



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

IBE



entuzjaści
edukacji

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



RAPORT TEMATYCZNY Z BADANIA

Analiza podręczników do biologii z III etapu edukacyjnego pod względem realizacji obowiązku nauczania metody badań biologicznych

Warszawa 2014

Autor:
Joanna Lilpop
Pracownia Przedmiotów Przyrodniczych IBE

Wydawca:
Instytut Badań Edukacyjnych
ul. Górczewska 8
01-180 Warszawa
tel. (22) 241 71 00; www.ibe.edu.pl

© Copyright by: Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa 2014

Publikacja współfinansowana przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach projektu: *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych.

Egzemplarz bezpłatny

Streszczenie

Analiza podręczników szkolnych do biologii stosowanych na III etapie edukacyjnym przeprowadzona została pod kątem realizacji obowiązku nauczania metodologii prowadzenia doświadczeń przyrodniczych zapisanego w II celu kształcenia (wymaganiu ogólnym) oraz zgodności ze spisem zalecanych doświadczeń i obserwacji do wykonania przez ucznia. Badanie poszerzono o poszukiwanie w podręcznikach treści, które sprzyjają zwiększaniu zainteresowania naukami przyrodniczymi oraz promują nauczanie poprzez dociekanie naukowe (IBSE). Szczegółowej analizie poddano 10 serii podręczników do biologii dla szkół gimnazjalnych dopuszczonych do użytku szkolnego przez MEN od 2009 roku. Wyniki badania wskazują, że cel kształcenia, jakim jest znajomość metodyki badań biologicznych, realizowany jest w podręcznikach przede wszystkim w postaci rozdziału wstępnego mówiącego o metodzie naukowej. Podręczniki zawierają opisy doświadczeń i obserwacji zalecanych do przeprowadzenia przez podstawę programową. Większość doświadczeń opisanych w podręcznikach jest ilustracją zjawisk biologicznych i nie ma na celu wdrożenia uczniów w dociekania naukowe. Podręczniki nie zawierają treści związanych z promowaniem podejścia naukowego, nauczaniem w kontekście i poprzez kontekst prawdziwych badań naukowych, czyli elementów niezbędnych do wzmocnienia zainteresowania młodych ludzi naukami przyrodniczymi i karierą naukową, do czego zobowiązują zalecenia Komisji Europejskiej i Parlamentu. Analiza podręczników dostarczyła informacji o tym, w jaki sposób zapisy podstawy programowej zostały uwzględnione w narzędziach dydaktycznych używanych w praktyce szkolnej oraz o elementach podręczników, które warto poprawić lub uzupełnić.

Summary

Scientific methodology principles and basic biological experiments are expected to be included in the school textbooks due to the requirement of the National Curriculum since 2009. The aim of the study was to analyze Polish school textbooks for biology on ISCED2 level in the context of how the scientific methodology is introduced and exemplified to students. Additionally Inquiry Based Science Education (IBSE) contexts that increase interest in science among pupils were searched in the texts. 10 textbook series approved by the Ministry of Education since 2009 were analysed. Results of the analysis show that textbooks contain an opening chapters about scientific methodology in biology research. Textbooks describes also experiments and observations that are listed in the National Curriculum. The majority of these experiments is described as an illustration of the biological phenomenon not an inquiry process for students. Polish biology textbooks does not contain materials that promote science or supports teaching in the context of real research and contemporary researchers. Those missing elements are known to strengthen young people interest in science and in future scientific careers which is required by European Parliament and Council. The analysis of textbooks gave an evidence on how changes in the National Curriculum influenced didactical materials used in school practice. It indicates also elements that should be improved and complement in future editions of textbooks.

Spis treści

1. Cele badania	6
2. Kontekst badania	8
2.1. Badania i rekomendacje europejskie dotyczące nauczania przedmiotów przyrodniczych	8
2.2. Metoda naukowa w podstawie programowej biologii na III etapie edukacyjnym	9
3. Metodologia prowadzenia analizy podręczników	11
3.1. Definicje	14
4. Wyniki	16
4.1. Jak metoda naukowa jest opisana w podręcznikach biologii?	16
4.2. Jak definiowana jest próba kontrolna?	20
4.3. Jakie przykłady doświadczeń opisano w rozdziale o metodzie naukowej?	21
4.4. Jak podręczniki sprawdzają umiejętności uczniów związane z projektowaniem i przeprowadzaniem doświadczeń?	23
4.5. Jakie przykłady doświadczeń zamieszczone są w treściach podręczników?	24
4.6. Czy doświadczenia zalecane do realizacji przez podstawę programową są obecne w podręcznikach?	33
4.7. Czy podręczniki promują nauczanie przez dociekanie naukowe?	42
4.8. Przykłady dobrych praktyk związanych z nauczaniem poprzez kontekst badań naukowych	46
5. Wnioski	50
6. Rekomendacje	52
7. Literatura	53

