

DLACZEGO DOŚWIADCZENIA NA LEKCJACH BIOLOGII SĄ TAKIE WAŻNE?

Dr Małgorzata Jagiełło

– doktor nauk przyrodniczych, staż pracy 30 lat,
pracownik Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej
w Krakowie, współautorka podstawy programowej
z przedmiotu *Biologia*.

Spis treści

1. Wstęp, czyli zapisy podstawy programowej dotyczące doświadczeń	1
2. Formułowanie problemu badawczego	2
3. Formułowanie hipotezy badawczej	3
4. Planowanie doświadczenia	4
5. Czym różni się obserwacja od doświadczenia?	6
Literatura	8

1. Wstęp

Biologia, podobnie jak chemia i fizyka, to nauki oparte na doświadczeniach i obserwacjach.

Z tego też powodu, wśród ogólnych celów kształcenia nowej Podstawy programowej, zarówno na etapie III, jak i na etapie IV, znalazły się wymagania dotyczące znajomości metodyki badań biologicznych. Natomiast na końcu wymagań szczegółowych każdego z etapów zamieszczony został zestaw zalecanych do wykonania doświadczeń i obserwacji. Lista ta jest zestawem minimum, obejmującym najprostsze, najtańsze i najbardziej reprezentatywne ćwiczenia dla danych treści. Można je przeprowadzić przy minimalnym nakładzie środków i z wykorzystaniem podstawowego sprzętu laboratoryjnego.

I tak na zakończenie **etapu III** jest to zaledwie **5 doświadczeń**:

- wykazujące, że podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla;
- sprawdzające wpływ wybranego czynnika na proces kiełkowania nasion;
- wykazujące rolę składników chemicznych kości;
- sprawdzające gęstość rozmieszczenia receptorów w skórze różnych części ciała;
- sprawdzające obecność skrobi w produktach spożywczych;

oraz 5 obserwacji:

- mikroskopowych preparatów trwałych (np. tkanki zwierzęce, organizmy jednokomórkowe) i świeżych (np. skórka liścia spichrzowego cebuli, miąższ pomidora, liść moczarki kanadyjskiej, glony, pierwotniaki);

- zmian tętna i ciśnienia krwi podczas spoczynku i wysiłku fizycznego;
- wykazujących obecność plamki ślepej na siatkówce oka;
- w terenie przedstawicieli pospolitych gatunków roślin i zwierząt;
- w terenie liczebności, rozmieszczenia i zagęszczenia wybranego gatunku rośliny zielnej.

Na zakończenie **IV etapu (zakres rozszerzony)** są to tylko **4 doświadczenia**:

- wykrywania cukrów prostych, białek i tłuszczów prostych w produktach spożywczych;
- pokazujące aktywność wybranego enzymu (np. katalazy z bulwy ziemniaka, proteiny z soku kiwi lub ananasa);
- badające wpływ wybranego czynnika (np. światła, temperatury) na intensywność fotosyntezy (np. mierzona wydzielaniem tlenu);
- pokazujące wybraną reakcję tropiczną roślin;

oraz 8 obserwacji:

- zjawiska plazmolizy i deplazmolizy (np. w komórkach skórki dolnej liścia spichrzowego cebuli);
- chloroplastów, chromoplastów i ziaren skrobi;
- ruchu cytoplazmy w komórkach roślinnych (np. w komórkach moczarki);
- preparatów świeżych wybranych jednokomórkowych glonów (np. okrzemek, pierwotka) i cudzożywnych protistów (np. pantofelka);
- preparatów trwałych analizowanych grup organizmów;
- występowania porostów w najbliższej okolicy;
- zmienności ciągłej i nieciągłej u wybranego gatunku;
- struktury populacji (przestrzennej, wiekowej, wielkości itd.) wybranego gatunku.

Niezależnie od tematyki doświadczenia lub obserwacji, istotą jego realizacji powinno być omówienie z uczniami podstaw metodyki badań naukowych, począwszy 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.

Aby proces nauczania przebiegał sprawnie, należy każde doświadczenie zaplanować odpowiednio wcześniej. Większość z nich, o ile to możliwe powinna być przeprowadzona bezpośrednio podczas zajęć lekcyjnych. Jeżeli natomiast są one wykonywane przez uczniów w domu, to ich wyniki powinny być szczegółowo omówione na odpowiedniej lekcji.

