

Elżbieta Szedzianis

Aktywność badawcza uczniów w edukacji biologicznej w szkole ponadpodstawowej

- ✓ Eksperymenty i aktywizujące metody nauczania w badaniach
- ✓ Metody rozwijające aktywność badawczą w edukacji biologicznej
- ✓ Przykłady eksperymentów na zajęciach biologii w szkole ponadpodstawowej



Recenzja
dr Danuta Kitowska

Analiza merytoryczna
dr Joanna Borgensztajn

Redakcja językowa i korekta
Monika Lipińska-Pawelek

Projekt graficzny, projekt okładki
Wojciech Romerowicz, ORE

Skład i redakcja techniczna
Grzegorz Dębiński

Projekt motywu graficznego „Szkoły ćwiczeń”
Aneta Witecka

ISBN 978-83-65967-46-6 (Zestawy materiałów dla nauczycieli szkół ćwiczeń – przyroda)
ISBN 978-83-65967-62-6 (Zestaw 4: Aktywność badawcza uczniów w ponadpodstawowej edukacji przyrodniczej)
ISBN 978-83-65967-63-3 (Zeszyt 1: Aktywność badawcza uczniów w edukacji biologicznej w szkole ponadpodstawowej)

Warszawa 2017
Ośrodek Rozwoju Edukacji
Aleje Ujazdowskie 28
00-478 Warszawa
www.ore.edu.pl

Publikacja jest rozpowszechniana na zasadach wolnej licencji Creative Commons – Użycie niekomercyjne 3.0 Polska (CC-BY-NC).

Spis treści

Wstęp	3
Eksperymenty i aktywizujące metody nauczania w badaniach	5
Metody rozwijające aktywność badawczą w edukacji biologicznej	7
Metoda eksperymentu szkolnego	7
Pokaz	17
Ćwiczenia laboratoryjne	18
Obserwacja i doświadczenie jest problemem także dla specjalistów	21
Przykłady eksperymentów na zajęciach biologii w szkole ponadpodstawowej	22
Przykład doświadczenia z zakresu fizjologii roślin	22
Eksperyment prowadzony w strategii wyprzedzającej	23
Porównanie składu chemicznego roślin i grzybów – eksperyment	25
Badanie zjawiska allelopatii – doświadczenie	29
Bibliografia	31
Spis ilustracji	31



Wstęp

Zarówno autorzy obowiązującej w 2017 r. podstawy programowej dotyczącej edukacji przyrodniczej w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum, jak i autorzy projektu podstawy programowej dla szkół ponadpodstawowych w zakresie biologii podkreślają, że „niezwykle ważnym elementem kształcenia przyrodniczego, nie tylko biologicznego, jest rozwijanie zdolności do krytycznego myślenia oraz umiejętności poznawania świata za pomocą odpowiednio zaplanowanych i udokumentowanych obserwacji i doświadczeń” (Podstawa..., b.r.: 106).

W obu podstawach programowych wskazano na obserwacje i doświadczenia wykonywane przez ucznia samodzielnie, a nie tylko pokazy prezentowane przez nauczyciela. Dlatego główny nacisk autorzy kładą na to, by takie pojęcia jak problem badawczy i hipoteza, próba badana i kontrolna itp. uczniowie poznawali zarówno teoretycznie, jak i w praktyce. Ciekawe obserwacje i doświadczenia są najlepszym sposobem na to, by rozwijać w młodych ludziach zainteresowania naukami przyrodniczymi i chęć samodzielnego poznawania ich tajników. Żaden podręcznik nie jest w stanie zastąpić żywego kontaktu z przyrodą.

W komentarzach do podstawy programowej zwrócono uwagę, że:

„Niezależnie od tematyki doświadczenia lub obserwacji, istotą jego realizacji powinno być omówienie z uczniami podstaw metodyki badań naukowych, poczynając od sformułowania problemu badawczego, przez postawienie hipotezy badawczej, planowanie doświadczenia lub obserwacji, skończywszy na zapisaniu wyników, sformułowaniu wniosków i końcowej weryfikacji hipotezy badawczej. Dopiero w ten sposób wymagania ogólne dotyczące znajomości metodyki badań biologicznych będą w pełni zrealizowane” (Podstawa..., b.r.: 111).

W nowej podstawie programowej z biologii dla liceum ogólnokształcącego i technikum – zakres podstawowy, w wymaganiach ogólnych czytamy:

„III. Rozwijanie myślenia naukowego; doskonalenie umiejętności planowania i przeprowadzania obserwacji i doświadczeń oraz wnioskowania w oparciu o wyniki badań.

Uczeń określa problem badawczy, formułuje hipotezy, planuje i przeprowadza oraz dokumentuje obserwacje i proste doświadczenia biologiczne; określa warunki doświadczenia, rozróżnia próbę kontrolną i badawczą; w oparciu o proste analizy statystyczne opracowuje, analizuje i interpretuje wyniki badań; ocenia poprawność zastosowanych procedur badawczych oraz formułuje wnioski; przeprowadza celowe obserwacje mikroskopowe i makroskopowe” (Biologia... (projekt), b.r.: 1).

W warunkach i sposobie realizacji podstawy programowej dla szkół ponadpodstawowych (projekt) ustawodawca podkreśla, że należy rozwijać u uczniów umiejętność planowania oraz przeprowadzania doświadczeń i obserwacji, a także wnioskowania na ich podstawie. Zwraca



też uwagę, by doświadczenia i obserwacje były możliwe do wykonania w pracowni szkolnej lub w warunkach domowych oraz by nie wymagały skomplikowanych urządzeń i drogich materiałów.

Istotne jest także stworzenie podczas planowania i przeprowadzania doświadczeń oraz obserwacji warunków umożliwiające uczniom „zadawanie pytań weryfikowalnych metodami naukowymi, zbieranie danych, analizowanie i prezentowanie danych, konstruowanie odpowiedzi na zadane pytania” (Biologia... (projekt), b.r.: 11). W prawidłowym kształtowaniu umiejętności badawczych uczniów niezwykle ważne jest też, aby uczeń:

- umiał **odróżnić doświadczenia od obserwacji oraz od pokazu**, będącego ilustracją omawianego zjawiska;
- znał procedury badawcze.

Nauczyciel powinien też zwracać szczególną uwagę na prawidłowe kształtowanie u uczniów umiejętności określania prób kontrolnych i badawczych oraz matematycznej analizy wyników (z zastosowaniem podstawowych elementów statystyki) (tamże: 11).

„Zajęcia z biologii powinny być prowadzone we właściwie wyposażonej pracowni. Ważnym elementem jej wyposażenia powinien być projektor multimedialny, tablica interaktywna oraz komputer z zestawem głośników i z dostępem do internetu, a także odpowiednie meblowanie, w którym będzie można gromadzić sprzęt laboratoryjny oraz pomoce dydaktyczne wykorzystywane w różnych okresach roku szkolnego. Istotne jest, aby w pracowni znajdował się sprzęt niezbędny do przeprowadzania wskazanych w podstawie doświadczeń i obserwacji, tj. przyrządy pomiarowe, przyrządy optyczne, szkło laboratoryjne, szkiełka mikroskopowe, odczynniki chemiczne, środki czystości, środki ochrony (fartuchy i rękawice ochronne, apteczka). Ważnymi pomocami dydaktycznymi w każdej pracowni powinny być atlasy, preparaty mikroskopowe, modele obrazujące wybrane elementy budowy organizmu człowieka (np. model szkieletu, model oka, model ucha, model klatki piersiowej). Ważne jest także wykorzystywanie podczas zajęć różnorodnych materiałów źródłowych tj. zdjęć, filmów, plasz poglądowych, tekstów popularnonaukowych, danych, będących wynikiem badań naukowych, prezentacji multimedialnych, animacji, zasobów cyfrowych dostępnych lokalnie oraz w sieci” (tamże: 12).

Z tym zestawie materiałów opiszemy możliwości zwiększenia aktywizacji badawczej uczniów w szkole ponadpodstawowej. Zwrócimy przede wszystkim uwagę na aktywizujące metody nauczania, w tym m.in. eksperymenty, obserwacje i ćwiczenia laboratoryjne. Przedstawimy również propozycje eksperymentów i obserwacji, które mogą przeprowadzić uczniowie samodzielnie lub z nauczycielem, opatrzone komentarzem metodycznym. Każdy zeszyt jest poświęcony aktywności badawczej uczniów w innej dziedzinie nauk przyrodniczych:

- Zeszyt 1 – edukacja biologiczna;
- Zeszyt 2 – edukacja chemiczna;
- Zeszyt 3 – edukacja fizyczna;
- Zeszyt 4 – edukacja geograficzna.



Eksperymenty i aktywizujące metody nauczania w badaniach

(oprac. na podstawie *Wykorzystanie...*, b.r.)