1. Cele badania

Podstawa programowa przedmiotów przyrodniczych, wprowadzona do szkół w 2009 r., kładzie duży nacisk na kształcenie umiejętności złożonych i rozumowania w naukach przyrodniczych. Wymagania te sformułowane są: w opisie kompetencji związanych z myśleniem naukowym, w celach kształcenia dla każdego z przedmiotów przyrodniczych, a także w postaci obowiązku realizowania w szkole doświadczeń i obserwacji w ramach lekcji biologii, fizyki i chemii. Badania prowadzone przez Pracownię Przedmiotów Przyrodniczych IBE mają na celu między innymi uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy i w jaki sposób nowa konstrukcja podstawy programowej w Polsce wpłynęła na sposób przełożenia tego dokumentu na praktykę szkolną. Jednym ze sposobów poszukiwania na nie odpowiedzi jest analiza zatwierdzonych przez Ministerstwo Edukacji Narodowej podręczników szkolnych do nauczania przedmiotów przyrodniczych na III poziomie edukacyjnym. Przeprowadzone badanie nie zakłada wszechstronnej analizy czy dodatkowej recenzji podręczników, ale ma na celu punktową diagnozę wybranych aspektów nauczania przedmiotów przyrodniczych, które – zgodnie z nową podstawą programową – powinny znaleźć odzwierciedlenie w podręcznikach szkolnych. Zwrócono uwagę na wybrane aspekty, które zostały ujęte w podstawie programowej w sposób jednoznaczny i różny od wcześniejszych (przed reformą 2009) zapisów dokumentów programowych. Dotyczy to zwłaszcza sformułowanych w podstawie programowej celów kształcenia – wymagań ogólnych, a także wymaganych lub zalecanych doświadczeń do przeprowadzenia z uczniami.

Analiza podręczników gimnazjalnych do biologii przeprowadzona została pod kątem realizacji obowiązku nauczania metodologii prowadzenia doświadczeń przyrodniczych, zapisanego jako II cel kształcenia (wymaganie ogólne), oraz zgodności ze spisem zalecanych doświadczeń i obserwacji do wykonania przez ucznia. Badanie poszerzono o poszukiwanie w treści podręczników elementów, które sprzyjają zwiększaniu zainteresowania naukami przyrodniczymi – takich jak nauczanie przedmiotów przyrodniczych poprzez kontekst i w kontekście badań naukowych, przytaczanie prawdziwych przykładów źródeł danych i opisów, z których się biorą fakty naukowe, oraz elementów nauczania poprzez dociekanie naukowe (ang. *Inquiry Based Science Education*, IBSE).

Przeprowadzona analiza podręczników do biologii z III etapu edukacyjnego miała zatem na celu uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy podręczniki zawierają rozdział o metodzie naukowej i w jaki sposób autorzy przedstawiają to zagadnienie?
- Które z wymienionych w podstawie programowej zalecanych doświadczeń i obserwacji przedstawia podręcznik oraz czy, a jeśli tak, to jakie dodatkowe doświadczenia zawiera?
- Jak przedstawione są doświadczenia zawarte w podręcznikach w aspekcie metodologii, czy spełniają standardy metody naukowej?
- W jakim stopniu treści podręczników promują podejście naukowe oraz stosują metody oparte na dociekanii naukowym (IBSE)?

Niniejszy raport został opracowany z myślą o wydawcach, autorach i recenzentach podręczników, by zwrócić ich uwagę na luki i niekonsekwencje w zawartych w tych podręcznikach treściach dotyczących metodyki badań biologicznych. Także po to, aby przedstawić możliwości wprowadzenia zmian i innego rozłożenia akcentów w treściach podręczników w przyszłości, dzięki czemu lepiej sprzyjałyby one kształtowaniu:

- umiejętności badawczych uczniów,
- rozumowania naukowego i myślenia krytycznego u uczniów,
- rozumienia przez uczniów, jak działa nauka,
- postaw związanych z pozytywnym postrzeganiem nauki i naukowców.