2. Formułowanie problemu badawczego

1. Problem badawczy ma najczęściej formę pytania, które zadajemy sobie, obserwując przyrodę lub przygotowując się do wykonania planowanego eksperymentu. Często jest to po prostu temat danego doświadczenia. Problem badawczy powinien być więc jasno i prosto sformułowany. Najczęściej spotykana forma tego typu pytań to: *Jak „coś” wpływa na „coś”?*, *Czy „coś” ma wpływ na „coś”?*, *Na czym polega wpływ „czegoś na coś”?*

2. Problem badawczy może być przedstawiony w formie zdania twierdzącego np. *Badanie wpływu „czegoś na coś”*.
3. Problem badawczy może być formułowany w formie równoważnika zdania oznajmującego temat doświadczenia: *Wpływ „czegoś na coś.”*

Przykład formułowania problemu badawczego

Na przykład wiemy, że przechowywanie żywności w niskiej temperaturze spowalnia procesy rozkładu, prowadzone przez mikroorganizmy (głównie bakterie i grzyby). Skądinąd wiemy, że procesy rozkładu, jak wszystkie inne reakcje zachodzące w żywych organizmach, katalizowane są przez białkowe enzymy. W zależności od tego, na którym etapie edukacji chcemy wykorzystać takie doświadczenie, możemy je pokazać albo omawiając znaczenie bakterii (gnilnych) w III etapie, albo wpływ temperatury na działanie enzymów w IV etapie.

Możemy zatem zadać sobie pytania:

Czy warunki środowiska wpływają na aktywność bakterii/enzymów biorących udział w procesie rozkładu?

lub bardziej konkretnie, wybierając czynnik, jakim jest temperatura:

Czy temperatura wpływa na aktywność bakterii/enzymów biorących udział w procesie rozkładu?

lub to samo w innej formie:

Wpływ temperatury na aktywność bakterii/enzymów biorących udział w procesie rozkładu.

Badanie wpływu temperatury na aktywność bakterii/enzymów biorących udział w procesie rozkładu.

To są **problemy badawcze**, które można sprawdzić doświadczalnie.

Zwykle jednak przed przygotowaniem zestawu doświadczalnego próbujemy też postawić **hipotezę badawczą**.

3. Formułowanie hipotezy badawczej

1. **Hipoteza badawcza** to naukowo uzasadnione **przypuszczenie** wyrażane zdaniem oznajmującym (nigdy pytaniem!), które jest próbą odpowiedzi na sformułowany problem badawczy i wiąże (również pod względem przyczynowym) obserwowane zjawiska.
2. **Hipoteza** stanowi teoretyczną odpowiedź do postawionego problemu badawczego lub przypuszczalne wyjaśnienie wyników obserwacji i doświadczeń.
3. **Hipoteza jest sprawdzalna, jest spodziewanym wynikiem zaplanowanych badań.**
4. **Hipoteza musi być trafna** (do treści problemu, do przedstawionych wyników obserwacji i doświadczeń), gdyż tylko wtedy jej weryfikacja będzie pomocna w rozwiązaniu problemu.
5. Sprawdzanie wiarygodności hipotezy to jej **weryfikacja**.
6. Hipoteza uszczegóławia problem badawczy, sprowadzając go do poziomu, który da się sprawdzić pojedynczym doświadczeniem.

Przykład formułowania hipotezy badawczej:

W przypadku działania bakterii/enzymów (doświadczenie z poprzedniego przykładu) możemy postawić hipotezę na przykład:

Niska temperatura spowalnia działanie bakterii/enzymów biorących udział w procesie rozkładu, a następnie **zaprojektować doświadczenie**, które ją potwierdzi lub obali.