W maju 2009 r. zostało przeprowadzone wśród nauczycieli badanie „Wykorzystanie eksperymentów i metod aktywizujących w nauczaniu – problemy i wyzwania”. Wykonała je na zlecenie Centrum Nauki Kopernik Pracownia Badań i Innowacji Społecznych „Stocznia”. Badanie miało na celu zweryfikowanie potrzeb nauczycieli w zakresie wykorzystywania w procesie nauczania doświadczeń i metod aktywizujących oraz upowszechniania interdyscyplinarnego przekazywania wiedzy i metod pracy nastawionych na samodzielne myślenie uczniów.

Poniżej przedstawiamy podstawowe wnioski z badania, które wskazują, dlaczego w szkołach jest tak mało eksperymentów.

1. Uczestnicy badania sugerowali, że jednym z czynników wpływających na ich pracę jest ogólne przekonanie o tym, że przedmioty ścisłe są bardzo trudne i dlatego większość uczniów wychodzi z założenia, że nie poradzi sobie z wymaganiami szkolnymi w tym zakresie. W związku z tym znaczna część uczniów od samego początku nie wierzy w to,



że będzie dobra z biologii, chemii lub fizyki. Poddają się, nie podejmując wyzwania i nie wkładając najmniejszego wysiłku w zmierzenie się z problemem.

2. Biorący udział w badaniu wskazywali, że czują się rozdarci między przeciwstawnymi celami i wartościami, które chcą lub muszą realizować. Z jednej strony nauczycielom wydaje się nie do pogodzenia konieczność wychowywania młodzieży i chęć zafascynowania ich nauką. Poza tym nauczyciele są mocno obciążeni pracą biurokratyczną (np. wypełnianiem sprawozdań) i rozliczani przez zwierzchników oraz rodziców z wyników uczniów reprezentowanych przez konkretne oceny, np. z testów. Obniża to motywację nauczycieli do zaangażowania się w pracę dydaktyczną. Samodzielne wyciąganie wniosków, co jak podkreślają nauczyciele, jest być może najistotniejsze, nie jest podstawową umiejętnością uczniów sprawdzaną na egzaminach. Od uczniów ciągle wymaga się szybkiego rozwiązywania zadań, pracy pamięciowej, dlatego konieczność przygotowania uczniów do egzaminów może kolidować z chęcią nauczania ich myślenia.
3. Kolejnym powodem małej liczby eksperymentów na zajęciach, według badanych, jest to, że nadal dominuje tradycyjny model kształcenia w naukach przyrodniczych. Opiera się on głównie na metodach podających, biernym przekazywaniu wiedzy. W znacznie mniejszym stopniu uczniowie samodzielnie zdobywają wiadomości przez dochodzenie do wniosków na drodze doświadczeń empirycznych. Nie jest też kładziony odpowiedni nacisk na samodzielne interpretowanie i wykorzystywanie wyników badań.
4. Niedostateczne wykorzystanie metod aktywizujących, w tym eksperymentów i obserwacji, może wynikać również z tego – zdaniem respondentów – że nauczyciele kierują się różnymi pobudkami przy ich stosowaniu. Dla niektórych jest to bardzo dobry i efektywny sposób przekazywania wiedzy. Inni sięgają po nie, żeby pokazywać uczniom związek między tym, czego się uczą w szkole, a realnym życiem. Dla innych jest to tylko przerywnik „właściwej lekcji” lub jej urozmaicenie.
5. Kolejny wniosek płynący z badania jest taki, że metody aktywizujące, techniki najbardziej angażujące uczniów pojawiają się najczęściej na kółkach przedmiotowych. Ich uczestnikami są przeważnie najlepsi, najbardziej zainteresowani przedmiotem uczniowie.
6. W badaniu nauczyciele wymienili wiele barier, które utrudniają lub czasami wręcz uniemożliwiają wykorzystanie na lekcji metod aktywizujących, w tym doświadczeń. Do najpoważniejszych należą:
 - brak pomocy dydaktycznych;
 - źle wyposażone pracownie;
 - za mało godzin lekcyjnych przewidzianych na realizację poszczególnych zagadnień;
 - zbyt liczne klasy;
 - wymogi Sanepidu dotyczące wykorzystania i przechowywania substancji chemicznych itp.



7. Mimo powszechnych deklaracji o interdyscyplinarności nauki, niewielu nauczycieli realizuje je w praktyce. Wyniki badań wskazują wyraźnie, że interdyscyplinarność nie stanowi dla nauczycieli kwestii, którą warto podejmować na lekcjach, a bariery utrudniające jej demonstrowanie (np. brak kompetencji chemicznych i fizycznych wśród biologów, przyzwyczajenie do „szufladkowania” wiedzy) nie są postrzegane jako istotne problemy.
8. Niemal wszyscy nauczyciele biorący udział w badaniu korzystali lub korzystają ze szkoleń lub innych form doskonalenia zawodowego. Szkoda, że w większości przypadków udział w szkoleniach intensyfikuje się w okresie przygotowań do osiągnięcia kolejnego stopnia awansu zawodowego. Respondenci wskazali, że udział w szkoleniach najczęściej jest inicjowany przez dyrekcję. Rozwój zawodowy nie wynika z indywidualnej potrzeby doskonalenia się, lecz jest niejako wymuszany. Wciąż jeszcze zbyt mało nauczycieli samodzielnie szuka różnego rodzaju warsztatów i szkoli się bez względu na wymogi awansu zawodowego. Ich rozwój jest świadomy, indywidualny oraz zarządzany osobiście.

Metody rozwijające aktywność badawczą w edukacji biologicznej

Metoda eksperymentu szkolnego

Jednym z głównych zadań procesu kształcenia biologicznego powinno być upodobnienie go do przebiegu badania naukowego. Zatem za najcenniejsze metody nauczania uważa się te, w których uczniowie uczą się poprzez samodzielne odkrywanie. Metoda ta wymaga zarówno od uczniów, jak również i od nauczycieli samodzielności i dużego zaangażowania w działanie. Niestety, często jest zaniedbywana, w skutek czego biologia uchodzi za naukę encyklopedyczną, przeładowaną szczegółami.

Powodów rezygnacji z prowadzenia eksperymentów biologicznych jest wiele – pisaliśmy o nich powyżej. Tu wskażemy te, które dotyczą uczniów szkół ponadpodstawowych. Pierwszym powodem jest to, że np. na maturze nie sprawdza się praktycznych umiejętności przeprowadzania eksperymentów. Zadania maturalne dotyczące kompetencji badawczych sprawdzają umiejętność przeprowadzania teoretycznej analizy założeń oraz znajomość przebiegu bądź wyników doświadczeń. Drugim powodem jest brak pracowni biologicznych lub ich słabe wyposażenie oraz to, że wielu nauczycieli, by umożliwić uczniom przeprowadzenie eksperymentów, musi część materiałów, sprzętu i odczynników sprowadzić na własny koszt. W efekcie nauczyciele przeprowadzają co najwyżej pokazy, które nie tyle służą odkrywaniu przez uczniów nowych dla nich faktów, ile ilustrują zagadnienia omawiane wcześniej na lekcji.

Jak już podkreślaliśmy we wstępie, eksperyment ma ogromne znaczenie w twórczym uczeniu się i rozwijaniu kreatywności. Jak pisze J.P. Sawiński (2010), eksperyment opiera się na podejmowaniu wybranej trudności lub konkretnego problemu i poszukiwaniu jego



rozwiązania, w celu ich sprawdzenia i stosowania. Taka aktywność wymaga od uczniów przede wszystkim:

- dostrzegania i przemyślenia sedna wybranego problemu;
- sformułowania problemu, celów i hipotez roboczych;
- zaprojektowania technik wykonania obserwacji, doświadczeń i pomiarów;
- tworzenia szczegółowych procedur i instrukcji wykonawczych (planu pracy);
- dokonania zamierzonych obserwacji, doświadczeń i pomiarów;
- zarejestrowania ich wyników i przebiegu;
- dokonania sprawdzenia (czasem powtórzenia) uzyskanych wyników i ich porównania;
- dokonania samooceny efektów eksperymentu.

Dokonywanie eksperymentów daje uczniom wymierne korzyści, jest atrakcyjne i użyteczne w ich edukacji. Za sprawą eksperymentów mogą samodzielnie lub w grupie dostrzegać i rozwiązywać problemy – trudne, interesujące zadania (bądź całe cykle zadań realizowanych w dłuższym czasie). „Punktem wyjścia jest poszukanie i sformułowanie problemu oraz, jak w każdej innej metodzie pracy, stawianie osobistych celów. Całe, często nie proste i nie łatwe działania projektowe i wykonawcze zmierzają do osiągnięcia określonych i precyzyjnie sformułowanych celów edukacyjnych akceptowanych przez nauczyciela i uczących się” (Sawiński, 2010).





Warto też zwrócić uwagę na to, że indywidualne lub wspólne działania, które towarzyszą przeprowadzaniu doświadczeń, pozwalają uczniom rozwijać kompetencje kluczowe takie jak:

- podstawowe kompetencje naukowo-techniczne;
- kompetencje społeczne;
- umiejętność uczenia się;
- inicjatywność i przedsiębiorczość.