Raport został opracowany także dla nauczycieli, aby pomóc im w dokonywaniu świadomego wyboru podręcznika, a także uważnego doboru własnych metod i narzędzi pracy stosowanych na lekcjach – rozwijających umiejętności badawcze i rozumienie nauki przez uczniów – aby mogli właściwie uzupełnić braki istniejące w podręcznikach.

Przeprowadzona diagnoza podręczników szkolnych do biologii pogłębia wiedzę na temat tego, w jakim stopniu zmiany ustawodawcze są wdrażane w praktyce szkolnej. Służy również sformułowaniu wniosków i rekomendacji dla modyfikacji i tworzenia przyszłych podręczników szkolnych.

2. Kontekst badania

Od roku szkolnego 2009/2010 w Polsce obowiązuje Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 roku, znowelizowane w 2012 roku, w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół [MEN, 2012]. Założenia, cele kształcenia i treści nauczania zawarte w tym dokumencie są wdrażane w pierwszej klasie szkoły podstawowej i gimnazjalnej od 2009 roku. Dokument definiuje siedem najważniejszych umiejętności (kompetencji kluczowych) zdobywanych przez ucznia w trakcie kształcenia ogólnego na III i IV etapie edukacyjnym. Jedną z tych najważniejszych umiejętności jest myślenie naukowe, określone jako „umiejętność wykorzystania wiedzy o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów, a także formułowania wniosków opartych na obserwacjach empirycznych dotyczących przyrody i społeczeństwa” [MEN, 2012]. Zapis ten jest zbliżony z zaleceniami Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie [Parlament Europejski i Rada, 2006], gdzie zapisano: „Kompetencje naukowe odnoszą się do zdolności i chęci wykorzystywania istniejącego zasobu wiedzy i metodologii do wyjaśniania świata przyrody, w celu formułowania pytań i wyciągania wniosków opartych na dowodach. (...) Niezbędna wiedza, umiejętności i postawy powiązane z kompetencjami naukowo-technicznymi: (...) Umiejętności obejmują zdolność do wykorzystywania i posługiwania się danymi naukowymi do osiągnięcia celu bądź podjęcia decyzji lub wyciągnięcia wniosku na podstawie dowodów. Osoby powinny również być w stanie rozpoznać niezbędne cechy postępowania naukowego oraz posiadać zdolność wyrażania wniosków i sposobów rozumowania, które do tych wniosków doprowadziły. Kompetencje w tym obszarze obejmują postawy krytycznego rozumienia i ciekawości (...)” III etap edukacyjny w polskim systemie edukacji jest najważniejszym etapem z punktu widzenia kształtowania istotnych umiejętności i postaw uczniów na poziomie ogólnokształcącym, ważne jest zatem położenie szczególnego nacisku na kształtowanie kompetencji naukowo-technicznych właśnie na tym etapie edukacyjnym.

2.1. Badania i rekomendacje europejskie dotyczące nauczania przedmiotów przyrodniczych

Przegląd badań i raportów międzynarodowych dotyczących wprowadzania nowoczesnego nauczania przedmiotów przyrodniczych daje rozpoznanie koniecznych zmian i potrzeb edukacyjnych polskiego szkolnictwa. Badania wskazują, że piętnastolatków osiągających wysoki poziom kompetencji w przedmiotach przyrodniczych charakteryzuje entuzjazm poznawczy i pozytywny stosunek do dyscyplin naukowych [OECD, 2009]. A zgodnie z zaleceniami Parlamentu Europejskiego, kształcenie kompetencji kluczowych, w tym kompetencji naukowo-technicznych, jest podstawą zwiększania osobistych życiowych, edukacyjnych i zawodowych szans uczniów i obywateli [Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady, 2006]. Wiele raportów międzynarodowych wskazuje na potrzebę wprowadzania do praktyki szkolnej prostych eksperymentów i samodzielnych zadań badawczych dla uczniów [Rocard, 2007; Moore, 2007; PISA 2006]. Kluczowym elementem wprowadzania zmian do praktyki szkolnej jest nauczanie przedmiotów przyrodniczych oparte na dociekaniu naukowym (ang. *Inquiry Based Science Education*, IBSE). Nauczanie oparte na IBSE wzmacnia zainteresowanie przedmiotami przyrodniczymi zarówno zdolnych, jak i słabszych uczniów oraz podwyższa motywację nauczycieli [Rocard, 2007]. Integralnym elementem IBSE, poza prowadzeniem doświadczeń uczniowskich, jest m.in. przedstawianie uczniom aktualnych aspektów badań naukowych wraz z przykładami konkretnych badań, angażowanie uczniów w analizę autentycznych danych i samodzielne wyciąganie wniosków. Przykładem zalecanych tematów z najnowszych dziedzin nauki w biologii mogą być: ewolucja molekularna, bioinformatyka, medycyna molekularna, genomika [Moore, 2008]. Raport Komisji Europejskiej „*Europe needs more scien-*

