tego doświadczenia w formie demonstracji nie będzie wystarczająco efektywne. Uczeń musi bowiem być skoncentrowany na tym, którą stroną magnesy się przyciągają, a którą odpychają. Musi mieć możliwość ingerowania w sytuację zgodnie z własnymi – choćby niewyrażonymi – przypuszczeniami co do tego, jaki będzie efekt konkretnego działania.

Ú4 **Sprawdźcie, jak zachowują się względem siebie dwa magnesy.**



Rysunek 7: *Identyfikacja biegunów magnetycznych magnesów – przykład użycia doświadczenia weryfikującego (Podręcznik ExpEdície dla klasy 2 szkoły podstawowej – Badamy z RATU)*

Ponieważ demonstracja stanowi dla uczniów pierwotne źródło informacji, zawsze jest cenniejsza niż wykorzystanie wtórnych źródeł informacji. Uczniowie postrzegają sytuację kontekstowo i potrafią indywidualnie zauważyć to, co stanowi dla nich nową informację.

Eksperyment

W porównaniu z doświadczeniem, eksperyment jest bardziej złożonym sposobem badania, wymagającym umiejętności pracy ze zmiennymi. Eksperyment służy do rozwiązywania problemów badawczych o charakterze przyczynowym i relacyjnym. Uczniowie ustalają, która cecha zależy od której — czy to przyczynowo, czy w inny sposób. Najczęściej punktem wyjścia do przeprowadzenia eksperymentu jest sformułowanie hipotezy, która określa, jakie zmienne będą przedmiotem badania.

Aby można było dowieść, czy istnieje określony związek między dwiema cechami badanych obiektów lub sytuacji, należy wyeliminować wpływ innych czynników. Na przykład, jeśli chcemy sprawdzić, czy nasiono fasoli potrzebuje światła do wykiełkowania, nie wystarczy je po prostu posadzić i zapewnić mu światło. Musimy porównać tę sytuację z taką, w której nasiona fasoli nie będą miały dostępu do światła. Mówimy wówczas o tzw. *próbie kontrolnej i eksperymentalnej*.

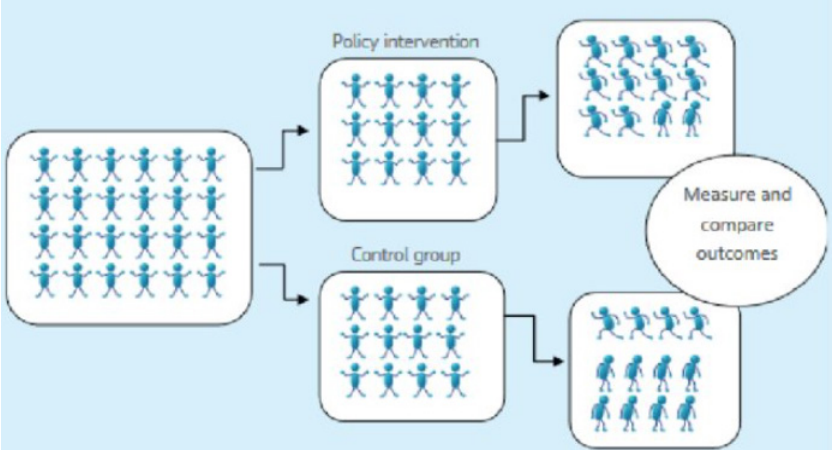
Na pierwszy rzut oka prosta sytuacja komplikuje się przez to, że większość zjawisk zachodzących w przyrodzie ma charakter wieloczynnikowy. Przebieg takich procesów zależy od różnych właściwości, a jeśli chcemy zbadać wpływ jednej z nich, to pozostałe musimy utrzymać na stałym poziomie — to tzw. *zmienne stałe*. Obecność (lub brak) światła jest zatem zmienną zależną, a pozostałe nazywamy zmiennymi niezależnymi lub stałymi (właściwościami, cechami sytuacji). W przykładzie z fasolą oznacza to, że jeśli chcemy sprawdzić, czy fasola potrzebuje światła do wykiełkowania, musimy zapewnić jej wszystkie inne niezbędne warunki (powietrze, ciepło i wilgoć), przy czym próba kontrolna i eksperymentalna powinny różnić się wyłącznie dostępem do światła.

Właśnie ze względu na konieczność zastanowienia się, które właściwości sytuacji muszą pozostać stałe, przeprowadzenie eksperymentu jest dla młodszych uczniów zbyt skomplikowane. Nie dysponują oni jeszcze wystarczająco rozwiniętymi wyobrażeniami ani abstrakcyjnym myśleniem, które umożliwiłyby im analizowanie badanej sytuacji w sposób tak kompleksowy i uporządkowany.

Podczas realizacji eksperymentu badacz zawsze dąży do zapewnienia — oprócz dodania grupy kontrolnej — także tzw. *randomizacji i powtarzalności.* Dotyczy to klasycznych eksperymentów naukowych, jednak w dydaktyce nie zawsze kładzie się nacisk na te aspekty eksperymentu. Im starsi są uczniowie i im większe mają doświadczenie z prowadzeniem eksperymentów, tym częściej można odwoływać się do powtarzalności i randomizacji (losowego doboru badanych obiektów).

Randomizacja - to proces losowego (czyli niczym niezakłóconego) przydzielania obiektów do grupy eksperymentalnej i kontrolnej, natomiast powtarzalność oznacza przeprowadzanie badania wielokrotnie. Mówimy tu o realizacji odrębnych prób w ramach eksperymentu. Oznacza to, że w optymalnych warunkach eksperyment składa się z wielu prób, dzięki którym wynik eksperymentu będzie odzwierciedlał typowy przebieg wszystkich podobnych sytuacji. Przez to badacz nie wyciąga wniosków na podstawie przypadku skrajnego, niereprezentatywnego.

Pojęcie „próba" ma w tym kontekście inne znaczenie niż w przypadku praktycznej aktywności przyrodniczej, w której nie pracuje się ze zmiennymi, a jedynie obserwuje się sytuację przed i po interwencji.



Rysunek 8: *Zasada eksperymentu. Źródło: Dessart, F.J., i in. (2021). Farmers and the new green architecture of the EU common agricultural policy: a behavioral experiment. DOI: 10.2760/718383*

Pojęcie „eksperyment" jest często błędnie używane do określenia takich praktycznych działań przyrodniczych, które nie wymagają od ucznia refleksji nad zmiennymi. O zastosowaniu eksperymentu można mówić tylko wtedy, gdy uczeń jest osobą, która samodzielnie opracuje procedurę eksperymentalną i/lub reflektuje nad wymiarami kontrolnymi i eksperymentalnymi (zmienne) badanej sytuacji.

Jeśli to nauczyciel (lub materiał dydaktyczny) określi sposób przeprowadzenia badania zawierającego cechy eksperymentu, a zadaniem uczniów jest jedynie przeprowadzenie badania według instrukcji, zebranie danych i ich analiza, to nie można mówić o eksperymencie. Uczeń nie rozwija bowiem wtedy sposobu rozumowania typowego dla tego bardziej złożonego procesu badawczego. Z perspektywy ucznia będzie to raczej próba sprawdzająca lub obserwacja, ponieważ on sam nie zaplanował eksperymentu, a zatem może nawet nie rozumieć, na czym polega przygotowanie próby kontrolnej i eksperymentalnej w kontekście operowania zmiennymi.

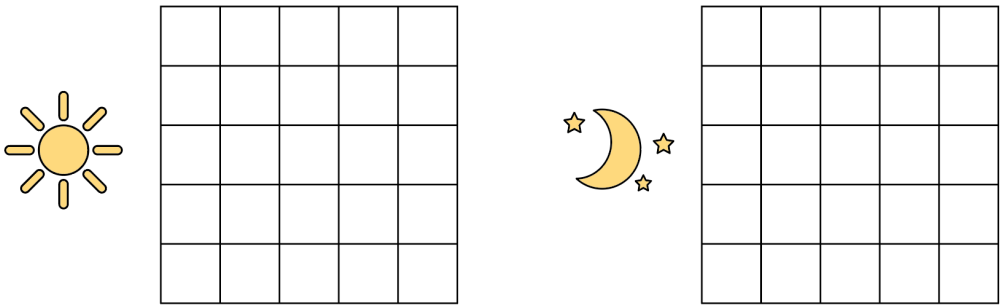
W podręczniku *ExpEdície* dla 1. klasy szkoły podstawowej znajduje się zadanie, którego celem jest ustalenie, czy nasiona potrzebują światła do wykiełkowania. Rolą nauczyciela jest pokierowanie uczniami tak, aby warunki badania miały charakter eksperymentalny. Zadanie pedagoga jest zapewnienie, aby uczniowie obserwowali wystarczającą liczbę nasion z tego samego gatunku roślin, ponieważ celem nie jest sformułowanie uogólnienia na temat wszystkich nasion. Nauczyciel odpowiada za to, aby nasiona miały odpowiednią ilość powietrza, jednakową temperaturę i wil-

gotność. Z perspektywy ucznia jest to jednak zwykła obserwacja, mimo że samo badanie ma cechy eksperymentu — uczeń bowiem nie eksperymentuje, a jedynie obserwuje różnice.

Ú2 W dwóch miskach posadźcie większą ilość nasion. Jedną z nich umieśćcie w ciemnym pojemniku, drugą zostawcie na świetle.

? **Czy rośliny potrzebują światła, aby wykiełkować?**

Aby dowiedzieć się więcej, w każdej grupie badajcie *inny* rodzaj nasion. Kiedy zauważycie pierwsze kiełkujące nasiona, sprawdźcie obie miski i zaznaczcie, ile nasion w każdym pojemniku wykiełkowało ✅ a ile nie wykiełkowało ❌.



Wnioskowanie: Czy nasiona potrzebują światła do kiełkowania? Wyjaśnijcie, na podstawie czego sformułowaliście wniosek.

Rysunek 9: *Eksperymentalny projekt badania, który dla ucznia jest obserwacją (podręcznik ExpEdície dla 1. klasy szkoły podstawowej, Badamy z PIPI – C)*

Eksperyment

Chociaż eksperyment dydaktyczny różni się wieloma aspektami od doświadczenia, to w poniższym tekście przestawimy tylko te, które lepiej pomagają odkryć jego edukacyjne znaczenie:

- **W trakcie eksperymentowania uczący się pozyskuje nową wiedzę dla siebie.** To znaczy, że w eksperymencie nie jest ważne uzyskanie nowej wiedzę nową w sensie ogólnym; daną aktywność możemy nazwać eksperymentem tylko wtedy, gdy dostarcza on uczącej się jednostce nowych informacji, wyjaśniających lub poszerzających wiedzę. W praktyce wyniki eksperymentu powinny zmodyfikować koncepcje badacza na temat danego zjawiska oraz treść pojęć, które się z nim wiążą.

- **Przebieg eksperymentu nie jest z góry ustalony – tworzy go uczący się, ewentualnie jest on ustalony i spontanicznie modyfikowany zgodnie z indywidualnymi wyobrażeniami o zjawisku lub dostępnością pomocy dydaktycznych.** Eksperyment zazwyczaj rozpoczyna się od identyfikacji problemu, który może być różnie pojmowany przez różne osoby. Na podstawie sposobu identyfikacji problemu powstają różne wersje hipotez i do każdej z nich – różne warianty ich testowania. Chociaż jest to najczęstszy sposób eksperymentowania, to aktywność o ustalonym przebiegu również może być uznana za eksperyment, o ile spełnia inne zasady eksperymentowania, np. musi dotyczyć rozwiązania problemu naukowego. Takie podejście jest szczególnie istotne w procesie edukacyjnym, w którym może posłużyć jako ciekawy wzór do demonstracji i doskonalenia metod poznania naukowego.

- **Eksperyment wymaga pozyskania materiału empirycznego.** Eksperyment zawsze polega na badaniu realnie istniejących zjawisk i sytuacji. Aby uzyskana wiedza była funkcjonalna, należy pracować z materiałem empirycznym. Dane empiryczne trzeba następnie opracować przy użyciu operacji abstrakcyjnych i wrócić z uzyskanymi wynikami do rzeczywistości. Jeśli nie możemy zastosować wyniku do interpretacji rzeczywistości, to jest on niefunkcjonalny i oznacza, że w opracowywaniu materiału empirycznego popełniono jakiś błąd.

- **Eksperymentowanie angażuje wyższe funkcje poznawcze, a manipulowanie informacjami odbywa się na poziomie abstrakcyjnym.** Eksperyment odznacza się tym, że jego wynikiem nie może być jedynie poznanie empiryczne. Informacje dostarczane przez zmysły są przekształcane w pojęcia i wyobrażenia, a następnie opracowywane za pomocą analizy, syntezy, indukcji itd., aby były dostatecznie ogólne i możliwe do zastosowania.

- **Eksperyment koncentruje się na weryfikacji hipotezy lub założenia.** W trakcie eksperymentowania nieustannie tworzy się założenia i formułuje wynikające z nich hipotezy. Jeśli aktywność nie jest ukierunkowana na weryfikację hipotez – określonych wyraźnie lub przynajmniej domyślnie – nie możemy mówić o eksperymencie.

- **Eksperyment rozwiązuje problem naukowy.** Jeśli aktywność nie jest ukierunkowana na rozwiązanie problemu, nie można jej nazwać eksperymentem. Problem jest zazwyczaj sformułowany w postaci pytania, które można przekształcić w hipotezę lub w zestaw alternatywnych hipotez.

Mimo że nauczyciel, posiadający własne doświadczenie przyrodnicze i praktykę pedagogiczną, potrafi intuicyjnie przeprowadzać praktyczne aktywności przyrodnicze, które osiągają nierzadko poziom eksperymentu, to często jest to przypadkowe. Jeśli nauczyciel przed przystąpieniem do aktywności nie zdefiniuje konkretnych celów, uzasadniających wybór eksperymentu jako odpowiedniej metody ich osiągnięcia, to ich zdobycie można uznać za niezamierzone, przypadkowe. Takie intuicyjne stosowanie eksperymentu nie jest efektywne z kontekście możliwości, jakie dana aktywność mogłaby dać dziecku w rozwoju jego kompetencji przyrodniczych.

Jeśli nauczyciel wcześniej zaplanuje (a tym samym uświadomi sobie) szczegółowe cele planowanej aktywności, to rośnie szansa na bardziej wieloaspektowy rozwój myślenia dziecka.

Jeśli nauczyciel podejmuje aktywność spontanicznie, to może się zdarzyć, że eksperyment przekształci się jedynie w praktyczne działanie mające na celu wzbudzenie motywacji i rozwój umiejętności motorycznych uczniów. W lepszym przypadku uczniowie zaczną się zastanawiać się nad badanym problemem. To jednak zakłada, że posiadają już rozwiniętą zdolność dostrzegania problemu w prowadzonej aktywności.

Jeśli aktywność nie jest przez nich postrzegana jako problem, to uczniowie mogą co prawda o niej rozmawiać, ale wyłącznie o tych aspektach, które ich interesują, z którymi mieli już styczność. Wykazują wtedy skłonność do traktowania aktywności jako przestrzeni do prezentowania swoich doświadczeń związanych z daną sytuacją.

Modelowanie

Modelowanie jest szczególnym rodzajem aktywności praktycznej, w której nie tworzy się sztucznych warunków badanego zjawiska w taki sposób, jak naturalnie występują one w przyrodzie, lecz tworzy się jedynie warunki analogiczne. Wymaga to pogłębionego zrozumienia powiązań między sytuacją modelową a modelowaną. Do tego konieczne jest posługiwanie się myśleniem abstrakcyjnym. Dlatego sytuacje modelowe są wykorzystywane u uczniów w młodszym wieku szkolnym tylko w ograniczonym zakresie i tylko tam, gdzie mogą oni jednoznaczne uchwycić nie tylko podobieństwa do rzeczywistej sytuacji, ale również różnice.

Na przykład, w podręczniku ExpEdície dla 4. klasy szkoły podstawowej uczniowie są zaproszeni do zbadania faz Księżyca. Mają rozpocząć od obserwacji fotografii przedstawiającej Ziemię sfotografowaną z Księżyca. Zastanawiają się, jakie obiekty znajdują się na zdjęciu i gdzie może być zlokalizowane Słońce, będące źródłem światła oświetlającego te obiekty (Ziemię i Księżyc). Następnie zadaniem uczniów jest sprawdzić, czy możliwe jest oświetlenie Ziemi w taki sposób, jaki widać to na zdjęciu, dzięki czemu mogą zweryfikować, czy prawidłowo odgadują pozycję Słońca.

Jednak sytuacja ta jest jedynie modelowana – za pomocą dwóch kul styropianowych i źródła światła (lampy). Jeżeli nauczyciel zadba o to, by dzieci rozumiały, co reprezentują poszczególne obiekty sytuacji modelowej, to zastosowanie takiego podejścia jest właściwe.

Ú9

Zwróćcie uwagę na dwa ciała niebieskie na poniższym obrazku. Czy potrafilibyście określić, o jakie ciała niebieskie chodzi? Czy potrafilibyście również określić, skąd pochodzi światło i co jest jego źródłem?

Rysunek 10: *Zadanie wykorzystujące modelowanie (podręcznik ExpEdície dla 4. klasy szkoły podstawowej)*

Obowiązuje ogólna zasada, że sytuacje modelowe można efektywnie wykorzystywać dopiero w starszym wieku szkolnym, w powiązaniu z pojawieniem się operacji logicznych na poziomie abstrakcyjnym. Nieefektywne jest stosowanie sytuacji modelowych u dzieci, które nie dysponują jeszcze myśleniem abstrakcyjnym i są przyzwyczajone do badania sytuacji „tu i teraz", czyli nie potrafią ich wykorzystać do wyjaśniania czegoś, czego nie można bezpośrednio zaobserwować.

Na przykład, w klasach I–III szkoły podstawowej (a czasem nawet w przedszkolach) nauczyciele używają sytuacji modelowej ze słoikiem i kostkami lodu do wyjaśnienia powstawania deszczu.

Rysunek 11: *Modelowanie deszczu. Źródło: https://www.scientificamerican.com/article/test-weather-you-can-make-your-own-cloud/*

Dzięki temu doświadczeniu dzieci są w stanie zrozumieć zmianę stanu skupienia spowodowaną najpierw ogrzewaniem, a następnie ochładzaniem, jednak nie potrafią pojąć, jak ten proces faktycznie przebiega w przyrodzie. Na niebie bowiem nie istnieje źródło, które schładzałoby parującą wodę w taki sposób, jak dzieje się to w modelowej sytuacji z kostkami lodu.

Zasady korzystania z wtórnych źródeł informacji w indukcyjnym procesie nauczania

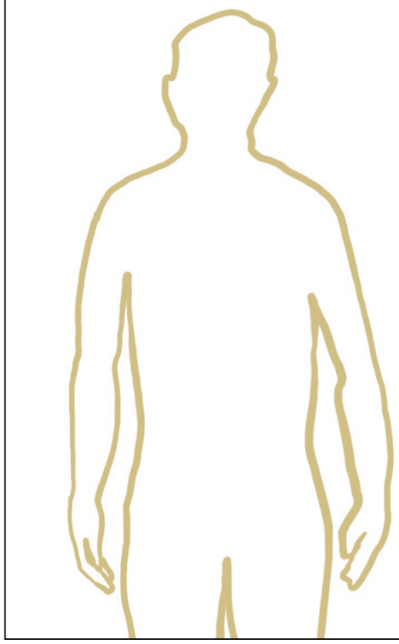
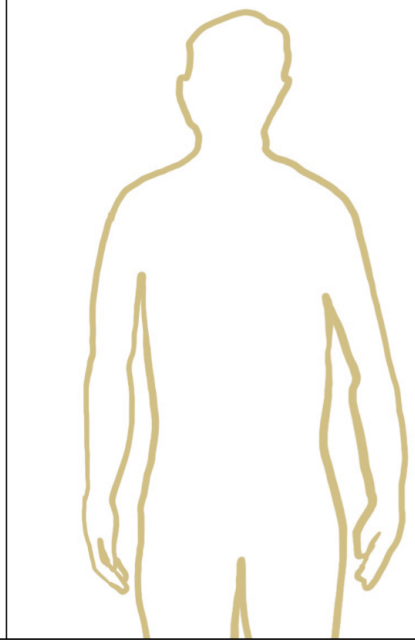
W edukacji przyrodniczej nie da się zagwarantować, że uczeń będzie odkrywał wszelkie informacje samodzielnie i pozyskiwał je wyłącznie poprzez doświadczenie. Celem nie jest zatem wykorzystywanie wyłącznie pierwotnych źródeł informacji. Równie istotne jak uczenie obiektywnego badania zjawisk, jest rozwijanie kompetencji pracy z wtórnymi źródłami informacji w taki sposób, aby uczniowie potrafili skutecznie odnajdywać odpowiedzi na pytania, preferując przy tym wiarygodne źródła.

W podręczniku ExpEdícia uczniowie już od pierwszej klasy są przyzwyczajani do korzystania także z wtórnych źródeł informacji. Ze względu na wiek uczniów konieczne jest jednak dobieranie takich źródeł, z którymi są oni w stanie pracować samodzielnie. Na przykład, dopóki uczeń nie potrafi samodzielnie korzystać z pisemnej formy języka, można skłaniać go wyłącznie do wyszukiwania brakujących informacji w materiale obrazowym. Preferowane są wtedy drukowane, recenzowane encyklopedie, gwarantujące wiarygodność informacji pozyskiwanych przez uczniów. Nie zawsze bowiem da się odróżnić literaturę specjalistyczną od innych gatunków przeznaczonych dla dzieci. Im młodszy uczeń, tym częściej poszukuje informacji drobnych, epizodycznych.

Przykładem może być zadanie odszukania w encyklopedii, jak wyglądają płuca człowieka.

Ú16 i

Głównym organem oddychania są PŁUCA. Spróbujcie narysować na *lewym* obrazku, jak je sobie wyobrażacie. Za pomocą encyklopedii sprawdźcie, jak wyglądają w rzeczywistości i narysujcie je na prawym obrazku. Możecie tam dorysować również inne części układu oddechowego człowieka, o których dowiedzieliście się z encyklopedii.

Jak to sobie wyobrażam	Jak to jest w rzeczywistości
	

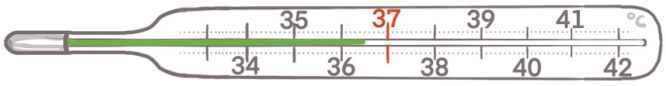
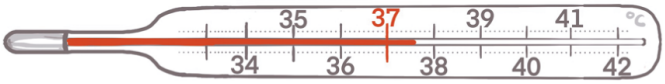
Rysunek 12: *Wykorzystanie ilustracji jako źródła informacji (podręcznik ExpEdícia dla 2. klasy szkoły podstawowej, Badamy z RATU)*

W miarę opanowywania przez uczniów pisemnej formy języka, uczymy ich samodzielnego wyszukiwania informacji w tekstach. Młodsi uczniowie jednak nie potrafią pozyskiwać istotnych informacji z większych partii tekstu, dlatego najpierw otrzymują krótsze fragmenty, pochodzące z encyklopedii lub z wiarygodnych stron internetowych. Ewentualnie nauczyciel towarzyszy im podczas wyszukiwania informacji w Internecie, podkreślając konieczność weryfikacji uzyskanych danych w kilku źródłach.

Przykładowym zadaniem uczniów (podręcznik *ExpEdícia* dla 2. klasy szkoły podstawowej) może być znalezienie w Internecie informacji, jaka jest prawidłowa temperatura ciała człowieka.

Ú24

Z pomocą nauczyciela wyszukajcie w Internecie, jaka temperatura jest już uważana za podwyższoną temperaturę ciała i może być objawem choroby. Porównajcie informację z tym obrazkiem.

Podwyższona temperatura człowieka:	
	

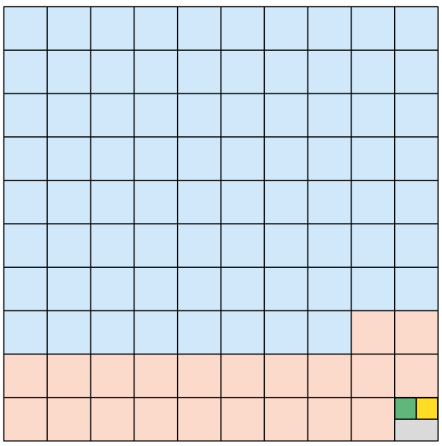
Rysunek 13: *Zadanie znalezienia informacji epizodycznej (podręcznik ExpEdície dla 2. klasy szkoły podstawowej, Badamy z RATU)*

Czasami chodzi o wyszukanie konkretnej informacji, innym razem — co z perspektywy rozwijania umiejętności prowadzenia pracy naukowej jest bardziej wartościowe — uczniowi jedynie podsuwamy dane, na podstawie których ma on samodzielnie zbudować swoją wiedzę lub uzupełnić brakującą informację. Na przykład, celem poniższego zadania z podręcznika *ExpEdície* dla klasy 2 jest uświadomienie uczniom, że człowiek zużywa tlen z powietrza a wydala dwutlenek węgla oraz wodę. Ponieważ chcemy zachęcić uczniów do aktywnej pracy z informacjami, to w zadaniu przedstawiono im dane w postaci wtórnego źródła informacji (ktoś inny zebrał dane i przedstawił je schematycznie), a ich zadaniem jest zdobycie wymaganej wiedzy poprzez aktywną analizę tych informacji.

Ú17 Czasami oddychamy szybciej, czasami wolniej, ale wszyscy oddychamy nieustannie. Pytanie brzmi, dlaczego wdychamy powietrze, skoro potem je wydychamy. Powietrze składa się z różnych substancji. **Wykonaj zadanie i dowiedz się, czego człowiek potrzebuje z powietrza oraz jak powietrze zmienia się podczas oddychania.**

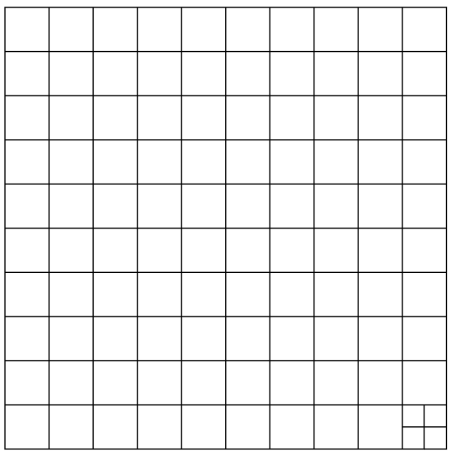
W powietrzu, które **WDYCHAMY,** znajduje się:

78	AZOT
21	TLEN
<1	WODA
<1	DWUTLENEK WĘGLA
<1	INNE



W powietrzu, które **WYDYCHAMY,** znajduje się:

78	AZOT
15	TLEN
2	WODA
4	DWUTLENEK WĘGLA
<1	INNE



Formułowanie wniosku: Jaka jest różnica między powietrzem wdychanym a wydychanym? Czy człowiekowi wystarcza to samo powietrze, czy potrzebuje stale świeżego? Dlaczego konieczne jest wietrzenie klasy szkolnej? Spróbuj wyjaśnić, dlaczego za pomocą lusterka można sprawdzić, czy człowiek oddycha. Odwołaj się do tego, co ustaliłeś na temat wydychanego powietrza.

Rysunek 14: *Usystematyzowany zbiór danych jako źródło informacji (podręcznik ExpEdície dla 2. klasy szkoły podstawowej, Badamy z RATU)*

Stopniowo podprowadzamy uczniów do tego, aby potrafili samodzielnie wyszukiwać w źródłach brakujące informacje, które pomogłyby im w rozwiązaniu aktualnie badanego problemu. Początkowo uczą się tego na krótszych tekstach, częściowo dostosowanych do ich wieku, a z czasem na ogólnie dostępnych źródłach i w Internecie.

Ogólne zasady pracy z różnymi źródłami informacji

W ramach indukcyjnego podejścia do nauczania nauczyciel dąży do tego, aby uczniowie samodzielnie – lub w interakcji z innymi członkami grupy – pracowali nad informacjami, czyli reflektowali nad nimi w kontekście posiadanej wiedzy. Jednocześnie nauczyciel zachęca uczniów do systematyzowania informacji w tabelach, diagramach, wykresach czy schematach, co przyspiesza sam proces indukcji, zmierzający do uzyskania uogólnionej wiedzy, którą można zastosować w różnych sytuacjach praktycznych. Celem jest również to, aby uczniowie umieli pozyskiwać informacje nie tylko poprzez zaplanowane obserwacje czy badania, ale potrafili także wyciągać wnioski z różnych usystematyzowanych zbiorów danych, tworzonych przez innych badaczy na podstawie ich własnych badań.

W podejściu proponowanym przez ExpEdície można zidentyfikować następujące zasady wykorzystania źródeł informacji w edukacji przyrodniczej:

- Im młodszy uczeń, tym więcej informacji powinien zdobywać z pierwotnych źródeł (poprzez własne doświadczenia).
- W miarę opanowywania przez uczniów formy pisemnej języka, należy ich stopniowo wprowadzać w tworzenie pisemnych zapisów danych uzyskanych z własnych obserwacji czy badań. To pierwszy krok do rozwoju umiejętności pracy z wtórnymi źródłami informacji.
- Obok wdrażania uczniów do zapisywania danych z własnej działalności badawczej, należy ich przyzwyczajać do odczytywania usystematyzowanych zbiorów danych, pozyskanych przez innych badaczy.
- Podczas pracy z wtórnymi źródłami informacji należy zwracać uwagę młodszych uczniów na korzystanie na pierwszym miejscu z mediów drukowanych. Wraz z wiekiem należy stopniowo rozwijać umiejętność pracy z informacjami cyfrowymi.
- U młodszych uczniów początkowo preferujemy badanie ustrukturyzowane, tworząc wzorzec, według którego można zaplanować przebieg badania.
- Eksperyment stosujemy dopiero u uczniów, którzy potrafią pracować ze zmiennymi, czyli po rozwinięciu się u nich operacji logicznych na poziomie abstrakcyjnym (uczniowie starszych klas szkoły podstawowej, 3. etap edukacji podstawowej)
- Naszym celem nie jest to, aby uczniowie zdobywali całą wiedzę przyrodniczą wyłącznie za pośrednictwem własnych badań. Dlatego należy zrównoważyć pracę z pierwotnymi i wtórnymi źródłami informacji.
- Ważne jest, aby nauczyciel nie musiał uczniom wszystkiego tłumaczyć. Jego celem jest rozwój zdolności uczniów do samodzielnego pozyskiwania informacji z wszelkich źródeł – zarówno pierwotnych, jak i wtórnych – a tym samym rozwijania własnej wiedzy przyrodniczej.

Wykorzystane źródła:

Žoldošová, K. (2024). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Skúmame s PIPI (Exploring with PIPI)*: Pracovná učebnica A. Bratislava: Indícia, s. r. o., 28 s., ISBN 978-80-8276-042-5

Žoldošová, K. (2024). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Skúmame s PIPI (Exploring with PIPI)*: Pracovná učebnica B. Bratislava: Indícia, s. r. o., 32 s., ISBN: 978-80-8276-043-2

Žoldošová, K. (2024). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Skúmame s PIPI (Exploring with PIPI)*: Pracovná učebnica C. Bratislava: Indícia, s. r. o., 36 s., ISBN 978-80-8276-045-6

Žoldošová, K. (2024). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Skúmame s RATU (Exploring with RATU)* D, E, F (pilotná). ExpEdícia Skús, skúmaj, spoznaj. Bratislava: Indícia, s. r. o., 96 s., ISBN: 9788082760289

Žoldošová, K. (2024). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Skúmame so SALOU (Exploring with SALY)*. Bratislava: Indícia, s. r. o., 80 s., (manuskrypt)

Žoldošová, K. (2023). *ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj – Prírodoveda pre 4. ročník ZŠ (Science for 4th grade)*. Bratislava: Indícia, s. r. o., 36 s., ISBN 978-80-8276-021-0

ROZWÓJ PODSTAWOWYCH KOMPETENCJI DO PRACY NAUKOWEJ

ExpEdition koncentruje się na rozwoju kompetencji odpowiednich do pracy naukowej

CELE ROZDZIAŁU WYRAŻONE W PYTANIACH:

- Czym są kompetencje do pracy naukowej i jaki jest ich związek z kompetencjami naukowymi oraz ogólnym wykształceniem?
- Jakie konkretne kompetencje do pracy naukowej można zacząć rozwijać na etapie edukacji podstawowej?
- Dlaczego warto zajmować się rozwojem kompetencji do pracy naukowej już we wczesnym dzieciństwie?
- Jakie są zasady dydaktyczne dotyczące rozwoju podstawowych kompetencji do pracy naukowej?

Wstęp

Kompetencje do pracy naukowej stanowią ogólną umiejętność, którą wykorzystujemy do obiektywnego przetwarzania wszelkich informacji – niekoniecznie związanych z treściami przyrodniczymi. Dlatego trafniejsze jest mówienie nie o edukacji przyrodniczej, lecz o rozwoju wiedzy i procesów poznawczych uczniów.

Kompetencje do pracy naukowej - to zbiór cząstkowych umiejętności, które można rozwijać w większym lub mniejszym stopniu niezależnie od siebie. Istnieje wiele różnorodnych klasyfikacji próbujących kategoryzować i opisać te kompetencje w zależności od tego, jak przejawiają się one w myśleniu i działaniu człowieka. W kontekście rozwoju poznawczego uczniów, w literaturze przedmiotu najczęściej spotykamy się z identyfikacją sześciu tzw. podstawowych kompetencji do pracy naukowej (ang. basic science process skills). Są to: umiejętność obserwowania, komunikowania, klasyfikowania, mierzenia, wyciągania wniosków (interpretacji) oraz formułowania hipotez (Brotherton, Preece, 1995). Na ich podstawie można następnie rozpocząć rozwijanie wyższych, tzw. zintegrowanych kompetencji do pracy naukowej. Rozwój tych kompetencji wymaga, by uczniowie osiągnęli poziom myślenia oparty na formalnych operacjach logicznych, dlatego zazwyczaj rozpoczyna się on dopiero na drugim etapie edukacyjnym (klasy 4–8 szkoły podstawowej). W ramach tego rozdziału skupimy się wyłącznie na rozwoju podstawowych kompetencji do pracy naukowej – zintegrowanym kompetencjom poświęcono osobny rozdział.

Pomimo że naukowiec (badacz lub uczeń w roli badacza) wykorzystuje wszystkie wymienione kompetencje jednocześnie, to w procesie dydaktycznym są one rozdzielane. Taki podział ma charakter teoretyczny i służy głównie uświadomieniu sobie, że wiele elementów procesu myślenia ucznia nie jest oczywistych i warto je celowo kształtować, aby rzeczywiście rozwijać jego zdolność do przetwarzania informacji oraz tworzenia obiektywnie wartościowej wiedzy (Milne, 2007).

Wszystkie sześć wymienionych kompetencji można uporządkować w logiczną sekwencję o rosnącym stopniu zaawansowania. Na przykład sześciolatek koncentruje się głównie na obserwacji i komunikacji. Dzięki temu, że zdobywa wiele doświadczeń (i informacji) poprzez obserwację i dyskusje, stopniowo zaczyna poświęcać coraz więcej uwagi interpretacji (wnioskowaniu) oraz przewidywaniu (najpierw w formie przypuszczeń, a później bardziej przemyślanych i teoretycznie uzasadnionych hipotez – Harlen, 2001; Milne, 2007).

Na przykład młodsi uczniowie najpierw skupiają się na obserwacji ruchu ryb w akwarium, a gdy potrafią już zidentyfikować pewne powtarzające się wzorce zachowania, podejmują pierwsze próby wyjaśnienia tego, co widzą. Łączą na przykład zbliżenie się do akwarium z gwałtownym ruchem ryb ku powierzchni, co interpretują jako reakcję ryb,

które ich rozpoznają i spodziewają się pokarmu (podobne obserwacje spontanicznych dziecięcych rozmów podczas obserwacji dafni można znaleźć w badaniu: Tunnicliffe, Reiss, 1999).

Z powyższego przykładu jasno wynika, że kompetencje do pracy naukowej są ze sobą wzajemnie powiązane – wraz z rozwojem myślenia możliwy jest stopniowy rozwój poszczególnych umiejętności.

W dalszej części rozdziału skupimy się głównie na zasadach rozwijania podstawowych kompetencji do pracy naukowej. Omówimy je osobno, jednak po przeczytaniu tekstu stanie się jasne, jak one się ze sobą wiążą i jak rozwój jednej kompetencji wpływa na rozwój pozostałych.

Rozwój kompetencji do pracy naukowej nie jest celem samym w sobie. Dzięki nim uczniowie modyfikują swoje wcześniejsze wyobrażenia (prekoncepcje), czyli rozwijają narzędzia poznawcze, za pomocą których stopniowo zmieniają swoją wiedzę przyrodniczą. Kompetencje do pracy naukowej są częścią kompleksowego rozwoju kompetencji naukowych (przyrodniczych), a z powyższego jasno wynika, że stanowią ich wymiar procesualny.

1 Umiejętność obserwacji

Umiejętność obserwacji - to podstawowa kompetencja do pracy naukowej, dzięki której potrafimy zbierać z otoczenia informacje empiryczne. Stanowią one fundament naszej wiedzy. Ponieważ są zdobywane na drodze doświadczenia, to mają dla nas wysoki stopień wiarygodności. Im młodszy jest uczeń, tym bardziej polega na zdobywaniu informacji poprzez doświadczenia, ponieważ jego myślenie formalne i abstrakcyjne nie jest jeszcze rozwinięte. W młodszych klasach rozwój tej umiejętności ma kluczowe znaczenie, zwłaszcza jeśli celem jest praca nad prekoncepcjami, które dziecko już posiada.

Uczeń może zapamiętać wiele informacji nawet z wykładu lub z demonstracji o charakterze dedukcyjnym, jednak niekoniecznie wykorzysta te informacje do modyfikacji swoich spontanicznych wyobrażeń – może stworzyć sobie równoległy system wiedzy „szkolnej". Rozwijanie umiejętności obserwacji przyczynia się więc do rozwoju zdolności ucznia do pracy z własną wiedzą, którą stosuje w codziennym życiu.

To, że uczeń znajdzie się w kontakcie z rzeczywistym środowiskiem, nie oznacza automatycznie, że zacznie obserwować. Obserwacja pojawia się dopiero wtedy, gdy coś w otoczeniu go zainteresuje, ewentualnie gdy na coś świadomie skierujemy jego uwagę (Padilla, Pyle, 1996; Harlen, 2000). Postrzeganie zmysłowe różni się od obserwacji m.in. tym, że obserwacja często ma (choćby niejawny) cel, natomiast postrzeganie zmysłowe jest instynktowne. Sam proces obserwacji polega na zmysłowym odbieraniu rzeczywistości i świadomym uświadamianiu sobie tego, co się obserwuje.

Do obserwacji wykorzystujemy wszystkie zmysły, a zdobyte informacje dalej przetwarzamy. W zależności od tego, czy dane informacje okazały się dla nas przydatne czy nie, modyfikujemy swój sposób postrzegania otoczenia (Brotherton, Preece, 1995). W ten sposób stopniowo tworzy się pewien filtr informacji – im więcej doświadczeń mamy z danym zjawiskiem i im rzadziej zdobywamy nowe informacje na jego temat, tym mniej szczegółów zauważamy.

Na przykład, gdy widzimy tęczę po raz pierwszy w życiu, to obserwujemy ją bardzo intensywnie i próbujemy ją opisać. Podobnie naszą uwagę wzbudzają sytuacje niezwykłe – śnieg w maju, złamany zamek w drzwiach wejściowych, pleśń w jogurcie przed upływem terminu ważności, spóźniony autobus itp. Dopóki zjawiska występują w znanej nam, zwyczajnej postaci, wiele szczegółów pozostaje niezauważonych – ponieważ poprzez częste doświadczanie danego zjawiska mamy poczucie, że już je znamy (Ash, 2000), i że rozumiemy je na tyle, by móc przewidzieć jego przebieg.

Aby wprowadzić uczniów w proces edukacyjny, w ramach którego chcemy rozwijać również umiejętność obserwacji, tworzymy sytuacje stymulujące, które skłaniają ich do obserwowania zjawisk, z którymi - co prawda - mają już doświadczenie, ale nie zajmują się nimi spontanicznie, ponieważ mają poczucie, że dobrze je znają. Dzięki sytuacji stymulującej zwracamyp uwagę uczniów na aspekty, których wcześniej nie dostrzegli, lub ukazujemy znane zjawisko w nowym kontekście czy warunkach.

Będzie to możliwe, jeśli instrukcje prowadzące uczniów do obserwacji będą dobrze przemyślane, a wyzwanie – osiągalne. W przeciwnym razie sytuacja nie będzie miała charakteru stymulującego. Na przykład nie wystarczy zapytać, jak powstają cienie. Nawet jeśli nauczyciel udostępni uczniom materiały (przedmioty rzucające cienie i źródła światła – latarki), uczniowie nie zaangażują się w sytuację, ponieważ już po bardzo krótkiej obserwacji stwierdzą, że zjawisko przebiega dokładnie tak, jak się spodziewali – świecą na przedmiot i powstaje cień. Taka instrukcja nie wystarcza do rozwijania umiejętności obserwacji.

Równie nieodpowiednie są pytania dotyczące pojęć. Jeżeli nauczyciel zapyta: „Czym jest cień?", uczniowie mogą poczuć się zniechęceni, ponieważ nie znajdą odpowiedzi poprzez bezpośrednie obserwacje, a pytanie wykracza poza ich aktualną wiedzę.

Aby sytuacja faktycznie stymulowała rozwój umiejętności obserwacji, musimy koncentrować się w niej na takich szczegółach obserwowanego zjawiska, których uczniowie dotąd nie zauważali, oraz zadawać pytania, na które można odpowiedzieć poprzez bezpośrednie badanie przebiegu zjawiska. Na etapie wczesnoszkolnym powinny to być pytania empiryczne.

Przykładowe pytania w ramach badania cieni:

- Jak można stworzyć dłuższy cień?
- Czy jeden przedmiot może mieć więcej niż jeden cień?
- Czy jednym źródłem światła można stworzyć kilka cieni?
- Czy da się tak oświetlić przedmiot, żeby cień się nie pojawił?
- Czy wszystkie cienie są tak samo ciemne?
- Czy istnieją kolorowe cienie?

Z powyższego wynika, że aby wspierać rozwój umiejętności obserwacyjnych, nauczyciel powinien mieć przygotowane nie tylko pomoce do obserwacji, ale także pytania, które stymulują uczniów do obserwowania. Nie musi to polegać wyłącznie na bezpośrednim zadawaniu pytań – instrukcja może przybierać różne formy. Na przykład podczas badania cieni w pierwszej klasie podprowadzamy uczniów najpierw do zastanowienia się, czy wszystkie cienie są takie same, dostarczając im źródła światła i różne materiały, a następnie pozwalając im zbadać sytuację. Aby wspierać rozwój umiejętności obserwacyjnych, możemy udzielić dokładniejszych instrukcji, koncentrując uwagę uczniów na tym, co – jak wiemy – umknęło ich uwadze, na przykład jak w poniższym zadaniu z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej:

Ú7 **Czy wszystkie cienie są tak samo ciemne?** Sprawdźcie, czy można zaobserwować to, co widzicie na poniższym obrazku. Zbadajcie, czy można uzyskać cienie o różnym stopniu ciemności.

Wniosek:
Od czego zależy, jak ciemny cień otrzymamy?
Czy zależy to od odległości między przedmiotem a źródłem światła?
A może od odległości między przedmiotem a miejscem, w którym cień powstaje?
Czy też od tego, jak „silne" światło zastosujemy?

Rysunek 1: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Z zadania wynika, że od uczniów oczekuje się sprawdzenia, czy możliwe jest odtworzenie sytuacji przedstawionej na obrazku, a jeśli tak – to w jaki sposób. W ten sposób podsuwamy uczniom informację o tym, jak inaczej można badać cienie. Nauczyciel (lub podręcznik) dostarcza przykładów, jak coś zbadać i dzięki obserwacji zdobyć nowe informacje, które przyczyniają się do lepszego zrozumienia danego zjawiska.

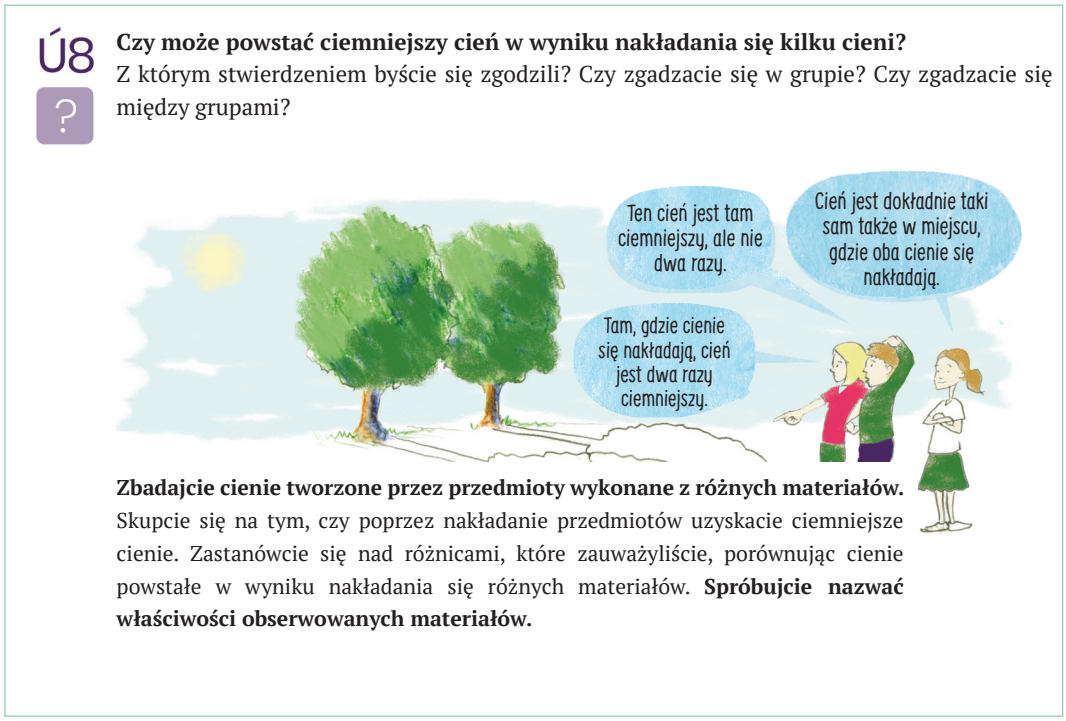
W rozwijaniu umiejętności obserwacyjnych chodzi przede wszystkim o to, by uczniowie stopniowo sami zdobywali kompetencje do formułowania nowych pytań podczas badania zjawisk, które ich otaczają na co dzień. Dlatego ważne

jest, aby w ciągu roku szkolnego przygotować kilka sytuacji, w których uczniowie będą zapraszani do obserwowania różnych zjawisk w sposób ukierunkowany i szczegółowy.

Na początku to nauczyciel (lub podręcznik) pełni rolę wzoru, pokazując, jak należy prowadzić obserwację. Poprzez wielokrotne wykonywanie precyzyjnych i szczegółowych obserwacji, których efektem są nowe spostrzeżenia, uczeń przyswaja sobie metody prowadzące do spontanicznego badania nowych sytuacji i zjawisk.

Sama sytuacja stymulująca do refleksji nad zjawiskiem nie musi być zawsze prezentowana za jedynie za pomocą prostego pytania – może to być także przedstawienie całej sytuacji lub polemiki. Wskazane jest, aby uczniowie byli wprowadzani do szczegółowego i precyzyjnego obserwowania znanych zjawisk za pomocą różnych technik. W ExpEdition na przykład stosujemy metodę Concept Cartoons, w ramach której uczniowie mają reflektować nad wcześniej przedstawionymi potencjalnymi wyjaśnieniami obserwowanego zjawiska.

W przypadku badania tworzenia się cieni wygląda to następująco w podręczniku dla pierwszej klasy:



Rysunek 2: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Przedstawiając to zadanie, nauczyciel przypomina, co uczniowie już odkryli na temat tego, jak można uzyskać ciemniejszy lub jaśniejszy cień. Uczniowie dowiedzieli się, że cień może być ciemniejszy lub jaśniejszy w zależności od przybliżenia lub oddalenia źródła światła, użycia silniejszego światła. Uczniowie mają już poczucie, że rozumieją to zjawisko, jednak nauczyciel za pomocą kolejnego zadania pokazuje im, że nadal jest co badać, i proponuje, by przyjrzeli się jeszcze jednej sytuacji, nad którą mogą się zastanowić w kontekście tworzenia ciemniejszego cienia: *Czy może powstać ciemniejszy cień przez nakładanie się kilku cieni?*

Następnie nauczyciel zachęca uczniów do rozwiązania zadania konceptualnego, w którym narysowane są dwa drzewa, a ich cienie się nakładają. Rysunek został celowo przygotowany tak, aby nie było jasne, czy cień w miejscu nakładania się cieni drzew jest ciemniejszy, czy nie. To hipotetyczna sytuacja, w której dwa cienie się przenikają, a troje dzieci rozważa, czy przez ich nakładanie może powstać ciemniejszy cień.

Nauczyciel odczytuje dzieciom wszystkie trzy wypowiedzi i zachęca uczniów do zastanowienia się, z którą z nich się zgadzają. Ponieważ jest to zadanie konceptualne, nie ma jednej poprawnej odpowiedzi — zostało zaprojektowane tak, aby pobudzać uczniów do wykorzystania własnych doświadczeń z cieniami i skłaniać ich do dokładniejszego zbadania tej sytuacji. Ma to ich zmotywować do przeprowadzenia szczegółowej obserwacji.

Uczniowie dyskutują w grupach. Jeśli nie dojdą do porozumienia, to ich zadaniem będzie uzasadnić, dlaczego wybrali konkretną wypowiedź, albo dlaczego uważają, że wypowiedź zaproponowana przez kogoś innego nie opisuje prawidłowo danego zjawiska. Nauczyciel wspiera uczniów tam, gdzie to potrzebne, i zachęca ich, aby nie zgadywali, lecz starali się podejmować decyzje na podstawie swojego zrozumienia mechanizmu powstawania cieni.

Po zakończeniu dyskusji nauczyciel prosi uczniów, aby przedstawili, z którą wypowiedzią się zgadzają, i spróbowali uzasadnić swój wybór, na przykład w oparciu o posiadaną wiedzę lub doświadczenia. Nauczyciel na tym etapie nie ocenia odpowiedzi, a jedynie podsumowuje, czy uczniowie doszli do wspólnych wniosków czy nie, i zaznacza, że w każdym przypadku warto będzie sytuację zbadać.

Prowadząc uczniów do dyskusji nad wypowiedziami, nauczyciel sprawia, że wszyscy zaczynają się nad sytuacją zastanawiać i rozumieją cel kolejnej obserwacji. Dzięki temu, że wypowiedzi są już zawarte w rysunku, uwaga uczniów skupia się na najważniejszych aspektach, a wcześniej sformułowane wypowiedzi ułatwiają im rozmowę na temat sytuacji stymulującej.

Zgodnie z wytycznymi podręcznika ExpEdition nauczyciel robi wszystko, aby rozwój umiejętności obserwacyjnych uczniów był jak najbardziej intensywny. Rozdaje uczniom w grupach latarkę i liście wycięte z różnych materiałów. Na tym etapie nie chodzi jeszcze o badanie prawdziwych liści, lecz różnych tworzyw. Ważne jest, aby wśród tych materiałów znajdowały się zarówno materiały przezroczyste, jak i nieprzezroczyste – przy czym niektóre przezroczyste będą kolorowe, inne bezbarwne, podobnie nieprzezroczyste będą zarówno kolorowe, jak i bezbarwne (np. różnokolorowe i białe folie, papiery o różnej grubości, tkaniny o zróżnicowanej strukturze i grubości itp.).

Zadaniem uczniów będzie sprawdzić, czy przez nakładanie dwóch przedmiotów można uzyskać ciemniejszy cień. Nauczyciel podkreśla, że mają oni do dyspozycji różne materiały, dlatego powinni wypróbować różne kombinacje, aby dowiedzieć się, czy wynik uzyskany poprzez obserwację pierwszej pary materiałów będzie taki sam dla wszystkich badanych tworzyw. Poprzez te instrukcje nauczyciel naprowadza uczniów na szczegółową i ukierunkowaną obserwację różnych materiałów. Jej celem jest odkrycie przez uczniów zasady, że przezroczyste przedmioty zachowują się przy nakładaniu inaczej niż nieprzezroczyste. W wyniku obserwacji uczniowie zdobywają nowe informacje, które mogą wykorzystać do rozwiązania sytuacji początkowej.

W trakcie badania nauczyciel pomaga uczniom dojść do sedna zadania. Okazuje się, że przez nakładanie niektórych przedmiotów cień staje się ciemniejszy, ale w przypadku innych – nie. Nauczyciel może pokierować uczniów, by prowadzili obserwację w ten sposób, że dwa nakładające się przedmioty trzymają poziomo nad białym podłożem i oświetlają je z góry latarką. W ten sposób ewentualny ciemniejszy cień staje się lepiej widoczny. Takie podejście skłania uczniów do precyzyjnej obserwacji i zachęca ich do manipulowania materiałami w różny sposób, aby zdobyć informacje potrzebne do odpowiedzi na pytanie, które zainicjowało obserwację. Nauczyciel pełni więc rolę przewodnika pomagającego uczniom prowadzić obserwację tak, aby mogli samodzielnie dojść do wniosków.

Następnie nauczyciel wskazuje uczniom z powrotem na rysunek z początku zadania (nakładające się cienie drzew) i zachęca ich, by na podstawie zdobytej wiedzy ponownie przemyśleli swe wcześniejsze wybory dotyczące tego, która wypowiedź jest prawdziwa. Uczniowie badali różne materiały, ale nie badali liści drzew, więc mogą nadal postrzegać tę sytuację jako niejednoznaczną. Potrafią jednak wysnuć wniosek: jeśli liście drzew przepuszczają światło, to w miejscu ich nakładania może powstać ciemniejszy cień; jeśli jednak światła nie przepuszczają, to cień będzie tak samo ciemny w miejscach, gdzie się nakładają, jak tam, gdzie się nie nakładają. W ten sposób rodzi się nowe pytanie badawcze: *Czy liście drzew przepuszczają światło, czy nie?*, które staje się punktem wyjścia do dalszej obserwacji.

Uczniowie mogą obserwować wyłącznie liście drzew, jednak warto wykorzystać tę okazję i tak organizować ich aktywność, aby przyjrzeli się większej liczbie materiałów i sprawdzili, które przepuszczają światło, a które nie. Aby mogli porównać wyniki, nauczyciel proponuje sposób, w jaki będą ustalać, czy dany przedmiot przepuszcza światło. Wyjaśnia, że jeśli włączoną latarkę przyłożymy do badanego materiału i przez ten materiał będzie widać, że latarka świeci, to oznacza, że materiał jest przezroczysty, czyli przepuszcza światło. Jeśli jednak przyłożymy przedmiot do latarki i nie zauważymy żadnego światła, to znaczy, że przedmiot jest nieprzezroczysty, a więc nie przepuszcza światła.

W ten sposób nauczyciel wprowadza jednoznaczny sposób klasyfikowania przedmiotów i wskazuje, czym różnią się obiekty przezroczyste od nieprzezroczystych. Oprócz tego stanowi przykład osoby, która obserwuje konkretną cechę przedmiotów i samodzielnie opracowuje wystarczająco wiarygodną metodę, dzięki której – na podstawie dokonanej obserwacji – potrafi rozstrzygnąć, czy dany przedmiot posiada określoną cechę, czy nie.

Rozwijanie umiejętności obserwacji obejmuje więc również zachęcanie uczniów do tworzenia własnych metod prowadzenia obserwacji, które pozwalają zdobywać więcej informacji o przedmiotach. Początkowo to nauczyciel jest wzorem osoby, która proponuje takie metody, jednak z czasem zaczyna włączać uczniów w tworzenie procedur obserwacyjnych, tak aby ich umiejętność samodzielnego planowania obserwacji mogła się rozwijać.

Zadaniem uczniów jest wypróbowanie zaproponowanego sposobu na materiałach, które badali podczas sprawdzania, czy poprzez nałożenie dwóch przedmiotów można uzyskać ciemniejszy cień (liście wycięte z różnych materiałów z początkowej części zadania), a następnie posegregowanie materiałów na te, które przepuszczają światło, oraz na te, które go nie przepuszczają. Uczniowie podczas tej obserwacji zauważą, że niektóre obiekty przepuszczają dużo światła, inne tylko jego niewielką ilość. Nauczyciel zaproponuje, aby spróbowali ustalić, który materiał jest „najbardziej przezroczysty", poprzez nakładanie tych samych obiektów jeden na drugi i sprawdzanie, ile warstw trzeba ułożyć, aby materiał przestał przepuszczać światło.

Nauczyciel ponownie staje się przykładem osoby, którą coś w trakcie obserwacji zainteresowało i chce to dokładniej zbadać – dlatego samodzielnie wymyśla sposób, jak wpłynąć na sytuację, by dowiedzieć się o niej więcej i lepiej ją zrozumieć.

Następnie nauczyciel wzywa uczniów do porównania wyników obserwacji między grupami. Jeśli obserwowali te same obiekty w taki sam sposób, wyniki powinny się pokrywać. Jeśli nie, warto powtórzyć obserwację. Jeśli się zgodzą, mogą zaufać swoim wynikom, ponieważ inni „badacze" doszli do tych samych wniosków. W ramach tych instrukcji pojawia się kolejny element rozwijania umiejętności obserwacji – skupienie się na precyzyjnym obserwowaniu, które pozwala zaufać wynikom. Nauczyciel z początku „sztucznie" tworzy sytuacje, w których uczniowie muszą porównać swoje wyniki, aby pośrednio zwrócić uwagę na błędy wynikające z pośpiesznych i nieuważnych obserwacji. Celem jest, by uczniowie prowadzili obserwacje w taki sposób, aby ich wyniki były wiarygodne – czyli by obserwacje były wystarczająco dokładne.

W podobny sposób uczniowie następnie badają także liście z drzew. Dowiadują się, że liście przepuszczają światło: jedne bardziej, inne mniej – ale wszystkie przepuszczają przynajmniej jego część. Następnie nauczyciel zachęca uczniów do powrotu do sytuacji początkowej i próby zdecydowania, która z wypowiedzi jest prawdziwa. Prowadzi ich więc do sformułowania wniosków, zadając różne pytania: *Wróćcie do początkowego obrazka. Na podstawie tego, co odkryliście, zastanówcie się, z którą wypowiedzią teraz byście się zgodzili. Czy myślicie, że kilka osób może mieć rację jednocześnie? Czy istnieją sytuacje, w których zgodzilibyście się również z wypowiedziami, z którymi wcześniej się nie zgadzaliście? Jeśli tak, spróbujcie wyjaśnić, kiedy byłyby prawdziwe. Jeśli uważacie, że nie, spróbujcie uzasadnić swoje stanowisko.*

Ponieważ liście drzew przepuszczają światło, zachowują się jak folie, których nakładanie na siebie może prowadzić do powstania ciemniejszego cienia. Z drugiej strony ważne jest, aby uczniowie uświadomili sobie, że na drzewie znajduje się duża liczba liści, które się wzajemnie nakładają, co może spowodować, że drzewo jako całość nie przepuszcza światła – a więc nakładanie się cieni dwóch takich drzew nie prowadzi do powstania ciemniejszego cienia. Nie chodzi o to, aby uczniowie doszli do „jednego poprawnego rozwiązania", lecz o to, by uczyli się wykorzystywać rozwijające się wyobrażenia o cieniu do uzasadniania swoich wniosków na temat tego, jak mogą przebiegać różne zjawiska.

W ramach poszczególnych zadań, oprócz jasno określonych celów, chodziło również o pokazanie uczniom, że zjawiska przyrodnicze można badać naprawdę dogłębnie, zwracać uwagę na bardzo drobne szczegóły oraz poszerzać i precyzować swoją wiedzę. Ostatecznie nie jest najważniejsze to, aby uczniowie zrozumieli zjawisko powstawania cieni w precyzyjny sposób (nawet jeśli wciąż na poziomie empirycznym), ale znacznie ważniejsze jest to, aby postrzegali obserwację jako narzędzie wyjaśniania otaczających nas zjawisk – przy czym precyzja jest tutaj fundamentalna.

Nawet jeśli mamy poczucie, że dobrze rozumiemy jakieś zjawisko, to możemy nadal rozwijać swoją wiedzę – na swój własny sposób – nie musimy zawsze polegać na kimś, kto nam wszystko wyjaśni. W ten sposób uczniowie zaczynają również stopniowo rozwijać wyobrażenie o tym, że nauka ma charakter tymczasowy. W danym momencie rozumiemy zjawiska przyrodnicze w określony sposób, a nasze wyjaśnienie opiera się na wystarczająco dokładnej obserwacji. Nie oznacza to jednak, że w przyszłości nie dowiemy się jeszcze więcej i nie zrozumiemy danego zjawiska lepiej.

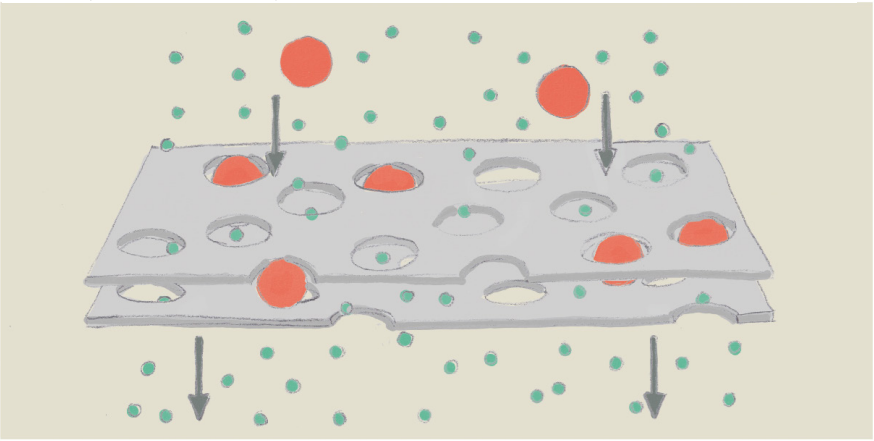
Aby umiejętność obserwacji mogła się rozwijać, istotne jest stosowanie zasad jej aplikowania do różnych zjawisk przyrodniczych – rozwijanie umiejętności obserwowania w różnych kontekstach przyrodniczych. Nie chodzi o to, by uczniowie potrafili zbadać tylko jedno konkretne zjawisko, ale by rozwijali ogólną zdolność do obserwacji. W dalszej części tekstu przedstawimy kilka kolejnych przykładów rozwijania tej umiejętności, zwracając uwagę na to, że nie zawsze konieczne jest obserwowanie rzeczywistych sytuacji czy pomocy dydaktycznych. Umiejętność obserwowania można rozwijać również na podstawie źródeł informacji, obserwując obrazy, filmy, animacje, schematy i diagramy.

Na przykładzie poniższego zadania wyjaśnimy, w jaki sposób można rozwijać u uczniów umiejętność obserwacji bez konieczności obserwowania rzeczywistych sytuacji. Zadaniem uczniów jest obserwacja schematycznego przedstawienia procesu filtracji, a następnie – na podstawie schematu – wyjaśnienie, na czym ten proces polega.

Celem zadania jest rozwijanie umiejętności pozyskiwania informacji ze schematycznych reprezentacji. Takie przedstawienia są typowe dla komunikacji w naukach przyrodniczych, ponieważ stanowią sposób systematycznego zobrazowania określonej zasady. Zadaniem uczniów jest zastosowanie rozwijającego się wyobrażenia na temat filtracji i rozpoznanie na rysunku przyswojonej podstawowej zasady filtracji. Oczekiwanym rezultatem jest opis tego, co znajduje się na ilustracji.

Na przykład, uczniowie mogą sformułować wyjaśnienie w następujący sposób: woda z różnymi cząstkami (fragmentami), która znajduje się u góry, trafia do filtra, na którym zatrzymują się te cząstki, które są większe niż otwory w filtrze. Cząstki, które są mniejsze od otworów, przechodzą przez filtr – choć nie wszystkie muszą, ponieważ mogą zatrzymać się na nieprzepuszczalnych częściach (poza otworem filtra). Można również zauważyć, że jeśli mamy dwa filtry z większymi otworami, to ich „odpowiednie" nałożenie na siebie może dać mniejsze otwory, dzięki czemu możliwa jest filtracja (usunięcie) także mniejszych cząstek.

Ú12 Czy na podstawie ilustracji potrafilibyście opisać, co dzieje się podczas użycia sitka, czyli podczas filtracji?



Rysunek 3: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla klasy 1 szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Po wykonaniu zestawu zadań skoncentrowanych na praktycznej obserwacji filtracji, nauczyciel kieruje uwagę uczniów na ilustrację, która przedstawia proces filtracji – na przykład przesiewanie cząstek herbaty sypanej przez sitko (przytoczenie takiego przykładu pomaga uczniom zidentyfikować na schemacie podobieństwo do tego, co właśnie badali). Nauczyciel zachęca uczniów, by najpierw samodzielnie zastanowili się, co wyjaśnia ilustracja, co jest na niej przedstawione. Po indywidualnym przemyśleniu nauczyciel zachęca uczniów do dyskusji w grupach. Podczas pracy w grupach obserwuje, jak uczniowie rozmawiają i pomaga tym grupom, które nie radzą sobie z zadaniem. Zawsze

jednak warto nie udzielać od razu pełnego wyjaśnienia, lecz jedynie delikatnie naprowadzać. Na przykład można wyjaśnić, że szary kolor oznacza sitko – podobne do tego, którego używali wcześniej w zadaniach dotyczących filtracji. Na ilustracji pokazane są dwa sitka ułożone jedno na drugim. Nauczyciel zatem stopniowo udziela wskazówek, jeśli to konieczne. Dzięki temu, że uczniowie próbują samodzielnie zrozumieć ilustrację, późniejsze wyjaśnienie nauczyciela odbierają z większą uwagą, ponieważ chcą się upewnić, czy dobrze ją zinterpretowali.

Czasami rozwój umiejętności obserwacyjnych zapewnia już samo proste skierowanie uwagi uczniów na coś, czego normalnie by nie zauważyli. Na przykład w kolejnym zadaniu uczniowie rozpoznają konkretne gatunki wśród wykiełkowanych sadzonek warzyw i odkrywają, że niektóre rośliny można rozpoznać już na etapie kiełkowania. Jednocześnie dowiadują się, że wykiełkowane rośliny można w wielu przypadkach rozpoznać także po zapachu i smaku – szczególnie jeśli chodzi o gatunki aromatyczne (burak ćwikłowy, rzodkiewka, cebula itp.). Zadanie to daje zatem możliwość skierowania uwagi uczniów na wykorzystanie różnych zmysłów.

Nauczyciel proponuje, aby uczniowie dokładniej przyjrzeli się nasionom roślin i sprawdzili, czym się one od siebie różnią, a w czym są podobne, oraz czy z każdego nasiona wyrasta taka sama roślina. Formułuje pytania, które pomagają ukierunkować obserwację uczniów na to, czego inaczej by nie zauważyli: *Czy można rozpoznać roślinę po jej nasieniu Czy ta sama roślina zawsze ma identyczne nasiona?*

Następnie podaje uczniom w grupach miseczkę z mieszanką nasion rzodkiewki, marchwi i ogórka, nie informując ich jednak, jakich roślin są to nasiona. Zadaniem uczniów jest ustalić, ile gatunków roślin znajduje się w miseczce, a następnie posegregować nasiona. Kolejnym krokiem będzie wysianie nasion na wacie, dbanie o nie i obserwacja, czy po wykiełkowaniu wszystkie będą wyglądać tak samo, czy też z nasion o różnym wyglądzie wykiełkują rośliny, które już na pierwszy rzut oka będą wyglądać inaczej.

Jeśli nauczyciel chce zaoszczędzić czas, nie musi oczekiwać od uczniów samodzielnej obserwacji procesu kiełkowania – może wcześniej przygotować wykiełkowane rośliny z tych trzech rodzajów nasion. Przy każdej miseczce powinien wtedy umieścić w przezroczystym woreczku próbkę nasion, które zostały w niej wysiane. Również w tym przypadku nie podaje się, jakich roślin dotyczą dane nasiona. Zadaniem uczniów jest rozpoznać po kształcie nasion, jakie rośliny z nich wykiełkowały, a następnie narysować w odpowiednim miejscu w podręczniku, jak wygląda wykiełkowana roślina.

Ú4a W tabeli znajdziesz informacje o tym, jak wyglądają wykiełkowane nasiona trzech różnych roślin użytkowych. Porównaj je ze swoimi wykiełkowanymi nasionami i oznacz pojemniki w zależności od tego, jakie rośliny w nich hodujesz.

Rysunek 4: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1 klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Następnie uczniowie przechodzą do rozwiązania drugiej części zadania, w której przedstawiono, jak wyglądają wykiełkowane rośliny trzech różnych gatunków upraw (jak na zamieszczonym obrazku). Tym razem w tabeli nie pokazano, jak wyglądają nasiona tych roślin, ale wiemy, jak wyglądają ich wykiełkowane nasiona. Uczniowie porównują te informacje z tym, jak wyglądały wykiełkowane rośliny z trzech rodzajów nasion w pierwszej części zadania i przyporządkowują uprawy (marchew, rzodkiewka i ogórek) do nasion, a tym samym określają, jak wyglądają nasiona

danych roślin. Warto zachęcić uczniów, aby w pierwszej części zadania dopisali przy nasionach, do jakiej rośliny one należą. Podobnie powinni oznaczyć wykiełkowane rośliny w pojemnikach.

W trzeciej części zadania uczniowie są zachęcani do zauważania innych różnic między wykiełkowanymi roślinami. Podczas obserwacji uczniowie zazwyczaj koncentrują się tylko na zmyśle wzroku, dlatego nauczyciel celowo podprowadza uczniów do tego, aby spróbowali rozpoznać kiełkujące nasiona także za pomocą węchu i smaku. Nie podaje im od razu sposobu badania, lecz prowadzi z uczniami dyskusję na temat tego, jak można stwierdzić, że roślinę da się rozpoznać na przykład po zapachu. Podkreśla, że celem jest odróżnienie zgadywania od wiedzy, dlatego istotne będą powtarzalne obserwacje wykonywane przez różne osoby. Najpierw jednak uczniowie muszą sprawdzić za pomocą węchu, czy da się rozróżnić rośliny wtedy, gdy widzimy, jaką roślinę testujemy. Nauczyciel może naprowadzić uczniów, aby oderwali kawałek wykiełkowanej rośliny, potarli go między palcami, a dopiero potem powąchali. Ponieważ rośliny różnią się między sobą kształtem (co uczniowie odkryli w poprzednich częściach zadania), ważne jest, aby obserwować je z zamkniętymi oczami. Dobrym pomysłem jest, aby uczniowie się zmieniali i każdy miał okazję sprawdzić, czy potrafi rozpoznać roślinę tylko po zapachu, gdy koledzy z grupy podsuwają mu próbkę do testowania. Nauczyciel powinien z uczniami przedyskutować sposób badania tak, aby uczniowie mogli zaufać wynikom i aby nie była to tylko zgadywanka, czy też wniosek wyciągnięty **z jednorazowej, niedokładnej obserwacji. Można to osiągnąć, kładąc odpowiedni nacisk na omówienie całego procesu badawczego. Jednocześnie warto zaznaczyć, że również badacze samodzielnie ustalają metody pracy, a sposoby badania nie są z góry narzucone. Ważne jest, aby zaprojektować taki sposób postępowania, który zapewni dokładne i wiarygodne wyniki.**

Podobnie należy postąpić przy testowaniu, czy rośliny można rozpoznać po smaku. W przypadku tego zadania ważne jest, aby nauczyciel uświadomił uczniom, że w badaniach zwykle nie wykorzystuje się smaku jako zmysłu poznawczego, ponieważ badacz najczęściej bada to, co nieznane, a ono może być dla niego niebezpieczne. Dlatego trzeba podkreślić, że nie należy próbować niczego, czego się nie zna. Z drugiej strony nauczyciel wyjaśnia, że w naszym badaniu będziemy także testować smak, ale tylko dlatego, że znamy rośliny, które degustujemy – wszystkie to znane warzywne rozsady, które nie są trujące. To, czego nie wiemy, to fakt, czy da się je rozpoznać po smaku.

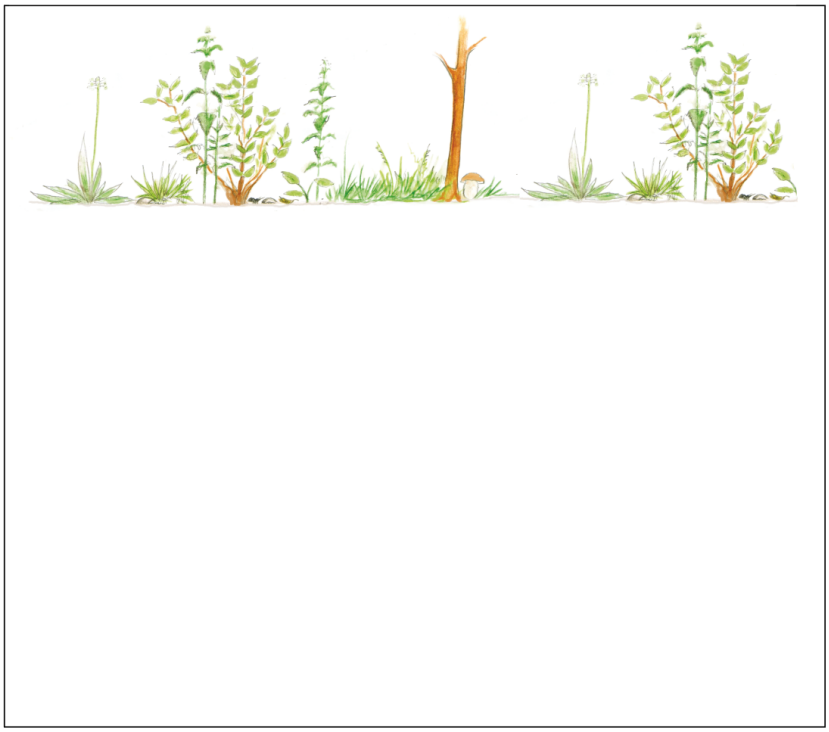
W ostatniej części zadania uczniowie koncentrują się na sformułowaniu wniosku. **Nauczyciel naprowadza uczniów na sformułowanie wniosku, przypominając oryginalne pytanie badawcze:** *Czy na podstawie nasiona można rozpoznać roślinę, która z niego wyrośnie?* Zachęca uczniów do tego, by opierali swoje wnioski na wynikach obserwacji. Jeśli uczniowie, na przykład, twierdzą, że można rozpoznać roślinę po nasionie, to powinni wyjaśnić, na jakiej podstawie (jakiej obserwacji, jakiego wyniku) to twierdzą. Zdolność do prowadzenia obserwacji rozwijamy zatem również poprzez to, że uczniowie stopniowo uświadamiają sobie, iż za pomocą obserwacji mogą odkryć coś nowego, odpowiedzieć na pytanie, które zainicjowało obserwację. Uczniowie zauważają, że obserwacja nie jest celem samym w sobie (nie jest to tylko zabawna część aktywności), ale służy odkrywaniu nowych rzeczy.