W nauczaniu metodą eksperymentu można wyróżnić dwie główne **funkcje doświadczenia**:

- metodologiczne: doświadczenie jako źródło wiedzy i doświadczenie jako środek weryfikacji;
- dydaktyczne: doświadczenie wprowadzające, służące do stworzenia sytuacji problemowej, doświadczenie poznawcze jako źródło wiedzy, doświadczenie weryfikacyjne służące do sprawdzania hipotez, doświadczenie ilustracyjne służące do poglądowego przedstawienia zjawiska, sprawdzania słuszności prawa.

W procesie dydaktycznym Bożena Sacharska (b.r.) wyróżnia następujące funkcje eksperymentu:

- „uświadomienie celu lekcji (wprowadzenie do tematu lekcji);
- opracowanie nowego materiału;
- uogólnienie nowego materiału, utrwalenie nowego materiału;
- wiązanie teorii z praktyką;
- kształtowanie nawyków i umiejętności;
- kontrola i ocena wyników nauczania;
- praca domowa ucznia”.

Typy zadań doświadczalnych

W artykule *Rola eksperymentu w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych* B. Sacharska wskazuje, że eksperymentom towarzyszą zadania doświadczalne, które można podzielić na zadania typu A, B lub C.

Zadania typu A to propozycje wykonania określonych czynności przy użyciu konkretnego zestawu pomocy. Do zadań uczniów należy wówczas przewidywanie skutków, czyli postawienie hipotezy. Stawiana jest ona na podstawie analizy posiadanej wiedzy i dopasowywana do danej sytuacji. Słuszność tej hipotezy uczniowie sprawdzają doświadczalnie lub udowadniają teoretycznie, opierając się na znanych prawach i prawidłowościach. W tym typie zadań dominuje wnioskowanie dedukcyjne, a problem jest najczęściej sformułowany w postaci pytań:

- Jakie zjawisko wystąpi...?
- Jak się zachowa...?
- Jak zareagują przyrządy pomiarowe, gdy...?



W zadaniach typu B pojawiają się opisy wykonywanych czynności i ich efekty. Zadaniem uczniów jest wyjaśnienie efektu tych czynności. W pracy z tego rodzaju zadaniami przeważa wnioskowanie redukcyjne. Uczniowie, wyjaśniając efekty doświadczenia, analizują w nim zjawiska i przyporządkowują im odpowiednie prawa. Problem jest najczęściej sformułowany w postaci pytań:

- Wyjaśnij, dlaczego występuje to zjawisko?
- Dlaczego wykonując opisane czynności, obserwujemy dane zjawisko?
- Dlaczego obserwujemy efekt opisany w zadaniu?

Zadania typu C zawierają opis wywołanego zjawiska przy użyciu określonych pomocy. Zadaniem uczniów jest: przewidzieć rodzaj czynności i ich kolejność, aby wywołać dane zjawisko. Wykonując tego rodzaju zadania, uczniowie analizują różne sposoby wywołania danego zjawiska oraz przyporządkowują prawa, które nimi rządzą. Proponowane czynności wynikają z tej wiedzy. Proces kończy się uogólnieniem. Uczniowie w zadaniach typu C posługują się wnioskowaniem indukcyjnym. Problem jest najczęściej sformułowany w postaci pytań:

- Co należy zrobić, aby... (np. zaobserwować opisany efekt)?
- Jak należy wykonać czynności, aby... (np. wywołać dane zjawisko)?

Etapy eksperymentu biologicznego

Eksperyment jest metodą badania zjawiska, procesu lub organizmu w ściśle określonych warunkach i zgodnie z procedurą. Tylko rzetelnie przeprowadzone badanie daje podstawy do wnioskowania. W odróżnieniu od obserwacji w doświadczeniu zmieniamy jeden z czynników wpływających na organizm lub zjawisko.

Poniżej przedstawiamy schemat obrazujący etapy przeprowadzania eksperymentu biologicznego (Rys.1) oraz szczegółowy opis poszczególnych kroków.



Rys.1. Etapy eksperymentu biologicznego

1. Obserwacja zjawisk lub obiektów biologicznych.

Na tym etapie obserwowane zjawiska powinny rozbudzać ciekawość poznawczą ucznia i inspirować go do stawiania pytań badawczych.

2. Sformułowanie problemu badawczego.

Problem badawczy może być wyrażony równoważnikiem zdania, np. Wpływ temperatury otoczenia na szybkość kiełkowania nasion słonecznika. Jednak uczniowie



lepiej sobie radzą z problemami w postaci pytań. Nazwa badanego organizmu oraz zmieniany czynnik muszą być zawarte w pytaniu. Pytanie badawcze powinno się zaczynać od słów:

- Dlaczego...?
- W jaki sposób...?
- Jaki wpływ ma... na...?
- Od czego zależy...?

Należy unikać pytań zaczynających się od partykuły „czy”. Tak postawione pytanie pod względem treści (nie formy) jest *de facto* hipotezą, np. Czy pantofelki preferują wodę o odczynie obojętnym? Na to pytanie po przeprowadzeniu doświadczenia można jedynie odpowiedzieć tak lub nie, czyli faktycznie zweryfikować hipotezę.

3. Sformułowanie hipotez.

Hipoteza to próba odpowiedzi na zadane pytanie, pierwsze robocze rozwiązanie, które trzeba sprawdzić doświadczalnie, by je potwierdzić lub odrzucić. Ma postać zdania oznajmującego. Hipoteza powinna zawierać jedno przypuszczenie, czyli wskazywać jeden czynnik. Hipoteza może być prawdziwa lub fałszywa, co nie stanowi błędu w procedurze badawczej. By rozwiązać problem badawczy, po odrzuceniu fałszywej hipotezy trzeba będzie postawić inną i ją także zweryfikować.

4. Przewidywanie.

Już na etapie projektowania badania badacz musi umieć powiedzieć, jaki będzie spodziewany wynik, gdy hipoteza jest prawdziwa, a jaki, gdy jest fałszywa. Sformułowanie przewidywań pomoże uczniom w logicznym projektowaniu doświadczenia i może być bardzo przydatnym narzędziem dla potrzeb kształtowania rozumowania naukowego. Oto przykład przewidywań:

Hipoteza: Pot ma odczyn kwaśny.

Przewidywanie: Uniwersalny papierek wskaźnikowy przyłożony na spoconą skórę zmieni barwę z żółtej na czerwoną.

5. Zaplanowanie próby kontrolnej i badawczej.

W eksperymencie trzeba zaplanować zestaw, w którym badany czynnik nie działa (lub ma „naturalne” natężenie) oraz taki, w którym wprowadzono celowo wybrany czynnik. Przez porównanie otrzymanych wyników można wnioskować na temat wpływu badanego czynnika na dane zjawisko lub obiekt. Czasem zakładamy więcej zestawów, próbując np. ustalić optymalną temperaturę kiełkowania nasion danej rośliny. W takim doświadczeniu wpływu temperatury nie da się wyeliminować. Możemy wtedy za próbę kontrolną przyjąć zestaw umieszczony w temperaturze



pokojuowej, a za próby badawcze hodowle umieszczone w 3–7 różnych temperaturach. Można też uznać, że poszczególne próby mogą być wzajemnie dla siebie próbami kontrolnymi.

6. Ustalenie zmiennej niezależnej i zależnej.

W doświadczeniu operujemy dwiema zmiennymi: zmienną niezależną, wybraną przez badacza jako czynnik, od którego zależy przebieg zjawiska. Zmienną niezależną w przywołanym w punkcie 5 doświadczeniu jest temperatura. Zmienna zależna to ta cecha obiektu, która ulega zmianie pod wpływem zmiennej niezależnej. Zmienna zależna w doświadczeniu Wpływ temperatury na kiełkowanie słonecznika to liczba wykiełkowanych nasion.

7. Zaplanowanie warunków doświadczenia.

Z wyjątkiem badanego czynnika wszystkie elementy zestawów muszą być takie same, umieszczone w takich samych niezmiennych warunkach, a materiał biologiczny musi być jednolity. Eksperyment, by miał wymiar naukowy, musi być powtarzalny, co oznacza, że powtórzony w takich samych warunkach da podobne wyniki. Aby doświadczenie dało wiarygodne wyniki, nie wystarczy go przeprowadzić jeden raz, na jednym okazie (obiekcie). Najmniejsza próba statystyczna dająca wiarygodne wyniki to ok. 30 sztuk/prób. Gdybyśmy sprawdzali np. wpływ temperatury na kiełkowanie, tworząc zestawy, w których umieszczono po jednym nasieniu, brak kiełkowania mógłby wynikać nie z tego, że wartość temperatury jest za mała/za duża dla procesu kiełkowania, lecz z tego, że zarodek jest np. uszkodzony.