tists” z 2004 roku wskazuje na potrzeby zmian w podstawach programowych nauczania przedmiotów przyrodniczych w krajach europejskich, aby nauki przyrodnicze stawały się bardziej interesujące dla uczniów. Działania mające na celu wzrost zainteresowania naukami przyrodniczymi i technicznymi uwzględniają m.in. [Gago, 2004]:

- nauczanie przedmiotów przyrodniczych poprzez kontekst i w kontekście badań naukowych;
- bardziej autentyczne i społeczne podejście do nauk przyrodniczych;
- dawanie uczniom możliwości samodzielnego prowadzenia badań;
- prowadzenie szkolnych laboratoriów – na każdym poziomie nauczania, z uwzględnieniem adekwatnego wyposażenia, czasu pracy nauczyciela i wsparcia technicznego;
- zapoznanie uczniów z tym, czym zajmują się naukowcy i w jaki sposób pracują;
- włączanie uczniów – jako obywateli – do dyskusji opartych na faktach naukowych.

W polskich raportach i badaniach dotyczących zmiany jakości nauczania przedmiotów przyrodniczych także formułuje się podobne postulaty. Wnioski z projektu Gender Awareness Participation Process „Jak przeprowadzić ciekawą lekcję o nauce” zawierają następujące zalecenia:

- Warto pokazywać uczniom pracę naukowca jako pewien styl życia – we współczesnym świecie związany z podróżami, poznawaniem nowych ludzi, nieustającym rozwojem, twórczością.
- Kiedy chcemy zachęcić uczniów do zainteresowania się nauką, pokażmy ją na przykładzie pracy konkretnych, współcześnie żyjących naukowców, którzy odnieśli sukces. Wyjaśnijmy uczniom, gdzie i w jaki sposób pracują na co dzień [Iłowiecka-Tańska, 2008].

2.2. Metoda naukowa w podstawie programowej biologii na III etapie edukacyjnym

Jedną z siedmiu podanych we wstępie do podstawy programowej najważniejszych umiejętności kształconych na III etapie edukacyjnym jest myślenie naukowe, określone jako „umiejętność wykorzystania wiedzy o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów, a także formułowania wniosków opartych na obserwacjach empirycznych dotyczących przyrody i społeczeństwa” [MEN, 2012]. Konsekwentnie do tego zapisu, wśród celów kształcenia w zakresie przedmiotu biologia na III etapie edukacyjnym znajdują się: znajomość metodyki badań biologicznych (cel kształcenia II) oraz rozumowanie i argumentacja (cel kształcenia IV). Autorzy podstawy podają, jakie umiejętności uczeń powinien opanować, aby poznać metodykę badań: „uczeń planuje, przeprowadza i dokumentuje obserwacje i proste doświadczenia biologiczne; określa warunki doświadczenia, rozróżnia próbę kontrolną i badawczą, formułuje wnioski; przeprowadza obserwacje mikroskopowe preparatów świeżych i trwałych” oraz precyzują umiejętności związane z rozumowaniem i argumentacją: „uczeń interpretuje informacje i wyjaśnia zależności przyczynowo-skutkowe między faktami, formułuje wnioski (...)” [MEN, 2012]. Podstawa programowa biologii podaje także spis konkretnych doświadczeń i obserwacji zalecanych do realizacji w toku nauki biologii na III etapie edukacyjnym:

- 1) Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie:
 - a) wykazujące, że podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla,

- b) sprawdzające wpływ wybranego czynnika na proces kiełkowania nasion,
 - c) wykazujące rolę składników chemicznych kości,
 - d) sprawdzające gęstość rozmieszczenia receptorów w skórze różnych części ciała,
 - e) sprawdzające obecność skrobi w produktach spożywczych;
- 2) Uczeń dokonuje obserwacji:
- a) mikroskopowych preparatów trwałych (np. tkanki zwierzęce, organizmy jednokomórkowe) i świeżych (np. skórka liścia spichrzowego cebuli, mięsz pomidora, liść moczarki kanadyjskiej, glony, pierwotniaki),
 - b) zmian tętna i ciśnienia krwi podczas spoczynku i wysiłku fizycznego,
 - c) wykazujących obecność plamki ślepej na siatkówce oka,
 - d) w terenie przedstawicieli pospolitych gatunków roślin i zwierząt,
 - e) w terenie obserwacji liczebności, rozmieszczenia i zagęszczenia wybranego gatunku rośliny zielnej. [MEN, 2012]