Skierowanie uwagi uczniów na odkrywanie nowych informacji poprzez obserwację można osiągnąć na różne sposoby. Na przykład poprzez sformułowanie pytania badawczego albo zastosowanie metody zadania konceptualnego, jak już wcześniej wspomniano. W podręcznikach ExpEdition do ukierunkowania uwagi uczniów wykorzystujemy także sam proces identyfikacji *prekoncepcji,* jak pokazano w poniższym przykładzie. Dzięki temu, że uczeń najpierw zastanawia się nad daną sytuacją, zjawiskiem lub przedmiotem i prezentuje swoją aktualną wiedzę, podczas tworzenia rysunku lub innego wyrażenia swojej wyobraźni identyfikuje to, co jest dla niego niejasne. Kiedy otrzymuje możliwość obserwacji, skupia się właśnie na tych aspektach, które w trakcie realizacji zadania okazały się dla niego niejasne.

Przedstawiamy dwa przykłady takich zadań, których celem jest skupienie uwagi uczniów na obszarach, w których ich własne wyobrażenia są niepełne – po to, by mogli odkryć coś nowego. W pierwszym zadaniu chodzi o rozważenie, co zawiera gleba, natomiast w drugim – o zastanowienie się, ile i jakie kości znajdują się w ludzkiej dłoni. W przypadku pierwszego zadania uczniowie sięgają po rzeczywiste obiekty (badają bezpośrednio glebę), natomiast w drugim zadaniu obserwują schematyczne ilustracje w wiarygodnych źródłach informacji (np. encyklopediach).

Ú1

Co znajduje się w glebie? Narysuj, co twoim zdaniem może znajdować się w glebie pod powierzchnią ziemi. Zastanów się nad swoimi doświadczeniami oraz nad tym, co człowiek zwykle robi z glebą. Porównajcie swoje pomysły w grupie i omówcie różnice.



Rysunek 5: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Nauczyciel prosi uczniów, aby dorysowali w zadaniu 1 wszystko, co ich zdaniem znajduje się w glebie. Uczniowie pracują samodzielnie, ale są zorganizowani w grupy, więc mogą się częściowo wzajemnie inspirować. Ważne jest jednak podkreślenie, że chodzi jedynie o pierwszą refleksję nad tym, co już wiemy o glebie, aby nie badać czegoś, co jest oczywiste dla wszystkich. Celem jest, by każdy uczeń zastanowił się nad swoim własnym wyobrażeniem i wyraził je za pomocą rysunku.

Na rysunku celowo pokazano górną warstwę gleby z roślinnością, co ma naprowadzić uczniów na ideę, że w glebie mogą znajdować się na przykład korzenie lub inne części roślin, które dostały się tam z powierzchni. Ostatecznym zadaniem uczniów jest próba narysowania, co ich zdaniem może się znajdować w glebie. Nauczyciel zachęca uczniów, by umieszczali na rysunku wszystko, co kojarzy im się z glebą. Uczniowie najpierw pracują indywidualnie, a następnie konsultują się w grupach i mogą dorysować to, co zauważyli u rówieśników i co ich przekonało.

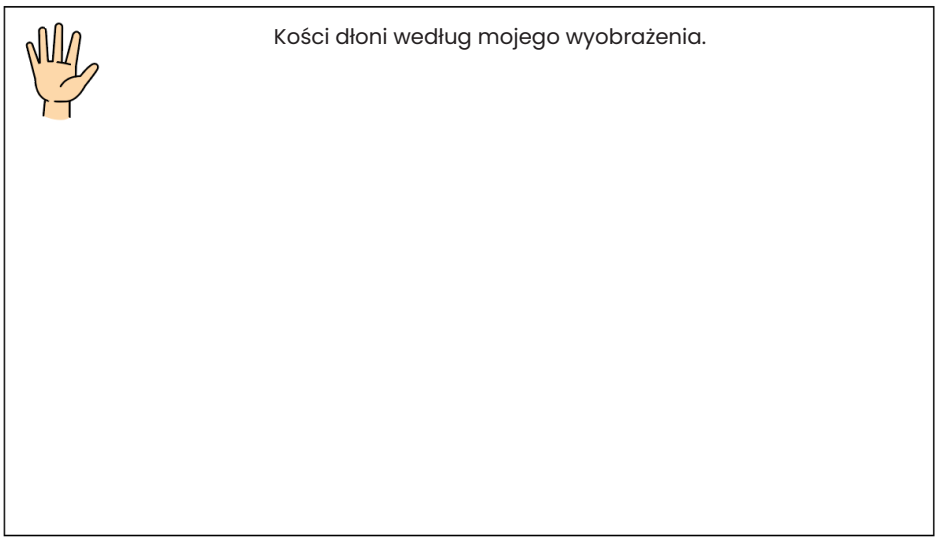
Nauczyciel krąży po klasie, obserwuje, co uczniowie umieszczają na rysunkach, i pomaga tym, którzy nie wiedzą, jak zacząć. Dzięki temu dowiaduje się, co uczniowie już wiedzą, a czego jeszcze nie. Na zakończenie nauczyciel prezentuje, co najczęściej pojawiało się w rysunkach uczniów, zwraca uwagę również na elementy, które wystąpiły tylko w niektórych pracach, i prowadzi z uczniami dyskusję o tym, co o nich sądzą. Celem jest podkreślenie podobieństw i różnic w wyobrażeniach uczniów na temat składu gleby.

Alternatywnie nauczyciel może poprosić, aby każda grupa zaprezentowała, co narysowała i na jakiej podstawie uważa, że właśnie to znajduje się w glebie. Następnie uczniowie mogą dorysować do swoich rysunków elementy, które chcieliby uzupełnić na podstawie prezentacji innych grup. Na koniec nauczyciel proponuje, aby uczniowie dokładniej zbadali glebę – być może dowiedzą się czegoś nowego i odpowiedzą sobie na pytania, które pozostały bez odpowiedzi po wykonaniu zadania wstępnego. W ten sposób podkreśla, że wstępna refleksja nie doprowadziła do odpowiedzi, lecz do powstania pytań, na które uczniowie spróbują odpowiedzieć poprzez dalsze badania gleby.

Celem następnego zadania jest rozwijanie wyobrażenia uczniów o ludzkim szkielecie. Koncentrujemy uwagę uczniów na fakcie, że szkielet człowieka składa się z wielu kości, które są połączone stawami, co umożliwia lepszą ruchomość

ciała. Naszym zamierzeniem jest to, aby uczniowie dokładnie obserwowali własne ciało i spróbowali na podstawie sposobu, w jaki można poruszać poszczególnymi częściami, wnioskować, gdzie kończy się jedna kość, a zaczyna druga. Częściowym celem jest zatem rozwój umiejętności obserwacji w taki sposób, by uczeń potrafił z codziennych sytuacji pozyskać nowe informacje, których przy spontanicznym patrzeniu by nie zauważył. Oprócz rozwijania umiejętności obserwacyjnych, uczniowie są również prowadzeni do rozwijania umiejętności pracy z wybranymi wtórnymi źródłami informacji. Oczekiwanym wynikiem z wykonania zadania jest wyobrażenie uczniów, że ludzki szkielet składa się z dużej liczby mniejszych kości – i że im bardziej ruchoma jest dana część ciała, tym więcej zawiera kości połączonych stawami.

Ú2 Przyjrzyjmy się dokładniej ludzkiemu szkieletowi. **Obrysuj swoją dłoń i spróbuj dorysować, ile i jakie kości znajdują się w twojej ręce.** Obserwuj ruch swojej dłoni – pomoże ci to zastanowić się, gdzie kończy się jedna kość, a zaczyna druga.



Rysunek 6: *Przykład zadania z podręcz ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Aby w badaniu można się było odpowiednio skoncentrować na szczegółach, uczniowie w tym zadaniu badają tylko kości dłoni – od nadgarstka po czubki palców. Zakłada się, że w podobny sposób uczniowie będą potrafili wyciągać wnioski na temat obecności kości także w innych częściach ciała. Naszym zamierzeniem nie jest to, aby uczeń potrafił wyliczyć, ile kości znajduje się w dłoni, jak są dokładnie ułożone i jaki mają kształt. Celem zadania jest raczej ogólne zrozumienie, że dzięki uważnej obserwacji dłoni można oszacować, ile znajduje się w niej kości, nawet jeśli niektóre są trudniej zauważalne.

Nauczyciel podkreśla, że dzięki wcześniejszym zadaniom uczniowie dowiedzieli się, iż różne gatunki zwierząt mają w ciele różną liczbę i rodzaje kości. Człowiek także należy do zwierząt, które mają w ciele szkielet – i nauczyciel proponuje, aby uczniowie go zbadali. Wyjaśnia, że rozpoczną od mniejszej części – tej, którą mają dosłownie „pod ręką" – będą się więc zastanawiać, ile i jakie kości znajdują się w dłoni. Warto, by nauczyciel wyraźnie zaznaczył i pokazał dzieciom, którą część ręki będą badać (od nadgarstka po czubki palców), ponieważ uczniowie często pod pojęciem „ręka" rozumieją całą kończynę górną – od ramienia po palce. Uczniowie zostają podzieleni na grupy, a nauczyciel wyjaśnia, na czym polega ich zadanie: „Obrysujcie swoją dłoń i spróbujcie dorysować, ile i jakie kości się w niej znajdują. Obserwujcie ruch dłoni – to pomoże wam w zastanowieniu się, gdzie kończy się jedna kość, a zaczyna inna." Uczniowie pracują w grupach, ale każdy wykonuje własny rysunek – nie muszą dojść do tych samych wniosków, na co nauczyciel również zwraca uwagę. Może podkreślić, że badacze zwykle przed rozpoczęciem obserwacji zastanawiają się, co już wiedzą o danym zjawisku, przedmiocie czy sytuacji – to pomaga im skoncentrować się na tym, co nadal pozostaje niejasne. Badacze także często się nie zgadzają między sobą, ponieważ każdy może mieć inną wiedzę i doświadczenia. Dlatego interesujące jest nie tylko wykonanie zadania, ale także porównanie wyników z innymi. Niejednokrotnie badacze są zaskoczeni, jak różne mogą być spojrzenia na przyrodę, co zazwyczaj motywuje ich do dalszego dociekania, jak jest naprawdę.

Uczniowie w grupach obrysowują swoje dłonie i próbują narysować w powstałym obrysie, gdzie ich zdaniem znajdują się kości, jakiej są długości, grubości, wielkości, gdzie jedna się kończy, a druga zaczyna. Nauczyciel zachęca uczniów do uważnej obserwacji własnych dłoni – precyzyjne patrzenie może im podpowiedzieć, gdzie są kości, a nawet ile ich tam jest. Warto również zapewnić uczniów, że nie jest ważne, jak dokładnie narysują kości ani czy będą one faktycznie przypominać rzeczywiste kości. W czasie pracy grupowej nauczyciel pomaga tym uczniom, którzy tego potrzebują.

Dzięki temu, że uczniowie starają się narysować kości dłoni, odkrywają podczas tworzenia rysunku to, *co nie jest dla nich do końca jasne* – ich uwaga zostaje ukierunkowana. Przy późniejszym poszukiwaniu informacji na temat tego, *jak jest naprawdę,* koncentrują się w sposób naturalny na tym, co wcześniej budziło ich niepewność.

Podsumowanie zasad rozwijania umiejętności obserwacji

Podstawowym aspektem rozwijania umiejętności obserwacji jest przekształcenie przeważnie *spontanicznej obserwacji* ucznia w *celową obserwację zrozumiałą poznawczo* (Harlen, 2000). Jeśli chcemy, aby umiejętność obserwacji ucznia rozwijała się w świadomy proces pozyskiwania istotnych informacji, powinniśmy skierować uwagę ucznia na to, czego sam *spontanicznie nie robi.* Obejmuje to na przykład:

- *Ukierunkowanie percepcji ucznia na szczegóły wymagające skupionej obserwacji.* W przykładzie z badaniem cienia kierujemy uwagę ucznia poprzez pytania typu: *Jak byś stworzył dłuższy cień, krótszy cień? Jak byś stworzył cień, który zwraca się w prawo, w lewo?* Równocześnie chodzi o skierowanie ucznia na dłuższą obserwację. Na przykład: *Jak długość i kierunek cienia budynku wiążą się z ruchem Słońca po niebie?*

- *Rozwijanie umiejętności dostrzegania i łączenia zmiennych* (Lucas, Tobkin, 1988; Swatton, 1994; Swatton, Taylor, 1994). W przykładzie z badaniem cienia zadajemy pytania typu: *Czy długość cienia zależy od tego, pod jakim kątem świecisz na gwóźdź? Jeśli chcesz skrócić cień, co musisz zrobić ze źródłem światła? Co musisz zrobić, jeśli chcesz uzyskać dłuższy cień? Czy długość cienia zależy od odległości latarki od gwoździa?*

- *Obserwowanie zmian w sytuacji po różnych ingerencjach i porównywanie ich z wcześniej zdobytymi informacjami* (Song, Black, 1992). Najpierw prosimy ucznia o konkretne manipulowanie rzeczywistością poprzez instrukcje typu: *Daj latarkę koledze. Kolega ją wyłączy i skieruje na gwóźdź z dowolnej odległości i pod dowolnym kątem. Narysuj na kartce, jak twoim zdaniem powstanie cień. Zaznacz swój przewidywany wynik i spróbuj go wyjaśnić.* Celem jest to, aby uczeń samodzielnie, bez szczegółowego sterowania przez nauczyciela, na podstawie ogólnej instrukcji typu: *Badaj tworzenie się cienia i spróbuj wyjaśnić, jak cień powstaje,* potrafił manipulować rzeczywistością w taki sposób, by uzyskać jak najwięcej informacji o badanym zjawisku.

Metodyczne wspieranie ucznia w rozwijaniu jego umiejętności obserwacji odbywa się przede wszystkim *poprzez słowne ukierunkowanie za pomocą pytań*. Uczeń odbiera pytania jako model sposobu myślenia o sytuacji (Newton, Newton, 2000). Dlatego wskazane jest, aby przy rozwijaniu umiejętności obserwacji stymulować ucznia pytaniami – aż do momentu, gdy sam podczas działań obserwacyjnych *zacznie formułować pytania prowadzące do bardziej szczegółowej obserwacji* i na ich podstawie samodzielnie badać obserwowane zjawisko, sytuację lub obiekt.

Badając sposób spontanicznej obserwacji dokonywanej przez dzieci, możemy ustalić, z identyfikacją których aspektów badanego przedmiotu lub zjawiska uczniowie mają trudności. Na podstawie tych ustaleń nauczyciel kieruje dalszymi działaniami uczniów w taki sposób, aby pozyskiwali oni brakujące informacje i uzupełniali je w swoich własnych notatkach. Od tego, jakie informacje uczeń zdobędzie, zależy jego dalsze badanie zjawisk powiązanych z aktualnie obserwowanym (Checkovich, Sterling, 2001).

Na przykład, jeśli uczeń podczas obserwacji tworzenia się cienia zauważy, że można uczynić więcej niż jeden cień tego samego obiektu (gdy mamy więcej źródeł światła), to będzie bardziej uważny podczas spaceru pod ulicznymi latarniami. Zauważy również cztery ogromne reflektory na boisku piłkarskim, gdy zorientuje się, że każdy zawodnik ma cztery cienie.

Spontaniczna obserwacja, będąca często wynikiem niedostatecznie rozwiniętej umiejętności obserwowania, zazwyczaj jest nieustrukturyzowana, a cel pozostaje niejawny – chodzi o zbadanie dziwnie zachowującego się zjawiska, obiektu, sytuacji. Aby pomóc uczniowi rozwinąć jego umiejętność obserwacji, można mu zaproponować podstawową lub nawet bardzo szczegółową strukturę obserwacji danego zjawiska – na przykład poprzez wcześniej zaplanowany zestaw pytań, ustnych lub pisemnych w formie karty pracy. Nauczyciel stopniowo rezygnuje z wykorzystywania tego rodzaju pomocy i zachęca ucznia, aby spróbował samodzielnie przed przystąpieniem do obserwacji stworzyć własną strukturę obserwacyjną – tzn. opisał, co i dlaczego chce obserwować (zob. prace Tunnicliffe, Reiss, 1999; Tomkins, Tunnicliffe, 2001). Sama obserwacja staje się wówczas intencjonalna, co przyczynia się do rozwoju umiejętności obserwowania.

Na rozwiniętą umiejętność obserwacji składa się także zdolność doboru takich narzędzi obserwacyjnych, które umożliwią pozyskanie większej ilości informacji z obserwowanego obiektu lub zjawiska. Obserwacja pośrednia z wykorzystaniem różnych narzędzi (lupy, mikroskopy, stetoskopy, teleskopy, ale także różne czujniki ruchu, natężenia światła, dźwięku, ciepła – z wyjściem cyfrowym lub bez) w młodszym wieku szkolnym jest dość skomplikowaną kwestią. Ponieważ korzystanie z tych narzędzi jest przejawem rozwiniętej umiejętności obserwacji, oznacza to, że ich użycie musi pełnić funkcję pomocy, a nie być celem samej obserwacji (Harlen, 2000). Jeśli uczeń nie potrafi przeprowadzić obserwacji za pomocą danego narzędzia, ponieważ nie umie się nim posługiwać lub zanadto skupia się na samym urządzeniu, to jego użycie staje się celem samym w sobie. To samo dotyczy sytuacji, w której uczeń nie potrafi dostrzec związku między rzeczywistością postrzeganą zmysłami bez użycia narzędzia a rzeczywistością zapośredniczoną przez to narzędzie. Na przykład uczniowie młodszych klas nie potrafią powiązać obrazu widzianego gołym okiem z tym, co widzą pod mikroskopem, szczególnie jeśli chodzi o obserwację części jakiejś całości. Lupa pokazuje „powiększoną rzeczywistość", której podstawowe cechy są zgodne z tymi, które dostrzegamy wzrokiem bez użycia lupy, dlatego jej stosowanie jest bardziej odpowiednie. Podobnie młodsi uczniowie mają trudności ze zrozumieniem funkcji czujników z cyfrowym wyjściem mierzących natężenie różnych wielkości.

Także tworzenie własnych pomocy naukowych w celu poprawy jakości obserwacji jest przejawem rozwiniętej umiejętności obserwowania. Typowym przykładem są proste „nasłuchiwacze" owadów, które uczniowie wykonują z plastikowych kubków z twardego tworzywa, na które naciągają folię celofanową. Jeśli do kubka włożymy żywe zwierzę, a do celofanu przyłożymy ucho, wyraźnie słyszymy jego dźwięki. Uczniowie mogą w ten sposób śledzić dźwiękowe reakcje różnych zwierząt, a także zachowania tego samego zwierzęcia w różnych warunkach – na przykład po schłodzeniu w lodówce, przy poruszeniu kubka, wrzuceniu drapieżnika lub ofiary itp.

Uczniowie czwartej klasy wykorzystali fakt, że stukanie w nadmuchany balon jest intensywnie słyszalne, jeśli przyłożymy do niego ucho. Umieścili obserwowane zwierzę w balonie, nadmuchali go i słuchali. Podobnie inni uczniowie wykorzystali doświadczenie, że po przyłożeniu ucha do stołu wyraźnie słychać wszelkie ruchy na jego powierzchni. Położyli więc badane zwierzę na stole, przykryli je szklanką i nasłuchiwali zmian dźwięków, przykładając ucho do stołu. Uczniowie klas I–III byli jednak zdolni do takich innowacji dopiero po pewnym czasie i pod silnym wpływem strategii dydaktycznych opartych na podejściu indukcyjnym.

Rozwinięta umiejętność obserwowania przejawia się również tym, że uczeń potrafi zaobserwować dużą ilość informacji, wszystko zapisuje, a dopiero po zakończeniu obserwacji ocenia, które informacje są ciekawe i istotne, i na ich podstawie formułuje wnioski. Pozostałe zanotowane informacje zachowuje i ewentualnie do nich wraca, jeśli wcześniejsze interpretacje się nie potwierdzą. Rozwinięta umiejętność obserwacji przejawia się u ucznia nie tylko w jakości i ilości aktualnie pozyskanych informacji ze środowiska, ale wpływa również na sposób jego dalszych obserwacji (Brotherton, Preece, 1995; Milne, 2007) i może prowadzić stopniowo do interpretowania, a następnie wyjaśniania tego, co obserwuje.

Umiejętność obserwacji możemy wspierać poprzez zastosowanie następujących strategii przy badaniu sytuacji, które uczniowie uważają za znane i zrozumiałe:

- *ukierunkowanie* uwagi uczniów na to, czego w innym przypadku by nie zauważyli;
- zachęcenie ich do obserwowania *detali,* które umknęłyby ich uwadze;
- dostarczanie *przykładów precyzyjnych procedur obserwacji;*
- stopniowe prowadzenie uczniów do samodzielnego *proponowania procedur obserwacyjnych;*
- zachęcanie uczniów do korzystania *z różnych zmysłów;*
- wskazywanie na zastosowanie odpowiednich narzędzi *wspomagających obserwację;*
- zachęcanie do obserwowania nie tylko rzeczywistych sytuacji, ale także *obrazków, schematów i diagramów;*
- wdrażanie uczniów w tworzenie *zapisów z obserwacji;*
- zachęcanie uczniów do *formułowania wniosków z obserwacji;*
- uświadamianie im, że poprzez precyzyjną obserwację można *odkrywać nowe fakty także w dobrze znanych sytuacjach*.

2 Umiejętność mierzenia

Umiejętność mierzenia należy postrzegać w kontekście rozwoju kompetencji przyrodniczej. To ona określa kierunek, w jakim powinna być rozwijana ta umiejętność. Głównym celem edukacji przyrodniczej jest rozwijanie takiej kompetencji, która pozwoli uczniom opracowywać procedury umożliwiające przekształcenie subiektywnej oceny w obiektywne porównanie różnic. W procesie rozwijania umiejętności mierzenia można wykorzystywać odpowiednie kompetencje z zakresu matematyki, nie należy jednak ich ze sobą utożsamiać. Nie każde mierzenie, którego uczniowie dokonują na lekcjach przyrody, przyczynia się do rozwoju umiejętności mierzenia w kontekście przyrodniczym. Ważne jest rozwijanie tej kompetencji w taki sposób, aby uczniowie postrzegali mierzenie jako część procesu zdobywania wiarygodnych danych, które pozwolą odpowiedzieć na pytanie będące punktem wyjścia do badania.

W niektórych źródłach dotyczących rozwijania umiejętności badawczych umiejętność mierzenia nie jest nawet oddzielana od umiejętności obserwacji, ponieważ stanowi jedynie jej obiektywizację – poprzez opracowanie procedur, dzięki którym można zmierzyć dane i potwierdzić (lub nie) różnice w obserwacjach.

Podstawowym wymogiem rozwijania umiejętności mierzenia w kontekście przyrodniczym jest zwrócenie uwagi uczniów na sytuacje, w których porównanie „na oko" już nie wystarcza i konieczne jest zmierzenie określonej cechy. Na przykład: chcemy się dowiedzieć, która roślina fasoli urosła więcej w tym samym czasie – ta posadzona w słonecznym miejscu, czy ta, która rosła cały czas w cieniu. Ponieważ obie fasole urosły, a ich łodygi wiją się i wyginają w różne strony, trzeba znaleźć narzędzie, które pozwoli ustalić, która z nich jest dłuższa. Jeśli chcemy rozwijać umiejętność mierzenia, wzywamy uczniów do samodzielnego poszukiwania sposobów, jak ustalić lub zmierzyć różnicę.

W kontekście badań nie chodzi o to, *ile* jedna jest dłuższa od drugiej, ale *czy* jest dłuższa – dlatego wynik nie musi być wyrażony liczbowo. Z tego wynika, że umiejętność tę można zacząć rozwijać jeszcze przed nauką operowania wartościami liczbowymi zmiennych. Gdy uczniowie zrozumieją, że chcą dalej obserwować fasole i nie mogą ich wyrwać, wyprostować i porównać, zadanie staje się dla nich ciekawym wyzwaniem.

Choć większość uczniów szukała narzędzia, które pozwoliłoby zmierzyć długość łodygi (np. pasek papieru, nitka, wstążka), niektórzy zaczęli rozważać liczenie liści, zakładając, że jeśli roślina ma więcej liści, to w tym samym czasie bardziej urosła. Z powyższego wynika, że mierzenie odbywało się poprzez porównywanie długości (bez wyrażania jej w jednostkach) lub porównywanie liczby elementów.

Z powyższego jasno wynika, że celem rozwijania umiejętności mierzenia jest uświadomienie uczniom, iż sposoby pomiaru nie są z góry ustalone – to badacz sam je określa w taki sposób, aby mógł ufać wynikom, które uzyska. Oznacza to, że można wykorzystywać standardowe narzędzia pomiarowe, jeśli uczeń posiada odpowiednie umiejętności ich obsługi, ale możliwe jest także stosowanie niestandardowych przyrządów. Innymi słowy, uczniowie mogą

być prowadzeni do rozwijania umiejętności mierzenia również wtedy, gdy nie opanowali jeszcze matematycznych kompetencji niezbędnych do korzystania z konkretnych narzędzi (np. linijki, wagi, termometru).

Rozwijanie umiejętności mierzenia może odbywać się na różnych poziomach, w zależności od rodzaju pomiaru, na którym koncentrują się działania badawcze z uczniami. W naukach przyrodniczych wyróżniamy pomiar jakościowy i ilościowy. Pomiar jakościowy oznacza identyfikację obecności danej zmiennej (substancji, cechy itp.), natomiast pomiar ilościowy koncentruje się na określeniu stopnia obecności tej zmiennej – czyli ustaleniu jej wartości. W przytoczonym przykładzie z fasolą mamy do czynienia z pomiarem ilościowym (ustalenie, która łodyga jest dłuższa lub która roślina ma więcej liści). Pomiar jakościowy jest prostszy i bliższy koncepcji obserwacji. Dla rozwijania umiejętności mierzenia ciekawszy jest jednak pomiar ilościowy, w ramach którego uczniowie są stopniowo wprowadzani do wykorzystywania zdobywanego aparatu matematycznego.

Pomiar ilościowy można dalej podzielić na pomiar częstotliwościowy, porządkowy i proporcjonalny. W młodszych klasach często utożsamia się rozwój umiejętności mierzenia z rozwojem umiejętności porównywania. Dzieje się tak głównie dlatego, że u młodszych uczniów koncentrujemy się przede wszystkim na pomiarze częstotliwościowym i porządkowym, których istotą jest obserwacja, porównanie i identyfikacja różnic. Różnica ta w pomiarze częstotliwościowym wyrażana jest przez różną liczbę wystąpień danego obiektu, zjawiska lub cechy, natomiast w pomiarze porządkowym chodzi o uszeregowanie obiektów według określonej, możliwej do zaobserwowania cechy.

Na przykład, jeśli celem badania jest sprawdzenie, czy zamrożenie nasion fasoli ma wpływ na ich zdolność kiełkowania, uczniowie są zaproszeni do posadzenia 20 zamrożonych i 20 niezamarzniętych nasion i zaobserwowania, czy zdolność kiełkowania się zmienia. Chodzi więc o porównanie liczby nasion, które wykiełkują w każdej misce. Ponieważ nasiona po zamrożeniu nie tracą zdolności kiełkowania, w obu miskach uczniowie będą obserwować wykiełkowane fasole i mogą mieć wrażenie, że w jednej z misek jest ich więcej. Jeśli chcemy się dowiedzieć, czy rzeczywiście tak jest, należy policzyć, ile nasion wykiełkowało – czyli wyrazić częstotliwość wystąpienia określonego obiektu (wykiełkowana fasola). Mamy tu do czynienia z częstotliwościowym pomiarem ilościowym. Uczniowie nie muszą nawet zapisywać liczby – mogą np. za każdą wykiełkowaną fasolę zamalować jedno pole w rzędzie i w ten sposób łatwo ustalą, w której misce wykiełkowało więcej fasoli.

Porządkowy pomiar ilościowy określa, w której próbce dana zmienna występuje w większej, a w której - w mniejszej ilości, ewentualnie porządkuje próbki według rosnącej lub malejącej wartości tej zmiennej. Podstawą jest identyfikacja zmiennej i określenie jej wartości poprzez porównanie, co oznacza, że przedmioty (zjawiska) można uszeregować nawet bez dokładnego ustalenia wartości zmiennej. Przykładem może być wspomniana obserwacja tego, która roślina fasoli urosła bardziej – porządkujemy rośliny według długości łodygi, przy czym jako narzędzie pomiarowe możemy wykorzystać pasek papieru lub sznurek. Wynika z tego, że porządkowy pomiar ilościowy również nie wymaga wyrażania wyniku w formie liczbowej – wystarczy ustalić kolejność.

Trudność tego rodzaju pomiaru zależy przede wszystkim od przebiegu pomiaru danej zmiennej. Obiektywne wyniki uzyskujemy tylko wtedy, gdy różnice w porównywanych elementach można dostrzec zmysłami (czyli mamy możliwość porównać wszystkie elementy ze sobą, tzn. każdy z każdym). Na przykład w przypadku pomiaru czasu trwania zjawisk (np. czasu kiełkowania różnych rodzajów nasion), wszystkie procesy muszą się rozpocząć w tym samym momencie. Istotne jest, aby uczeń mógł jednocześnie obserwować wszystkie elementy (zjawiska) i za pomocą zmysłów dostrzegać różnice w ilości. Naturalna dla dzieci w tym wieku subiektywna ocena powinna być stopniowo wypierana przez bardziej obiektywne sposoby pomiaru.

Pomiar proporcjonalny wartości zmiennej można przeprowadzić również przy użyciu uniwersalnych jednostek miary. Z punktu widzenia rozwoju umiejętności mierzenia to właśnie rozwijanie zdolności do korzystania z uniwersalnych jednostek miary jest najtrudniejsze. Rozwój tej umiejętności wiąże się z rozwojem rozumienia wartości liczbowych, nawet w fazie, gdy liczby nie są jeszcze bezpośrednio używane do pomiaru.

Na przykład, jeśli mamy dwa naczynia o różnych kształtach wypełnione wodą i chcemy sprawdzić, w którym jest jej więcej, mówimy o porządkowym pomiarze ilościowym, który można wykonać poprzez zaznaczenie poziomu wody

na jednym naczyniu, przelanie jej i wlanie wody z drugiego naczynia – a następnie porównanie poziomu względem zaznaczenia.

Jeśli jednak chcemy zmierzyć objętość wody w każdym naczyniu niezależnie (czyli wykonać tzw. proporcjonalny pomiar ilościowy), musimy najpierw określić jednostkę objętości. W odniesieniu do tej jednostki mierzymy następnie, ile jednostek wody mieści się w jednym i drugim naczyniu, a porównanie wyników liczbowych prowadzi nas do wniosku. Jednostką objętości może być np. pierwsze oznaczone naczynie, jednak taki pomiar będzie niedokładny, jeśli zajdzie potrzeba zmierzenia i porównania dwóch objętości, które będą mniejsze niż objętość oznaczonego naczynia. Dlatego do dokładniejszych pomiarów stosuje się mniejsze jednostki objętości.

Z tego wynika, że również proporcjonalny pomiar ilościowy jest w istocie pomiarem porządkowym (określamy wartość zmiennej względem innych), ale z uwzględnieniem jednostki, względem której porównujemy daną objętość. Prawdziwe wartości absolutne objętości można by ustalić jedynie na podstawie zidentyfikowania absolutnej podstawowej objętości, która byłaby równoważna objętości elementarnej cząstki mierzonej substancji. Za wartość absolutną uznajemy zatem tylko taką, która nie jest wyrażona w odniesieniu do czegoś innego (np. liczba cząsteczek w jednym molu substancji NA = $6{,}023 \cdot 10^{27}$; te wartości wyraża się bez jednostki, ponieważ są absolutne, a nie odniesione do jednostki, jak ma to miejsce np. przy temperaturze wrzenia wody t = 100 °C – temperatura wyrażona jest jako wartość proporcjonalna do jednego stopnia Celsjusza, a nie jako wartość absolutna).

Rozwój umiejętności mierzenia - to przede wszystkim proces przechodzenia od subiektywnego szacowania do obiektywnego pomiaru. Na najwyższym poziomie rozwoju tej umiejętności chodzi o przemyślane i odpowiednio precyzyjne stosowanie uniwersalnych jednostek miary, co stanowi zastosowanie pomiaru proporcjonalnego. Kluczowe jest tutaj zrozumienie sposobu korzystania z uniwersalnej jednostki miary określonej właściwości (zmiennej). Stosowane uniwersalne jednostki mogą być standaryzowane (czyli zgodne z jednostkami SI – Międzynarodowym Układem Jednostek), jednak dla lepszego zrozumienia samego procesu pomiaru warto najpierw zachęcić uczniów do tworzenia własnych narzędzi pomiarowych.

Trudność w tworzeniu narzędzia pomiarowego zależy przede wszystkim od:

- doświadczenia uczniów z daną zmienną,
- stopnia „dotykalności" zmiennej,
- a także od rozumienia zmiennej jako wielkości fizycznej.

Spróbujmy wyjaśnić te warunki bardziej szczegółowo. Na przykład: uczniowie dużo łatwiej stworzą narzędzie pomiarowe do porównywania długości kiełków fasoli niż do mierzenia tego, jak szybko poszczególni uczniowie wypiją szklankę wody lub do pomiaru intensywności śpiewu dwóch świerszczy. Dzieje się tak przede wszystkim dlatego, że badany obiekt (kiełkująca fasola) jest dotykalny, podczas gdy czas i dźwięk nie są. Również dlatego, że uczniowie są przyzwyczajeni do porównywania rozmiarów przedmiotów, ale nie są przygotowani do porównywania długości odcinków czasowych czy intensywności dźwięku. I wreszcie dlatego, że koncept długości jest dla nich już wystarczająco dobrze zinterioryzowany, natomiast koncept czasu czy dźwięku jeszcze nie.

Mimo że uczniowie mają stosunkowo dużo doświadczeń zarówno z czasem, jak i z dźwiękiem, konieczne jest ich ukierunkowywanie na tworzenie narzędzi pomiarowych dla tych zmiennych. Wzór (przykład) tworzenia narzędzia pomiarowego pomaga im uruchomić bazę doświadczeń i wiedzy oraz wykorzystać ją przy konstruowaniu samego narzędzia (Long, Kamii, 2001). Z naszych doświadczeń wynika, że uczniowie w młodszym wieku szkolnym są w stanie stworzyć do pomiaru czasu np. wahadło lub nawet odpowiednik klepsydry; potrafią również mierzyć zjawiska czasowe poprzez pomiar długości cienia, jaki rzuca stały obiekt w otoczeniu (np. słupek bramki piłkarskiej, znak drogowy itp.). Wspomniane przykłady narzędzi pomiarowych powstały na podstawie wykorzystania doświadczeń zdobytych przez zwykłą obserwację otoczenia. Uczniowie są intensywnie prowadzeni do tworzenia takich narzędzi, często poprzez poprzedzające to aktywności badawcze, których celem jest wyjaśnienie samej koncepcji zmiennej.

Samo tworzenie narzędzia jest dość wymagającą aktywnością badawczą, jeśli uczeń przez odpowiednio długi czas nie był wdrażany w wykorzystywanie własnych doświadczeń związanych z daną zmienną.

Z uwagi na wiek uczniów wskazane jest, by pomiar prowadził do wyciągania wniosków służących weryfikacji założeń – zarówno jawnych, jak i ukrytych – a nie był celem samym w sobie. Dobrze jest zaczynać od aktywności, w których uczniowie wykonują pomiar jakościowy (np. *Czy mrówki zaatakują większą, czy mniejszą liczbę obcych mrówek wkraczających na ich terytorium?*), następnie przechodzić do pomiaru ilościowego częstotliwościowego (np. *Ile jaj złoży bielinek kapustnik?*), potem do pomiaru ilościowego porządkowego (np. *Czy serce bije szybciej, gdy podczas ćwiczeń bardziej się męczymy?*), aż wreszcie do aktywności, które rozwijają u uczniów umiejętność pomiaru przy użyciu uniwersalnego narzędzia pomiarowego (np. *Jak długą łodygę może mieć fasola zasadzona tylko w wacie i podlewana czystą wodą?*).

W badaniach naukowych pomiar realizowany jest celowo, co również jest przejawem rozwiniętej umiejętności mierzenia. Wiele zjawisk może wyglądać na pierwszy rzut oka identycznie – o ile nie jesteśmy w stanie zmierzyć zmiennych (czyli ich porównać). Z drugiej strony, jeśli zaniedbamy pomiar, to możemy uzyskać zróżnicowane wyniki, które błędnie uznamy za wyjątki lub przypadki losowe – mimo że nimi nie są.

Jeśli na przykład każdy uczeń w eksperymencie z kiełkowaniem nasion posadzi 10 zwykłych nasion kukurydzy i 10 nasion kukurydzy, które wcześniej były przez jeden dzień moczone w słonej wodzie, to mogą oni uzyskać bardzo różne wyniki, nawet jeśli nauczyciel zapewni identyczne warunki kiełkowania. Wynik może być zależny od samych nasion – niektóre z nich nie wykiełkowałyby nawet w idealnych warunkach.

Jeśli zwiększymy badaną próbkę, istnieje większe prawdopodobieństwo, że różnice w wynikach będą mniejsze, ponieważ jest mniejsze ryzyko, że do próbki badawczej trafi większa liczba uszkodzonych nasion, a potencjalnie uszkodzone nasiona będą stanowiły mniejszy procent całości, przez co nie będą miały istotnego wpływu na końcowy wynik badania.

Z tego wynika, że stopniowo można prowadzić uczniów do umiejętności identyfikowania reguł w wynikach, a jednocześnie do dostrzegania wyjątków (np. zrozumienia, że niektóre nasiona i tak by nie wykiełkowały). Dodatkowo można uczniów stopniowo prowadzić do uzasadniania, dlaczego warto stosować większe próbki badawcze lub dlaczego pomiary należy powtarzać.

Rozwijanie umiejętności mierzenia postaramy się wyjaśnić na kilku przykładach z podręczników serii ExpEdition, aby było jasne, jak należy stosować zasady pomiaru w konkretnych sytuacjach edukacyjnych. W pierwszym przykładzie uczniowie są zaproszeni do zbadania, w jakiego rodzaju glebach i w jakich miejscach przebywają dżdżownice. Wyniki tych badań uczniowie mają powiązać ze sposobem życia dżdżownic – czyli z tym, czym się żywią, czy wolą światło czy ciemność, wilgoć czy suchość. W ramach tego zadania uczniowie muszą ustalić liczbę dżdżownic w tej samej ilości gleby pobranej z różnych stanowisk. Liczą więc dżdżownice w glebie z ogrodu, w podłożu ogrodniczym, w glebie leśnej oraz w glebie z placu budowy. Są w ten sposób wdrażani w pomiar ilościowy częstotliwościowy – przy czym wynik nie musi być wyrażony jako liczba absolutna. Wystarczy, jeśli uczniowie będą systematycznie zaznaczać wynik, kolorując odpowiednią liczbę ANO NE li – w ten sposób powstanie wykres, który pozwoli im ocenić, w której glebie dżdżownice mają najlepsze warunki, a w której nie.

W praktycznym scenariuszu metodycznym nauczyciel proponuje uczniom, aby zbadali, ile dżdżownic znajduje się w glebach pochodzących z różnych środowisk. Zachęca, aby pobrali taką samą ilość gleby z różnych miejsc i wyrobili sobie w ten sposób wyobraże ANO NE niej więcej dżdżownic może żyć w glebie. Nauczyciel pokazuje uczniom wiaderko, do którego będą zbierać glebę, i może przez chwilę porozmawiać z nimi o tym, ile dżdżownic ich zdaniem może się w takiej ilości ziemi znajdować. Choć nie jest to jeszcze sformułowanie hipotezy, a raczej pewnego rodzaju szacunkowe przypuszczenie lub typowanie, taka rozmowa może zmotywować uczniów do dalszych badań oraz pomóc im skupić się na celu badania.

Zadanie wymaga pracy na zewnątrz – najlepiej, jeśli uczniowie pracują bezpośrednio w terenie. Wspólnie z nauczycielem wykopują porcję gleby o objętości jednego wiaderka, po czym przesiewają lub przeszukują ją w taki sposób,

aby znaleźć dżdżownice i ustalić ich liczbę na jednostkę gleby. Dla rozwijania umiejętności mierzenia istotna jest również rozmowa o tym, dlaczego konieczne jest pobieranie takiej samej ilości gleby z różnych miejsc. Celem jest, by uczniowie zrozumieli, że im więcej gleby zbadają, tym więcej znajdą dżdżownic, a więc jeśli chcą rzetelnie porównać, w której glebie jest ich więcej, muszą porównać jednakowe ilości materiału.

Dla każdej znalezionej dżdżownicy uczniowie kolorują jedno pole w tabeli – zawsze przy tym rodzaju gleby, który badali. W ten sposób powstaje prosty diagram, który łatwiej jest interpretować nawet bez wyrażania ilości dżdżownic w formie liczbowej. Jeśli jednak nauczyciel chce połączyć to badanie z matematyką, może zachęcić uczniów, aby na końcu wiersza zapisali także całkowitą liczbę znalezionych dżdżownic.

Ú4 Badanie dżdżownic nasuwa wiele pytań. Być może są one małe i niepozorne, ale mają w przyrodzie ogromne znaczenie. Czy jesteście gotowi, aby poznać świat dżdżownic? **Sprawdź, ile dżdżownic znajduje się w jednym wiadrze gleby.** Za każdą znalezioną dżdżownicę zamaluj jedną kratkę w tabeli.

Czy wszystkie dżdżownice są jednakowej długości? Na prawym marginesie strony narysuj najdłuższą dżdżownicę, a na lewym marginesie najkrótszą.

Formułowanie wniosków: Która gleba zawierała najwięcej dżdżownic? Jak to wyjaśnisz?

Rysunek 7: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

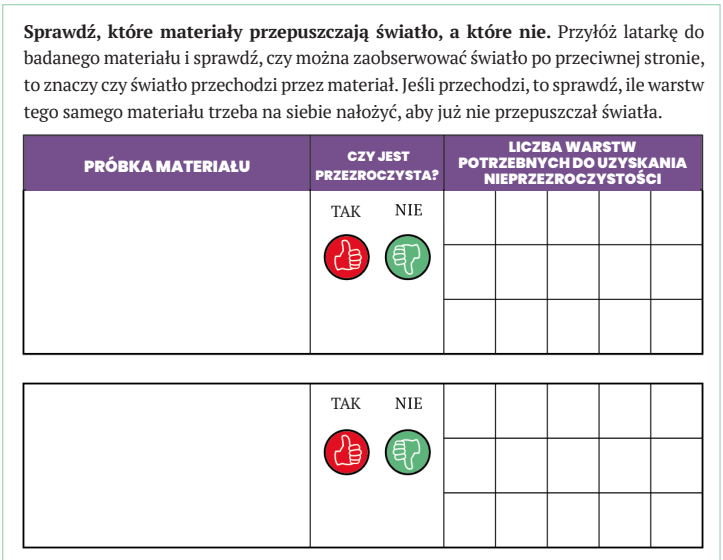
Podczas badania nauczyciel może kierować uwagę uczniów również na obserwację tego, czy wszystkie dżdżownice są jednakowej wielkości. Celem jest, aby dzieci zauważyły różnice w długości i uświadomiły sobie, że dżdżownice rosną, podobnie jak inne organizmy żywe, a wzrost jest przejawem życia. Aby podkreślić różnicę w wielkości, nauczyciel prosi uczniów, aby na prawym marginesie strony narysowali najdłuższą dżdżownicę, a na lewym – najkrótszą. Może ich również zachęcić, aby spróbowali narysować dżdżownicę tak, jak wygląda naprawdę, i pokolorowali ją zgodnie z rzeczywistością.

Nauczyciel rozmawia z dziećmi o tym, jak można by zmierzyć długość dżdżownic tak, aby na stronie w karcie pracy zaznaczyć ich rzeczywistą długość. Pomiar można przeprowadzić za pomocą linijki, ale także - sznurka lub kawałka papieru. Pomiar przykładowy przeprowadza nauczyciel, a uczniowie „kopiują" od nauczyciela długość długiej i krótkiej dżdżownicy. Najlepiej oczywiście użyć linijki, ponieważ wszystkie linijki są takie same i dzięki temu każdy uczeń może w swoim zeszycie sprawdzić za pomocą własnej linijki, czy narysował dżdżownicę o tej samej długości, jaką zmierzył i zaznaczył nauczyciel na tablicy. W ten sposób uczniowie są prowadzeni do zrozumienia

znaczenia uniwersalnych narzędzi pomiarowych. Nie jest jednak konieczne użycie linijki – nauczyciel może zmierzyć dżdżownicę np. za pomocą sznurka, co pokazuje, że istnieją alternatywne sposoby porównywania długości. Wówczas nauczyciel przygotowuje dwa kawałki sznurka – dłuższy i krótszy – które reprezentują długości zmierzonych dżdżownic. Na podstawie tych „miar" uczniowie mogą w swoich zeszytach zaznaczyć, jaka była najdłuższa i jaka najkrótsza dżdżownica.

Następnie nauczyciel przypomina, jaki był cel badania – dowiedzieć się, ile dżdżownic znajduje się w jednym wiaderku ziemi. Zachęca uczniów, aby spróbowali sformułować wniosek, przy czym celem jest, aby odwoływali się do zmierzonych danych, które zanotowali w diagramie w zadaniu nr 4. Oznacza to, że pomiar dostarcza informacji do sformułowania wniosku i sprawia, że ten wniosek jest obiektywny.

W kolejnym przykładzie zadaniem uczniów będzie mierzenie przezroczystości materiałów.



Sprawdź, które materiały przepuszczają światło, a które nie. Przyłóż latarkę do badanego materiału i sprawdź, czy można zaobserwować światło po przeciwnej stronie, to znaczy czy światło przechodzi przez materiał. Jeśli przechodzi, to sprawdź, ile warstw tego samego materiału trzeba na siebie nałożyć, aby już nie przepuszczał światła.

PRÓBKA MATERIAŁU	CZY JEST PRZEZROCZYSTA?	LICZBA WARSTW POTRZEBNYCH DO UZYSKANIA NIEPRZEZROCZYSTOŚCI				
	TAK NIE					
	TAK NIE					

Rysunek 8: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Zadaniem uczniów jest porównanie różnych materiałów pod względem przepuszczalności światła i ustalenie, który przepuszcza go najwięcej, a który najmniej. Ponieważ jest to zadanie z podręcznika dla pierwszej klasy, nauczyciel pełni rolę osoby proponującej sposób pomiaru i omawia z uczniami przebieg badania w kontekście jego celu. Zastosowano tu zasadę, według której nauczyciel najpierw przedstawia przykłady propozycji procedur pomiarowych, a następnie – w kolejnych zadaniach, gdzie możliwe jest już zastosowanie pomiaru – stopniowo wycofuje się z ich podawania i prowadzi uczniów do samodzielnego opracowywania metod pomiaru.

Uczniowie przed tym badaniem przeprowadzili obserwację, na podstawie której stwierdzili, które przedmioty są przezroczyste, a które nie (pomiar jakościowy, obserwacja). Badanie polegało na tym, że przykładali włączoną latarkę do danego materiału i obserwowali, czy światło przechodzi na drugą stronę. W zadaniu opisanym na tym rysunku będą obserwować, ile warstw danego materiału trzeba nałożyć na siebie, aby przestał być przezroczysty. Jest to zatem pomiar częstotliwościowy.

W ramach postępowania metodycznego nauczyciel prosi, aby uczniowie spróbowali ustalić, który materiał jest najbardziej przezroczysty, poprzez nakładanie jednakowych przedmiotów jeden na drugi i obserwację, ile warstw trzeba ułożyć, aby materiał stał się nieprzezroczysty. Liczbę warstw, którą ustalą, zaznaczą w karcie pracy poprzez pokolorowanie odpowiedniej liczby pól w tabeli. Nauczyciel może również zachęcić uczniów do zapisania liczby warstw w formie liczbowej na końcu wiersza, w którym zapisują wynik obserwacji dla danego materiału.

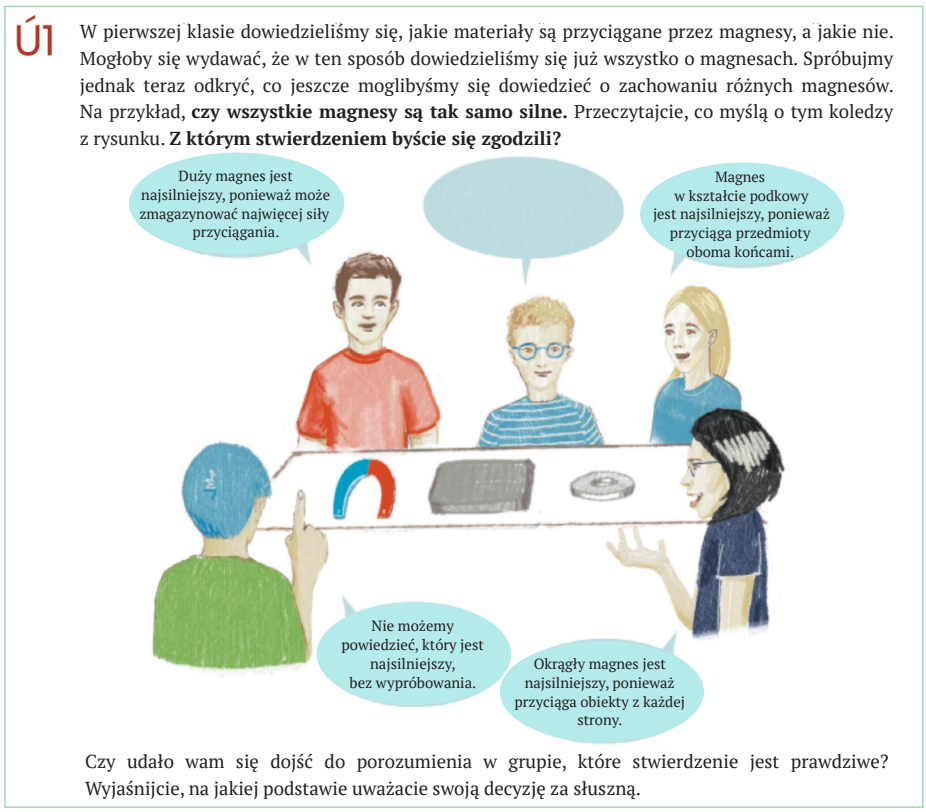
Następnie nauczyciel prosi uczniów, aby porównali wyniki pomiędzy grupami. Jeśli obserwowali te same obiekty w ten sam sposób, to wyniki powinny być zgodne, na co nauczyciel zwraca uwagę. Jeśli nie są zgodne, to wskazane byłoby powtórzenie badania – prawdopodobnie wystąpił błąd pomiaru albo pomiar nie przebiegł dokładnie w taki sam sposób i z tymi samymi przedmiotami czy tymi samymi latarkami. Natomiast jeśli wyniki pomiarów są

zgodne, można im ufać, ponieważ także inni „badacze” stwierdzili to samo. Ciekawe jest poświęcenie uwagi drobnym odchyleniom w pomiarach, które mogą wynikać na przykład ze słabszej latarki lub niedostatecznego przyłożenia materiału do latarki. Takie dyskusje rozwijają nie tylko samą umiejętność mierzenia (w ramach identyfikacji różnych warunków pomiaru w przypadku uzyskania nieidentycznych wyników), ale również rozumienie natury nauki – badacz powinien być ostrożny w formułowaniu wniosków, zwłaszcza gdy wyniki różnych zespołów badawczych nie są zgodne.

Z podanych instrukcji wynika jasno, że dla rozwoju umiejętności mierzenia nie wystarczy samo przeprowadzenie pomiaru – należy także pracować z uzyskanymi wynikami i oceniać je nie tylko w odniesieniu do celu badania, ale także pod kątem tego, czy można ufać uzyskanym danym.

W kolejnym przykładzie skupimy się na wyjaśnieniu sytuacji, w której nauczyciel prosi uczniów o zaproponowanie sposobu wykonania pomiaru. W zadaniach tego typu bardzo istotne jest, aby wcześniej uczniowie zetknęli się z różnymi sposobami mierzenia zaproponowanymi przez nauczyciela, przy czym zastosowano różne niestandardowe miary czy procedury. Równie ważne jest, aby uczniowie zrozumieli, co będzie przedmiotem pomiaru. Dlatego nauczyciel musi sprawić, aby uczniowie zrozumieli cel badania, czyli aby było dla nich jasne, co chcą ustalić i w jaki sposób w tym pomoże pomiar, który mają zaproponować.

W omawianym przykładzie do zapoznania uczniów z celem badania stosujemy metodę obrazów koncepcyjnych. Dzięki jej zastosowaniu nauczyciel nie tylko dowiaduje się, jakie są aktualne wyobrażenia uczniów o sile magnetycznej magnesów, ale jednocześnie skutecznie prowadzi ich do identyfikacji celu badania. Ponadto, sformułowanie tego konkretnego zadania pomaga uczniom uświadomić sobie, że aby wyciągnąć jakiś wniosek, należy przeprowadzić badanie.



Rysunek 9: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Na początku warto zachęcić uczniów do podsumowania tego, co już zbadali na temat magnesów w pierwszej klasie, a dopiero potem skłonić ich do zastanowienia się, czy można założyć, że niektóre magnesy są „silniejsze” od innych i czym ewentualna różnica mogłaby być spowodowana (jakimi właściwościami magnesu). Można to zapewnić dzięki odpowiedniej instrukcji do zadania. Następnie nauczyciel pomaga uczniom odczytać wypowiedzi czterech kolegów, którzy badają magnesy różnej wielkości i kształtu. Jest to oryginalny obrazek metody Concept Cartoons (dalej meto-

da CC, https://www.millgatehouse.co.uk/concept-cartoons-research/), w którym autorzy (Stuart Naylor i Brenda Keogh) stworzyli wypowiedzi na podstawie wcześniejszego badania tego, co uczniowie szkoły podstawowej najczęściej myślą o „mocy" magnesów. Zadaniem uczniów jest przedyskutowanie w grupach, z którą wypowiedzią się zgadzają. Celem jest dojście do porozumienia w grupie, jednak ostatecznie nie będzie problemem, jeśli uczniowie w grupie nie zgodzą się co do jednej konkretnej wypowiedzi. Ważne jest, aby rozważyli wszystkie, a jeśli którejś nie wybiorą, to przynajmniej spróbują ją odrzucić.

Metoda CC jest interesująca ponieważ nie dąży do sformułowania jednej poprawnej odpowiedzi. Właściwe rozwiązanie zależy od tego, jakie konkretne magnesy obserwujemy i co rozumiemy pod pojęciem mierzenia ich „mocy". Obrazek jest więc odpowiednim punktem wyjścia do dyskusji o tym, co uczniowie postrzegają jako przejaw „mocy magnesu". Jednocześnie daje możliwość badania różnych aspektów sytuacji, np. czy magnesy przyciągają przedmioty wszystkimi stronami, czy większy magnes przyciąga przedmioty z większej odległości, czy mały magnes może utrzymać większy ciężar przedmiotów itd. We wszystkich przypadkach ostatecznie dochodzimy do problemu mierzenia siły magnetycznej magnesu.

Jeśli uczniowie wybiorą jedną z wypowiedzi, to warto sprawdzić, czy w różnych grupach uczniowie zgodzili się na tę samą czy różne wypowiedzi. Zazwyczaj nie zdarza się, aby uczniowie zdecydowali się na jedną wypowiedź, rozważają co najmniej dwie, co powoduje konflikt poznawczy i tym samym staje się okazją do dalszego badania sytuacji. Jeśli uczniowie nie dojdą do zgody, to warto zachęcić ich, aby spróbowali przekonać drugą grupę (która wybrała inną wypowiedź), uzasadniając, na podstawie czego (jakiego doświadczenia, wiedzy) podjęli decyzję na rzecz tej właśnie wypowiedzi. Poprzez taką dyskusję możemy osiągnąć lepsze zrozumienie celu badania.

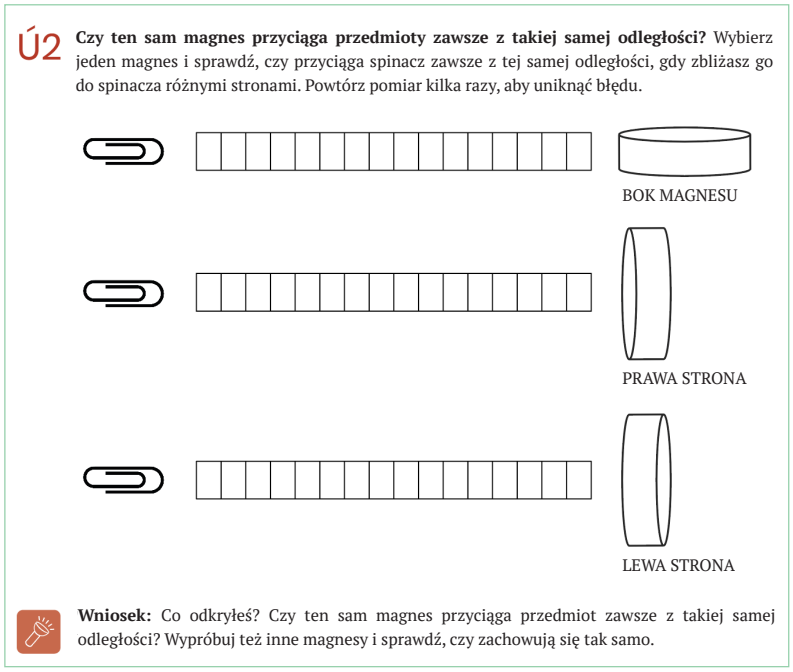
Jeżeli zadanie wymagające uzasadnienia jest dla uczniów zbyt trudne, nauczyciel zachęca ich, aby spróbowali zastanowić się, jak można w praktyce sprawdzić, kto ma rację. Prosi ich o zgłoszenie propozycji sposobu pomiaru, w tym również doboru pomocy, które będą potrzebne do jego wykonania. Nauczyciel najpierw podkreśla, że celem aktywności jest zaproponowanie sposobu, dzięki któremu moglibyśmy rozróżnić, który magnes jest „silniejszy", co da nam narzędzie do sprawdzenia, która wypowiedź z obrazka jest prawdziwa. Uczniowie pracują w grupach, lecz najpierw przez chwilę zastanawiają się indywidualnie, a następnie organizują się tak, aby każda grupa zaproponowała przynajmniej jeden sposób postępowania. Nauczyciel upewnia uczniów, że można zaproponować kilka sposobów, jednak ważne jest wybranie takiego, który zapewni wiarygodnie wyniki.

Nauczyciel pomaga tym grupom, które tego potrzebują. Gdy uczniowie w każdej grupie zaczęli już proponować sposoby postępowania, nauczyciel włącza się dyskusję z poszczególnymi grupami, aby doprowadzić je do takiego rozwiązania, które pozwoli jednoznacznie zmierzyć różnicę między magnesami. Jeśli uczniowie nie wiedzą, jak działać, nauczyciel może dać grupie dwa magnesy o różnych kształtach lub rozmiarach, aby mogli wyobrazić sobie, co mają porównywać. Jeśli nadal nie proponują żadnych sposobów, może podać im np. pudełko spinaczy biurowych i zachęcić do wykorzystania ich w planie porównywania siły magnesów.

Nauczyciel może dać uczniom w grupach większy arkusz papieru, na którym naszkicują swój sposób pomiaru „siły" magnesów, a następnie, korzystając z takiego rysunku, zaprezentują swój pomysł innym grupom. Nauczyciel zaprasza zawsze jedną grupę do przedstawienia swojego planu i pomaga jej w tym. Pozostałe grupy porównują własny sposób z tym, który przedstawiła prezentująca grupa, i mówią jedynie o tym, co same zaproponowały inaczej. Podczas dyskusji ważne jest, aby skupić się przede wszystkim na tym, czy rzeczywiście można zmierzyć różnicę w sile magnesów. Nauczyciel prowokuje uczniów pytaniami, aby spróbowali dopracować swoje propozycje tak, aby były wykonalne i dawały wiarygodne wyniki. Na przykład, jeśli uczniowie zaproponują, że będą zbliżać dwa porównywane magnesy z różnych stron do spinacza i obserwować, który magnes przyciągnie go wcześniej, nauczyciel może zapytać, jak zapewnią, że w danym momencie nie przesuną jednego magnesu bliżej, co dałoby mu przewagę nad drugim. Rozwijanie umiejętności pomiaru w tym zadaniu odbywa się głównie poprzez zastanawianie się, jak zmierzyć, który magnes jest silniejszy, i jak to zrobić aby wyniki były wiarygodne.

Celem kolejnego zadania jest ustalenie, czy ten sam magnes przyciąga ten sam przedmiot zawsze z tej samej odległości, również wtedy, gdy zbliżamy magnes do przedmiotu różnymi jego stronami. Oprócz tego, że rozwiązanie tego zadania powinno stopniowo prowadzić uczniów do odkrycia obecności biegunów magnetycznych magnesu, sprzyja ono również przygotowaniu do późniejszego, dokładniejszego pomiaru, w ramach którego uczniowie będą porówny-

wać odległość, z jakiej różne magnesy przyciągną ten sam przedmiot. Na podstawie tego badania uczniowie powinni zrozumieć, że każdy z porównywanych magnesów należy zbliżać do przedmiotu tą stroną, którą magnes przyciąga przedmioty (biegunem magnetycznym, który najpierw trzeba na magnesie zidentyfikować).



Rysunek 10: *Przykład zadania z podręcznik ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Celem zadania jest sprawdzenie, czy magnes przybliżany do przedmiotu różnymi stronami przyciąga ten sam przedmiot z takiej samej, czy z różnych odległości. Oczekiwanym wynikiem jest odkrycie, że magnes przyciąga przedmioty z dwóch przeciwległych stron z większej odległości, natomiast przy zbliżaniu magnesu do przedmiotu inną (boczną) stroną – przyciąga je z dużo mniejszej odległości. Oddziaływanie magnetyczne magnesu nie jest więc równomierne, lecz skupia się na dwóch stronach. Uczeń w ten sposób identyfikuje bieguny magnesu, a nauczyciel jedynie je nazywa biegunami magnesu.

Sposób realizacji zadania sprzyja rozwijaniu umiejętności mierzenia – w ramach tego ćwiczenia nauczyciel staje się przykładem osoby, która proponuje sposób przeprowadzenia pomiaru i wyjaśnia, dlaczego należy go wykonać właśnie w taki sposób. Dzięki temu objaśnieniu uczniowie rozwijają swoją umiejętność mierzenia.

Nauczyciel proponuje uczniom, aby przed porównaniem siły kilku magnesów najpierw sprawdzili, czy ten sam magnes zawsze przyciąga ten sam przedmiot z tej samej odległości – w ten sposób przedstawia pytanie badawcze. Może też rozmawiać z uczniami o ich przypuszczeniach, jednak w tym zadaniu nie zapisują oni swoich hipotez. Uwaga skupia się na sposobie, w jaki uczniowie będą mierzyć, czy magnes przyciąga ten sam przedmiot (spinacz biurowy) zawsze z tej samej odległości.

Nauczyciel prosi uczniów pracujących w grupach, aby zapoznali się z zadaniem 2 i spróbowali opisać, jak ich zdaniem należy postępować. Następnie omawia z nimi ten proces i go doprecyzowuje. Podkreśla, że ważne jest używanie tego samego spinacza, ponieważ większy lub mniejszy spinacz mógłby zostać przyciągnięty przez ten sam magnes z większej lub mniejszej odległości. Spinacz należy zawsze ułożyć dokładnie w miejscu, w którym jest narysowany, i w taki sam sposób, jak na ilustracji. Jeśli uczniowie chcą porównywać wyniki między grupami, dobrze jest, aby wszystkie grupy używały identycznych spinaczy i w taki sam sposób. Podobnie należy postępować w przypadku magnesów.

Nauczyciel pokazuje, jak trzeba zbliżać magnes do spinacza, jeśli odbywa się to bokiem, a jak wtedy, gdy zbliżamy go prawą lub lewą stroną (czyli stronami, które później uczniowie zidentyfikują jako bieguny magnesu). Podkreśla też, że ważne jest rozpoczęcie zbliżania z większej odległości i wykonywanie tego bardzo powoli. Gdy spinacz zostanie

przyciągnięty przez magnes, uczeń zaznacza, w jakiej odległości od spinacza znajdował się magnes. Dla pewności powtarza jeszcze dwukrotnie ten sam pomiar dla tej samej strony magnesu, a jeśli odległość się potwierdzi, zaznacza pola od spinacza aż do miejsca, z którego magnes przyciągnął spinacz. Po powtórzeniu pomiaru dla pozostałych dwóch stron magnesu powstaje diagram, z którego łatwo określić, czy magnes przyciąga spinacz zawsze z tej samej odległości, niezależnie od strony, z której jest zbliżany. Nauczyciel podkreśla potrzebę powtarzania pomiarów i uzasadnia to dążeniem do uniknięcia błędów.

Z powyższego opisu jasno wynika, że umiejętność mierzenia rozwija się nie tylko dzięki wykonywaniu pomiarów, ale także poprzez refleksję nad ich warunkami, które mają zapewnić wiarygodne wyniki.

Dopiero po dokładnym wyjaśnieniu sposobu przeprowadzania pomiaru uczniowie w grupach przystępują do samego badania, a nauczyciel pomaga tym, którzy tego potrzebują, lub tym, którzy wykonują pomiary niedokładnie. Po uzyskaniu wyników i stworzeniu prostego diagramu nauczyciel podprowadza uczniów pod sformułowanie wniosku. Przypomina pytanie badawcze: *Czy ten sam magnes zawsze przyciąga przedmiot z tej samej odległości?* – i zachęca uczniów do sformułowania wniosku wynikającego z uzyskanych danych. Jeśli uczniowie stwierdzą, że magnes nie zawsze przyciąga z tej samej odległości, nauczyciel omawia z nimi, jakie różnice zaobserwowali. Ważne jest, aby uczniowie zrozumieli, że jeśli zbliżamy magnes do przedmiotu zawsze tą samą stroną, to ten sam przedmiot zostanie przyciągnięty z tej samej odległości. Natomiast jeśli zbliżamy magnes inną stroną, przedmiot może zostać przyciągnięty z innej odległości.

Następnie nauczyciel prosi uczniów, aby wypróbowali magnesy o różnych kształtach i sprawdzili, czy zachowują się podobnie jak magnes, który badali wcześniej. Dzięki sprawdzeniu na kilku magnesach uczniowie upewniają się, że na wszystkich magnesach można zaobserwować dwie przeciwległe strony, którymi magnes przyciąga przedmioty z większej odległości.

Podsumowanie zasad rozwijania umiejętności mierzenia

Głównym celem rozwijania umiejętności mierzenia nie jest nauczenie uczniów posługiwania się przyrządami pomiarowymi, lecz doprowadzenie ich do zrozumienia samej zasady pomiaru, aby w przyszłości potrafili korzystać także z takich narzędzi, z którymi wcześniej się nie zetknęli. Jeśli uczeń używa przyrządu pomiarowego, powinien rozumieć związek między zmianami zachodzącymi w otoczeniu a wartością odczytaną z tego przyrządu. Już trzyletnie dziecko potrafi „zmierzyć" temperaturę termometrem i dojść do wniosku, że jeśli srebrna kreska przekracza czerwoną linię, to człowiek jest chory, ma gorączkę. W rzeczywistości jednak termometr nie mierzy stopnia choroby. Dlatego uczeń osiągnąć zrozumienie, jak działa termometr i co właściwie mierzy. Są to proste aktywności, w których uczeń wkłada termometr do zimnej, letniej i ciepłej wody. Jej temperaturę może dodatkowo odczuwać zmysłami, i zaobserwować, jak zachowuje się ciecz wskaźnikowa w termometrze analogowym albo jak zmienia się wartość na termometrze cyfrowym.

Uczniowie zazwyczaj używają przyrządów pomiarowych mechanicznie. Faktycznie mierzą jednak dopiero wtedy, gdy rozumieją związek między tym, jak zmienia się mierzona wielkość, a tym, jak ta zmiana odzwierciedla się w wartości odczytanej z przyrządu. W przypadku wykorzystywania przyrządów pomiarowych obowiązuje podobna zasada jak przy samym procesie mierzenia: jeśli sama zmienna podlegająca pomiarowi nie jest dostatecznie zrozumiana, to także używanie narzędzi pomiarowych do określania jej wartości nie będzie efektywne. Nie jest to jednak reguła absolutna. Na przykład czas jest zmienną, którą rozumiemy głównie poprzez jej pomiar. Czas określany jest jego wartością względną przy użyciu zegara lub innego czasomierza.

Z podanych cech rozwoju umiejętności mierzenia wynika, że można ją wspierać poprzez następujące strategie:

- *naprowadzanie uczniów na wykonywanie precyzyjnych pomiarów;*
- *wezwanie uczniów do porównywania wyników pomiarów między grupami oraz do rozważania ewentualnych różnic;*
- *zachęcanie uczniów do powtarzania pomiarów;*

- *rozwijanie umiejętności identyfikowania błędnych pomiarów w uzyskanych danych;*
- *przechodzenie od ukierunkowywania uczniów na wykonywanie przykładów precyzyjnych pomiarów do proponowania własnych sposobów pomiaru;*
- *skłanianie uczniów do korzystania ze standardowych narzędzi pomiarowych;*
- *zachęcanie uczniów do systematycznego zapisywania uzyskanych danych (tabela, diagram);*
- *wykorzystywanie pomiaru do odkrywania nowej wiedzy (jeśli pomiar nie przynosi nowych spostrzeżeń, nie przyczynia się do rozwoju umiejętności mierzenia w kontekście przyrodniczym).*

3 Kompetencja komunikacji naukowej

Kompetencja komunikowania się w kontekście nauki ma wiele wspólnego z ogólną kompetencją komunikacyjną, ale posiada też swoje specyficzne cechy. Dla nauki typowe jest na przykład tworzenie interpretacyjnych dyskusji dotyczących badanych problemów. Interpretacje, które mają zakotwiczenie w uzyskanych danych, dzięki dyskusji naukowej opartej na argumentacji stają się bardziej obiektywne (Holton, 1999). Wynika z tego między innymi, że dla komunikacji naukowej typowa jest argumentacja, uzasadnianie, zakotwiczanie twierdzeń w wiarygodnie pozyskanych danych. Równocześnie charakterystyczna jest dyskusja, w ramach której sama argumentacja podlega weryfikacji, przy czym kontrolowany jest zwłaszcza sposób rozumowania przy tworzeniu argumentów, na których opierane są określone twierdzenia czy wnioski. W dalszym tekście spróbujemy wyjaśnić, czym komunikacja naukowa różni się od komunikacji potocznej oraz jak można rozpocząć rozwój tej kompetencji w szkołach podstawowych.

Aby wyjaśnić rozwój kompetencji komunikacji naukowej, trzeba zapytać, kiedy i o co komunikują naukowcy w trakcie swojej pracy badawczej. Z konkretnych powodów komunikują się oni przed realizacją badań, potem w nieco odmienny sposób w trakcie badań, a także bardzo specyficznie po ich zakończeniu:

- **Cel i sposoby komunikacji naukowców przed badaniem.** Jeszcze przed przystąpieniem do badań naukowcy zajmują się studiowaniem tego, co już wiadomo w obszarze ich planowanych dociekań. Wynika to z fundamentalnego warunku realizacji badań, zgodnie z którym badanie nie jest naukowe, jeśli nie wnosi nowej wiedzy. Badacze muszą więc najpierw ustalić, co w danej problematyce jest już znane, i co należy rozwinąć. Pierwszym krokiem jest zatem analiza aktualnego stanu wiedzy w danym obszarze. W zasadzie chodzi o komunikację z naukowcami, którzy zajmują się lub zajmowali się w przeszłości daną problematyką. Komunikacja ta odbywa się zazwyczaj za pośrednictwem publikacji, w których badacze udostępniają wyniki swoich badań innym. Nierzadko więc nie chodzi o fizyczną, osobistą komunikację naukowców, lecz o komunikację poprzez opublikowane (zweryfikowane przez społeczność naukową) wyniki wcześniejszych badań. Celem jest porównanie rezultatów różnych badaczy, identyfikacja ewentualnych rozbieżności, które mogą być inspiracją do przeprowadzenia nowych badań. Podstawowym zamierzeniem jest ustalenie, co jeszcze nie zostało zbadane. Dla praktyki pedagogicznej w zakresie rozwijania kompetencji komunikacji naukowej wynika z tego, że ważne jest uwzględnianie różnych źródeł informacji, w których publikowane są wiarygodne treści oparte na wcześniejszych badaniach innych naukowców, oraz w ten sposób prezentowanie uczniom źródeł informacji.
- **Cel i sposoby komunikacji naukowców w trakcie badań.** Badania są często realizowane w zespołach badawczych. Stosowana jest zasada, zgodnie z którą każdy członek wnosi odrębną wiedzę, specyficzną ekspertyzę i dzięki temu może patrzeć na ten sam problem z innej perspektywy. To może prowadzić do owocnej dyskusji na temat tego, jak można badać zidentyfikowany problem. Wspólne rozważania często prowadzą do wzajemnej inspiracji pomysłami. Dzięki komunikacji członkowie zespołu dochodzą do ciekawszych rozwiązań lub realizują badanie bardziej efektywnie. Ponadto poprzez wzajemne dyskusje badacze mogą się nawzajem kontrolować w sposobie myślenia o problemie, w gromadzeniu danych, ich analizie – tak, by unikać potencjalnych błędów. Dla praktyki pedagogicznej rozwijania kompetencji komunikacji naukowej ważne jest, aby zachęcać uczniów do pracy w grupie w taki sposób, by inspirowali się nawzajem swoimi sposobami rozumowania i dostrzegali potencjał pracy zespołowej w skuteczniejszym osiąganiu celów badawczych oraz zapewnianiu wiarygodności wyników.
- **Cel i sposoby komunikacji naukowców po badaniach.** Celem badań naukowych jest tworzenie wyjaśnień, które powinny być dostępne nie tylko społeczności naukowej, lecz ogólnie - ludzkości. Dlatego

badacze dążą do komunikowania wyników swoich badań innym, i to w różny sposób, w zależności od tego, kto jest odbiorcą przekazu. Najbardziej typowym sposobem komunikowania wyników społeczeństwu jest publikowanie ich w książkach lub czasopismach. Badacz chce zaprezentować swoje wyniki opinii publicznej, przy czym zadaniem innych naukowców jest przed publikacją sprawdzenie wiarygodności wyników i metod, za pomocą których zostały uzyskane – co stanowi tzw. proces recenzowania (peer review). Dzięki temu zapewnia się, że publikowane są jedynie rzetelne wyniki badań. Dla komunikacji wyników badań naukowcy wybierają styl specjalistyczny, z naciskiem na dostarczenie dowodów w postaci usystematyzowanych zbiorów danych. Charakterystyczne są tu tabele, diagramy, wykresy czy schematy. Dla praktyki pedagogicznej rozwijania kompetencji naukowego komunikowania się wynika z tego potrzeba uczenia uczniów formułowania wniosków własnymi słowami, przy jednoczesnym obiektywnym odwoływaniu się do zebranych danych. Nauczyciel prowadzi przy tym uczniów w kierunku rozwijania tzw. kompetencji wizualnej i graficznej w kontekście przyrodniczym, a więc uczy pracy z tabelami, diagramami, wykresami i schematami – nie tylko w zakresie ich odczytywania, lecz także samodzielnego tworzenia.