8. Obserwacja i zapis wyników doświadczenia.

Gdy po zaplanowanym czasie trwania doświadczenia w zestawach pojawią się zmiany, należy je zaobserwować i zapisać. Zmiany ilościowe wymagają liczenia, wykonania pomiarów (szacowania wielkości) i zapisu np. tabelarycznego; zmiany jakościowe opisu i/lub przedstawienia za pomocą schematu, rysunku, filmu, fotografii, nagrania audio.

9. Opracowanie wyników doświadczenia.

W przypadku pozyskania danych liczbowych trzeba zwykle obliczyć średni wynik lub procent (proporcję) i przedstawić go na wykresie.

10. Sformułowanie wniosku.

Analizując wyniki doświadczenia, badacz dostrzega określone prawidłowości. Na tej podstawie formułuje wniosek, który musi być spójny z problemem badawczym.



11. Weryfikacja hipotezy.

Wynik doświadczenia pozwala stwierdzić, czy postawiona hipoteza była prawdziwa. Zamykamy wtedy postępowanie badawcze, stwierdzając: hipoteza okazała się prawdziwa.

Najwięcej korzyści z eksperymentowania uczniowie czerpią, wykonując doświadczenia indywidualnie lub w grupie.

Przykładowe błędy eksperymentatorów

1. Zbyt ogólne albo nieprecyzyjne sformułowania.

Przykłady:

Problem badawczy: Dlaczego ziemniaki zielenieją?, jest zbyt ogólny. Czy chodzi o pędy nadziemne, owoce, a może bulwy?

Hipoteza: Przyczyną zmiany koloru ziemniaków jest zbyt wysoka temperatura. Jaka temperatura jest zbyt wysoka? Dla kogo? O jaką zmianę koloru chodzi?

2. Zbyt ogólne sformułowania i niespójność zapisów.

Przykład:

Problem badawczy: Wpływ światła na wzrost i rozwój roślin, jest zbyt ogólny w stosunku do hipotezy, która brzmi: Światło słoneczne uniemożliwia kiełkowanie nasion pomidora. Wniosek z tego doświadczenia: Światło jest niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin, nie odnosi się do żadnego z gatunków, a dodatkowo wynik sprawdzania podanej hipotezy zaprzecza wnioskowi, gdyż nasiona pomidora nie kiełkują w obecności światła.

3. Błędy w procedurze badawczej.

Przykład:

W doświadczeniu, którego celem jest zbadanie wpływu temperatury na kiełkowanie nasion, uprawy rzeżuchy umieszczono:

- na grzejniku nastawionym na 40 stopni Celsjusza;
- na stole, w temperaturze pokojowej;
- w lodówce.



Zapewniono celowo różne warunki temperatury, a przypadkowo różne warunki oświetlenia: hodowla trzymana w lodówce znajdowała się w ciemności, a pozostałe prawdopodobnie w miejscach o różnym oświetleniu.

4. Brak próby kontrolnej.

Przykład:

Wielu badaczy pomija próbę kontrolną, np. podczas wykrywania skrobi w produktach spożywczych. Doświadczenie takie polega na nakapaniu płynu Lugola na próbki żywności. Nie bada się reakcji barwnej tego odczynnika ze skrobią, a przecież jedynie podobna reakcja barwna odczynnika pod wpływem skrobi ziemniaczanej i banana jest podstawą stwierdzenia, że ten owoc także zawiera skrobię.

5. Formułowanie nieuprawnionych wniosków.

Przykład:

Instrukcja jednego z eksperymentów zaleca, by w zestawie kontrolnym wysiać 50 nasion łubinu do doniczki z ziemią ogrodową. Próba badawcza ma polegać na tym, że sprzęt i materiał badawczy przed wysianiem się sterylizuje, zwiłża przegotowaną wodą, a następnie zakłada hodowlę łubinu.

Po kilku tygodniach otrzymano taki wynik doświadczenia: Na korzeniach łubinu rosnącego w niewysterylizowanej ziemi można zauważyć liczne brodawki, których nie obserwujemy w przypadku roślin uprawianych w wysterylizowanej ziemi.

Na jego podstawie sformułowano wniosek: Widoczne na korzeniach brodawki to skupiska bakterii z rodzaju *Rhizobium*.

Ale skąd wiadomo, że brodawki powstały pod wpływem bakterii, a w szczególności z rodzaju *Rhizobium*? Przyczyną pojawienia się brodawek mogą być np. pasożytnicze nicienie, jednak nie dowiemy się tego, jeśli nie sprawdzimy zawartości brodawek. Przeprowadzone doświadczenie nie wykazało, że brodawki zostały wywołane przez *Rhizobium*. Ponadto autor opisu nie wspomina, że próba kontrolna przez kilka tygodni była utrzymywana w sterylnych warunkach, tak by uniemożliwić infekcję gleby i roślin mikroorganizmami. Bez spełnienia tego warunku wygląd korzeni łubinu z obu hodowli nie będzie się zbytnio różnił.



6. Nieprecyzyjne założenia doświadczenia i prowadzenie dwóch zmiennych niezależnych są podstawą do kwestionowania poprawności założeń i wyników doświadczenia.

Przykład:

Problem badawczy: Dlaczego roślina posadzona w piasku wolniej rośnie?

Hipoteza: Ziemia ogrodowa ma więcej substancji odżywczych niż piasek.

Opis doświadczenia: Do wykonania doświadczenia potrzebne będą:

2 nasiona fasoli, 2 doniczki, piasek, ziemia ogrodowa, nawóz mineralny, woda.

Instrukcja: Wypełnij jedną doniczkę piaskiem, a drugą ziemią ogrodową. Posadź po 2 nasiona w doniczkach. Hodowlę prowadź przez 2 tygodnie. W tym czasie fasolę posadzoną w ziemi ogrodowej podlewaj wodą, a fasolę posadzoną w piasku roztworem nawozu mineralnego sporządzonym według zaleceń producenta.

Obserwuj rozwój roślin.

Wynik: Nasiona w doniczkach z piaskiem (podlewane nawozem sztucznym) oraz nasiona w doniczkach z ziemią ogrodową (podlewane wodą) rosną w miarę równo.

Wniosek: Hipoteza potwierdzona.

Wypunktujmy popełnione błędy:

- problem badawczy: brak nazwy rośliny; pomysł, by badanie przeprowadzić na jednej roślinie nie pozwala formułować wniosków ogólnych; nieprecyzyjne sformułowanie: co to znaczy, że roślina wolniej rośnie i wolniej od czego?;
- hipoteza niespójna z problemem, nie jest próbą odpowiedzi na pytanie badawcze;
- liczba powtórzeń: za mała ilość materiału biologicznego;
- zmienna niezależna ustalona wcześniej to rodzaj gleby, później wprowadzony zostaje drugi czynnik wpływający na rozwój fasoli – dodatkowe zasilanie mineralne (hodowla w piasku) i brak takiego zasilania (hodowla w ziemi ogrodowej);
- wynik doświadczenia jest nieprecyzyjny: co to znaczy, że rośliny rosną w miarę równo?; tutaj wypadałoby zrobić pomiary wysokości roślin, zgromadzić i porównać dane liczbowe;
- interpretacja wyniku: na podstawie tego doświadczenia nie możemy stwierdzić, czy fasola posadzona w piasku rośnie wolniej niż ta, która rozwija się w ziemi ogrodowej; nie można też zweryfikować hipotezy, ponieważ jej nie zbadano;
- w opisie doświadczenia nie sformułowano wniosku, bo wnioskiem nie jest weryfikacja hipotezy, za to błędnie uznano, że hipoteza została potwierdzona.



Pokaz

Pokaz wg klasyfikacji metod nauczania F. Szloska zaliczamy do metod praktycznych. To zespół czynności dydaktycznych nauczyciela, który polega na demonstrowaniu przedmiotów, zjawisk, procesów, czynności przy jednoczesnym, umiejętnym kierowaniu uwagi uczniów na ich istotne cechy.

Pokaz może przybierać różną postać:

- prezentacji naturalnych okazów w naturalnym środowisku;
- prezentacji naturalnych okazów w sztucznym środowisku;
- pomocy naukowych jako środków zastępczych – modele, obrazy (ruchome i nieruchome);
- wykresów, schematów, symboli;
- doświadczenia wykonywanego przez nauczyciela.

W literaturze metodycznej pojawia się pojęcie pokaz z objaśnieniem. Jest to metoda nauczania praktycznego, polegająca na demonstracji czynności, ich kolejności i prawidłowości wykonania. W wypadku czynności złożonych pokaz powinien obejmować demonstrację kolejnych faz tych czynności. Przedmiotem pokazu mogą być także urządzenia, ich budowa i zasada działania, poszczególne zespoły, podzespoły i części, narzędzia, tablice, wykresy itp.

Towarzyszący pokazowi komentarz słowny ma charakter objaśnienia (wyjaśnienia). Wyjaśnia pewne relacje i związki, ukazuje strukturę. Oznacza to, że metoda pokazu z objaśnieniem może być stosowana raczej w początkowej fazie zajęć o charakterze praktycznym. Zatem na zajęciach z biologii nauczyciel może się posłużyć tą metodą, wprowadzając uczniów w planowany eksperyment lub obserwację.