Obecność tych zapisów w podstawie programowej świadczy o kierunku zmian celów i metod edukacji przyrodniczej w Polsce, zgodnym z przedstawionymi wynikami badań oraz wytycznymi instytucji europejskich.

3. Metodologia prowadzenia analizy podręczników

Analizie poddanych zostało dziesięć serii podręczników do biologii na III etapie edukacyjnym spośród jedenastu dopuszczonych przez Ministerstwo Edukacji Narodowej do użytku szkolnego. Przeznaczone są do kształcenia ogólnego według nowej podstawy programowej na poziomie gimnazjum (zgodnie z wykazem na: http://www.reformaprogramowa.men.gov.pl/nowepodreczniki/wykaz_dopuszczone_lista1.php). Jedna seria podręczników (pt. Natura, Wydawnictwo „LektorKlett”) nie została uwzględniona w analizie, ponieważ do lutego 2014 r. dwa spośród czterech planowanych tomów serii nie zostały dopuszczone do użytku przez MEN i wydane.

Tabela 1. Pełna lista analizowanych podręczników.

Nr serii	L.p.	Tytuł serii	Tom	Tytuł podręcznika	Autor podręcznika	Wydawca	Miejsce, rok wydania	Data dopuszczenia przez MEN	Numer ewidencyjny w wykazie MEN
1.	1	Ciekawa biologia	1/3	Ciekawa biologia. Podręcznik dla gimnazjum. Część 1	Ewa Kłos, Wawrzyniec Kofta, Mariola Kukier-Wyrwicka, Hanna Werblan-Jakubiec	Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A.	Warszawa 2009 wyd. 1	2009-03-30	35/1/2009
	2	Ciekawa biologia	2/3	Ciekawa biologia. Podręcznik dla gimnazjum. Część 2	Ewa Kłos, Wawrzyniec Kofta, Mariola Kukier-Wyrwicka, Hanna Werblan-Jakubiec	Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A.	Warszawa 2009 wyd. 1	2009-04-27	35/2/2009
	3	Ciekawa biologia	3/3	Ciekawa biologia. Podręcznik dla gimnazjum. Część 3	Ewa Kłos, Wawrzyniec Kofta, Mariola Kukier-Wyrwicka, Hanna Werblan-Jakubiec	Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A.	Warszawa 2009 wyd. 1	2009-09-07	35/3/2009
2.	4	Z natury rzeczy	1/3	Z natury rzeczy. Podręcznik do biologii. Gimnazjum 1	Grzegorz Góralski, Anna Kłyś, Monika Tuleja	Grupa Edukacyjna S.A.	Kielce 2009	2009-04-06	38/1/2009
	5	Z natury rzeczy	2/3	Z natury rzeczy. Podręcznik do biologii. Gimnazjum 2	Anna Kłyś, Monika Tuleja	Grupa Edukacyjna S.A.	Kielce 2010	2010-04-22	38/2/2010
	6.	Z natury rzeczy	3/3	Z natury rzeczy. Podręcznik do biologii. Klasa 3	Grzegorz Góralski	Grupa Edukacyjna S.A.	Kielce 2011	2011-06-14	38/3/2011