Niektóre zasady rozwijania kompetencji komunikacji naukowej, wynikające z powyższego tekstu, spróbujemy bliżej wyjaśnić poprzez jej cztery cechy charakterystyczne. Na wstępie należy sobie uświadomić, że jeśli umożliwimy uczniom rozmowę na temat przyrodniczy, to nie oznacza to automatycznie, iż rozwijamy ich kompetencję komunikacji naukowej. Dla skutecznego rozwoju tej kompetencji konieczne jest stosowanie interwencji, które rzeczywiście temu sprzyjają.

Argumentacja jako podstawowa cecha komunikacji naukowej

Podstawową cechą komunikacji naukowej jest obiektywizm. Jeśli coś twierdzimy, odwołujemy się przy tym do niepodważalnych danych – czyli argumentujemy. Argumentacja może mieć prostą postać odwołania się do przykładu zjawiska, które potwierdza sformułowany wniosek – twierdzenie. Abyśmy byli w stanie przy formułowaniu wniosku z badania odwołać się do konkretnych danych, istotne jest precyzyjne sporządzanie zapisu z tego badania. Bez usystematyzowanego zapisu trudno jest (zwłaszcza po upływie czasu) sformułować argument wspierający wyciągnięty z badania wniosek.

Argumentacja i uzasadnianie nie dotyczą jedynie formułowania wniosków z badań. Rozwinięta kompetencja komunikacji naukowej sprawia, że badacz ma potrzebę uzasadniania wszelkich twierdzeń – na przykład uzasadnia swoje założenia czy sądy związane z przebiegiem badania.

W związku z tym możliwe jest wspieranie rozwoju komunikacji naukowej u uczniów na przykład poprzez to, że w trakcie badań będą oni sporządzać zapisy, które następnie wykorzystają przy formułowaniu wniosków własnymi słowami, odwołując się do tych danych, które wspierają sformułowany wniosek. Przy rozwijaniu umiejętności formułowania wniosków z działalności badawczej można uczniom pomóc poprzez odpowiednie pytania naprowadzające. Samą stylizację wniosku tworzy jednak uczeń, aby zachować „własność" zadania badawczego, tzn. aby uczeń formułował wniosek w odniesieniu do tego, co nowego odkrył, a więc aby uczył się komunikować swoje wyniki innym.

Warto podkreślić, że to właśnie formułowanie wniosku ma charakter indukcyjny, a więc ta faza badania nadaje aktywności charakter indukcyjny. Nauczyciel nie ocenia gramatycznej ani stylistycznej strony sformułowanych wniosków – istotniejsza jest strona merytoryczna. Jeśli od początku pracy z językiem pisanym nie będziemy dzieci uczyć formułowania wniosków własnymi słowami, trudno będzie tę kompetencję rozwinąć. Całkowicie nieodpowiednie są gotowe, „szablonowe" wnioski z uzupełnianiem słów – tzw. zadania w stylu *„zgadnij, co miał na myśli nauczyciel"*.

Równocześnie warto kierować uczniami podczas dyskusji na tematy przyrodnicze w taki sposób, aby mieli oni tendencję do uzasadniania swoich twierdzeń – na przykład odwołując się do wcześniejszych doświadczeń, własnych wyobrażeń, aktualnej wiedzy czy dowolnych informacji, z którymi pracują. Ponadto w komunikacji naukowej przejawia się ostrożność w formułowaniu sądów, wniosków i twierdzeń. Także ten element komunikacji naukowej warto rozwijać.

Praca z usystematyzowanymi zbiorami danych (tabele, diagramy, wykresy, schematy) jako cecha charakterystyczna komunikacji naukowej

Praca naukowa jest zawsze związana z pozyskiwaniem danych. Jednocześnie badacz ma świadomość, że na podstawie zgromadzonych danych będzie formułował wnioski. Wystarczy więc, aby zapisał dane w taki sposób, który będzie dla niego czytelny. Z drugiej strony, jeśli chce sobie ułatwić formułowanie wniosków i móc się w notatkach odnaleźć również po dłuższym czasie, zapisuje dane w tzw. usystematyzowanej formie – tworzy tabele, diagramy, wykresy czy schematy. Badacz przygotowuje je jeszcze przed rozpoczęciem zbierania danych, dzięki czemu uzyskuje wstępnie usystematyzowane zbiory. W trakcie formułowania wniosków może dalej przetwarzać dane – na przykład na podstawie tabel tworzyć diagramy lub wykresy – w zależności od tego, jakie relacje chce zidentyfikować czy jakie właściwości porównać. Tworzenie tabel, wykresów, diagramów czy schematów stanowi więc usprawnienie procesu formułowania wniosków.

Z powyższego wynika, że wszelkie instrukcje, za pomocą których objaśniamy uczniom pracę z tabelami, diagramami, wykresami czy schematami, stanowią wkład w rozwój umiejętności naukowego komunikowania się, zwłaszcza gdy nauczyciel przedstawia pracę z tymi usystematyzowanymi zbiorami danych w kontekście znaczenia ich wykorzystania w nauce.

Na początku istotne jest, aby dostarczyć uczniom przykłady tabel, diagramów, wykresów czy struktur schematów, do których uczniowie jedynie wpisują dane uzyskane w wyniku obserwacji lub bardziej złożonych badań. Stopniowo jednak możemy podprowadzać uczniów do tego, by spróbowali samodzielnie przygotować np. tabelę, w której będą zapisywać dane podczas rozwiązywania konkretnego pytania badawczego. Podobnie możemy uczyć uczniów najpierw przenoszenia do diagramów czy wykresów danych, które sami zmierzyli, aby zrozumieli nie tylko, jak tworzy się diagramy i wykresy, ale także, jakie znaczenie ma ich tworzenie przed sformułowaniem wniosków z badań.

Dopiero gdy uczniowie zdobędą wystarczające doświadczenie w pracy z tabelami, diagramami, wykresami i schematami, do których wpisują dane uzyskane z własnych obserwacji, pomiarów i badań, możemy stopniowo wdrażać ich do tego, aby próbowali pozyskiwać informacje z tabel, diagramów, wykresów i schematów przedstawiających wyniki badań innych osób. Podobnie obowiązuje zasada, że uczniowie najpierw muszą pojąć istotę pracy z tabelami, następnie możemy przejść do diagramów (np. słupkowych, w których wyrażona jest wartość tylko jednej zmiennej), a dopiero później do schematów, a na końcu do wykresów, które ukazują zależność dwóch zmiennych.

Diagramy i wykresy nie muszą zawierać jednostek, w których wyrażona jest wartość zmiennej — uwaga uczniów skupiona jest jedynie na porównywaniu wielkości. Mimo że diagramy są bardziej odpowiednie dla uczniów edukacji wczesnoszkolnej, ponieważ są łatwiejsze do zrozumienia (porównywana jest jedynie różna wartość tej samej zmiennej), możliwe jest wykorzystanie niektórych wykresów, zwłaszcza wtedy, gdy jedną ze zmiennych zależności jest czas, którego upływ jest łatwo zauważalny.

Oprócz czytania wykresów można rozwijać również umiejętność ich tworzenia. Ponownie trzeba rozważyć, jakie zmienne ze sobą zestawiamy. Jeśli jedną ze zmiennych jest czas, to tworzenie wykresu (krzywej zależności zmiennych) nie jest tak skomplikowane, jak w przypadku zestawiania innych zmiennych.

Zasada recenzowania w komunikacji naukowej

Interesującą formą komunikacji w nauce jest dążenie do kontrolowania informacji, które mają zostać opublikowane jako wyniki badań naukowych. Ta zasada wiąże się z jedną z podstawowych cech nauki – a mianowicie samokorygowania się. Każdy badacz dąży do publikacji wyników swoich badań, a w nauce istnieją do tego dość rozbudowane systemy publikacyjne. Chodzi o to, aby wyniki badań zostały jak najszybciej udostępnione innym naukowcom, a także szerokiej publiczności, tak aby mogły być wykorzystane w dalszych badaniach, przy tworzeniu technologii, rozwoju techniki czy też dla zaspokojenia ciekawości i potrzeby poznania. Aby publikowane były wyłącznie wiarygodne wyniki, każdy badacz akceptuje, że jego raport badawczy zostanie przed publikacją osobno sprawdzony przez innych naukowców zajmujących się tą samą dziedziną.

Dyskusja z rówieśnikami ma w działaniach obserwacyjnych i badawczych duże znaczenie, zwłaszcza ze względu na powiązanie umiejętności obserwacji i komunikacji (Ash, D., 1998). Powiązanie to polega głównie na tym, że wynikiem jakościowej obserwacji zjawiska, sytuacji czy obiektu są informacje o jego jakościowych i ilościowych cechach, które mogą być przekazywane innym i zrozumiałe (Yockey, 2001). Uczeń powinien być w stanie opisać to, co zaobserwował w taki sposób, aby jego rówieśnicy ten opis zrozumieli. Celem jest nauczenie uczniów opisywania rzeczy w sposób deskryptywny, za pomocą zjawisk i przedmiotów powszechnie znanych. Jeśli nie używamy takiej komparatywnej specyfikacji, uczniowie często nie zdają sobie sprawy, że np. przy opisie wielkości odwołujemy się do własnych doświadczeń i dlatego każdy pod pojęciem „duży" może wyobrażać sobie inną wielkość.

Wiele informacji pozyskujemy ze środowiska za pomocą zmysłów, bez werbalnego kodowania. Im uczeń jest młodszy, tym więcej wyobrażeń tworzy wyłącznie na podstawie własnego doświadczenia. Takie wyobrażenia są łatwe do wykorzystania nawet bez ich werbalnego wyrażania. Sam fakt, że powstaje tego rodzaju wyobrażenie, daje poczucie, że dane zjawisko znamy i potrafimy przewidywać wiele związanych z nim rzeczy. Często mamy wręcz poczucie, że umiemy je wyjaśnić. Jednak w próbie werbalnego wyjaśnienia ponosimy porażkę, ponieważ musimy najpierw zakodować wyobrażenie za pomocą znanych nam terminów, które nie zawsze okazują się wystarczające. Dlatego kompetencje komunikacyjne rozwijają się znacząco wtedy, gdy wymagamy od uczniów werbalizacji ich wyobrażeń. Często pomaga im w tym rysunek, który stanowi pierwotną formę kodowania tego, co uczeń wie o rzeczywistości (Malchiodi, 1998; Davido, 2001). Uczeń rysuje podstawowe informacje o przedmiocie, zjawisku czy sytuacji, a następnie stara się słownie wyjaśnić, co narysował, oraz dopowiedzieć te relacje, których nie dało się oddać w rysunku. W ten sposób rysunek staje się narzędziem inicjującym werbalizację niewerbalnego wyobrażenia.

Oprócz rozwijania kompetencji komunikacyjnych uczniów poprzez werbalizację wyobrażeń, rozwijają się również same wyobrażenia, ponieważ w procesie werbalizacji ujawniają się ich braki (Malchiodi, 1998; Leo, 1983). Wyjaśnimy to na przykładzie doświadczeń z realizacji projektu Zakasać rękawy. Uczeń z doświadczenia wie, w jaki sposób odbija się światło od lustra, i po kilku próbach odbicia światła od lustra na ścianę potrafi w przybliżeniu przewidzieć, jak należy poruszać lustrem, aby skierować światło w określone miejsce na ścianie. Uczeń ma poczucie, że zna to zjawisko. Co więcej, dzięki temu wyobrażeniu potrafi niekiedy w sposób ukryty przewidzieć (np. dokąd mniej więcej odbije się światło, albo że poruszając jednym skrzydłem okna można oświetlić przedmioty przed budynkiem, jeśli po tej stronie nie ma cienia). Jednak gdy poprosimy ucznia, aby wyjaśnił, jak to zjawisko działa, potrafi on wyjaśnić jedynie tyle, że światło odbija się od lustra. Nie potrafi dokładniej wytłumaczyć zjawiska, co nie oznacza, że w ogóle go nie rozumie. Dzięki kolejnym pytaniom (np. *Jak musisz poruszyć lustrem, aby przesunąć odbicie światła bardziej w bok? W jakim wzajemnym położeniu znajdują się źródło światła, lustro i odbicie światła? Czy można odbić światło słoneczne lustrem w dowolne miejsce w pokoju? Spróbuj wyjaśnić swoje twierdzenie.)* możemy doprowadzić ucznia do precyzyjniejszego wyrażenia tego, co dzieje się ze światłem. W trakcie takiego ukierunkowanego dialogu, pracując z informacjami, uczeń może rozwinąć swoje wyobrażenie. A jeśli nie, to przynajmniej odkryje, że nie zna zjawiska tak dobrze, jak mu się wydawało.

Praca z wtórnymi źródłami informacji jako część komunikacji naukowej (stan wiedzy jako punkt wyjścia do formułowania problemu badawczego)

W świetle tego, co zostało wyjaśnione wyżej, oczywiste jest, że badacze komunikują swoje wyniki za pośrednictwem publikacji. Czasami szukają w nich informacji, które pomogą im posunąć się dalej w badaniach, innym razem szukają metod badania konkretnej zmiennej lub porównują własne uzyskane wyniki z wynikami podobnych badań. Dlatego rozwijanie umiejętności naukowej komunikacji wymaga także umiejętność pracy z różnymi źródłami informacji.

Typowe dla komunikacji naukowej jest odwoływanie się do wyników badań innych naukowców. Wtórne źródła informacji postrzegane są zatem jako pośrednia komunikacja z naukowcem, który opublikował dane źródło. Cytowanie źródła, cytowanie naukowca, odwoływanie się do jego tytułów i pozycji są również elementami rozwoju kompetencji w zakresie komunikacji naukowej.

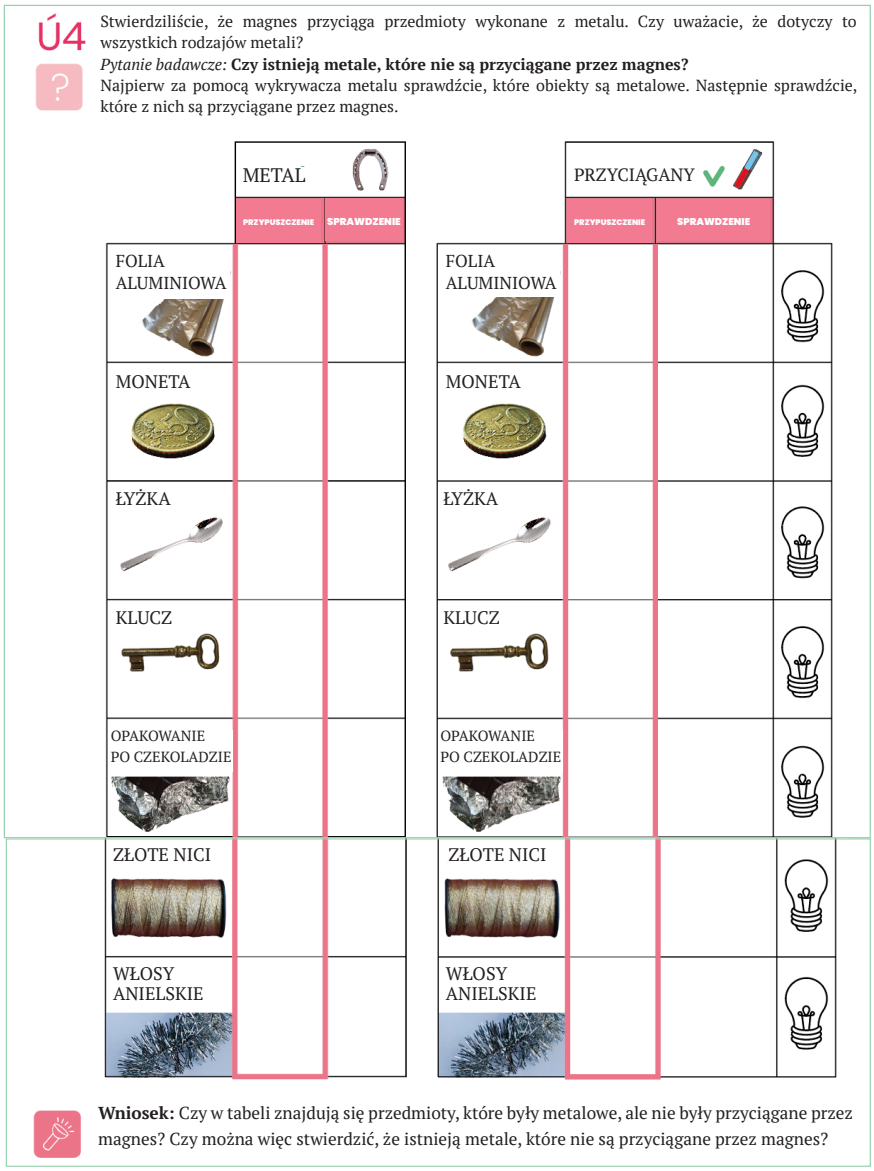
Na początku uczniowie są zachęcani jedynie do wyszukiwania jednej, konkretnej i stosunkowo precyzyjnej informacji w wiarygodnych źródłach. Tę wiarygodność można uzasadnić np. tym, że encyklopedię napisali naukowcy, którzy ro-

zumieją daną problematykę, a książkę przed publikacją sprawdzili inni naukowcy, których nazwiska można znaleźć w publikacji.

Najpierw to sam nauczyciel jest przykładem osoby, która wyszukuje informacje, a następnie stopniowo przekazuje tę kompetencję uczniom. Warto zacząć od drukowanych encyklopedii, koncentrując się na informacjach podawanych w formie obrazowej, a dopiero później przejść do wyszukiwania informacji w Internecie, gdzie trudniej jest pokazać wiarygodność źródła w sposób zrozumiały dla młodszych uczniów. Zwykle ograniczamy się tylko do zasady weryfikowania informacji w dwóch dodatkowych źródłach.

Zasady rozwijania umiejętności komunikacji naukowej wyjaśnimy na praktycznych przykładach działań. Jedną z pierwszych strategii rozwijania kompetencji w zakresie komunikacji naukowej jest praca z tabelami. Z tą strategią zaczynamy na przykład w programie ExpEdition już w pierwszej klasie, jeszcze zanim uczniowie opanują formę pisemną mowy. Uczniowie są podprowadzani pod tworzenie systematycznych zapisów danych uzyskanych poprzez obserwację, na podstawie których możliwe jest później sformułowanie wniosku w postaci odpowiedzi na pytanie badawcze. Zapis ma charakter graficzny.

Interwencje wspierające rozwój umiejętności komunikacji naukowej wyjaśnimy na przykładzie aktywności przygotowanej dla pierwszej klasy edukacji przyrodniczej (ExpEdition, 2024). W ramach tej aktywności uczniowie są zachęcani do rozwiązania pytania badawczego, które koncentruje się na sprawdzeniu, czy wszystkie metale są przyciągane przez magnes.



Rysunek 11: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Nauczyciel przedstawia uczniom cel badawczy w związku z tym, co już odkryli o magnesach w czasie rozwiązywania wcześniejszego zadania. Prezentuje uczniom nowe pytanie badawcze, które ukazując je jako nowy zamiar badawczy wymagający interwencji.

Następnie nauczyciel przekazuje uczniom w grupach zestaw materiałów zgodnie z tabelą w zadaniu. Ważne, aby w tabeli znalazły się przedmioty, które na pierwszy rzut oka wydają się wszystkie metalowe, jednak niektóre z nich metalowe nie są i wcale nie zawierają metalu. Spośród tych, które są metalowe, niektóre powinny być przyciągane przez magnes, a inne nie. Jeśli nie spełnimy tych warunków przy tworzeniu zestawu przedmiotów, to wynik badania nie będzie dla uczniów wystarczająco przekonujący.

Zadaniem uczniów jest obserwacja przedmiotów i próba podziału ich na te, które są metalowe, i te, które metalowe nie są. Po podzieleniu na dwie grupy uczniowie zapisują swoje przypuszczenia w ustalony sposób w arkuszu roboczym. Następnie nauczyciel wyjaśnia, że do sprawdzenia, czy przedmiot jest metalowy, będą używać narzędzia, które nazywamy detektorem metali. Demonstruje, jak używa się detektora metali do wykrywania, gdzie w ścianie znajdują się przewody elektryczne, które zawsze są wykonane z metalu.

Potem nauczyciel tłumaczy uczniom, jak precyzyjnie należy przeprowadzić badanie, aby rzeczywiście stwierdzić, czy dany przedmiot jest metalowy. Może pokazać, że jeśli badaliby przedmioty położone na ławce, to detektor metali mógłby wykryć metalowe elementy ławki i pozwolić ustalić, że w jego pobliżu znajduje się metal, choć wcale nie dotyczyłoby to obserwowanego przedmiotu. Dlatego nauczyciel prowadzi uczniów do wyszukania miejsca, w którym detektor metali nie wykrywa żadnych metalowych elementów w otoczeniu, i tam testowania materiałów. Na przykład m(Ve vzduchu, který **VDECHUJEME**, se nachází: jdującej się w wystarczającej odległości od stołu, przy czym ważne jest, aby na ręce nie znajdowały się żadne metalowe przedmioty, np. pierścionki czy zegarek.

Następnie nauczyciel przekazuje uczniom w grupach detektory metali, a zadaniem uczniów jest sprawdzenie, które przedmioty są metalowe, a które nie, i odpowiednie zapisanie danych w tabeli. Podczas badania nauczyciel chodzi między grupami, obserwuje, czy uczniowie przeprowadzają badanie wystarczająco precyzyjnie i pomaga tym grupom, u których zauważy, że wynik obserwacji jest modyfikowany przez sposób realizacji badania. Na końcu uczniowie porównują wyniki między grupami, aby zidentyfikować ewentualne niedokładności w obserwacji, a w przypadku przedmiotów, co do których wyniki są niezgodne, powtarzają obserwację z pomocą nauczyciela, aby zapewnić wiarygodność wyniku.

Następnie uczniowie porównują swoje przypuszczenia z wynikiem obserwacji, a tam, gdzie przypuszczenia się nie potwierdziły, kolorują żarówkę jako symbol zdobycia nowej wiedzy. Z tego częściowego badania wynika między innymi to, że samym postrzeganiem zmysłowym trudno jest odróżnić, które przedmioty zawierają metal, a które nie. Podstawowym celem było jednak jednoznaczne określenie, które przedmioty są metalowe, a które nie. Dzięki użyciu urządzenia przeznaczonego do identyfikacji metali uczniowie ufają wynikom obserwacji na tyle, aby zmienić swoje pierwotne wyobrażenia.

Aby jednak można było ocenić, czy istnieją metale, które nie są przyciągane przez magnes, konieczne jest sprawdzenie każdego przedmiotu pod kątem jego przyciągania. Uczniowie będą mieli w każdym wierszu cztery dane dotyczące tego samego przedmiotu – dwa z nich to przypuszczenia, a dwa to wyniki obserwacji. O każdym przedmiocie dowiadują się więc, czy jest metalowy, a następnie czy jest przyciągany przez magnes. Tworzą w ten sposób dość kompleksową tabelę danych.

Jednak dzięki temu, że uczniowie wypełniają ją stopniowo i zapisują dane wynikające z jednoznacznych obserwacji, zadanie nie jest dla nich trudne. Gdyby zamiast zbierania danych uczniom od razu udostępniono wypełnioną tabelę, prawdopodobnie trudno byłoby im wyciągnąć z niej jakiekolwiek wnioski. Stopniowe uzupełnianie tabeli pozwala uczniom zaznajomić się z tym, co zostało wpisane, i w konsekwencji „czytać" tabelę, czyli rozumieć, co myśleli o przedmiotach i czego się nowego dowiedzieli.

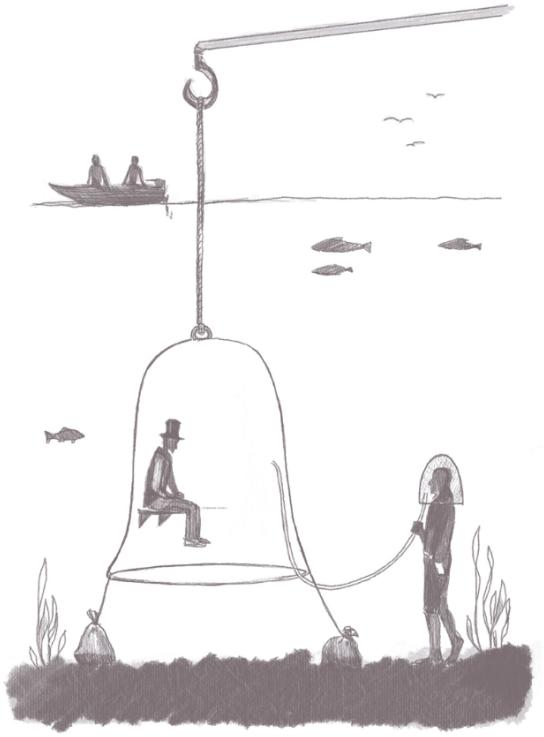
Nauczyciel rozpoczyna formułowanie wniosku od przypomnienia celu badania. Powtarza pytanie badawcze: *Czy istnieją metale, które nie są przyciągane przez magnes?* Następnie oczekuje od uczniów odpowiedzi „tak" lub „nie". Po udzieleniu prostej odpowiedzi prowadzi uczniów do uzasadnienia wniosku wynikami badań (prowadzi ich do argumentacji z wykorzystaniem danych zgromadzonych i zapisanych w tabeli o badanych przedmiotach). Pyta więc, na podstawie czego uczniowie twierdzą, że istnieją metale, które nie są przyciągane przez magnes. Zadaniem uczniów jest podanie przykładów z tabeli, które stanowią dowód tego twierdzenia. W ten sposób nauczyciel prowadzi uczniów do tego, aby wniosek był osadzony w danych, które uczniowie zdobyli dzięki precyzyjnym obserwacjom. Uczy ich prostego argumentowania – jeśli coś twierdzą, muszą potrafić wyjaśnić, na jakiej podstawie to twierdzą.

Jeżeli uczniowie mają problem z odpowiedzią na pytanie, nauczyciel może być przykładem osoby, która podaje przykład. Bierze arkusz roboczy losowego ucznia i myśli na głos: „Na przykład o folii aluminiowej za pomocą detektora stwierdziliśmy, że jest metalowa, ale nie przywierała do magnesu. Folia aluminiowa jest więc przykładem przedmiotu z metalu, który nie jest przyciągany przez magnes." Następnie nauczyciel prowadzi uczniów do tego, aby sami wyszukali kolejne przedmioty, które potwierdzają, że istnieją metale, które nie są przyciągane przez magnes.

Na końcu formułuje z uczniami wniosek z badania poprzez pytania z arkusza roboczego: „Czy w tabeli są przedmioty, które były metalowe, ale nie przywierały do magnesu? Czy można więc stwierdzić, że istnieją metale, które nie są przyciągane przez magnes?"

W ramach kolejnego przykładu zadania wyjaśnimy nie tylko wspieranie rozwoju kompetencji w zakresie komunikacji naukowej poprzez wyszukiwanie informacji w źródłach, lecz także poprzez kierowanie uczniów do formułowania wniosków, które uczniowie starają się uzasadniać. Chodzi o zadanie przygotowane dla uczniów drugiej klasy (ExpEdition, 2024) w ramach badań nad powietrzem.

Ú7 Przyjrzyj się pierwszemu wynalazkowi urządzenia do nurkowania. Nazwano je DZWONEM NURKOWYM. Zostało on wymyślone przez EDMONDA HALLEY'A w roku 1716. Spróbuj wyjaśnić, na jakiej zasadzie działa. Możesz opisać rysunek słowami, zwracając szczególną uwagę na to, gdzie znajduje się powietrze. Wykorzystaj wszystko, czego dowiedziałeś się rozwiązując poprzednie zadanie.



Rysunek 12: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Problematyka wynalazków, które wykorzystują niektóre przyswojone wiadomości przyrodnicze, jest częścią dążenia do funkcjonalnego połączenia edukacji przyrodniczej i technicznej. To właśnie za pośrednictwem dawnych, często mechanicznych wynalazków możemy przybliżyć uczniom proces odkrywania w taki sposób, aby czuli się kompetentni do samodzielnego badania i następnie zastosowania zdobytej wiedzy w prostym urządzeniu. Celem zadania jest wsparcie motywacji uczniów do dalszego poznawania wynalazków Edmunda Halleya i odkrycia, nad czym w tamtym czasie zastanawiali się ludzie, jakie odkrycia próbowali ucieleśnić w postaci wynalazków.

Oczekiwanym wynikiem jest zrozumienie, że Edmund Halley nie ograniczał się do badania dna morskiego (do czego skonstruował dzwon nurkowy), lecz przede wszystkim był astronomem, badał obserwowalny wówczas bliski kosmos i zajmował się wynalazkami, które umożliwiały jego lepszą eksplorację. Prowadził badania nad kometą regularnie przelatującą przez Układ Słoneczny. Od chwili, gdy potwierdziło się jego przewidywanie dotyczące kolejnego przelotu komety, nosi ona jego imię – *kometa Halleya*.

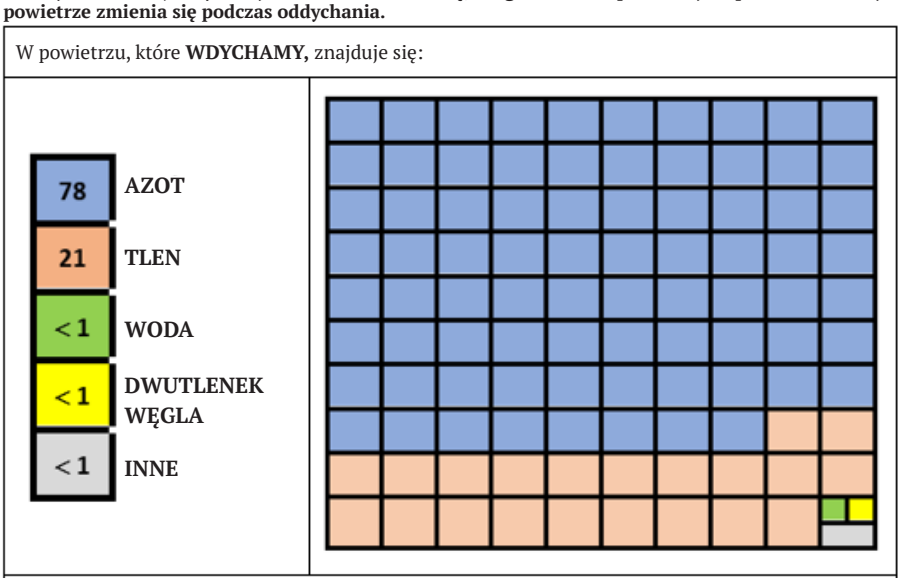
Zadanie wykracza poza zakres podstawy programowej, jednak sposób jego rozwiązania może wspierać osiąganie standardów pracy z wiarygodnymi wtórnymi źródłami informacji. Ze względu na ograniczony poziom kompetencji czytelniczych uczniów nauczyciel pomaga w rozwiązaniu zadania, stanowiąc przykład osoby starającej się znaleźć informacje w internecie. Konsultuje się z uczniami, jakie słowa należy wpisać w wyszukiwarkę internetową, i na głos komentuje swój sposób selekcjonowania otwieranych stron.

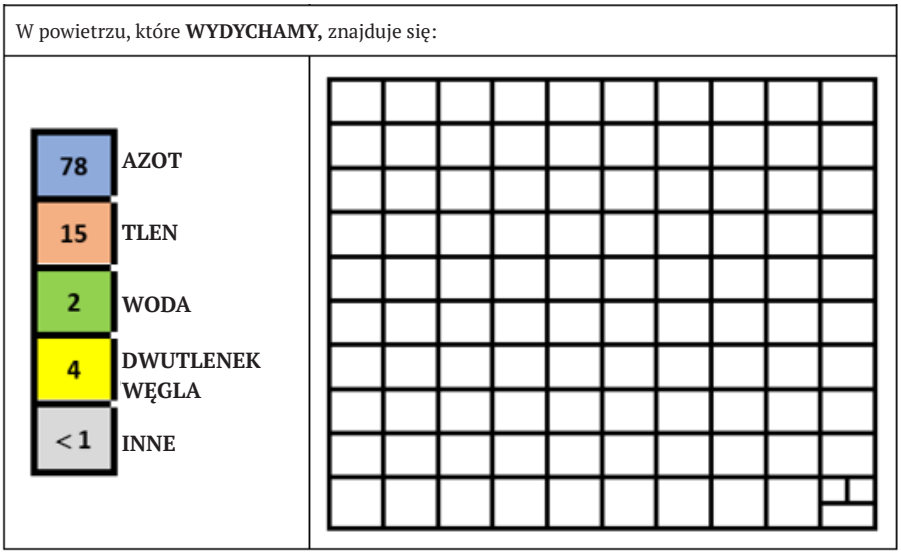
Aby uczniowie powiązali postać Halleya również z dzwonem nurkowym, nauczyciel może wpisać w wyszukiwarkę to słowo kluczowe i wybrać funkcję wyszukiwania obrazów, dzięki czemu uczniowie uzyskają potwierdzenie, że zajmował się on także takim wynalazkiem. Nauczyciel prowadzi uczniów przez wybrane strony internetowe i zapoznaje ich z działalnością badacza. Zadaniem uczniów jest zapisanie w formie słów kluczowych w karcie pracy jego odkryć lub obszarów badań – na podstawie tego, co wspólnie z nauczycielem udało się ustalić. Alternatywnie można korzystać z encyklopedii albo udostępnić uczniom wcześniej wyselekcjonowane wydruki tekstów z internetu, o ile są one odpowiednio uzupełnione materiałem ilustracyjnym.

Na przykładzie poniższego zadania wyjaśnimy, w jaki sposób można prowadzić uczniów do rozwijania umiejętności przenoszenia zmierzonych danych na diagram, a następnie formułowania wniosków na jego podstawie. Celem jest ćwiczenia jest to, aby uczniowie zrozumieli, że diagram ułatwia wyciąganie wniosków wynikających z uzyskanych danych. Zadanie zostało włączone do drugiej klasy programu ExpEdition (ExpEdition, 2024).

Żadanie 17: Czasami oddychamy szybciej, czasami wolniej, ale wszyscy oddychamy nieustannie. Pytanie brzmi, dlaczego wdychamy powietrze, skoro potem je wydychamy. Powietrze składa się z różnych substancji. **Wykonaj zadanie i dowiedz się, czego człowiek potrzebuje z powietrza oraz jak powietrze zmienia się podczas oddychania.**

W powietrzu, które **WDYCHAMY,** znajduje się:





Rysunek 13: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Celem merytorycznym zadania jest zastanowienie się nad tym, dlaczego człowiek nabiera powietrza, skoro potem je wydycha. Oczekiwanym wynikiem rozwiązania zadania jest spostrzeżenie, że powietrze składa się z różnych substancji, przy czym podczas oddychania człowiek część z nich zatrzymuje (wykorzystuje), a inne, których już nie potrzebuje, wydycha. Skład powietrza wdychanego i wydychanego różni się więc od siebie: wdychane powietrze zawiera więcej tlenu, mniej dwutlenku węgla i także mniej wody (pary wodnej). Uczniowie poznają również, z jakich substancji składa się powietrze i w jakich ilościach one w nim występują. Dowiedzą się także, że niektóre składniki powietrza nie zmieniają się podczas jego przepływu przez układ oddechowy. Zadanie zostało sformułowane tak, aby rozwijać u uczniów umiejętność pracy z usystematyzowanymi zbiorami danych i pozyskiwania z nich informacji, które pozwalają im modyfikować własne wyobrażenia.

Nauczyciel może wprowadzić zadanie poprzez instrukcję z podręcznika. Podkreśla przy tym to, co uczniowie ustalili już wcześniej w rozdziale – że powietrze jest materią, która wypełnia przestrzenie wydające się gołym okiem puste. Nie nabieramy więc „pustki", lecz powietrze znajdujące się wokół nas. Nauczyciel może też przypomnieć, w jaki sposób uczniowie w poprzednich ćwiczeniach dowiedli obecności powietrza w otoczeniu. Następnie zaproponuje, by zbadali, z czego powietrze się składa. Może wyjaśnić, że badaniem powietrza zajmowało się już wielu naukowców, a także sprawdzali oni, czy istnieje różnica między powietrzem wdychanym a wydychanym. Zaznacza, że dwa rysunki w zadaniu przedstawiają wyniki tych badań (z punktu widzenia rozwijania komunikacji naukowej chodzi tu więc o „rozmowę" z naukowcami poprzez dane, które uzyskali). Nauczyciel objaśnia, że naukowcy stwierdzili, iż powietrze składa się z wielu substancji, z których jednych jest więcej, innych mniej. Następnie proponuje uczniom, by obejrzeli ilustrację i spróbowali ustalić, jakie substancje znajdują się w powietrzu, których jest najwięcej, a których mniej, oraz by sprawdzili, czy skład powietrza zmienia się po przejściu przez układ oddechowy człowieka.

Więcej informacji nauczyciel nie przekazuje bezpośrednio – jedynie kieruje uwagę uczniów na obserwację rysunków (diagramów). Uczniowie pracują w grupach, próbując rozwiązywać zadania poprzez wnioskowanie. Nauczyciel obserwuje, jak intuicyjnie uczniowie rozumieją diagram przedstawiający skład powietrza. Jeśli zauważy, że wszystkie grupy mają trudności, to może etapami podawać dodatkowe informacje, by pomóc im zrozumieć, co przedstawia ilustracja. Na przykład może zapytać, czy potrafią na pierwszym rysunku wskazać, której substancji jest w powietrzu najwięcej. Jeśli nie, objaśnia im, jak znaleźć tę informację. Analogicznie uczniowie potrafią potem samodzielnie pracować z pozostałymi danymi. W ten sposób nauczyciel uczy ich pracy z diagramem i rozwija komunikację naukową w zakresie umiejętności graficznych.

Nauczyciel przechadza się między grupami i obserwuje, jak uczniowie radzą sobie z zadaniem. Rozmawia z nimi, aby sprawdzić, czy rozumieją przedstawione dane, np. pyta, której substancji jest na pierwszym rysunku (powietrze wdychane) najmniej, i sprawdza, czy uczniowie wskażą wodę i dwutlenek węgla, ponieważ tych składników jest w powietrzu najmniej.

Następnie nauczyciel zachęca uczniów do tego, aby drugi rysunek (powietrze wydychane) uzupełnili w taki sam sposób, jak pokolorowany jest pierwszy (diagram). Wszystkie potrzebne informacje znajdują się w legendzie. Celem tego zadania jest to, aby uczniowie nauczyli się pracować z takim rodzajem przedstawienia danych (diagramem), co wiąże się przede wszystkim z rozwijaniem komunikacji naukowej (naukowcy komunikują się za pomocą różnych usystematyzowanych zbiorów danych, np. tabel, diagramów, schematów).

Kiedy uczniowie pokolorują drugi diagram, to nauczyciel kieruje ich uwagę na pierwotny cel – ustalenie, czy człowiek potrzebuje czegoś z powietrza i czy powietrze zmienia się w wyniku oddychania. Najpierw uczniowie dyskutują w grupach, a następnie nauczyciel prowadzi dyskusję z całą klasą. W sformułowaniu wniosków pomagają pytania szczegółowe, które ukierunkowują uczniów, na co mają zwrócić uwagę i jak analizować dane:

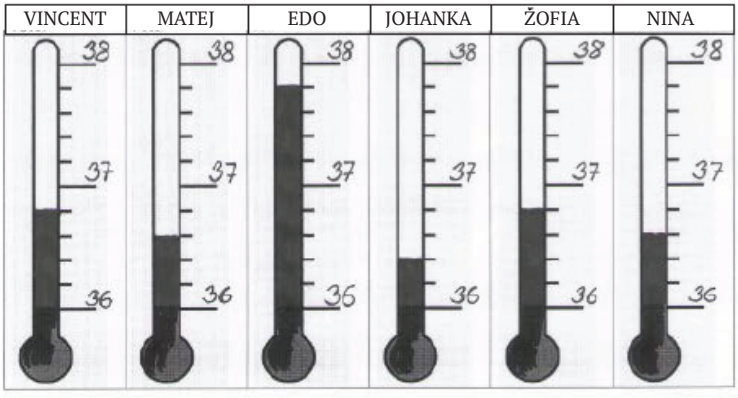
- Jaka jest różnica między powietrzem wdychanym a wydychanym?
- Czy człowiekowi wystarczy to samo powietrze, czy potrzebuje stale nowego?
- Dlaczego trzeba wietrzyć klasę szkolną?
- Spróbujcie wyjaśnić, jak można sprawdzić za pomocą lusterka, czy ktoś oddycha. Odnieście się do tego, czego dowiedzieliście się o powietrzu wydychanym.

Wiele z tych zadań skupia się nie tylko na analizie informacji uzyskanych z diagramów, ale także na wnioskowaniu. Na przykład, jeśli uczeń zrozumie, że człowiek pobiera z powietrza tlen, dlatego w powietrzu wydychanym jest go mniej niż w tym, które wdychamy, może zastanowić się, dlaczego należy wietrzyć pomieszczenia. Dzięki logicznemu rozumowaniu można bowiem dojść do wniosku, że tlen stopniowo się zużywa i ważne jest, aby został uzupełniony poprzez wietrzenie.

Podobnie można rozumować w przypadku obecności większej ilości pary wodnej w powietrzu wydychanym w porównaniu z tym, które wdychamy. Oznacza to, że powietrze wydychane jest wilgotne. Para wodna z powietrza może się skraplać na zimnych powierzchniach podobnie jak w łazience na lustrze. Informacja o tym, że powietrze wydychane zawiera więcej pary wodnej, służy więc do wyjaśnienia, dlaczego lusterko zaparowuje, gdy na nie chuchamy. Dzięki wykorzystaniu tej informacji uczeń lepiej ją sobie utrwala w wyobraźni. Zjawisko to uczniowie mogą dokładniej zbadać w kolejnym zadaniu dla dociekliwych. Wszystko to można osiągnąć poprzez komunikację opartą na logicznej argumentacji wspieranej danymi – czyli poprzez komunikację naukową.

W następnym przykładzie zadania uczniowie są prowadzeni do pracy z usystematyzowanym zbiorem danych w postaci diagramu. Celem jest rozwój umiejętności komunikowania się w sposób naukowy poprzez pozyskiwanie informacji z danych pomiarowych przedstawionych w usystematyzowanej formie, ze szczególnym naciskiem na ostrożność przy formułowaniu wniosków wynikających z tych danych. Aktywność została zamieszczona w podręczniku ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (ExpEdition, 2024).

Ú21 Podczas choroby lekarz często sprawdza nam temperaturę ciała. **Czy na podstawie zmierzonych temperatur sześciu osób potrafilibyście powiedzieć, która z nich jest prawdopodobnie chora?** Zaznaczcie tę osobę i uzasadnijcie swoją odpowiedź.



Wniosek: Na jakiej podstawie ustaliliście, która osoba jest prawdopodobnie chora? Czy na podstawie tych wyników można stwierdzić, że mężczyźni mają wyższą temperaturę ciała niż kobiety?

Rysunek 14: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Celem działania jest skierowanie uwagi uczniów na ich doświadczenie związane z mierzeniem temperatury ciała podczas choroby i wykorzystanie tego doświadczenia do rozwiązania zadania poprzez wnioskowanie: jeśli wiemy, jaką temperaturę ciała mają różne osoby, to czy możemy z tego wyciągnąć wniosek, która z tych osób jest prawdopodobnie chora? Rozwiązując zadanie, uczniowie mają sobie uświadomić, że podwyższona temperatura może być objawem choroby organizmu. Jest to jednak wiedza, którą już posiadają. Zadanie ma przede wszystkim prowadzić uczniów do „czytania" danych przedstawionych w postaci prostego diagramu, co pozwoli im zrozumieć, jak można łatwo porównywać informacje uzyskane z pomiaru temperatury różnych osób.

W nawiązaniu do wcześniejszych zadań nauczyciel może zachęcić uczniów do wspólnej dyskusji na temat objawów choroby i sposobów, w jaki dowiadują się, że są chorzy. Mogą rozmawiać o różnych oznakach, lecz ostatecznie nauczyciel kieruje ich uwagę na mierzenie temperatury. Następnie przedstawia uczniom zadanie z podręcznika i prowadzi ich do najpierw indywidualnego zastanowienia się nad rozwiązaniem, a potem do dyskusji w grupach: *„Podczas choroby lekarz często mierzy nam temperaturę ciała. Czy potrafilibyście na podstawie zmierzonych temperatur sześciu osób wskazać, która z nich jest prawdopodobnie chora? Zaznaczcie tę osobę i uzasadnijcie swoją odpowiedź."*

W instrukcji ważne jest, aby uczniowie starali się uzasadniać swoje odpowiedzi – w ten sposób są prowadzeni do werbalizowania swojego rozumowania i aktualnych wyobrażeń (rozwój komunikacji naukowej; Driver, Newton, Osborne, 2000; Erduran, Osborne, Simon, 2004).

Celem jest to, by uczniowie starali się dostrzegać podobieństwa i różnice w temperaturze ciała różnych osób. Na tym etapie nie posiadają jeszcze odpowiedniego wyobrażenia, jaka jest przeciętna temperatura ciała człowieka ani że utrzymuje się ona na dość stabilnym poziomie. Rozwiązanie zadania polega więc raczej na szukaniu wyjątku od pewnej reguły, czyli wartości skrajnej, która może wskazywać, że dana osoba różni się od innych, a więc np. jest prawdopodobnie chora. Nadal pozostajemy na poziomie wnioskowania – nie chodzi o przekazywanie uczniom wiedzy na temat temperatury ludzkiego ciała, do czego dojdą sami później, badając kolejne zagadnienia w następnych zadaniach. To ćwiczenie ma ukierunkować uwagę uczniów na problematykę temperatury ciała, dlatego w porządku jest, jeśli z jego rozwiązania wynikną raczej pytania, takie jak: Czy wszyscy ludzie mają taką samą temperaturę ciała? Czy temperatura ciała może wzrosnąć z innego powodu niż choroba organizmu? Itd.

Uczniowie zapewne wskażą Jana jako osobę, która jest prawdopodobnie chora, ponieważ wartość temperatury jego ciała różni się znacząco od pozostałych. Jeśli wiemy, że tylko jedna osoba jest chora, to drogą logicznego wnioskowania można dojść do tego, że właśnie ta. Jednocześnie ważne jest, aby nauczyciel podkreślał, że chodzi jedynie o prawdopodobne określenie, tak by uczniowie pozostali sceptyczni i wyrażali to również w odpowiedziach. W ten sposób można wspierać rozwój badawczej ostrożności w formułowaniu sądów wynikających z analizy różnych danych.

Jeśli nauczyciel chce wspierać pracę z diagramem, to powinien zachęcić uczniów do rozwiązywania kolejnych pytań, które zwrócą ich uwagę na wartości liczbowe temperatury ciała oraz na inne podobieństwa i różnice w danych przedstawionych na diagramie. Na przykład:

- Na jakiej podstawie ustaliliście, która osoba jest prawdopodobnie chora?
- U kogo odnotowano najwyższą temperaturę? U kogo najniższą?
- Czy na podstawie tych wyników można stwierdzić, że mężczyźni mają wyższą temperaturę ciała niż kobiety?

Aby wspierać rozwój komunikacji naukowej, nie zadajemy wyłącznie pytań, lecz rozmawiamy też z uczniami o tym, jak doszli do swych odpowiedzi, czyli prosimy o uzasadnienie – na jakiej podstawie tak wnioskują (Lawson, 2004; Erduran, Osborne, Simon, 2004).

Podsumowanie zasad rozwijania umiejętności komunikacji naukowej

Podstawowym elementem, który odróżnia komunikację naukową od codziennej, jest zasada argumentacji (Newton, Driver, Osborne, 1999). Oznacza to, że jeśli w komunikacji w naukach przyrodniczych coś twierdzimy, musimy to twierdzenie oprzeć na dowodach. Ponadto rozwinięta umiejętność komunikacji naukowej przejawia się tym, że uczeń potrafi:

- **tworzyć ukierunkowany monolog, inicjować dialog i celowo go prowadzić zarówno w odniesieniu do treści rozmowy, jak i osoby, z którą rozmawia.** Działalność badawcza w naukach przyrodniczych kieruje ucznia do tworzenia treści monologu i dostarcza sensownych bodźców do dialogu. Celowy rozwój tej umiejętności polega na tym, że nauczyciel rozwija metodykę prowadzenia dyskusji. Na przykład uczniowie indywidualnie przygotowują notatki na temat tego, co chcą powiedzieć w grupie na dany temat. Następnie przypinają swoje notatki na tablicy lub na dużym arkuszu papieru i każdy w formie monologu przedstawia swoje myśli. Dzięki temu dyskusja w grupie nie staje się domeną dwóch bardziej aktywnych uczniów, którzy narzucają swoje zdanie. Z doświadczeń zdobytych podczas wdrażania koncepcji nauczania opartego na badaniu wiemy, że taki sposób ukierunkowania uczniów prowadzi do tego, iż zaczynają oni stopniowo w trakcie dyskusji robić notatki, aby się przygotować na ewentualny własny wkład w rozmowę (Ash, 2000).

- **wyrażać swoją opinię w sposób zrozumiały i właściwie ją uzasadniać.** Argumentacja jest dla uczniów w tym wieku dość trudna, przede wszystkim dlatego, że na ogół nie mają oni w życiu okazji do argumentowania ani nie są do tego zachęcani. Wskazówki, które nauczyciel daje uczniowi w rozwijaniu tej umiejętności, nie powinny być lakoniczne (np. *powiedz, co wiesz o…)*, ale powinny stanowić prawdziwą komunikację z uczniem na temat jego wiedzy, opinii, postaw, pomysłów itp. Nauczyciel formułuje pytania tak, aby uczeń uświadomił sobie, że chodzi o jego własną opinię, że nauczyciel jest naprawdę zainteresowany tym, co uczeń myśli. Aby była to rzeczywista argumentacja, uczeń musi precyzyjnie wyrazić swoje myśli, głównie poprzez wyjaśnianie powodów, dlaczego tak sądzi, na jakiej podstawie i w oparciu o jakie doświadczenia. Do rozwoju tej umiejętności przyczynia się sytuacja, gdy nauczyciel potrafi z dziecięcej monologowej wypowiedzi wyłowić uzasadnienia i uwypuklić je na końcu prezentacji opinii przez ucznia. Dzięki temu uczeń lepiej rozumie, czego się od niego oczekuje i jest później naturalnie prowadzony do argumentacji (Newton, Driver, Osborne, 1999), nawet jeśli jest to tylko argumentowanie na podstawie własnego doświadczenia.

- **odtwarzać informacje we własny sposób.** Reprodukcja polega na wyrażaniu myśli własnymi słowami, co pomaga lepiej uporządkować przyswojone informacje. W rozwijaniu tej umiejętności kierujemy uczniów do streszczania treści albo odtwarzania podstawowej, istotnej informacji. Rozwinięta umiejętność przejawia się tym, że uczeń potrafi łączyć nowe informacje z innymi wiadomościami lub doświadczeniami, które już posiada. Jeśli ta umiejętność jest wystarczająco rozwinięta, to uczeń potrafi spontanicznie reagować np. na informacje usłyszane w radiu, przeczytane w prasie czy obejrzane w telewizji. Uczeń jest motywowany naturalną chęcią dzielenia się zdobytą wiedzą. Głównym celem nie jest więc sama reprodukcja wiedzy, lecz rozwój zdolności ucznia do adekwatnego reagowania na informacje przyrodnicze przekazywane przez różne media, ale także poprzez doświadczenie zmysłowe.

- **prezentować informacje na różne sposoby.** Z prezentacją wiedzy naukowej wiąże się komunikacja obiektywna, prosta, jednoznaczna i wolna od emocjonalnych wpływów. Nauczyciel rozwija u uczniów umiejętność prezentowania wyników badań w ten na przykład pośrednio – poprzez własny przykład. Rozwinięta umiejętność przejawia się w tym, że uczeń potrafi stworzyć konspekt własnej prezentacji, który wiąże się z treścią, a zwłaszcza celem przekazywanych informacji. W rozwijaniu tej umiejętności nauczyciel pomaga uczniom w tworzeniu konspektu prezentacji, który zazwyczaj zawiera elementy protokołu badawczego. Ważnym aspektem rozwijania tej szczegółowej umiejętności jest właściwy dobór formy prezentacji określonych danych. Jeśli uczeń potrafi już interpretować uzyskane wyniki w różnych formach graficznych – tabelach, wykresach, schematach czy rysunkach – nauczyciel może przejść do rozwijania

umiejętności wyboru najbardziej odpowiedniej formy prezentacji wniosków, tak aby wyjaśnić słuchaczowi lub rozmówcy cel, sposób rozwiązania i wynik badania.

- **spontanicznie inicjować dyskusję na temat własnych doświadczeń i interpretacji.** Celem jest, aby początkowo mało spontaniczna aktywność tego typu stała się z czasem naturalna. Doświadczenie pokazuje, że im młodsi są uczniowie, tym mniejszą mają skłonność do dzielenia się wynikami swoich obserwacji z członkami swojej grupy. Wynika to z ich naturalnie egocentrycznego myślenia. Jeśli badanie zjawisk przyrodniczych pozostanie indywidualną sprawą ucznia, to wartość uzyskanych wniosków będzie zdecydowanie niższa, niż gdy kierujemy ucznia ku wzajemnemu dzieleniu się swoimi wnioskami i interpretacjami. Uczeń ma kilka powodów do zachowań indywidualistycznych. W tradycyjnej szkole skłania się ucznia od pierwszej klasy do uczenia się indywidualnego, zwłaszcza poprzez indywidualne ocenianie. Uczeń jest oceniany wyłącznie za własne osiągnięcia. Ocenianie ma charakter porównawczy, przez co uczeń stara się być lepszy od innych. To naturalnie prowadzi do tego, że zaczyna chronić swoje odkrycia, pomysły, opinie i rozwiązania, a jednocześnie potrzebuje mieć poczucie, że nauczyciel wie, kto jest „właścicielem" danego odkrycia, pomysłu, opinii czy rozwiązania. Aby rozwój tej częściowej umiejętności był efektywny, uczeń powinien mieć poczucie, że dyskusja pomaga mu w posuwaniu się naprzód w rozwiązywaniu zadania, a jednocześnie jest odpowiednio pozytywnie oceniany za wartościową dyskusję.

Z przedstawionej charakterystyki rozwoju umiejętności komunikacji naukowej wynika, że tę umiejętność możemy wspierać poprzez zastosowanie następujących strategii:

- pokazywanie uczniom, jak uzasadniać swoje twierdzenia,
- umożliwianie im przemyślenia odpowiedzi na pytania nauczyciela i omówienia ich w grupie rówieśniczej,
- prowadzenie uczniów do systematycznego zapisywania danych z własnych badań w taki sposób, aby potrafili dyskutować o tym, co badali, jak to badali i jakie uzyskali wyniki,
- czytanie i tworzenie tabel, diagramów oraz schematów, czyli rozwijanie kompetencji graficznych i wizualnych;
- zachęcanie ucznia do tworzenia usystematyzowanych zapisów z badań i późniejszego ich odczytywania,
- ukierunkowywanie uczniów na formułowanie wniosków z obserwacji i badań własnymi słowami, z odwołaniem się do uzyskanych danych,
- zachęcanie uczniów do porównywania wyników badań z informacjami pochodzącymi ze źródeł informacyjnych,
- wyszukiwanie brakujących informacji w wiarygodnych źródłach informacyjnych.

Jednocześnie ważne jest uświadomić sobie, że *zapewnienie przestrzeni do komunikacji nie oznacza jeszcze,* iż umiejętność komunikacji naukowej będzie się rozwijać. Konieczne jest przygotowanie specyficznych interwencji edukacyjnych, które sprawią, że komunikacja uczniów będzie miała cechy komunikacji naukowej.

Używanie *terminologii naukowej* nie stanowi w tym wieku zasadniczej cechy komunikacji naukowej. Często jest wręcz odwrotnie. Najważniejsze jest, aby uczeń wypowiadał się w taki sposób, by inni go rozumieli.

4 Umiejętność kategoryzowania

W związku z rozwojem kompetencji pracy naukowej mówimy o umiejętności kategoryzowania[1] przedmiotów, zjawisk, sytuacji według różnorodnych wspólnych cech, przy czym celem kategoryzacji jest stworzenie uogólnienia lub odnalezienie zasady, która wzbogaci nasze poznanie. W tej charakterystyce ważne jest zauważenie, że klasyfikacja nie jest celem samym w sobie – ma prowadzić do nowej wiedzy. O tej zasadzie często zapomina się w praktyce, a nauczyciele kierują uczniów do klasyfikowania obiektów zapominając o podkreśleniu, aby uczniowie dostrzegali sens klasyfikacji w kontekście wzbogacania swojego poznania. Dlatego istotne jest stosowanie takich instrukcji rozwijających tę umiejętność, które odnoszą się do tematów umożliwiających uczniom odkrycie czegoś nowego poprzez klasyfikację obiektów – przynajmniej uświadomienie sobie pewnej cechy obiektów, która różni je od innych, a której uczniowie nie musieliby zauważyć przy spontanicznej obserwacji.

[1] *W ramach rozwoju umiejętności pracy naukowej w różnych źródłach synonimicznie używane są terminy: kategoryzacja, klasyfikacja i naukowe klasyfikowanie.*

Drugim problemem związanym z rozwojem tej umiejętności w praktyce szkół podstawowych jest różnica między sytuacjami edukacyjnymi, w których uczniowie są rzeczywiście prowadzeni do porównywania i klasyfikowania, a sytuacjami, w których zadaniem uczniów jest zapamiętanie ustalonej już klasyfikacji obiektów. Mimo że znaczną część informacji wykorzystywanych przy kategoryzacji dostarczają nam zmysły, do wyodrębnienia obiektów potrzebujemy – oprócz percepcji zmysłowej – także identyfikacji cechy (cech) lub zasady (zasad), według których będziemy klasyfikować przedmioty, zjawiska, sytuacje. Jeśli nie jesteśmy w stanie zidentyfikować danej cechy lub zasady, nie stosujemy umiejętności kategoryzacji.

Na przykład, jeśli zapytamy ucznia, do czego zaliczyłby marchew – do owoców czy do warzyw – zazwyczaj odpowie poprawnie: do warzyw. Jeśli jednak zapytamy go, dlaczego zaklasyfikował marchew jako warzywo, często nie potrafi odpowiedzieć albo mówi coś w rodzaju: „bo marchew - to warzywo". Jeśli uczeń nie potrafi wyjaśnić wyboru kategorii, nie mamy do czynienia z zastosowaniem umiejętności kategoryzowania, lecz z reprodukcją wyuczonej wiedzy. Podobnie możemy posiadać informację, że glistnik jaskółcze ziele należy do rodziny makowatych, ale jeśli nie potrafimy wyjaśnić, dlaczego zostało do niej zaliczone, chodzi raczej o reprodukcję wiedzy niż o kategoryzację gatunków roślin.

Rozwinięta umiejętność kategoryzowania przejawia się tym, że uczeń potrafi wyjaśnić, na podstawie jakich cech zalicza przedmioty, zjawiska, sytuacje do określonych kategorii – i dlaczego.

Mimo że powyżej wskazujemy, iż kategoryzować można nie tylko obiekty, lecz także całe sytuacje czy bardziej złożone zjawiska, to w ramach rozwijania podstawowej umiejętności naukowego kategoryzowania prowadzimy uczniów jedynie do klasyfikowania obiektów – i to wyłącznie na podstawie ich cech obserwowalnych. Celem nie jest więc, aby uczniowie klasyfikowali obiekty na podstawie posiadanej o nich wiedzy.

Na przykład, celem nie jest, aby dzielili bezkręgowce na te, które latają, i te, które nie latają, wyłącznie na podstawie swojej wiedzy. Gdyby im bowiem zabrakło pewnej informacji lub mieli naiwną wyobrażenię o określonych zjawiskach (co jest typowe dla uczniów młodszego wieku szkolnego), taka klasyfikacja prowadziłaby do wzmacniania naiwnych wyobrażeń albo do błędnych wniosków.

Z powyższego jasno wynika, że rozwój umiejętności kategoryzowania wiąże się z rozwojem umiejętności obserwacji. Dzięki próbom porównywania i klasyfikowania obiektów na podstawie jednoznacznie obserwowalnych cech kierujemy uwagę ucznia na to, czego inaczej mógłby nie dostrzec w badanych obiektach.

Obiekty można również sortować spontanicznie, jednak takie sortowanie — bez dodatkowych instrukcji ze strony nauczyciela — nie prowadzi do rozwoju umiejętności pracy naukowej. Na przykład zadaniem uczniów jest posegregować przedmioty, które mają na stole. Uczniowie intuicyjnie tworzą grupy przedmiotów podobnych do siebie, nie kierując się jednak cechą, według której można te przedmioty posortować. Na przykład do jednej grupy zaliczają większe, płaskie przedmioty (podręcznik, zeszyt, linijkę itp.), do drugiej większe i grubsze (np. piórnik i książkę), do trzeciej drobne przybory do pisania (długopis, ołówek, kredki, cyrkiel itp.), a do czwartej pozostałe drobne przedmioty (np. spinacze, breloczki, gumkę itp.). Uczniowie sortują więc przedmioty, intuicyjnie dostrzegając podobieństwa i różnice, dokonują podziału przedmiotów, a dopiero później zastanawiają się, co łączy przedmioty w danej grupie i czym różnią się one od tych w pozostałych grupach.

Dla naukowej kategoryzacji charakterystyczne jest jednak jednoznaczne określenie cechy klasyfikacyjnej, liczby kategorii oraz ich charakterystyki tak, aby każdy, kto klasyfikuje obiekty, dokonał podziału w ten sam sposób.

Kategorie należy tworzyć w taki sposób, aby można było jednoznacznie przyporządkować wszystkie obserwowane zjawiska przynajmniej do jednej z nich. Jeśli kategorie są właściwie skonstruowane, uczeń nie ma problemu z klasyfikowaniem obiektów i w sposób nieuświadomiony przyswaja sobie zasady praktycznego tworzenia kategorii. Każda prawidłowo utworzona kategoria ma cechę charakterystyczną, która ułatwia identyfikację tych obiektów, które można do niej zaliczyć. Na przykład uczniowie mają za zadanie posadzić 10 nasion fasoli i regularnie podlewać je zimną wodą z lodówki. Kolejne 10 nasion będą podlewać wodą o temperaturze pokojowej. Celem zadania jest obserwacja,

które nasiona wykiełkują. Z góry można utworzyć cztery kategorie:

1. Fasole podlewane zimną wodą – które wykiełkowały,
2. Fasole podlewane zimną wodą – które nie wykiełkowały,
3. Fasole podlewane ciepłą wodą – które nie wykiełkowały,
4. Fasole podlewane ciepłą wodą – które wykiełkowały.

Problem pojawia się podczas obserwacji. Po dziesięciu dniach większość fasoli podlewanej wodą o temperaturze pokojowej ma dość długie kiełki – 10 lub więcej centymetrów. Fasole podlewane zimną wodą nie mają tak długich kiełków; niektóre wykazują jedynie oznaki kiełkowania, inne wypuściły tylko pierwszy korzeń, który można zauważyć dopiero wtedy, gdy próbujemy wyjąć nasiono z gleby. Pojawia się więc problem z przyporządkowaniem fasoli z widocznym korzeniem – czy można ją uznać za wykiełkowaną? Problem ten można rozwiązać poprzez odpowiednio precyzyjny opis poszczególnych kategorii według cech decydujących. Na przykład kategoria „fasole, które wykiełkowały" mogłaby być zdefiniowana następująco: Do tej kategorii zaliczamy wszystkie nasiona, które mają widoczny zielony liść zarodkowy lub przynajmniej korzeń kiełkowy. Sklasyfikowane wyniki obserwacji ułatwiają formułowanie wniosków, dostarczają materiału do naukowej komunikacji w klasie, zwracają uwagę ucznia na szczegóły, których inaczej by nie zauważył, oraz wspierają dokładniejsze, bardziej ukierunkowane obserwowanie istotnych detali.

U młodszych uczniów zaczynamy od klasyfikowania obiektów według jednej cechy, a następnie możemy przejść do klasyfikacji według dwóch lub więcej cech (na przykład sortowanie przedmiotów na pływające i niepływające, a później sortowanie pływających przedmiotów według materiału, z którego są wykonane, oraz kształtu). W ten sposób przechodzimy od prostej kategoryzacji do kategoryzacji hierarchicznej.

Rozwinięta umiejętność kategoryzacji przejawia się przede wszystkim w tym, że uczeń potrafi samodzielnie tworzyć kategorie oraz przyporządkowywać do nich obserwowane obiekty na podstawie charakterystyki specyficznych cech tych obiektów. Precyzyjna kategoryzacja stanowi odpowiednie pole do rozwijania u uczniów umiejętności argumentacji. Na przykład częstym tematem w edukacji wczesnoszkolnej jest klasyfikowanie „owoców" (nie w sensie biologicznym) na owoce i warzywa lub klasyfikowanie zwierząt na domowe i dziko żyjące. Jeśli nauczyciel nie omawia z uczniami charakterystyki poszczególnych kategorii (na przykład owocu i warzywa), nie sprzyja to rozwojowi dziecięcych zdolności poznawczych, lecz jedynie przyswajaniu sobie faktów. Dzieci nie potrafią bowiem uzasadnić, dlaczego marchewka i dynia są warzywami (a tym bardziej, dlaczego marchewka bywa uznawana za owoc), a rabarbar i arbuz – owocami. Z tego samego powodu uczniowie nie wiedzą, czy zając jest zwierzęciem domowym, czy dzikim, ponieważ człowiek hoduje go dla własnych korzyści, ale zające żyją też na swobodzie. Oznacza to, że nie da się jednoznacznie przyporządkować obiektu do jednej z utworzonych kategorii – co przeczy zasadzie naukowej kategoryzacji. Oba wymienione tematy mogą jednak stanowić interesujący punkt wyjścia do rozwijania umiejętności kategoryzowania, ale tylko pod warunkiem, że zostaną zrealizowane inną metodą dydaktyczną. Uczniowie powinni zostać ukierunkowani na poszukiwanie cech, które jednoznacznie określają kategorię, i na tej podstawie decydować o przyporządkowaniu obiektów do utworzonych grup. Wynikiem takiego badania będzie oczywiście odkrycie, że wspomniane kategorie są niejednoznaczne – a więc nie mogą być nazywane kategoriami w sensie naukowym. Można też skupić uwagę uczniów na klasyfikowaniu wymienionych obiektów na podstawie wyraźnie obserwowalnej cechy. W przypadku owoców i warzyw może to być podział według tego, czy zawierają nasiona, czy nie. W przypadku zwierząt – klasyfikacja według liczby kończyn krocznych. Nawet przy tak jednoznacznych założeniach ważne jest wspólne omówienie charakterystyki poszczególnych klas. Na przykład trzeba ustalić, kiedy owoc lub warzywo zaliczamy do kategorii „ma nasiona", czyli co dokładnie należy zaobserwować, aby przyporządkować dany obiekt do tej grupy. Podobnie należy omówić, co oznacza pojęcie „kończyna kroczna" i ile kategorii zostanie utworzonych. Mogą to być na przykład kategorie: z dwiema kończynami krocznymi, z czterema, sześcioma, ośmioma, z większą liczbą kończyn krocznych oraz bez kończyn krocznych.

Ostatni podany przykład wskazuje na drugą zasadę naukowej kategoryzacji. Wszystkie klasyfikowane obiekty muszą zostać przyporządkowane, czyli każdy obiekt powinien dać się zaliczyć do jednej z grup. W podanym przykładzie klasyfikujemy zwierzęta (zarówno bezkręgowce, jak i kręgowce), więc każde zwierzę powinno dać się przyporządkować dokładnie do jednej kategorii. Gdybyśmy na przykład nie utworzyli kategorii „zwierzęta bez kończyn krocznych", nie moglibyśmy zaklasyfikować węży, ryb czy ślimaków. Taka klasyfikacja nie miałaby charakteru naukowego.

Oczywiście, na początku uczniowie nie potrafią jeszcze kategoryzować w sposób naukowy. Naszym zadaniem jest tę umiejętność stopniowo rozwijać. Nie można też oczekiwać, że rozwinie się ona poprzez jednorazowe zastosowanie jednej aktywności. Umiejętność ta kształtuje się stopniowo, a jej rozwój można wspierać, prowadząc uczniów do kategoryzowania różnych obiektów przyrodniczych.

Na początku to nauczyciel stanowi wzór w tworzeniu odpowiednich kategorii i moderuje pracę uczniów podczas klasyfikowania obiektów według ustalonych cech kategorii, wyjaśniając przy tym specyfikę samego procesu sortowania. Stopniowo jednak przekazuje tę kompetencję uczniom — na przykład wskazując na cechę, według której mają uporządkować obiekty, oraz określając liczbę kategorii, ale nie precyzując już ich charakterystyki. To zadanie pozostawia uczniom. Z czasem nauczyciel może rezygnować także z określania liczby kategorii czy cechy klasyfikacyjnej, prowadząc uczniów do samodzielnego tworzenia i stosowania własnych sposobów kategoryzacji.

Z powyższego wynika, że rozwój umiejętności kategoryzowania można rozłożyć na etapy, czyli stopniowo rozwijać ją do coraz wyższego poziomu. Rozwój tej umiejętności obejmuje kilka etapów:

1. Uczeń rozpoznaje podobieństwa i różnice oraz stara się (powinien być do tego zachęcany przez nauczyciela) przyporządkowywać elementy rzeczywistości do określonych kategorii według podobnych cech. Kategorie te są wcześniej ustalone i opisane, a przyporządkowanie odbywa się na podstawie jednej obserwowanej cechy.
2. Uczeń obserwuje obiekty rzeczywiste i samodzielnie określa właściwość (zmienną), na podstawie której można dane obiekty posortować na kategorie, które sam definiuje.
3. Uczeń rozpoznaje podobieństwa i różnice i stara się przyporządkowywać elementy rzeczywistości do określonych, wcześniej ustalonych i opisanych kategorii, przy czym klasyfikacja odbywa się na podstawie kombinacji kilku obserwowanych cech (na przykład poprzez korzystanie z kluczy do rozpoznawania elementów przyrody).
4. Uczeń potrafi zidentyfikować nie tylko właściwość (zmienną), którą należy obserwować, aby możliwe było klasyfikowanie obiektów, ale także określić charakterystykę każdej z utworzonych kategorii w taki sposób, aby każdy, kto będzie dokonywał klasyfikacji, mógł przeprowadzić ją w identyczny sposób.

Wszystkie wymienione etapy odnoszą się do podstawowego poziomu rozwoju tej umiejętności, czyli kategoryzowania obiektów na podstawie jednej, jednoznacznie obserwowalnej cechy. Umiejętność kategoryzowania można jednak rozwijać u starszych uczniów, prowadząc ich do tego, by podczas klasyfikowania obiektów brali pod uwagę więcej niż jedną cechę. W ten sposób nauczyciel stopniowo przechodzi od prostej kategoryzacji do kategoryzacji hierarchicznej.

Obiekty można klasyfikować według jednej cechy lub uwzględniając kilka cech jednocześnie. Na podstawie większej liczby wspólnych cech można na przykład wnioskować o bliższym pokrewieństwie różnych gatunków roślin czy zwierząt. Ponieważ jednak jednoczesne analizowanie wielu cech jest dość złożone, zaleca się, by na każdym etapie rozpatrywać tylko jedną cechę. Na tej zasadzie oparte są klucze do rozpoznawania elementów przyrody. Za najwyższy poziom rozwoju umiejętności kategoryzowania uznaje się zdolność tworzenia hierarchicznej struktury obiektów przyrodniczych oraz opracowania do niej klucza identyfikacyjnego.

Praca z kluczami do rozpoznawania elementów przyrody prowadzi do rozwijania umiejętności naukowego klasyfikowania, a jednocześnie wspiera uważną i celową obserwację detali przyrodniczych. Umiejętność ta rozwija się tylko wtedy, gdy uczeń rzeczywiście potrafi – na podstawie dających się zaobserwować cech – określić, do jakiej grupy dany obiekt przyrodniczy należy. Jeśli uczeń nauczy się jedynie na pamięć, że drozd jest ptakiem, a karaś rybą, nie przyczynia się to do rozwoju umiejętności klasyfikowania, ponieważ nie potrafi on uzasadnić, na podstawie jakich obserwowalnych cech te organizmy zaliczane są do danych grup. W dalszej części tekstu spróbujemy wyjaśnić przedstawione zasady rozwijania umiejętności kategoryzowania na przykładach działań dydaktycznych, które wspierają rozwój tej kompetencji.