W przypadku eksperymentu aktywny jest uczeń: to on planuje, prowadzi doświadczenie, odczytuje jego wyniki i formułuje wnioski. Uczy się aktywnie. Jeśli nauczyciel zdecyduje się na zastosowanie pokazu, aktywność ucznia jest znacznie mniejsza: śledzi czynności i komentarze nauczyciela, ale sam nie eksperymentuje.

Pokaz zwykle ma na celu ilustrację omówionego wcześniej zjawiska, potwierdzenie wiedzy znanej uczniom z teorii. **Nie jest metodą aktywizującą.** Ma jednak wiele zalet. Może być sposobem zainspirowania uczniów do postawienia problemów badawczych, formułowania spostrzeżeń i wniosków. Nie oznacza to jednak, że może zastąpić eksperymenty, do prowadzenia których nauczyciel jest zobligowany w podstawie programowej. Pokaz na lekcjach biologii jest stosowany częściej niż eksperyment. Wiąże się to np. z brakiem wystarczającej ilości sprzętu i materiału biologicznego dla pracy w grupach, mniej czasochłonnym przygotowaniem i późniejszym uprzątnięciem sprzętu ze stanowiska pracy, łatwiejszą organizacją pracy na lekcji.



Podczas organizacji pokazu należy zadbać o to, by stanowisko, przy którym nauczyciel (czy wyznaczony przez niego uczeń) przeprowadza eksperyment było dobrze widoczne dla wszystkich uczniów, by w miarę możliwości to uczniowie wyjaśniali czynności eksperymentatora i oni, a nie nauczyciel, formułowali spostrzeżenia i wnioski.

Ćwiczenia laboratoryjne

Wiele działań prowadzonych przez uczniów w pracowni biologicznej z wykorzystaniem sprzętu laboratoryjnego nie spełnia warunków eksperymentu szkolnego. Podstawowym kryterium rozróżnienia metody eksperymentu i ćwiczeń laboratoryjnych jest **obecność lub brak próby kontrolnej**. Mimo to ćwiczenia laboratoryjne są wartościową metodą uczenia się i przyczyniają się do rozwijania umiejętności badawczych i myślenia naukowego. W szczególności uczeń może ćwiczyć następujące umiejętności:

- posługiwanie się instrukcją;
- posługiwanie się sprzętem laboratoryjnym;
- formułowanie spostrzeżeń.

Są to umiejętności składające się na podstawowe kompetencje naukowo-techniczne. Poza tym uczeń, wykonując wraz z kolegami i koleżankami ćwiczenia laboratoryjne, kształtuje swoje kompetencje społeczne, a po części również innowacyjność i przedsiębiorczość. Zarówno w działaniu zespołowym, jak i indywidualnym uczeń rozwija umiejętność uczenia się.





Izolowanie DNA z banana

Przykładem ćwiczenia realizowanego metodą laboratoryjną jest izolowanie DNA z banana. Można to zrobić za pomocą kilku substancji chemicznych i sprzętu, który mamy pod ręką (w kuchni). Banany są dobrym materiałem biologicznym dla ekstrakcji DNA, ponieważ w porównaniu do kiwi lub cebuli są bardziej miękkie i łatwe do rozcierania. Technika ekstrakcji jest bardzo prosta i możliwa do realizacji także w domu. Jej instrukcję łatwo znaleźć w internecie, skopiować i rozdać uczniom.

Metoda chromatografii

Innym przykładem ćwiczeń laboratoryjnych jest rozdzielanie barwników liści metodą chromatografii. Dobrze przygotowaną instrukcję tego ćwiczenia znajdziemy w opublikowanym przez Centrum Edukacji Obywatelskiej zestawie materiałów *Eksperymentowanie i wzajemne nauczanie* (2014):

„**Temat lekcji:** Jakie barwniki występują w liście?”

Podstawowe pojęcia:

oddychanie tlenowe, fermentacja mlekowa, fermentacja alkoholowa, substraty, produkty. (...)

Uczniowie na własne oczy przekonują się, że mimo zielonego zabarwienia liści

roślin występują w nich również innego koloru barwniki roślinne. Efekt rozdzielenia, który zobaczą na bibule, na zawsze zapadnie im w pamięć. Dzięki tej aktywności dużo łatwiej nauczą się, iż karotenoidy są pomarańczowe, a ksantofile żółte.

Źródło: Biologia – podręcznik dla liceum ogólnokształcącego pod redakcją Krzysztofa Staronia, WSiP, Warszawa 2012.

Temat – w formie pytania badawczego lub problemowego:

Jakie barwniki występują w liście?

Hipoteza zaproponowana przez uczniów:

Liście są zielone, więc występują w nich tylko zielone barwniki. Tylko w kolorowych liściach występują inne barwniki niż zielone.

Opis doświadczenia

Zmienne występujące w doświadczeniu:

Jaką zmienną/wielkość będziemy zmieniać (zmienna niezależna)?



Ingerujemy w nasz obserwowany obiekt, jednak ta ingerencja ma na celu pozyskania materiału do obserwacji. Gdybyśmy postanowili zbadać, jak intensywność rozdrobnienia liścia wpływa na ilość pozyskanych barwników, to wtedy intensywność rozdrobnienia byłaby naszą zmienną niezależną.

Jaką zmienną/wielkość będziemy mierzyć – obserwować (zmienna zależna)?

Rozdział barwników.

Czego w naszym eksperymencie nie będziemy zmieniać (zmienne kontrolne)?

Substancji chemicznych potrzebnych do przeprowadzenia chromatografii.

Instrukcja do doświadczenia

Wykonanie:

1. Świeże liście dokładnie utrzeć w moździerzu i zalać 96% alkoholem etylowym. Jeżeli do doświadczenia używacie liści fasoli, użyjcie 4 liście. Jeżeli bierzecie liście innych roślin, koniecznie użyjcie od 2 do 3 gramów liści.
2. Należy użyć 5 ml etanolu. Aby zwiększyć wydajność ekstrakcji barwników, należy etanol wlać do zakręcanego pojemnika. Zalane zmacerowane liście przez kilka minut należy intensywnie potrząsać, aby jak najwięcej barwników przeszło do roztworu. Im więcej barwników znajdzie się w roztworze, tym bardziej spektakularne efekty otrzymamy w trakcie ich rozdziału.
3. Otrzymaną miazgę przesączyć przez filtr bibułowy.
4. Na pasek bibuły kilkakrotnie nanieść kroplami otrzymany ekstrakt barwników (po każdej nowej porcji wysuszyć suszarką). Naniesiony ślad barwników powinien mieć intensywnie zielony kolor. Pamiętajcie, aby krople nanosić w odległości mniej więcej 1 centymetra od krawędzi bibuły.
5. Przygotować w wąskim cylindrze roztwór benzyny i acetonu (ok. 1–2 cm). Stosunek benzyny do acetonu powinien wynosić 10:1, czyli na przykład 30 ml benzyny i 3 ml acetonu.
6. Przygotowany pasek z naniesionym ekstraktem barwników umieścić w cylindrze tak, aby dolna część paska była zanurzona w roztworze benzyny i acetonu, ale tak, by kropla z barwnikami nie dotykała krawędzi płynu. Naczynie szczelnie zamknąć.
7. Po ok. 30 minutach wyjąć pasek i wysuszyć. Zaobserwować kolorowe paski układające się poprzecznie na bibule pokazujące obecność innych barwników asymilacyjnych.

**BHP**

Uwaga na alkohol, benzynę i aceton! Nie wdychać oparów tych substancji! Wszystkie substancje są łatwopalne i trujące! Najlepiej wykonywać eksperyment pod wyciągiem lub w dobrze wentylowanej sali.

Proponowany sposób dokumentacji uczniowskiej

W celu udokumentowania obserwacji można wykonać zdjęcie bądź rysunek barwników otrzymanych podczas rozdziału.

Propozycja modyfikacji eksperymentu

Przy odrobinie wysiłku można opisaną obserwację łatwo zmienić w kilka wariantów doświadczeń. Do doświadczenia można użyć liści z różnych gatunków roślin i sprawdzać, czy w każdym liście są takie same barwniki. Można wyszukać liście o różnym zabarwieniu i odpowiedzieć na pytanie, czy w liściach kolorowych również znajdują się te same barwniki roślinne.

Można również wyhodować własną roślinę, np. fasolę, i przeprowadzać rozdział barwników z liści w różnym wieku, aby spróbować odpowiedzieć na pytanie, czy w liściach młodych i starych znajdują się te same barwniki.

Dodatkowe informacje dla nauczycieli, którzy chcą powtórzyć doświadczenie:

W celu bardziej wydajnego pozyskiwania barwników można zmacerowane liście umieścić w słoiku z etanolem w gorącej łaźni wodnej. Potem należy kołysać delikatnie słoikiem. Po ok. 15 minutach liść powinien się całkowicie odbarwić, a barwniki fotosyntetyczne przejść do etanolu”.