Nr serii	L.p.	Tytuł serii	Tom	Tytuł podręcznika	Autor podręcznika	Wydawca	Miejsce, rok wydania	Data dopuszczenia przez MEN	Numer ewidencyjny w wykazie MEN
3.	7.	Biologia. Podręcznik dla gimnazjum	1/3	Biologia 1. Podręcznik dla gimnazjum	Jolanta Loritz-Dobrowolska, Zyta Sendicka, Elżbieta Szadzianis, Ewa Wierbiłowicz	Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON Sp. z o.o.	Gdynia 2009	2009-04-06	42/1/2009
	8.	Biologia. Podręcznik dla gimnazjum	2/3	Biologia 2. Podręcznik dla gimnazjum	Jolanta Loritz-Dobrowolska, Zyta Sendicka, Elżbieta Szadzianis, Ewa Wierbiłowicz	Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON Sp. z o.o.	Gdynia 2010	2010-02-11	42/2/2010
	9.	Biologia. Podręcznik dla gimnazjum	3/3	Biologia 3. Podręcznik dla gimnazjum	Jolanta Loritz-Dobrowolska, Zyta Sendicka, Elżbieta Szadzianis, Ewa Wierbiłowicz	Wydawnictwo Pedagogiczne OPERON Sp. z o.o.	Gdynia 2011	2011-02-09	42/3/2011
4.	10.	Puls życia	1/3	Puls życia 1. Podręcznik do biologii dla gimnazjum	Małgorzata Jefimow, Marian Sętkas	Wydawnictwo „Era” Sp. z o.o.	Straszyn 2009 wyd. 1	2009-04-07	58/1/2009
	11.	Puls życia	2/3	Puls życia 2. Podręcznik do biologii dla gimnazjum	Małgorzata Jefimow	Nowa Era Sp. z o.o., Wydawnictwo Era Sp. z o.o.	Straszyn 2009 wyd.1	2009-04-07	58/2/2009
	12.	Puls życia	3/3	Puls życia 3. Podręcznik do biologii dla gimnazjum	Beata Sągin, Andrzej Boczarowski, Marian Sętkas	Nowa Era Sp. z o.o., Wydawnictwo Era Sp. z o.o.	Warszawa 2012 wyd.3	2010-10-07	58/3/2010
5.	13.	Bliżej biologii	1/3	Bliżej biologii. Podręcznik dla gimnazjum. Część 1	Ewa Pyłka-Gutowska, Ewa Jastrzębska	Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A.	Warszawa 2009 wyd. 1.	2009-04-17	74/1/2009
	14.	Bliżej biologii	2/3	Bliżej biologii. Podręcznik dla gimnazjum. Część 2	Ewa Pyłka-Gutowska, Ewa Jastrzębska	Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A.	Warszawa 2009 wyd. 2.	2009-09-17	74/2/2009
	15.	Bliżej biologii	3/3	Bliżej biologii. Podręcznik. Gimnazjum. Część 3	Ewa Pyłka-Gutowska, Ewa Jastrzębska	Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A.	Warszawa 2011 wyd. 3.	2010-11-30	74/3/2010
6.	16.	Świat biologii	1/3	Świat biologii. Podręcznik dla gimnazjum. Część 1	Małgorzata Kłyś, Joanna Stawarz	Nowa Era Spółka z o.o.	Warszawa 2009	2009-04-24	92/1/2009

Nr serii	L.p.	Tytuł serii	Tom	Tytuł podręcznika	Autor podręcznika	Wydawca	Miejsce, rok wydania	Data dopuszczenia przez MEN	Numer ewidencyjny w wykazie MEN
	17.	Świat biologii	2/3	Świat biologii. Podręcznik dla gimnazjum. Część 2	Małgorzata Kłyś, Joanna Stawarz, Wiesława Gołda, Jadwiga Wardas	Nowa Era Spółka z o.o.	Warszawa 2010 wyd. 1	2010-02-16	92/2/2010
	18.	Świat biologii	3/3	Świat biologii. Podręcznik dla gimnazjum. Część 3	Małgorzata Kłyś, Andrzej Kornaś, Marcin Ryszkiewicz	Nowa Era Spółka z o.o.	Warszawa 2012 wyd. 2	2011-05-10	92/3/2011
7.	19.	Życie	1/3	Życie. Biologia. Podręcznik dla klasy pierwszej gimnazjum	Agnieszka Krawczyk, Józef Krawczyk	Wydawnictwo Edukacyjne WIKING II Sp. J.	Wrocław 2009 wyd. 1	2009-05-08	128/1/2009
	20.	Życie	2/3	Życie. Biologia. Podręcznik dla klasy drugiej gimnazjum	Józef Krawczyk, Agnieszka Krawczyk	Wydawnictwo Edukacyjne WIKING II Sp. J.	Wrocław 2010 wyd. 1	2010-06-10	128/2/2010
	21.	Życie	3/3	Życie. Biologia. Podręcznik dla klasy trzeciej gimnazjum	Józef Krawczyk, Agnieszka Krawczyk	Wydawnictwo Edukacyjne WIKING II Sp. J.	Wrocław 2011 wyd. 1	2011-08-18	128/3/2011
8.	22.	ABC biologii	1/3	Biologia. Podręcznik dla 1 klasy gimnazjum	Barbara Gulewicz	Wydawnictwo ABC spółka z o.o.	Poznań 2009 wyd.1	2009-05-14	143/1/2009
	23.	ABC biologii	2/3	Biologia. Podręcznik dla 2 klasy gimnazjum	Barbara Gulewicz	Wydawnictwo ABC spółka z o.o.	Poznań 2010 wyd. 1	2010-08-13	143/2/2010
	24.	ABC biologii	3/3	Biologia. Podręcznik dla 3 klasy gimnazjum	Barbara Gulewicz	Wydawnictwo ABC spółka z o.o.	Poznań 2011 wyd. 1	2011-09-14	143/3/2011
9.	25.	Biologia dla gimnazjum	1/3	Biologia dla gimnazjum. Podręcznik część 1	Barbara Klimuszko	Wydawnictwo Edukacyjne „Żak” sp. z o.o. sp. k.	Warszawa 2009	2009-06-05	192/1/2009
	26.	Biologia dla gimnazjum	2/3	Biologia dla gimnazjum. Podręcznik część 2	Barbara Klimuszko, Małgorzata Polczyk	Wydawnictwo Edukacyjne „Żak” sp. z o.o. sp. k.	Warszawa 2010	2010-02-10	192/2/2010
	27.	Biologia dla gimnazjum	3/3	Biologia dla gimnazjum. Podręcznik część 3	Barbara Klimuszko	Wydawnictwo Edukacyjne „Żak” sp. z o.o. sp. k.	Warszawa 2012	2012-03-02	192/3/2012