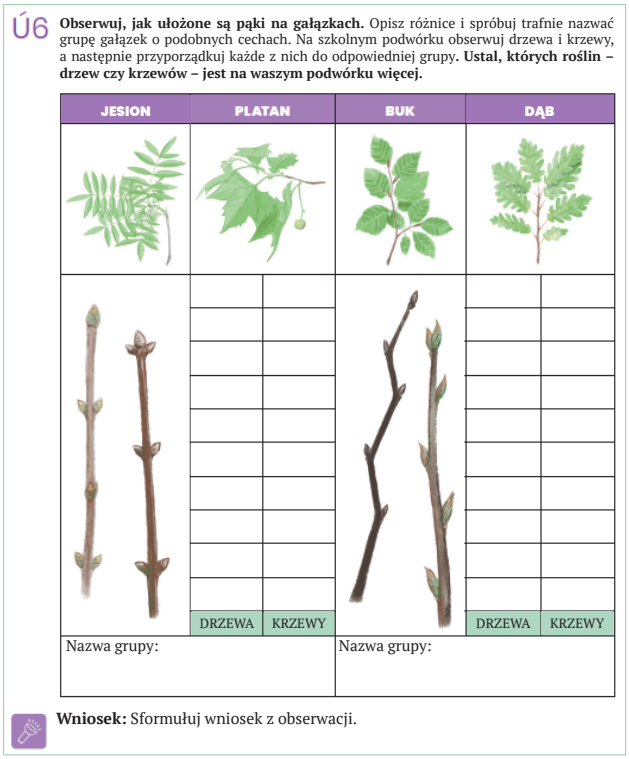
W pierwszym przykładzie zadania ukierunkowanego na rozwój umiejętności kategoryzowania omówimy sposób pracy nauczyciela w sytuacji, gdy celem jest rozwijanie tej umiejętności na jej najniższym poziomie. Nauczyciel stanowi wzór osoby, która potrafi obserwować obiekty przyrodnicze i proponuje sposób klasyfikacji na tyle precyzyjny, by umożliwić uporządkowanie wszystkich obserwowanych elementów w taki sposób, by każdy uczeń mógł to zrobić

dokładnie tak samo. Nauczyciel określa nie tylko cechę klasyfikacyjną, ale także liczbę kategorii oraz w odpowiedni sposób precyzuje ich charakterystykę. Konkretne zadanie dotyczy klasyfikowania drzew i krzewów z najbliższego otoczenia szkoły według wzajemnego ułożenia pąków (lub rozwiniętych liści) na gałązkach. Zadanie to zostało zamieszczone w podręczniku ExpEdition dla uczniów klasy drugiej szkoły podstawowej (ExpEdition, 2024).

Cel zadania, oprócz rozwijania umiejętności kategoryzowania, polega na ukierunkowaniu uwagi uczniów na cechy obiektów przyrodniczych, które w innym wypadku mogliby przeoczyć. W ten sposób realizowany jest cel naukowej kategoryzacji – poprzez klasyfikowanie odkrywać coś nowego o obiektach przyrody.

Uczniowie w poprzednich zadaniach z podręcznika zauważyli, że na gałązkach drzew i krzewów pąki zacznyają się rozwijać w odpowiednich warunkach (ciepło, woda, światło). Z niektórych wyrastają liście, z innych kwiaty, a z jeszcze innych zarówno kwiaty, jak i liście. Następnie stwierdzili, że gałązki różnią się między sobą w zależności od gatunków drzew i krzewów, i że można rozpoznać, które należą do tego samego gatunku rośliny. Celem tego zadania jest rozszerzenie tej wiedzy w taki sposób, aby oprócz umiejętności obserwacji rozwijała się także zdolność kategoryzowania. Ponadto dzięki zadaniu uczniowie opanowują tworzenie takiego zapisu obserwacji, dzięki któremu można za pomocą prostego pomiaru wyciągnąć wniosek o występowaniu określonej kategorii roślin w najbliższym otoczeniu szkoły, a równocześnie rozwija ono u dzieci umiejętność posługiwania się grafiką i wykresami (rozwój naukowej komunikacji). Oczekiwanym rezultatem jest więc, oprócz rozwiniętej umiejętności obserwowania, kategoryzowania, mierzenia i naukowego komunikowania, także rozwój wyobrażenia o tym, że drzewa i krzewy można klasyfikować według tego, w jakiej wzajemnej pozycji znajdują się pąki na gałązkach. U niektórych gatunków pąki rozmieszczone są na przemian po obu stronach gałązki, u innych natomiast pąki rosną naprzeciwlegle, czyli po prawej i lewej stronie w tym samym miejscu na gałązce. Ten sposób klasyfikowania stanowi uproszczoną wersję odpowiedniej kategoryzacji botanicznej, dzięki czemu już samo poznanie tych faktów wytwarza u ucznia predyspozycje do rozwijania bardziej zaawansowanej wiedzy botanicznej na wyższych etapach edukacji.

Nauczyciel przypomina, co uczniowie odkryli na temat tego, czym różnią się gałązki różnych drzew i krzewów. Proponuje, aby teraz skupili się na tym, co niektóre z nich mają wspólnego, czyli czy można znaleźć gałązki bardziej do siebie podobne i w ten sposób utworzyć grupy podobnych, ale nie identycznych gałązek. Aby ponownie przypomnieć uczniom, że ich zadaniem jest badanie roślin, nauczyciel może przyrównać tę czynność do pracy botaników – naukowców zajmujących się roślinami, którzy podczas poznawania ich sposobu życia zawsze wychodzą od tego, jakie podobieństwa występują między roślinami. Jest bowiem prawdopodobne, że podobne rośliny będą wymagały również podobnych warunków do życia.


Ú6 **Obserwuj, jak ułożone są pąki na gałązkach.** Opisz różnice i spróbuj trafnie nazwać grupę gałązek o podobnych cechach. Na szkolnym podwórku obserwuj drzewa i krzewy, a następnie przyporządkuj każde z nich do odpowiedniej grupy. **Ustal, których roślin – drzew czy krzewów – jest na waszym podwórku więcej.**

JESION	PLATAN		BUK	DĄB	
	DRZEWA	KRZEWY		DRZEWA	KRZEWY
Nazwa grupy:			Nazwa grupy:		

Wniosek: Sformułuj wniosek z obserwacji.

Rysunek 15: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

Nauczyciel przedstawia zadanie za pomocą instrukcji w podręczniku: *Obserwujcie, jak ułożone są pąki na gałązkach. Opiszcie różnice i spróbujcie trafnie nazwać grupę gałązek o podobnych cechach*. Najpierw nauczyciel koncentruje uwagę uczniów na ilustracjach roślin w tabeli w zadaniu (na rysunku). Może zwrócić uwagę, że w tabeli znajdują się ilustracje gałązek czterech drzew: jesionu, platanu, buka i dębu. Z obrazków wynika, że są to różne gatunki roślin, o różnie ukształtowanych liściach. Poniżej w tabeli znajdują się ilustracje ich zimowych, nierozwiniętych gałązek. Zadaniem uczniów jest zauważyć, w czym gałązki jesionu i platanu są do siebie podobne, a jednocześnie, czym różnią się od gałązek buka i dębu. Ważne jest, aby nauczyciel nie podpowiadał uczniom dokładnie, na co mają zwracać uwagę – chodzi o to, aby to uczniowie sami zidentyfikowali podobieństwa w ramach grup i różnice między grupami. Charakterystyka kategorii jest zatem zawarta w ilustracjach, ale zadaniem uczniów jest samodzielnie rozpoznać tę cechę i werbalnie opisać charakterystykę dwóch kategorii na podstawie obrazków. Dzięki temu sposobowi pracy (zamiast prostego wykładu) zapewniamy, że uczniowie zrozumieją, jaki będzie cel obserwacji podjętej w szkole.

Uczniowie pracują w grupach, a nauczyciel śledzi ich sposób myślenia i wspiera te grupy, które potrzebują pomocy. Po pracy w grupach nauczyciel prowadzi dyskusję z całą klasą na temat różnic między obiema parami gałązek i zachęca uczniów, aby spróbowali trafnie nazwać zaobserwowaną różnicę. Celem nie jest to, aby uczniowie nazwali te dwie kategorie tak, jak występują w literaturze fachowej (np. pąki naprzeciwległe i naprzemianległe na pędach), lecz aby za pomocą własnej nazwy uchwycili to, co różni te grupy gałązek. Uczniowie wpisują następnie swoje nazwy ołówkiem w ostatnim wierszu tabeli. Na razie używają ołówka, ponieważ podczas dalszych obserwacji mogą znaleźć lepsze określenie dla danej grupy. Takie instrukcje wspierają rozwój umiejętności kategoryzowania, prowadząc ucznia do uświadomienia sobie, według jakiej cechy klasyfikuje obiekty oraz do próby precyzyjnego określenia samych kategorii za pomocą trafnego pojęcia. Uczniowie nie tworzą samodzielnie kategorii ani ich charakterystyki – te są określone przez ilustracje. Natomiast cechy klasyfikacyjne jedynie werbalizują w taki sposób, aby sami rozumieli różnice, na które powinni zwracać uwagę podczas obserwacji.

Następnie nauczyciel proponuje, aby uczniowie zbadali najbliższe otoczenie szkoły i spróbowali ustalić, czy w okolicy znajduje się więcej drzew i krzewów, których pąki są ułożone tak jak u jesionu i platanu, czy więcej takich, których pąki ułożone są jak u buka i dębu. Część tę nauczyciel przedstawia, korzystając z drugiej części instrukcji w podręczniku: *Obserwujcie drzewa i krzewy na szkolnym podwórku i przyporządkujcie każde do odpowiedniej grupy. Sprawdźcie, których drzew i krzewów jest najwięcej na waszym podwórku.*

Aby uczniowie mogli wykonać to zadanie w terenie, nauczyciel omawia z nimi, na czym będzie ono polegało. Na szkolnym podwórku wyszukają roślinę i sprawdzą, jak ułożone są jej pąki na pędzie. Na podstawie zaobserwowanej cechy zaznaczą obecność rośliny w odpowiedniej części tabeli poprzez pokolorowanie pola i przejdą do kolejnej rośliny. Dodatkowo nauczyciel może prowadzić uczniów (początkowo intuicyjnie, później w podręczniku będą omawiać również tę kategoryzację) do zapisu, czy dana roślina jest krzewem czy drzewem. Dla obu tych kategorii w arkuszu obserwacyjnym przewidziano osobne kolumny. Nauczyciel instruuje uczniów, aby wypełniali tabelę od dołu do góry, co pozwoli szybciej porównać, których roślin na podwórku znalazło się najwięcej. Zwraca uwagę, aby śledzili, które rośliny już obserwowali, aby nie zanotować tego samego egzemplarza wielokrotnie. Podkreśla także, że zadaniem każdej grupy jest zaobserwowanie 20 roślin (liczbę tę nauczyciel może dostosować w zależności od dostępnej przestrzeni i czasu przeznaczonego na obserwację). Nauczyciel instruuje uczniów, aby w ramach grupy podzielili między siebie zadania – ktoś może liczyć obserwowane rośliny, inny dbać o to, aby nie powtarzać tych samych egzemplarzy itd. Podczas pracy w terenie nauczyciel przede wszystkim orientuje się, czy uczniowie prowadzą obserwacje i zapisują dane zgodnie z omówionym sposobem oraz pomaga im tak, aby wszyscy zrozumieli sposób prowadzenia zapisu w ten sam sposób. Może na przykład wytłumaczyć procedurę na jednym egzemplarzu rośliny.

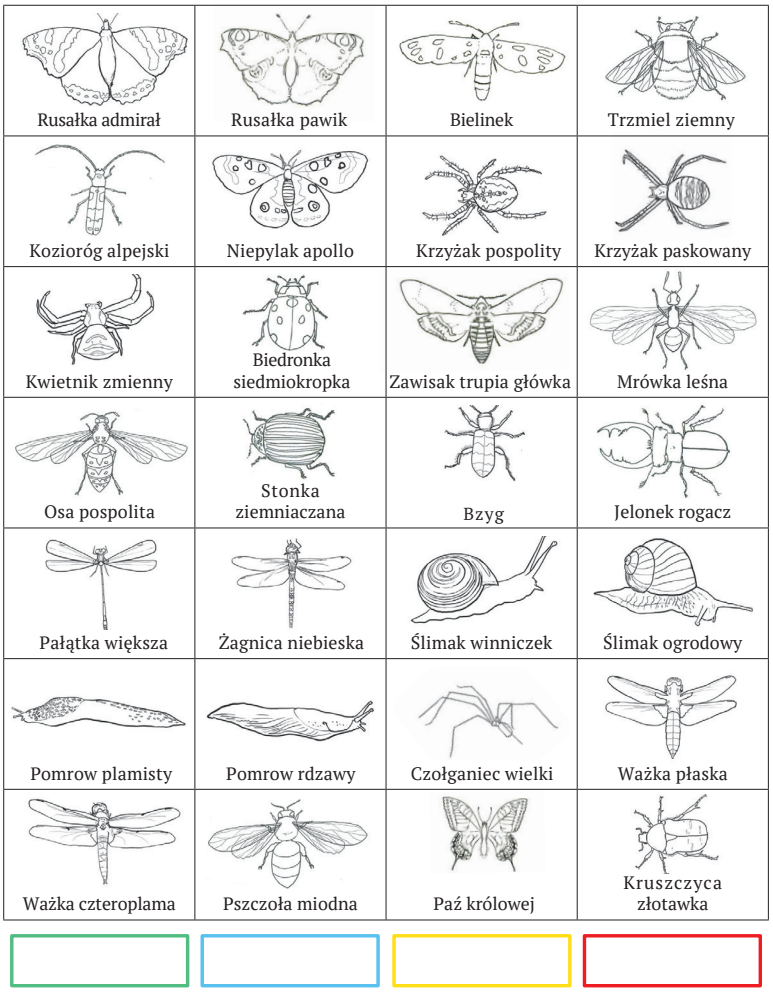
Celem tej aktywności jest umożliwienie uczniom obserwacji roślin bezpośrednio w terenie, co zwiększa wiarygodność wyników ich badań, ponieważ na miejscu mogą sami stwierdzić, że różnice między drzewami i krzewami można zaobserwować na podstawie ułożenia pąków na gałązkach. Jednocześnie dostrzegą dużą różnorodność roślin w swoim otoczeniu. Jeżeli warunki szkolne nie pozwalają na obserwację roślin w terenie, ważne jest, aby nauczyciel przyniósł do klasy większą liczbę gałązek, na których uczniowie mogą obserwować podobieństwa i różnice, a następnie wypełnić tabelę na tej podstawie.

Po przeprowadzeniu obserwacji uczniowie powinni mieć w tabelach odpowiednio wypełnione kolumny dla drzew i krzewów w obu kategoriach. Nauczyciel zachęca uczniów do porównania wyników między grupami. Mogą się one nieco różnić, ponieważ uczniowie mogli obserwować różne rośliny. W tej części aktywności nauczyciel uczy uczniów „czytania" stworzonego systematycznego zapisu w formie prostego diagramu – najdłuższa wypełniona kolumna oznacza największą liczbę zaobserwowanych roślin w danej kategorii. Jeśli uczniowie od razu nie potrafią wydobyć tych informacji z tabeli, nauczyciel im pomaga. Ta część instrukcji przyczynia się również do rozwoju umiejętności graficznych, w ramach których uczniowie uczą się tworzyć i następnie interpretować systematyczne zapisy obserwacji. Po porównaniu wyników nauczyciel może ponownie zapytać uczniów, czy nie chcieliby przemyśleć nazw poszczególnych kategorii lub czy nie wpadli na lepsze określenie. Jeśli nie, wpisują nazwy obu kategorii długopisem.

Następnie nauczyciel prowadzi uczniów do sformułowania wniosków. Zadaniem dzieci będzie ponownie wyrazić w prosty sposób, co nowego dowiedziały się o roślinach. Nauczyciel przypomina, że celem było ustalenie, jak ułożone są pąki na gałązkach oraz których roślin jest najwięcej w okolicy szkoły. Ponownie ważne jest, aby uczniowie mogli konsultować się w grupach i rozumieli, że badanie kończy się dopiero wtedy, gdy badacz potrafi powiedzieć, co nowego odkrył. Uczniowie mogą również prezentować swoje wnioski między grupami, co pozwala odkryć, że wniosek może być sformułowany na różne sposoby, a mimo to nadal może być poprawny – oznacza to przede wszystkim, że jest zgodny z wynikami obserwacji.

W kolejnym zadaniu uczniowie są zaproszeni do obserwowania zwierząt na obrazkach i próby ich sklasyfikowania według cechy, którą sami określą, przy czym liczba kategorii jest ustalona (4). Celem jest, aby uczniowie nie kierowali się od razu kategoriami łatwo rozpoznawalnymi w zestawie bezkręgowców, lecz skupili się na tym, co mogliby przeoczyć. Zadanie pochodzi z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy.

Ú16 Zwróć uwagę na różne zwierzęta na obrazkach. Są tu zwierzęta, które należą do czterech grup. Spróbuj je posegregować. Zawsze tym samym kolorem zakreśl te, które należą do tej samej grupy, i spróbuj każdą grupę nazwać.



Rysunek 16: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

Celem zadania jest rozwijanie umiejętności kategoryzowania obiektów przyrodniczych według obserwowalnych cech do jednoznacznie określonych kategorii, w oparciu o to, co uczniowie potrafią zauważyć jako podobne i różne w zestawie obiektów przyrodniczych. We wcześniejszych zadaniach uczniowie byli zachęcani do zwracania uwagi na detale, które sprawiają, że niektóre gatunki bezkręgowców są do siebie podobne a różnią się od innych grup zwierząt. Uwaga była skupiona głównie na chrząszczach, motylach i błonkoskrzydłych, jednak bez próby charakteryzowania czy nazywania tych grup. W tym zadaniu zwierzęta, które uczniowie wcześniej obserwowali, są pomieszane, a do zestawu dodano również inne bezkręgowce. Zadaniem uczniów jest wyszukiwanie między nimi podobieństw i różnic, tworzenie grup oraz ich charakterystyk, co prowadzi do zwracania uwagi na detale i rozwija wyobrażenie o różnorodności tych drobnych zwierząt (bezkręgowców).

W zasadzie nie chodzi o to, aby uczniowie klasyfikowali zwierzęta według rzeczywistych grup zoologicznych, z których zostały wybrane do zadania. Celem jest rozwijanie umiejętności naukowego kategoryzowania, co oznacza, że uczniowie nie tylko grupują zwierzęta, ale także wyjaśniają sposób, w jaki je podzielili, starając się jednocześnie nazwać cechy, które odróżniają poszczególne grupy zwierząt lub które sprawiają, że są one do siebie podobne. Oczekiwanym rezultatem jest podział zwierząt na grupy według podobieństw. Podział nie musi być identyczny w każdej grupie, jednak uczniowie muszą umieć wyjaśnić, w jaki sposób dokonali klasyfikacji, ile grup utworzyli oraz jakie cechy były decydujące przy próbie przypisania danego zwierzęcia do stworzonej kategorii. Celowo w zadaniu nie użyto kolorowych obrazków, aby uczniowie nie klasyfikowali zwierząt w sposób schematyczny na podstawie koloru, lecz skupili się na innych wspólnych i odmiennych cechach.

Zadanie stymulujące rozwój umiejętności naukowego kategoryzowania jest tak sformułowane, aby uczniowie sami starali się rozpoznać podobieństwa i różnice między organizmami. Jest to zadanie bardziej wymagające w porównaniu z tym, w którym uczniowie mieliby klasyfikować zwierzęta według wcześniej określonej cechy i do wcześniej ustalonej, dokładniej opisanej liczby grup. Zadanie to można uznać za trudniejsze, ponieważ w poprzednich ćwiczeniach uczniowie już zajmowali się różnymi obserwowalnymi cechami bezkręgowców i skutecznie identyfikowali wiele podobnych i odmiennych cech.

Zadanie może być wykonane w różny sposób i mieć różny stopień trudności. Zawsze celem jest pogrupowanie zwierząt według podobieństw. Najprostszą wersją zadania jest poproszenie uczniów, aby sami określili liczbę kategorii, do których chcą przyporządkować zwierzęta, czyli nie ograniczamy ich do liczby 4, jak podano w zadaniu. Nieco trudniejszym wariantem jest podprowadzenie uczniów pod wykonanie podziału zwierząt na dwie grupy, przy czym sami wybierają cechę, według której dokonują klasyfikacji. Jeszcze trudniejszym zadaniem jest próba podziału zwierząt na cztery grupy (jak podano w instrukcji do zadania), przy czym cechę klasyfikacyjną uczniowie ponownie wybierają sami. Zadanie jest trudniejsze dlatego, że w zestawie zwierząt znajdują się gatunki, które w systemie zoologicznym zaliczamy do sześciu różnych grup (motyle, chrząszcze, błonkoskrzydłe, pająki, ważki i mięczaki). Próba sklasyfikowania ich w mniejszej liczbie grup prowadzi dzieci do zwrócenia uwagi na szczegóły zwierząt, a nie tylko na ocenę ich ogólnego wyglądu.

Nauczyciel zachęca uczniów do realizacji zadania za pomocą instrukcji, którą może dostosować w zależności od swoich celów w ramach rozwijania umiejętności naukowego kategoryzowania:

1. Zwróćcie uwagę na różne zwierzęta na obrazkach. Zauważajcie ich podobieństwa i różnice, i spróbujcie pogrupować je w grupy. Możecie stworzyć dowolną liczbę grup, ale musicie umieć wyjaśnić, na podstawie czego podzieliliście zwierzęta w taki sposób. Te, które należą do tej samej grupy, zakreślcie tym samym kolorem, a grupę spróbujcie nazwać.
2. Zwróćcie uwagę na różne zwierzęta na obrazkach. Zauważajcie ich podobieństwa i różnice i spróbujcie pogrupować je w dwie grupy. Wyjaśnijcie, na podstawie czego tak podzieliliście zwierzęta. Te, które należą do tej samej grupy, zakreślcie tym samym kolorem, a grupę spróbujcie nazwać.
3. Zwróćcie uwagę na różne zwierzęta na obrazkach. Są tu zwierzęta, które należą do czterech grup. Spróbujcie je pogrupować. Te, które należą do tej samej grupy, zakreślcie tym samym kolorem, a grupę spróbujcie nazwać.

Zawsze należy jednak prowadzić uczniów do określenia:

- Cechy (właściwości lub zestawu cech, obserwowalnych znaków) klasyfikacji.
- Liczby grup, do których będą przyporządkowywać zwierzęta.
- Charakterystyki każdej grupy (co należy obserwować, aby móc przypisać zwierzę do danej kategorii), które można również odpowiednio nazwać.

Po podaniu zadania nauczyciel prowadzi dyskusję w grupach i pomaga tym uczniom, którzy tego potrzebują. Ważne jest, aby kładł nacisk na nazewnictwo cech, według których uczniowie klasyfikują zwierzęta. Wskazane jest, aby nauczyciel pytał, na podstawie czego uczniowie przypisali na przykład konkretne zwierzę do danej grupy oraz jak opisaliby poszczególne grupy zwierząt.

Po zakończeniu pracy nad klasyfikacją nauczyciel zachęca poszczególne grupy, aby spróbowały zaprezentować, w jaki sposób przeprowadzały klasyfikację. Jeżeli celem nauczyciela nie jest rozwijanie umiejętności prezentacji u dzieci lub jeśli czuje on, że uczniowie mogliby się obawiać prezentacji, może inspirować uczniów w taki sposób, aby w każdej grupie pozostało jedno dziecko prezentujące sposób klasyfikacji, a pozostali uczniowie udali się do innych grup, aby sprawdzić, czy pozostałe grupy postępowały tak samo, jakie inne cechy zauważyli uczniowie w innych grupach i w jaki sposób klasyfikowali zwierzęta. Następnie uczniowie wracają do swojej grupy i dyskutują o tym, w czym postępowali inaczej lub podobnie w porównaniu z innymi grupami. Na koniec nauczyciel może przedstawić podobieństwa i różnice w sposobach klasyfikacji różnych grup, opierając się na obserwacjach z dyskusji uczniów w grupach. Bardzo różnorodne sposoby klasyfikacji mogą być prawidłowe; istotne jest jedynie, czy uczniowie zwracają uwagę na cechy, dzięki którym niektóre zwierzęta są do siebie bardziej podobne i w ten sposób różnią się od pozostałych.

Podsumowanie zasad rozwijania umiejętności kategoryzowania

W ramach rozwijania umiejętności kategoryzowania uczeń rozpoznaje podobieństwa i różnice między obiektami, a nauczyciel instruuje go tak, aby przyporządkowywał przyrodniczą rzeczywistość do różnych grup według podobnych cech. Na początku uczniowie klasyfikują obiekty do wcześniej ustalonych i dokładnie określonych grup, a następnie są zachęcani do samodzielnej identyfikacji cech klasyfikacyjnych i tworzenia odpowiednio precyzyjnych charakterystyk grup.

Aby można było mówić o rozwijaniu umiejętności kategoryzowania, na wszystkich etapach rozwoju tej umiejętności uczeń musi potrafić uzasadnić swoje decyzje odpowiednią argumentacją (potrafi wyjaśnić, w jaki sposób przeprowadził klasyfikację, potrafi uzasadnić przypisanie obiektów do danej grupy). Oznacza to, że częścią instrukcji nauczyciela jest zachęcanie uczniów do uzasadniania swojego sposobu klasyfikacji.

Przy kategoryzowaniu obiektów można wyodrębnić czynności podejmowane przez osobę, która dokonuje klasyfikacji. Znając te podstawowe czynności, nauczyciel może tworzyć instrukcje, które prowadzą uczniów do osiągnięcia odpowiednio dokładnej (naukowej) klasyfikacji obiektów:

- Wybierz cechę (kryterium), według której będziesz klasyfikować przedmioty, i nadaj tej cesze nazwę.
- Określ liczbę grup, do których będziesz klasyfikować przedmioty, i nazwij te grupy.
- Stwórz charakterystykę grup (kategorii), według której będziesz przyporządkowywać przedmioty do grup.
- Sklasyfikuj przedmioty według wybranego kryterium.
- Sprawdź funkcjonalność utworzonej klasyfikacji:
    - Czy można jednoznacznie przypisać każdy przedmiot tylko do jednej z utworzonych grup?
    - Czy można przypisać dowolny dodatkowy przedmiot do jednej z grup?

Z przedstawionego tutaj procesu rozwoju zdolności kategoryzowania wynika, że tę zdolność możemy wspierać poprzez zastosowanie następujących strategii:

- Nauczyciel najpierw zaprasza uczniów do podjecia próby *posortowania przedmiotów według wcześniej określonych klas,* podkreślając *znaczenie cech poszczególnych klas,* a przede wszystkim dokładność w ich obserwacji.

- Oprócz samego sortowania nieodłącznym elementem zadania jest także *uzasadnianie* przypisania obiektów do określonych klas.
- Następnie nauczyciel wzywa uczniów do samodzielnej obserwacji wybranej grupy obiektów i *odkrycia czynnika sortującego* (zmiennej, właściwości).
- Nauczyciel zachęca uczniów d*o korzystania z różnych kluczy sortowania,* podkreślając znaczenie specyficznych, obserwowalnych cech sortowanych obiektów
- Nauczyciel umożliwia uczniom t*worzenie własnych charakterystyk poszczególnych klas,* do których przypisują oni obiekty, przy czym uczniowie mają możliwość najpierw przedyskutować zaproponowane charakterystyki w grupie rówieśniczej.

5 Umiejętność formułowania założeń

W ramach programu ExpEdition nauczyciel dąży do takiego moderowania procesu edukacyjnego, aby wraz z poznaniem przyrodniczym rozwijały się u uczniów również umiejętności pracy naukowej – czyli te kompetencje, dzięki którym pracują oni ze swoimi prekoncepcjami i stopniowo je modyfikują.Umiejętność formułowania założeń jest jedną z sześciu umiejętności pracy naukowej i stanowi kompetencję wstępną (predyspozycyjną) dla późniejszego rozwoju umiejętności formułowania hipotez (Baxter, Kurtz, 2001). W przeciwieństwie do umiejętności obserwowania, kategoryzowania, mierzenia i komunikowania się, umiejętność formułowania założeń koncentruje się na rozwijaniu rozumowania dedukcyjnego, w ramach którego uczniowie są wdrażani w pracę z własnymi prekoncepcjami w taki sposób, aby pod wpływem zdobywanych informacji stopniowo je modyfikować. W dalszej części tekstu wyjaśniono, na czym polega formułowanie założeń, czym się charakteryzuje ta umiejętność, jak można ją rozwijać oraz w jakich warunkach jest to możliwe.

Celem myślenia naukowego jest tworzenie wiedzy naukowej, która pozostaje w zgodzie z aktualnym stanem poznania rzeczywistości. Myślenie naukowe charakteryzuje się tym, że wymaga zgodności między obserwowanymi faktami a formułowaniem wyjaśnień w postaci wiedzy naukowej, a tę zgodność zapewnia proces formułowania założeń. Badacz stawia pytanie i stara się przewidzieć odpowiedź, opierając się na porównywaniu cech badanej sytuacji z tym, co już zna. Jeśli założenie się potwierdzi, potwierdza się również związek z wcześniejszym poznaniem, a pierwotne wyobrażenie zostaje wzmocnione i jego zastosowanie rozszerza się na nowe sytuacje. Jeśli założenie się nie potwierdzi, badacz jest zmuszony do szukania nowych powiązań. W ten sposób formułowanie założeń zapewnia połączenie wcześniejszej wiedzy z tym, co jest aktualnie badane. Formułowanie założeń stanowi część algorytmu poznania naukowego, a rozwój tej umiejętności jest nieodłącznym elementem rozwoju ogólnej kompetencji pracy naukowej, a więc również rozwoju myślenia naukowego.

Założenie - to stwierdzenie, za pomocą którego staramy się opisać, co prawdopodobnie się wydarzy, przy czym samo stwierdzenie powstaje na podstawie wcześniejszych i aktualnych obserwacji (faktów) takich samych lub podobnych sytuacji (Harlen, 2001). Z tego wynika, że proces formułowania założeń wiąże się z umiejętnością obserwacji, klasyfikacji i wnioskowania. Jeśli nie mamy doświadczenia z daną sytuacją i nie potrafimy odwołać się do żadnego podobnego doświadczenia, nie jesteśmy w stanie sformułować założenia – tworzymy jedynie nieuzasadnione przypuszczenie. Jednak im bardziej rozwinięta jest umiejętność kategoryzowania, tym bardziej potrafimy odnajdywać odmienne sytuacje i porównywać je z aktualnie obserwowaną na podstawie kluczowych wspólnych cech, a tym samym potrafimy sformułować założenie w oparciu o logiczne rozumowanie. Podobnie – im więcej mamy doświadczeń z różnorodnymi sytuacjami, tym większe prawdopodobieństwo, że każda nowa sytuacja będzie w pewien sposób przypominać którąś z wcześniejszych, co umożliwi stworzenie założenia dotyczącego tego, co może się w nowej sytuacji wydarzyć. Z powyższego wynika również, że formułowanie założeń nie wiąże się z wyobraźnią ani fantazją – przeciwnie, opiera się na empirii oraz umiejętności wykorzystywania wcześniejszej wiedzy i jest związane z racjonalnym myśleniem.

Formułowanie założeń (predykcji) jest jedną z podstawowych cech ludzkiego myślenia. Tworzymy je nieustannie na podstawie informacji wynikających z własnego doświadczenia. Proces ten jest szczególnie intensywny w sytuacjach nowych lub nieznanych. Takie założenia mają zazwyczaj charakter niejawny i są weryfikowane poprzez nasze spontaniczne zachowania w danych sytuacjach. Dlatego też potrafimy – na podstawie obserwacji zachowań innych ludzi – wnioskować o intencjach, które do tych zachowań doprowadziły (Blakemore, Decety, 2001).

Nasze reagowanie na wszelkie bodźce z otoczenia opiera się właśnie na tworzeniu założeń, dlatego ta umiejętność jest nam bardzo bliska (Harré, Gillett, 2001). Tworzymy założenia nieustannie, lecz proces ten ma charakter nieuświadomiony, tzn. predykcja nie jest werbalizowana. Na przykład wiemy, że woda wyleje się z szklanki, jeśli ją przechylimy. Wynika z tego jasno, że człowiek formułuje założenia po to, by dostosować swoje zachowanie do sytuacji — albo sam się do niej przystosować, albo ją dostosować do siebie. Na przykład: jeśli trzymamy szklankę z wodą, nie przechylamy jej, jeśli nie chcemy, by się wylała. Przechylamy ją natomiast wtedy, gdy chcemy, by woda się wylała. Zamierzona intencja w naszym zachowaniu wynika więc z założenia, które stworzyliśmy na podstawie licznych doświadczeń związanych z zachowaniem cieczy w naczyniach i poza nimi.

W miarę jak dane założenie zostaje wielokrotnie potwierdzone, utrwala się także samo wyobrażenie o tym, jak dane zjawisko się przebiega. W formułowaniu założeń jesteśmy tym pewniejsi, im więcej mamy doświadczeń związanych z danym zjawiskiem. Inaczej wygląda sytuacja, gdy nasze założenie się nie potwierdzi. Na przykład — wlewamy wodę przez lejek do pustej szklanej butelki. Na podstawie wcześniejszych doświadczeń zakładamy, że woda przepłynie przez wąskie ujście lejka do wnętrza butelki. Ciekawa sytuacja pojawia się wtedy, gdy woda pozostaje w lejku i nie wlewa się do butelki. Niepotwierdzone założenie uruchamia proces poszukiwania przyczyn, dlaczego sytuacja przebiega inaczej, niż oczekiwaliśmy. Oznacza to, że niepotwierdzone założenie sprzyja podejmowaniu działań badawczych, których wynikiem jest zdobycie nowej wiedzy.

Potwierdzanie wcześniej zdobytych wyobrażeń jest równie wartościowe jak tworzenie nowych. Dlatego formułowanie założeń ma w procesie poznawczym człowieka ogromne znaczenie — niezależnie od tego, czy dane założenie zostanie potwierdzone, czy nie. W naukach przyrodniczych formułowanie założeń ma szczególne znaczenie w procesie tworzenia i modyfikowania wiedzy. Proces ten przechodzi od formy nieuświadomionej do uświadomionej, w której werbalizowane są zarówno same założenia, jak i uzasadnienia tego, na jakiej podstawie — jakiej wiedzy, doświadczenia i za pomocą jakiego toku rozumowania — zostały one sformułowane (Aufschanaiter, Erduran, Osborne, Simons, 2007).

Rozwinięta umiejętność formułowania założeń przejawia się tym, że założenia stają się jawne i świadomie wyrażane, dzięki czemu spontaniczne zachowania ucznia przekształcają się w celową działalność badawczą. Uczeń, modyfikując swoje przyrodnicze rozumienie świata, jednocześnie rozwija poprawne wyobrażenie o naturze nauki. Uczniowie pozyskują zdolność identyfikowania związku między istniejącym wyobrażeniem, które podlega sprawdzaniu, a założeniem powstałym na jego podstawie. Oznacza to, że poprzez proces formułowania założeń wiedza ucznia zostaje funkcjonalnie przekształcona i pogłębiona.

Umiejętność formułowania założeń jest elementem rozwoju myślenia ucznia, dlatego oczywiste jest, że uczeń nie będzie potrafił spontanicznie tworzyć założeń natychmiast po tym, jak zostanie o to poproszony. Podobnie jak w przypadku innych celów edukacyjnych, należy mieć świadomość, że na początku procesu dydaktycznego uczeń nie posiada jeszcze tej umiejętności, ale może ją stopniowo rozwinąć dzięki odpowiednim interwencjom pedagogicznym. Nauczyciel nie powinen się więc zniechęcać pierwszą nieudaną próbą rozmowy z uczniami na temat ich założeń. Jest wręcz naturalne, że uczeń nie potrafi jeszcze werbalnie wyrazić swojego założenia, ponieważ dotychczas tworzył je jedynie w sposób nieuświadomiony, bez ich wypowiadania.

Aby skutecznie rozwijać umiejętność formułowania założeń, ważne jest, by wiedzieć, w jaki sposób można tę kompetencję rozwijać w konkretnej grupie wiekowej oraz jakich narzędzi do tego używać. Interwencje pedagogiczne należy koncentrować przede wszystkim na trzech podstawowych elementach, czyli zmierzać do tego:

1. aby stopniowo nieuzasadnione przypuszczenia przekształcały się w naukowe, uzasadnione założenia,
2. aby następnie umiejętność formułowania założeń rozwinęła się w umiejętność tworzenia naukowych hipotez (drugi etap szkoły podstawowej),
3. aby nieuświadomione założenia przekształcały się w założenia świadome, możliwe do omówienia.

W dalszej części tekstu postaramy się wyjaśnić, na czym polega rozwój tej umiejętności oraz jakie znaczenie ma sama umiejętność w rozwoju kompetencji przyrodniczej, a ogólnie – w rozwoju racjonalnego rozumowania. Wyjaśnimy

przede wszystkim trzy wspomniane elementy rozwoju umiejętności formułowania założeń. Oprócz tych trzech elementów rozwoju umiejętności formułowania założeń ważne jest również to, aby proces tworzenia założeń miał dla dzieci sens – by rozumiały, w jakim celu i dlaczego tworzą założenia. Rozwijanie tej umiejętności nie jest więc możliwe bez zaaranżowania sytuacji, w której uczniowie będą pracować z wybranym wyobrażeniem o zjawisku przyrodniczym, przedmiocie lub sytuacji.

Od przypuszczenia do oszacowania a następnie do założenia

Przypuszczenie różni się od założenia tym, że nie można go uzasadnić informacjami wynikającymi z aktualnej lub wcześniejszej obserwacji badanej sytuacji bądź sytuacji do niej podobnej. Przypuszczenie jest w istocie zgadywaniem i nie ma szczególnego znaczenia w badaniach naukowych. Natomiast formułowanie założenia wymaga od uczniów wykorzystania wcześniejszej wiedzy, którą porównują z aktualnie obserwowaną sytuacją. Oznacza to, że założenie jest uzasadnione, powstaje na podstawie wiedzy lub z niej wynika. W dalszym procesie badawczym, do którego prowadzi formułowanie założeń, uczniowie potwierdzają lub obalają swoje przekonania dotyczące badanej sytuacji, co prowadzi do stopniowej modyfikacji ich wyobrażeń o badanych zjawiskach przyrodniczych.

Szacowanie to w pewnym sensie uzasadnione stwierdzenie dotyczące tego, co mogłoby się wydarzyć w danej sytuacji. Szacowania dokonujemy zazwyczaj wtedy, gdy mamy niewiele doświadczeń z podobnymi sytuacjami albo gdy w nowo obserwowanej sytuacji pojawia się więcej różnych czynników, o których wpływie niewiele wiemy. Nie możemy więc powiedzieć, że wynik całkowicie zgadujemy, ale trudno jest też sformułować pełnoprawne założenie, ponieważ brakuje nam informacji. W dydaktyce nauczania przyrodniczego nie wyodrębnia się jednak pojęcia „szacowanie". Dla rozwijania kompetencji przyrodniczej wystarczy dostrzegać różnicę między przypuszczeniem a założeniem.

W dalszej części tekstu wyjaśnimy różnicę między przypuszczeniem, szacowaniem i założeniem na przykładzie sytuacji, która nie ma charakteru dydaktycznego i została stworzona wyłącznie w celu zilustrowania różnic między tymi pojęciami. Nauczycielka wkłada do nieprzezroczystego, zamykanego kartonowego pudełka przypadkowy przedmiot. Przedmiot swobodnie przemieszcza się w środku. Nauczycielka pokazuje pudełko uczniom w klasie i wyjaśnia, że włożyła do niego jeden przedmiot. Potrząsa pudełkiem, a przedmiot wydaje dźwięki, uderzając o jego ścianki. Gdy nauczycielka zapyta, jaki przedmiot znajduje się w pudełku, skłania uczniów do formułowania przypuszczeń, zwłaszcza jeśli chodzi o przedmiot, który nie wydaje charakterystycznego dźwięku (np. dzwoneczek rozpoznaliby od razu). Uczniowie zasadniczo proponują dowolny przedmiot, który ich zdaniem mógłby zmieścić się w pudełku.

Jeśli nauczycielka nie zapyta bezpośrednio o sam przedmiot, lecz o jego właściwości, a jednocześnie pozwoli uczniom wziąć zamknięte pudełko do rąk i samodzielnie nim potrząsnąć, tworzenie domysłu przesuwa się w kierunku sformułowania uzasadnionego oszacowania, zwłaszcza jeśli nauczycielka doprecyzuje, że przedmiot pochodzi z klasy. Uczniowie wykorzystują wtedy do oszacowania informacje o tym, jak przedmiot porusza się w pudełku podczas przechylania i potrząsania, jakie wydaje dźwięki. Wykorzystują również swoje wcześniejsze doświadczenia dotyczące tego, jakie dźwięki wydają przedmioty o różnych kształtach i wykonane z różnych materiałów, gdy uderzają o inne przedmioty. Jednocześnie biorą pod uwagę jedynie przedmioty, które zazwyczaj znajdują się w klasie. Dzięki temu, że uczeń wykorzystuje wcześniejszą wiedzę, domysł staje się oszacowaniem opartym na określonych informacjach.

Inna sytuacja ma miejsce wtedy, gdy nauczycielka pokazuje uczniom grupę przedmiotów, które mogłyby się znajdować w pudełku.

Rysunek 17: *Obraz przedmiotów wyjaśniający różnicę między przypuszczeniem, oszacowaniem a założeniem (opracowanie własne).*

Nauczyciel wyjaśnia, że w pudełku znajduje się jeden z tych przedmiotów. Jeśli przedmiotów jest odpowiednio wiele, to uczniowie mają możliwość ich dotknięcia, a jednocześnie mogą trzymać pudełko z przedmiotem w rękach i badać,

jak przedmiot w nim się porusza – wówczas można mówić o sytuacji, w której uczniowie formułują uzasadnione założenie. Rozwój tej umiejętności nie nastąpi jednak automatycznie tylko dlatego, że nauczycielka zapyta, co uczniowie myślą, jaki przedmiot znajduje się w pudełku. Nawet jeśli nauczycielka stworzy sytuację umożliwiającą uczniom formułowanie założeń na podstawie obserwowalnych właściwości przedmiotów oraz wykorzystania wcześniejszych doświadczeń, to uczeń nadal może sformułować jedynie przypuszczenie. Dlatego ważne jest, aby pytać nie tylko o samo założenie, ale poświęcić wystarczająco dużo czasu na dyskusję o tym, na jakiej podstawie podjęli taką decyzję. Uczeń jest zapraszany do werbalizacji procesu myślowego, za pomocą którego podejmował decyzję dotyczącą danego przedmiotu, argumentuje swoje decyzje i uzasadnia swoje założenie (Driver, Newton, Osborne, 2000). Z powyższego wynika jasno, że założenie różni się od przypuszczenia przede wszystkim tym, że jest uzasadnione (poprzednią wiedzą, doświadczeniem lub innymi informacjami).

Możemy edukować uczniów w zakresie formułowania założeń również poprzez alternatywną instrukcję, w której sugerujemy im, że w pudełku znajduje się na przykład kredka. Następnie pytamy uczniów, czy to prawda, umożliwiając im jednocześnie zbadanie pudełka z przedmiotem (oczywiście bez jego otwierania). Do rozwoju umiejętności formułowania założeń istotne są doświadczenia empiryczne, na podstawie których uczeń argumentuje, a które nauczyciel może go doprowadzić. Uczeń może wówczas skoncentrować uwagę na ustaleniu, czy przedmiot znajdujący się w pudełku toczy się, w jaki sposób się toczy, czy toczy się we wszystkich kierunkach, jaki jest jego ciężar, jaki dźwięk wydaje przy uderzaniu o ścianki pudełka i tym podobne. Im więcej uwagi nauczyciel poświęci dyskusji na temat uzasadnień założenia, tym bardziej rozwija się ogólna umiejętność pracy naukowej oraz przeczucie co do natury nauki, szczególnie w zakresie rozwijania precyzji i ostrożności w badaniu.

Najczęściej pojawiającym się błędem przy interwencjach pedagogicznych na rzecz rozwoju umiejętności formułowania założeń jest wymaganie od uczniów tworzenia założeń w sytuacjach, z którymi nie mają wystarczającego doświadczenia, aby móc sformułować uzasadnione założenie. Jeśli nauczycielka oczekuje założenia w takich sytuacjach, zazwyczaj jest to jedynie zgadywanie, a wynik badania w zasadzie nie weryfikuje ani nie aktualizuje/modyfikuje wiedzy ucznia.

Od założenia do hipotezy

Nauczyciele dość często używają terminów „założenie" i „hipoteza" zamiennie. Pomimo że założenie i hipoteza mają ze sobą wiele wspólnego, nie można ich utożsamiać (Baxter, Kurtz, 2001). Hipoteza jest specyficznym typem założenia, które zwykle tworzy się w celu późniejszego badania, w którym obserwuje się zmianę jednej lub kilku zmiennych, tzn. jest ściśle związana z realizacją eksperymentu. Podczas gdy formułowanie założenia jest prostsze i nie jest ograniczane innymi zasadami poza logicznymi, to formułowanie hipotezy wymaga, aby z wypowiedzi wynikało, jakie zmienne (jaka zmienna) są badane, jaki wynik jest oczekiwany przy ich zmianie oraz kiedy hipotezę można uznać za potwierdzoną, a kiedy za obaloną (tzn. określona jest granica ważności hipotezy). Hipoteza musi być skonstruowana w taki sposób, aby miała sens, opierała się na faktach i była spójna z pojęciami naukowymi oraz zasadami nauki (Holton, 1999).

Założenia wywodzą się z hipotez lub bezpośrednio z wcześniejszego doświadczenia. Założenia, które wywodzą się z hipotez (możliwych wyjaśnień), zwykle wykorzystuje się do testowania teorii, stanowiącej podstawę konkretnego wyjaśnienia. Hipotezy proponują wyjaśnienia w ciągu przyczyn i skutków i tworzą teorię dotyczącą tego, dlaczego przebiegają w określony sposób. Testem teorii naukowej jest jej użyteczność do tworzenia prawidłowych założeń.

Z powyższego wynika, że umiejętność formułowania hipotez znajduje wyższą pozycję w ramach rozwoju umiejętności formułowania założeń. Ze względu na specyficzne powiązanie z pracą ze zmiennymi, a następnie z eksperymentowaniem, rozwój umiejętności formułowania hipotez zalicza się do wyższych (tzw. zintegrowanych) umiejętności pracy naukowej. Możliwość ich rozwoju jest uzależniona od predyspozycji do rozwoju abstrakcyjnych operacji logicznych, których pojawienie się przewiduje się na przełomie młodszego i starszego wieku szkolnego.

Dla uproszczenia zaleca się, aby w grupie uczniów w młodszym wieku szkolnym stosować wyłącznie termin „założenie". Ponieważ praca z hipotezami jest powiązana z rozwojem umiejętności poprawnej pracy z eksperymentalnymi zmiennymi, oczywiste jest, że uczniowie w tym wieku jeszcze nie potrafią tworzyć poprawnych hipotez.

Od nieuświadomionego do świadomego formułowania założeń

Jeżeli chcemy rozwijać umiejętność formułowania założeń w związku z rozwojem umiejętności pracy naukowej, musimy korzystać ze świadomego tworzenia założeń. Spontaniczne założenia uczniów mają zwykle charakter nieuświadomiony. Dzięki temu, że założenia stają się jawne, a ich tworzenie staje się świadome, uczniowie zdobywają umiejętność dostrzegania związku między wyobrażeniem, które jest testowane, a założeniem powstałym na jego podstawie. W ten sposób rozwija się również samo wyobrażenie, na podstawie którego założenie zostało stworzone. Aplikacyjny charakter wiedzy się rozszerza, a wyobrażenia się stabilizują.

Werbalizacja założenia odbywa się w ten sposób, że uczeń jest proszony o sformułowanie własnego założenia do pytania badawczego, które zadał nauczyciel. Aby tworzenie założeń (a później hipotez) było dla uczniów prostsze, zaleca się, aby problem badawczy zawsze był formułowany w postaci pytania badawczego. Dzięki temu uczniowie pojmują tworzenie założeń badawczych jako hipotetyczne formułowanie odpowiedzi, którą następnie będą weryfikować. Aby prezentowane założenia były rzeczywiste, uczniowie powinni być zachęcani nie tylko do ich wypowiedzenia, ale także do uzasadnienia prezentowanych założeń.

Jeżeli postępujemy w opisany sposób, to uczniowie w sposób naturalny zdobywają argumenty do poparcia swoich założeń we własnym empirycznym badaniu sytuacji. Z powyższego wynika między innymi to, że formułowanie założenia jest związane z pytaniem badawczym i stanowi hipotetyczną odpowiedź. Nie jest więc możliwe sformułowanie sensownego założenia bez znajomości pytania, które inicjuje jego formułowanie. Ten element jest w praktyce często pomijany, a nawet jeśli nauczyciel zada pytanie badawcze, to nie akcentuje go wystarczająco, aby uczniowie zrozumieli, że późniejsze formułowanie założeń jest reakcją na postawione pytanie badawcze, a weryfikacja założeń prowadzi w rzeczywistości do uzyskania odpowiedzi na pytanie badawcze, które zainicjowało tworzenie założeń.

Jeśli uczniowie są proszeni o zapisywanie swoich założeń, to eksplikacja założeń zostaje wzmocniona, a uczniowie podchodzą do ich formułowania bardziej poważnie. Zapisanie założenia jest jednym z podstawowych elementów klasycznego protokołu badawczego, w którym dokumentujemy przebieg badania. Zapis pomaga badaczowi odnieść się do tego, co badał, jak to badał i co sprawdził. Służy również do porównywania wyników i sposobu myślenia o problematyce z innymi badaczami. W podobny sposób, w rozwoju kompetencji przyrodniczej, prowadzimy uczniów tak, aby poprzez zapis byli w stanie wyjaśnić, jakie mieli wyobrażenie o badanym zjawisku, przedmiocie lub sytuacji przed samym badaniem i po weryfikacji założeń. Jednocześnie można rozwijać wzajemną dyskusję uczniów, porównując ich zapisy założeń i wyników weryfikacji oraz dyskutując ewentualne różnice.

Z dydaktycznego punktu widzenia ważne jest rozróżnienie między założeniem, umiejętnością formułowania założeń a rozwojem tej umiejętności. Do rozwoju umiejętności formułowania założeń nie wystarczy, aby nauczyciel poprosił uczniów o stworzenie założenia; musi on stosować strategie wspierające rozwój tej kompetencji. Aby precyzyjniej określić wymagania dotyczące przygotowania odpowiednich interwencji pedagogicznych, opiszemy w dalszej części tekstu podstawowy zestaw warunków procesu edukacyjnego, które warto tworzyć, jeśli chcemy, aby umiejętność była skutecznie rozwijana.

Przypuszczenie bez uzasadnienia nie zawsze jest przypuszczeniem rzeczywiście przemyślanym

Przypuszczenie różni się od domysłu tym, że jest oparte na wcześniejszej wiedzy. Jest więc wynikiem pewnego procesu myślowego i dlatego (w porównaniu z domysłem) ma znaczenie w poznaniu przyrodniczym. Stworzenie sytuacji, w której zadaniem uczniów jest sformułowanie przypuszczenia, nie jest trudne. Jeśli uczniowie już wiedzą, że przypuszczenie wyraża to, co osobiście myślą o dalszym przebiegu obserwowanej sytuacji, to potrafią stosownie do swego wieku w różny sposób je wyrazić (graficznie, jednowyrazową odpowiedzią z pomocą gestykulacji i mimiki, fragmentem zdania, całym zdaniem itd.).

Aby nauczyciel miał pewność, że uczniowie faktycznie formułują przypuszczenia, a nie tylko zgadują, ważne jest sformułowanie wymogu, aby uzasadnili swoje przypuszczenia. Warto unikać pytania „Dlaczego tak myślisz?", które

sugeruje związek przyczynowo-skutkowy i przy którym uczniowie czują się mniej kompetentni, by odpowiedzieć. Nauczyciel może wymagać uzasadnienia np. poprzez wyrażenia: „Na jakiej podstawie tak myślisz? Czy widziałeś coś podobnego wcześniej?" itd. Z wypowiedzi powinno być jasne, że nauczyciel pyta o doświadczenia uczniów, a nie o „szkolną" wiedzę (Driver, Newton, Osborne, 2000).

Mimo że należy prosić o uzasadnienie przy formułowaniu przypuszczeń, to nie zawsze trzeba faktycznie oczekiwać takiego sformułowania. Młodsi uczniowie mają trudności z wyrażaniem niewerbalizowanych dotąd wyobrażeń. Nawet jeśli rzeczywiście myśleli nad sytuacją, to rzadko potrafią wyrazić, na podstawie jakiego doświadczenia formułują swoje przypuszczenie. Oznacza to, że im mniej doświadczenia mają uczniowie w formułowaniu przypuszczeń i im są młodsi, tym mniejszy powinien być wysiłek nauczyciela, by rzeczywiście wysłuchać także uzasadnienia przypuszczeń.

Mogłoby się wydawać, że w takich przypadkach wymaganie uzasadnienia przypuszczeń jest nieuzasadnione, jednak tak nie jest. Poprzez sformułowanie wymogu uzasadnienia przypuszczenia nauczyciel daje do zrozumienia, że przypuszczenie nie jest typowym „strzałem", lecz szacowaniem opartym na tym, co uczeń już wie o podobnych sytuacjach. Oznacza to, że taki wymóg prowadzi do rozwijania prawidłowego rozumienia, czym jest przypuszczenie – oceną utworzoną na podstawie aktualnej wiedzy i doświadczeń.

Im starsi są uczniowie i im więcej mają doświadczenia w formułowaniu przypuszczeń, tym intensywniej nauczyciel zajmuje się uzasadnieniami przypuszczeń w dyskusji, tak że uczniowie automatycznie tworzą uzasadnienia i potrafią je wykorzystać jako argumenty przy obronie swojego zdania w dyskusji w grupie lub całej klasie.

Niezanotowane przypuszczenia stają się nieuchwytne

Przypuszczenia można wyrażać werbalnie w formie wypowiedzi lub graficznie, poprzez narysowanie (dorysowanie) tego, co badacz zakłada, że się wydarzy. Graficzny lub pisemny zapis przypuszczenia jest bardzo ważny, aby po przeprowadzeniu badania można było do niego wrócić i je ocenić. Bez oceny przypuszczenia same przypuszczenia nie mają znaczenia i stają się nieuchwytne.

Zapisywanie przypuszczeń ma również duże znaczenie dla systematyzacji samego badania. Przypuszczenia kierują uwagę uczniów na istotne elementy następnie badanej (obserwowanej) sytuacji. Dzięki zapisaniu przypuszczeń uczeń używa arkusza roboczego (protokołu badawczego) ze swoimi przypuszczeniami jako schematu badania, aby dowiedzieć się tego, co chce zbadać.

Ponadto, z doświadczeń praktycznych wynika, że jeśli przypuszczenie jest zapisane, nabiera ono powagi, tzn. uczniowie mają większą tendencję do notowania prawdziwych przypuszczeń niż domysłów. Jeśli nauczyciele nie wymagali zapisu przypuszczeń, uczniowie częściej „strzelali", aby jak najszybciej przejść do praktycznego badania. Jeśli jednak później nauczyciele prosili uczniów o zapisanie przypuszczenia, często ponownie zastanawiali się nad sytuacją, rezygnowali z domysłów i starali się sformułować bardziej przemyślane przypuszczenie.

Sposób wyrażania przypuszczenia należy dostosować do wieku uczniów, a także do etapu rozwoju umiejętności formułowania przypuszczeń. Dopóki uczniowie nie potrafią czytać i pisać, lub dopóki komunikacja pisemna nie jest dla nich wystarczająco spontaniczna, umiejętność formułowania przypuszczeń można rozwijać poprzez ustną werbalizację oraz zapisywanie w sposób, który nie wymaga pracy z tekstem (czytania czy pisania). Stopniowo, wraz z rozwojem umiejętności komunikowania się w formie pisemnej, nauczyciel preferuje wyrażanie przypuszczeń poprzez własne pisemne sformułowania tworzone przez uczniów. Pomiędzy graficznym a pełnym pisemnym wyrażeniem przypuszczenia można zastosować formułowanie przypuszczenia poprzez wybór. Z tej perspektywy można wyróżnić trzy różne sposoby zapisu przypuszczenia:

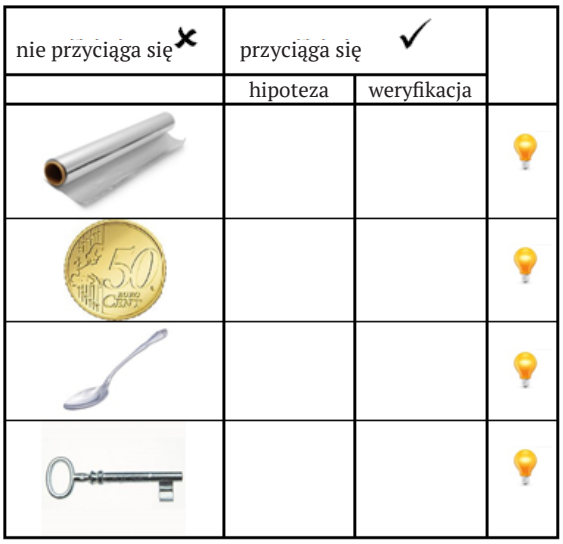
- graficzne wyrażenie przypuszczenia,
- formułowanie przypuszczenia poprzez wybór,
- własne pisemne sformułowanie przypuszczenia.

W ramach graficznego wyrażania przypuszczenia nauczyciel może prowadzić uczniów do jego przedstawienia za pomocą rysunku. Instrukcja do rysunku musi być sformułowana w taki sposób, aby skłaniała ucznia do refleksji nad badaną sytuacją i zachęcała do próby przedstawienia przypuszczenia na podstawie aktualnej wiedzy. W instrukcji ważne jest podkreślenie, że uczeń ma tworzyć przypuszczenie w oparciu o wszystko, co już wie o danej lub podobnej sytuacji. Graficzne wyrażenie przypuszczenia stosuje się nie tylko u uczniów, którzy nie potrafią czytać i pisać, ale również wtedy, gdy opis werbalny byłby bardzo obszerny lub gdy z innych powodów efektywniejsze byłoby przedstawienie przypuszczenia rysunkiem.

Alternatywnie można stosować różne symbole do graficznego oznaczania przypuszczeń, na przykład krzyżyki, haczyki, kropki, a także różne naklejki, pieczątki itp., zawsze adekwatnie do możliwości uczniów. W edukacji przyrodniczej w przedszkolu używa się często emotikonów do wyrażania przypuszczeń. Należy jednak stosować je rozważnie, ponieważ emotikony niosą ze sobą również wartość emocjonalną. Praktyka pokazała, że uczniowie odbierają zmarszczoną twarz jako niepowodzenie, podczas gdy zmarszczony emotikon jest jedynie przeciwną wartością do uśmiechniętej twarzy i może np. wyrażać fakt, że przedmiot nie unosi się na wodzie. Oznaczenia o wartości emocjonalnej z tego powodu nie są odpowiednie do zapisu przypuszczeń.

Na przykład jeśli prosimy ucznia, aby zaznaczył uśmiechniętą buźką te przedmioty w arkuszu pracy, o których uważa, że będą przyciągane przez magnes, a smutną buźką te, które przyciągane nie będą, to wyrazi on nie tylko swoje przypuszczenie, lecz także nada mu wartość emocjonalną, która w obiektywnym badaniu nie ma uzasadnienia. Jeśli uczeń rozważał jakiś przedmiot (na przykład folię aluminiową) jako taki, który będzie przyciągany przez magnes (oznaczył go uśmiechniętą buźką), ale ostatecznie odkrył, że folia nie jest przyciągana, to powinien w ewaluacji oznaczyć ją smutną buźką. Ta negatywna emocja prowadzi ucznia do błędnego postrzegania sytuacji badawczej – uczeń ma negatywne odczucia wobec siebie, dostrzega, że czegoś nie wiedział, i sądzi, że prawdopodobnie powinien był to wiedzieć. Często ma nawet tendencję do zmieniania buziek, do nieakceptowania rzeczywistości i kierowania się wartością emocjonalną.

Sens działań badawczych polega jednak na odkrywaniu nowych faktów, dlatego uczeń powinien cieszyć się z tego, że odkrył coś nowego, a nie odczuwać porażkę. Jeśli oznaczanie przedmiotów zastąpimy emocjonalnie neutralnymi symbolami, problem ten znika – zob. przykład arkusza pracy *(Badawczo ukierunkowana koncepcja edukacji technicznej w przedszkolu*, 2015). Znaczenie niepotwierdzonych przypuszczeń można podkreślić za pomocą żarówek na końcu wiersza, które uczniowie kolorują wtedy, gdy ich przypuszczenie się nie potwierdziło, tzn. gdy odkryli nowe fakty. W ten sposób pozytywnie akcentujemy znaczenie badań i odróżniamy je od innych sytuacji edukacyjnych.



Rysunek 18: *Przykład zadania z metodyki edukacji technicznej w przedszkolu ukierunkowanej badawczo*

Oznaczanie przypuszczeń można uprościć na przykład w ten sposób, że nauczyciel prowadzi uczniów do tego, by w części dotyczącej przypuszczeń zaznaczali umówiony symbol tylko przy tych przedmiotach, o których sądzą, że będą przyciągane przez magnes.

Umówionym symbolem może być cokolwiek – haczyk, kropka, pieczątka, naklejka itp. Z czasem, wraz ze zdobywaniem większego doświadczenia w formułowaniu przypuszczeń, nauczyciel powinien dążyć do tego, by uczeń stopniowo uczył się formułować przypuszczenia własnymi słowami.

Formułowanie przypuszczenia poprzez wybór spośród kilku możliwości

Graficzne wyrażanie przypuszczenia (zwłaszcza gdy chodzi o oznaczanie przypuszczeń symbolami w przygotowanej wcześniej tabeli usystematyzowanych danych) jest łatwiejsze, ponieważ uczeń może je zwizualizować (za pomocą symbolu lub rysunku), ale nie musi go werbalizować. Dla młodszych uczniów typowe jest to, że wyobrażenia, na podstawie których tworzą swoje przypuszczenia, powstały w wyniku zmysłowego postrzegania rzeczywistości, a więc istnieją one w ich umyśle jedynie w postaci obrazów wizualnych.

Jeśli prosimy uczniów, by stworzyli przypuszczenie poprzez zaznaczenie symbolu lub narysowanie go, zazwyczaj nie stanowi to dla nich problemu, ponieważ nie muszą werbalizować swoich wyobrażeń. Natomiast jeśli prosimy ich o sformułowanie przypuszczenia słownie i jego uzasadnienie na podstawie wcześniejszej wiedzy, potrzebują na to znacznie więcej czasu. Jeśli chcemy pomóc uczniom w werbalizacji przypuszczeń, warto stopniowo przechodzić od graficznego oznaczania przypuszczeń do wyboru spośród wielu możliwych alternatywnych przypuszczeń. Stosując ten sposób formułowania przypuszczeń, nauczyciel może pokazać uczniom, jak takie przypuszczenia się tworzy. Uczniowie również uświadamiają sobie, że naturalne jest tworzenie przed badaniem kilku przypuszczeń, które mogą się wzajemnie wykluczać, a różni badacze nie muszą się co do nich zgadzać.

Jeśli nauczyciel proponuje różne alternatywne założenia, to ważne jest, aby wszystkie brzmiały dla danej grupy wiekowej uczniów równie wiarygodnie. Jednocześnie założenia muszą być sformułowane w taki sposób, by dzieci jasno rozumiały, co one wyrażają. Oznacza to, że należy dostosować styl wypowiedzi do cech wiekowych uczniów, nie obniżając przy tym poziomu merytorycznego formułowanych założeń, ponieważ wstępnie przygotowane założenia stanowią dla uczniów przykład tego, jak można poprawnie je wyrażać.

Jeśli zachęcamy uczniów do wyboru założenia spośród kilku alternatyw, to warto dać im również możliwość stworzenia własnego, jeśli czują, że żadne z podanych nie oddaje dokładnie tego, co myślą o danej sytuacji.

Indywidualne formułowanie założeń

Ostatecznie uczeń powinien zrozumieć, że sposób sformułowania założenia zależy od badacza. Oznacza to, że założenia nie mają z góry określonej struktury. Dzięki autorskiemu sformułowaniu założenia proces badawczy staje się bardziej osobisty, a uczniowie silniej odczuwają swoją odpowiedzialność za przebieg badań. Własne formułowanie założeń zwykle wiąże się z zastosowaniem tzw. otwartego badania, w którym uczeń jest stymulowany do badania wybranego zjawiska przyrodniczego, przedmiotu lub sytuacji jedynie za pomocą pytania badawczego. Kolejne etapy badania uczeń tworzy samodzielnie, zgodnie z algorytmem poznania naukowego (pytanie badawcze – założenie – propozycja sposobu badania – ocena założeń i wnioskowanie indukcyjne, uogólniające). Zastosowanie otwartego badania nie jest odpowiednie dla młodszych uczniów. Można je wprowadzić dopiero wtedy, gdy uczniowie mają już wystarczające doświadczenie z metodami badawczymi, poznawanymi wcześniej w ramach tzw. badania kierowanego.

Jeśli zachęcamy uczniów do formułowania założeń własnymi słowami, ważne jest, aby nie przygotowywać im wcześniej zdań, w które mieliby wstawiać wybrane terminy. Styl dorosłego różni się od stylu wypowiedzi uczniów. Uczeń nie może znaleźć się w sytuacji, w której próbuje odgadnąć, jakich słów oczekuje nauczyciel w niedokończonym zdaniu. Wręcz przeciwnie — nauczyciel powinien tolerować błędy stylistyczne i gramatyczne, jeśli z treści założenia jasno wynika, co uczeń zakłada. Założenie nie musi nawet być pełnym zdaniem, jeśli z wypowiedzi jasno wynika jego istota. Jeśli nauczyciel ma tendencję do poprawiania wypowiedzi uczniów, mogą oni poczuć się niekompetentni w tworzeniu własnych założeń i w przyszłości będą do tego podchodzić z większą nieśmiałością.

Wręcz przeciwnie — nauczyciel powinien zachęcać ucznia do zmiany sformułowania wypowiedzi tylko wtedy, gdy nie jest jasne, co uczeń chciał przez nią wyrazić, lub gdy nie wynika z niej, w jaki sposób dane założenie wiąże się

z pytaniem, na podstawie którego zostało stworzone. Nawet w takim przypadku lepiej, by nauczyciel nie zmieniał wypowiedzi za ucznia, lecz zachęcił go do wyrażenia myśli w inny sposób.

Jeśli brakuje doświadczenia, nie można stworzyć założenia

Ponieważ prawdziwe założenie opiera się na wcześniejszej wiedzy, logiczne jest, że jeśli uczeń obserwuje zupełnie nowe zjawisko, z którym (ani z podobnym) nie miał żadnego doświadczenia, to formułuje raczej przypuszczenia niż założenia. Dlatego ważne jest rozwijanie umiejętności tworzenia założeń w trakcie badania takich sytuacji, z którymi uczeń ma już (lub z podobnymi do nich) wystarczające doświadczenie. Alternatywnie można najpierw umożliwić uczniowi zdobycie odpowiedniego doświadczenia, a dopiero potem kontynuować badanie zjawiska, aby mógł wykorzystać nowo nabytą wiedzę do jego pogłębionej analizy.

Jednocześnie ważne jest, by uczniowie byli uczeni formułowania założeń dotyczących zjawisk, które są dla nich problematyczne, tzn. by nie odnosić się do zjawisk, których przebieg jest dla nich oczywisty. Na przykład nie ma sensu pytać uczniów, czy wszystkie przedmioty spadają na ziemię albo czy słońce wschodzi każdego dnia. Należy pamiętać, że sposób, w jaki nauczyciel formułuje instrukcje dotyczące tworzenia założeń, kształtuje u uczniów rozumienie tego, czym jest założenie i jakie ma znaczenie w procesie badawczym. Gdyby uczniowie byli prowadzeni do formułowania założeń na temat zjawisk, które już dobrze rozumieją, nie miałoby to senu i osłabiało cel samego tworzenia założeń.

Na przykład, jeśli nauczyciel prosi uczniów o sformułowanie przypuszczenia dotyczącego tego, co stanie się z suchą szyszką sosnową, gdy włoży się ją do naczynia z wodą, uczniowie mogą tworzyć mniej lub bardziej prawdopodobne domysły. Często dotyczą one kwestii niezwiązanych bezpośrednio z tym, co nauczyciel chce z uczniami badać. Na przykład uczniowie przewidywali zmianę koloru, zastanawiali się, czy szyszka będzie pływać, czy będą się z niej wydobywać się bąbelki, itp. Celem nauczyciela było jednak zwrócenie uwagi uczniów na to, czy szyszka się może zamknie. Dlatego następnie próbował skierować uwagę uczniów na przypuszczenie co do ewentualnego zamknięcia się szyszki. Tworzenie przypuszczeń w takiej sytuacji dydaktycznej nie ma większego sensu – uczniowie nie są w stanie ich sformułować, ponieważ brakuje im odpowiedniego doświadczenia, które pozwoliłoby im takie przypuszczenie stworzyć. Lepiej jeśli nauczyciel zademonstruje uczniom to zjawisko przyrodnicze lub poprowadzi ich tak, aby sami odkryli, co się stanie z szyszką, gdy włożą ją do wody (czyli zastosuje metodę badawczą, w której tworzenie przypuszczeń nie jest typowym elementem).

Inna sytuacja ma miejsce, gdy nauczyciel najpierw zachęca uczniów do zbadania szyszek, a następnie do wykorzystania tej wiedzy do formułowania przypuszczeń dotyczących dalszego badania, dzięki któremu dowiedzą się więcej o zachowaniu szyszek. Nauczyciel może pokazać uczniom zamknięte i otwarte szyszki oraz porozmawiać z nimi o tym, jaka jest między nimi różnica i jakie oni sami mają doświadczenia z szyszkami. Następnie może przeprowadzić pokaz (lub pozwolić uczniom na samodzielne obserwacje w grupach), podczas którego włoży otwartą szyszkę do naczynia z wodą. Po pewnym czasie, pod wpływem wilgotnego środowiska, szyszka się zamknie. Następnie nauczyciel może zachęcić uczniów do zastanowienia się, w jaki inny sposób można by było zamknąć otwartą szyszkę. Uczniowie mogą tworzyć przypuszczenia, czy zamknięcie szyszki spowoduje dowolna ciecz, a także czy na zamykanie szyszki wpływa temperatura wody lub inne czynniki, które zdecydują się zbadać.

Częstym błędem przy próbie rozwijania umiejętności formułowania przypuszczeń jest wykorzystywanie takich zjawisk przyrodniczych i sytuacji, które bardziej nadają się do zastosowania metody badawczej w edukacji. Nauczyciele często szukają ciekawych pomysłów w różnych publikacjach, które prezentują efektowne, zaskakujące sytuacje lub doświadczenia, których zasada działania jest na tyle złożona, że – z uwagi na poziom wiedzy przyrodniczej ucznia – nie ma to dla niego sensu. Często są to sytuacje zachowujące się w bardzo zaskakujący sposób, przez co uczeń czuje się niekompetentny w tworzeniu jakichkolwiek wyjaśnień. Przy wyborze sytuacji do zastosowania metod badawczych w celu rozwijania umiejętności formułowania przypuszczeń ważne jest rozważenie, czy uczeń potrafi zbadać daną sytuację w taki sposób, aby odkryć nowe fakty, które będzie mógł połączyć z wcześniejszą wiedzą poprzez przemyślane tworzenie przypuszczeń.

Przypuszczeń nie można oceniać, dopóki nie zostaną zweryfikowane

Nauczyciel powinien przygotować interwencje dydaktyczne w taki sposób, aby odzwierciedlały fakt, że do każdego pytania o charakterze badawczym zawsze — bez wyjątku — istnieje co najmniej jedno przeciwstawne przypuszczenie wobec tego, które zostało sformułowane. Z tego wynika, że przypuszczeń nie można oceniać inaczej niż poprzez ich weryfikację (badanie, ewentualnie poszukiwanie informacji w różnych źródłach). Jeśli nauczyciel prosi uczniów o sformułowanie przypuszczenia, to powinien oceniać jedynie starania ucznia w zakresie ujęcia przypuszczenia własnymi słowami i na podstawie własnej wiedzy. Nie powinien natomiast oceniać treści tego, co uczeń przypuszcza. Ocenianie treści przypuszczeń obniża u ucznia poczucie kompetencji i wiarę we własne możliwości odkrycia czegoś nowego.

Aby wspierać właściwy rozwój umiejętności formułowania przypuszczeń, uczniowie powinni z danej sytuacji zrozumieć, że przypuszczenia mogą być różne. Aby nauczyciel rozwinął u uczniów to rozumienie, warto, by porównywał różniące się przypuszczenia uczniów. Powinien przy tym wypowiadać się neutralnie, tzn. nie oceniać treści przypuszczeń, a jedynie podkreślać, że różni badacze mogą mieć odmienne zdania na temat tej samej sytuacji. Poprzez porównywanie przypuszczeń podkreśla się znaczenie procesu badania — skoro przypuszczenia się różnią, oznacza to, że badany problem nie został jeszcze dostatecznie poznany, a więc jest interesujący i wart dalszego zbadania.

Ważne jest, aby uczniowie zrozumieli, że przypuszczenie jest ich własne — nie musi być zgodne z przypuszczeniami innych. Wręcz przeciwnie, badanie planuje się właśnie dlatego, że o danym zjawisku, przedmiocie czy sytuacji wiemy niewiele i nie zgadzamy się w naszych rozważaniach — tworzymy więc różne przypuszczenia. Jeśli chcemy rozwijać umiejętność formułowania przypuszczeń, istotne jest, by uczniowie uświadomili sobie, że nauczyciel nie pyta ich o wiedzę, lecz wspólnie z nimi rozważa to, co jeszcze nie jest poznane. Formułowanie przypuszczenia kieruje uwagę ucznia na to, co stanowi istotę późniejszej obserwacji lub badania.

Niepotwierdzone przypuszczenie to nie - złe przypuszczenie

Jak wspomniano w poprzednim zaleceniu, przypuszczenia można oceniać jedynie poprzez ich weryfikację (badanie lub poszukiwanie informacji w różnych źródłach wtórnych). Dzięki ustalonemu sposobowi weryfikacji uczniowie dowiadują się, czy ich przypuszczenie się potwierdziło, czy też nie. Na tej podstawie zachowują pierwotne wyobrażenie, z którego przypuszczenie wynikło, lub je modyfikują. Ostatecznie przypuszczenia są potwierdzone albo niepotwierdzone (obalone), a nie „dobre" czy „złe". Choć jest to bardzo oczywista zasada formułowania i późniejszego sprawdzania przypuszczeń, jej stosowanie w praktyce często bywa błędne.

Niepotwierdzone przypuszczenie nie jest złe — podobnie jak nie można powiedzieć, że potwierdzone przypuszczenie jest dobre. Jeśli nauczyciel używa sformułowań typu: „to pomyśleliśmy dobrze, a to źle", „to przypuszczenie jest dobre, ale tu się pomyliłeś…", wywołuje u uczniów wrażenie, że poprzez tworzenie przypuszczeń są oni sprawdzani z tego, co już dawno powinni wiedzieć. W rezultacie uczniowie tracą chęć do formułowania przypuszczeń w kolejnych sytuacjach badawczych — nie chcą ryzykować ponownego zanegowania swoich przypuszczeń. Takie podejście nie jest zgodne ze zrozumieniem natury nauki i badań naukowych.