Uwaga! Niestety, autorzy tego materiału metodycznego błędnie uznali, że opisane przez nich działanie jest eksperymentem i dlatego poszukiwali, choć bez powodzenia, zmiennych zależnej i niezależnej. Przypomnijmy: jeśli brak próby kontrolnej, nie można wskazać zmiennych, a działanie nie jest eksperymentem.

Obserwacja i doświadczenie jest problemem także dla specjalistów

W podstawie programowej (projekt) – zakres rozszerzony, znajdujemy następujący zapis wymagań: „uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie porównujące zagęszczenie i rozmieszczenie aparatów szparkowych u roślin różnych siedlisk”. Porównanie rozmieszczenia i zagęszczenia aparatów szparkowych można dokonać jedynie na drodze obserwacji przez porównanie budowy dolnej i górnej skórki liści roślin pochodzących z różnych środowisk. Uczeń jest więc w stanie wykazać związek między wilgotnością środowiska a obecnością aparatów szparkowych, ponieważ taka obserwacja służy rozwiązaniu problemu. Nie może



jednak doprowadzić do tego, by przez ograniczanie ilości wody w środowisku wyhodować rośliny o mniejszej liczbie szparek.

Doświadczalnie możemy natomiast wykazać, że w wypadku niektórych roślin transpiracja odbywa się głównie przez górną lub dolną skórkę liścia. Wynik eksperymentu w pośredni sposób pozwoli domniemywać (trzeba to potwierdzić obserwacją epidermy), po której stronie blaszki rośliny danego gatunku jest więcej aparatów szparkowych.

Przykłady eksperymentów na zajęciach biologii w szkole ponadpodstawowej

Przykład doświadczenia z zakresu fizjologii roślin

Problem badawczy

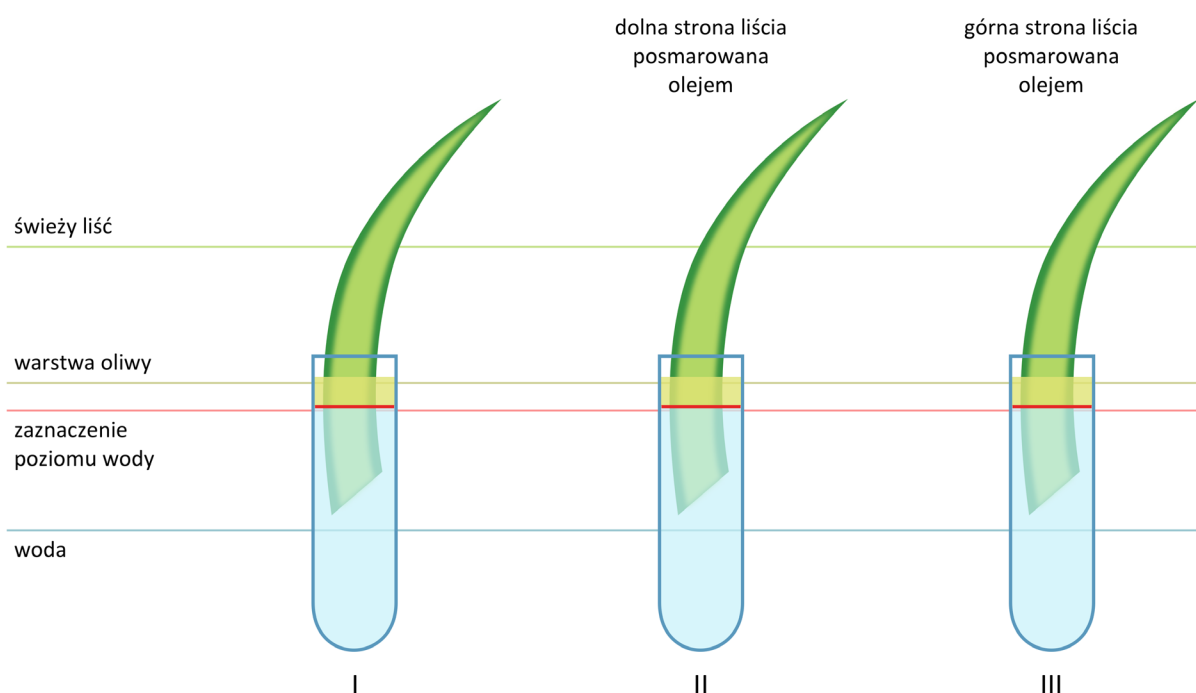
Przez którą powierzchnię liścia (dolną czy górną) roślina traci więcej wody w procesie transpiracji?

Hipoteza

W wypadku roślin stanowisk suchych transpiracja odbywa się głównie przez skórkę dolną.

Materiał biologiczny

Po 3 jednakowej wielkości i wieku liście bilbergii i zielistki, żyworódki i trzykrotki. Uczniowie zakładają doświadczenia składające się z trzech zestawów osobno dla każdego gatunku według następującego schematu:





Komentarz metodyczny

Bilbergia jest kserofitem, a żyworódka sukulentem, oba gatunki wykazują przystosowania do warunków suszy także w budowie zewnętrznej. Z kolei i zielistka, i trzykrotka to mezofity. W próbie kontrolnej liście nie zostają pokryte olejem. W próbach badawczych olej nakładamy na górną lub dolną skórkę. Następnie umieszczamy liście w probówkach wypełnionych wodą, a na jej powierzchni umieszczamy cienką warstwę oleju. Zapobiegnie on parowaniu wody z naczynia i sprawi, że w zestawie woda będzie parować tylko z powierzchni liści. W doświadczeniu tym użyto pojedynczych liści, jednak warunek powtarzalności wyniku jest tylko pozornie niespełniony, ponieważ doświadczenie to, przeprowadzane wielokrotnie i przez różne osoby daje te same wyniki. Niektórzy autorzy badanie w formie uproszczonej nazywają doświadczeniem (jest ono częściej stosowane w szkole podstawowej), rezerwując nazwę eksperyment dla pełnego postępowania badawczego. Oczywiście nauczyciel może przewidzieć użycie dużej liczby (30) liści, jednak nie można ich wstawić razem do szerokiego naczynia, gdyż ocierając się o siebie, mogłyby się pokryć olejem w miejscach do tego nieprzeznaczonych. Z kolei umieszczanie każdego z liści w oddzielnej probówce może być niemożliwe ze względu na brak sprzętu i miejsca do jego ustawienia.

Eksperyment prowadzony w strategii wyprzedzającej

Cele

Uczeń:

- stosuje procedurę eksperymentu biologicznego;
- interpretuje i projektuje założenia eksperymentu;
- przewiduje wyniki eksperymentu;
- wykazuje, że podczas fotosyntezy roślina wydziela tlen.

Uczniowie, którzy mieli mało okazji do przeprowadzania eksperymentów, potrzebują pewnych ułatwień, by opanować posługiwanie się sprzętem laboratoryjnym, wdrożyć w procedurę badawczą, zdobyć sprawność w formułowaniu problemów, hipotez i wniosków. W proponowanym zadaniu uczniowie przed lekcją zdobywają z różnych źródeł informacje, które pomogą im podczas prac laboratoryjnych i ułatwią zaplanowanie i przeprowadzenie doświadczenia. Zadanie to jest realizowane w strategii wyprzedzającej, dlatego na tydzień przed lekcją uczniowie otrzymali następujące zadania:

1. Wyjaśnij, czym jest wskaźnik chemiczny.
2. Wymień właściwości indygokarminu jako wskaźnika chemicznego i wyjaśnij, jakie ma on zastosowanie.
3. Scharakteryzuj wodorowęglan sodu i przedstaw reakcje chemiczne, w których może brać udział.
4. Zapoznaj się z procedurą eksperymentu biologicznego.



Na lekcji uczniowie siadają w grupach przy stołach, na których jest zgromadzony sprzęt potrzebny do doświadczenia oraz karta pracy. Ich zadaniem jest przedyskutowanie założeń, wypełnienie karty pracy i nastawienie doświadczenia.

Karta pracy

Przeczytaj opis pewnego doświadczenia, odpowiedz na pytania, a następnie przeprowadź doświadczenie.

Roztwór indygokarminu jest odczynnikiem bardzo czułym na obecność tlenu i w jego obecności barwi się na niebiesko. Zaplanowano doświadczenie z wykorzystaniem tego odczynnika, aby wykazać, że czynnikiem niezbędnym w procesie fotosyntezy jest światło. Poniżej przedstawiono zestaw materiałów do przeprowadzenia tego doświadczenia:

- 2 pędy moczarki kanadyjskiej jednakowej wielkości;
- 2 kolby, z których każda zawiera 400 ml przegotowanej, zimnej wody, zawierającej wodorowęglan sodu (NaHCO_3);
- folia aluminiowa i przezroczysta folia spożywcza;
- roztwór indygokarminu;
- zakraplacz;
- lampa LED do akwarium.