Nr serii	L.p.	Tytuł serii	Tom	Tytuł podręcznika	Autor podręcznika	Wydawca	Miejsce, rok wydania	Data dopuszczenia przez MEN	Numer ewidencyjny w wykazie MEN
10.	28.	Biologia z tangramem	1/4	Biologia z tangramem. Biologia 1. Podręcznik do gimnazjum	Beata Sągin, Maciej Węsierski	Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe M. Dobrowolska Sp. j.	Gdańsk 2009 wyd. 1	2009-07-29	223/1/2009
	29.	Biologia z tangramem	2/4	Biologia z tangramem. Biologia 2. Podręcznik do gimnazjum	Beata Sągin, Maciej Węsierski	Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe M. Dobrowolska Sp. j.	Gdańsk 2010 wyd. 1	2010-08-13	223/2/2010
	30.	Biologia z tangramem	3/4	Biologia. Podręcznik do gimnazjum	Beata Sągin, Jagoda Makurat	Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe M. Dobrowolska Sp. j.	Gdańsk 2011 wyd. 1	2011-07-19	223/3/2011
	31.	Biologia z tangramem	4/4	Biologia 4. Podręcznik do gimnazjum	Beata Sągin, Jagoda Makurat	Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe M. Dobrowolska Sp. j.	Gdańsk 2012 wyd.1	2012-05-23	223/4/2012

Analizie poddano jedynie treści zawarte w podręcznikach, mimo tego, że wiele serii podręczników uzupełnionych jest obudową dydaktyczną (zeszyty ćwiczeń dla uczniów, scenariusze lekcji dla nauczycieli, materiały multimedialne itp.). Prawdopodobnie część dodatkowych procedur doświadczeń jest proponowanych uczniom w zeszytach ćwiczeń, jednak to podręcznik jest oceniany, recenzowany i zatwierdzany przez MEN do użytku szkolnego, a zatem to jego konstrukcja i treść, a nie zawartość obudowy dydaktycznej, jest wyznacznikiem sposobu realizacji podstawy programowej proponowanego przez autorów. Badanie przeprowadzone w 2010 roku wskazało, że nauczyciele, wybierając daną serię podręczników, patrzyli przede wszystkim na fakt dopuszczenia podręcznika do użytku szkolnego przez rzeczoznawców MEN, a także na to, czy wydawnictwo zapewniło odpowiednie wsparcie dla nauczyciela w realizacji założeń podstawy programowej, np. umieszczając w podręczniku protokoły obowiązkowych doświadczeń bądź zadania testowe o formie zbliżonej do tych pojawiających się na egzaminie gimnazjalnym [Grajkowski, W. 2013].