Tworzenie przypuszczeń wiąże się z badawczymi metodami nauczania, których celem nie jest korygowanie już posiadanej wiedzy, lecz zdobywanie nowej, która dzięki formułowaniu przypuszczeń zostaje funkcjonalnie włączona w dotychczasowe poznanie. Zarówno potwierdzone, jak i niepotwierdzone przypuszczenie ma taką samą wartość. Aby zachęcić uczniów do wyrażania przypuszczeń, w praktyce dobrze sprawdza się podkreślanie znaczenia niepotwierdzonego przypuszczenia, które prowadzi do nowego poznania — a więc realizuje cel badań: odkrywać, a nie potwierdzać to, co już znane. Jeśli przypuszczenie się nie potwierdziło, uczeń odkrywa nowe fakty i przebudowuje swoje rozumienie świata. Jest to trudniejszy proces, który warto emocjonalnie wzmocnić słowami: „Świetnie, odkryłeś coś nowego! Badanie było udane, dobrze sobie poradziłeś!"

Podkreślanie znaczenia niepotwierdzonych przypuszczeń

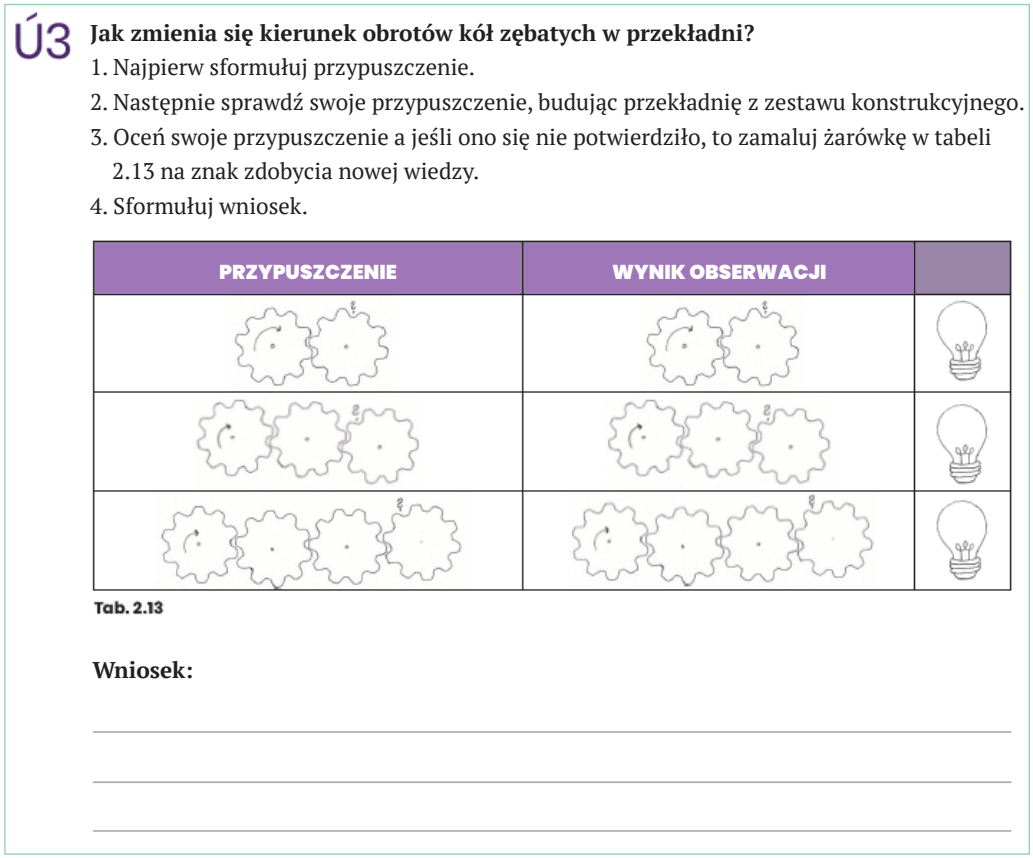
Można to osiągnąć na przykład poprzez taką analizę przypuszczeń (porównanie przypuszczenia z wynikiem obserwacji lub badania), by celowo skłaniać uczniów do uznania niepotwierdzonych przypuszczeń za nośniki nowej wiedzy.

Przykładem może być wykorzystanie kolorowych żarówek, jak pokazano w poniższym przykładzie z podręcznika *ExpEdition* dla 4. klasy szkoły podstawowej (*Przyroda dla klasy 4,* 2023).

Celem jest zbadanie kierunku obrotu kół zębatych połączonych w mechanizmie przekładniowym. Nauczyciel prowadzi uczniów do formułowania przypuszczeń. Celem tworzenia przypuszczeń jest przede wszystkim to, aby uczeń podczas budowania konstrukcji z zestawu dokładnie wiedział, co chce odkryć. Oznacza to, że nie jest istotne, jak uczeń narysuje swoje przypuszczenie w zadaniu, lecz to, by był świadomy, co chce za pomocą zestawu zbadać. Jednocześnie nauczyciel zwraca uwagę, by uczniowie zrozumieli, że przypuszczenie nie jest zgadywanką — to sąd przemyślany, oparty na aktualnej wiedzy i logicznym rozumowaniu.

Nauczyciel akcentuje pytanie badawcze, które brzmi: „W jakim kierunku obraca się koło połączone w przekładni, jeśli wiemy, w jakim kierunku obraca się pierwsze koło?" Zadanie obejmuje trzy przekładnie zębate, w których każdorazowo dodaje się jedno dodatkowe koło, aby uczeń dzięki własnemu badaniu odkrył, że każde kolejne koło obraca się w przeciwnym kierunku. Na tym etapie bardzo istotne jest, by nauczyciel uświadomił sobie, że nie jest źródłem wiedzy i dlatego nie powinien sugerować poprawnej odpowiedzi. Zamiast tego bardziej pomocna jest autentyczna ciekawość — to ona wspiera uczniów w samodzielnym odkrywaniu i badaniu zjawiska.

Po sformułowaniu przypuszczeń nauczyciel daje uczniom zestawy konstrukcyjne, a ich zadaniem jest zweryfikowanie przypuszczeń oraz zapisanie wyników obserwacji w drugiej kolumnie (wynik obserwacji). Następnie nauczyciel prosi uczniów, aby ocenili swoje przypuszczenie jako potwierdzone lub niepotwierdzone. Jeśli przypuszczenie się nie potwierdziło, uczniowie kolorują żarówkę w odpowiednim wierszu, podkreślając w ten sposób, że dzięki badaniu dowiedzieli się czegoś nowego. W ten sposób akcentujemy, że przypuszczenie nie jest błędem — jest narzędziem do badania przedmiotów i zjawisk, a jeśli się nie potwierdzi, oznacza to, że dzięki badaniu dokonaliśmy nowego odkrycia. Zatem zarówno potwierdzone, jak i niepotwierdzone przypuszczenie mają taką samą wartość. Następnie uczniowie przechodzą do formułowania wniosków.



Ú3 **Jak zmienia się kierunek obrotów kół zębatych w przekładni?**

1. Najpierw sformułuj przypuszczenie.
2. Następnie sprawdź swoje przypuszczenie, budując przekładnię z zestawu konstrukcyjnego.
3. Oceń swoje przypuszczenie a jeśli ono się nie potwierdziło, to zamaluj żarówkę w tabeli 2.13 na znak zdobycia nowej wiedzy.
4. Sformułuj wniosek.

PRZYPUSZCZENIE	WYNIK OBSERWACJI	

Tab. 2.13

Wniosek:

Rysunek 19: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 4. klasy szkoły podstawowej (Przyroda dla klasy 4, 2023)*

Jeśli przypuszczenia się potwierdzą, to badanie jest również wartościowe — przede wszystkim dlatego, że wzmacnia procesy myślowe, które doprowadziły do sformułowania przypuszczenia. Ponadto prowadzi do utrwalenia samych wyobrażeń przyrodniczych, na podstawie których przypuszczenia zostały wysunięte.

Umiejętność formułowania przypuszczeń rozwija się przede wszystkim poprzez dyskusję

Przypuszczenia są rezultatem umiejętności ich tworzenia. Ona sama stanowi proces poznawczy, w którym uczeń zastanawia się nad daną sytuacją, porównuje ją ze swoją wcześniejszą wiedzą, poszukuje podobieństw z innymi, już znanymi sytuacjami, a następnie wnioskuje, jak badana sytuacja prawdopodobnie się zachowa. Całego tego procesu nie da się w pełni zaobserwować, jednak dzięki odpowiednim instrukcjom do pracy w grupie nauczyciel może wiele dowiedzieć się o sposobie, w jaki uczniowie myślą o danej sytuacji.

Dzięki temu, że uczeń ma możliwość omówienia swojego sposobu myślenia o sytuacji w małej grupie rówieśniczej, zauważa, że inni uczniowie również nie są pewni odpowiedzi. Wypowiadają się jednak w sposób charakterystyczny dla swojego wieku, a jeśli w grupie panują przyjazne relacje, uczniowie potrafią się wzajemnie dobrze informować nie tylko o swoich przypuszczeniach, ale także o wyobrażeniach i — co najważniejsze — o konkretnych doświadczeniach, na podstawie których te przypuszczenia powstały. Kiedy uczniowie mają możliwość omówienia swoich przypuszczeń w grupie, chętniej prezentują je później przed całą klasą. Jednocześnie rozwijają swoje umiejętności wypowiadania się. W trakcie dyskusji często odkrywają, że inni uczniowie myślą w podobny sposób.

Wraz ze zdobywaniem coraz większego doświadczenia w formułowaniu przypuszczeń uczniowie stopniowo rozwijają także samo rozumienie zasad poprawnego tworzenia przypuszczeń. Nie chodzi o to, czy nasze przypuszczenie pokrywa się z przypuszczeniem większości, lecz o to, czy zostało zweryfikowane na podstawie obserwacji rzeczywistości.

Przypuszczenie bez późniejszej weryfikacji traci dla ucznia znaczenie poznawcze

Formułowanie przypuszczeń nie zawsze musi być bezpośrednio związane z późniejszym badaniem praktycznym, jednak ze względu na specyfikę myślenia uczniów w młodszym wieku szkolnym warto w edukacji przyrodniczej na poziomie podstawowym łączyć tworzenie przypuszczeń z ich praktycznym sprawdzaniem poprzez badanie. Dzięki praktycznemu badaniu i dowodom empirycznym uczniowie utrwalają nie tylko wyobrażenie, na podstawie którego stworzyli przypuszczenie, ale także sposób myślenia, jaki zastosowali podczas jego formułowania i całego procesu badawczego. Dlatego bardzo istotne jest, by podczas weryfikacji przypuszczeń dostarczać uczniom takich dowodów, które uznają za wystarczająco wiarygodne. Dla młodszych uczniów będzie to przede wszystkim ich własne doświadczenie.

Jeśli tworzenie przypuszczeń jest częścią metody poznawania świata, to uczniowie postrzegają je jako naturalny element samego procesu badania, a poczucie, że nauczyciel „sprawdza ich wiedzę", zostaje zminimalizowane. Gdy zaś formułowanie przypuszczeń jest realizowane zgodnie z etapami naukowego procesu poznawczego, aktywność ta może dodatkowo kształtować u uczniów wyobrażenie o nauce i procesach naukowych.

Nauczyciel, okazując zainteresowanie sposobem, w jaki uczniowie myślą o badanej sytuacji, zachęca ich do wyrażania swojej wcześniejszej wiedzy również w sposób emocjonalny. W pewnym sensie postrzega uczniów w indukcyjnych działaniach dydaktycznych (dla których formułowanie przypuszczeń jest typowe) jako partnerów w badaniu — odchodzi od roli osoby przekazującej wiedzę i stara się kształtować wyobrażenie o badaniu jako o sytuacji, w której istotna jest komunikacja oraz doświadczenie różnorodnych członków zespołu badawczego. Aby uczniowie rzeczywiście postrzegali nauczyciela w takiej badawczej roli, muszą uwierzyć, że również on nie zna odpowiedzi na pytanie badawcze. Wtedy nie oczekują oceny własnych przypuszczeń, a potrzeba późniejszego ich korygowania w oparciu o wyniki badania pojawia się bardzo rzadko.

Uczeń powinien mieć poczucie, że nauczyciel jest autentycznie zainteresowany jego pomysłami — niezależnie od ich jakości czy ogólnej trafności. Uczeń wyraża się w sposób dla siebie naturalny, ale stara się objaśnić swoje myśli tak, by inni je zrozumieli — i to tak, jak on sam je rozumie. W tym procesie wspiera go nauczyciel, pomagając, by

uczeń czuł się kompetentny w formułowaniu przypuszczeń. Jeśli uczeń wie, że nauczyciel nie oczekuje konkretnej, „poprawnej" odpowiedzi, lecz raczej prezentacji jego własnych doświadczeń związanych z badanym zjawiskiem, to otwiera się bardziej w wypowiedziach i z czasem potrafi podczas formułowania przypuszczeń przywoływać różne podobne doświadczenia, które mogą mu pomóc skuteczniej przewidywać.

Na przykład w aktywności dotyczącej badania cieni nauczyciel najpierw zachęcał uczniów do obserwacji cieni w ich otoczeniu. Rozmawiał z nimi o tym, gdzie pojawiają się cienie i jakie mają rozmiary (długość/wielkość). Następnie zaproponował uczniom bliższe zbadanie zjawiska powstawania cieni i sformułował pytanie badawcze dotyczące długości cienia: *Kiedy cień jest dłuższy, a kiedy krótszy?* Podzielił uczniów na grupy, a zadaniem każdej grupy było sformułowanie przypuszczeń dotyczących tego, kiedy tworzą się dłuższe, a kiedy krótsze cienie.

Uczniowie przez chwilę dyskutowali, przy czym rozmowy w grupach stopniowo przeszły w dyskusję na forum całej klasy. Niektórzy uczniowie wysunęli przypuszczenie, że gdy oświetlamy większy przedmiot, tworzy się większy cień. Nauczyciel pochwalił ich, wydając ocenę: „Tak, dobrze". Uczniowie odebrali reakcję nauczyciela jako potwierdzenie poprawności tej odpowiedzi, co sprawiło, że stracili motywację do weryfikacji swojego przypuszczenia oraz chęć formułowania alternatywnych hipotez. Właściwsze byłoby, gdyby nauczyciel wypowiedział się bez wartościującej oceny, nadal jednak mógłby pochwalić uczniów za ich wysiłek. Na przykład: „Ciekawe przypuszczenie! Czy wszyscy w klasie myślą tak samo, czy ktoś ma inne zdanie?" Jeden z uczniów wyraził przypuszczenie, że większe cienie „powstają od słońca, a mniejsze od lampy". Nauczyciel w ogóle nie odniósł się do tego przypuszczenia, choć stanowiło ono interesujący punkt wyjścia do dalszego badania. Uczeń nawet w grupie wyjaśnił (choć w sposób naiwny) swoje rozumowanie: „słońce tworzy na przykład duże cienie domów i drzew, a lampy tego nie potrafią". Zajęcie się tym przypuszczeniem mogłoby doprowadzić do ciekawego badania, czy cień ma taką samą długość, gdy oświetlamy ten sam przedmiot (na przykład pionek szachowy) latarką albo światłem słonecznym.

Ważne jest, aby nauczyciel na każdą próbę sformułowania indywidualnego przypuszczenia zareagował informacją zwrotną ale pozbawioną oceny. Jak wspomniano, rozwój umiejętności formułowania przypuszczeń odbywa się przede wszystkim podczas dyskusji o nich, a nie poprzez ich praktyczne sprawdzanie. Ponieważ nauczyciel jest dla uczniów wzorem w sposobie myślenia o badanym zjawisku, przedmiocie czy sytuacji, powinien wypowiadać się w sposób zgodny z tym, co chce rozwijać. Formułowanie przypuszczeń - to etap badania, w którym badacz zastanawia się nad daną sytuacją i, korzystając z wcześniejszej wiedzy, stara się hipotetycznie przewidzieć, co wydarzy się w określonych warunkach. Z wypowiedzi nauczyciela powinno więc jasno wynikać, że wyjaśnienia mogą być różne — a im więcej osób bada daną sytuację, tym więcej ciekawych pomysłów i przypuszczeń może się pojawić. Samo badanie (czyli weryfikacja przypuszczeń) staje się tym ciekawsze, im bardziej niejednoznaczna wydaje się odpowiedź podczas dyskusji nad przypuszczeniami.

Rozwój umiejętności formułowania przypuszczeń ma w edukacji przyrodniczej wiele specyficznych znaczeń. Nie jest on celem samym w sobie, lecz wpływa na skuteczność kompleksowego i funkcjonalnego rozwoju wiedzy przyrodniczej, a zwłaszcza na proces, dzięki któremu ta wiedza powstaje i stopniowo się modyfikuje. Oddziałuje więc na ciągły proces poznawczy ucznia. Specyfikę znaczenia rozwoju tej umiejętności można opisać poprzez najważniejsze efekty dydaktyczne jej kształtowania. Wymienionych efektów dydaktycznych można jednak oczekiwać jedynie w przypadku profesjonalnego podejścia do rozwijania tej umiejętności poprzez interwencje pedagogiczne omówione w poprzednich częściach rozdziału.

Poprzez rozwijanie umiejętności formułowania przypuszczeń nauczyciel:

- rozpoznaje aktualne wyobrażenia uczniów o przyrodzie i odkrywa sposób, w jaki uczniowie o niej myślą;
- wspiera wewnętrzną motywację uczniów do praktycznej aktywności i badań;
- kieruje uwagę uczniów na istotne elementy badanej sytuacji;
- wspiera wykorzystanie wcześniejszej wiedzy;
- tworzy naturalne sytuacje sprzyjające dyskusji o omawianym zjawisku, przedmiocie czy sytuacji przyrodniczej;
- kształtuje wyobrażenie o sposobach naukowego badania i o naturze nauki.

W dalszej części tekstu postaramy się bliżej określić wymienione znaczenia.

Umiejętność formułowania przypuszczeń przez uczniów pomaga w rozpoznaniu ich aktualnych wyobrażeń przyrodniczych

Dzięki formułowaniu przypuszczeń nauczyciel zdobywa cenne informacje o aktualnych wyobrażeniach uczniów na temat omawianego zjawiska, przedmiotu czy sytuacji przyrodniczej. Ponadto może skutecznie odkryć, w jaki sposób uczniowie myślą o danym zjawisku, na co zwracają uwagę, co jest dla nich istotne, jakie wyciągają logiczne wnioski. Na tej podstawie modyfikuje swoje interwencje pedagogiczne tak, aby wiedza uczniów rozwijała się, by odkrywali oni nowe fakty, a sytuacje edukacyjne postrzegali jako stymulujące a jednocześnie wykonalne.

W edukacji przyrodniczej uczniów w młodszym wieku szkolnym typowe jest to, że nauczyciel zajmuje się zjawiskami i obiektami, z którymi uczniowie mają już doświadczenie, co oznacza, że mają oni również ukształtowane pewne wyobrażenia przyrodnicze na temat tych zjawisk i obiektów. Aby efekt edukacji przyrodniczej był wartościowy, ważne jest rozwijanie wiedzy wynikającej z doświadczeń uczniów, bez tworzenia równoległego systemu wiedzy oderwanego od tego, co uczeń już wie. Jest to szczególnie istotne, aby uczniowie zdobywali wiedzę, którą będą mogli wykorzystać w codziennym życiu.

Podczas rozwijania umiejętności formułowania przypuszczeń nauczyciel w dość prosty i naturalny sposób poznaje aktualny stan wiedzy uczniów. Rozpoznane wyobrażenia dzieci często zaskakują nauczyciela — zarówno wtedy gdy on przeszacuje możliwości uczniów, jak również wtedy gdy ich nie doszacuje. Na przykład w indukcyjnie zorientowanej aktywności dotyczącej kiełkowania nasion nauczyciel rozwijał umiejętność formułowania przypuszczeń u uczniów, prosząc ich o stworzenie przypuszczenia, co według nich wyrośnie z nasiona fasoli, jeśli stworzymy nasionom określone warunki: brak dostępu światła, brak wody, itp. Przed rozpoczęciem aktywności nauczyciel wraz z uczniami obserwował kiełkowanie nasion fasoli. Uczniowie w ten sposób uświadomili sobie, jak dbać o fasolę, aby wyrosła roślina. Poprzez aktywności związane z procesem kiełkowania nasion, nauczyciel tworzył doświadczalną bazę do rozwijania umiejętności formułowania przypuszczeń w kolejnej indukcyjnie zorientowanej aktywności.

Nauczyciel przypomniał uczniom ich starania o nasiona fasoli, gdy chcieli, aby wyrosły z nich rośliny. Następnie poprosił uczniów, aby spróbowali sformułować przypuszczenie, co stanie się z nasionem fasoli, jeśli go nie podleją, oraz co się z nim stanie, jeśli nie zapewnią mu światła. Nauczyciel spodziewał się, że uczniowie odniosą się do tego, czy nasiono wykiełkuje, czy nie. Ku jego zaskoczeniu, kilku uczniów wysunęło przypuszczenie, że nasiono fasoli bez wody wykiełkuje, ale wyrośnie z niego inna roślina (wspomnieli na przykład cebulę). Podobne przypuszczenia tworzyli także w odniesieniu do innych hipotetycznych warunków. Formułowanie przypuszczeń dostarczyło nauczycielowi informacji, że uczniowie łączą zmianę warunków kiełkowania nasion ze zmianą gatunku rośliny. Na tej podstawie nauczyciel zmodyfikował arkusz pracy, tak aby uczniowie przewidywali jedynie, czy nasiono w danych warunkach wykiełkuje, czy nie, oraz przygotował nowe pytanie badawcze, którego celem było sprawdzenie, czy z nasion fasoli zawsze wyrośnie ta sama roślina – fasola. Opisana sytuacja edukacyjna jest przykładem, kiedy nauczyciel oczekuje już rozwiniętego wyobrażenia uczniów – jakość oczekiwanego poziomu prekoncepcji została przeceniona (przeszacowana). Bardzo często jednak zdarza się, że nauczyciel jest pozytywnie zaskoczony poziomem prekoncepcji, czyli jest on wyższy niż oczekiwał.

Na lekcji przyrody w drugiej klasie nauczyciel prowadził indukcyjnie zorientowaną aktywność edukacyjną, zainicjowaną pytaniem badawczym dotyczącym sprawdzenia, czy roślina potrzebuje światła do wykiełkowania. Poprosił uczniów, aby zapisali swoje indywidualne przypuszczenia. Następnie zachęcił ich do dyskusji nad tymi przypuszczeniami w grupach. Podczas dyskusji uczniowie spontanicznie stwierdzali, że to przecież oczywiste – nasiona nie potrzebują światła do kiełkowania, bo kiełkują w ziemi, a tam jest ciemno. Swoje twierdzenia opierali na doświadczeniach z obserwacji, które prowadzili w przedszkolu. Ponieważ nauczyciel zauważył, że to, co starał się rozwijać u uczniów poprzez aktywność, jest już przez nich dobrze rozumiane, wprowadził zmodyfikowany problem badawczy, rozpoczynając dyskusję o tym, czy nasiona kiełkują szybciej bez światła czy w jego obecności.

Z przedstawionych przykładów wynika między innymi to, że jeśli nauczyciel nie bada dziecięcych prekoncepcji przyrodniczych, nie może być pewien, czy planowane działania edukacyjne doprowadzą do modyfikacji wiedzy ucznia na poziomie odpowiednim dla jego wieku. Poprzez identyfikację aktualnej wiedzy uczniów dzięki formułowaniu

przypuszczeń w odniesieniu do wybranych pytań badawczych, nauczyciel może znacząco zwiększyć efektywność nauczania — przede wszystkim poprzez dostosowanie aktywności edukacyjnych do tego, co uczniowie już wiedzą, a czego jeszcze nie. Na podstawie wiedzy o tym, co uczniowie już potrafią, nauczyciel może modyfikować swoje metody nauczania, tak aby uczniowie nie zajmowali się tym, co już jest dla nich oczywiste, a jednocześnie skupiali się na tym, co faktycznie rozwinie ich wiedzę.

Umiejętność formułowania przypuszczeń wspiera wewnętrzną motywację do badania

Poprzez formułowanie przypuszczeń wspiera się wewnętrzną motywację do poznania przyrodniczego niezależnie od wpływu motywacji zewnętrznych (Spaulding, 1992). Gdy uczeń formułuje przypuszczenie, spontanicznie jest skłaniany poprzez wewnętrzne pragnienie (inicjowane przez ciekawość) do sprawdzenia, czy przypuszczenie jest zgodne z rzeczywistością, czy nie. Ponieważ uczniowie tworzą przypuszczenia o charakterze indywidualnym, wynikające z ich własnych doświadczeń, samo badanie staje się spersonalizowane — nawet jeśli edukacyjna sytuacja nie została zainicjowana ciekawością ucznia, lecz konkretną intencją nauczyciela. Na przykład nauczyciel stawia sobie cel rozwinięcia wyobrażeń uczniów o tym, które materiały są przyciągane przez magnes, a które nie. Przedstawia uczniom cel badania i zachęca ich do formułowania przypuszczeń. Już w trakcie tworzenia, a zwłaszcza zapisywania przypuszczeń, uczniowie doświadczają pewnej niepewności, która wyzwala ciekawość. Niepewność co do tego, czy ich przekonania są zgodne z rzeczywistością, pogłębia się podczas dyskusji w grupie lub całej klasie. Różnorodne przypuszczenia intensyfikują ciekawość uczniów, zapewniając, że badanie realizowane jest z wewnętrzną motywacją — uczniowie chcą się dowiedzieć, czy ich przypuszczenia są zgodne z tym, jak magnes rzeczywiście oddziałuje na dane przedmioty.

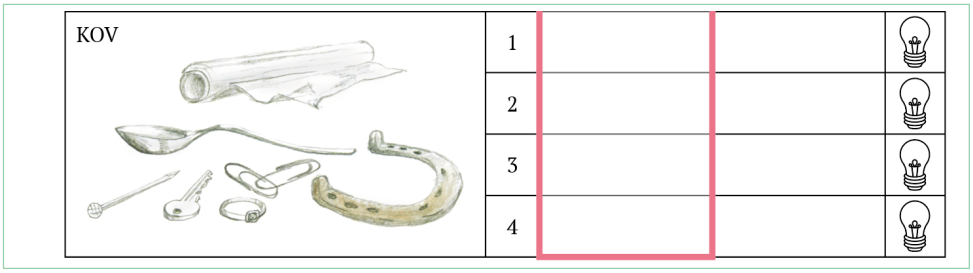
Nauczyciel, tworząc specjalnie opracowany arkusz do zapisu przypuszczeń, ułatwia uczniom ich dokumentowanie, jednocześnie skupiając ich uwagę na wyglądzie przedmiotów i różnicach między nimi. Na przykład poprzez sformułowania z arkusza zwraca uwagę na to, że przedmioty różnią się materiałem, z którego są wykonane. W ten sposób nauczyciel pośrednio wskazuje uczniom możliwą zmienną, która może wpływać na to, czy przedmiot zostanie przyciągnięty przez magnes, czy nie — tą zmienną jest materiał, z którego przedmiot jest wykonany.

Ú3

?

Przyjrzyjmy się teraz bliżej, jak zachowuje się magnes w kontakcie z różnymi materiałami. Dowiedzieliśmy się, że niektóre przedmioty są przyciągane przez magnes, a inne nie. Będziemy rozwiązywać pytanie badawcze: **Czy to zależy od tego, z jakiego są materiału?**
Zbadaj co najmniej 4 przedmioty wykonane z materiałów, które są podane w tabeli poniżej.

		PRZYPUSZCZENIE	SPRAWDZENIE	
DREWNO	1			
	2			
	3			
	4			
PLASTIK	1			
	2			
	3			
	4			
SZKŁO I CERAMIKA	1			
	2			
	3			
	4			



Rysunek 20: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 1. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s PIPI, 2024)*

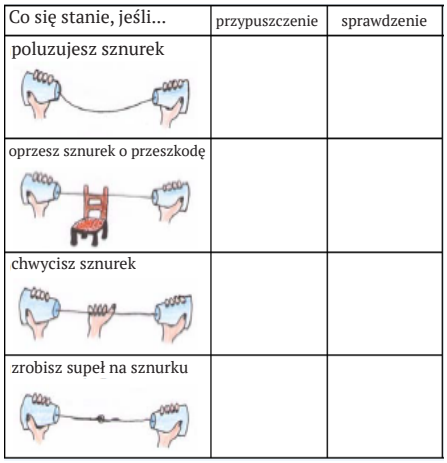
Gdyby ten sam cel edukacyjny realizować bez formułowania przypuszczeń, uczeń nie kierowałby się wewnętrzną motywacją poznawania, lecz chęcią spełnienia wymagań nauczyciela lub uzyskania dobrej oceny. W takim przypadku nauczyciel przedstawia cel edukacyjny – sprawdzenie, które materiały przyciąga magnes, a które nie – i następnie udostępnia uczniom materiały do badania. Sama obserwacja jest mniej systematyczna, a nauczyciel musi na bieżąco kierować działaniami uczniów i dodatkowo motywować ich do wykrywania różnic w zachowaniu przedmiotów wykonanych z różnych materiałów wobec magnesu.

Efekt wspierania wewnętrznej motywacji osiąga się przede wszystkim dzięki wyraźnemu formułowaniu przypuszczeń. Jeśli uczeń nie zapisuje swoich przypuszczeń ani nie dyskutuje o nich w grupie, to czynnik motywacyjny wynikający z ciekawości pozostaje, ale traci na sile. Zapisanie przypuszczenia wzmacnia u uczniów poczucie odpowiedzialności za badanie, skłania do bardziej przemyślanego formułowania przypuszczeń oraz intensywniejszego wykorzystania wcześniejszych doświadczeń.

Formułowanie przypuszczeń pomaga ukierunkować uwagę ucznia na istotne elementy badanej rzeczywistości

Tworząc przypuszczenia, skupiamy efektywnie (i w kontekście sytuacyjnym) uwagę uczniów na tym, co jest istotne dla obserwacji w kolejnej sytuacji weryfikacyjnej. Uczeń przystępuje do badania z jasno określonym celem obserwacji, nie rozpraszają go elementy nieistotne, a sama aktywność realizuje swój cel – uczeń odkrywa, że istotą badania jest jego własna aktywność badawcza. W ten sposób poprzez formułowanie przypuszczeń wspiera się rozwój zdolności obserwacyjnych uczniów, czyniąc obserwację celową i szczegółową.

Jeżeli nauczyciel ograniczy się jedynie do zadania pytania i następnie poprowadzi uczniów do odkrycia odpowiedzi bez wcześniejszego formułowania przypuszczeń, może się zdarzyć, że uczeń będzie obserwował to, co go osobiście najbardziej zainteresuje, a nie to, co nauczyciel przewiduje, że uczniowie powinni zauważyć. Na przykład nauczyciel zachęca uczniów do zbudowania „telefonu ze sznurka" przy użyciu dwóch plastikowych kubków i sznurka. Uczniowie wykonują swoje „telefony" a następnie odkrywają, że dźwięk faktycznie dobrze się między nimi przenosi. Sytuacja ta ich zainteresuje, ponieważ przedmiot zachowuje się nieoczekiwanie. Następnie nauczyciel stara się stymulować uczniów tak, aby odkryli, jak należy używać telefonu, aby rzeczywiście działał i aby dźwięk był skutecznie przenoszony.



Rysunek 21: *Przykład zadania z materiału metodycznego do stosowania indukcyjnych metod nauczania w edukacji technicznej (Projekt Technika hrou, 2018)*

Bez formułowania przypuszczeń późniejsze badanie uczniów jest mało systematyczne i zazwyczaj dochodzą oni jedynie do wniosku, że sznurek musi być napięty. Jeśli jednak nauczyciel najpierw (przed badaniem) prowadzi uczniów do tworzenia przypuszczeń dotyczących konkretnych sytuacji, które sam zaproponował (zob. Rysunek; Projekt Technika hrou, 2018), badanie staje się systematyczne, a uczniowie dowiadują się o sytuacji więcej. Ponadto nauczyciel daje przykład różnych sposobów sprawdzania funkcjonowania „telefonu" i zachęca uczniów do zaproponowania oraz wypróbowania innych podobnych sytuacji. W ten sposób staje się dla uczniów przykładem osoby badającej, która werbalizuje swoje przypuszczenia, a następnie stara się je zweryfikować, aby dowiedzieć się więcej o badanej sytuacji. Na podstawie takich instrukcji uczniowie testowali „telefon" przez zamknięte drzwi, przez okno z piętra na dół, a także przez zgniatanie kubka i inne sposoby.

Z powyższego wynika, że dzięki wyrażaniu przypuszczeń uczniowie skupiali swą uwagę na tych elementach badanej sytuacji, które są istotne dla zrozumienia zachodzących procesów, dając im możliwość stworzenia bardziej prawidłowego obrazu sytuacji. Na przykład podczas badania znaczenia tego, czy ktoś trzyma sznurek w dłoni podczas „telefonowania", uczniowie odkryli, że przechodzące w sznurku wibracje można wyczuć w dłoni jako delikatne drgania, w kierunku, z którego dźwięk przechodził przez sznurek. Intuicyjnie kształtuje to również wyobrażenie uczniów o powstawaniu i przenoszeniu dźwięku przez materiały — uczniowie tworzą sobie obraz, że dźwięk jest drganiem materiału.

Tworząc i zapisując przypuszczenia w arkuszach roboczych (które w zależności od wieku uczniów mogą mieć prostą graficzną formę lub bardziej złożoną - tekstową), uczniowie podczas samego badania skupiają się na tym, co przewidywali, aby sprawdzić, czy ich sposób myślenia o danej sytuacji jest zgodny z tym, jak zjawisko zachowuje się w rzeczywistości. W praktyce oznacza to, że uczniowie zwracają uwagę na różne detale obserwowanej sytuacji, których w innym przypadku mogliby nie zauważyć, gdyby ich obserwacja była tylko spontaniczna.

Tworzenie przypuszczeń wspiera tendencję do korzystania z dotychczasowej wiedzy

Ponieważ przypuszczenia są formułowane na podstawie wcześniejszej wiedzy, to rozwijając tę kompetencję, skłaniamy uczniów do aktywnego wykorzystywania wszelkich wcześniej nabytych kompleksowych wyobrażeń przyrodniczych oraz indywidualnych doświadczeń. Ten efekt tworzenia przypuszczeń jest jednak możliwy tylko wtedy, gdy przestrzegamy zasad rozwoju kompetencji w tym zakresie, a oprócz instrukcji dotyczącej samego formułowania przypuszczeń, prowadzimy z uczniami dyskusje o doświadczeniach, na podstawie których przypuszczenia zostały sformułowane.

Podczas gdy uzasadnianie przypuszczeń u dzieci w wieku przedszkolnym jest bardzo niedoskonałe, to dzięki stopniowemu rozwojowi tej kompetencji uczniowie będący na pierwszym etapie edukacji potrafią już jednoznacznie zidentyfikować i wyrazić swe doświadczenia, na podstawie których przewidują zachowanie zjawiska lub przedmiotu w badanej sytuacji. Na przykład zadaniem uczniów było opowiedzenie się po jednej ze stron trojga dzieci, które wypowiadały się na temat sytuacji związanej ze bałwanem (zob. rysunek, metoda Concept Cartoons):

Opinie:

- Lepiej nie zakładać tego płaszcza na bałwana, bo się roztopi.
- Uważam, że nie ma znaczenia, czy bałwan będzie miał płaszcz, czy nie. To nie wpłynie na jego topnienie.
- Uważam, że płaszcz utrzyma go w chłodzie i zapobiegnie topnieniu.

Rysunek 22: *Przykład zastosowania metody CC (https://www.millgatehouse.co.uk/concept-cartoons-research/)*

Większość uczniów w grupie opowiedziała się za tym, że bałwan zacznie topnieć po przykryciu go płaszczem, jednak jeden uczeń twierdził, że będzie odwrotnie – płaszcz może spowolnić topnienie. Większość uczniów swoje przekonanie o przyspieszeniu topnienia bałwana uzasadniła własnym doświadczeniem z płaszczem, który zimą „grzeje" człowieka. Choć jest to naiwne wyobrażenie, to wystarczy do uzasadnienia (nawet naiwnego) przypuszczenia. Uczeń, który w grupie miał odmienną opinię, próbował przekonać innych swoim doświadczeniem z podróży samochodem na wakacje. Do bagażnika samochodu spakowali mrożone mięso i przykryli je używanymi płaszczami, aby utrzymało chłód aż do przyjazdu na miejsce.

Nauczyciel nie wchodził w ocenę trafności uzasadnień przypuszczenia, mimo że wcześniej wiedział, iż sytuacja z płaszczem, który zimą „grzeje" nie ma logicznego związku z przypadkiem bałwana, który, w przeciwieństwie do człowieka, nie wytwarza własnego ciepła. Zadaniem nauczyciela było wymaganie uzasadnienia przypuszczenia, za które uczniowie otrzymywali pozytywną ocenę, jeśli było ono efektem przemyślanego wnioskowania, a nie typowania. Poprawność powiązania wcześniejszego doświadczenia z aktualnie badanym zjawiskiem zostaja zweryfikowana przez późniejsze badanie, podczas którego uczniowie sprawdzają swoje przypuszczenia.

Z powyższego wynika, że przy odpowiednim moderowaniu uczniowie potrafią wyrażać uzasadnienia swoich przypuszczeń i wykorzystywać wcześniejsze doświadczenia przy badaniu podobnych zjawisk. Jeśli uzasadnienie opiera się na naiwnym wyobrażeniu, samo badanie nie potwierdzi przypuszczenia, a związek między doświadczeniem, którym uczniowie starali się poprzeć przypuszczenie, nie powstanie (Aufschnaiter, Erduran, Osborne, Simon, 2007).

Tworzenie przypuszczeń inicjuje dyskusje o zjawiskach przyrodniczych, przedmiotach i sytuacjach

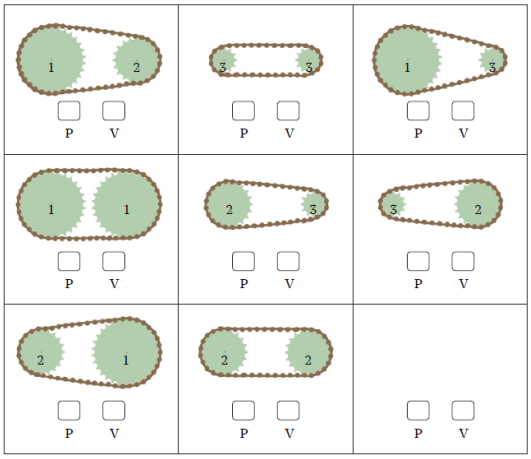
Jeżeli nauczyciel zachęca uczniów do formułowania przypuszczeń na podstawie wcześniejszych doświadczeń, to daje w ten sposób wyraźny impuls do dyskusji na omawiany temat. Dzięki temu, że bodziec do dyskusji jest klarowny, a od ucznia wymaga się komunikowania wcześniejszych doświadczeń, uczniowie czują się kompetentni, aby o danym zagadnieniu rozmawiać. Poprzez werbalizację wyobrażeń można zidentyfikować różnice w sposobie myślenia o badanym zjawisku, przedmiocie czy sytuacji oraz zachęcić uczniów do sprawdzenia samego zjawiska.

Ponieważ z młodszymi uczniami badamy jedynie te zjawiska przyrodnicze, które są dla nich możliwe do zbadania i z którymi już mają doświadczenie, komunikacja jest dla nich łatwiejsza, gdyż mają na czym oprzeć swoje wypowiedzi. Z drugiej strony większość informacji, które uczniowie wykorzystują przy formułowaniu przypuszczeń, pochodzi z doświadczenia zmysłowego i nigdy wcześniej nie była werbalizowana. Oznacza to, że uczeń posiada te doświadczenia, ale ich wyrażenie nie jest automatyczne – najpierw musi je zakodować słownie. Dlatego warto umożliwić uczniom dyskusję nad swoimi przypuszczeniami najpierw w mniejszych grupach, w których czują się swobodniej, dzieląc się doświadczeniami. Aby uczniowie zaczęli komunikować się w grupach, muszą otrzymać jednoznaczny impuls do dyskusji.

Na przykład nauczyciel zachęcał uczniów do badania kół zębatych połączonych zębatką. Celem było zbadanie wpływu rozmiaru kół na prędkość ich obrotu, gdy są połączone w sposób przedstawiony w arkuszu roboczym. Gdyby nauczyciel po prostu zadał pytanie o to, jak rozmiar kół zębatych wpływa na ich wzajemny ruch, uczniom nie byłby jasny sam cel badania, ponieważ problem badawczy leżący u podstaw pytania ma charakter relacyjny. Tego typu problemy badawcze są dla szkoły podstawowej stosunkowo trudne do rozwiązania w drodze otwartego badania.

Ú7 **Czy można zmienić prędkość obrotu kół w przekładni zębatej, zmieniając wielkość kół?** Mamy trzy wielkości kół, oznaczone **od największego do najmniejszego** numerami 1, 2 i 3. Stopniowo łączymy je w przekładnię za pomocą łańcucha zębatego. Pierwszym kołem obracamy zawsze w tym samym kierunku o jeden obrót. O ile obróci się drugie koło?

- Obrazki, na których drugie koło obraca się szybciej niż pierwsze, oznacz znakiem ✔.
- Obrazki, na których drugie koło w porównaniu z pierwszym obraca się najszybciej, oznacz znakiem ✔✔.
- Obrazki, na których oba koła obracają się z tą samą prędkością, oznacz znakiem =.



Rysunek 23: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition 4. klasy szkoły podstawowej (Przyroda dla 4. klasy SP, 2023)*

Nauczyciel zmienił sformułowanie pytania badawczego, zawężając jego zakres do ustalenia, czy koła zawsze obracają się z tą samą prędkością, gdy są ze sobą połączone. Z problemu badawczego o charakterze relacyjnym stało się ono problemem opisowym, który uczniowie są w stanie rozwiązać. Następnie tworzenie hipotez zorganizował w ten sposób, aby uczniowie mogli dyskutować o zależności między wielkością kół a szybkością ich obracania.

Zainicjowanie dyskusji było proste. Najpierw nauczyciel zachęcił uczniów do samodzielnego zastanowienia się nad sytuacjami ukazanymi w arkuszu roboczym i zaznaczenia swoich hipotez. Następnie ich zadaniem było porównanie swoich hipotez w małych grupach i przedyskutowanie niezgodności. Dyskusja w czasie lekcji przyrody była bardzo żywa, zwłaszcza w sytuacji, w których połączono koła o różnych rozmiarach. Niektórzy uczniowie tworzyli hipotezy, licząc zęby na kołach zębatych, dzięki czemu powstawały dokładniejsze przypuszczenia. Stosując tę taktykę próbowali przekonać resztę grupy do swojej wizji przebiegu doświadczenia. Arkusz roboczy dostarczył w ten sposób wyraźnego bodźca do dyskusji, a uczniowie spontanicznie prezentowali swoje poglądy na omawiane sytuacje.

Ponieważ rozwijanie umiejętności formułowania hipotez zawiera również wymóg uzasadnienia stworzonych przypuszczeń, efektem rozwijania tej umiejętności jest także rozwój kompetencji argumentacyjnych. Uczniowie są stymulowani do tego, aby popierać swe przewidywania akceptowalnymi faktami, opartymi na ich wcześniejszych doświadczeniach.

Umiejętność formułowania hipotez przyczynia się do rozwoju wyobrażenia o badaniach naukowych

Tworzenie hipotez jest jednym z podstawowych etapów w algorytmie poznania naukowego. Poprawny rozwój umiejętności formułowania hipotez pozwala uczniom stopniowo uświadamiać sobie znaczenie hipotez w samym procesie badawczym – potrafią lepiej ocenić, co badali, jak to badali i co nowego odkryli, lub co dzięki badaniu potwierdzili. Formułując hipotezy przed samym badaniem, uczniowie rozwijają także wyobrażenie o znaczeniu samego badania, zdając sobie sprawę, że odpowiedź na pytanie, które leży u podstaw hipotez, nie jest oczywista i wymaga sprawdzenia. Im bardziej zróżnicowane są hipotezy (im bardziej uczniowie się w nich nie zgadzają), tym silniejszy jest ten efekt.

Najważniejszym efektem rozwijania umiejętności formułowania hipotez w kontekście rozwoju wyobrażenia o badaniach naukowych jest uświadomienie sobie, że badania naukowe polegają na myśleniu o tym, co już wiemy o badanym zjawisku (przedmiocie, sytuacji) i wykorzystywaniu tej wiedzy do tworzenia hipotez o innych, zmienionych sytuacjach, tak aby zdobyć więcej informacji o przyrodzie, niż posiadaliśmy dotychczas. Równie istotne jest rozwijanie wyobrażenia, że własne wyjaśnienia obserwowanego zjawiska są stale weryfikowane, co przyczynia się do zrozumienia jednej z kluczowych cech nauki – tymczasowego charakteru wiedzy (wiedza jest pewna tylko do momentu, gdy nie zostanie obalona przez nowe badania).

Na koniec podsumujmy ponownie strategie dydaktyczne wspierające rozwój umiejętności formułowania hipotez. Nauczyciel, który rozwija tę umiejętność:

- wymaga nie tylko podania hipotezy, ale także jej uzasadnienia;
- zachęca uczniów do zapisywania ich hipotez;
- wykorzystuje do rozwijania tej umiejętności wyłącznie zjawiska przyrodnicze, przedmioty i sytuacje, z którymi uczeń ma już doświadczenie;
- porównuje przedstawione hipotezy, nie oceniając ich poprawności w odniesieniu do badanego zjawiska;
- nie określa hipotez jako dobrych lub złych, lecz jedynie jako potwierdzone lub niepotwierdzone (obalone);
- daje dzieciom wystarczająco dużo czasu na indywidualne przemyślenie hipotezy, a następnie umożliwia dyskusję w przyjaznej grupie rówieśniczej;
- zapewnia uczniom możliwość weryfikacji swoich hipotez po ich sformułowaniu i wraca do nich przy ocenie wyników badania;
- okazuje szczere zainteresowanie tym, co uczeń myśli i na jakiej podstawie tak sądzi.

6 Umiejętność wnioskowania i interpretowania

Podczas badania zjawisk przyrodniczych naukowcy gromadzą informacje o tym, jak zjawiska przyrodnicze przebiegają w różnych sytuacjach, a następnie tworzą wyjaśnienia. Wyjaśnienia powstają metodą indukcji – badacz porównuje to, co wie o obserwowanym zjawisku, z tym, co wie o podobnych i powiązanych zjawiskach, i stara się zidentyfikować zależności – tworzy wyjaśnienie, interpretując to, co zaobserwował.

Interpretować oznacza tworzyć powiązanie między tym, co jest aktualnie obserwowane (badane), a tym, co już wiemy (poprzednią wiedzą).

Podajemy kilka przykładów interpretacji powszechnie obserwowanych sytuacji:

Obserwacja	**Interpretacja**
– Przez okno widzę, że liście na drzewie się poruszają.	– Na zewnątrz prawdopodobnie wieje wiatr.
– Na trawniku zauważyłem okrągłe miejsce, na którym trawa w ogóle nie rośnie.	– Ktoś prawdopodobnie wylał tam substancję toksyczną.
– W porównaniu z innymi pomieszczeniami w budynku filtr klimatyzacji w tym pomieszczeniu jest bardziej zabrudzony.	– Latem pomieszczenie jest częściej użytkowane w porównaniu z innymi.

Dopóki wyniki obserwacji są formułowane jako obserwowalne fakty, trzeba zachować ostrożność naukową w interpretacji, wynikającą ze świadomości, że interpretacja jest wnioskiem, a nie faktem (Hanuscin, Park Rogers, 2008). Dla interpretacji charakterystyczne jest to, że dla tej samej obserwacji można stworzyć kilka różnych interpretacji.

Obserwacja	**Interpretacja**
– Trawa jest mokra.	– Prawdopodobnie padał deszcz. – Na trawie jest poranna rosa. – Trawnik był niedawno podlewany. – ...

Interpretacja nie polega na zgadywaniu czy domysłach – jest to wniosek dedukcyjny, stworzony na podstawie wiedzy o przebiegu podobnych sytuacji. Im więcej doświadczeń wspiera wynik obserwacji, tym bardziej wiarygodna jest dana interpretacja. Z drugiej strony, nawet jeśli obserwacja jest interpretowana w oparciu o stosunkowo stabilne wcześniejsze doświadczenie, nie oznacza to, że interpretację można uznać za fakt. Na przykład trawa mogłaby być mokra także z powodu pęknięcia pobliskiej rury lub akcji gaśniczej strażaków. Te interpretacje są jednak mniej praw-

dopodobne, ponieważ mokra trawa z tych powodów zdarza się rzadziej niż mokra trawa w wyniku porannej rosy czy deszczu. Nie oznacza to jednak, że w obserwowanej sytuacji nie mogło się to zdarzyć. Dlatego ważne jest, aby uzyskać z obserwacji jak najwięcej informacji, które pomogą badaczowi dokładniej interpretować obserwowane zjawisko.

Umiejętność interpretowania, podobnie jak umiejętność formułowania hipotez, różni się od pozostałych podstawowych umiejętności pracy naukowej tym, że jej wynikiem nie jest bezpośredni opis rzeczywistości, lecz tworzenie wyjaśnień tego, co zaobserwowaliśmy, zmierzyliśmy i sklasyfikowaliśmy. W tym procesie informacjom przypisuje się w pewnym stopniu subiektywną wartość, ponieważ interpretacje powstają w oparciu o różną jakość i ilość wcześniejszej wiedzy badacza. Dlatego bardzo ważne jest rozróżnianie wniosków interpretacyjnych od faktów, ponieważ w przeciwieństwie do faktów, interpretacje są jedynie twierdzeniami hipotetycznymi.

Na przykład, jeśli podejdziemy do akwarium z rybkami, zaobserwujemy, że rybki zaczynają płynąć w stronę powierzchni wody. Wszyscy obserwatorzy widzą to samo, więc wynik obserwacji jest zgodny i takie informacje uznajemy za fakty. Jeśli ta sama obserwacja powtarza się wielokrotnie, umysł człowieka zaczyna spontanicznie tworzyć hipotetyczne wyjaśnienie obserwowanego zjawiska – powstaje interpretacja. Na przykład możemy stworzyć interpretację, że rybki spodziewają się pokarmu. Interpretacja wynika z wielokrotnych wcześniejszych obserwacji sytuacji przy akwarium, kiedy zdajemy sobie sprawę, że zbliżamy się do akwarium głównie wtedy, gdy chcemy nakarmić rybki, a każdorazowo, gdy wrzucamy pokarm do akwarium, rybki płyną na powierzchnię i go spożywają. Ta interpretacja jednak nie jest faktem, tzn. w rzeczywistości nie wiemy, czy powodem ruchu rybek w stronę powierzchni jest oczekiwanie pokarmu.

Podczas gdy obserwację realizujemy za pomocą percepcji zmysłowej, interpretację tworzymy przez proces myślowy, wykorzystując swą wcześniejszą wiedzę i łącząc ją z informacjami aktualnie pozyskiwanymi poprzez obserwację zmysłową. Interpretację naukową zazwyczaj tworzymy na podstawie wielokrotnych obserwacji, i nie jest to jedynie domysł ani niepodparte niczym zgadywanie. Oznacza to, że interpretacja jest zakotwiczona w wynikach obserwacji i zweryfikowanej wcześniejszej wiedzy. W porównaniu z obserwacją, pomiarami czy klasyfikacją, interpretacja wymaga bardziej formalnego myślenia.

Podobnie jak w przypadku hipotez, również przy tworzeniu interpretacji badanej sytuacji można stworzyć wiele interpretacji, które mogą się wzajemnie wykluczać. Za naukowe uznajemy jednak tylko te interpretacje, które powstały w drodze logicznego wnioskowania, tzn. w pewien sposób opierają się na obserwowanych faktach. Podczas tworzenia interpretacji należy stosować postawę naukowej ostrożności i nie uogólniać zbyt szybko obserwowanych faktów. Interpretacje mogą wynikać w większym lub mniejszym stopniu bezpośrednio z obserwowanych faktów, albo również z tego, co zakładamy jako typowe dla obserwowanej sytuacji. Na tej podstawie wyróżniamy interpretacje uzasadnione i nieuzasadnione.

Podczas tworzenia interpretacji ważne jest uświadomienie sobie, że stworzone interpretacje nie są faktami, nawet jeśli są uzasadnione. Interpretacje prowadzą nas do zdobycia dodatkowych informacji, które mogą wesprzeć stworzone wyjaśnienie. W tym zakresie interpretacje przypominają hipotezy. Do tworzenia obu wykorzystujemy wcześniejszą wiedzę. Podczas gdy hipoteza jest stwierdzeniem, za pomocą którego staramy się wyjaśnić, co wydarzy się w danej sytuacji, interpretacja jest próbą wyjaśnienia tego, co zostało zaobserwowane.

Pomimo że interpretację należy odróżnić od tego, co zostało zaobserwowane, ważne jest również uświadomienie sobie, że interpretacja wynika z obserwacji w połączeniu z zastosowaniem wcześniejszej wiedzy. Proces tworzenia interpretacji obserwowanego zjawiska można scharakteryzować jako sekwencję następujących, ukrytych pytań:

1. Co widzę (obserwuję)?
2. Co już wiem o podobnych sytuacjach i o tym, co mogłoby mieć związek z obserwowanym zjawiskiem?
3. Jak moja wcześniejsza wiedza może wyjaśnić to, co zaobserwowałem?
4. Co to oznacza? Jak wyjaśniam obserwowane zjawisko?

Tworzenie interpretacji, podobnie jak tworzenie hipotez, jest dla ludzkiego myślenia typowe. Naturalnie tworzymy interpretacje dopiero wtedy, gdy dysponujemy wystarczającą ilością informacji. Jest to powód, dla którego próby

interpretacyjne u uczniów pojawiają się zwykle dopiero później. Każdy człowiek, który ma odpowiednie doświadczenie z określonymi sytuacjami, zjawiskami czy przedmiotami, potrafi tworzyć do nich interpretacje. Jeśli jednak brakuje nam informacji i doświadczeń, nie jesteśmy w stanie stworzyć interpretacji.

Stworzony wniosek w formie interpretacji łączy informacje uzyskane w wyniku obserwacji z naszymi wcześniejszymi doświadczeniami. Oznacza to, że wcześniejsze doświadczenie pomaga nam interpretować to, co właśnie obserwujemy. Z tego wynika również fakt, że w oparciu o tę samą obserwację różni obserwatorzy mogą stworzyć kilka odmiennych interpretacji, które mogą się zmieniać pod wpływem kolejnych obserwacji. Zjawisko to jest typowe dla badań naukowych. Wykorzystujemy różne interpretacje i przeprowadzamy kolejne obserwacje. Im więcej empirycznych danych potwierdza naszą interpretację, tym bardziej jesteśmy jej pewni, nigdy jednak nie możemy być absolutnie pewni, ponieważ w każdej chwili może pojawić się wynik obiektywnej obserwacji, który nie będzie pasował do ramy pierwotnej interpretacji i będzie musiał być zmodyfikowany lub całkowicie zmieniony (Holton, 1999). Dzięki dużej liczbie różnorodnych, udanych weryfikacji interpretacja stopniowo staje się teorią naukową. Nie oznacza to jednak, że staje się absolutnie prawdziwa.

W przeciwieństwie do nauk społecznych, w naukach przyrodniczych typowe jest dążenie do stworzenia dla jednego zjawiska przyrodniczego jednej, ogólnie obowiązującej interpretacji – takiej, która najlepiej zgadza się ze wszystkimi wynikami obserwacji danego zjawiska. W rzeczywistości jednak w tym samym czasie często współistnieje w naukach przyrodniczych kilka teorii, z których każda precyzyjniej wyjaśnia określone aspekty danego zjawiska w zgodzie z wynikami obserwacji. Dla większości zjawisk istnieje jednak jedna obowiązująca teoria (powszechnie uznawana przez naukowców), która zgodnie z zasadami nauki jest nieustannie weryfikowana, a po pewnym czasie prawdopodobnie zostanie obalona i zastąpiona nową teorią. Proces ten nazywamy zmianą paradygmatu poznania naukowego. Taka zmiana zwykle ma charakter rewolucyjny i dostarcza całkowicie nowego spojrzenia na badane zjawisko, zazwyczaj dzięki zastosowaniu innowacyjnych metod eksperymentalnych.

Interpretacja (według Etkina i in., 2007) przedstawia pragmatyczny aspekt obserwacji i ogólnego postrzegania rzeczywistości. Jest to pierwszy zarys wyjaśnienia obserwowanego zjawiska. Umiejętność interpretacji pojawia się spontanicznie – im uczeń jest starszy, tym bardziej koncentruje się na interpretacji (Lawson, 2004). Jakość interpretacji obserwowanego zjawiska zależy przede wszystkim od ilości wcześniejszych doświadczeń, ale także od zdolności człowieka do wyszukiwania podobieństw i różnic między interpretowanym zjawiskiem a wcześniejszymi doświadczeniami lub wiedzą. Ponieważ porównywanie tego typu jest typowe dla działań klasyfikacyjnych, można zauważyć pewien związek między rozwojem umiejętności klasyfikowania a rozwojem umiejętności interpretowania.

Uwagi dotyczące umiejętności interpretacji w obszarze językowym

Interpretacja w dydaktyce nauczania języka jest stosowana jako strategia rozumienia tekstu. Choć zasada tworzenia interpretacji w obszarze językowym i przyrodniczym jest taka sama, istnieją pewne zasady, które odróżniają interpretację naukową od interpretacji stosowanej w przypadku tekstu literackiego. Podstawowym wyróżnikiem interpretacji naukowej jest jej obiektywny charakter. Przy tworzeniu interpretacji naukowych zachowuje się pewne metodyczne wątpienie, natomiast przy interpretacji tekstu w ramach nauki języka dopuszczalne są interpretacje warunkowane przez nieistniejące, wymyślone elementy. W interpretacji naukowej przedmiotem interpretacji są dane uzyskane z badań (własnych lub przeprowadzonych przez kogoś innego), natomiast w interpretacji literackiej przedmiotem są teksty, które mogą mieć charakter fachowy, często jednak są to teksty o charakterze artystycznym, hipotetycznym, filozoficznym lub dyskursywnym, które nie są ściśle powiązane z rzeczywistością ani faktami. Wynikiem interpretacji naukowej jest wyjaśnienie, w którym staramy się objaśnić obserwowane zjawisko w sposób jak najbardziej zgodny z faktami, na podstawie których interpretacja powstała. Ważność interpretacji można weryfikować poprzez pozyskiwanie dodatkowych informacji. Interpretacja literacka nie jest związana wyłącznie z rzeczywistością, może być elementem fikcji, jest interpretacją tekstu, dlatego jej adekwatności nie da się zasadniczo weryfikować. Istotne jest także uświadomienie sobie, że nawet przy interpretacji tekstu literackiego nie chodzi o formalne powtarzanie usłyszanego lub przeczytanego tekstu – interpretacja wymaga aktywnej pracy z aktualną wiedzą.

Skoro tworzenie interpretacji oznacza dążenie do tworzenia wyjaśnień, warto się zastanowić, czym odznacza się myślenie ucznia w młodszym wieku szkolnym, aby sprawdzić, czy rozwój umiejętności interpretacyjnej jest możliwy. U dziecka w wieku przedszkolnym dominuje myślenie konkretno-obrazowe, którego głównym celem jest poznawanie, jak zachowuje się otoczenie i jak przebiegają obserwowalne zdarzenia (przeważają opisy obserwacyjne). Jest to początkowy poziom poznawania środowiska. Bez wiedzy o tym, jak przebiegają zjawiska przyrodnicze w różnych sytuacjach, nie można oczekiwać późniejszego zrozumienia związków między różnymi zjawiskami (cele badawcze o charakterze relacyjnym), a w konsekwencji również zrozumienia, dlaczego zjawiska zachodzą w taki, a nie inny sposób (cele badawcze o charakterze przyczynowym).

Interpretacja zmierza od opisu ku wyjaśnieniu, dlatego nie jest typowa dla myślenia dziecka w wieku przedszkolnym. Z drugiej strony, w pewnym stopniu można ją zacząć rozwijać. Wraz z pojawieniem się konkretnych operacji logicznych (młodszy wiek szkolny) pojawia się również próba częściowego, na razie relacyjnego wyjaśniania obserwowanego zjawiska. Prawdziwe wyjaśnienia przyczynowe uczeń potrafi tworzyć dopiero, gdy dysponuje abstrakcyjnymi operacjami logicznymi. Z tego wynika, że rozwój umiejętności naukowego interpretowania stymulujemy przede wszystkim w pierwszych klasach szkoły podstawowej, a następnie intensywniej - na kolejnych etapach edukacji. W dalszej części tekstu wyjaśnimy niektóre z istotnych zasad rozwijania umiejętności interpretacyjnej.

Do rozwoju umiejętności interpretowania istotne są następujące strategie, które w dalszej części tekstu wyjaśnimy:

- wpojenie uczniom zasady, aby nie utożsamiali interpretacji z wynikiem obserwacji;
- stymulowanie uczniów do tworzenia takich interpretacji, które wynikają z faktów (obserwowalnych rzeczywistości);
- wyrabianie w uczniach tendencji do wykorzystywania wcześniejszej wiedzy i doświadczenia w wyjaśnianiu obserwowanego zjawiska za pomocą logicznego wnioskowania;
- zachęcanie uczniów do porównywania własnego wyjaśnienia z wyjaśnieniami innych uczniów (aby nie postrzegali swojego jako absolutnie prawdziwego) oraz do weryfikowanie interpretacji poprzez porównywanie ich z wyjaśnieniami innych badaczy.

Interpretacja nie jest zwykłym wynikiem obserwacji

Uczniowie nie zawsze dostrzegają różnicę między wynikiem obserwacji a interpretacją, która jedynie z niej wynika. Aby rozwinąć tę umiejętność, uczeń musi wyzbyć się wspomnianej tendencji i ściśle oddzielać informacje uzyskane w wyniku obserwacji od tych, które powstały w wyniku połączenia zaobserwowanych faktów z wcześniejszymi doświadczeniami lub posiadaną wiedzą (czyli porównaniem myślowym). Jeśli uczeń tworzy interpretację i traktuje ją jako fakt wynikający z obserwacji (czyli jej nie kwestionuje), może to prowadzić do błędnych modyfikacji lub powstawania fałszywych wyobrażeń o obserwowanym zjawisku.

Na przykład uczeń obserwuje kiełkujące nasiono grochu w misce stojącej na parapecie. Nie jest błędem, jeśli zinterpretuje tę sytuację w ten sposób, że groch wykiełkował, ponieważ oprócz wody, ziemi i ciepła miał także wystarczająco dużo światła. Taka interpretacja ucznia może zostać zweryfikowana a później – na podstawie kolejnych doświadczeń – odrzucona. Jednak jeśli uczeń będzie traktował swoją interpretację jako fakt, który zaobserwował, nie będzie skłonny jej weryfikować i w rezultacie nie odkryje, że większość nasion do kiełkowania światła nie potrzebuje. Uczeń zaobserwował, że groch wykiełkował w świetle, ale to nie oznacza, że światło jest do kiełkowania niezbędne.

Podczas gdy interpretacje mogą się zmieniać w miarę zdobywania nowych informacji, fakty, na których są one oparte, pozostają niezmienne. Na przykład – podobnie jak w odległej przeszłości – również dziś obserwujemy w ciągu dnia ruch Słońca po niebie. Wynik obserwacji pozostaje ten sam – zarówno kiedyś, jak i dziś widzimy, że Słońce porusza się po niebie ze wschodu na zachód. Interpretacja tego zjawiska jednak znacząco zmieniała się w historii obserwacji. W początkach badań dominowało wyjaśnienie, że Ziemia jest centrum wszechświata, a Słońce (podobnie jak inne ciała niebieskie) krąży wokół niej. Nieco później w nauce zaczęła przeważać interpretacja, że obserwowany ruch Słońca po niebie jest jedynie pozorny. Takie obserwacje są możliwe także wtedy, gdy Słońce znajduje się względem Ziemi w stosunkowo stabilnej pozycji, a to Ziemia obraca się wokół własnej osi. Oznacza to, że to samo obserwowane zjawisko (pozorny ruch Słońca po niebie) można wyjaśnić co najmniej na dwa różne sposoby.

W przeszłości nie było możliwe prowadzenie obserwacji bliskiego kosmosu, dlatego utrzymanie się przy określonych interpretacji było bardziej prawdopodobne. Jednak tworzenie interpretacji naturalnie prowadzi do potrzeby ich weryfikacji, testowania w odniesieniu do rzeczywistości – proces badawczy zatacza w ten sposób koło, a badacz coraz głębiej wnika w naturę badanego zjawiska, procesu, sytuacji czy obiektu. Instruując uczniów, jak tworzyć interpretacje, w naturalny sposób pokazujemy, że proces poznawczy przebiega jak po spirali – uczymy ich dostrzegać, że zawsze jest coś nowego do odkrycia. Nie jest to co prawda główny cel edukacji przyrodniczej, ale prowadzi do rozwoju tzw. „naukowej pokory", którą najlepiej oddaje słynne stwierdzenie: *„Wiem, że nic nie wiem."*

W podobny sposób można postrzegać zmieniające się z upływem czasu wyjaśnienia różnych obserwowanych zjawisk.

Na przykład już dzieci w wieku przedszkolnym lub młodszym szkolnym mają doświadczenie z tzw. zakwasami mięśni (gorączką mięśniową), które powstają w wyniku intensywnego, choć wciąż nie uszkadzającego mięśni ćwiczenia. Odczuwamy je jako pieczenie lub ból w przeciążonych mięśniach. Obserwacje wszystkich z nas są zgodne co do tego, że zakwasy pojawiają się po intensywnym wysiłku określonych partii mięśniowych. Sama obserwacja jest zgodna i niezmienna, jeśli przeprowadzamy ją w tych samych warunkach.

Wyjaśnienie (interpretacja) tego zjawiska jednak stopniowo się zmieniało w wyniku nowych, bardziej precyzyjnych badań naukowych. Przez pewien czas zjawisko to interpretowano jako efekt nagromadzenia się kwasu mlekowego w mięśniach. Nagromadzony kwas mlekowy (produkt przemiany materii cukrów w procesie uwalniania energii z substancji zapasowych) miał – według tej interpretacji – powodować uczucie pieczenia lub bólu w mięśniach. Dzięki bardziej precyzyjnym metodom badawczym (związanym również z rozwojem technologii badań naukowych) odkryto jednak, że ta interpretacja nie jest zgodna z nowymi ustaleniami – kwas mlekowy nie powoduje bowiem uczucia pieczenia ani bólu.

Pierwotną interpretację tego samego zjawiska (pieczenie mięśni po intensywnym wysiłku) zastąpiło nowe wyjaśnienie, zgodnie z którym podczas wyjątkowo intensywnego ćwiczenia w włóknach mięśniowych powstają mikroskopijne pęknięcia, które układ nerwowy rozpoznaje jako uszkodzenia – i to właśnie odczuwamy jako pieczenie lub ból. Na pierwszy plan wysunęła się więc interpretacja tego samego obserwowanego zjawiska, która jest bardziej zgodna ze wszystkimi dostępnymi informacjami o nim.

Z powyższego przykładu wynika, że bardzo ważne jest rozróżnienie między wynikiem obserwacji a próbą wyjaśnienia obserwowanego zjawiska, czyli interpretacją. Wynik obserwacji jest niezmienny – przy powtórzeniu obserwacji uzyskujemy wciąż te same rezultaty. Dla rozwoju nauki niezwykle istotne jest jednak uświadomienie sobie, że sposób, w jaki tłumaczymy obserwowane zjawiska, nie jest tak stały, jak same wyniki obserwacji.

Interpretacja jest zakorzeniona w wynikach obserwacji

Z wcześniejszego wyjaśnienia wynika, że te same dane można interpretować na różne sposoby. Aby jednak interpretacja miała charakter naukowy, musi być oparta na logicznym rozumowaniu i pozostawać w zgodzie z tym, co zostało zaobserwowane. Te warunki w znacznym stopniu ograniczają możliwe sposoby interpretacji uzyskanych wyników obserwacji. Mimo że w praktyce do tych samych wyników obserwacji można stworzyć kilka różnych interpretacji, nie jest możliwe opracowanie wielu zupełnie odmiennych wyjaśnień tych samych danych – właśnie dlatego, że interpretacja musi być w pełni zgodna z obserwacją danego zjawiska i podlegać zasadom logiki. Zasadniczo istnieje tylko jedna interpretacja, która w pełni odpowiada temu, jak dane zjawisko rzeczywiście przebiega. Nie zawsze jest ona jednak łatwa do zidentyfikowania. Dlatego wiedza naukowa nie jest uznawana za niezmienną – musi być zawsze obiektywna, czyli możliwie najbardziej zgodna z tym, jak rzeczywistość jest obserwowana.

Jeśli chcemy rozwijać umiejętność interpretowania, ważne jest, aby prowadzić uczniów do tworzenia wyjaśnień zgodnych z wynikami obserwacji. Podobnie jak w przypadku formułowania hipotez, również przy tworzeniu interpretacji uczniowie powinni umieć wyjaśnić, na jakich faktach się oparli i jakiego logicznego sposobu rozumowania użyli przy jej tworzeniu. Na przykład uczniowie badają, który materiał najlepiej nadaje się do wykonania spadochronu. Z czterech różnych materiałów przygotowują spadochrony o identycznym kształcie, na których opuszczają

przedmioty o tej samej masie (np. kawałki plasteliny tej samej wielkości), obserwując, który spowalnia opadanie najbardziej. W tabeli zapisują wyniki uzyskane w trakcie doświadczenia. Następnie nauczyciel może zachęcić uczniów do stworzenia interpretacji (wyjaśnienia), jaka właściwość materiału decyduje o tym, czy nadaje się on do budowy dobrego spadochronu.

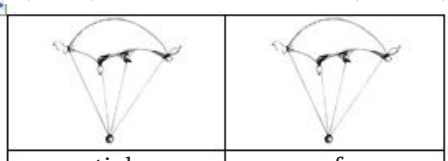
Uczniowie ponownie przyglądają się materiałom, których użyli do wykonania spadochronu: tiulowi, szyfonowi, celofanowi i folii mikrotlenowej. Porównują różne właściwości tych materiałów, uwzględniając jednocześnie wyniki wcześniejszego eksperymentu. Dzięki temu dochodzą do wniosku, że materiał najlepiej nadający się na spadochron to taki, który ma jak najmniejsze „dziurki". Potrafią również uzasadnić swoje rozumowanie, wskazując, że tiul działał jako spadochron najgorzej, a celofan najlepiej – przy czym tiul miał największe otwory, a w celofanie nie dało się zauważyć żadnych.

Ostatecznie w ten sposób uczniowie zidentyfikowali tylko jedną z cech, które powinien posiadać materiał odpowiedni do wykonania spadochronu. Jeśli jednak chcieliby mieć pewność, że rzeczywiście tak jest, powinni przeprowadzić kolejne badanie, w którym porównaliby więcej materiałów o różnej gęstości „dziurek". Jest jednak prawdopodobne, że takie badanie doprowadziłoby ich również do odkrycia innych właściwości, które powinien mieć odpowiedni materiał – na przykład mniejszej masy w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, elastyczności materiału itp.

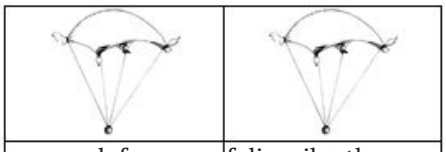
Interpretowania można uczyć między innymi poprzez zadanie pytania, jaką cechę powinien mieć materiał, który najlepiej nadaje się do wykonania spadochronu. Aby umiejętność interpretacji mogła się właściwie rozwijać, nauczyciel powinien ukierunkować uczniów tak, by uważnie przyjrzeli się wszystkim badanym materiałom i spróbowali ustalić, jaka cecha wyróżnia celofan spośród pozostałych materiałów – ta, która sprawia, że celofan okazał się najodpowiedniejszym materiałem do budowy spadochronu.

Jeśli nauczyciel w ten sposób nie ukierunkuje uczniów, ci nie mają tendencji do wykorzystywania wyników obserwacji – traktują interpretację raczej jako zgadywanie lub formułowanie przypuszczeń, a nie jako próbę uogólnienia i wyjaśnienia zaobserwowanych zjawisk.

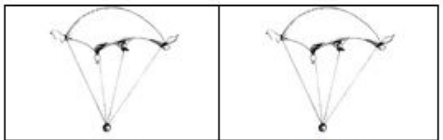
Zadanie 4: Czy wszystkie wykonane spadochrony działają tak samo dobrze? Oceń, który materiał jest najbardziej odpowiedni do wykonania spadochronu. Spróbuj opisać, jakie właściwości powinien mieć materiał, z którego można by wykonać najlepszy spadochron. Wykonaj takie same spadochrony z różnych materiałów i sprawdź swoje przypuszczenia.



tiul	szyfon
lepszy: szyfon	



celofan	folia mikrotlenowa
lepszy: celofan	



szyfon	celofan
najlepszy: celofan	

Rysunek 24: *Przykład zadania z podręcznika metodycznego Technika hrou (Technika hrou, 2018)*

Z dodatkowego porównania właściwości badanych materiałów dzieci zazwyczaj wyciągają wniosek, że im mniej porowaty jest materiał (im mniej ma otworów oraz im są one mniejsze), tym lepiej nadaje się do budowy sprawnie działającego spadochronu. Następnie uczniowie mają tendencję do wyjaśniania tej interpretacji w taki sposób, że podczas gdy przez materiał z otworami powietrze ucieka, to materiał bez dziurek jakby „leżał" na powietrzu –

nie przepuszcza go. Z powyższego wynika, że interpretacja przyczynia się do modyfikowania złożonych zjawisk, w ramach których odbywa się obserwacja. Na przykład w tym przypadku rozwija się również samo wyobrażenie powietrza jako substancji wypełniającej pozornie puste przestrzenie. Wynika z tego także, że interpretacja kieruje myślenie ucznia od prostego opisu w stronę wyjaśniania obserwowanych zjawisk. Z tego właśnie powodu rozwijanie tej umiejętności u młodszych uczniów jest bardziej wymagające.

Interpretacja łączy aktualnie pozyskiwane informacje z tymi zdobytymi wcześniej

Z wcześniejszej refleksji na temat rozwoju zdolności interpretacyjnych wynika, że dążenie do wyjaśnienia musi być w pełnej zgodzie z wynikiem obserwacji. Interpretacja powinna być jednak zgodna nie tylko z aktualnie uzyskanymi danymi, lecz także ze wszystkimi wcześniejszymi doświadczeniami, które mamy z danym zjawiskiem, a także z tymi, które są podobne. Ponieważ tworzenie wyjaśnień jest dla ludzkiego umysłu naturalne, również uczniowie nie wykazują skłonności do tworzenia bezsensownych interpretacji, jeśli zrozumieją, że interpretacja jest próbą wyjaśnienia tego, co zaobserwowali, i lepszego przewidywania przebiegu podobnych sytuacji w przyszłości.