4. Planowanie doświadczenia

Planując przebieg doświadczenia, trzeba pamiętać o kilku podstawowych regułach:

1. Każde doświadczenie musi być tak zaprojektowane, żeby dawało jednoznaczna odpowiedź na postawione pytanie w problemie badawczym lub jednoznacznie stwierdzało, czy postawiona hipoteza jest prawdziwa, czy fałszywa.
2. Należy używać bardzo precyzyjnych sformułowań tak, aby czytając plan doświadczenia można było powtórzyć dany eksperyment. Najlepiej jest posłużyć się formą przepisu np. kulinarnego spisanego w punktach, w formie krótkich poleceń. (Nie-dopuszczalne jest używanie formy zapisu w czasie przeszłym sugerującej, że doświadczenie już się odbyło).
3. Dobór materiału badawczego, przyrządów i odczynników jest uwarunkowany koniecznością skonstruowania takich zestawów doświadczalnych i kontrolnych, które umożliwią weryfikację określonej hipotezy.
4. Materiał badawczy stanowią zwykle całe organizmy, ich części strukturalne lub składniki chemiczne (przy doborze materiału należy pamiętać o zasadach etycznych). *Należy pamiętać, że w szkole nie przeprowadzamy żadnych doświadczeń na zwierzętach i nie zachęcamy uczniów do takich działań. Natomiast można zachęcać ich do prowadzenia obserwacji zwierząt.*
5. Należy określić parametry (czynniki), które będą zmieniane w doświadczeniu. Należy tak zaplanować doświadczenie, aby zmieniać tylko jeden parametr, a resztę warunków doświadczenia utrzymywać na stałym poziomie. (W przykładowym doświadczeniu dotyczącym rozkładu żywności/związków organicznych, jeśli zmieniamy np. temperaturę, to pozostałe parametry: pH, oświetlenie, wilgotność i inne warunki muszą pozostawać bez zmian).
6. Należy określić parametry, które będą się zmieniać wskutek naszych działań (np. w doświadczeniu z enzymami – szybkość przebiegu reakcji).
7. W każdym doświadczeniu zawsze musi być uwzględniana próba badawcza i próba kontrolna.
 - W próbie kontrolnej wszystkie parametry są niezmiennie.
 - W próbie badawczej wszystkie parametry są niezmiennie za wyjątkiem parametru, który badamy.
8. Należy pamiętać o uwzględnieniu (w celu uwiarygodnienia wyników) odpowiedniej powtarzalności prób (im więcej tym lepiej – minimum 3) oraz o odpowiedniej liczbie badanych obiektów (nie powinny to być pojedyncze organizmy, ich części czy składniki).
9. Należy się zawsze zastanowić, które dane będą zbierane, czyli co będzie liczone, mierzone, ważone lub co będzie obserwowane np. zmiana zabarwienia, stanu skupienia itp.

W tym celu warto spróbować wyobrazić sobie przebieg doświadczenia oraz czas jego trwania. To pomoże zaplanować, jak często będą zbierane wyniki i jakich przyrządów potrzeba do dokonania prawidłowych pomiarów.

Przykłady:

- Jeśli eksperyment dotyczy np. biodegradacji śmieci, to musi potrwać rok. W takim wypadku dane zbieramy co miesiąc.
 - Jeśli eksperyment dotyczy tempa działania enzymu np. katalazy – to potrwa on kilka minut. W takim przypadku trzeba zbierać informacje co pół minuty albo nawet częściej (potrzebny będzie zegar, stoper lub minutnik).
10. Ważny jest także sposób, w jaki będą zapisywane wyniki pomiarów, czy obserwacji. Warto wcześniej np. zaprojektować tabelę, ponieważ wyniki przedstawione w tabeli ułatwiają przetwarzanie danych (np. rysowanie wykresu) oraz w następnej kolejności interpretację i wyciąganie wniosków z przebiegu doświadczenia.

Projekt doświadczenia – przykład

■ **Cel:** sprawdzenie, w jaki sposób można przechowywać żywność, aby spowolnić proces jej rozkładu przez bakterie. (etap III, wymaganie II/III.6; etap IV, wymaganie III/III.1.3).

■ **Problem badawczy:**

Czy temperatura wpływa na aktywność bakterii/enzymów biorących udział w procesie rozkładu?

■ **Hipoteza badawcza:**

Niska temperatura spowalnia działanie bakterii/enzymów rozkładających związki organiczne.

■ **Materiały:** produkty spożywcze np. ugotowana zupa

■ **Przyrządy:** lodówka, ciepłarka (w warunkach domowych można zastąpić ją np. kaloryferem w zimie, a miejscem na oknie o wystawie południowej w lecie), pojemniki np. zakręcane słoiki jednakowej wielkości (minimum 6 szt.), folia aluminiowa lub czarny papier, termometr pokojowy.