Czas trwania doświadczenia: 30 minut–1 godzina

(Na podst. Baer, 1969)

Przeanalizuj opis doświadczenia, a następnie, pracując w grupie, wykonaj polecenia:

1. Sformułuj do doświadczenia problem badawczy i hipotezę.
2. Opisz próbę kontrolną i próbę badawczą.
3. Określ zmienną niezależną i zmienną zależną.
4. Wyjaśnij, po co użyto wodorowęglanu sodu i indygokarminu.
5. Wyjaśnij, dlaczego woda, w której umieszczono moczarkę, została przedtem przegotowana.
6. Zastanów się, do czego należy użyć folii przezroczystej i nieprzezroczystej.
7. Podaj, jakie wyniki doświadczenia przewidujesz.
8. Nastaw doświadczenie i po godzinie sfotografuj oba zestawy.

Komentarz metodyczny

Doświadczenie jest czasochłonne. Wyniki mogą być odczytane po ok. godzinie. By skrócić czas oczekiwania na wynik, można użyć wielu pędów moczarki, podgrzać wodę do temperatury 32 stopni Celsjusza lub użyć wody przegotowanej, nasyconej CO_2 z syfonu. Czas między nastawieniem doświadczenia a oczekiwaniem na wynik można wykorzystać na omówienie ustaleń pracy grup.



Przeprowadzenie doświadczenia nie wymaga specjalistycznego sprzętu (z wyjątkiem odczynnika chemicznego) i jest bezpieczne do realizacji. Wymaga jednak sprawdzenia. Zanim nauczyciel poleci wykonać go uczniom, powinien sam sprawdzić jego przebieg, np. po to, by oszacować czas jego trwania. Zestawy powinny zostać ustawione w takim miejscu, by korzystając z przerw, uczniowie mogli prowadzić obserwacje i sfotografować wyniki. Na następnej lekcji może się odbyć porównanie wyników otrzymanych przez grupy, które na ich podstawie sformułują wnioski i zweryfikują hipotezę.

Porównanie składu chemicznego roślin i grzybów – eksperyment

Cele

Uczeń (na poziomie rozszerzonym):

- planuje sposób ustalenia zawartości w materiale biologicznym wody, związków organicznych i soli mineralnych;
- prowadzi suchą destylację roślin;
- oblicza skład procentowy i przedstawia go na wykresie;
- ocenia wiarygodność wyników.

Kształtowane kompetencje kluczowe

Uczestnicząc w tej lekcji uczniowie będą trenowali podstawowe umiejętności z zakresu posługiwania się sprzętem laboratoryjnym, prowadzenia obserwacji i ich dokumentowania. W ten sposób rozwijają kompetencje naukowo-techniczne oraz umiejętność uczenia się. Natomiast praca w grupach kształtuje ich kompetencje społeczne.

Metody nauczania i formy pracy

- eksperyment, pogadanka, pokaz, obserwacja;
- praca w grupach.

Sprzęt i materiały

- rzutnik multimedialny lub tablica interaktywna;
- rozsypanka, plakaty, klej, flamastry;
- wysuszone próbki pieczarek, liści lipy i ziarniaków pszenicy o znanej masie świeżej, wagi laboratoryjne;
- palniki, zapalniczki, probówki, łapy.

Faza wstępna

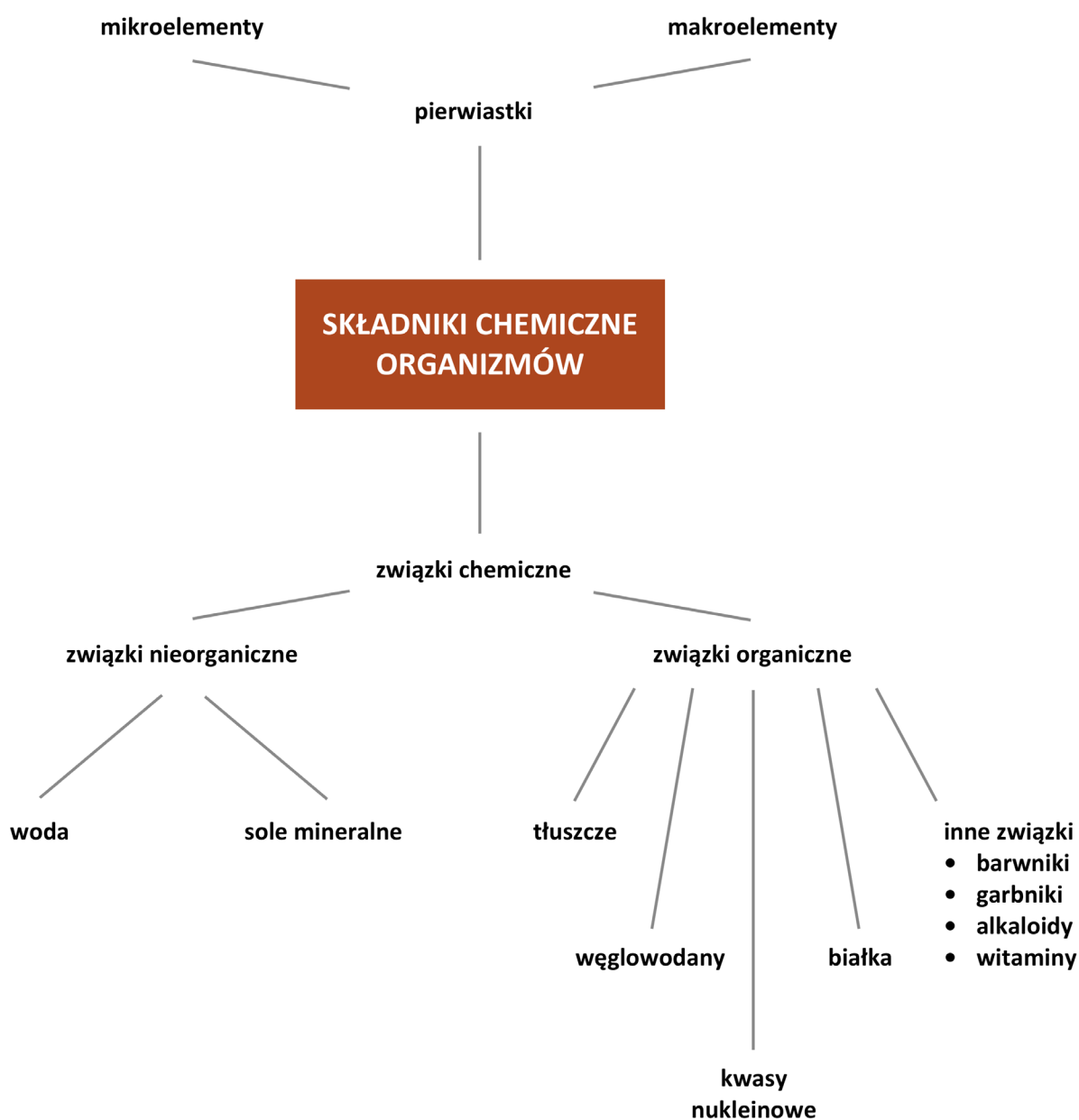
Kurs biologii w szkole ponadgimnazjalnej rozpoczyna się od realizacji zagadnień z zakresu chemii komórki. Omawiane są zwykle teoretycznie związki chemiczne, natomiast brakuje czasu na ich wydzielenie i zaobserwowanie. Z podstawowym podziałem substancji



chemicznych budujących organizmy na związki organiczne i nieorganiczne, w tym wodę, uczniowie zetknęli się już na wcześniejszych etapach edukacji. Teraz przyszła pora na zaplanowanie sposobów ustalenia ich zawartości.

Nauczyciel wyjaśnia, że na początku uczniowie muszą sobie przypomnieć wiadomości o budowie chemicznej organizmów, dlatego pracując w grupach, ułożą rozsypankę, nakleją nazwy na plakat i stworzą w ten sposób nieliniowy zapis zwany schematem struktury.

Jego przykładem może być ten zamieszczony poniżej. Na tym etapie nie potrzebujemy większej szczegółowości.



Rys. 2. Schemat struktury: podział składników chemicznych organizmów



Przygotowanie rozsypanki polega na tym, że nauczyciel (lub wyznaczony przez niego uczeń) drukują na oddzielnych kartkach nazwy, które występują na schemacie powyżej. Trzeba użyć czcionki co najmniej 72, by plakaty, które z nich powstaną, były czytelne. Każda grupa otrzymuje arkusz papieru, rozsypankę, klej/taśmę klejącą i flamastry, za pomocą których uczniowie pokażą związki pomiędzy poszczególnymi nazwami. Gdy plakaty będą gotowe, możemy uznać, że wiedza uprzednia uczniów została zaktywizowana, czyli że są oni gotowi do konstruowania następnej porcji wiedzy.