Rozwój zdolności do tworzenia interpretacji możemy zatem wspierać poprzez rozwój umiejętności wykorzystywania wcześniejszej wiedzy i doświadczeń. Jeśli uczniowie tworzą swoje wyobrażenia w sposób indukcyjny (sami konstruują wiedzę), jest bardziej prawdopodobne, że będą potrafili spontanicznie z niej korzystać. Wynika to z faktu, że wiedza zdobyta poprzez działalność indukcyjną jest rzeczywiście przyswojona i włączona w system poznawczy ucznia, podczas gdy informacje zdobyte w tradycyjny sposób – poprzez objaśnienie dedukcyjne lub wykład – nie muszą być w pełni zrozumiane, a więc trudniej je wykorzystać. Z tego wynika, że rozwój zdolności interpretacyjnych możemy skuteczniej wspierać poprzez stosowanie indukcyjnych metod nauczania.

Z tego samego wynika również, że im mniej doświadczeń z różnymi zjawiskami mają uczniowie, tym trudniej jest im tworzyć interpretacje. Dlatego należy rozwijać tę umiejętność na przykładach zjawisk, z którymi uczniowie mają wystarczające doświadczenie. Zdecydowanie jednak łatwiej rozwijać tę zdolność u starszych uczniów; z młodszymi rozpoczynamy pracę nad tym aspektem badania jedynie sporadycznie.

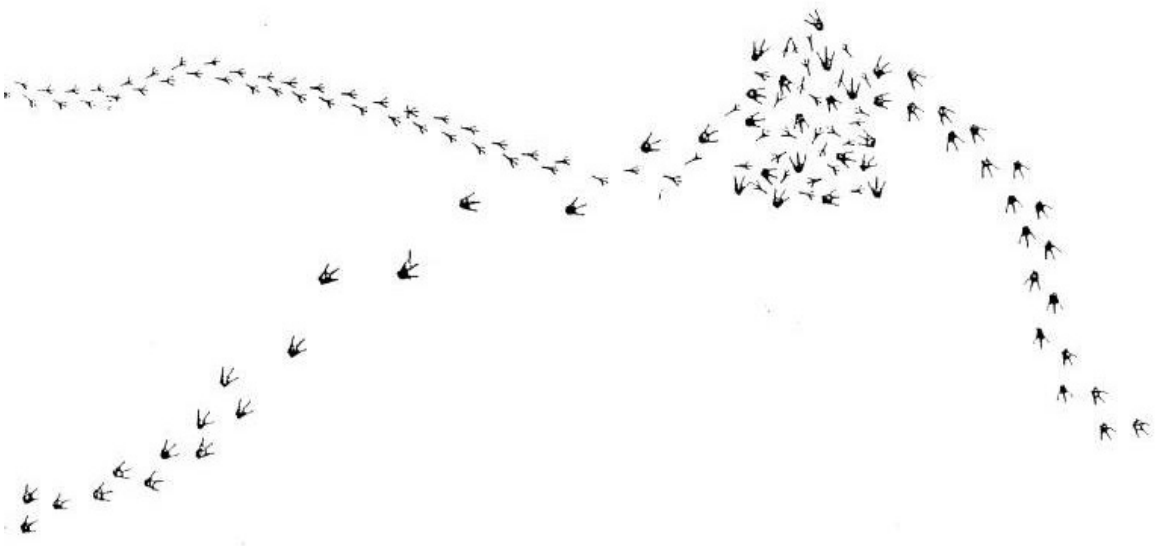
Interpretacja to możliwe wyjaśnienie

Celem rozwijania umiejętności interpretacji jest kształtowanie tendencji, b, nie zadowalać się jedynie wynikiem obserwacji danej sytuacji, lecz dążyć do uogólniania, czyli odchodzenia od opisu i skłaniania się ku wyjaśnianiu. Wyjaśnienia bowiem możemy następnie wykorzystać w podobnych sytuacjach, aby przewidywać zachowanie się podobnych zjawisk.

Umiejętność interpretowania można rozwijać również poprzez uświadomienie sobie, że stworzone wyjaśnienie (interpretacja) jest tylko jednym z wielu możliwych wyjaśnień. Na przykład w poniższym zadaniu uczniowie mają ocenić, które z zaproponowanych interpretacji są zgodne z tym, co obserwują na obrazku. Ponieważ przejawem rozwiniętej umiejętności interpretacyjnej jest stworzenie takiej interpretacji, która jest jak najbardziej zgodna z danymi (zaobserwowaną sytuacją lub zjawiskiem), wybierając spośród możliwości, uczniowie ujawniają swój sposób rozumowania, a jednocześnie – rozwiązując zadanie – zdobywają przykład sposobu myślenia o sytuacji w procesie tworzenia interpretacji.

Podkreślając w instrukcji, że poprawnych odpowiedzi może być więcej, kierujemy uwagę uczniów na dokładną analizę wszystkich stwierdzeń. Jednocześnie zwracamy uwagę, że tę samą zaobserwowaną sytuację można interpretować na różne sposoby.

Zadanie 1: Opisz, co widzisz



Rysunek 25: *Ilustracja do zadania rozwijającego umiejętność interpretacyjną (https://docs.google.com/document/d/1x9PaNTe5qnRiNDheMz1HuTj_4ojsJMeFZP4XmwCDDNo/edit)*

Zadanie 2: Jak wyjaśnisz to, co zaobserwowałeś?

Zadanie 3: Które z poniższych stwierdzeń wynika z obserwacji obrazka?

a) Większy ptak zaatakował mniejszego ptaka, któremu następnie udało się uciec.
b) Większy ptak zaatakował mniejszego – widać to po zwiększających się odległościach między śladami.
c) Większy ptak znalazł pożywienie, zjadł jego większą część i odszedł; następnie mniejszy ptak znalazł resztki, zjadł je i odleciał.
d) Dwa ptaki znalazły pożywienie, po jego zjedzeniu mniejszy odleciał, a większy odszedł pieszo.

Zadanie rozpoczynamy od instrukcji, w której zwracamy uwagę ucznia na rysunek. Zadaniem ucznia jest opisanie tego, co na nim widzi. W instrukcji prosimy o opis tego, co uczeń zaobserwował. Zasadniczo można szybko stwierdzić, czy uczeń podaje jedynie wynik obserwacji, czy też od razu ma tendencję do tworzenia wyjaśnień. Poprawne jest wskazywanie tego, co każdy obserwator widzi w taki sam sposób – obserwujemy czarne plamy na białym tle; można jednak tę informację rozszerzyć o szczegóły – są to plamy w kształcie ptasich śladów, a konkretnie plamy w formie dwóch różnych rodzajów ptasich odcisków, które różnią się wielkością i kształtem. Na kartce są one rozmieszczone w sposób sugerujący przemieszczanie się ptaków.

U uczniów w wieku wczesnoszkolnym nie zakładamy jednak tak precyzyjnego sposobu rozróżniania między obserwacją a interpretacją. Uczniowie zazwyczaj mają tendencję do natychmiastowego tworzenia interpretacji. Wynika z tego, że jeśli uczeń ma doświadczenie z określonymi zjawiskami, to zwykle ma również skłonność do wyjaśniania tego, co obserwuje. Dla właściwego rozwoju umiejętności interpretacyjnych ważne jest jednak, aby odróżniać moment, w którym jedynie opisujemy to, co widzimy (zbieramy dane), od momentu, w którym próbujemy już wyjaśniać obserwowane zjawisko (interpretować).

Dlatego nie należy negatywnie oceniać wprowadzania interpretacji w odpowiedziach na pytania ukierunkowane na identyfikację tego, co jest obserwowane. Jeśli jednak uczeń potrafi precyzyjnie odróżnić obserwację od interpretacji, warto to pozytywnie ocenić w tej części zadania. Uczniowie bardzo często przy tak sformułowanej początkowej instrukcji podają, że na obrazku przedstawiono ślady zwierząt – czasem doprecyzowują, że prawdopodobnie chodzi o ptaki. Zależy to od ich wyobrażeń oraz aktualnych doświadczeń z różnymi rodzajami zwierzęcych śladów. Uczniowie, którzy potrafią obserwować bardziej precyzyjnie, rozpoznają również, że na obrazku widoczne są dwa rodzaje śladów (plam w kształcie odcisków), różniących się wielkością i częściowo także kształtem.

To, jak uczeń rozumie istotę interpretowania tego, co zaobserwował, można również rozpoznać po sposobie, w jaki formułuje swoje wnioski. Uczeń o bardziej rozwiniętej umiejętności interpretacji (przykład 2) wypowiada się ostrożniej niż uczeń, który co prawda zrozumiał, że ma stworzyć wyjaśnienie, ale nie uświadamia sobie, że jest to tylko jedno z możliwych wyjaśnień, które nie musi być potwierdzone (przykład 1). Obaj uczniowie zauważyli te same elementy, jednak sposób wyrażenia myśli przez ucznia w drugim przykładzie pokazuje bardziej poprawne rozumienie naukowej interpretacji.

Przykład 1: Na obrazku znajdują się ślady dwóch ptaków różnej wielkości.

Przykład 2: Wydaje się, że na obrazku widoczne są odciski śladów zwierząt; na podstawie ich kształtu można przypuszczać, że są to ślady ptaków. Na rysunku można zaobserwować dwa rodzaje śladów różnej wielkości, co sugeruje, że należą do dwóch ptaków o różnej wielkości.

W ramach próby interpretacji obrazka można rozważać różne wyjaśnienia wynikające z odmiennej liczby zaobserwowanych elementów. Aby podkreślić różnorodność sposobów myślenia o danej sytuacji, przedstawiamy różne przykłady rozumowania dotyczące informacji, jakich obrazek nam dostarcza. W ten sposób możemy zaakcentować zasadę rozwijania umiejętności tworzenia interpretacji z naciskiem na uświadomienie sobie, że interpretacja jest tylko możliwym wyjaśnieniem.

Obserwacja:	**Wniosek / Interpretacja:**
– Ślady w jednym zestawie są mniejsze od tego w drugim.	– Jedno zwierzę jest prawdopodobnie mniejsze od drugiego.
– Małe i duże ślady są skierowane w tym samym kierunku.	– Oba zwierzęta idą w stronę tego samego miejsca.
– Wszystkie ślady mają trzy palce.	– Oba zwierzęta to prawdopodobnie ptaki.
– Małe i duże ślady zbliżają się do siebie.	– Większe zwierzę ściga mniejsze.
– Odstępy między większymi śladami zwiększają się.	– Większe zwierzę schodzi ze wzniesienia. Większe zwierzę zaczęło biec. Większe zwierzę przekracza przeszkody.
– Ślady się spotykają.	– Większe zwierzę złapało mniejsze i albo je zjadło, albo zabrało ze sobą. Oba zwierzęta znalazły pożywienie w tym samym miejscu. Zwierzęta były w tym samym miejscu, ale w innym czasie.
– Małe ślady zniknęły.	– Większe zwierzę zjadło mniejsze. Mniejszy ptak odleciał.

Niektórzy autorzy dzielą proces tworzenia interpretacji, wskazując najpierw na tworzenie prostych wniosków, które same w sobie nie stanowią jeszcze formy wyjaśnienia obserwacji. Takie prostsze wnioski stanowią następnie podstawę do tworzenia bardziej złożonych interpretacji. W kontekście powyższego przykładu można rozważać różnicę między wnioskami a interpretacjami w następujący sposób:

Wnioski:	**Interpretacje:**
– Na obrazku znajdują się ślady zwierząt.	– Większy ptak zaatakował mniejszego ptaka, któremu następnie udało się uciec.
– Na obrazku znajdują się ślady ptaków.	– Większy ptak znalazł pożywienie, zjadł je i odszedł. Następnie mniejszy ptak znalazł resztki pożywienia, zjadł je i odleciał.
– Na obrazku znajdują się ślady dwóch zwierząt.	– Większe odstępy między śladami większego ptaka wskazują, że ptak ten atakował.

W poprzedniej części rozdziału staraliśmy się wyjaśnić, czym jest interpretacja i jakie ma znaczenie w badaniach naukowych. Wyjaśniliśmy również, czym jest zdolność umożliwiająca człowiekowi tworzenie interpretacji oraz w jaki

sposób można tę zdolność rozwijać, by mówić o jej progresywnym rozwoju. Informacje te są kluczowe dla właściwego zrozumienia pedagogicznego oddziaływania w szkole, mającego na celu rozwijanie tej umiejętności u uczniów.

W dalszej części tekstu wyjaśnimy na kilku przykładach praktyczne działania nauczyciela w klasie, podejmowane w celu rozwijania umiejętności interpretacyjnych uczniów. Na przykład uczeń obserwuje szybkość rozpuszczania się musującej tabletki witaminowej w zimnej i gorącej wodzie. Najpierw klasyfikuje zjawisko, a następnie – w zależności od tego, do jakiego wcześniejszego doświadczenia (lub wiedzy) przyporządkuje zasadę zjawiska – tworzy interpretację. Uczeń o dobrze rozwiniętych umiejętnościach obserwacji i klasyfikacji porównuje obserwowane zjawisko na przykład z rozpuszczaniem się cukru w gorącej i zimnej herbacie, ale także z topnieniem czekoladowych cukierków na stole i w dłoni.

Mimo że w przypadku tabletki musującej oprócz rozpuszczania zachodzi również reakcja chemiczna, takie porównanie jest zasadne, ponieważ celem jest odnajdywanie podobnych właściwości w różnorodnych sytuacjach. Z obserwowanych przypadków wynika, że zarówno w przemianach fazowych, jak i w wielu procesach rozpuszczania, a także w licznych reakcjach chemicznych, szybkość procesu jest zależna od temperatury otoczenia. Uczeń może jeszcze nie wiedzieć, że porównywane zjawiska mają odmienny charakter fizyczny i chemiczny, jednak potrafi o nich myśleć i na podstawie porównania tworzyć własne interpretacje.

Umiejętność interpretowania można rozwijać przede wszystkim poprzez odpowiednie stymulowanie aktywności myślowej ucznia. Wskazówki prowadzą go do poszukiwania podobieństw w przebiegu obserwowanej sytuacji z innymi sytuacjami, których już wcześniej doświadczył. W ten sposób rozwija się zasadę łącząca wszystkie te sytuacje, prowadzi do jej uogólnienia i przekształca ją w wyjaśnienie. Wskazówki i pytania mogą mieć następującą formę: „Zastanów się, czy kiedykolwiek spotkałeś się z czymś podobnym. Zastanów się, co przebiega szybciejw ciepłej wodzie, a wolniej - w zimnej." I tak dalej.

Chociaż chodzi o porównywanie zasad, to w tym wieku uczniowie porównują raczej w sposób nieuświadomiony. Oznacza to, że priorytetowym zadaniem nie jest tworzenie teoretycznego wyjaśnienia zasady, lecz raczej łączenie zjawisk o podobnym przebiegu. Nie jest wcale konieczne opracowanie teorii dotyczącej szybkości rozpuszczania substancji w zależności od temperatury rozpuszczalnika – ten poziom indukcji rezerwujemy dla kolejnych etapów edukacyjnych.

W poniższym przykładzie zadania uczniowie są proszeni o formułowanie wniosków na temat przestrzeni kosmicznej. Częściowo rozwinięta koncepcja światła i powstawania cieni stanowi warunek wstępny do rozwiązania tego zadania, wspierając rozwój umiejętności oceniania i interpretowania. Działanie to jest uwzględnione w czwartej klasie podręcznika ExpEdition (Przyroda dla klasy 4, 2023), podczas gdy uczniowie badali powstawanie cieni w ramach pierwszego cyklu edukacji przyrodniczej.

Aby zachęcić uczniów do myślenia, należy podkreślić, że jest to fotografia, czyli rzeczywisty obraz z bliskiego kosmosu. Jeśli uczniowie nie potrafią określić, jakie ciała niebieskie znajdują się na zdjęciu, nauczyciel może wskazać grupom potrzebującym pomocy, że jedyną niebieską planetą w bliskim kosmosie, którą udało się sfotografować, jest Ziemia. Następnie zadaniem uczniów jest zastanowienie się, z jakiego obiektu mogła zostać sfotografowana Ziemia. Celem jest uświadomienie uczniom, że jest to zdjęcie Ziemi wykonane z powierzchni Księżyca. Jeżeli uwzględnimy, że są to obiekty Układu Słonecznego, wówczas prawdopodobne jest, że światło oświetlające te ciała kosmiczne pochodzi ze Słońca. Zadaniem uczniów jest więc zastanowienie się, gdzie znajduje się Słońce. Jest to zadanie wymagające rozumowania, a celem jest wykorzystanie przez uczniów ich wiedzy na temat powstawania cieni.

Aby uczniowie mogli lepiej sobie wyobrazić opisywaną sytuację, nauczyciel zachęca ich do zbudowania modelu tej sytuacji za pomocą dwóch styropianowych kul na patyczkach oraz źródła światła (latarki lub lampy). Do tego obserwacyjnego doświadczenia wskazane jest zaciemnienie pomieszczenia, dzięki czemu uczniowie mogą jednoznaczniej dostrzec zjawisko. Zadaniem uczniów jest spróbować odtworzyć sytuację z obrazka przy użyciu dwóch styropianowych kul o różnej wielkości oraz lampy. Następnie mają zastanowić się, dlaczego nie widzimy całej planety, lecz jedynie jej część. W tej części aktywności uczniowie za pomocą modelu próbują zweryfikować własną interpretację obrazka.

Ú9

Zwróćcie uwagę na dwa ciała niebieskie na obrazku. Potrafilibyście określić, jakie to ciała niebieskie? Potrafilibyście również określić, skąd pochodzi światło i co jest jego źródłem?

Rysunek 26: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 4. klasy szkoły podstawowej (Przyroda dla 4. klasy szkoły podstawowej, 2023)*

Podczas gdy uczniowie w grupach starają się sprawdzić poprawność swojego rozumowania, nauczyciel pomaga im w taki sposób, aby każdemu udało się prawidłowo dokonać symulacji danej sytuacji. Dzieci często myślą, że cień powoduje właśnie Księżyc i próbują ustawić źródło światła jeszcze przed Księżycem, tak aby Księżyc zasłonił część Ziemi. W ten sposób jednak uczniom nie udaje się poprawnie odwzorować obrazka, ponieważ światło Słońca na ilustracji pada z góry, częściowo z prawej strony. To właśnie powoduje, że Ziemia jest oświetlona tylko z jednej połowy (a z tej oświetlonej połowy widzimy tylko tę część, która jest zwrócona w stronę miejsca obserwacji), podczas gdy na drugiej połowie w tym samym czasie panuje noc. Właśnie to modelowanie i rozumowanie pomaga uczniom lepiej zrozumieć w kolejnych zadaniach, dlaczego obserwujemy Księżyc w jego różnych fazach.

Uczniowie zapisują w zadaniu, co spowodowało, że widzą tylko część Ziemi, formułując wniosek własnymi słowami w tym sensie, że światło Słońca oświetla tylko część Ziemi, a Słońce nie może świecić jednocześnie na całą kulę ziemską. Każdą dodatkową informację, którą uczniowie uznają za interesującą, mogą w tym miejscu również zapisać. W ten sposób podkreśla się „autorskość" rozwiązania przez ucznia i wspiera się jego dążenie do samodzielnego odkrywania nowych rzeczy poprzez rozwiązywanie zadań.

Kolejne zadanie pochodzi z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy (Przyroda dla 2. klasy szkoły podstawowej, 2024). Uczniów prosimy o rozważenie, w jakich miejscach na Ziemi można zaobserwować na niebie większą liczbę gwiazd, przy czym ich zadaniem jest uwzględnienie informacji zawartych w instrukcji i na ilustracji.

Ú4

Czasami obserwacja gwiazd jest łatwiejsza, a czasami trudniejsza. Jeśli w nocy jest pochmurno, nie można obserwować gwiazd. Ale nawet jeśli niebo nie jest zachmurzone, czasami nie widzimy gwiazd, ponieważ światło w okolicy jest tak silne, że nie pozwala ich obserwować. Jak myślisz, gdzie najlepiej obserwuje się gwiazdy?

Rysunek 27: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej (Skúmame s RATU, 2024)*

W zadaniu chodzi o to, aby dzieci określiły, jaka jest różnica w obserwowaniu gwiazd, gdy miejsce, z którego je obserwujemy, jest oświetlone, a jaka – gdy nie jest oświetlone. Następnie nauczyciel zachęca uczniów do dyskusji w grupach na temat tego, gdzie – zgodnie z tym spostrzeżeniem – najlepiej byłoby obserwować gwiazdy. To zadanie nie ma jednego poprawnego rozwiązania – jego celem jest skłonienie uczniów do rozumowania, w jakim miejscu panuje wystarczająca ciemność, a jednocześnie możliwa jest dobra obserwacja nieba. Następnie nauczyciel może pokazać kilka obserwatoriów astronomicznych i podkreślić, że są to miejsca, w których naukowcy badają gwiazdy, dlatego należy zapewnić warunki umożliwiające ich dobrą obserwację. W pobliżu obserwatoriów nie ma więc wiele oświetlenia, a same budynki zazwyczaj znajdują się na wzniesieniach. W tej części zadania nauczyciel pełni rolę osoby, która stosuje zdobytą wiedzę i stara się wyjaśnić określoną sytuację.

Rysunek 28: *Udostępnione obrazy do zadania z podręcznika ExpEdition dla 2. klasy szkoły podstawowej – Obserwatorium na Łomnicy i obserwatorium nad Łomnickim Stawem.*

W kolejnym zadaniu uczniowie są zachęcani do rozważań nad ubarwieniem różnych zwierząt w zależności od tego, czy są one jadowite, czy też nie. Do tej zależności uczniowie muszą dojść samodzielnie – poprzez wnioskowanie i pracę z udostępnionymi informacjami. Nauczyciel odwołuje się przy tym do wiedzy, którą uczniowie zdobyli wcześniej, gdy badali ubarwienie niebezpiecznych zwierząt w poprzednim roku szkolnym.

Rezultatem pracy nad zadaniem jest formułowanie wniosków dotyczących tego, jakie zwierzęta i z jakich powodów dostosowują barwę swojego ciała do otoczenia, a także które gatunki przeciwnie – mają jaskrawe, dobrze widoczne ubarwienie, dzięki czemu są w środowisku łatwo rozpoznawalne. Następnie nauczyciel prosi uczniów o zweryfikowanie informacji, które sformułowali na drodze wnioskowania, w wiarygodnych źródłach.

Do wyciągnięcia odpowiednich wniosków przyczynia się również użycie symboli – symbol przy salamandrze plamistej różni się od symbolu przy drzewołazie niebieskim. Dzięki przyjętym oznaczeniom kolorystycznym uczniowie potrafią rozpoznać, że drzewołaz jest gatunkiem znacznie bardziej jadowitym (śmiertelnie jadowitym) niż salamandra, co z kolei skłania ich do sprawdzenia tego wniosku w źródłach informacji, np. w encyklopedii.

Zadanie to zostało zamieszczone w podręczniku ExpEdition dla uczniów trzeciej klasy szkoły podstawowej w ramach działu poświęconego badaniu ewolucji.

Zadanie 13: Jakie znaczenie ma ubarwienie zwierząt dla ich życia? Przypomnij sobie, czego dowiedziałeś się w pierwszej klasie o jaskrawym ubarwieniu os i podobnych do nich zwierząt.

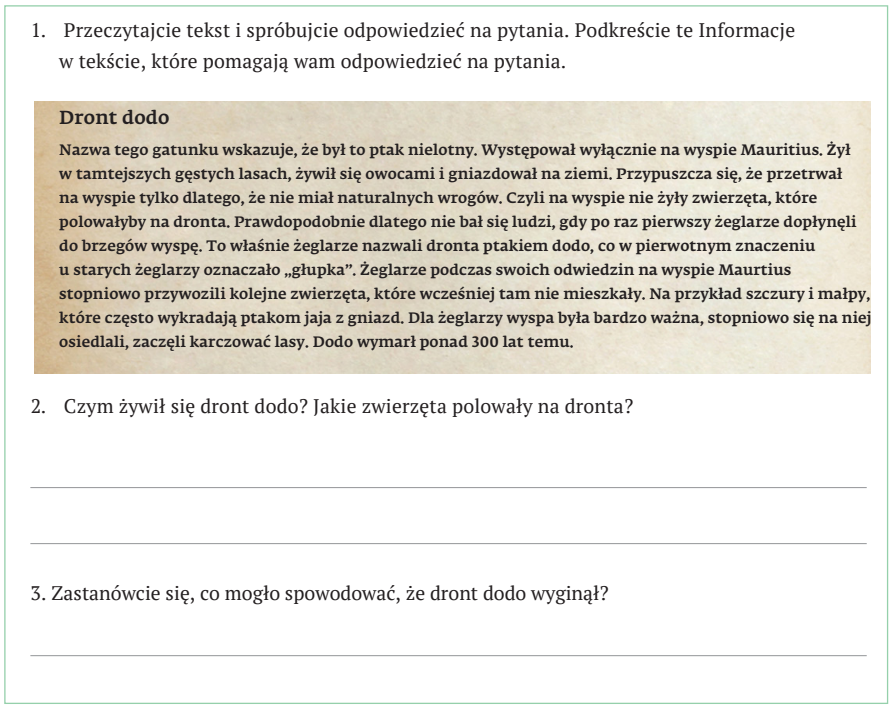
RZEKOTKA zielona	ŻABA trawna	SALAMANDRA plamista	DRZEWOŁAZ lazurowy

Wyjaśnienie znaczenia ubarwienia zwierząt:

_____

Rysunek 29: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla 3. klasy szkoły podstawowej (Skúmame so SALOU, 2024)*

Ostatni przykład zadania ukierunkowanego na rozwijanie umiejętności wnioskowania i interpretacji (obok innych celów) pochodzi również z podręcznika ExpEdition dla uczniów klasy trzeciej. Zadanie to znajduje się w rozdziale poświęconym problematyce wymarłych gatunków zwierząt. W tym konkretnym przypadku uwaga uczniów jest skierowana na rozważenie, co mogło spowodować stosunkowo niedawne (w ubiegłym stuleciu) wymarcie dronta dodo.



1. Przeczytajcie tekst i spróbujcie odpowiedzieć na pytania. Podkreście te Informacje w tekście, które pomagają wam odpowiedzieć na pytania.

Dront dodo

Nazwa tego gatunku wskazuje, że był to ptak nielotny. Występował wyłącznie na wyspie Mauritius. Żył w tamtejszych gęstych lasach, żywił się owocami i gniazdował na ziemi. Przypuszcza się, że przetrwał na wyspie tylko dlatego, że nie miał naturalnych wrogów. Czyli na wyspie nie żyły zwierzęta, które polowałyby na dronta. Prawdopodobnie dlatego nie bał się ludzi, gdy po raz pierwszy żeglarze dopłynęli do brzegów wyspę. To właśnie żeglarze nazwali dronta ptakiem dodo, co w pierwotnym znaczeniu u starych żeglarzy oznaczało „głupka". Żeglarze podczas swoich odwiedzin na wyspie Maurtius stopniowo przywozili kolejne zwierzęta, które wcześniej tam nie mieszkały. Na przykład szczury i małpy, które często wykradają ptakom jaja z gniazd. Dla żeglarzy wyspa była bardzo ważna, stopniowo się na niej osiedlali, zaczęli karczować lasy. Dodo wymarł ponad 300 lat temu.

2. Czym żywił się dront dodo? Jakie zwierzęta polowały na dronta?

3. Zastanówcie się, co mogło spowodować, że dront dodo wyginął?

Rysunek 30: *Przykład zadania z podręcznika ExpEdition dla klasy 3 szkoły podstawowej (Skúmame so SALOU, 2024)*

W poprzedniej części zadania uczniowie poznają dronta dodo i są proszeni o sformułowanie wniosku, dlaczego ten gatunek został zaliczony do ptaków. Dopiero potem zapoznają się z tekstem w ramach tego ćwiczenia, a następnie rozwiązują dwa zadania.

Pierwsze z nich koncentruje się na rozwijaniu umiejętności wyszukiwania brakującej informacji (wnioskowanie nie jest tu konieczne). W drugim natomiast zachęca się uczniów do wykorzystania informacji z tekstu w celu sformułowania wniosków dotyczących tego, co mogło doprowadzić do wymarcia dronta dodo.

Po sformułowaniu własnych wniosków uczniowie mogą wyszukać informacje w internecie i odkryć, że nawet badacze nie są zgodni co do interpretacji przyczyn wymarcia dronta. Niektóre źródła wskazują, że przyczyną było to, iż dronty stanowiły łatwy łup dla człowieka, inne zaś podają, że człowiek sprowadził na wyspę inne gatunki zwierząt, które doprowadziły do wyginięcia drontów.

Ponieważ wydarzenie to miało miejsce w odległej przeszłości, nie da się jednoznacznie udowodnić, która interpretacja jest „właściwa". Zadanie to jest zatem interesującym przykładem rozwijania umiejętności interpretacji — pokazuje bowiem, że może istnieć kilka równoległych, uzasadnionych interpretacji tego samego zjawiska.

Uczniom można pomóc w formułowaniu interpretacji również poprzez wskazanie, w jaki sposób można ją wyrazić.

- *Z tego, co zaobserwowałem, wynika, że…*
- *Na podstawie obserwacji wnioskuję, że…*
- *To, co zaobserwowałem, mogło być spowodowane na przykład…*
- *Możliwym wyjaśnieniem tego, co zaobserwowałem, jest…*

W naukach przyrodniczych interpretacje można formułować w sposób bardzo swobodny, zawsze w zależności od tego, czego wymaga sam proces badawczy. Z dydaktycznego punktu widzenia, w kontekście rozwijania samej umiejętności interpretowania, pomocne dla uczniów jest, gdy nauczyciel wskaże im sposób, w jaki mogą rozpocząć formułowanie interpretacji. Z powyższego wynika, że nie jest właściwe, aby nauczyciel oceniał obecność lub brak takich sformułowań, ponieważ nie stanowią one niezbędnego warunku poprawnej interpretacji.

Interpretacje można tworzyć do wszystkich obserwacji. Im prostsza obserwacja — im mniej zmiennych wchodzi w badany układ — tym łatwiej sformułować interpretację. Przykładem może być obserwacja monety. Im więcej szczegółów uda nam się na monecie zaobserwować, tym trafniejsze wnioski i następnie interpretacje będziemy w stanie opracować. To właśnie takie ćwiczenia można wykorzystać do rozwijania umiejętności interpretowania u uczniów w młodszym wieku.

Aktywność zawiera następujące instrukcje:

- Obserwuj monetę. Staraj się jej przyjrzeć bardzo uważnie, aby dostrzec nawet drobne szczegóły. Wykorzystuj różne zmysły podczas obserwacji. Spisz listę stwierdzonych faktów.
- Zastanów się nad wszystkim, co już wiesz, i spróbuj wyjaśnić zaobserwowane szczegóły dotyczące monety.
- Stwórz jak najwięcej wyjaśnień i interpretacji — sporządź ich listę.
- Powiąż każdą opracowaną interpretację z obserwowanymi faktami dotyczącymi monety, na których się opiera. Uświadom sobie, że z tego samego faktu mogą wynikać różne interpretacje, a każda z nich może być poparta wieloma obserwacjami. Im więcej faktów wspiera interpretację, tym bardziej jest ona wiarygodna.

Obserwacja:	**Wniosek / interpretacja:**
– Powierzchnia monety nie jest błyszcząca, lecz raczej matowa.	– Moneta była prawdopodobnie używana przez dłuższy czas. Moneta przez dłuższy czas ocierała się o inne monety.
– Moneta ma miedziany kolor.	– Moneta jest prawdopodobnie wykonana z miedzi.
– Niektóre części monety mają zielonkawe zabarwienie.	– Moneta prawdopodobnie znajdowała się w korozyjnym środowisku. Ponieważ miedź w specyficznych warunkach koroduje na zielono, moneta jest prawdopodobnie miedziana.
– Na powierzchni monety widać drobne zadrapania i rysy.	– Moneta przez dłuższy czas ocierała się o inne monety.
– Moneta nie jest przyciągana przez magnes.	– Moneta jest prawdopodobnie wykonana z miedzi lub innego metalu szlachetnego.

Z powyższego wynika bardzo istotny fakt dla praktycznego zastosowania rozwoju tej kompetencji w procesie edukacyjnym – jeśli nauczyciel zakończy aktywność badawczą uczniów na uzyskaniu danych, uczniowie nie wykorzystają potencjału aktywności badawczej w rozwijaniu wyobrażenia o badanym zjawisku – dowiedzą się mniej w porównaniu z sytuacją, gdy zakończenie aktywności obejmuje sformułowanie wniosku i interpretację wyników badań.

Zdolność do wnioskowania i interpretowania uważa się za predyspozycję do rozwoju wyższych funkcji poznawczych (Marzano, 2007; Lawson, 2004). Wynika to z faktu, że wnioski i interpretacje formułujemy nieustannie, często nie zdając sobie z tego sprawy, a ich celem jest uogólnianie poznanych zjawisk, wyszukiwanie podobieństw i różnic, a w konsekwencji tworzenie wyjaśnień obserwowanych faktów, na podstawie których człowiek podejmuje decyzje dotyczące swojego zachowania. Nie wszystkie jednak wnioski i interpretacje można uznać za naukowe, a więc takie, które rozwijają wiedzę naukową. Tylko te, w których formułowaniu wykorzystujemy logikę oraz dotychczasową wiedzę lub aktualnie przyswajane informacje, można uznać za naukowe. Zadaniem nauczyciela jest zatem rozwijanie racjonalności w procesie wnioskowania.

Nie wszystkie wnioski i interpretacje formułowane przez uczniów są poprawne (zgodne z aktualnym stanem wiedzy), jednak nie oznacza to, że nie mają one specyficznej wartości edukacyjnej. Na przykład uczniowie oglądają film przedstawiający ruch Ziemi wokół Słońca. Następnie nauczyciel prosi ich, aby spróbowali wyjaśnić, w jaki sposób ruch Ziemi wokół Słońca wiąże się ze zmianą pór roku. Uczeń może zauważyć, że orbita Ziemi ma kształt elipsy, co oznacza, że w pewnym momencie Ziemia znajduje się bliżej Słońca, a w innym – dalej. Na podstawie tej obserwacji może sformułować wniosek (choć niedoskonały, ale wciąż logiczny), że zmiana pór roku jest spowodowana eliptycznym kształtem orbity Ziemi wokół Słońca. Wniosek ten ma charakter naukowy, ponieważ wynika z zaobserwowanych faktów i jego trafność można zweryfikować. Nie jest istotne, czy jest zgodny z aktualnym stanem wiedzy – ważniejsze jest to, że uczeń potrafi zastosować logiczne (przemyślane, uzasadnione) rozumowanie i potrafi wyjaśnić, w jaki sposób je sformułował.

Jeśli chcemy rozwijać tę umiejętność, nie wystarczy prowadzić uczniów do samego formułowania wniosków i interpretacji, lecz należy również zachęcać ich do weryfikowania wyciągniętych wniosków i interpretacji oraz do refleksji nad procesem myślowym, za pomocą którego dany wniosek lub interpretacja zostały stworzone. Marzano (2007) zaleca kierować się przy rozwijaniu tej kompetencji następującymi czterema pytaniami metapoznawczymi:

1. Jaki jest mój wniosek / moja interpretacja?

Pierwsze pytanie służy temu, by uczniowie uświadomili sobie, że sformułowali wniosek lub interpretację – informację, która nie została im bezpośrednio przekazana, lecz wynikała z dostępnych danych. W zasadzie uczniowie mogą tworzyć dwa rodzaje interpretacji: **pierwotną** (prototypową, tzw. *default*) lub **uzasadnioną** (przemyślaną, tzw. *reasoned)* interpretację. Pierwotna interpretacja opiera się na rozpoznaniu przebiegu podobnych sytuacji. Uzasadniona interpretacja tworzy wyjaśnienie, które logicznie wynika z powiązania dostępnych informacji dotyczących obserwowanej sytuacji. Na przykład, jeśli uczniowie sformułują wyjaśnienie, że zima na Ziemi występuje wtedy, gdy Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, a lato – gdy jest najbliżej Słońca, to taka interpretacja wynika z uświadomienia sobie, że przedmiot znajdujący się bliżej źródła ciepła bardziej się nagrzewa. Interpretacja ta jest logiczna, choć ostatecznie niezgodna z rzeczywistością (jest to interpretacja naiwna, ponieważ nie uwzględnia złożoności zjawiska).

2. Jakich informacji użyłem (-am) przy tworzeniu interpretacji?

Samo sformułowanie wniosku lub interpretacji nie oznacza jeszcze, że jest to efekt przemyślanego rozumowania – może to być jedynie domysł lub swobodna asocjacja. Dlatego w rozwijaniu umiejętności interpretacyjnych istotne jest, by nauczyciel pomagał uczniowi zrozumieć, że wnioski i interpretacje powinny być oparte na wcześniejszej wiedzy (podobnie jak przesłanki logiczne). Warto więc po wypowiedzeniu przez ucznia wniosku lub interpretacji zapytać go o przesłanki, na podstawie których ten wniosek lub interpretacja zostały sformułowane. Celem jest uświadomienie sobie przez uczniów, że poprawny wniosek logicznie wynika z porównania aktualnie obserwowanej sytuacji z podobnymi sytuacjami, które zaobserwowali wcześniej, oraz/lub z logicznego rozumowania nad zależnościami pomiędzy różnymi elementami obserwowanej sytuacji a wcześniejszą wiedzą. W przypadku przykładu zmiany pór roku chodzi o uświadomienie sobie, że wniosek lub interpretacja wynika z uogólnienia zależności pomiędzy temperaturą a odległością obiektu od źródła ciepła (lub światła).

3. Czy mój sposób myślenia o danej sytuacji był poprawny?

Po zidentyfikowaniu przesłanek, na podstawie których uczniowie sformułowali swój wniosek lub interpretację, należy ich poprowadzić do najważniejszego etapu procesu interpretacji – **zbadania poprawności (trafności, *validity)* zastosowanego sposobu myślenia.** W przypadku młodszych uczniów wystarczy, jeśli nauczyciel zachęci ich do rozważenia również innych możliwych interpretacji obserwowanej lub analizowanej sytuacji. Jeśli jednak chcemy rozwijać u uczniów **uzasadnione (przemyślane)** interpretacje, istotne jest, aby poświęcili uwagę badaniu prawdziwości przesłanek, a także **sprawdzeniu poprawności (słuszności, trafności)** sposobu rozumowania, którego wynikiem był utworzony wniosek lub interpretacja.

W przykładzie dotyczącym próby interpretacji zmiany pór roku poprzez opis ruchu Ziemi wokół Słońca, uczeń, formułując wniosek, że zmiana pór roku jest spowodowana eliptycznym kształtem orbity Ziemi wokół Słońca, zastosował poprawny, logiczny sposób rozumowania. Jest bowiem logiczne, że jeśli obiekt znajduje się bliżej źródła ciepła, to bardziej się nagrzewa. Problem tego wniosku polega jednak na tym, że **nie opiera się on na poprawnych przesłankach.** Orbita Ziemi wokół Słońca rzeczywiście ma kształt elipsy, ale jest ona bardzo zbliżona do koła, przez co nie ma istotnego wpływu na ogrzewanie różnych części Ziemi w sposób odpowiadający obserwowanym zmianom pór roku. Znacznie większe znaczenie ma nachylenie osi Ziemi względem Słońca. Z tego wynika, że uczeń może rozumować logicznie i poprawnie, lecz jeśli jego rozumowanie opiera się na niepełnych lub błędnych informacjach (przesłankach), to wniosek lub interpretacja mogą być niezgodne z rzeczywistością (Lawson, 2004).

4. Czy można / należy rozważać analizowaną sytuację w inny sposób?

W ostatnim kroku uczniowie są zachęcani do refleksji nad tym, czy nie dałoby się znaleźć innego wyjaśnienia lub sformułować innego wniosku / interpretacji. Celem tego etapu **nie jest odrzucenie czy unieważnienie** pierwotnego wniosku lub interpretacji stworzonej przez uczniów. Celem jest raczej to, aby uczniowie przyzwyczaili się **do elastycznego dostosowywania swojego sposobu myślenia** o sytuacji w miarę zdobywania nowych informacji na jej temat. Oznacza to, że uczniowie nie postrzegają swoich wniosków jako niezmiennych faktów, są **otwarci na zmiany** i nie formułują wniosków bez wystarczającego zbadania innych dostępnych informacji dotyczących analizowanego zjawiska.

Podsumowanie zasad rozwijania umiejętności interpretacji

Znaczenie rozwijania umiejętności interpretowania polega na takim **uwolnieniu myślenia,** aby uczeń potrafił wykorzystywać swoje wcześniejsze doświadczenia i wiedzę, a nie ograniczał się w procesie uczenia jedynie do aktualnie zdobywanych informacji. W dalszym procesie poznawczym ma to szczególne znaczenie podczas przyswajania zasad teoretycznych (na przykład prawa Archimedesa). Uczeń spontanicznie analizuje wypowiedzi i stara się je interpretować w odniesieniu do swoich wcześniejszych doświadczeń. Jeśli wcześniejsze doświadczenia nie są w wystarczającym stopniu wykorzystywane, system wiedzy ucznia staje się **niespójny,** co prowadzi raczej do **bezrefleksyjnego przyjmowania faktów** niż do próby zrozumienia zasad poprzez informacje uzyskane za pomocą własnych zmysłów.

Umiejętność interpretowania można wspierać poprzez zastosowanie następujących strategii. Jeśli celem nauczyciela jest rozwijanie kompetencji interpretacyjnych uczniów, powinien on:

- Prowadzić uczniów do tworzenia interpretacji opartych na precyzyjnej obserwacji (jakościowej lub ilościowej) – zachęcać ich do wyjaśnienia, w jaki sposób wykorzystali wyniki obserwacji do sformułowania interpretacji.
- Zachęcać uczniów do wykorzystywania wcześniejszych doświadczeń w taki sposób, aby stworzone wyjaśnienie (interpretacja obserwowanego zjawiska) było sensowne – skłaniać ich do wyjaśnienia, jaką wcześniejszą wiedzę wykorzystali przy tworzeniu interpretacji.
- Zapraszać uczniów do refleksji nad tym, jakie informacje mogłyby im pomóc (jakie dodatkowe dane powinni zdobyć), aby być pewnym swojego wyjaśnienia (interpretacji).
- Przekazywać uczniom, że zmiana, odrzucenie lub modyfikacja własnej interpretacji jest czymś naturalnym, na przykład w wyniku dyskusji lub zdobycia nowych informacji. Wskazywać im, jak formułować swoje wypowiedzi ostrożnie, z świadomością, że interpretacja nie jest faktem, lecz możliwym wyjaśnieniem.
- Preferować interpretacje uzasadnione (oparte na logicznym rozumowaniu i dowodach).
- Nie używać pytania „dlaczego" podczas próby ustalenia, jak (na jakiej podstawie) uczeń stworzył swoją interpretację.
- Zachęcać uczniów do dyskusji nad interpretacjami obserwowanych zjawisk.
- Przyzwyczajać uczniów do porównywania własnych interpretacji z wyjaśnieniami formułowanymi przez innych badaczy – w celu weryfikacji wyników swojego poznania.

Wykorzystane publikacje:

Ash, D. (1998). Learning to listen to Robert. In J. Shulman, R. Lotan, & J. A. Whitcomb (eds.), *Groupwork in Diverse Classrooms: A Casebook for Educators*, New York: Teachers College Press.

Ash, D. (2000). The Process Skills of Inquiry. Foundations. Vol. 2, Inquiry: Thoughts, Views, and Strategies for the K-5 Classroom. (p. 51–62). Washington, D. C.: National Science Foundation.

Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J. F., and Simon, S. (2007). Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge.

Baxter L. M. – Kurtz, M. J. (2001). When a Hypothesis is NOT an Educated Guess. *Science & Children*. Vol. 38, No. 7, p. 18–20.

Blakemore, S. J., Decety, J. (2001). From the Perception of Action to the Understanding of Intention. *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 2, No. 8, p. 561–567.

Brotherton, P. N., Preece PFW (1995). Science Process Skills: Their Nature and Interrelationships. *Research in Science and Technological Education*, No. 13, p. 5–11.

Davido, R. (2001). *Kresba jako nástroj poznání dítěte*. 1. vyd., Praha: Portál.

Driver, R., Newton, P., Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, Vol. 84, *No. 3,* p. 287–312.

Erduran, S., Osborne, J. F & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argument in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 41, No. 10, p. 994-1020.

Etkina, E. et al. (2007). Studying Transfer Of Scientific Reasoning Abilities. In: L. McCullough et al. *Physics Educational Research Conference*. p. 81 – 84.

Hanuscin, D. L., Park Rogers, M. A. (2008). Learning to observe and infer. *Science and Children*. 45 (6): 56–57.

Harlen, W. (2000). *The teaching of science in primary school.* London : David Fulton Publishers Ltd.

Harlen, W. (2001). Research in Primary Science Education. *Journal of Biological Education*, Vol. 35, No. 2, p. 61–65.

Harré, R., Gillett, G. R. (2001). *Diskurz a myseľ*. Bratislava: Iris.

Holton, G. (1999). *Věda a antivěda*. Praha : Academia.

Checkovich, B. H., Sterling, D. R. (2001). Oh Say Can You See? *Science & Children*. Vol. 38, No. 4, p. 32–35.

Lawson, A. E. (2004). The Nature and Development of Scientific Reasoning a Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematic Education,* Vol. 1, No. 2, p. 307–338.

Leo, J. H. D. (1983). *Interpreting children's drawings*. New York: Brunner-Routledge, 232 s.

Long, K., & Kamii, C. (2001). The measurement of time: Children's construction of transitivity, unit iteration, and conservation of speed. *School Science and Mathematics*, Vol. 101. No. 3, p. 125–131.

Lucas, A.M. & Tobkin K. (1988). Problems with control of variables as a process skill. *Science Education*, No. 71, p. 685–690.

Malchiodi, C. A. (1998). *Understanding children's drawings*. New York: The Guilford Press, 252 s.

Marzano, R. J. (2007). The Art and Science of Teaching: A Comprehensive Framework for Effective Instruction. Association for Supervision and Curriculum Development, 221pp, ISBN-10: 9781416605713.

Milne, I. (2007) „Children´s Science". *Primary Science Review*. Nov/Dec, p. 33–34.

Naylor, S., Keogh, B., Downing, B. (2006). Argumentation and Primary Science. *Research in Science Education*, Vol. 37, No. 1, p. 17–39.

Newton, D. P., Newton, L. D. (2000). Do Teachers Support Causal Undrestanding through their Discourse when Teaching Primary Science? *British Educational Research Journal*, Vol. 26, No. 5, p. 599–613. ISSN: 0141-1926

Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The Place of Argumentation in the Pedagogy of School Science. International Journal of Science Education,Vol. 21, No. 5, p.553–576.

Padilla, M., Pyle, E. (1996). Observing and Inferring Promotes Science Learning: Help Students Develop Their Skill at Making Observations and Inferences. *Science and Children*, Vol. 33, No. 8, p. 22–25.

Reiss, M. J., Tunnicliffe, S. D. Personal author, compiler, or editor name(s); click on any author to run a new search on that name. (1999). Building a Model of the Environment: How Do Children See Plants? Additional information about the document that does not fit in any of the other fields; not used after 2004. Paper presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching* (72nd, Boston, MA, March 28–31, 1999). Available on ERIC database, # ED431590

Song, J. & Black, P. J. (1992). The effects of concept requirements and task contexts on pupils' performance in control of variable. *International* Journal *of Science Education*, No. 14, p. 83–93.

Spaulding, Ch. L. (1992). *Motivation in the Classroom*. New York: Lane Akers, Inc.

Swatton, P. (1994). Aspects of pupils' ability to handle variables in different contexts. *Cambridge Jorunal of Education*, Vol. 24 No. 2, p. 213–232.

Swatton, P. Taylor, R. M. (1994). Pupil Performance in Graphical Tasks and its Relationship to the Ability to Handle Variables. *British Eduational Research Journal*, Vol. 20, No. 2., p. 227–244. ISSN: 01411926

Tomkins, S. P., Tunnicliffe, S. D. (2001). Looking for Ideas: Observation, Interpretation and Hypothesis-Making by 12-Year-Old Pupils Undertaking Science Investigations. *The entity from which ERIC acquires the content, including journal, organization, and conference names, or by means of online submission from the author.International Journal of Science Education*, Vol. 23, No. 8, p. 791–813.

Tunnicliffe, S. D., Reiss, M. J. (1999) Personal author, compiler, or editor name(s); click on any author to run a new search on that name. Talking about Brine Shrimps: Three Ways of Analysing Pupil Conversations. *Research in Science and Technological Education*, Vol. 17, No. 2, p. 203–17.

Wenham, M. (1995). *Understanding Primary Science (Ideas, Concepts and Explanations)*. London: Paul Chapman Publishing Ltd.
Yockey, J. A. (2001). Key to Science Learning. *Science & Children*. Vol. 38, No. 7, p. 36–41.
Žoldošová, K. (2018). Prírodoveda pre 3. ročník ZŠ. Bratislava: Expol Pedagogika. ISBN: 978-80-8091-475-2
Žoldošová, K. (2018). Prírodoveda pre 4. ročník ZŠ. Bratislava: Expol Pedagogika. ISBN: 978-80-8091-481-3
Žoldošová, K. (2018). Projekt Technika hrou. Bratislava: VEDA–TYPI Universitatis Tyrnaviensis. ISBN: 978-80-568-0132-1
Žoldošová, K., Minárechová, M. (2015). Výskumne ladená koncepcia technického vzdelávania v materských školách. Bratislava: VEDA–TYPI Universitatis Tyrnaviensis. ISBN: 978-80-8082-855-4
Žoldošová, K. (2021). Od domina ku Goldbergovi. Bratislava: VEDA–TYPI Universitatis Tyrnaviensis. ISBN: 978-80-568-0240-3
Žoldošová, K., Matejovičová, I. (2010). Finding out How the Elementary School Children Manipulate with Empirical Material and how they Process the Obtained Information (on behalf of looking for possibilities of science process skills development). *International Electronic Journal of Elementary Education*. Vol. 2, Issue 3, p. 327–347.
Žoldošová, K. (2023). Prírodoveda pre 4. Ročník ZŠ. ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj. Bratislava: Indícia, s. r. o., ISBN: 9788082760210
Žoldošová, K. (2024). *Skúmame s PIPI* – ExpEdícia skús, skúmaj, spoznaj. Bratislava: Indícia, s. r. o., ISBN: 9788082760425 (část A), ISBN: 9788082760432 (část B), ISBN: 9788082760456 (část C)
Žoldošová, K. (2024). *Skúmame s RATU* (pilotná) – ExpEdícia Skús, skúmaj, spoznaj. Bratislava: Indícia, s. r. o., ISBN: 9788082760289
Žoldošová, K. (2024). *Skúmame so SALOU – rukopis* – ExpEdícia Skús, skúmaj, spoznaj. Bratislava: Indícia, s. r. o. (in press)

ROZWÓJ ZINTEGROWANYCH KOMPETENCJI W ZAKRESIE PRACY NAUKOWEJ

ExpEdícia koncentruje się na rozwoju odpowiednich kompetencji w zakresie pracy naukowej

CEL ROZDZIAŁU WYRAŻONY W PYTANIACH:

- Czym są zintegrowane kompetencje w zakresie pracy naukowej i dlaczego są ważne w edukacji przyrodniczej?
- Jak można w sposób dydaktycznie sensowny rozwijać poszczególne zintegrowane kompetencje podczas zajęć szkolnych?
- Jaką rolę odgrywa nauczyciel w rozwijaniu tych kompetencji i jak zmienia się jego rola?
- Jak zintegrowane kompetencje są powiązane z programem nauczania i współczesnymi trendami w edukacji przyrodniczej?

Wprowadzenie

Współczesna edukacja przyrodnicza stoi przed wyzwaniem, którym jest nie tylko przekazywanie uczniom wiedzy naukowej, ale przede wszystkim rozwijanie u nich umiejętności rozumienia świata poprzez systematyczne badania i naukowy sposób myślenia. Sama wiedza już nie wystarcza – ważne jest, aby uczniowie rozumieli, jak powstaje wiedza naukowa, jak jest weryfikowana, uzasadniana i komunikowana. W tym kontekście zintegrowane kompetencje w zakresie pracy naukowej odgrywają istotną rolę w rozwijaniu umiejętności przyrodniczych (np. Held i in., 2011; Harlen, 2010; NRC, 2012).

Na te potrzeby odpowiada również nowa słowacka podstawa programowa dla obszaru „Człowiek i przyroda" (ŠVP, 2023), w której kładzie się nacisk na rozwój kompetencji w zakresie pracy naukowej jako nieodłącznego elementu edukacji przyrodniczej. W literaturze fachowej określono połączenie kilku podstawowych kompetencji w bardziej złożone operacje poznawcze jako „zintegrowane kompetencje pracy naukowej" (integrated science process skills) (Padilla, 1990). Ich systematyczne rozwijanie jest charakterystyczne przede wszystkim dla starszych klas szkoły podstawowej i szkoły średniej, przy czym bazuje się wówczas na fundamentach położonych już na etapie edukacji wczesnoszkolnej.

W środowisku międzynarodowym, na przykład w podejściu amerykańskim do edukacji naukowej, ten zestaw działań określa się mianem „praktyk naukowych" (scientific practices), czyli powiązanych strategii, które łączą w sobie kompetencje naukowe, wiedzę i sposób myślenia (NRC, 2012). My również podchodzimy do tego zagadnienia podobnie.

W rozdziale ukazujemy zintegrowane kompetencje pracy naukowej jako złożone i wzajemnie powiązane działania oraz analizujemy ich znaczenie w kontekście edukacji przyrodniczej. Jednocześnie pokazujemy możliwości ich sensownego rozwijania oraz staramy się zainspirować do refleksji pedagogicznej i działania, zgodnie z aktualnymi trendami w kraju i zagranicą.

1 Zintegrowane kompetencje pracy naukowej i ich powiązanie ze strategiami i procedurami

Myślenie naukowe stanowi złożony proces, który obejmuje zestaw cząstkowych umiejętności i operacji poznawczych rozwijanych stopniowo, w sposób powiązany i wzajemnie uzupełniający się. W literaturze fachowej często rozróżnia

się między podstawowymi kompetencjami naukowymi, takimi jak obserwacja, klasyfikacja, pomiar czy komunikacja, oraz bardziej zaawansowanymi działaniami poznawczymi, które wymagają wyższego poziomu integracji wiedzy, planowania, abstrahowania i argumentowania. Te bardziej złożone działania są określane mianem zintegrowanych kompetencji pracy naukowej. Należą do nich między innymi: identyfikacja zmiennych, formułowanie hipotez, projektowanie procedury badawczej, analiza danych, wyciąganie wniosków czy argumentacja (Padilla, 1990; Harlen, 2010).

We współczesnych teoriach badawczych i programowych (np. NRC, 2012; OECD/PISA; ŠVP, 2023) podkreśla się potrzebę łączenia kompetencji naukowych z wiedzą i strategiami myślenia. Takie powiązanie wymaga nie tylko odpowiedniego zaplecza merytorycznego, ale także dojrzałości poznawczej uczniów oraz doświadczenia w realizacji poszczególnych etapów pracy naukowej. W związku z tym systematyczny rozwój zintegrowanych kompetencji odnosi się w szczególności do wyższych etapów edukacji, gdzie możliwe jest celowe tworzenie sytuacji pozwalających na ich zintegrowane zastosowanie.

Celem tej części jest wyjaśnienie, czym są zintegrowane kompetencje pracy naukowej, jakie są warunki ich rozwoju oraz jak wpisują się one w aktualne podejście do edukacji przyrodniczej. Jednocześnie wskazujemy na ich powiązanie z wiedzą i strategiami myślenia naukowego oraz ich znaczenie w planowaniu dydaktycznym.

W literaturze fachowej można znaleźć różne podejścia do klasyfikacji i definiowania tych kompetencji. Choć nie istnieje jeden, powszechnie przyjęty model, to we wielu koncepcjach badawczych i programowych wyróżnia się wspólne cechy tych działań poznawczych i praktycznych. W kolejnej części przedstawimy pokrótce najczęściej wymieniane zintegrowane kompetencje pracy naukowej, a następnie skupimy się na ich wzajemnym powiązaniu w ramach bardziej złożonych strategii poznania naukowego.

1.1 Identyfikacja i kontrola zmiennych

Jedną z kluczowych kompetencji w pracy naukowej jest umiejętność identyfikowania i kontrolowania zmiennych, czyli czynników (właściwości, cech, parametrów), które mogą wpływać na przebieg i wynik działalności badawczej. Badania naukowe koncentrują się na ustalaniu zależności między zjawiskami. Aby móc te zależności odkrywać, niezbędne jest systematyczne podejście – oparte na świadomym rozróżnianiu i kontrolowaniu zmiennych.

Zmienna - to wielkość, która może przyjmować różne wartości. W kontekście eksperymentu naukowego zazwyczaj wyróżnia się trzy typy zmiennych:

- Zmienna niezależna – czynnik, który celowo zmieniamy (np. temperatura otoczenia).
- Zmienna zależna – zjawisko, które obserwujemy i mierzymy, a które zależy od zmian zmiennej niezależnej (np. tempo kiełkowania nasion).
- Zmienne kontrolowane – pozostałe czynniki, które utrzymujemy na stałym poziomie, aby mieć pewność, że obserwowane zmiany są wynikiem działania zmiennej niezależnej (np. ilość wody, rodzaj nasion, dostęp do światła).

Z perspektywy metodologicznej konieczne jest, aby świadomie zmieniać tylko jedną zmienną – tę, którą chcemy zbadać jako potencjalną przyczynę. Wszystkie inne istotne czynniki muszą pozostać niezmienne, aby zapewnić wiarygodność wniosków badawczych.

Umiejętność pracy ze zmiennymi jest ściśle związana z rozwojem myślenia przyczynowo-skutkowego – a więc rozumienia świata jako systemu przyczyn i skutków. Nie jest to wyłącznie praktyczna umiejętność eksperymentalna, ale podstawowy warunek poznawczy myślenia naukowego.

Z perspektywy poziomu trudności jest to czynność, która wymaga:

- umiejętności abstrahowania zmiennych z rzeczywistego zjawiska,
- zrozumienia związku przyczynowo-skutkowego,
- refleksji nad innymi możliwymi czynnikami wpływającymi,
- świadomego planowania sposobu kontrolowania lub eliminowania tych czynników.

Jak podkreśla się w licznych badaniach (np. Kuhn, Dean, 2005; Zimmerman, 2007), ta kompetencja nie rozwija się spontanicznie. Uczniowie przyswajają ją przede wszystkim za pośrednictwem celowo zaplanowanych działań, dyskusji i refleksji.

W nauczaniu proces identyfikacji i kontroli zmiennych można wspierać poprzez następujące kroki:

- zainicjowanie dyskusji na temat badanego zjawiska (np. „Co wpływa na to, jak szybko topnieje kostka lodu?"),
- zachęcanie do wyrażania pomysłów na temat możliwych zmiennych (temperatura powietrza, wielkość kostki, przepływ powietrza, rodzaj podłoża...),
- podprowadzenie uczniów do sprecyzowania, co będą zmieniać, a co mierzyć (np. zmieniać temperaturę, mierzyć czas topnienia),
- wspólne ustalenie, które czynniki należy utrzymać na stałym poziomie (takie samo podłoże, wielkość kostki lodu, miejsce pomiaru).

Nauczyciel odgrywa w tym procesie centralną rolę:

- ilustruje zmienne za pomocą schematów wizualnych lub wykresów,
- pozwala uczniom najpierw samodzielnie zaprojektować plan eksperymentu, a dopiero potem go omawia,
- zadaje pytania na myślenie, takie jak: „Co jeszcze może wpłynąć na wynik?" lub „Jak sprawdzimy, że zmieniamy tylko jedną rzecz?"

Do typowych problemów, z jakimi spotykają się uczniowie, należą:

- niemożność zidentyfikowania wszystkich istotnych zmiennych w danej sytuacji,
- brak zrozumienia relacji między zmiennymi, ich niezależności lub zależności,
- dokonywanie kilku zmian jednocześnie bez uświadomienia sobie ich konsekwencji,
- brak umiejętności powiązania hipotezy z obserwowanymi zmiennymi.

Z perspektywy dydaktycznej zaleca się zatem:

- rozpoczynanie od prostych zjawisk, w których zmienne są łatwo uchwytne i obserwowalne (np. zależność między temperaturą a szybkością topnienia),
- korzystanie z graficznego przedstawienia zmiennych jako pomocy przy planowaniu doświadczeń,
- łączenie działań praktycznych z refleksją: „Co zmieniliśmy?", „Co się zmieniło?", „Dlaczego?",
- stwarzanie uczniom przestrzeni do wyjaśnienia własnego toku myślenia.

Rozwijając tę kompetencję, uczniowie zdobywają nie tylko umiejętności praktyczne, lecz przede wszystkim narzędzia do rozumienia zjawisk przyrodniczych jako systemu zależności, prawidłowości i warunków, które można badać i weryfikować w sposób usystematyzowany.

1.2 Formułowanie hipotezy

Formułowanie hipotezy stanowi ważną kompetencję w procesie poznania naukowego. Hipoteza - to uzasadnione przypuszczenie, w którym proponuje się możliwy związek między zmiennymi – zazwyczaj między zmienną niezależną a zależną. Nie jest to przypadkowe twierdzenie ani osobista opinia, lecz wynik logicznego rozumowania, często opartego na wcześniejszej wiedzy, ramach teoretycznych, analogii lub uogólnieniu.

W sensie epistemologicznym hipoteza jest wstępnym wyjaśnieniem lub przewidywaniem co do zjawiska, weryfikowalnym za pomocą obserwacji lub eksperymentu. W hipotetyczno-dedukcyjnym modelu pracy naukowej hipoteza odgrywa newralgiczną rolę, a cały proces badawczy można opisać w następujących krokach:

1. identyfikacja problemu lub pytania badawczego,
2. formułowanie hipotezy jako przypuszczalnego wyjaśnienia,

3. wskazywanie na konsekwencje hipotezy (przewidywania),
4. testowanie tych konsekwencji eksperymentalnie lub poprzez obserwację,
5. ocena hipotezy na podstawie dowodów – jej potwierdzenie, modyfikacja lub odrzucenie.

Aby hipoteza mogła spełniać swoją funkcję, musi spełniać kilka podstawowych kryteriów:

- Możliwość weryfikacji – hipoteza musi być testowalna na podstawie dowodów.
- Falsyfikowalność – hipoteza musi dopuszczać możliwość jej obalenia (Popper, 1959).
- Jasność i jednoznaczność – sformułowanie hipotezy powinno być konkretne, zrozumiałe i precyzyjne.
- Powiązanie ze zmiennymi – hipoteza wyraźnie wskazuje związek między zmienną niezależną a zależną.
- Oparcie na wiedzy lub obserwacjach – hipoteza powinna wynikać z określonych ram teoretycznych, a nie być całkowicie arbitralna.

Z poznawczego punktu widzenia formułowanie hipotezy wymaga myślenia operacyjnego, jak je opisuje na przykład Piaget. Obejmuje to:

- zdolność do dedukcji (np. w formie „jeśli..., to...”),
- myślenie abstrakcyjne (rozważanie sytuacji i relacji hipotetycznych),
- rozumowanie logiczne (śledzenie konsekwencji i możliwość ich podważenia).

Mimo że w pełni rozwinięte myślenie hipotetyczne jest typowe dopiero dla starszych klas szkoły podstawowej, to w nauczaniu przyrody można rozwijać jego podstawy już u młodszych uczniów, poprzez:

- formułowanie prostych przypuszczeń opartych na obserwacji,
- stawianie pytań typu „Co by się stało, gdyby...?”, „Dlaczego tak się dzieje?”,
- pracę z uproszczonymi hipotezami („Jeśli..., to...”),
- wizualizację sytuacji i dyskusję o różnych możliwych konsekwencjach.

Zdolność formułowania hipotez znacząco przyczynia się do rozwoju kompetencji naukowych, ponieważ uczniowie przyswajają sobie przekonanie, że wiedza naukowa nie jest dana raz na zawsze, lecz wynika z możliwych do sprawdzenia przypuszczeń, które można potwierdzić lub obalić za pomocą dowodów.

W procesie dydaktycznym podczas pracy z hipotezami często pojawiają się jednak trudności:

- Uczniowie mylą hipotezę z pytaniem badawczym lub celem eksperymentu.
- Hipotezy bywają formułowane nieprecyzyjnie, zbyt ogólnie lub są nieweryfikowalne.
- Nauczyciele czasami oczekują „poprawnej odpowiedzi”, co osłabia rolę hipotezy jako narzędzia badawczego.

Z perspektywy dydaktycznej warto więc:

- starannie odróżniać hipotezę od innych form wypowiedzi (pytanie, przypuszczenie, opinia),
- nie oceniać hipotezy na podstawie wyniku, lecz według jej sensowności, jasności i możliwości sprawdzenia,
- tworzyć sytuacje, w których uczniowie mogą formułować kilka hipotez, porównywać je i dyskutować na ich temat,
- pracować z problemami rzeczywistymi lub interesującymi, które w naturalny sposób wspierają myślenie w kategoriach hipotetycznych.

1.3 Operacjonalizacja

W badaniach naukowych istotnym etapem jest operacjonalizacja, w którym abstrakcyjne lub ogólne pojęcia są przekształcane w konkretne, obserwowalne i mierzalne formy. Jest to proces, który umożliwia weryfikację sformułowanych hipotez za pomocą dowodów zebranych w trakcie badań. Bez operacjonalizacji nie byłoby możliwe systematyczne i rzetelne testowanie związków między zmiennymi.

Innymi słowy, operacjonalizacja oznacza tłumaczenie „niewidocznych" lub nieprecyzyjnych koncepcji (np. wzrost rośliny, skuteczność substancji, komfort, zmęczenie) na konkretne wskaźniki, które w warunkach eksperymentalnych lub obserwacyjnych dają się postrzegać zmysłowo, zarejestrować lub zmierzyć.

W kontekście pedagogicznym ważne jest, aby uczeń pracujący z pojęciem abstrakcyjnym potrafił:

- ustalić, jak dane zjawisko rzeczywiście się przejawia – co można zaobserwować lub zmierzyć,
- wybrać konkretny wskaźnik – wielkość, którą można wyrazić ilościowo lub jakościowo,
- dobrać odpowiedni sposób sprawdzania – czyli narzędzie, jednostkę lub metodę pomiaru bądź obserwacji.

Przykładowo:

- Pojęcie *„wzrost rośliny"* można zoperacjonalizować jako zmieniającą się wysokość w centymetrach lub liczbę nowych liści.
- *„Skuteczność środka czyszczącego"* można wyrazić jako wielkość usuniętej plamy w cm^2 lub wizualne porównanie intensywności zabarwienia.
- *„Efekt cieplny reakcji chemicznej"* smożna zoperacjonalizować jako różnicę temperatury (w °C) przed i po reakcji w danym czasie.

Zdolność do operacjonalizacji jest nieodzownym warunkiem osiągnięcia kompetencji naukowej, ponieważ:

- uczy konkretyzowania i doprecyzowywania pojęć, które w przeciwnym razie pozostałyby dla uczniów nieokreślone lub niejasne,
- wspiera myślenie oparte na dowodach – uczniowie zastanawiają się, co można zaobserwować i czym to poprzeć,
- umożliwia testowanie hipotez – bez jasnych wskaźników nie można formułować wiążących wniosków,
- rozwija myślenie krytyczne – uczniowie oceniają, czy wybrany wskaźnik odpowiada pojęciu, które badają, oraz czy istnieje lepszy sposób pomiaru.

W procesie tym jednocześnie zachodzi połączenie myślenia abstrakcyjnego z empiryczną weryfikacją, dzięki czemu uczniowie autentycznie doświadczają, jak w nauce „przekształca się" pojęcie hipotetyczne w konkretny obiekt badawczy.

W praktyce pedagogicznej występują często następujące trudności związane z operacjonalizacją:

- brak powiązania między hipotezą a obserwacją – uczniowie formułują hipotezy, ale nie potrafią określić, co konkretnie będą obserwować,
- niejasno lub nieadekwatnie dobrane wskaźniki – na przykład stwierdzenia typu „sprawdzimy, czy roślina dobrze rosła", bez wskazania, co będzie miarą (np. wysokość w centymetrach, liczba liści, intensywność zieleni),
- wybór wskaźników, których nie da się obiektywnie zmierzyć lub zaobserwować – co uniemożliwia przetestowanie hipotezy.

Z perspektywy dydaktycznej warto zatem:

- systematycznie łączyć formułowanie hipotez z doborem wskaźników,
- zadawać pytania typu: *„Jak rozpoznamy, że coś się zmieniło?", „Co będziemy obserwować, aby to sprawdzić?",*
- podprowadzać uczniów pod porównywanie różnych możliwych wskaźników – np. *„Czy wysokość rośliny w centymetrach jest lepszym wskaźnikiem wzrostu niż liczba liści?",*
- wspierać refleksję nad wyborem miary – dlaczego wybraliśmy właśnie ten sposób pomiaru? Czy jest on wiarygodny i sensowny?

Operacjonalizacja stanowi ważny most między myśleniem a działaniem, między hipotezami a ich empirycznym potwierdzeniem. W edukacji przyrodniczej odgrywa niezastąpioną rolę w kształtowaniu u uczniów umiejętności

myślenia na wzór naukowców – tzn. formułowania pytań, proponowania sprawdzalnych hipotez, a jednocześnie rozumienia, co i jak należy obserwować oraz mierzyć, aby uzyskać przekonujące dowody. W ten sposób uczniowie zbliżają się do autentycznego myślenia naukowego, rozwijając jednocześnie podstawowe elementy myślenia krytycznego.

1.4 Interpretacja wyników

Interpretacja wyników stanowi istotny etap badania naukowego, w którym badacz – a w kontekście pedagogicznym również uczeń – nadaje sens uzyskanym danym. Nie chodzi tu jedynie o przedstawienie mierzonych wartości w postaci tabel czy wykresów, lecz o odkrywanie znaczenia tych danych w kontekście pytania badawczego, hipotezy i szerszej wiedzy. Interpretacja - to więc proces, w którym dane stają się dowodami, nabierają znaczenia, są analizowane, porównywane i łączone w wyjaśniające ramy pojęciowe.

Można mówić o udanej interpretacji, gdy uczeń rozumie treść danych, zna ich związek z celami badania i potrafi logicznie włączyć je do rozważań nad badanym zjawiskiem. Działanie to obejmuje:

- zrozumienie znaczenia wartości liczbowych, trendów i różnic w danych,
- porównanie wyników oczekiwanych z faktycznie uzyskanymi,
- poszukiwanie przyczyn ewentualnych odchyleń od założeń,
- rozważanie alternatywnych wyjaśnień dla zaobserwowanych zjawisk,
- ocenianie wiarygodności i ograniczeń zgromadzonych danych.

W tym sensie interpretacja stanowi newralgiczny element pośredni między pomiarem a formułowaniem wniosków – zakłada myślenie o danych jako o nośnikach wiedzy. Poznanie naukowe bowiem nie kończy się na zapisaniu danych, lecz dopiero na ich zrozumieniu i wyjaśnieniu w logicznych i przyczynowo-skutkowych zależnościach.

W środowisku szkolnym interpretacja - to umiejętność, którą uczniowie rozwijają stopniowo i która wykracza poza prosty opis danych. Interpretacja wymaga aktywnego myślenia, zrozumienia, umiejętności zadawania pytań i formułowania sensownych wyjaśnień. Wspieranie tego procesu można realizować poprzez pytania takie jak:

- *„Co te dane mówią o zjawiskach, które badaliśmy?”,*
- *„Jaki związek między zmiennymi się w nich ujawnia?”,*
- *„Czy wyniki odpowiadają naszym oczekiwaniom?”,*
- *„Czy mogą istnieć inne wyjaśnienia tego, co zaobserwowaliśmy?”*

Interpretacja wymaga łączenia myślenia analitycznego i syntetycznego – uczeń najpierw przetwarza i porządkuje dane (analiza), aby następnie stworzyć ich ramy znaczeniowe (synteza). Jest to proces, w którym rozwijają się:

- umiejętność przypisywania zjawiskom logicznych powiązań i struktury,
- wnioskowanie oparte na dowodach,
- myślenie krytyczne – w tym świadomość alternatyw i ograniczeń interpretacji,
- kompetencje językowe i argumentacyjne – zdolność do jasnego i rzeczowego przedstawienia znaczenia danych.

Z perspektywy dydaktycznej interpretacja jest jednym z najbardziej złożonych aspektów poznania naukowego, ponieważ łączy obserwację, eksperyment, ocenę i komunikację. Jest niezbędnym warunkiem budowania kompetencji przyrodniczych – pomaga uczniom rozumieć nie tylko, *co* widzą, ale *dlaczego* to widzą i *co to znaczy*.

W pracy z uczniami często spotykamy się z sytuacją, w której:

- interpretacja jest zastępowana opisem (np. „wartość wynosiła 20”),
- hipoteza jest powtarzana mechanicznie, bez uwzględnienia uzyskanych danych,
- ignorowane są rozbieżności między założeniami a wynikami,
- uczniowie nie uzasadniają swoich twierdzeń ani wyjaśnień.

Dla nauczyciela oznacza to potrzebę:

- systematycznego wspierania refleksji nad danymi i zadawania pytań typu: *„To znaczy, że...?", „Co z tego wynika?",*
- podprowadzania uczniów pod formułowanie własnych wyjaśnień i ich obronę w dyskusji,
- przedkładania argumentacji nad „poprawną odpowiedź", czyli oceniania jakości myślenia, a nie tylko zgodności z oczekiwanym wnioskiem,
- porównywania różnych interpretacji w grupach i tworzenia przestrzeni do dyskusji o dowodach, niepewnościach i alternatywach.

Interpretacja wyników jest jedną z najważniejszych umiejętności myślenia naukowego, ponieważ pozwala łączyć dane empiryczne z sensownym rozumieniem badanego zjawiska. W edukacji przyrodniczej odgrywa newralgiczną rolę – prowadzi uczniów do tego, by nauczyli się nie tylko mierzyć, ale również zastanawiać się, co zmierzone wartości oznaczają, jak się mają do hipotezy i jaką wiedzę można z nich uzyskać. Rozwijanie tej kompetencji wymaga nacisku na myślenie, dyskusję, argumentację oraz otwartość na różne możliwe wyjaśnienia.

1.5 Formułowanie wniosków i uogólnień

W badaniach naukowych wniosek stanowi logiczne zwieńczenie całego procesu badawczego – jest odpowiedzią na pytanie badawcze, sformułowaną na podstawie dowodów uzyskanych poprzez obserwację lub eksperyment. Wniosek nie pojawia się automatycznie, ale jest wynikiem interpretacji danych, ich porównania z hipotezą oraz refleksji nad ich wiarygodnością i znaczeniem. Może on potwierdzić lub obalić pierwotne założenie, wskazać na związek między zmiennymi, a także otworzyć przestrzeń na nowe pytania lub ujawnić ograniczenia badania.