Przygotowanie zestawu doświadczalnego:

1. **Próba kontrolna** – słoiki (minimum dwa) z pokarmem np. zupą pozostawione w temperaturze pokojowej. Należy umieścić w każdym słoiku jednakową ilość danego pokarmu oraz aby wykluczyć działanie światła (inny parametr!), owinąć każdy z nich czarnym papierem, folią aluminiową lub ustawić go w ciemnym miejscu.
2. **Próba badawcza** – po dwa słoiki z tym samym i w takiej samej ilości pokarmem np. zupą, umieszczone w ciepłarce w temperaturze ok. 20-25 °C (w warunkach domowych w ciepłym i ciemnym miejscu o w miarę nie zmieniającej się temperaturze) i w lodówce w temperaturze ok. 4 °C.
3. Zaplanowanie **obserwacji i sposobu zbierania wyników:**
 - Obserwacja zmian fizycznych pożywienia w słoikach np. zapach, kolor, ułatwienie się pęcherzyków gazu (dotyczy zupy).
 - Zapis wyników obserwacji np. co 12 godzin w odpowiednio przygotowanej tabeli.

Słoik 1 (w temp. 20 °C)

Dzień/godzina	Kolor (prawidłowy/ zmieniony)	Obecność pęcherzyków gazu (brak/moło/dużo)	Zapach (prawidłowy/ zmieniony)
1 – 8.00			
1 – 20.00			
2 – 8.00			
2 – 20.00			
3 – 8.00			
3 – 20.00			

Według powyższego wzoru należy przygotować tabele dla wszystkich np. 6 słoików, odpowiednio ponumerowanych i opisanych:

słoik 1 – temp. 20 °C, słoik 2 – temp. 20 °C, słoik 3 – temp. 25 °C, słoik 4 – temp. 25 °C, słoik 5 – temp. 4 °C, słoik 6 – temp. 4 °C.

Faza podsumowania doświadczenia:

1. **Zapisanie wyników** doświadczenia w kontekście odpowiedzi na zadane w problemie badawczym pytanie.
2. **Weryfikacja** postawionej **hipotezy** badawczej (prawdziwa/fałszywa).
3. Zapisanie uogólnionego **wniosku**.

5. Czym różni się obserwacja od doświadczenia?

Planowanie obserwacji

Obserwacja polega na dostrzeganiu obiektów przyrodniczych, zjawisk i procesów biologicznych bez ingerencji w to, co jest postrzegane. Obserwator nie wywołuje określonych zjawisk czy procesów, nie tworzy obiektów obserwacji. Każda skuteczna obserwacja jest ukierunkowana, celowa i systematyczna. Jej wyniki (podobnie jak w doświadczeniu) powinny być zbierane, rejestrowane i opracowane w sposób umożliwiający syntezę i tworzenie uogólnień.

W planowaniu każdej obserwacji można wyróżnić pewne etapy/reguły, które zastosowane w ustalonej kolejności decydują o jej prawidłowym przebiegu.

1. Ustalenie celu obserwacji (ukierunkowanie) – określenie, po co ją prowadzimy, czego chcemy się dzięki niej dowiedzieć (w zadaniach egzaminacyjnych wynika to z podanej treści hipotezy, która jest weryfikowana obserwacją lub z problemu, jaki jest do rozwiązania).
2. Ustalenie przedmiotu obserwacji – określenie, co dokładnie będzie obserwowane (np. jakie obiekty, zjawiska przyrodnicze lub procesy biologiczne).
3. Określenie sposobu prowadzenia obserwacji – określenie, czy obserwacja będzie makroskopowa czy mikroskopowa, jakie będą niezbędne przyrządy wspomagające, w jakim czasie i z jaką częstotliwością będą prowadzone obserwacje, jakie będą dodatkowe pomiary (w zadaniach egzaminacyjnych jest to wszystko najczęściej podane).

4. Ustalenie sposobu rejestracji, a następnie opracowania wyników obserwacji (czyli, które parametry, za pomocą jakich przyrządów i w jakim czasie będą rejestrowane oraz w jakiej formie np. graficznej mogą być przedstawione wyniki).
5. Sformułowanie wniosków i ocena prawdziwości postawionej przed obserwacją hipotezy – powinny być przeprowadzone według tych samych zasad, jak w przypadku doświadczenia.