Faza realizacyjna

Nauczyciel wyjaśnia, że na tej lekcji uczniowie przeprowadzą eksperyment, by porównać udział procentowy wody, soli mineralnych i związków organicznych w próbkach roślin i grzybów.

Zadaje pytania:

- Jaki związek chemiczny jest głównym składnikiem organizmów?
- W jaki sposób można ustalić jego zawartość w próbkach?
- Jakich danych potrzebujemy, żeby ustalić, jaki procent próbki stanowi woda?

Ponieważ suszenie materiału roślinnego jest bardzo czasochłonne, proponujemy żeby na tej lekcji użyć próbek wysuszonych. Żeby unaocznic uczniom przebieg suszenia, nauczyciel wkłada do probówki świeże liście i umieszcza probówkę nad palnikiem. Musi uważać, by temperatura nie była zbyt wysoka, żeby nie doszło do zwęglenia materiału. Przy okazji demonstruje i omawia poprawne posługiwanie się sprzętem laboratoryjnym. Uczniowie obserwują pokaz ukierunkowani poleceniem: obserwuj, jak zmieniają się liście podczas ogrzewania. Uczniowie formułują spostrzeżenia, opisując, jak zmieniają się liście i jak na ściankach probówki pojawia się woda (uwaga, pary wodnej nie zaobserwujemy, ponieważ jest ona niewidoczna).

Nauczyciel dzieli uczniów na 4–5-osobowe grupy i przydziela im próbki, np. wysuszone kapelusze pieczarek, ziarniaki pszenicy, liście lipy. Do każdej próbki dołączona jest informacja, ile ważyła ona przed wysuszeniem. Używamy pojęć świeża masa, sucha masa.

Bardzo ważną umiejętnością w przypadku zbierania danych ilościowych jest sporządzanie przejrzystych notatek. Dlatego nauczyciel prosi uczniów, by zaplanowali tabelę zbiorczą, w której zanotują wyniki eksperymentu. Tabelę planuje jeden z uczniów i wyświetla ją na ekranie lub na tablicy multimedialnej.



Tabela zbiorcza do zapisania wyników

		Próbka 1	Próbka 2	Próbka 3
Woda	Masa początkowa			
	Masa końcowa			
	Zawartość w %			
Związki organiczne	Masa początkowa			
	Masa końcowa			
	Zawartość w %			
Sole mineralne	Masa początkowa			
	Masa końcowa			
	Zawartość w %			

Uczniowie ważą otrzymane próbki i obliczają zawartość wody w świeżej masie.

Nauczyciel pyta, jak się dowiedzieć, czy w próbkach występują sole mineralne i związki organiczne. Być może uczniowie będą potrzebowali podpowiedzi: przypomnienia, jak wygląda materiał roślinny podczas spalania w ognisku.

Na koniec pogadanki trzeba wyartykułować fakty:

- pojawienie się czarnego zabarwienia podczas prażenia próbki świadczy o obecności w materiale związków węgla, czyli substancji organicznych;
- substancje organiczne prażone w wysokiej temperaturze ulegają całkowitemu utlenieniu, a woda, która się na tym etapie pojawia, jest produktem reakcji spalania;
- szaro-biały proszek pozostały na dnie probówki, który nie ulega rozkładowi mimo prażenia, to sole mineralne.

Uczniowie przygotowani w ten sposób do pracy wykonują ćwiczenie i wypełniają tabelę. Podczas ogrzewania próbek nauczyciel dba, by prażenie odbywało się bezpiecznie, prosi uczniów o formułowanie spostrzeżeń z obserwacji.

Wyznaczeni uczniowie rysują diagram słupkowy ilustrujący zawartość badanych związków chemicznych.



Faza podsumowująca

Nauczyciel prosi uczniów, by odpowiedzieli na pytania:

- Jaki problem badawczy rozwiązywali na lekcji?
- Jakie wnioski mogą sformułować na podstawie otrzymanych wyników?
- Czy uzyskane wyniki liczbowe są rzetelne? Co może mieć na to wpływ?

Na koniec zaprasza uczniów do rundy podsumowującej: Czego nauczyłem/nauczyłam się na dzisiejszej lekcji?

Komentarz metodyczny

Lekcja ta jest jedną z pierwszych realizowanych w szkole ponadgimnazjalnej, kiedy nauczyciel musi jak najszybciej poznać uczniów, zdobyć rozeznanie, jaką mają wiedzę oraz czy potrafią współpracować.

Nauczyciel pracuje z nieznanym sobie jeszcze zespołem uczniów, dlatego bezpośrednio kieruje jego pracą (a nie za pośrednictwem np. instrukcji). W ten sposób śledzi reakcje uczniów na polecenia, dostosowuje tempo prowadzenia lekcji do potrzeb uczniów, udziela wskazówek technicznych dotyczących posługiwania się sprzętem laboratoryjnym.

Badanie zjawiska allelopatii – doświadczenie

Duże znaczenie w zakresie eksperymentowania ma samodzielność uczniów w wyborze tematów i ich realizacji. Na ogół nasi uczniowie, zwłaszcza starsi, utracili typową dla wczesnego dzieciństwa łatwość dziwienia się i zadawania pytań. Z tego powodu wolą realizować doświadczenia według instrukcji niż samodzielnie formułować problemy badawcze i je rozwiązywać. By stworzyć warunki do sformułowania problemu, nauczyciel przyniósł do szkoły rośliny przyprawowe (lub susz), takie jak koper, majeranek, oregano, mięta pieprzowa, lawenda, macierzanka, bylica piołun. Poprosił uczniów, by powąchali pędy i podzielili je na te o przyjemnym i przykrym dla nich zapachu.

Następnie postawił pytania: Jak sądzicie, czy obecność roślin przyprawowych może wpływać pozytywnie lub negatywnie na warzywa? Jak się można o tym przekonać?

Gdy uczniowie proponują przeprowadzenie doświadczeń, nauczyciel prosi ich, by je zaprojektowali i przeprowadzili dla tych dwóch przypraw, które zadziałały na nich najsilniej (pozytywnie i negatywnie), i dla nasion ogórka, dyni i rzodkiewki. Rośliny te kiełkują w ciągu ok. 10 dni, zatem na realizację doświadczenia wystarczą 2 tygodnie. W sali zgromadzone są kiełkowniki w postaci kubków po jogurcie, okryte folią spożywczą, woda, nasiona oraz flamastry do podpisania hodowli. Próby kontrolne są trzy, każda dla innego warzywa. Liczą po 30 nasion. Uczniowie zakładają zestawy badawcze i wkładają do kiełkowników pędy wybranych roślin przyprawowych. Następnie zakładają dokumentację doświadczenia, którą uzupełnią po jego zakończeniu.



Podczas omawiania wyników doświadczenia powinno paść pytanie: Czy na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że w przypadku roślin przyprawowych negatywnie wpływających na kiełkowanie jedna z nich działa silniej niż druga?

Komentarz metodyczny

Jak wszystkie doświadczenia, to także wymaga wcześniejszego sprawdzenia i ustalenia, co może podczas jego prowadzenia okazać się trudnością. W tym doświadczeniu prowadzimy analizę ilościową. Warto dane dla danego gatunku rośliny przyprawowej zebrać w formie tabelarycznej i obliczyć procent nasion warzyw, które wykiełkowały w próbie kontrolnej i badawczej. Wyniki te łatwo będzie przedstawić na wykresie. Taki zapis ułatwi formułowanie wniosku.



Bibliografia

Baer H.W., (1969), *Doświadczenia biologiczne w szkole*, Warszawa: Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych.

[Biologia, liceum ogólnokształcące i technikum – zakres podstawowy \(projekt\)](#), (b.r.) [online, dostęp dn. 20.11.2017, pdf. 340 kB].

[Biologia, liceum ogólnokształcące i technikum – zakres rozszerzony \(projekt\)](#), (b.r.) [online, dostęp dn. 20.11.2017, pdf. 390 kB].

[Eksperymentowanie i wzajemne nauczanie. Biologia](#), (2014), Centrum Edukacji Obywatelskiej [online, dostęp dn. 20.11.2017, pdf. 6,3 MB].

[Podstawa programowa z komentarzami. Tom 5. Edukacja przyrodnicza w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum: przyroda, geografia, biologia, chemia, fizyka](#), (b.r.) [online, dostęp dn. 20.11.2017, pdf. 925 kB].

Sacharska B. (b.r.), [Rola eksperymentu w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych](#) [online, dostęp dn. 20.11.2017].

Sawiński J.P., (2010), [Uczenie się metodą uczniowskiego eksperymentu](#) [online, dostęp dn. 20.11.2017].

[Wykorzystanie eksperymentów i metod aktywizujących w nauczaniu – wnioski z badań](#), (b.r.), Centrum Nauki Kopernik [online, dostęp dn. 20.11.2017].

Spis ilustracji

Rys.1. Etapy eksperymentu biologicznego	11
Rys. 2. Schemat struktury: podział składników chemicznych organizmów	26