Wniosek - to zatem coś więcej niż tylko „rezultat", to akt myślenia, który obejmuje:

- ocenę i podsumowanie obserwacji oraz danych,
- porównanie z postawioną hipotezą lub założeniem,
- rozważenie wiarygodności i ograniczeń uzyskanych wyników,
- sformułowanie twierdzenia opartego na dowodach, które odpowiada na pytanie badawcze.

Na wniosek może być nałożone **uogólnienie** – rozszerzenie ważności danego odkrycia na szerszy zakres zjawisk, materiałów lub sytuacji. Podczas gdy wniosek odnosi się do konkretnego eksperymentu lub przypadku, uogólnienie wyraża pewną prawidłowość lub regułę, którą można zastosować również w innych kontekstach. Na przykład:

„Stwierdziliśmy, że różne nasiona kiełkują szybciej w wyższej temperaturze, dlatego możemy uogólnić, że ciepło sprzyja kiełkowaniu tego typu nasion."

„Wszystkie metale, które badaliśmy, przewodzą prąd elektryczny – dlatego można uogólnić, że metale są przewodnikami prądu elektrycznego."

Uogólnienie wymaga ponadto **abstrakcji** – umiejętności rozpoznawania wzorców, prawidłowości lub reguł – oraz transferu, czyli przeniesienia wiedzy do nowego kontekstu.

W warunkach szkolnych formułowanie wniosków jest jedną z najważniejszych czynności poznawczych, ponieważ łączy empiryczne doświadczenia ucznia z jego zdolnością do syntezy wiedzy. Uczy go wyrażać, co pokazało badanie i dlaczego ma to znaczenie.

Celem podejścia opartego na badaniach w edukacji przyrodniczej jest to, aby uczniowie:

- formułowali wnioski jako odpowiedzi na pytanie badawcze,
- uzasadniali swoje twierdzenia konkretnymi dowodami („Ustaliliśmy to, ponieważ..."),
- rozróżniali to, co wiedzą na pewno, od tego, co jedynie przypuszczają,
- potrafili formułować uogólnienia, jeśli istnieją ku temu empiryczne przesłanki.

Te umiejętności przyczyniają się do głębszego rozumienia zjawisk, ale także do rozwoju myślenia krytycznego, ponieważ skłaniają uczniów do refleksji nad znaczeniem własnej wiedzy.

W praktyce pedagogicznej przy formułowaniu wniosków i uogólnień często pojawiają się następujące braki:

- uczniowie powtarzają jedynie zmierzone wartości, bez odniesienia do pytania badawczego lub hipotezy,
- nie biorą pod uwagę dowodów – ich wnioski nie są poparte danymi,
- formułują uogólnienia zbyt wcześnie lub nieadekwatnie, np. na podstawie jednego pomiaru przy jednym typie materiału,
- mylnie utożsamiają wniosek z opisem przebiegu eksperymentu lub procedury technicznej.

Nauczyciel może wspierać rozwój tej umiejętności, jeżeli:

- zadaje pytania typu: *„Czego się z tego dowiedziałeś?", „Jak byś to podsumował?",*
- pokazuje uczniom, jak nadawać wnioskom strukturę przy użyciu zwrotów takich jak: *„Na podstawie tego, że..., możemy powiedzieć, że...",*
- umożliwia uczniom formułowanie różnych możliwych wniosków i dyskusję na temat ich zasadności,
- pomaga rozróżniać między interpretacją, wnioskiem a hipotezą,
- celowo aranżuje takie sytuacje, w których uogólnienie nie jest możliwe – ucząc w ten sposób krytycznego podejścia do uogólniania.

Formułowanie wniosków i uogólnień należy do najwyższych poziomów myślenia naukowego i przyrodniczego. Stanowi moment, w którym uczeń nie tylko podsumowuje wyniki, ale formułuje sensowne odpowiedzi, wyciąga konsekwencje i łączy konkretne doświadczenia z abstrakcyjnym rozumieniem. Umiejętność ta jest zatem centralnym celem nauczania opartego na badaniach i jednocześnie jednym z najważniejszych przejawów kompetencji przyrodniczej. Jej rozwijanie wymaga konsekwentnego wsparcia ze strony nauczyciela, otwartej przestrzeni do dyskusji i nacisku na myślenie oparte na dowodach.

1.6 Tworzenie i wykorzystywanie modeli

Modele są nieodłączną częścią poznania naukowego. Umożliwiają reprezentowanie, wyjaśnianie, przewidywanie i wizualizowanie zjawisk lub procesów, które są zbyt abstrakcyjne, złożone, dynamiczne lub bezpośrednio nieobserwowalne. Nie są one dokładnym odwzorowaniem rzeczywistości, lecz stanowią narzędzia poznawcze, które pomagają zrozumieć, jak działa świat.

Modele w nauce mogą przybierać różne formy:

- modele fizyczne (np. przestrzenna budowa atomu),
- reprezentacje graficzne (schematy, diagramy, wykresy),
- modele matematyczne (równania, tabele, środowiska symulacyjne),
- modele mentalne – wyobrażenia na temat przebiegu lub wyglądu zjawiska.

Modele naukowe nie przedstawiają rzeczywistości samej w sobie, lecz oferują jej uproszczony obraz. Ich funkcją jest wyjaśnianie i przewidywanie – pomagają zrozumieć zależności między zmiennymi oraz przewidzieć, co się stanie w określonych warunkach. Jednocześnie pozostają otwarte na rewizję i udoskonalanie, ponieważ zmieniają się wraz z pojawianiem się nowych dowodów.

W środowisku szkolnym tworzenie i wykorzystywanie modeli stanowi istotny element edukacji opartej na badaniach. Pomaga uczniom:

- tworzyć reprezentacje zjawisk i procesów,
- wykorzystywać modele do wyjaśniania i przewidywania,
- krytycznie oceniać modele – co pokazują, a czego nie ujmują,
- rewidować i ulepszać modele w odpowiedzi na nowe informacje lub obserwacje.

Modelowanie ma szczególne znaczenie w procesie dydaktycznym wtedy, gdy:

- uczniowie stykają się ze zjawiskami, których nie można obserwować (np. cząsteczki, pole magnetyczne, struktury komórkowe),
- pracują z abstrakcyjnymi lub złożonymi systemami (np. obieg wody, fotosynteza, zmiany stanów skupienia),
- potrzebują przewidzieć skutki zmian (np. przy zmianie warunków zewnętrznych).

Modele mogą być tworzone na różne sposoby – manualnie (rysunki, konstrukcje), cyfrowo (z wykorzystaniem aplikacji lub narzędzi symulacyjnych), a także ustnie lub mentalnie (np. poprzez dyskusję lub werbalne wyjaśnienie).

Tworzenie i wykorzystywanie modeli wspiera różne aspekty myślenia naukowego:

- wizualizację złożonych zjawisk i pracę z ich reprezentacjami,
- umiejętność wyrażania wyjaśnień własnymi słowami i symbolami,
- zrozumienie relacji między elementami systemu (np. wejścia, przemiany, wyjścia),
- krytyczną ocenę dokładności, adekwatności i ograniczeń modelu.

Modelowanie pomaga także łączyć wiedzę empiryczną z wyjaśnieniem teoretycznym, co stanowi główny warunek rozwoju kompetencji przyrodniczej.

Z perspektywy dydaktycznej istotne jest tworzenie sytuacji edukacyjnych, które umożliwiają uczniom:

- tworzenie własnych modeli, a nie tylko odtwarzanie już istniejących,
- dyskutowanie o ograniczeniach modeli (np. „Czego ten model nie pokazuje?”),
- wykorzystywanie modelu do przewidywania („Co się stanie, jeśli…?”),
- porównywanie różnych modeli tego samego zjawiska (np. obwód elektryczny jako schemat, model rzeczywisty i wyobrażenie mentalne),
- refleksję nad rozwojem własnego myślenia – jak zmieniło się ich wyobrażenie zjawiska po stworzeniu lub modyfikacji modelu.

Tworzenie i wykorzystywanie modeli należy do priorytetowych działań naukowych. Ich znaczenie nie ogranicza się jedynie do wizualizacji złożonych zjawisk, lecz przede wszystkim polega na tym, że modelowanie jest narzędziem myślenia. Umożliwia uczniom reprezentowanie, wyjaśnianie i przewidywanie, a tym samym kształtuje głębsze zrozumienie pojęć i zależności przyrodniczych. Dlatego czynność ta ma pełne uzasadnienie jako element rozwijania zintegrowanych kompetencji pracy naukowej w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych.

2 Procedury i strategie nauk przyrodniczych

Ze względu na złożoną naturę poznania naukowego jest coraz większa potrzeba, aby nie postrzegać poszczególnych kompetencji pracy naukowej jako odizolowanych umiejętności, lecz jako zespołu wzajemnie powiązanych działań, które w toku badania się przeplatają i nawzajem warunkują. Takie podejście jest zgodne ze współczesnymi rozwiązaniami międzynarodowymi, w szczególności z dokumentem *A Framework for K-12 Science Education* (NRC, 2012), który zamiast izolowanych kompetencji wprowadza pojęcie *scientific practices* – czyli strategii i procedur łączących wiedzę, myślenie i aktywne działanie.

To właśnie takie powiązanie umożliwia głębsze zrozumienie procesu badawczego i jego znaczenia dla codziennego życia uczniów. Działalność naukowa nie przebiega bowiem jako liniowa sekwencja (np. najpierw hipoteza, potem eksperyment, na końcu wniosek), lecz jako dynamiczna i iteracyjna interakcja różnych typów działań. Dlatego w NRC (2012) mówi się nie o „krokach”, lecz o procedurach i strategiach – czyli sensownie powiązanych zespołach czynności, które wspólnie umożliwiają formułowanie pytań, projektowanie i prowadzenie badań, interpretację oraz komunikację wyników.

Przejście od indywidualnych umiejętności do powiązanych strategii jest uzasadnione z kilku względów:

- *Logika działań poznawczych:* Kompetencje takie jak formułowanie hipotez, praca ze zmiennymi, interpretacja danych czy wyciąganie wniosków nie zachodzą oddzielnie, lecz wzajemnie się warunkują w trakcie autentycznej działalności badawczej. Na przykład jakość interpretacji zależy od tego, jak została sformułowana hipoteza i jakie zmienne zostały uwzględnione.
- *Efektywność dydaktyczna:* Jeśli kompetencje są rozwijane w oderwaniu od siebie, może to prowadzić do ich formalnego opanowania bez zrozumienia ich roli w procesie poznania naukowego. Z kolei myślenie w kategoriach zespołu działań pozwala na:
    - integrowanie wiedzy, umiejętności i argumentacji,
    - projektowanie bardziej złożonych zadań i aktywności o wyższym poziomie trudności poznawczej,
    - wspieranie syntezy wiedzy, transferu i oceniania jako wyższych form myślenia.
- *Uczenie się mające sens:* Złożone strategie są osadzone w kontekście badanego zjawiska – nie są tylko formalnymi krokami, ale wyrażają funkcjonalny cel działalności badawczej. Prowadzą ucznia do zrozumienia, dlaczego coś robi i jak to się wiąże z poznawaniem świata.
- *Zgodność z podstawą programową i ocenianiem:* Myślenie w kategoriach powiązanych strategii tworzy wspólne ramy dla nauczania, oceniania i planowania edukacji opartej na badaniach naukowych. Jest to szczególnie istotne w kontekście wdrażania nowej podstawy programowej na Słowacji, w której kładzie się nacisk na rozwój kompetencji przyrodniczych i aktywny udział uczniów w procesie poznawczym.

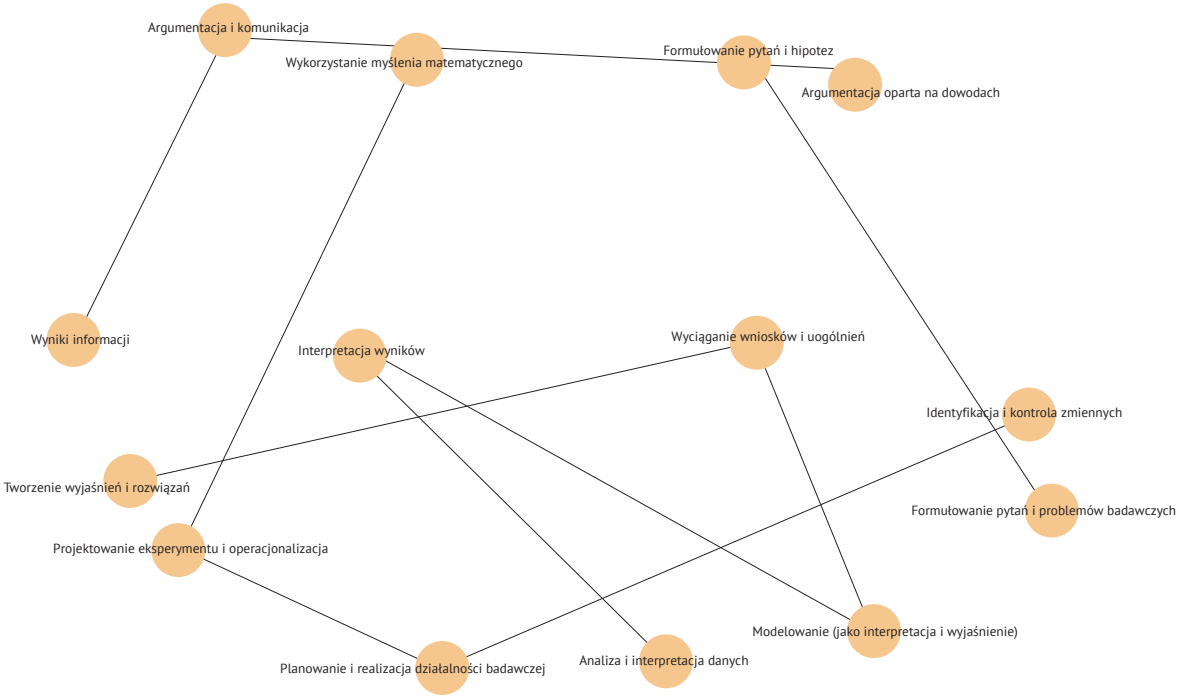
W poniższej tabeli 1 wskazano, jak można powiązać poszczególne kompetencje pracy naukowej w szersze strategie zgodnie z ramą NRC (2012). Jednocześnie podkreślono, że wiele kompetencji występuje równocześnie w trakcie działań badawczych, a ich skuteczne zastosowanie zależy od wzajemnych powiązań.

Tab. 1 *Powiązanie kompetencji pracy naukowej z procedurami i strategiami*

Kompetencja pracy naukowej (SK)	**Procedury i strategie** („praktyki" wg NRC, 2012) – tłumaczenie
Formułowanie pytań i hipotez	Formułowanie (badawczych) pytań i definiowanie problemów
Identyfikacja i kontrola zmiennych	Planowanie i realizacja działań badawczych
Projektowanie eksperymentu i operacjonalizacja	Planowanie i prowadzenie badań, wdrażanie myślenia matematycznego
Interpretacja wyników	Analiza i interpretacja danych, modelowanie jako sposób wyrażenia interpretacji (np. wykres, schemat, symulacja)
Formułowanie wniosków i uogólnień	Tworzenie wyjaśnień i rozwiązań, model jako forma wyjaśnienia zjawisk lub przewidywania
Argumentacja i komunikacja	Argumentacja oparta na dowodach, pozyskiwanie, ocenianie i komunikowanie informacji

Myślenie w kategoriach strategii i procedur przesuwa nauczanie w kierunku modelu badania bardziej naukowego. Jednocześnie stwarza przestrzeń dla złożonego procesu uczenia się, w którym uczniowie nie stosują pojedynczych umiejętności mechanicznie, lecz sensownie je łączą – w celu zrozumienia zjawisk, formułowania i testowania hipotez oraz argumentowania na podstawie dowodów.

Schemat 1 przedstawia powiązanie między kompetencjami pracy naukowej (po lewej stronie) a strategiami („practices") według NRC (po prawej stronie). Strzałki ilustrują, w jaki sposób poszczególne kompetencje naukowe łączą się z bardziej złożonymi strategiami myślenia naukowego.



Rysunek 1: *Powiązanie kompetencji pracy naukowej ze strategiami i procedurami*

2.1 Formułowanie pytań badawczych i definiowanie problemów

Formułowanie pytań badawczych stanowi punkt wyjścia do myślenia naukowego. Jest to pierwszy krok, w którym uczeń wkracza w proces badawczy – nie jako bierny odbiorca wiedzy, lecz jako aktywny uczestnik, który zadaje pytania, dostrzega niejasności i poszukuje odpowiedzi. To właśnie umiejętność formułowania rzeczowych pytań nadaje procesowi poznawczemu ucznia osobiste znaczenie, pozwala przejąć odpowiedzialność za własne uczenie się i postrzegać naukę jako proces rozpoczynający się od ciekawości, wątpliwości i dążenia do zrozumienia świata wokół nas.

Każde badanie naukowe zaczyna się od identyfikacji zjawiska lub sytuacji, która rodzi pytania. Pytanie jest impulsem intelektualnym – coś jest niejasne, czegoś nie rozumiemy, chcemy wiedzieć więcej. Umiejętność zadawania sensownych pytań badawczych wyznacza zatem kierunek badań, określa ich cel i wyznacza ramy dalszych działań poznawczych.

W kontekście naukowym pytanie badawcze ma kilka cech charakterystycznych:

- odnosi się do konkretnego zjawiska, nie jest ogólne ani przypadkowe,
- jest weryfikowalne – można zaprojektować obserwację lub eksperyment, by na nie odpowiedzieć,
- zawiera zmienne lub relacje, które są mierzalne lub możliwe do zaobserwowania,
- motywuje do zbierania dowodów, a nie tylko wyrażania opinii.

Rozwój tej umiejętności obejmuje:

- zdolność do obserwacji zjawisk i identyfikowania w nich niejasności lub potencjalnych możliwości badawczych,
- formułowanie pytań typu: „co jest przyczyną”, „jak”, „co się stanie, jeśli…”,
- przejście od zwykłego zaciekawienia do zdefiniowania problemu jako wyzwania badawczego,
- wybór takich pytań, które są sensowne, realne i możliwe do sprawdzenia na miarę możliwości uczniów.

Pytanie badawcze w rzeczywistości szkolnej nie funkcjonuje w izolacji – łączy się z formułowaniem hipotez, planowaniem procedury badawczej, interpretacją danych oraz ustalaniem wniosków. Stanowi istotny punkt wejścia w proces poznania naukowego i znacząco wpływa na jego jakość.

W ramach nauczania ważne jest rozróżnianie typów pytań pojawiających się w klasie:

- pytania wynikające z ciekawości uczniów – osobiste, otwarte, nie zawsze nadające się do empirycznego zbadania, ale cenne jako wyraz zainteresowania,
- naukowe pytania badawcze – ukierunkowane na mierzalne, obserwowalne zjawiska i relacje między nimi,
- pytania nauczyciela – pedagogicznie ukierunkowane, sterujące procesem poznawczym, często modelujące sposób myślenia naukowego.

Celem nauczyciela jest wspierać zdolność uczniów do:

- identyfikowania w obserwowanych zjawiskach tego, co jest niejasne lub warte zbadania,
- formułowania pytań o potencjale poznawczym, które prowadzą do sprawdzalnych wniosków,
- przekształcania ogólnego zainteresowania w konkretne pytanie badawcze (np. „Od czego zależy...?"),
- rozróżniania pytania od hipotezy – pytanie otwiera proces poznawania, hipoteza to odpowiedź, którą weryfikujemy poprzez badanie.

Rozwijanie umiejętności formułowania pytań badawczych wymaga celowego wsparcia pedagogicznego i tworzenia warunków, w których uczniowie uczą się obserwować, nazywać problemy i formułować własne pytania. Nauczyciel może wspierać ten proces poprzez:

- obserwację rzeczywistych zjawisk i ich wspólne komentowanie („Dlaczego ta roślina rośnie tylko z jednej strony?"),
- wspólną dyskusję i przekształcanie pytań w grupach,
- porównywanie różnych pytań: które z nich są odpowiednie do badań i dlaczego?
- tworzenie przestrzeni na własne pytania uczniów – a nie tylko reprodukowanie pytań z podręczników lub poleceń nauczyciela.

Nauczyciel w tym procesie pełni rolę facylitatora i przewodnika:

- zadaje pytania refleksyjne, które pomagają uczniowi doprecyzować jego intencje („Co dokładnie chcesz ustalić?"),
- wspiera przekształcanie ogólnych lub niejasnych pytań w konkretne, sprawdzalne sformułowania.

Podczas rozwijania tej strategii często widzimy, że:

- pytania uczniów są zbyt szerokie, nieprecyzyjne lub niedookreślone,
- dochodzi do pomyłek między pytaniem, hipotezą a celem badania,
- pytania są nieweryfikowalne lub nie pozwalają zaprojektować sensownego badania (np. „Czy ta substancja jest niebezpieczna?" – bez możliwości przetestowania).

Dlatego cenne jest:

- świadome wyodrębnianie i analizowanie różnych typów pytań,
- wykorzystywanie sytuacji wizualnych i sensorycznie pobudzających (np. filmy, demonstracje) jako impulsów do tworzenia pytań,
- umożliwienie uczniom proponowania, modyfikowania i omawiania własnych pytań,
- potraktowanie formułowania pytania badawczego jako pierwszego kroku w zadaniu badawczym, a nie jako formalnego dodatku.

2.2 Planowanie i realizacja działalności badawczej

Planowanie i realizacja działalności badawczej stanowią sedno poznania naukowego. W kontekście edukacji przyrodniczej mają centralne znaczenie dla rozwoju systematycznego myślenia, umiejętności praktycznych, a także zdolności do działania w sposób odpowiedzialny, przewidujący i ukierunkowany. Dzięki tej strategii uczniowie rozumieją, że poznanie naukowe nie jest wynikiem przypadku ani intuicyjnych prób, lecz efektem przemyślanego proce-

su, w którym każde działanie opiera się na celach badania. Właśnie dlatego planowanie i realizacja badań odgrywają istotną rolę w kształtowaniu kompetencji przyrodniczych.

Każde badanie naukowe zaczyna się od idei – pytania badawczego lub hipotezy – która musi zostać przekształcona w konkretny sposób zdobywania dowodów. Planowanie - to moment, w którym uczeń zastanawia się nad tym, co, jak i w jakich warunkach będzie badał oraz jakie narzędzia lub procedury wybierze. Zaprojektowanie sensownego eksperymentu lub obserwacji oznacza umiejętność wyboru odpowiednich materiałów, określenia sposobu pomiaru, identyfikacji i kontroli zmiennych, a także przewidywania możliwych ryzyk i błędów.

Działalność naukowa nie przebiega jednak liniowo: planowanie i realizacja przenikają się, wzajemnie na siebie wpływają i dostosowują się do okoliczności. W edukacji opartej na badaniach ważne jest, aby uczniowie rozumieli, że przebieg badania może się zmieniać w zależności od uzyskanych wyników, dostępności zasobów czy nieoczekiwanego rozwoju sytuacji. Umiejętność elastycznego reagowania, refleksji i modyfikowania planu jest więc równie ważna jak samo jego przygotowanie.

Z perspektywy dydaktycznej należy położyć nacisk na rozwijanie umiejętności planowania badań nie jako rutynowej czynności, lecz jako newralgicznego momentu w procesie poznawczym. Uczniowie powinni zrozumieć, dlaczego planowanie poprzedza realizację, jakie pytania należy sobie na tym etapie zadać oraz w jaki sposób zaprojektowany przebieg badania wiąże się z jego celem. Ważne jest, aby nauczyli się:

- formułować cel badawczy i przekładać go na konkretne działania,
- uwzględniać aspekty czasowe, materiałowe i dotyczące bezpieczeństwa,
- wybierać odpowiednie pomoce i metody badawcze,
- przewidywać, co może się nie udać i jak na to reagować.

Realizacja badań jest kontynuacją ich projektowania. Obejmuje staranne przestrzeganie procedur, systematyczne zbieranie danych, precyzyjne posługiwanie się pomocami naukowymi oraz uważną obserwację badanego zjawiska. W wielu przypadkach przyjmuje formę pracy zespołowej, w której uczniowie dzielą się zadaniami, koordynują działania i wspólnie analizują przebieg pracy. Dzięki temu uczą się nie tylko działania, ale również współpracy i rozmowy o tym, co robią.

Nauczyciel pełni w tym procesie rolę facylitatora. Zamiast ukazywać gotowe procedury, tworzy przestrzeń, w której uczniowie myślą, proponują rozwiązania, dyskutują i uzasadniają swoje wybory. Wspiera ich w poszukiwaniu różnych podejść, porównywaniu ich zalet i wad oraz w refleksji nad własnymi decyzjami. Kluczowe jest również zadawanie pytań, które prowadzą uczniów do głębszego zrozumienia: *Co dokładnie chcesz ustalić? Jak będziesz mierzyć? Co musi pozostać niezmienne?*

Aby ta strategia mogła się rozwijać, konieczne jest stworzenie warunków umożliwiających rzeczywiste myślenie i planowanie – a nie tylko formalne wykonanie zadania. Obejmuje to m.in.:

- pracę z prostymi zjawiskami, w których warunki są zrozumiałe,
- korzystanie z szablonów planowania i narzędzi wizualnych,
- przestrzeń na popełnianie błędów i uzyskiwanie informacji zwrotnej (np. *„Co następnym razem zrobilibyśmy inaczej?”),*
- współpracę między grupami, porównywanie propozycji i ich uzasadnianie.

W praktyce pedagogicznej często napotykamy trudności, które spowalniają lub hamują rozwój tej strategii. Uczniowie często kopiują znane doświadczenia, nie rozumiejąc ich celu, planują w sposób niejasny, nie określają zmiennych lub wybierają procedury, które są nierealne do wykonania. Czasami brakuje czasu na planowanie, innym razem aktywności są zbyt mocno sterowane, co ogranicza samodzielność decyzyjną uczniów.

Dlatego zaleca się rozpoczynanie w prostszych warunkach i skupienie się na wyjaśnianiu, dlaczego coś planujemy i jak to robić. Ważne jest, aby wzbudzać u uczniów wiarę w ich własne decyzje, a jednocześnie budować kulturę, w której błąd jest naturalną częścią uczenia się.

Planowanie i realizacja badań nie powinny być postrzegane jedynie jako techniczne kroki. To fundamentalne umiejętności, które pozwalają przekształcić hipotezę w dowód, zamiar w wiedzę, a doświadczenie w wartościowe przeżycie. Ich rozwój stanowi integralną część nauczania opartego na badaniach i w znaczącym stopniu przyczynia się do kształtowania kompetencji przyrodniczych.

2.3 Myślenie matematyczne w poznaniu naukowym

Myślenie matematyczne stanowi nieodłączną część poznania naukowego. Wiele zjawisk przyrodniczych nie da się opisać jedynie jakościowo – ich dokładne, porównywalne i przewidywalne badanie wymaga ilościowego ujęcia, pracy z danymi oraz umiejętności identyfikowania zależności między wielkościami. Matematyka nie pełni więc w nauce jedynie funkcji pomocniczej czy narzędziowej, lecz służy jako punkt wyjścia systematycznego rozumienia świata.

W działalności naukowej matematyka wykorzystywana jest do różnych celów – od pomiaru i ilościowego opisu zjawisk, przez porządkowanie i porównywanie danych, aż po tworzenie modeli i przewidywanie przyszłych wyników. Myślenie matematyczne w nauce nie oznacza jednak tylko wykonywania obliczeń – chodzi przede wszystkim o zdolność do ilościowego rozumowania, wykorzystywania liczb jako narzędzia poznania i łączenia ich z obserwowanymi zjawiskami. Ta umiejętność pozwala identyfikować trendy, uchwycić zależności między zmiennymi i wyciągać z nich wnioski oparte na dowodach.

Uczeń nabywa w ten sposób nie tylko umiejętności technicznych, takich jak odczytywanie wykresów czy obliczanie średnich, ale również zdolności do rozumienia, co konkretna wartość liczbowa wyraża, jak powstała i w jaki sposób odnosi się do badanego zjawiska. Uczy się łączyć pomiar, analizę i interpretację danych w jedną spójną całość.

Rozwijanie myślenia matematycznego w edukacji przyrodniczej prowadzi do tego, aby uczniowie postrzegali dane ilościowe jako część procesu poznawczego, a nie jako odrębną aktywność. Oznacza to, że uczniowie powinni:

- rozumieć dane ilościowe w kontekście badanego zjawiska,
- potrafić zapisać je w tabeli lub na wykresie i wyciągać z nich wnioski,
- wyrażać i porównywać wartości wynikające z pomiarów i obserwacji,
- interpretować liczby jako dowody, a nie jedynie wyniki obliczeń.

Ważne jest również, aby uczniowie potrafili stosować podstawowe operacje matematyczne jako narzędzie do wyrażania zmian (np. wzrost, spadek, stosunek), a jednocześnie rozumieli znaczenie jednostek, szacowania, miar i zaokrąglania w praktycznych pomiarach. Myślenie matematyczne staje się w ten sposób mostem między eksperymentem a jego interpretacją.

Nauczyciel powinien integrować działania matematyczne bezpośrednio z badaniami przyrodniczymi – nie jako dodatek do nich, lecz jako część planowania, realizacji i interpretacji. W tym kontekście odgrywa on ważną rolę w zachęcaniu uczniów do zadawania pytań takich jak: *„Jak to zmierzyłeś?”, „Co mówią ci liczby?”, „Jak się to zmieniło?”* Tego typu pytania pomagają uczniom postrzegać liczby jako sensowne i powiązane z rzeczywistością.

Z perspektywy dydaktycznej dobrze sprawdza się praca z rzeczywistymi danymi z eksperymentów, wspólne tworzenie wykresów lub tabel na tablicy, a także wspólna refleksja nad znaczeniem liczb i trendów. Wykresy nie powinny być jedynie zadaniem wizualnym, lecz okazją do interpretacji: *„Co oznacza ten przebieg?”, „Jak to się ma do hipotezy?”*

W praktyce często zdarza się, że uczniowie postrzegają zadania matematyczne jako oddzielne ćwiczenia, niezwiązane z badaniem naukowym. Koncentrują się na samej technice obliczeniowej, ale nie rozumieją, co oznaczają uzyskane liczby. Czasem brakuje im wyobrażenia, co oznacza pojęcie „zmiana”, „stosunek” czy „trend”.

Dlatego istotne jest:

- kładzenie nacisku na interpretację wyników, a nie tylko ich obliczanie,
- rozwijanie umiejętności szacowania i porównywania, które są istotne dla myślenia naukowego,

- łączenie pomiaru, obliczeń i wniosków w jeden spójny proces,
- wykorzystywanie narzędzi takich jak kalkulatory, symulacje cyfrowe czy arkusze kalkulacyjne jako naturalnej części nauczania.

Myślenie matematyczne jest środkiem, który łączy pomiar ze zrozumieniem. Pomaga uczniom traktować dane jako dowody i wzmacnia ich umiejętność poruszania się w świecie informacji wyrażonych liczbowo – nie tylko w zadaniach szkolnych, ale również w codziennym życiu. Jego rozwój stanowi więc istotny wkład w kształtowanie kompetencji przyrodniczych.

2.4 Analiza i interpretacja danych

Analiza i interpretacja danych należą do kluczowych umiejętności myślenia naukowego. Ich znaczenie wykracza poza ramy edukacji przyrodniczej – stanowią one fundament kompetencji obywatelskich i zdolności do „czytania" świata za pomocą dowodów. Podczas gdy analiza koncentruje się na porządkowaniu i opracowywaniu danych, interpretacja prowadzi do ich sensownego zrozumienia. Te dwie czynności razem tworzą most między obserwacją a poznaniem.

W każdym procesie badawczym po zebraniu danych następuje ich analiza – porządkowanie, segregacja, obliczenia (np. średnie, zmiany procentowe), tworzenie wykresów lub tabel. Celem tych działań nie jest jedynie techniczne opracowanie liczb, ale przygotowanie ich do interpretacji – czyli udzielenia odpowiedzi na pytanie, co dane pokazują i co z nich wynika.

Interpretacja danych - to coś więcej niż tylko odtworzenie wyników. Oznacza refleksję nad tym, jaki jest związek między uzyskanymi danymi a pytaniem badawczym, czy dane potwierdzają, czy obalają hipotezę, jakie prawidłowości lub wyjątki się pojawiły oraz jakie dodatkowe wyjaśnienia lub pytania mogą z obserwacji wynikać. Jest to etap, w którym dane stają się dowodami i nabierają znaczenia w szerszym kontekście.

Elementem tego procesu jest także uwzględnienie jakości i wiarygodności danych. Uczniowie uczą się rozpoznawać, kiedy dane są przekonujące, gdzie mogą wystąpić błędy lub odchylenia, oraz jaki wpływ na ich interpretację może mieć sposób pomiaru lub warunki zbierania danych.

Rozwijanie umiejętności analizy i interpretacji danych prowadzi uczniów do postrzegania obserwacji czy bezpośredniego pomiaru jako środka do weryfikowania hipotez, a nie tylko jako technicznej umiejętności. Jednocześnie uczą się oni łączyć myślenie ilościowe z postrzeganiem zmysłowym – na przykład rozumieć, że „wartość na termometrze wzrosła" oznacza także „temperatura się podniosła" lub „w układzie uwalnia się energia w postaci ciepła" – oraz reflektować nad jakością uzyskanych danych.

Uczeń powinien być zdolny do:

- samodzielnego uporządkowania danych w odpowiednim formacie,
- dobrania właściwego sposobu ich opracowania (np. wykres, obliczenie średniej),
- porównania przebiegów lub różnic między grupami,
- udzielenia odpowiedzi na pytania typu: *„Co te dane oznaczają?", „Co z nich wynika?", „Jak mają się do hipotezy?"*.

Aby te umiejętności mogły się u uczniów rozwijać, konieczne jest stworzenie im okazji do pracy z rzeczywistymi danymi – najlepiej takimi, które sami zdobyli w trakcie badań. Wykresy, tabele czy szkice nie powinny być jedynie dodatkiem do aktywności, lecz narzędziami, które umożliwiają uczniom myślenie o danych. Istotną rolę odgrywa również dyskusja w grupie, podczas której uczniowie mogą porównywać różne interpretacje, argumentować i analizować różnice między nimi.

Rolą nauczyciela jest pomaganie uczniom w skupieniu się na znaczeniu danych – nie tylko na ich kształcie, kolejności czy „poprawności". Ważne jest zadawanie pytań, które pobudzają myślenie: *„Które dane to potwierdzają?",*

„Czy widzisz jakieś wyjątki?”, „Co mogło wpłynąć na ten wynik?”. Takie pytania skłaniają uczniów do postrzegania danych jako dowodów, a nie abstrakcyjnych liczb.

W praktyce często spotyka się sytuacje, w których:

- uczniowie tworzą wykresy konwencjonalnie, bez zrozumienia ich związku z pytaniem badawczym,
- dane są jedynie odczytywane lub opisywane, ale nie prowadzi się na ich podstawie wnioskowania,
- ignorowane są błędy lub nieścisłości, a uwaga koncentruje się tylko na „oczekiwanych” wynikach.

Problemy te można przezwyciężyć przede wszystkim poprzez włączenie analizy i interpretacji danych w proces badawczy jako naturalnego i niezbędnego etapu, a nie tylko końcowego dodatku. Nauczyciel powinien podkreślać związek między danymi a pytaniem badawczym, tworzyć przestrzeń do dyskusji i doceniać umiejętność samodzielnego interpretowania także niepewnych lub niejednoznacznych danych.

Analiza i interpretacja danych są nieodłączną częścią poznania naukowego. Dzięki nim uczniowie dowiadują się, że wiedza nie powstaje sama z siebie, lecz jako efekt refleksji nad dowodami. Rozwijanie tej strategii prowadzi do głębszego zrozumienia, wspiera myślenie krytyczne i buduje umiejętność pracy z informacjami w sposób, który ma znaczenie nie tylko w edukacji przyrodniczej, lecz także w codziennym życiu i w kontekście społecznym.

2.5 Modelowanie jako sposób interpretacji, wyjaśniania i przewidywania zjawisk

Modelowanie stanowi jedną z najważniejszych strategii myślenia naukowego. Umożliwia tworzenie reprezentacji zjawisk, które są zbyt złożone, abstrakcyjne, dynamiczne lub niewidoczne, by mogły być bezpośrednio badane. W edukacji przyrodniczej modelowanie ma niezastąpione miejsce – nie tylko jako środek wizualizacji, ale jako narzędzie, za pomocą którego uczniowie formułują, weryfikują i rozwijają swoje rozumienie.

Modelowanie jako strategia - to coś więcej niż tylko przedstawianie. To proces myślowy. Kiedy uczeń tworzy model, łączy dostępne informacje w system, który ma wyjaśniać obserwowane zjawiska i umożliwiać ich dalsze badanie. Tworzenie modelu obejmuje:

- formułowanie założeń dotyczących tego, jak dane zjawisko działa,
- wybór istotnych elementów i relacji między nimi,
- tworzenie schematów, rysunków, symulacji lub fizycznych konstrukcji,
- wykorzystywanie modelu do interpretacji, wyjaśniania i przewidywania.

Model powstaje zatem jako synteza obserwacji i hipotez, stanowiąc ramę zarówno dla zrozumienia, jak i dalszego badania danego zjawiska.

Model jako narzędzie interpretacji

W trakcie badania zjawisk uczniowie gromadzą dane, które wymagają sensownego uporządkowania i wyjaśnienia. Model dostarcza ram, w których te informacje mogą zostać ujęte w logiczną strukturę. Umożliwia wizualne lub schematyczne przedstawienie interpretacji wyników, identyfikację newralgicznych elementów systemu oraz zależności między nimi.

Na przykład po zaobserwowaniu przepływu wody w roślinie uczeń może stworzyć model transportu wody – od korzeni, przez łodygę, aż po liście. Albo na podstawie badania procesu fotosyntezy może przedstawić wymianę substancji między rośliną a środowiskiem. Taki model nie jest jedynie ilustracją, lecz efektem zrozumienia mechanizmu przez ucznia, które można dalej weryfikować, modyfikować i omawiać.

Modelowanie jako narzędzie predykcyjne

Jedną z najważniejszych funkcji modelu jest jego potencjał przewidywania. Jeśli uczeń rozumie, jak działa model, potrafi na jego podstawie przewidzieć, co się stanie po zmianie któregoś z jego elementów. Tego rodzaju

rozumowanie wzmacnia myślenie przyczynowo-skutkowe i prowadzi do postrzegania systemów jako powiązanych całości.

Przykłady z praktyki szkolnej mogą obejmować:

- przewidywanie skutków wylesiania na podstawie modelu obiegu wody,
- oszacowanie zmiany stężenia tlenu podczas spalania, na podstawie modelu składu powietrza.

Model pełni tu rolę nie tylko narzędzia opisowego, ale także środka do testowania hipotez bez konieczności fizycznej manipulacji.

Modelowanie przyczynia się do rozwoju:

- myślenia syntetycznego, ponieważ uczniowie łączą wiedzę z różnych dziedzin w jedną całość,
- wizualizacji pojęć abstrakcyjnych, które nie są bezpośrednio obserwowalne (np. obwód elektryczny, cząsteczki, siły),
- zdolności metapoznawczych, czyli umiejętności refleksji nad własnym rozumieniem i sposobami jego wyrażania,
- argumentacji i komunikacji, ponieważ model jest narzędziem dyskusji – można go zaprezentować, wyjaśnić, uzasadnić i zmodyfikować.

Modele nie są statyczne – powinny zmieniać się w trakcie nauczania. Są one modyfikowane na podstawie nowych dowodów, doświadczeń lub dyskusji. W ten sposób wspierana jest koncepcja wiedzy jako procesu, który się rozwija i uściśla.

Zadaniem nauczyciela jest:

- wspierać tworzenie własnych modeli przez uczniów, a nie tylko odtwarzanie już istniejących,
- zaczynać od prostych reprezentacji i stopniowo je pogłębiać,
- wskazywać ograniczenia modeli i dyskutować, co model przedstawia, a czego nie,
- zadawać pytania typu: *„Jak byś to przedstawił?”, „Co ten model mówi o tym, co się wydarzyło?”,*
- porównywać różne modele tego samego zjawiska i omawiać ich zalety i wady.

Modelowanie - to dynamiczna i twórcza strategia, która pomaga uczniom budować struktury mentalne służące zrozumieniu złożonego świata. Jest nieodłączną częścią edukacji przyrodniczej opartej na badaniach i przyczynia się w istotny sposób do rozwoju kompetencji przyrodniczych.

2.6 Formułowanie wyjaśnień i rozwiązań

Tworzenie naukowych wyjaśnień i propozycji rozwiązań stanowi szczytowe osiągnięcie myślenia naukowego, w którym uczniowie łączą dowody, wiedzę i doświadczenia, aby formułować logiczne wnioski. Działanie to ma fundamentalne znaczenie dla rozwoju uczniów, ponieważ prowadzi ich do zrozumienia własnego procesu uczenia się oraz do wykorzystywania wiedzy w celu wyjaśniania i rozwiązywania rzeczywistych problemów.

Naukowe wyjaśnienie - to coś więcej niż tylko opis, to twierdzenie poparte dowodami, które wyjaśnia mechanizmy, zależności i przyczyny obserwowanych zjawisk. Powstaje ono na podstawie analizy i interpretacji danych, a także wykorzystuje pojęcia naukowe, teorie i modele. W dydaktyce wspieramy przez tę strategię uczniów w łączeniu działań badawczych, zdobytej wiedzy oraz logicznej argumentacji.

Uczeń podczas formułowania wyjaśnień:

- opiera się na obserwacjach lub eksperymentach,
- łączy nowe odkrycia z wcześniejszą wiedzą,
- wykorzystuje dowody do budowania logicznych twierdzeń.

Poza wyjaśnianiem zjawisk, uczniowie osiągają w edukacji przyrodniczej umiejętność **proponowania rozwiązań rzeczywistych problemów.** Propozycje te mogą mieć charakter techniczny, dotyczyć środowiska, zdrowia lub innych obszarów życia. Uczeń identyfikuje problem, zbiera istotne informacje, proponuje rozwiązanie i ocenia jego wykonalność oraz skuteczność.

Przy projektowaniu rozwiązań uczeń:

- definiuje problem i cele,
- wykorzystuje wiedzę naukową przy opracowywaniu konkretnych działań,
- uwzględnia praktyczne ograniczenia i skuteczność proponowanego podejścia.

Celem tej strategii jest rozwijanie u uczniów umiejętności formułowania i uzasadniania wyjaśnień opartych na dowodach. Efektem jest przestrzeń do dyskusji, konfrontacji poglądów oraz wizualizacji zależności.

Nauczyciel może wspierać tę strategię poprzez:

- zadawanie pytań typu: *„Dlaczego tak uważasz?" lub „Jak byś to wyjaśnił?",*
- zachęcanie do opierania się na dowodach i wynikach eksperymentów,
- inicjowanie dyskusji i porównywania alternatywnych wyjaśnień,
- wykorzystywanie wizualizacji – modeli, schematów lub wykresów – w celu wspierania rozumowania.

W praktyce uczniowie często mają trudności z odróżnieniem wyjaśnienia od prostego opisu. Mogą powtarzać wyuczone twierdzenia bez powiązania z dowodami albo nie potrafią zastosować zdobytej wiedzy w nowych sytuacjach.

Aby przezwyciężyć te trudności, zaleca się:

- skłanianie uczniów do starannego uzasadniania swoich twierdzeń,
- wspieranie tworzenia własnych interpretacji na podstawie danych,
- pracę z różnymi formami argumentacji (ustna, pisemna, wizualna),
- wykorzystywanie rzeczywistych problemów jako punktu wyjścia do tworzenia rozwiązań.

2.7 Argumentacja oparta na dowodach

Argumentacja oparta na dowodach stanowi centralny element myślenia naukowego, a jednocześnie skuteczne narzędzie rozwoju krytycznego i konstruktywnego rozumowania. Wiedza naukowa nie opiera się wyłącznie na obserwacji, lecz przede wszystkim na umiejętności uzasadniania i obrony twierdzeń w oparciu o dowody. Dzięki tej umiejętności dzieci i młodzież uczą się precyzyjnie i rzeczowo formułować własne myśli, opierać się na danych, rozważać rzeczy w szerszym kontekście oraz być otwartym na dyskusję. W edukacji przyrodniczej argumentacja nie powinna być tylko etapem końcowym, lecz winna towarzyszyć uczniom przez cały proces badawczy – od formułowania pytań aż po wyciąganie wniosków.

W myśleniu naukowym argumentacja jest sposobem na powiązanie twierdzeń z dowodami i pokazanie, dlaczego są one uzasadnione. Wykorzystywany jest model CER (Claim – Evidence – Reasoning), w którym dzieli się argument na trzy części: twierdzenie, dowód i uzasadnienie. Taki schemat pozwala uczniom nie tylko wypowiedzieć, co myślą, ale również uzasadnić swoje twierdzenia na podstawie działań badawczych, zgromadzonych danych i wcześniejszej wiedzy. Argumentacja staje się w ten sposób sposobem konstruowania wiedzy i aktywnego uczestnictwa w dyskusji.

Celem tej strategii jest wpojenie uczniom, aby swoje twierdzenia opierali nie na opiniach, lecz na sprawdzonych danych. W praktyce oznacza to, że uczeń potrafi sformułować twierdzenie (np. „Pojemnik zdeformował się wskutek różnicy ciśnień"), podać dowód (np. „Objętość gazu zmniejszyła się po ochłodzeniu") i dodać uzasadnienie (np. „Ciśnienie gazu spadło, ponieważ…"). Tak skonstruowany argument rozwija nie tylko myślenie naukowe, ale także umiejętność dyskutowania, porównywania i oceny różnych interpretacji.

Nauczyciel odgrywa istotną rolę w rozwijaniu umiejętności argumentowania, tworząc warunki do bezpiecznej dyskusji i wspierając uczniów w uzasadnianiu swoich wypowiedzi. Ważne jest zadawanie pytań typu: „Na jakiej podstawie tak sądzisz?", „Jakie dane to potwierdzają?" lub „Czy istnieje inne możliwe wyjaśnienie?". Takie pytania skłaniają uczniów do głębszego myślenia i łączenia obserwacji, wiedzy i twierdzeń. Pomocne może być również wykorzystanie ramy „twierdzę – popieram – wyjaśniam", którą można wizualnie przedstawić na tablicy i regularnie stosować podczas dyskusji i prezentacji wyników.

W praktyce pedagogicznej często spotyka się sytuacje, w których uczniowie wyrażają opinie bez poparcia dowodami lub mylą wnioski z dowodami. Czasami pomijają uzasadnienie, posługując się ogólnikami typu „bo się tego uczyliśmy". Dyskusja bywa powierzchowna albo zdominowana przez nauczyciela, bez aktywnego udziału uczniów.

Aby przezwyciężyć te trudności, zaleca się:

- rozwijanie argumentacji także przy prostych zadaniach, nie tylko w eksperymentach,
- wizualne wspieranie modelu CER (np. za pomocą schematu na tablicy lub w kartach pracy),
- tworzenie sytuacji, w których możliwe i porównywalne są różne interpretacje,
- wspieranie wspólnego formułowania wyjaśnień i wzajemnej informacji zwrotnej między uczniami.

2.8 Pozyskiwanie, ocenianie i komunikowanie informacji

Umiejętność pozyskiwania, oceniania i komunikowania informacji jest nieodłączną częścią poznania naukowego, a jednocześnie podstawową kompetencją niezbędną do życia w społeczeństwie informacyjnym. W edukacji przyrodniczej oznacza uczenie się ze zrozumieniem, refleksję nad wiarygodnością źródeł oraz umiejętne i zrozumiałe przedstawianie tego, co się odkryło – zarówno na podstawie własnych badań, jak i informacji pochodzących z innych źródeł. Ta umiejętność łączy działalność naukową z czytaniem, myśleniem i wyrażaniem się – i jako taka powinna być świadomie rozwijana na wszystkich etapach edukacji przyrodniczej.

W dzisiejszych czasach, również w nauce, poznanie nie opiera się wyłącznie na własnych badaniach. Naukowcy regularnie studiują teksty specjalistyczne, analizują dane z wcześniejszych badań i porównują różne doniesienia. Dlatego właśnie pozyskiwanie, ocenianie i komunikowanie informacji - to kluczowe umiejętności, które naukowcy wykorzystują przy formułowaniu wniosków, publikowaniu wyników i współpracy w ramach społeczności badaczy. Dotyczą one także pracy z informacjami uzyskanymi we własnym badaniu – dlatego uczniowie powinni nauczyć się nie tylko pozyskiwać dane z zewnętrznych źródeł, lecz również interpretować i przekazywać wyniki własnej pracy.

Pozyskiwanie informacji obejmuje pracę z różnymi typami źródeł: tekstami naukowymi, schematami, wykresami, multimediami czy materiałami wizualnymi. Ocenianie wymaga analizy wiarygodności, kompletności i trafności tych informacji, a także zrozumienia aspektów metodologicznych własnego badania. Komunikowanie informacji - to natomiast sposób, w jaki nowe ustalenia są przekazywane – ustnie, pisemnie lub za pomocą wykresów, tabel i prezentacji.

W środowisku szkolnym ta umiejętność przejawia się w różnych formach:

- podczas czytania i interpretowania tekstów naukowych lub popularnonaukowych (np. podręczników, infografik, artykułów),
- podczas oceniania jakości i wiarygodności informacji – na przykład w Internecie lub w mediach,
- podczas porównywania różnych interpretacji tego samego zjawiska,
- podczas opracowywania własnych ustaleń w formie zrozumiałych wypowiedzi – tekstu, objaśnienia, schematu lub prezentacji.

Zaleca się, aby uczniowie:

- potrafili formułować pytania i poszukiwać odpowiedzi w odpowiednich źródłach,
- rozumieli kluczowe pojęcia, związki i wizualizacje zawarte w tekście,

- umieli odróżnić fakty od opinii oraz identyfikować powagę lub ograniczenia danego źródła,
- tworzyli własne wypowiedzi komunikacyjne, które są precyzyjne, rzeczowe i dostosowane do odbiorcy.

Nauczyciel powinien wspierać rozwój tej kompetencji poprzez:

- zadawanie zadań wymagających pracy z różnorodnymi autentycznymi źródłami,
- wspieranie metapoznania podczas lektury tekstów (np. pytaniami: *„Co właśnie zrozumiałem?”, „Co jest dla mnie niejasne?”),*
- tworzenie okazji, w których uczniowie porównują różne źródła lub interpretacje tego samego zjawiska,
- zachęcanie uczniów do przekształcania informacji – na przykład z tekstu do schematu, z wykresu do objaśnienia, z danych do wniosków,
- modelowanie rzeczowej komunikacji – ustnej i pisemnej – zarówno w trakcie badania, jak i w późniejszej dyskusji.

Warto również pracować z danymi pochodzącymi z własnych obserwacji i eksperymentów – uczniowie powinni nie tylko zdobywać dane, ale również je zapisywać, porządkować, oceniać i przedstawiać wnioski w sposób zrozumiały dla innych.

W praktyce pedagogicznej pojawiają się następujące trudności:

- bezkrytyczne przyjmowanie informacji („skoro jest napisane, to musi być prawda”),
- trudności z podsumowaniem głównej myśli lub zrozumieniem przekazu wizualnego,
- kopiowanie informacji bez zrozumienia („efekt copy-paste”),
- skupienie na formie zamiast na treści przekazywanych informacji.

Zalecenia dotyczące rozwijania tej kompetencji obejmują:

- korzystanie z zadań opartych na autentycznych lub przystosowanych źródłach (np. encyklopedie dziecięce, strony internetowe, nagrania wideo),
- działania, w których uczniowie pracują z tą samą informacją przedstawioną w różnych formach i je porównują,
- wspieranie przekształcania tekstu w inną formę – rysunku, mapy pojęć, objaśnienia dla kolegi z klasy,
- podkreślanie jasności i precyzji wypowiedzi – zarówno pod względem treści, jak i sposobu jej przedstawienia.

Pozyskiwanie, ocenianie i komunikowanie informacji uczy świadomego podejścia do wiedzy, oceny jej wiarygodności oraz aktywnego jej przekazywania. To kompetencja, która przygotowuje uczniów nie tylko do samodzielnej pracy badawczej, ale także do odpowiedzialnego uczestnictwa w demokratycznym i wymagającym informacyjnie społeczeństwie.

Bibliografia:

Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. InterAcademy Partnership. https://www.interacademies.org/sites/default/files/publication/principles-and-big-ideas-of-science-education.pdf

Held, Ľ a kol. (2011). Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania. IBSE v slovenskom kontexte. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity. ISBN 978-80-8082-486-0.

Kuhn, D., Dean, D., Jr. (2005). Is Developing Scientific Thinking All About Learning to Control Variables? *Psychological Science, 16*(11), 866–870. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x

National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

Orolínová, D., Kotuľáková, K. (2014). *Rozvoj spôsobilostí vedeckej práce v podmienkach kontinuálneho vzdelávania učiteľov*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity. ISBN 978-80-8082-828-8

Padilla, M. J. (1990), Science Process Skills. National Association of Research in Science Teaching Publication: Research Matters - to the Science Teacher (9004). http://www.narst.org/publications/research/skill.cfm.

Štátny vzdelávací program (2023). https://www.minedu.sk/data/files/11815_clovek-a-priroda.pdf

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review, 27*(2), 172–223. https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001

ROZWÓJ WYOBRAŻEŃ UCZNIÓW NA TEMAT NAUKI I BADAŃ

ExpEdícia kładzie nacisk na stopniowy rozwój wyobrażeń uczniów na temat nauki, wpływając tym samym na zwiększanie ich kompetencji do zajmowania się nauką w przyszłości

CELE ROZDZIAŁU WYRAŻONE PYTANIACH:

- Czym jest nauka? Jakie są jej cechy charakterystyczne?
- Jakie znaczenie ma rozwój wyobrażeń na temat nauki?
- Jakie kompleksowe wyobrażenia na temat nauki można zacząć rozwijać u uczniów szkół podstawowych?

Wstęp

Celem podstawowej edukacji przyrodniczej jest rozwój kompetencji przyrodniczych. Sama idea ich rozwijania podlega nieustannej ewolucji i dostosowuje się do aktualnych ustaleń dydaktycznych. Zmieniają się również wymagania wobec osoby kompetentnej naukowo w kontekście dynamicznie zmieniającego się społeczeństwa. W ostatnim czasie, w obszarze rozwoju kompetencji przyrodniczych, kładzie się szczególny nacisk na wspieranie ich rozwoju nie tylko poprzez ewolucję umiejętności pracy naukowej, ale także przez celowe kształtowanie wyobrażeń o tym, czym jest nauka i badanie naukowe. Celem tego rozdziału jest wyjaśnienie, na czym polega dążenie do rozwijania u uczniów wyobrażeń o naturze nauki i jak wiąże się to z kształtowaniem kompetencji przyrodniczych.

W nauce charakterystyczny jest rodzaj myślenia, w którym dąży się przede wszystkim do pozyskiwania nowej wiedzy w sposób maksymalnie wiarygodny. Ta złożona kompetencja nie stanowi jeszcze celu żadnego z obszarów edukacyjnych. Jest to jednak istotna umiejętność, stanowiąca niezbędny warunek właściwego prowadzenia jakichkolwiek badań. W praktyce jest często tak, że uczeń – a później student – nie styka się podczas swej edukacji z systematycznym rozwijaniem kompetencji naukowych, a nagle oczekuje się od niego ich posiadania, czy to na wyższych etapach kształcenia, czy też w pracy zawodowej. Brakowi dążenia do rozwijania u uczniów zdolności prowadzenia badań w sposób odpowiednio złożony próbuje się zaradzić poprzez rozszerzenie aspektu podstawowego kompetencji przyrodniczej o rozwój wyobrażeń na temat samej nauki i badań naukowych (Ideas of and about Science, Nature of Science and Science Processes).

Znaczenie rozwiązania tego problemu widać w badaniach analizujących spadek poziomu kompetencji przyrodniczych w Europie. Najnowsze badania nie potwierdzają, że przyczyną tego spadku jest brak zainteresowania uczniów przedmiotami przyrodniczymi w szkołach podstawowych. Wręcz przeciwnie – wyniki wskazują raczej na brak zgodności między sposobem, w jaki nauka jest realizowana, a tym, na czym koncentruje się edukacja przyrodnicza. U uczniów zauważa się brak wiary w siebie i poczucia kompetencji do zajmowania się nauką (DeWitt, Archer, Mau, 2016; Archer, 2018), co jest ściśle powiązane z tym, że podczas edukacji przyrodniczej nie mają oni styczności z metodami naukowymi, nie doświadczają sytuacji typowych dla nauki, nie są wystarczająco zachęcani do samodzielnego tworzenia i konstruowania wiedzy na podstawie obserwacji, pomiarów czy szerzej zakrojonych badań. Pośrednio prowadzi to do przekonania, że nauka jest czymś zbyt skomplikowanym, nieosiągalnym, odpowiednim jedynie dla wąskiej grupy wyjątkowo uzdolnionych osób.

Mimo że myślenie naukowe znajduje zastosowanie nie tylko w przyrodniczym poznawaniu świata, to zwykle właśnie z tym obszarem jest ono kojarzone. Prawdopodobnie dlatego powstała tendencja, aby cele edukacyjne związane

z rozwojem myślenia naukowego włączyć właśnie do obszaru kompetencji przyrodniczych. Jest jednak oczywiste, że rozwijanie myślenia naukowego w ramach edukacji przyrodniczej wspiera u uczniów bardziej ogólne kompetencje naukowe, prowadząc do racjonalnego rozumowania, argumentacji, formułowania uzasadnionych wniosków, rozwiązywania problemów bez emocji, w sposób rzeczowy i racjonalny.

Aby lepiej zrozumieć, co można rozwijać na niższych poziomach kształcenia w ramach wyobrażeń o naturze nauki, warto najpierw zastanowić się, czym właściwie jest nauka i co ją charakteryzuje. To właśnie z naturalnych, aktualnie identyfikowanych cech nauki można wyprowadzić dydaktyczne zasady rozwijania wyobrażeń o jej charakterze. Należy jednak zawsze działać w taki sposób, aby nie dochodziło do zniekształcenia samych zasad. Oznacza to, że celem nie jest dostosowywanie specyfiki nauki i badań naukowych do cech rozwojowych dzieci, zwłaszcza poznawczych. Celem jest raczej skupienie się na tych aspektach wyobrażeń o naturze nauki, które można rozwijać z uwzględnieniem specyfiki dziecięcego myślenia. Ogólną charakterystykę nauki spróbujemy rozłożyć na kilka zasad, do których następnie zaproponujemy odpowiednie instrukcje dydaktyczne umożliwiające właściwe zastosowanie zasad w praktyce.

1 Czym jest nauka?

Naukę można scharakteryzować na różne sposoby, jednak nie da się jej ściśle zdefiniować. Dlatego też uchwycenie istoty nauki jest dość złożonym procesem, w którym należy stosować różnorodne zasady wynikające z jej różnych cech. Na przykład, naukę można określić jako *zbiór zasad naukowych, które stosujemy podczas badania przyrody*. Do wspomnianych zasad można zaliczyć specyficzne metody wykorzystywane przez naukowców w badaniach, ale także ogólne spojrzenie na rzeczywistość, które różni się od codziennego jej postrzegania, np. poprzez wykluczenie subiektywnej oceny i skupienie na faktach poddających się weryfikacji.

Działania naukowe można opisać jako *rozwój zrozumienia rzeczywistości,* dokonujący się poprzez testowanie wyobrażeń wynikających z obserwacji i wcześniejszego rozumienia. Dzięki takiemu testowaniu możemy te wyobrażenia zaakceptować, jeśli ich funkcjonalność sprawdziliśmy w kontekście tego, jak pomagają nam rozumieć związki między tym, co obserwujemy a czego doświadczamy w codziennym życiu. Oznacza to, że wszystkie przyjmowane informacje podlegają sprawdzeniu i refleksji – nie są bezpośrednio akceptowane i łączone z inną wiedzą przechowywaną w pamięci.

Z powyższych cech wynika, że działania naukowe można opisać jako ludzkie dążenie do zrozumienia fizycznej natury świata poprzez czynności konstruujące wiedzę, przy czym ta wiedza jest tymczasowa – stale podlega weryfikacji i jest testowana w odniesieniu do zachodzenia pewnych zjawisk (podlega testom oczywistości). Nauka - to proces formowania złożonego wyobrażenia o funkcjonowaniu świata, przy czym wyobrażenie to jest stopniowo konstruowane (nie mechanicznie przyjmowane) na podstawie obiektywnych dowodów i wcześniejszej wiedzy. Do procesu konstruowania tego wyobrażenia wykorzystywane są różne metody badawcze (Harlen, 2000).

W przedstawionej koncepcji Harlen (2000) (jak również w teorii rozwoju umiejętności przyrodniczych, której była współautorką) dominuje myśl stopniowego konstruowania wiedzy. Najpierw tworzy się tzw. małe idee *(Small Ideas),* które początkowo mają charakter raczej opisowy. Te wyobrażenia są następnie wzbogacane nie tylko o nowe informacje, ale także o próbę zrozumienia zależności, co sprawia, że stają się bardziej złożone, z tendencją do odchodzenia od opisu na rzecz wyjaśniania. Poszczególne małe idee są także łączone ze względu na zasadnicze podobieństwa i tworzą bardziej złożone wyobrażenia. Proces ten stanowi sedno koncepcji, a Harlen opisuje go jako stopniową zmianę idei z małych na duże (from Small to Big Ideas). Stopniowa progresywna modyfikacja prekoncepcji jest u nas dobrze zakorzeniona w konstruktywistycznej koncepcji kształcenia.

To, co jest szczególnie interesujące w koncepcji Harlen w kontekście omawianego tematu, to dążenie do rozwijania nie tylko naukowych wyobrażeń o kluczowych treściach przyrodniczych *(Big Ideas of Science),* ale równie precyzyjne podejście do rozwijania wyobrażeń o samej nauce i jej procesach *(Big Ideas about Science)*. W swoich publikacjach autorka (Harlen, 2010; Harlen, 2015) wyróżnia cztery podstawowe (duże) idee na temat nauki i jej procesów, które powinny być przedmiotem podstawowej edukacji przyrodniczej:

– *Nauka zakłada, że dla każdego zjawiska istnieje jedna lub więcej przyczyn.*

Dążymy do tego, aby uczniowie zrozumieli, że działalność naukowa opiera się na przekonaniu, iż obserwowane zjawiska przyrodnicze da się w pewien sposób wyjaśnić. Nauka, starając się o wyjaśnienie, szuka przyczyny (przyczyn) danego stanu, ponieważ zakłada, że zjawiska można objaśniać. To znaczy, że uczniowie powinni stopniowo zrozumieć, że nauka nie tylko opisuje przyrodę, ale również dostarcza wyjaśnień dla zachodzących zjawisk. Celem nie jest więc jedynie opisanie, jak zjawiska zachodzą, ale również rozważenie przyczyn, dlaczego tak się dzieje. Te przyczyny nauka wykrywa za pomocą różnych obiektywnych procedur, tzw. metod naukowych – obserwacji, pomiarów, eksperymentów itp. Wyjaśnienie (identyfikacja przyczyny) nie jest więc tylko przypuszczeniem, ale jest poparte dowodami. Zdobywanie dowodów musi być dostatecznie precyzyjne, szeroko zakrojone i obiektywne – co zapewniamy np. przez powtarzalność obserwacji lub zaangażowanie w nią wielu badaczy. Z powyższego jasno wynika, że rozwój tego wyobrażenia wiąże się z dążeniem do rozwijania u uczniów umiejętności tworzenia naukowych założeń, a później hipotez, oraz projektowania wystarczająco precyzyjnych metod badawczych, za pomocą których można je będzie sprawdzić.

– *Za naukowe wyjaśnienia, teorie i modele uznaje się te, które najbardziej się zgadzają z wiedzą empiryczną dostępną w danym czasie.*

Jasne jest, że te same dane można wyjaśnić na różne sposoby, jednak nie wszystkie wyjaśnienia są równie zgodne z uzyskanymi informacjami i aktualnym stanem wiedzy. Za naukowe uznaje się te wyjaśnienia, które najlepiej odpowiadają zgromadzonym danym. Oznacza to, że w danym czasie za naukowe uważa się tylko to wyjaśnienie, które jest najmocniej zakorzenione w danych. To również oznacza, że nauka ma charakter tymczasowy – po zdobyciu nowych, aktualniejszych czy dokładniejszych danych, wcześniejsze wyjaśnienie może zostać odrzucone i zastąpione nowym, które lepiej tłumaczy także nowe dane.

O teoriach i hipotezach naukowych nigdy nie mówi się jako o „prawdziwych", ponieważ zawsze istnieje możliwość, że zostaną w przyszłości zakwestionowane lub całkowicie obalone przez nowe dane. Wiele obecnych teorii naukowych różni się od tych obowiązujących w przeszłości i z pewnością różni się od tych, które zostaną przyjęte w przyszłości.

Z tego wniosek, że za naukowe uznaje się tylko te wyjaśnienia, które można testować i weryfikować – czyli takie, dla których można zdobyć dowody.

Uczniowie powinni stopniowo zapoznawać się ze sposobami formułowania wniosków na podstawie danych. Powinni umieć uzasadnić swoje wnioski, wykazując, jak są one osadzone w zebranych danych. Jednocześnie powinni formułować je ostrożnie – tylko na podstawie jednoznacznie stwierdzonych faktów.

Oprócz tego jest oczywiste, że naukowe wyjaśnienia (hipotezy, teorie) nie wynikają bezpośrednio z danych, lecz powstają w tzw. procesie indukcyjnym, który obejmuje rozumowanie, interpretację, ale często także intuicję, wyobraźnię i kreatywność naukową. Rozwój wyobrażeń o nauce i procesach naukowych powinien zatem obejmować również rozwój tych właśnie kompetencji.

– *Wiedza uzyskana dzięki badaniom jest później wykorzystywana do tworzenia produktów zaspokajających ludzkie potrzeby – wiedza naukowa ma zastosowanie techniczne.*

Rozwój nowych technologii prowadzi do nowych odkryć naukowych. Wykorzystanie technologii wspiera postęp naukowy, który z kolei może być zastosowany przy projektowaniu i produkcji nowych technologii ułatwiających, ulepszających, a czasem nawet przedłużających życie ludzi.

W niektórych przypadkach produkty technologiczne wyprzedzały pomysły naukowe, podczas gdy w innych to naukowe zrozumienie zasad działania było pierwsze i dopiero na jego podstawie zaprojektowano oraz skonstruowano dane urządzenie.

Dlatego uczniowie powinni bardziej świadomie dostrzegać wzajemne powiązania między nauką a techniką – najlepiej poprzez uświadomienie sobie, jak wiedza naukowa znajduje zastosowanie w konkretnych urządzeniach lub produktach. Powinni również podejmować próby samodzielnego rozwiązywania prostych problemów i proponowania innowacyjnych rozwiązań, które wymagają zbadania funkcjonalności prototypów w toku badań.

– *Korzystanie z wiedzy naukowej często niesie za sobą skutki etyczne, społeczne, ekonomiczne i polityczne.*

Nauka może pomóc w zrozumieniu konsekwencji wykorzystania określonej wiedzy naukowej w rozwiązaniach technicznych, jednak decyzje o jej wykorzystaniu wymagają sądów etycznych i moralnych, których nauka nie dostarcza.

Te decyzje – podejmowane na poziomie krajowym (rządowym), lokalnym (regionalnym) czy indywidualnym – powinny opierać się na zrozumieniu odpowiednich koncepcji naukowych i zasad technologicznych.

Mimo że powyższe cechy nie dają pełnego obrazu nauki, to są pierwszym krokiem w uświadomieniu sobie, że w edukacji przyrodniczej trzeba poświęcać uwagę nie tylko treściom merytorycznym, ale również procesom tworzenia i modyfikowania wiedzy naukowej, które pomagają uczniom zrozumieć, jak działa nauka i jaka jest jej wartość.

2 Aspekty nauki

Podane cztery podstawowe cechy nauki można rozwinąć, koncentrując się na jej dalszych aspektach.

- ***Nauka opiera się na faktach – idee naukowe są w nich zakorzenione i przez nie uzasadniane.***

Podstawą poznania naukowego jest gromadzenie dużej ilości danych, za pomocą których dąży się do zrozumienia, jak przebiegają zjawiska i sytuacje. Zasada tworzenia wiedzy naukowej polega na próbie wyciągania wniosków z wielu obserwacji i pomiarów. Wnioski formułowane są tak, aby uogólniały to, co zostało zbadane, a sam wniosek zawiera ogólną zasadę obserwowanego zjawiska lub sytuacji. Badacz potrafi swoje wnioski wyjaśnić i obronić za pomocą argumentacji, posługując się zgromadzonymi danymi.
Na pierwszy rzut oka ta zasada wydaje się prosta, ale komplikują ją błędy, które mogą mieć charakter systematyczny lub losowy. Przy formułowaniu wniosków badacz musi być na nie wyczulony, potrafić oszacować, które dane reprezentują typowy przebieg zjawiska, sytuacji czy zachowania się obiektu, a które są wynikiem błędnej obserwacji lub pomiaru.

- ***Tworzenie wiedzy naukowej wymaga dużej ilości danych.***

Uogólnienie, które stanowi istotę wiedzy naukowej, nie może opierać się na pojedynczym pomiarze czy obserwacji danego zjawiska. Charakterystyczna dla nauki jest precyzja, która oznacza konieczność wielokrotnego powtarzania obserwacji lub pomiarów, aby badacz mógł być pewien, że dane zjawisko czy sytuacja rzeczywiście przebiegają tak, jak to zostało zarejestrowane. Jeśli nie zaobserwowano danego zjawiska wielokrotnie albo nie dokonano kilku pomiarów, nie można ufać wyciągniętym wnioskom.

Rozwój tego aspektu uprawiania nauki można wspierać w szkole poprzez zapraszanie uczniów do działań badawczych, w których wielokrotnie obserwują oni to samo zjawisko, powtarzają pomiary, zapisują uzyskane dane i wykorzystują je do formułowania wniosków. Dzięki temu uczą się, że wniosek można formułować tylko na podstawie wiarygodnych danych, na których można polegać.

- ***Wiedza naukowa powstaje poprzez rozumowanie.***

Jedną z podstawowych cech poznania naukowego (przyrodniczego) jest dążenie do wyjaśnienia obserwowanych zjawisk. Wyjaśnienia te powstają w procesie rozumowania i interpretacji. Są one wynikiem procesu badania obserwowanych faktów, ale nie ich prostym opisem ani wyliczeniem zebranych danych. Z drugiej strony, opis faktów jest

początkiem tworzenia wyjaśnień. Formułowane wnioski - to logiczne konkluzje, zakorzenione w obserwowanych faktach.

Większość wiedzy naukowej, jaką dziś posiadamy, została stworzona właśnie poprzez rozumowanie – zawsze jednak w oparciu o zebrane fakty. Na przykład dziś powszechnie akceptujemy, że materia zbudowana jest z atomów, mimo że nikt nigdy nie widział atomu. Wyobrażenie atomu jest efektem rozumowania opartego na wielu obserwowalnych faktach.

Z tego wynika, że dla rozwijania poprawnego wyobrażenia o naturze nauki należy wdrażać uczniów do wyjaśniania obserwowanych zjawisk – nie wystarczy jedynie ich obserwować i opisywać. Badania naukowe nie mogą się odbywać bez odpowiedniego zaangażowania procesów myślowych. Chodzi przede wszystkim o dostrzeganie trendów w danych, czyli wyciąganie wniosków (indukcja), lub o identyfikowanie podobieństw z wcześniej zaobserwowanymi zjawiskami i formułowanie wniosków.

- ***Twierdzenia naukowe opierają się na testowaniu założeń poprzez wielokrotne obserwacje przyrody oraz na odrzucaniu tych, które zostają obalone w wyniku testowania.***

Naukowe wyjaśnienia, formułowane w drodze rozumowania, są oceniane za pomocą danych uzyskanych z badania przyrody. Dane mogą potwierdzić lub obalić testowane twierdzenie. Jeżeli uzyskane dane nie potwierdzają testowanego twierdzenia, jest ono odrzucane lub modyfikowane, a następnie poddawane kolejnym testom.

Nauka koncentruje się na ciągłym testowaniu twierdzeń (w formie założeń, hipotez czy bardziej złożonych teorii) oraz na poszukiwaniu dowodów, które mogłyby obalić aktualne rozumienie badanych zjawisk. Ponieważ metody badawcze stają się coraz dokładniejsze i bardziej czułe, również uzyskiwane wyniki są precyzyjniejsze, co pozwala naukowcom doprecyzować lub skorygować dotychczasowe ustalenia. Dzięki udoskonalaniu procedur badawczych uzyskuje się dowody, które trafniej i lepiej wyjaśniają badane zjawiska. Dzięki takiemu procesowi refleksji następuje rozwój wiedzy naukowej.

Ważną cechą twierdzeń naukowych (w tym także zakładanych hipotez i teorii) jest ich falsyfikowalność. Oznacza to, że zawsze można zaproponować sposób, za pomocą którego można potwierdzić lub odrzucić hipotezę bądź teorię. Na przykład dzięki teorii względności Einsteina można przewidzieć zachowanie się pewnych zjawisk lub wyniki określonych eksperymentów. Ostatecznie jednak wyniki tych eksperymentów mogą przeczyć teorii – wtedy teoria zostaje obalona. Nie oznacza to jednak, że teoria nie była naukowa. Nienaukowe są tylko te twierdzenia, których zasadności nie da się zweryfikować, czyli takie, których nie można poddać testowaniu.

- ***Twierdzenia naukowe są oceniane przez innych naukowców, a następnie publikowane.***

Recenzowanie jest w nauce naturalnym zjawiskiem i odbywa się we wszystkich jej dziedzinach. Zasada wzajemnego opiniowania prac naukowych polega na ocenie danych, które badacz uzyskał, a także logiki formułowania wniosków i wynikających z nich naukowych wyjaśnień. Nieskorygowane lub niewystarczająco udokumentowane badania są odsyłane autorowi do poprawy lub odrzucane w procesie publikacyjnym. Cały proces ma na celu zapewnienie, że publikowane będą jedynie wiarygodne wyniki, uzyskane rzeczywiście dzięki rzetelnym badaniom naukowym. Dzięki temu badacz może z ufnością odwoływać się do opublikowanych badań.

Ocena i późniejsza publikacja wyników badań naukowych umożliwia ich dalsze wykorzystanie. Wiele prac ma charakter badań podstawowych, co oznacza, że dostarczają one wiedzy potrzebnej do dalszych analiz, albo stanowią podstawę do rozwoju określonej aplikacji lub wręcz technologii. Bez publikacji jednak nie jest możliwe ich praktyczne zastosowanie. Dzielenie się wynikami badań jest więc nieodłączną częścią nauki. Akceptowana jest również krytyka, która wynika z procesu recenzowania badań przed ich publikacją.