Przykład: Zaplanowanie przebiegu obserwacji (na podstawie zadania egzaminacyjnego – egzamin maturalny 2006).

Wpływ wysiłku fizycznego na pracę układu oddechowego można zaobserwować podczas lekcji wychowania fizycznego, kiedy uczniowie biegną na 60 m.

Zaplanuj obserwację wpływu wysiłku fizycznego na układ oddechowy, podając parametr, który będzie obserwowany i sposób przeprowadzenia obserwacji.

Plan obserwacji:

Przed rozpoczęciem biegu należy zmierzyć liczbę oddechów na minutę u danej osoby. Następnie osoba ta biegnie 60 m. Od razu po ukończeniu przez nią biegu mierzymy ponownie ilość oddechów na minutę, obserwując ruch klatki piersiowej i mierząc czas za pomocą stopera lub zegarka. Dodatkowo mierzymy jeszcze raz ilość oddechów na minutę po pewnym czasie (w odpoczynku) od wykonania biegu.

Planując obserwację należy pamiętać o zasadach, które określają jej prawidłowy przebieg. Należy też przeanalizować informacje wstępne, z których wynika, że obserwacja powinna dotyczyć wpływu wysiłku fizycznego na układ oddechowy z wykorzystaniem grupy biegających osób.

Jeżeli obserwowana powinna być praca układu oddechowego to jedynym parametrem z nim związanym jest częstotliwość, z jaką można oddychać (= liczba oddechów mierzona na minutę). Bieganie związane jest z intensywnym wysiłkiem fizycznym, a więc wystarczy porównać częstotliwość oddychania, co najmniej jednej osoby (lub większej ich liczby = próby badawcze) przed biegiem (w spoczynku) i bezpośrednio po biegu (po wysiłku).

Skąd brać przykłady różnych doświadczeń i obserwacji?

Na obu etapach kształcenia oprócz zalecanych doświadczeń i obserwacji można też wykorzystać inne pomysły na doświadczenia w ramach własnych możliwości i środków – w tym wypadku zasada „im więcej tym lepiej” znajduje pełne zastosowanie. Takie ponadprogramowe doświadczenia i obserwacje mogą stanowić doskonałą ilustrację omawianych zagadnień np. budowy chemicznej lub komórkowej organizmów, ekologii czy fizjologii roślin lub zwierząt.

Skąd czerpać pomysły? Podstawową wiedzę powinny dostarczyć podręczniki szkolne i literatura uzupełniająca. Natomiast głównym materiałem ćwiczeniowym mogą być w pierwszej kolejności autentyczne arkusze egzaminacyjne (wraz z rozwiązaniami) zamieszczone na stronach [www Centralnej Komisji Egzaminacyjnej](http://www.CentralnejKomisjiEgzaminacyjnej), a dopiero potem inne dostępne publikacje.

Szczególnie młodzi stażem nauczyciele mogą mieć początkowo kłopoty z opracowaniem własnych pomysłów na doświadczenia i obserwacje w taki sposób, aby stanowiły ciekawe uzupełnienie prowadzonych lekcji. Niebagatelną rolę będą też odgrywać indywidualne zainteresowania i wyposażenie pracowni biologicznej. Można jednak

przypuszczać, że pomocą w tym względzie będą służyć materiały edukacyjne stanowiące często uzupełnienie podręczników.

Pamiętajmy jednak, że najistotniejsza jest nie liczba doświadczeń ale sposób ich przygotowania, a następnie wykonania i omówienia z uczniami.

Każdy z uczniów powinien mieć też szansę samodzielnego wykonania przynajmniej jednego doświadczenia i to w taki sposób, aby rozumiał i umiał wyjaśnić każdy kolejno wykonywany etap.

Literatura

1. Jagiełło M. (oprac), *Raport z egzaminu maturalnego. Sesja wiosenna 2005. Biologia*, OKE Kraków 2005.
2. Jagiełło M., *Sposób na maturę. Biologia*, Wydawnictwo Szkolne Omega, Kraków 2008.
3. Spalik K., Jagiełło M., Skirmuntt G., Kofta W., *Podstawa programowa z komentarzami. Tom 5. Komentarz do podstawy programowej przedmiotu Biologia*, MEN, Warszawa 2008.