W badaniach naukowych zazwyczaj współpracuje kilku naukowców, którzy wnoszą do zespołu różną wiedzę, doświadczenia i spojrzenia na badany problem. Jednocześnie pełnią funkcję kontroli nad sposobie myślenia w danym

obszarze. Wspomniany wcześniej proces oceny publikacyjnej ma zatem miejsce już na etapie przygotowania badań, podczas ich prowadzenia, a także w momencie dzielenia się wynikami z innymi naukowcami w formie publikacji.

Naukowe wyjaśnienia podlegają ciągłemu testowaniu przez innych naukowców. Proces ten nie ma jednak charakteru głosowania za lub przeciw akceptacji danego wyjaśnienia przez społeczność naukową. Nauka nie ma „demokratycznego" charakteru. Naukowcy nie głosują nad wyjaśnieniami – są one akceptowane lub odrzucane wyłącznie na podstawie nowych metod i uzyskanych danych.

Tę cechę nauki można zacząć rozwijać u uczniów, zachęcając ich do dzielenia się aktualną wiedzą, przebiegiem badań, wynikami i wnioskami. Dzielenie się informacjami prowadzi następnie do identyfikowania potencjalnych błędów i ich korekty. Na przykład, jeśli uczniowie zauważą, że ich wyniki się nie pokrywają, to mogą się skłonić ku ponownej, dokładniejszej obserwacji lub pomiaru, a dzięki temu wykryć błąd w swych badaniach i uzyskać bardziej wiarygodne dane. Uczniowie uczą się pracy zespołowej i dostrzegają, że współpraca jest nieodzownym elementem nauki.

- ***Jeśli to samo zjawisko można wyjaśnić na różne sposoby, to zazwyczaj wybiera się najprostsze wyjaśnienie.***

Nauka cechuje się pewną oszczędnością, powściągliwością. W ramach badania rzeczywistości badacz najpierw obserwuje, zbiera dane, a następnie stara się odkryć zasady rządzące zaobserwowanym zjawiskiem i je wyjaśnić. W tworzeniu wyjaśnienia posługuje się rozumowaniem. Różni badacze mogą stworzyć częściowo (a czasem nawet całkowicie) odmienne wyjaśnienie tego samego zjawiska. Jeśli wszystkie ich wyjaśnienia są odpowiednio zakotwiczone w zebranych danych, a proces rozumowania był poprawny, nie da się jednoznacznie wskazać, które wyjaśnienie jest „właściwe". W takim przypadku przyjmuje się to, które jest najprostsze.

Na przykład: jeśli na podstawie wielu obserwacji zachowania magnesu w pobliżu różnych przedmiotów zauważymy, że przyciągane są tylko przedmioty metalowe, a następnie zobaczymy, że plastikowy pojemnik jest przyciągany przez magnes, prostszym wyjaśnieniem będzie, że wewnątrz pojemnika znajduje się metalowy przedmiot, który powoduje przyciąganie. Bardziej złożonym wyjaśnieniem byłoby stwierdzenie, że pojemnik wykonano z plastiku, który przyciąga magnes — czyli do wyjaśnienia wprowadzamy nową hipotezę.

W związku z tą zasadą w nauce spotykamy się z tzw. koncepcją brzytwy Ockhama. Brzytwa Ockhama (lub Ockhamowska) dotyczy problemu różnorodności teorii (i hipotez), które prowadzą do tych samych wyników, i nazywana jest również zasadą oszczędności w rozumowaniu naukowym. Oznacza ona, że najlepszym możliwym wyjaśnieniem czegokolwiek jest to najprostsze. Podczas wyjaśniania zaleca się opierać na jak najmniejszej liczbie założeń. Wszystko inne, zbędne elementy, należy po prostu odrzucić (odciąć je jak brzytwą).

Zasada ta służy głównie do odfiltrowywania zbędnych dodatków, które niepotrzebnie zwiększają złożoność rozwiązania, podczas gdy można je wyjaśnić dane twierdzenie bez tej komplikacji. Należy używać tylko tylu argumentów, ile jest absolutnie niezbędnych.

Zasadę brzytwy Ockhama można sformułować innymi słowy następująco: jeśli mamy dwie teorie, które wyjaśniają te same obserwacje, należy wybrać tę prostszą — o ile nie istnieje wyraźny dowód na prawdziwość tej bardziej złożonej (Csámpai, 2013). Dla każdego twierdzenia można stworzyć bardzo wiele różnych wyjaśnień (może nawet nieskończenie wiele), a ta metoda faworyzuje te, które są nie tylko prostsze, ale także łatwiejsze do obalenia niż te bardziej skomplikowane.

Brzytwa Ockhama zakłada, że w wyjaśnieniach należy pominąć wpływ mało prawdopodobnych czynników lub korzystać jedynie z tego, co jest naprawdę konieczne. Podkreśla, aby nie zakładać istnienia ukrytych parametrów i niejasnych wielkości. Równocześnie, jeśli nie możemy się zdecydować, które z kilku wyjaśnień przyjąć, należy wybrać to najprostsze.

Na przykład, jeśli mamy wykres z czterema punktami leżącymi na jednej linii prostej, to najprostszą teorią, która je opisuje, jest zależność liniowa. Oczywiście przez te cztery punkty można poprowadzić wiele innych krzywych. Nie

ma dowodu, że linia prosta jest najlepszym rozwiązaniem, ale jest najprostszym możliwym wyjaśnieniem — dlatego właśnie je przyjmujemy. Od wyjaśnienia liniowego odstępujemy, jeśli pojawi się nowy punkt (np. w wyniku pomiaru), który nie będzie leżał na tej samej linii.

Można również rozważyć sytuację odwrotną — jeśli istnieje na przykład tysiąc punktów leżących na jednej linii i ktoś twierdzi, że linia prosta nie jest poprawnym wyjaśnieniem, ponieważ w przyszłości może pojawić się punkt, który z niej „wypadnie", to z dużym prawdopodobieństwem taka osoba nie będzie miała racji (według Csámpai, 2013).

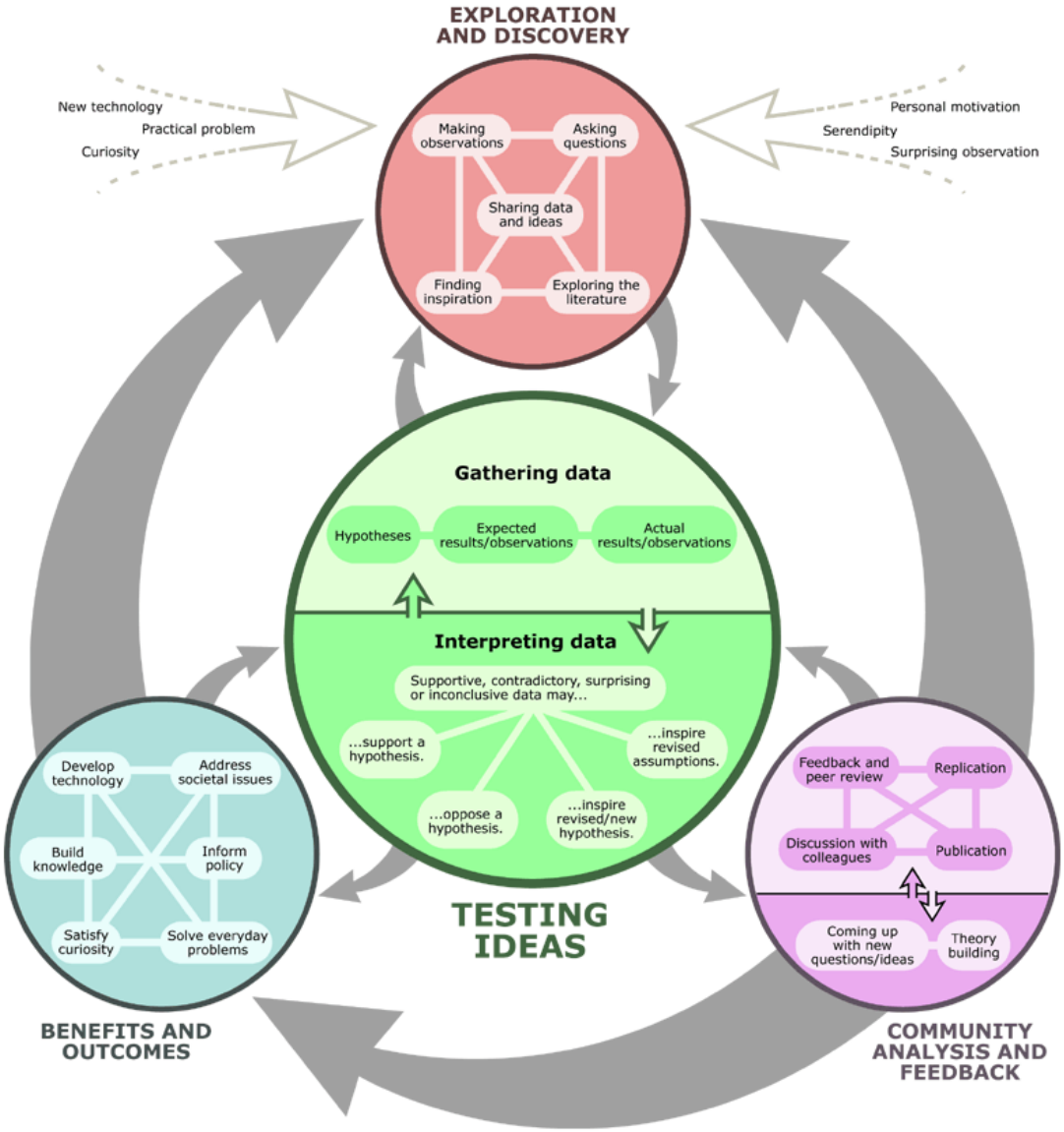
Albo jeszcze prostsze wyjaśnienie tej zasady: jeśli na polu zobaczymy ślady kopyt, to raczej założymy, że zostawił je koń, niż że były one efektem obecności jednorożca.

- ***Nie istnieje uniwersalna metoda naukowa.***

O metodzie naukowej można myśleć jako o sposobie, który pozwala odróżnić trafne sądy od błędów i nieprawdy. Mimo że lektura prac naukowych może sprawiać wrażenie, że działalność naukowa polega na powtarzalnej sekwencji kroków: pytanie – hipoteza – projekt badania – zbieranie danych – wnioski, w rzeczywistości proces badawczy jest znacznie bardziej elastyczny i dostosowuje się go do przedmiotu badań.

Zasadnicza część badań naukowych nie przebiega według sztywno określonej kolejności kroków ani nie odbywa się wyłącznie w laboratorium. Myślenie naukowe często pojawia się spontanicznie i w różnych momentach: pod prysznicem, podczas spaceru, przed snem, ale oczywiście także w laboratorium czy innym miejscu prowadzenia badań. W procesie badawczym zwraca się uwagę na szczegóły, obserwację, porównywanie. Dzięki temu powstają nowe pytania i różnorodne hipotezy, które skłaniają badacza do dalszych eksploracji. Procedura badawcza niczego nie udowadnia raz na zawsze – jedynie tymczasowo potwierdza ważność pewnych twierdzeń – i tylko czasami prowadzi do jednoznacznych wniosków.

W praktyce często spotykamy się z pojęciem tzw. metody naukowej *(scientific method)*. Zazwyczaj opisuje się ją jako metodę, za pomocą której prowadzone są badania naukowe. Sekwencja kroków ma rzekomo doprowadzić badacza do uzyskania wiarygodnych wniosków naukowych. Problem polega jednak na tym, że nauka nie działa według sztywnej, z góry ustalonej kolejności, a wiarygodność wniosków nie wynika bezpośrednio z zastosowania tych kroków. Złożoność działalności badawczej można zobrazować na przykład za pomocą Schematu 1.



Schemat 1: *Złożoność nauki i badań naukowych (Źródło: Understanding Science. https://undsci.berkeley.edu)*

Algorytm badania naukowego (kolejność kroków badawczych, tzw. „metoda naukowa") nie oznacza, że każde badanie przebiega dokładnie według tego schematu – raczej upraszcza on i uogólnia to, co jest typowe dla działalności naukowej, czyli wyjaśnia kluczową zasadę nauki polegającą na testowaniu wniosków za pomocą uzyskanych danych.

Ze schematu 1 wynika też, że działalność naukowa to coś więcej niż tylko stosowanie zestawu wzajemnie powiązanych kroków w ramach jednej, ogólnej „metody badawczej". Przykładowo, badanie naukowe często wymaga wielokrotnego powtarzania niektórych etapów, a nie prostego podążania krok po kroku – od postawienia pytania, przez sformułowanie hipotezy, jej testowanie, aż po wyciągnięcie wniosków.

Nie można też uznać pracy jednego badacza za w pełni naukową, jeśli działa on w izolacji, bez kontaktu ze wspólnotą badawczy.

Kolejnym argumentem przeciwko poglądowi, że badanie naukowe można zdefiniować poprzez jednolitą „metodę naukową", stosowaną jednakowo we wszystkich dziedzinach, jest to, że nauka nie ma „liniowego" charakteru. Jest raczej interakcyjna, cykliczna i wewnętrznie powiązana – tak jak sugeruje wspomniany schemat (1). Powstała wiedza naukowa podlega testowaniu, a te informacje, które zostaną wielokrotnie potwierdzone, są wykorzystywane do formułowania nowych przewidywań. Te z kolei uruchamiają kolejne cykle zbierania danych pozwalające na coraz głębsze rozumienie badanego zjawiska.

Często mówi się, że nauka nie pozostawia wiele miejsca na kreatywność i skupia się na tworzeniu niezmiennych wniosków. W rzeczywistości jest odwrotnie – nauka potrzebuje kreatywnego myślenia. Wymaga od badacza, by potrafił odejść od tradycyjnego spojrzenia na zjawisko i poszukiwał alternatywnych interpretacji. To prawda, że kreatywność w nauce jest ograniczona zasadami logicznego rozumowania i nie przejawia się tak jak w sztuce, ale mimo to naukowiec musi twórczo pracować z danymi i wykorzystywać wcześniejszą wiedzę.

Podobnie należy myśleć o wnioskach naukowych – są one zawsze ważne w odniesieniu do dostępnych danych, co nie wyklucza, że w przyszłości może powstać lepsze wyjaśnienie.

W środowisku szkolnym, gdy uczniowie dopiero rozpoczynają systematyczne poznawanie rzeczywistości poprzez działalność badawczą, warto początkowo przedstawić ją jako sekwencję kilku następujących po sobie kroków. Z czasem uczniowie poznają jej złożoność, różnorodność podejść oraz elementy kreatywności.

- ***Istotą myślenia naukowego są teorie.***

Dla naukowca teoria stanowi ramy pojęciowe wyjaśniające istniejące fakty i pozwalające przewidywać kolejne. Przykładowo: dziś widziałem wschód Słońca. Fakt ten jest wyjaśniony teorią, według której Ziemia jest kulista, obraca się wokół własnej osi i jednocześnie krąży wokół Słońca. Ta sama teoria wyjaśnia również inne zjawiska, np. zmiany pór roku czy fazy Księżyca. Teoria pomaga nam przewidywać określone zjawiska i dostosowywać się do nich – na przykład wiemy, o której godzinie następnego dnia wzejdzie Słońce, albo kiedy będzie najbliższa pełnia Księżyca.

Teorie - to uogólnione wyjaśnienia, które opisują wybrane aspekty przyrody. Powstają na podstawie dużej ilości danych i umożliwiają naukowcom formułowanie uzasadnionych przewidywań. Teorie są wynikiem wyjaśnień opartych na procesie wnioskowania i zostają uznane dopiero po wielokrotnym potwierdzeniu. Choć nie są niezmienne, są znacznie trwalsze niż hipotezy. Jeśli jednak pojawią się nowe obserwacje lub dane, które podważą daną teorię, może ona zostać zmodyfikowana lub całkowicie zastąpiona nową.

Do najważniejszych teorii należą m.in. teoria grawitacji, teoria ewolucji czy teoria komórkowa. Stanowią one tzw. wielkie idee naukowe, w ramach których naukowcy testują swoje hipotezy. Mimo że teorii naukowych nie można utożsamiać z faktami i – podobnie jak hipotezy – mają one charakter tymczasowy, nie można ich uznawać za domysły czy spekulacje. Teoria jest uzasadniona i, można powiedzieć, „poparta" dużą ilością faktów.

- ***Wyniki badań naukowych są wiarygodne, choć tymczasowe.***

Działalność badawcza rozumiana jako naukowe dążenie do poznania - to proces, który nigdy się nie kończy. Uzyskane wyniki są często zastępowane nowymi, dokładniejszymi. Tymczasowość wiedzy naukowej należy jednak postrzegać w kontekście samej nauki. Tymczasowość nie oznacza, że nie można nauce ufać. Wszystkie wnioski naukowe są oparte na zebranych danych i stanowią najlepsze możliwe wyjaśnienie obserwowanych zjawisk w danym momencie. Są uznawane za tymczasowe jedynie dlatego, że żaden naukowiec nie jest w stanie przewidzieć, czy w przyszłości nie pojawią się nowe odkrycia, które zakwestionują dotychczasowe wyjaśnienie. Wszystkie wyniki badań naukowych są otwarte na dalsze testowanie – inaczej nie mogłyby zostać uznane za naukowe.

W 1686 roku Izaak Newton przedstawił swoją teorię grawitacji. Było to jedno z największych intelektualnych osiągnięć wszechczasów. Teoria ta wyjaśniła wszystkie znane wówczas obserwacje, a na jej podstawie można było formułować przewidywania, które potwierdzały się w kolejnych obserwacjach. W swoim czasie teoria Newtona była zgodna z wszystkimi dostępnymi pomiarami i wydawała się trafna. W XIX wieku naukowcy zaczęli testować teorię Newtona przy użyciu bardziej precyzyjnych przyrządów i odkryli pewne odchylenia (np. tor ruchu Merkurego nie zgadzał się z przewidywaniami opartymi na teorii Newtona). Odchylenia te dotyczyły ruchów ciał niebieskich. W odpowiedzi Albert Einstein stworzył alternatywną teorię – teorię względności – która nie tylko potwierdziła wszystkie wcześniejsze pomiary, ale również wyjaśniła te nowe, dokładniejsze dane. Dziś teoria względności Einsteina adekwatnie tłumaczy wszystkie obserwowane zjawiska, dlatego uznaje się ją za obowiązującą, czyli najlepsze dostępne wyjaśnienie w danym czasie.

Prawa Newtona wciąż dobrze opisują ruch ciał w zasięgu oddziaływania grawitacyjnego Ziemi, ale nie wystarczają do wyjaśnienia ruchów obiektów poruszających się z prędkościami bliskimi prędkości światła.

- ***Nauka sama się koryguje.***

To typowe, że człowiek w swoim myśleniu i zachowaniu popełniania błędy. Również naukowcy czasem dają się ponieść pomysłom, które oddalają ich od ścieżki poprawnych badań i wnioskowania. Z tego powodu naukowcy często ze sobą współpracują, a za naukowe uznaje się jedynie te wyniki, które zostały ocenione przez innych badaczy. Dzięki temu błędy, błędne koncepcje i niewłaściwe kierunki rozumowania są korygowane przez samą społeczność badaczy. Niekiedy trwa to dość długo – czasem kilka lat, dziesięcioleci, a nawet stuleci. Skorygowane rozumienie danego zjawiska może być na przykład skutkiem odkrycia nowej technologii lub też rezultatem nowego spojrzenia na badany temat, innej perspektywy.

To, że stare hipotezy są porzucane, a nowe przyjmowane, nie oznacza, że nauka jest nieskuteczna w tworzeniu wiedzy. Wręcz przeciwnie – dla nauki typowe jest to, że dostosowuje swoje metody wnioskowania. Ta elastyczność w procesie poznawczym stanowi podstawę naukowego podejścia.

Pomimo ogromnego i skrupulatnego wysiłku naukowców, proces naukowy napotyka czasami trudności. Wiedzy naukowej nie można postrzegać jako ciągłego i płynnego przyrostu informacji, który gwarantuje lepsze zrozumienie świata. W nauce można zidentyfikować pewne punkty zwrotne, gdy zmieniają się podstawowe, dotychczas akceptowane teorie, a dane trzeba interpretować na nowo. Powstają nowe teorie. Nie dzieje się to często, ale cyklicznie pojawia się potrzeba zmiany spojrzenia na daną problematykę. Mówimy wtedy o rewolucji naukowej, czyli o zmianie paradygmatu naukowego.

Na przykład obserwacja ruchu Słońca na niebie może prowadzić do wniosku, że to Słońce krąży wokół Ziemi. Tak ludzie w przeszłości tłumaczyli to zjawisko (wyjaśnienie geocentryczne). To samo zjawisko można jednak wyjaśnić inaczej: Ziemia obraca się wokół własnej osi względem względnie nieruchomego Słońca, co powoduje pozorny ruch Słońca na niebie ze wschodu na zachód. Kopernik, proponując ten radykalnie inny sposób myślenia o ruchu ciał niebieskich (wyjaśnienie heliocentryczne), nie został od razu uznany – akceptacja przyszła z czasem. Jego sposób rozumowania oznaczał zmianę paradygmatu w wyjaśnianiu ruchu ciał niebieskich w Układzie Słonecznym.

- ***Nauka jest typowo ludzkim dążeniem do zrozumienia otaczającego świata.***

Nauka i metody naukowe są charakterystyczne wyłącznie dla człowieka. Jednakże w działalności naukowej czasami ujawniają się typowo ludzkie cechy, które mogą zniekształcać dążenie do obiektywnego badania. Należą do nich na przykład zaangażowanie emocjonalne, stronniczość czy osobiste przekonania naukowca.

Organizmy żywe poznają swoje otoczenie w celu przetrwania. Poznanie naukowe różni się tym, że jego celem jest odkrycie zasad funkcjonowania otaczającego świata nie tylko ze względu na chęć przetrwania, ale także dla poprawy jakości życia, dostosowania środowiska do swoich potrzeb, a nawet wydłużenia życia. Wiedza naukowa skupia się na poznaniu przyczynowości, istoty istnienia i funkcjonowania obiektów, zjawisk i złożonych sytuacji. Wiele innych organizmów poznaje środowisko jedynie na zasadzie obserwacji, jak różne obiekty lub zjawiska zachowują się w danych sytuacjach. Celem tego poznania jest dowiedzenie się, jak coś się dzieje, niekoniecznie *dlaczego* się tak dzieje. Takie poznanie służy przetrwaniu w środowisku. W oparciu o tę wiedzę organizmy tworzą wzorce zachowań, które pomagają unikać zagrożeń.

Człowiek również początkowo poznaje środowisko z tego samego powodu. Z czasem jednak, wraz z rozwojem jego myślenia, pojawia się potrzeba zrozumienia przyczyn zjawiska. Takie zrozumienie pozwala na bardziej przemyślane działanie i lepsze wykorzystanie warunków na własną korzyść. To poznanie prowadzi do tzw. technicznego zastosowania wiedzy. Nie cała wiedza jednak zostaje wykorzystana – albo przynajmniej nie od razu. U człowieka pojawia się potrzeba poznania dla samego poznania. Człowiek jest dociekliwy i odczuwa satysfakcję, gdy rozumie świat.

Człowiek różni się od innych organizmów m.in. istnieniem uczuć wyższych. W kontekście nauki może to prowadzić do nadmiernego, wręcz emocjonalnego przywiązania do pewnych hipotez lub podejmowania błędnych decyzji na podstawie niedoskonałych wyobrażeń o świecie (tzw. błędy poznawcze – *cognitive biases*). Chociaż całkowite oderwanie się od tych typowo ludzkich cech w myśleniu naukowym jest trudne, naukowiec powinien dążyć do jak największej obiektywności. W nauce nie chodzi o to, by udowadniać prawdziwość swoich hipotez, ale raczej by je kwestionować i testować ich słabości.

Inną cechą obiektywnej pracy naukowej jest świadomość typowych ludzkich – a więc i własnych – uprzedzeń, tendencyjnych sposobów myślenia, stronniczości w podejmowaniu decyzji oraz świadome ich eliminowanie. Jeśli na przykład żywimy osobistą niechęć do jakiejś osoby i się z nią nie zgadzamy, to mamy skłonność do negatywnego oceniania wszystkiego, co ta osoba mówi – co wpływa również na jakość współpracy. Tego rodzaju antypatie często wynikają z niezgodności charakterów lub rozbieżnych wartości, a nie z różnic w poglądach naukowych. Niemniej jednak ich skutki mogą negatywnie wpływać na pracę naukową zarówno pojedynczych osób, jak i całych zespołów badawczych.

- ***Nauka charakteryzuje się sceptycyzmem.***

Dla nauki charakterystyczne jest to, że opiera się na faktach oraz obiektywnym i logicznym rozumowaniu. Mimo to, jak wspomniano wcześniej, to samo obserwowane zjawisko może mieć wiele możliwych wyjaśnień. Społeczność badaczy zazwyczaj akceptuje jako „właściwe" to wyjaśnienie, które jest zgodne z danymi oraz stosuje się do zasady brzytwy Ockhama, czyli przyjmowania podejścia oszczędnego. Nowo uzyskiwane dane wspierają przyjętą teorię przez dłuższy czas. Jednak w pewnym momencie może się okazać, że przestają ją wspierać, co znaczy, że należy ją poddać ponownej ocenie.

W nauce stosuje się tzw. sceptycyzm naukowy, nazywany również sceptycyzmem racjonalnym. Zapewnia on krytyczne badanie teorii naukowych. Sceptycyzm naukowy odrzuca przyjmowanie teorii a priori. Jego podstawową zasadą jest to, że jeśli nie istnieje empiryczny dowód, teoria powinna być zakwestionowana. Sceptycyzm naukowy wymaga również, aby każda teoria spełniała wszystkie atrybuty naukowości – musi być obiektywna, oparta na danych i na obserwacji oraz możliwa do obalenia (falsyfikowalna).

Sceptycyzm naukowy można również scharakteryzować poprzez porównanie postawy sceptycznej i niesceptycznej.

Jeśli naukowiec ma podejście sceptyczne, to:

- przedkłada wyniki obserwacji nad teorię,
- zawsze kieruje się logicznym rozumowaniem,
- koncentruje się na poszukiwaniu odpowiedzi na pytania,
- udostępnia innym swoje dane oraz procedury badawcze, tak aby inni mogli je powtórzyć i przetestwoać,
- potrafi wskazać, w jaki sposób jego teoria mogłaby zostać obalona,
- dostosowuje teorię do uzyskanych danych i doświadczeń,
- współpracuje z innymi i postępuje etycznie.

Jeśli naukowiec nie ma podejścia sceptycznego, to:

- stosuje błędne, zapętlone uzasadnienia,
- selektywnie ukrywa lub „gubi" dane,
- dopasowuje dane do swoich teorii,
- koncentruje się na poszukiwaniu dowodów wspierających jego teorię,
- unika rozmów o falsyfikacji i testowaniu swojej teorii,
- opisuje swoje procedury badawcze nieprecyzyjnie, uniemożliwiając innym ich powtórzenie,
- nie jest chętny do konstruktywnej współpracy ani dyskusji.

Mimo że z pojęciami „sceptyk" i „sceptycyzm" często wiążą się negatywne skojarzenia, to sceptycyzm naukowy jest w pełni uzasadniony. Nauka jest z natury sceptyczna – co wynika z samej istoty sceptycyzmu: zanim sformułuję jakikolwiek wniosek lub osąd, rozważę wszystkie dostępne dowody. Należy podkreślić, że przy formułowaniu wniosków i osądów naukowiec powinien opierać się na wszystkich faktach – niezależnie od tego, na ile są one zgodne z jego hipotezą lub założeniem.

- ***Nauka nie jest dogmatyczna.***

Działalność naukowa nie wymaga, abyśmy w coś wierzyli, ani nie opiera się na przyjmowaniu określonego systemu wartości. Akceptowanie pewnych idei na podstawie wiary nie jest metodą naukową – nawet wtedy, gdy dana myśl pochodzi od eksperta w danej dziedzinie. Jedynym naukowym sposobem przyjmowania twierdzeń jest ich logiczne uzasadnienie na podstawie danych (faktów, dowodów).

Nauka nie polega na ścisłym trzymaniu się wcześniej zdobytej wiedzy bez uwzględniania nowych doświadczeń czy pojawiających się danych, które mogłyby tę wiedzę zmienić. Osoby o dogmatycznym sposobie myślenia cechuje niechęć wobec dopuszczenia innego poglądu niż własny. Przedstawiciel dogmatyzmu nie zakłada, że w wyznawanym przez niego poglądzie może istnieć luka ani że głoszona przez niego prawda może być nieaktualna. Nie zna bezstronności ani samokrytycyzmu, nie dopuszcza żadnych zastrzeżeń – dlatego też nie odczuwa potrzeby, by swoje twierdzenia przetestować. Takie podejście jest sprzeczne z metodą naukową.

- ***Za pomocą metod naukowych nie można podejmować decyzji moralnych ani estetycznych.***

Naukowcy podejmują decyzje moralne i estetyczne dlatego, że są ludźmi, a nie dlatego, że są naukowcami. Moralne i estetyczne rozumowanie nie należy do zakresu nauki. Naukowcy potrafią badać na przykład różne rośliny i formułować wyjaśnienia dotyczące ich sposobu życia, ale nie są w stanie w obrębie nauki stwierdzić, która roślina jest ładniejsza.

Nauka nie ponosi odpowiedzialności za niemoralne wykorzystanie jej wyników. Poza odkryciami naukowymi, które zostały użyte w konfliktach zbrojnych, można również mówić o nadużywaniu pewnych teorii do uzasadniania moralnie nieakceptowalnych decyzji. Najczęściej „nadużywaną" w tym sensie teorią jest teoria ewolucji, która była wykorzystywana m.in. do uzasadniania decyzji podejmowanych przez nazistów czy komunistów. Ideologizacja teorii naukowej nie jest częścią nauki. Sama ideologizacja może jednak prowadzić do powstawania uprzedzeń wobec niektórych teorii – także u samych naukowców – z którymi człowiek powinien świadomie walczyć.

Ten aspekt nauki można rozwijać dopiero wtedy, gdy uczeń osiągnie odpowiedni poziom refleksji etycznej i potrafi samodzielnie oceniać różne konsekwencje decyzji w szerszym kontekście – czyli nie wcześniej niż na drugim etapie szkoły podstawowej.

3 Cztery podstawowe cechy nauki.

Na podstawie zaprezentowanych aspektów nauki można uzyskać dość precyzyjne wyobrażenie o charakterze nauki i badań naukowych. Pozostaje pytanie, jak można wśród uczniów rozwijać takie rozumienie pracy naukowej, aby podtrzymać ich motywację i sprawić, że poczują się oni kompetentni, by w przyszłości uprawiać naukę. W poniższym tekście spróbujemy zredukować powyższy dość obszerny opis aspektów natury nauki do jej czterech podstawowych cech (wg Holtona, 1999), których rozwijanie można rozpocząć już na wczesnym etapie kształtowania umiejętności przyrodniczych: ***obiektywizm, współpraca, testowalność oraz tymczasowość.***

3.1 Obiektywizm nauki

Wszystkie procedury stosowane w nauce powinny mieć charakter obiektywny (niezależny od uprzedzeń). Wynik postępowania naukowego, którym jest wiedza naukowa (wnioski, hipotezy, teorie), musi być obiektywny. Badacz korzysta zatem z takich metod, w których unika się subiektywnego rozumowania i stara się nie ulegać atrakcyjnie prezentującym się wnioskom, „walczy" się z uprzedzeniami – często także z własnymi wartościami i postawami –

i ocenia rzeczywistość bezstronnie, tak, jak ona się jawi (Bell, Clair, 2015). Wiedza naukowa stanowi zatem rezultat przetworzenia danych, które zostały uzyskane w sposób dostatecznie precyzyjny i obiektywny.

Z powyższego wynika, że istotą nauki jest obserwacja – to ona stanowi punkt wyjścia całej wiedzy naukowej, a same wyjaśnienia naukowe są następnie testowane za pomocą obserwacji. Obiektywizm nauki jest określany także jako jej testowalność lub powtarzalność. Jeśli dane twierdzenie nie może być zweryfikowane, określa się je jako nienaukowe (Holton, 1999). Obowiązuje również zasada, że jeśli określonych procedur badawczych nie da się powtórzyć w takich samych warunkach, nie są one uznawane za naukowe. To, że nauka jest obiektywna, nie oznacza jednak, że jej ustalenia są absolutnie obowiązujące. Obiektywizm należy raczej rozumieć w ten sposób, że wiedza naukowa podlega ciągłej weryfikacji. Reprezentuje w danym momencie najdokładniejsze możliwe wyjaśnienie badanej rzeczywistości.

Zastosowanie dydaktyczne

Z perspektywy dydaktycznej zasadę tę można przybliżać uczniom poprzez zachęcanie ich do polegania na własnych obserwacjach rzeczywistości. Uczniowie powinni być tak inspirowani, aby nie oczekiwać od nauczyciela dodatkowego potwierdzenia poprawności wyników swoich obserwacji czy pomiarów. Porównując zebrane dane np. między grupami, mogą samodzielnie sprawdzić ich poprawność i dokładność.

Należy również rozwijać u uczniów precyzję dokonywania obserwacji i pomiarów. Warto ich zachęcać do korzystania z narzędzi i urządzeń pomiarowych, aby uzyskiwali jednoznaczne i porównywalne dane. Jeśli na przykład uczniowie chcą sprawdzić, która z dwóch roślin fasoli bardziej urosła, nauczyciel może wesprzeć rozwój ich rozumienia natury nauki, kierując ich uwagę na to, by nie poprzestawali na nieprecyzyjnych szacunkach, lecz starali się jak najdokładniej porównać obie rośliny.

Uczniowie powinni wyrobić w sobie nawyk powtarzania pomiarów i obserwacji, by sprawdzić, czy w danych występuje pewna prawidłowość, czy może mamy do czynienia z przypadkowym lub systematycznym błędem, który ujawnia się podczas porównywania prób. Należy ich również zachęcać do tego, aby obserwowali ten sam proces kilka razy (na różnych roślinach), aby ustalić, czy mają do czynienia z regułą, czy jedynie z wyjątkiem.

Obserwacjom i pomiarom należy poświęcić wystarczająco dużo czasu, aby uczniowie nie wyrobili sobie przekonania, że zbieranie danych, na podstawie których formułuje się później wnioski, można realizować szybko i bez zaangażowania. Przeciwnie – cały ten proces powinien być prowadzony z należytą starannością, ponieważ błędne dane obserwacyjne lub pomiarowe nieuchronnie prowadzą do błędnych wniosków, a w konsekwencji także do nieprawidłowych ustaleń naukowych.

3.2 Współpraca w nauce

Konieczność współpracy przy uprawianiu nauki można dostrzec w kilku wymiarach. Na wstępie warto zaznaczyć, że indywidualne badania nie mogą być uznane za w pełni naukowe. Naukowiec musi przynajmniej komunikować się z innymi badaczami za pośrednictwem publikacji, które zostały już w danej dziedzinie opublikowane; zapoznaje się z tym, co zostało już ustalone. Jeżeli badacz prowadzi swoje badania w oderwaniu od społeczności naukowej, to nie można jego wyników uznać za wystarczająco naukowe (Abell, Smith, 1994). Na przykład, jeżeli naukowiec bada coś, co zostało już wcześniej ustalone przez innych, jego praca nie jest uznawana za naukową – badacz musi wnieść nowy element do badań lub prowadzić je w odmiennych warunkach (czasowych, przestrzennych). Zanim rozpocznie badania, powinien współpracować z innymi naukowcami, aby określić aktualny stan wiedzy w danym obszarze oraz skupić się na tym, co jeszcze nie zostało zbadane.

Współpraca między naukowcami nie musi mieć formy bezpośrednich spotkań. Badacz nie musi osobiście poznawać innych badaczy zajmujących się daną tematyką – współpraca ta odbywa się przede wszystkim za pośrednictwem publikacji naukowych. Rzetelne badania naukowe w danym obszarze może prowadzić jedynie ten badacz, który posiada dostateczną wiedzę o tym, co już zostało odkryte i w jaki sposób to zrobiono. Na początku każdego procesu badawczego kluczowe znaczenie ma rozeznanie w temacie i znajomość wyników badań prowadzonych obecnie lub w przeszłości przez innych specjalistów w danej dziedzinie.

Konsekwencją stosowania zasady współpracy w nauce jest system publikacji naukowych.

Naukowcy współpracują przede wszystkim poprzez system publikacji naukowych. Badania naukowe obejmują nie tylko analizę tego, co zostało już odkryte, i tego, jak były realizowane procedury badawcze w danej dyscyplinie, ale również publikowanie własnych wyników w formie tzw. protokołu badawczego. Badacz udostępnia w ten sposób innym naukowcom, zajmującym się podobną tematyką, nie tylko cel i wyniki swojego badania, lecz także uzasadnienie tego celu w kontekście istniejącej wiedzy. Przekazuje szczegółowy opis przebiegu badania w taki sposób, aby inny naukowiec mógł je przeprowadzić w identycznych warunkach i tym samym przetestować uzyskane wyniki.

Zanim nowe odkrycia zostaną opublikowane, do procesu kooperacji w nauce włączają się inni badacze, których zadaniem jest ocena przede wszystkim obiektywności zamierzeń, metod i wyników badania przeznaczonego do publikacji. W ten sposób dochodzimy do drugiego aspektu kooperacyjności nauki – tzw. zasady recenzji naukowej (ang. peer review). Wyniki badań są uznawane za naukowe tylko wtedy, gdy zostały poddane dyskusji w środowisku naukowym. Publikowane (a więc udostępnione innym naukowcom) są tylko te prace, które zostały ocenione przez ekspertów w danej dziedzinie. Podczas recenzji kładzie się nacisk przede wszystkim na trafność i poprawność metod badawczych (czy zastosowane podejścia pozwalają uzyskać obiektywne dane) oraz na logiczność wnioskowania (czy z danych wyciągnięto prawidłowe i dobrze uzasadnione wnioski).

Z powyższego wynika pewien kontrowersyjny fakt: z jednej strony nie uznajemy za naukowe tych odkryć, metod czy wniosków, które nie zostały zaakceptowane przez środowisko naukowe, z drugiej strony istnieje wiele przykładów radykalnych zmian w sposobie rozumowania, które doprowadziły niektórych badaczy do przełomowych odkryć. Ich sposób myślenia nie był zgodny z obowiązującą wówczas naukową normą, dlatego byli odrzucani, uznawani za radykałów, a nawet za szarlatanów, a ich odkrycia nie były postrzegane jako naukowe. Ich idee zostały zaakceptowane dopiero po pewnym czasie. Można odnieść wrażenie, że to moment historyczny (i społeczność badaczy danej epoki) musiał „dojrzeć" do ich sposobu myślenia. Historia nauki zna wiele przypadków idei, postaw, poglądów, hipotez i teorii, które początkowo zostały odrzucone, a po latach – a czasem nawet dekadach – stały się częścią uznanego paradygmatu naukowego. Typowym przykładem jest Galileusz z teorią obracania się Ziemi wokół własnej osi.

Trzecim aspektem współpracy w nauce jest to, że badania naukowe są zazwyczaj prowadzone w zespołach badawczych (Liu, Lederman, 2007; Abell, Smith, 1994).

W przeciwieństwie do badań indywidualnych, poszczególni członkowie zespołu badawczego reprezentują różną wiedzę, co pozwala na uwzględnienie większej liczby aspektów analizowanego zjawiska. Współcześnie prowadzone badania zwykle wymagają wiedzy interdyscyplinarnej. Z drugiej strony, na ten aspekt można spojrzeć również z perspektywy oryginalności jednostki. Mimo że każdy badacz stara się przetwarzać informacje w sposób obiektywny, posiada unikatowe informacje i specyficzne doświadczenia mogące prowadzić do różnych, ale wciąż obiektywnych wniosków, to współpracując w zespole, może osiągnąć lepsze rezultaty.

Zastosowanie dydaktyczne

Z perspektywy dydaktycznej zasadę współpracy można rozwijać i wykorzystywać u uczniów głównie poprzez organizowanie działań badawczych w formie pracy grupowej. Jednocześnie należy tak ukierunkowywać pracę w grupie, aby uczniowie spontanicznie dostrzegali korzyści płynące z takiej formy współpracy (Akerson, Buzzelli, Donnelly, 2009). Nauczyciel może podkreślać w grupie, jak różnie poszczególni uczniowie myślą o danym zagadnieniu badawczym. Uczniowie mogą się nawzajem inspirować, porównywać swoje wypowiedzi i zwracać uwagę na różnorodność sposobów myślenia i doświadczeń – bez oceniania wypowiedzi (Kempa, Aminah Ayob, 1995) – z jednoczesnym zaakcentowaniem, że również naukowcy często się ze sobą nie zgadzają.

Jasne jest, że w omawianym kontekście praca grupowa nie jest tożsama z prawdziwą współpracą. Uczniowie młodszych klas nie są jeszcze zdolni do efektywnej współpracy w ramach wspólnych badań (czy innych projektów). U wielu uczniów można zidentyfikować pozostałości egocentrycznego myślenia, które sprawia, że badanie prowadzą głównie dla siebie i nie interesuje ich, jak tę samą rzeczywistość postrzegają inni. Egocentryczne myślenie

jednak ma swoje uzasadnienie w rozwoju wstępnych koncepcji – uczeń koncentruje się na poznaniu rzeczywistości w taki sposób, by uzyskać użyteczne wyobrażenia o tym, jak przebiegają poszczególne zjawiska. Umiejętność pracy w grupie, nawet bez prawdziwej współpracy, można postrzegać jako predyspozycję do późniejszego rozwoju współpracy (Hansson, Leden, Thulin, 2021).

Z zasady kooperacyjności w nauce wynika, że za naukowe można uznać jedynie te badania, które wnoszą nową wiedzę (Holton, 1999). Z tej perspektywy jakakolwiek działalność badawcza prowadzona z uczniami w szkole podstawowej nie jest w sensie ścisłym naukowa, bo uczniowie nie odkrywają nowej wiedzy. Z drugiej strony – odkrywają coś nowego dla siebie. Dlatego w dydaktyce rozwijania wyobrażeń o charakterze nauki akceptuje się również takie działania ucznia jako w pewnym sensie naukowe, mimo że nie można ich uznać za naukowe w sensie formalnym.

3.3 Testowalność nauki

Poszczególne elementy nauki poddają się ***testowaniu.*** Myśli, wnioski, wyniki badań są naukowe wtedy, gdy mogą zostać zakwestionowane lub obalone poprzez testowanie, czyli są testowalne (w niektórych źródłach ta cecha nauki określana jest jako możliwość podważenia). Nie można uznać weryfikowalności (poszczególnych części nauki; Holton, 1999) za kryterium naukowości, ponieważ stosunkowo łatwo jest wesprzeć teorię odpowiednio dobranymi danymi lub innymi dowodami. Jeśli celem badań jest udowodnienie słuszności konkretnej teorii, to znalezienie odpowiednich dowodów czy potwierdzających ją danych nie jest trudne. Tak samo łatwo można pominąć idee, które mogłyby stanowić potencjalne wyzwanie dla przedstawionej teorii. Nienaukowym postępowaniem jest ignorowanie faktów falsyfikujących dane twierdzenie; również nienaukowe są procedury, w których nie można znaleźć dowodów pozwalających na sprawdzenie jego słuszności. Kryterium odróżniającym teorię naukową (lub hipotezę czy twierdzenie) od nienaukowej jest możliwość jej zakwestionowania, a nie weryfikowalność.

Badacz powinien dążyć do formułowania takich wniosków, które można zakwestionować, tzn. można zaproponować procedurę, której realizacja pozwoli dany wniosek potwierdzić albo obalić (Brickhouse, 1990). Na pierwszy rzut oka ten warunek wydaje się prosty, jednak często się o nim zapomina, a badacze popadają w selektywne poszukiwanie danych, które potwierdzają sformułowany wniosek.

Na przykład zakładamy, że do kiełkowania nasion potrzebne jest światło. Następnie weryfikujemy to założenie, sadząc nasiona i zapewniając im wszystkie niezbędne warunki (ciepło, wodę, powietrze) oraz światło. Nasiona kiełkują i uzyskujemy oczekiwaną weryfikację. Gdybyśmy jednak skupili się na podważeniu tego założenia, powinniśmy posadzić także nasiona, które mają zapewnione wszystkie potrzebne warunki (ciepło, wodę, powietrze), ale są umieszczone w ciemności. Wówczas stwierdzimy, że nasiona kiełkują zarówno w świetle, jak i w ciemności, co obala pierwotne przypuszczenie.

Oprócz wspomnianego przykładu, w którym badacz koncentruje się na weryfikacji swojego założenia zamiast na jego podważeniu, często można zaobserwować również formułowanie tez, których praktyczne zakwestionowanie nie jest możliwe, ponieważ wymagają realizacji procedur niewykonalnych w rzeczywistych warunkach. Przykładem może być założenie, że dzieci poczęte podczas koniunkcji planet mają w wieku dorosłym mniejsze skłonności do przemocy. Poza tym, że dość trudno uzyskać dokładne dane na temat tego, które dzieci rzeczywiście poczęły się w czasie koniunkcji, to na cechy osobowości w życiu dorosłym wpływa wiele zmiennych, których nie da się wystarczająco kontrolować, aby uzyskać wiarygodne wyniki. Testowalność jako cecha nauki wskazuje, że badacz powinien w każdej swojej pracy dążyć raczej do podważenia słuszności własnych założeń, niż do poszukiwania dowodów, które je potwierdzają (Chalmers, 1982).

Zastosowanie dydaktyczne

Ze względu na wiek uczniów rozpoczynających naukę w szkole podstawowej, nie można oczekiwać istotnego rozwinięcia u nich umiejętności planowania takich procedur, za pomocą których próbowaliby podważać swe twierdzenia. Wręcz przeciwnie — myślenie ucznia w młodszym wieku szkolnym jest konkretne, wnioskuje on

w sposób prosty i na podstawie ograniczonej liczby danych (Piaget, Inhelder, 1993). Praca ze zmiennymi, która jest niezbędnym warunkiem praktycznego zastosowania tej cechy nauki, pozostaje na tym etapie niedoścignionym celem edukacyjnym. Staje się ona jednak interesującym impulsem w rozwijaniu wyobrażeń o charakterze nauki u starszych uczniów.

Z młodszymi uczniami można realizować praktyczne działania, których celem jest sprawdzenie określonego twierdzenia. Dzięki temu uczniowie uzyskują wyobrażenie o nauce jako o działalności, w której badacz stara się sprawdzać twierdzenia za pomocą różnych testów. Początkowo nauczyciel pełni rolę osoby proponującej, jak dane twierdzenie zweryfikować, z czasem jednak angażuje uczniów w modyfikowanie procedur, w rozważanie alternatywnych sposobów badania, a dopiero później w samodzielne proponowanie procedur badawczych — po to, aby uczniowie zrozumieli, że procedury nie są z góry dane, lecz tworzy je osoba prowadząca badanie. W ramach tej cechy nauki skupiamy się przede wszystkim na rozwijaniu wyobrażenia, że badania naukowe polegają na nieustannym prowadzeniu działań, za pomocą których sprawdzamy, co myślimy o przyrodzie.

3.4 Tymczasowy charakter wiedzy naukowej

Tymczasowy charakter wiedzy naukowej (a więc jej niestałość) można wyrazić w ten sposób, że wszystkie jej ustalenia pozostają wciąż na poziomie hipotez – ich trafność jest ma jedynie tymczasowe potwierdzenie. Pozostają one nieudowodnione, mimo że wyniki różnych badań naukowych wielokrotnie potwierdzają wnioski (nie obalają ich). Wyniki badań świadczą jedynie o tym, że nie znaleziono dowodu obalającego daną teorię. Nie daje to jednak pewności, że kolejne badania tej teorii nie podważą. Jeśli natomiast znajdziemy jeden argument, który teorię falsyfikuje, to zostanie ona odrzucona jako nietrafna (Chalmers, 1982).

Ta cecha wskazuje na charakterystyczną dla nauki ostrożność. Naukowcy dążą do odnajdywania różnych wyjaśnień obserwowanych zjawisk na podstawie dużej ilości zebranych danych, które analizują w sposób logiczny. Zawsze starają się tworzyć wyjaśnienia zgodne z maksymalnie możliwą liczbą danych. Dążą zatem do obiektywizmu. Nawet jeśli przyjmują pewne wyjaśnienie, to nie oznacza, że dotarli do powszechnie obowiązującej „prawdy" (Holton, 1999). Przeciwnie – zadowalają się zweryfikowanym wyjaśnieniem i traktują je jako najbardziej adekwatne w kontekście aktualnie posiadanych danych. Nie wykluczają jednak, że w przyszłości znajdą się dowody, które to wyjaśnienie podważą. Wyniki badań naukowych, niezależnie od ich dokładności i ogólności, mają charakter tymczasowy. Odkryte wyjaśnienia mogą zostać zmodyfikowane lub zmienione, tak by były zgodne z nowymi doświadczeniami lub nowo zaobserwowanymi faktami.

Zastosowanie dydaktyczne

Jeśli uczniom nie potwierdzi się przypuszczenie, które sformułowali na początku badania, to możemy – w ramach rozwijania zrozumienia tymczasowego charakteru nauki – utwierdzić ich w przekonaniu, że zmiana spojrzenia na przebieg zjawisk przyrodniczych czy rozmaitych sytuacji, jest czymś całkowicie naturalnym. Możemy także pokazać na przykładach, jak naukowcy z czasem odnajdywali nowe wyjaśnienia i odrzucali wcześniejsze jako nieprawdziwe. Albo po prostu podkreślić, że także naukowcom ich przypuszczenia często się nie potwierdzają – ale oni nie traktują tego jako porażki.

Świadomości tego, że wiedza naukowa ma charakter tymczasowy nie da się rozwijać w młodszym wieku szkolnym w takim znaczeniu, w jakim ta cecha jest rozumiana w nauce. Wręcz przeciwnie – w tym okresie uczniowie powinni mieć poczucie, że nauka pomaga im wyjaśniać otaczający świat i powinni mieć zaufanie do jej wyników (Bell, Clair, 2015; Brickhouse, 1990).

Ponieważ uczniowie mogą badać zjawiska przyrodnicze tylko na poziomie empirycznym, nauczyciel zazwyczaj nie ma możliwości pełnego zademonstrowania tymczasowości nauki. Tymczasowość nie odnosi się do danych, lecz do wyjaśnień zakorzenionych w tych danych – odnosi się zatem do wniosków indukcyjnych czy hipotez. Te pojawiają się w problemach badawczych o charakterze relacyjnym i kauzalnym, w których celem jest wyjaśnienie obserwowanego zjawiska. Z takimi sytuacjami badawczymi uczeń w szkole podstawowej na pierwszym etapie

nauczania się nie spotyka, a na drugim – tylko wyjątkowo. Na pierwszym etapie edukacji uczeń bada zjawiska głównie na poziomie empirycznym, w ramach opisowych problemów badawczych – ustala, jak i kiedy oraz w jakich warunkach dane zjawiska się pojawiają.

4 Rozwijanie wyobrażeń o naturze nauki w dydaktyce

Niektóre z wymienionych aspektów i cech nauki można stopniowo włączać do działań edukacyjnych nauczycieli w klasie, tak aby uczniowie stopniowo kształtowali swe prawidłowe wyobrażenie o naturze nauki. Możliwe i wskazane jest wspieranie u uczniów poczucia kompetencji w dokonywaniu odkryć na drodze własnej działalności badawczej, przy czym samo badanie powinno być realizowane w taki sposób, by uczniowie mogli polgać na jego wynikach. Równocześnie warto rozwijać u uczniów umiejętność rozpoznawania wiarygodnych źródeł informacji oraz pracy z nimi.

Nie zaleca się natomiast rozwijania wyobrażeń uczniów o naturze nauki za pomocą metody podawczej. Dzieci nie potrzebują umiejętności werbalnego wyjaśnienia, jakie są cechy nauki – wystarczy, że będą stopniowo doskonalić własne działania badawcze tak, aby wykazywały one cechy metod naukowych i rozwijały ich wiedzę na bazie wiarygodnych źródeł informacji.

Z powyższego wynikają następujące zasady dydaktyczne rozwijania wyobrażeń o naturze nauki i badania naukowego:

- ***Preferowanie pracy zespołowej***

W ramach działań przyrodniczych korzystne jest, gdy nauczyciel organizuje pracę uczniów w grupach. Na początku nie jest konieczne, aby uczniowie współpracowali nad rozwiązaniem zadań – wystarczy, że mają możliwość współpracy, konsultowania się, podpatrywania sposobów rozwiązania czy udzielenia komuś pomocy. Im starsi uczniowie, tym bardziej warto ich zachęcać do celowej interakcji w grupie, aby „doświadczyli" efektu współpracy i przekonali się, że pracując zespołowo, mogą dowiedzieć się więcej i bardziej polegać na osiągniętych wynikach.

- ***Uczenie precyzji w pozyskiwaniu danych w trakcie badań***

W rozwijaniu wyobrażeń o obiektywizmie nauki konieczne jest podejmowanie takich aktywności, podczas których uczniowie celowo obserwują dane zjawisko, lub badają je bardziej kompleksowo, pozyskując dane, na podstawie których mogą zmodyfikować swoją wiedzę. Nauczyciel powinien udzielać takich instrukcji, które skłonią uczniów do precyzji w badaniu, do cierpliwego powtarzania pewnych kroków, pomiarów czy porównywania wyników z innymi uczniami lub grupami. Dlatego należy przeznaczyć odpowiednią ilość czasu na realizację tych działań oraz kłaść nacisk na dokładność (pedantyczność, precyzję).

- ***Tworzenie notatek z działań badawczych***

Wiele cech nauki wskazuje na konieczność zakotwiczenia naukowych uogólnień w danych empirycznych. Badacz nie musi (ani nie może) ich wszystkich zapamiętać. W trakcie badania robi notatki, aby po zakończeniu zbierania danych móc do nich wrócić i ocenić pytanie badawcze, którym się zajmował. Uczeń powinien zapisywać pozyskiwane dane w sposób systematyczny, co ułatwi mu późniejsze formułowanie wniosków. Dzięki temu może w każdej chwili powrócić do wyników badania. Na początku nauczyciel udostępnia uczniom przygotowane wcześniej arkusze zapisu i instruuje ich, jak zapisywać dane i jak je później „odczytywać". Sam nauczyciel jest przykładem osoby, która tworzy notatki. Dopiero później uczniowie są podprowadzani do samodzielnego tworzenia własnych zapisów (proponują tabele, schematy czy diagramy). Nauczyciel uczy ich rozumieć sens sporządzania notatek — aby je postrzegali jako własne narzędzie przydatne w formułowaniu wniosków, relacjonowaniu tego, co zostało zbadane, ukazywaniu procesu zbierania danych oraz efektów badania. Notatka może mieć dowolną formę, stosownie do potrzeb badacza.

- ***„Głośne" myślenie***

Naszym celem nie jest teoretyczne ukazanie uczniom istoty nauki, lecz ukształtowanie odpowiednich wyobrażeń na ten temat, a to dokonuje się pośrednio poprzez polecenia towarzyszące głównej aktywności edukacyjnej. Cech charakterystycznych nauki nie da się uczniom w przystępny sposób wyjaśnić werbalnie, ale można je ukazywać na przykładzie osoby prowadzącej badanie naukowe. W tym przypadku jest to nauczyciel, który „uwidacznia" dzieciom swoje rozumowanie poprzez głośne myślenie. W ramach swoich poleceń może dawać przykład wnioskowania lub uzasadniania określonych działań, które prowadzą do bardziej precyzyjnych, naukowych wniosków. Może przykładowo rozważać potrzebę powtórzenia pomiaru lub obserwacji, albo doprecyzowania sposobu badania. Nauczyciel staje się dla uczniów wzorem osoby, która myśli naukowo, bada i przetwarza informacje.

- **Rozwijanie postawy sceptycznej**

Nauczyciel zachęca uczniów do uzasadniania swoich twierdzeń. Czasami opierają się oni na wcześniejszych doświadczeniach, innym razem odwołują się do danych weryfikujących wnioski. Początkowo sam nauczyciel jest dla uczniów wzorem takiego rozumowania, jednak stopniowo oczekuje od nich samych prostszych form uzasadniania.

Ponadto można wdrażać uczniów w sprawdzanie informacji w różnych źródłach. Uczniowie, dysponujący niewielką wiedzą i doświadczeniem, często bezkrytycznie wierzą w przypadkowe informacje. Gdy nauczyciel celowo wybiera przykład alternatywnych wyjaśnień danego zjawiska i prezentuje się jako osoba, która analizuje i sprawdza, staje się przykładem osoby naukowo sceptycznej. Ważnym obszarem jest zatem również praca z informacjami prezentowanymi w różnych źródłach.

- **Rozwijanie dociekliwości**

Ponieważ podstawowym celem badań naukowych jest poznanie, rozwój wyobrażeń na temat nauki wiąże się ściśle z motywowaniem do poznawania, które wynika z dociekliwości (w roli czynnika motywacyjnego). Zewnętrzna motywacja jest nieskuteczna w rozwijaniu owej dociekliwości. Przeciwnie – jeśli uczeń w wyniku działania odkryje coś nowego, interesującego, a samo poznanie sprawi mu satysfakcję, wzmacnia się również czynnik motywacyjny, czyli jego dociekliwość, ciekawość. Ważne jest tworzenie takich sytuacji edukacyjnych, w których głównym motywem działania ucznia jest potrzeba poznawania, a więc aktywność kierowana motywacją wewnętrzną. Nie muszą to być skomplikowane sytuacje. Skuteczne może być np. zachęcanie ucznia do formułowania przypuszczeń na temat tego, co się wydarzy w badanej sytuacji po określonej interwencji. Gdy uczeń wypowie przypuszczenie (nawet jeśli będzie to tylko domysł czy intuicja), sytuacja może wzbudzić jego ciekawość i chęć poznania wyniku. Dociekliwość można efektywnie rozwijać również przez własny przykład. Jeśli nauczyciel sam zachowuje się jak osoba zainteresowana światem, która - mimo że bywa zaskakiwana - cieszy się z nowej wiedzy, to staje się on dobrym wzorem także dla uczniów. Dociekliwość można rozwijać także poprzez działania, w których uczeń odkrywa, że potrafi samodzielnie coś nowego zauważyć i poznać.

- **Rozwijanie poczucia kompetencji w badaniu i polegania na własnych ustaleniach**

Jeśli chcemy, aby uczniowie rozwijali prawidłowe wyobrażenie o naturze nauki i badań naukowych, muszą oni doświadczyć nauki – choćby w uproszczonej formie – i przede wszystkim zrozumieć znaczenie naukowej aktywności. Uczeń powinien w szkole uczestniczyć w przedsięwzięciach badawczych, w wyniku których sam odkryje coś nowego. Celem (obok innych) jest także rozwijanie poczucia kompetencji w prowadzeniu badań. Dlatego działania należy organizować w taki sposób, by rozwijać ten aspekt postawy wobec nauki. Należy przeznaczyć na to wystarczająco dużo czasu, ponieważ uczniowie potrzebują więcej czasu na wykonanie działań.

Nauczyciel nie powinien zdradzać, że zna odpowiedzi na kwestie, które zamierza zbadać z uczniami. Uczniowie nie powinni bowiem szukać u niego potwierdzenia słuszności swoich ustaleń. Wręcz przeciwnie – nauczyciel powinien zapewniać uczniów, że jeśli przeprowadzili badanie starannie, i wszystkie grupy uzyskały ten sam wynik, to *prawdopodobnie* znaleźli trafne rozwiązanie.

5 Przykład stosowania reguł rozwijania wyobrażeń na temat nauki w interwencjach pedagogicznych

W poniższym tekście pokazujemy, w jaki sposób nauczyciel może rozwijać wyobrażenia na temat nauki poprzez wybrane działania badawcze. Podkreślamy, że celem nie jest teoretyczne zapoznanie uczniów z zasadami dotyczącymi nauki metodą podawczą. W edukacji koncentrujemy się raczej na tworzeniu takich interwencji pedagogicznych, dzięki którym uczniowie rozwijają swe wyobrażenia na temat nauki i badań w sposób pośredni, do pewnego stopnia ukryty.

W podręczniku „ExpEdície" dla I. klasy prosi się uczniów o rozwiązanie prostej empirycznej kwestii badawczej: *Jakie przedmioty są przyciągane przez magnes, a jakie nie?* Przed samym sformułowaniem pytania badawczego nauczyciel zajmuje się identyfikacją aktualnych wyobrażeń uczniów na temat tego, w jaki sposób różne przedmioty zachowują się w pobliżu magnesów. Zadaje przykładowe pytania: *Gdzie w klasie (oprócz tablicy) można przypiąć ogłoszenie za pomocą magnesu?* W ten sposób uczniowie są zachęcani do wyrażenia swojej aktualnej wiedzy. Z dyskusji często wynika, że uczniowie nie są zgodni co do tego, które materiały są przyciągane przez magnes, a które nie – co naturalnie prowadzi do sformułowania pytania badawczego.

W tej wstępnej, diagnostycznej fazie nauczyciel może wpływać na wyobrażenia dzieci o nauce i badaniach naukowych poprzez okazywanie zainteresowania tym, co uczniowie już wiedzą. Pyta o ich doświadczenia, porównuje wyobrażenia i podkreśla znaczenie współpracy, a także znaczenie wcześniejszej wiedzy – nauka ustala to, co jeszcze nie zostało ustalone, i weryfikuje to, co jest nadal dyskusyjne.

Ponieważ zdania uczniów są podzielone, to nauczyciel proponuje, aby lepiej zbadać daną sytuację i formułuje pytanie badawcze, do którego uczniowie otrzymują kartę pracy. Zadaniem uczniów jest sformułowanie przewidywania, które z podanych przedmiotów zostaną przyciągnięte przez magnes.

Podczas przedstawiania celu badania nauczyciel może wpływać na wyobrażenie uczniów na temat nauki i badań naukowych poprzez okazywanie swego zainteresowania, mówienie na głos o tym, że niektórych rzeczy jeszcze nie wie. Jednocześnie okazuje chęć i gotowość do zbadania tego, czego nie wie, i do odkrycia czegoś nowego. Mimo że jest osobą dorosłą, a nawet nauczycielem, przyznaje, że nie wie wszystkiego. Nauka jednak umożliwia mu nieustanne odkrywanie nowych rzeczy i lepsze rozumienie otaczającego świata. Podkreśla również, że nie ma niczego złego w tym, że czegoś nie wie. Ważne, że wie, jak to zbadać i się dowiedzieć.

Jakie przedmioty przyciąga magnes, a jakie nie?
Stwórzcie hipotezę i sprawdźcie ją za pomocą magnesu.

	PRZYPUSZCZENIE	SPRAWDZENIE	PODSUMOWANIE
METALOWA ŁYŻKA			
SPINACZ			
PLASTIKOWA ŁYŻKA			
JAJKO Z KINDER NIESPODZIANKI			
PLASTELINA			
DŁUGOPIS			

Tworzenie wniosku: A co jeśli rozbierzecie długopis? Czy zawiera części, które nie są przyciągane przez magnes?
Czego się dowiedzieliście? Jak myślicie, od czego zależy, czy przedmiot będzie przyciągany przez magnes?

Rysunek 1

Uczniowie formułują założenia, przy czym są zachęcani do dyskusji w grupach roboczych, aby móc się wzajemnie inspirować lub w inny sposób na siebie oddziaływać. Każdy uczeń zapisuje własne założenie w karcie pracy. Następnie uczniowie porównują swoje założenia w grupach, a w razie potrzeby je prezentują i uzasadniają.

W tej części aktywności nauczyciel może wspierać rozwój wyobrażenia uczniów o naturze nauki przede wszystkim poprzez komentowanie pracy grupowej oraz ewentualnych rozbieżności w formułowanych założeniach. Może podkreślić, że również naukowcy często pracują w zespołach, każdy wnosi do rozwiązywania postawionego problemu własne doświadczenia, i dlatego może się zdarzyć, że nie będą oni zgodni co do założeń. Założenie - to roboczy osąd, który pomaga nam skoncentrować się na tym, co chcemy badać. Badacz nie stara się go potwierdzić, czyli nie szuka dowodów jego słuszności, lecz obiektywnie sprawdza jego prawdziwość. Całkowicie normalne jest, że założenie się nie potwierdzi – w nauce zdarza się to często. Naukowcy traktują niepotwierdzone założenie jako źródło nowej wiedzy.

Po sformułowaniu założeń nauczyciel zachęca uczniów do zaprojektowania procedury badawczej. W ramach utworzonych grup roboczych uczniowie mają przedyskutować, co będzie im potrzebne do sprawdzenia założeń i jak będzie

przebiegało badanie. Następnie uczniowie prezentują zaproponowane procedury badawcze i w dyskusji z nauczycielem wspólnie ustalają taki przebieg badania, który pozwoli uzyskać wiarygodne wyniki.

Tak sformułowane zadanie pozwala nauczycielowi uwypuklić, że procedury badawcze nie są z góry dane. Badacz sam je opracowuje w taki sposób, aby zdobyć dane pozwalające odpowiedzieć na postawione pytanie badawcze, a jednocześnie, aby były one wiarygodne. Uczniowie często naiwnie sądzą, że nauka zajmuje się jedynie skomplikowanymi zjawiskami, które bada się według ustalonych procedur. Uważają, że aby prowadzić badania naukowe, trzeba najpierw poznać te procedury. Poprzez kontakt z zadaniami, w których już od wczesnych lat próbują samodzielnie projektować przebieg badań, stopniowo korygują to naiwne wyobrażenie.

Zlecenie zadania w pracy grupowej również ma swoje uzasadnienie. Opracowanie procedury badawczej nie jest rzeczą prostą. Wymaga czasu, szczególnie jeśli ma to być dobrze przemyślana procedura, dzięki której można uzyskać wiarygodne dane. Jeśli nauczyciel powierza to zadanie grupom, to pokazuje, że nie oczekuje natychmiastowej odpowiedzi. Zachęca uczniów do dyskusji nad możliwymi rozwiązaniami i do wspólnego wymyślenia czegoś sensownego. Prawdopodobne jest, że dzięki interakcjom wewnątrz grupy uczniowie będą skuteczniejsi w zaproponowaniu choćby prostych procedur. Równie ważne jak zapewnienie wystarczającego czasu na opracowanie pomysłów, jest to, aby nauczyciel poświęcił odpowiednią ilość czasu na omówienie odkryć dokonanych przez uczniów.

Nauczyciel powinien na przykład podkreślać, że należy postępować zgodnie z tabelą — badać przedmioty w takiej kolejności, w jakiej są wymienione w karcie pracy, aby żadnego nie pominąć. Jednocześnie może zaznaczyć, że warto niezwłocznie zapisać wynik, ponieważ po przebadaniu kilku przedmiotów uczniowie mogą zapomnieć, co zaobserwowali, i będą musieli powtórzyć obserwację. W dyskusji na temat sposobu testowania założeń warto położyć nacisk na przykład na to, aby uczniowie przykładali magnes do badanego przedmiotu z różnych stron — wtedy upewnią się, że przedmiot rzeczywiście nie jest przyciągany. Już w samym doprecyzowaniu sposobu działania kładziemy nacisk na obiektywizm i precyzję. Następnie uczniowie realizują badanie według uzgodnionej procedury.

W tej części nauczyciel akcentuje znaczenie obserwacji, która jest podstawą poznania. Jeśli obserwujemy coś dokładnie, to możemy zdobyć nową wiedzę nawet w znanej sytuacji — wiedzę, która pozwoli nam skorygować nasze wyobrażenie o obserwowanym zjawisku. Nauczyciel może wspierać rozwój wyobrażeń uczniów na temat nauki i badania naukowego, zwracając uwagę, by obserwowali, jak do tego samego przedmiotu przykładamy różne magnesy i z różnych stron. W ten sposób nauczyciel staje się wzorem osoby, która chce się dowiedzieć więcej, niż już wie, i opiera swoje wnioski na zaobserwowanych faktach (obiektywizm nauki).

Równocześnie u uczniów kształtuje się wyobrażenie nauki jako działalności precyzyjnej, która wymaga cierpliwości i czasu. Wyobrażenie o naturze nauki może być również kształtowane przez to, że nauczyciel działa z zaangażowaniem, cierpliwością i precyzją. Jest dla uczniów wzorem osoby prowadzącej badania. Działanie nie może być pośpieszne — uczeń powinien mieć poczucie, że ma czas na badanie i że ważna jest dokładność i precyzja. Nauczyciel może podkreślić, że również naukowcy wielokrotnie badają ten sam obiekt czy zjawisko, by upewnić się, że nie popełnili błędu w obserwacji.

Po przeprowadzeniu badania nauczyciel zachęca uczniów do porównania wyników osiągniętych przez poszczególne grupy.

W tym momencie pojawia się przestrzeń do rozwijania wyobrażenia o znaczeniu współpracy w nauce. Porównywanie wyników może prowadzić do eliminacji błędnych pomiarów czy nieprawidłowych wniosków. Nauczyciel podkreśla również, że każdy może popełnić błąd, ale jeśli pracujemy w zespole badawczym, to wzajemnie się kontrolujemy.

Jeśli na przykład nauczyciel zauważy różnice w wynikach obserwacji u różnych uczniów, to zwraca na nie uwagę, wspólnie z uczniami zastanawia się, skąd wynikają rozbieżności w danych i zachęca do ponownej obserwacji.

W tej części zajęć można szczególnie podkreślić znaczenie współpracy. Gdy kilka grup bada to samo zjawisko i próbuje je ocenić, poprzez wzajemne porównanie otrzymują od siebie informację zwrotną, czy prowadzili badanie i wy-

ciągali wnioski we właściwy sposób. Jeśli wyniki się różnią, mogą zastanowić się, co było przyczyną tych różnic — czy popełniono błąd w obserwacji, czy też grupy nie badały tego samego przedmiotu, lub nie robiły tego w ten sam sposób.

W kolejnym kroku uczniowie mają wrócić do pytania badawczego i spróbować sformułować wniosek jako odpowiedź na to pytanie. Ponieważ wyniki obserwacji zostały skontrolowane, jest prawdopodobne, że wniosek będzie adekwatny do rzeczywistego przebiegu badanego zjawiska.

Dla rozwoju wyobrażeń na temat nauki ważne jest, aby nauczyciel podczas całej aktywności przypominał uczniom, jaki jest cel badania, i aby na koniec wrócić do celu inicjującego pytania i spróbować na nie odpowiedzieć. Uczniowie w sposób nieuświadomiony zauważają, że dzięki badaniu poznają otaczający świat i zaczynają go lepiej rozumieć. Zyskują przekonanie, że dzięki precyzyjnemu i obiektywnemu badaniu uzyskują z otoczenia informacje, na podstawie których mogą budować wiarygodne wyjaśnienia.

Nauczyciel wspiera rozwój tego wyobrażenia, prowadząc uczniów do ponownego przeglądnięcia danych zapisanych w karcie pracy wspierających sformułowany wniosek.

Z przeprowadzonego badania wynika, że magnes przyciąga jedynie przedmioty wykonane z metalu lub zawierające metal, jednak nie wszystkie metalowe przedmioty są przyciągane przez magnes.

Jeśli uczniowie mają trudność z formułowaniem wniosku, sam nauczyciel (zwłaszcza w 1 klasie) staje się przykładem osoby, która stara się z zapisanych wyników obserwacji wyciągnąć wniosek, jakie przedmioty są przyciągane przez magnes. Podczas formułowania wniosku nauczyciel pokazuje swój sposób rozumowania poprzez „głośne myślenie".

W takim przypadku nauczyciel staje się wzorem osoby prowadzącej badania — „uwidacznia" tendencję do wyjaśniania obserwowanego zjawiska i daje przykład naukowego rozumowania. Myśląc na głos, pokazuje uczniom, w jaki sposób analizuje wyniki i nad nimi reflektuje. Dzięki temu uczniowie zauważają, że naukowiec nie tylko obserwuje, ale też interpretuje to, co obserwuje.

Bibliografia:

Akerson, V. L., Buzzelli, C. A., Donnelly, L. A. (2009). On the nature of teaching nature of science: Preservice early childhood teachers' instruction in preschool and elementary settings. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 47, Issue 2, p. 213–233, DOI: https://doi.org/10.1002/tea.20323

Archer, L. (2018). Engaging children in science a ´science capital´ approach. In: Primary Science. DOI: www.ase.org.uk/system/files/5-7_13_0.pdf.

Bell, R. L., St. Clair, T. L. (2015). Too Little, Too Late: Addressing Nature of Science in Early Childhood Education. In: Cabe Trundle, K., Saçkes, M. eds. Research in Early Childhood Science Education. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0_6

Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, *41*(3), p. 53–62. https://doi.org/10.1177/002248719004100307

Csámpai, O. (2013). Elementárium kvantitatívneho výskumu. Oliva. ISBN: 9788089332151

Harlen, W., eds. (2010). Principles and Big Ideas of Science Education. Herts: Association for Science Education. ISBN 978 0 86357 4 313. DOI: https://www.ase.org.uk/bigideas

Harlen, W., eds. (2015). Working with Big Ideas of Science Education. Trieste: Science Education Programme (SEP) of IAP. ISBN: 9788894078404. DOI: www.interacademies.net/publications/26703.aspx

Harlen,W. (2000). The Teaching of Science in Primary Schools. London: David Fulton Publishers Ltd.

Holton, G. (1999). *Věda* a *antivěda*. Academia. ISBN: 80-200-0717-2

Chalmers, A. F. (1982). *What is this thing called Science?* Bristol: Open University Press, 1982.

DeWitt, J., Archer, L., Mau, A. (2016). Dimensions of science capital: exploring its potential for understanding students' science participation, International Journal of Science Education, 38:16, p. 2431–2449, DOI: 10.1080/09500693.2016.1248520

Kempa, R. F., Aminah Ayob (1995). Learning from group work in science. In: *International Journal of Science Education*, 17, č. 6, s. 743–754.

Hansson, L., Leden, L., Thulin, S. (2021). Nature of science in early years science teaching, European Early Childhood Education Research Journal, 29:5, p. 795–807, DOI: 10.1080/1350293X.2021.1968463

Piaget, J., Inhelder, B. (1993). *Psychológia dieťaťa*. Bratislava: Sofa.

Abell, S. K., Smith, D. C. (1994). What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science, International Journal of Science Education, 16:4, p. 475–487, DOI: 10.1080/0950069940160407

Liu, S. Y., Lederman, N. G. (2007). Exploring Prospective Teachers' Worldviews and Conceptions of Nature of Science, International Journal of Science Education, 29:10, p. 1281–1307, DOI: 10.1080/09500690601140019

ÍNDÍCIA