3.1. Definicje

W niniejszej analizie posłużono się następującymi pojęciami kluczowymi dla analizowanej problematyki: **doświadczenie, obserwacja oraz nauczanie przez dociekanie naukowe.**

Doświadczenie (eksperyment) – na potrzeby przeprowadzonej analizy przyjęto, że doświadczeniem jest działalność badawcza ucznia dotycząca pojedynczego, precyzyjnie sformułowanego problemu

badawczego. Na działalność badawczą ucznia składają się określone, kontrolowane warunki doświadczenia, wykonanie przynajmniej dwóch prób doświadczalnych – badawczej i kontrolnej, zanotowanie wyników oraz sformułowanie wniosków na podstawie przeprowadzonej procedury badawczej i porównania wyników pomiędzy zestawem kontrolnym i badawczym.

Obserwacja – to także element metody naukowej, a zatem służy uzyskaniu odpowiedzi na precyzyjne pytanie badawcze. Działalność ucznia polega na zaplanowanym zarejestrowaniu cech obiektu lub procesu, zebraniu danych i sformułowaniu wniosków na podstawie przeprowadzonych obserwacji. Uczeń-obszernik nie ingeruje w badany układ lub obiekt.

Na potrzeby niniejszego opracowania istotne jest precyzyjne odróżnienie doświadczenia od obserwacji: w doświadczeniu w kontrolowanych warunkach jest zmieniany jeden, określony czynnik, a zatem składa się przynajmniej z dwóch zestawów doświadczalnych, które można ze sobą porównać. Obserwacja natomiast ma na celu jedynie zarejestrowanie cech obiektu lub procesu. Warto w tym miejscu podkreślić, że w procesie dydaktycznym często przedstawia się uczniom także procedury laboratoryjne ilustrujące dane zjawisko biologiczne. Różnią się one od metody naukowej tym, że nie służą badaniu, dociekaniu naukowemu ani znalezieniu odpowiedzi na pytania badawcze, lecz jedynie zilustrowaniu omawianego zjawiska.

Nauczanie przez dociekanie naukowe (ang. *Inquiry Based Science Education*, IBSE) – określa sposób nauczania przedmiotów przyrodniczych z wykorzystaniem metod opartych na rozumowaniu naukowym. Definicja podawana przez raporty europejskie oraz projekt *Establish* [za: Linn, Davis & Bell, 2004], mówi, że „dociekanie naukowe to intencjonalny proces polegający na diagnozowaniu problemów, dokonywaniu krytycznej analizy eksperymentów i znajdowaniu alternatywnych rozwiązań, planowaniu badań, sprawdzaniu hipotez, poszukiwaniu informacji, konstruowaniu modeli, dyskusji z kolegami oraz formułowaniu spójnych argumentów” [Maciejowska, 2012]. Obejmuje działania edukacyjne, które bazują na naturalnej ciekawości ucznia, uwzględniają rozwiązywanie problemów, współpracę w grupie, krytyczne myślenie i prowadzenie badań. Także pokazywanie uczniom powiązań między życiem codziennym a omawianymi tematami i zjawiskami przyrody i techniki. IBSE to lekcje przedmiotów przyrodniczych polegające na angażowaniu uczniów, zainteresowaniu ich tematem tak, jak naukowiec ciekawy jest swojej dziedziny badań. W porównaniu do lekcji prowadzonych tradycyjnymi metodami, nauczanie przez dociekanie zakłada zmianę ról nauczyciela i ucznia w kierunku większej autonomii i odpowiedzialności ucznia za proces uczenia się. Podczas prowadzenia doświadczeń na lekcjach zmienia się zakres aktywności ucznia w stosunku do aktywności nauczyciela. Na potrzeby poniższej diagnozy wybrano jedną ze skal określających stopień wdrożenia IBSE podczas lekcji z elementem doświadczenia [wg Llewellyn, 2002]. Metody oparte na IBSE mogą być bardzo pomocne, zwłaszcza jeśli chodzi o kształcenie postaw krytycznego rozumowania, ciekawości oraz umiejętności wykorzystywania danych naukowych i posługiwania się nimi dla osiągnięcia celu, podjęcia decyzji czy wyciągnięcia wniosku na podstawie dowodów (element tzw. polityki opartej na dowodach, ang. *evidence-based policy*).

W praktyce szkolnej często używa się pokazu jako ilustracji omawianego zjawiska; pokaz taki może mieć formę doświadczenia lub obserwacji. Pokaz jest narzędziem dydaktycznym i jako taki nie stanowi elementu metody naukowej. Każda z przedstawionych w podręcznikach procedur badawczych podczas procesu dydaktycznego może być przedstawiona przez nauczyciela uczniowi jako pokaz lub pokierowana jako samodzielna praca badawcza ucznia, mająca na celu poszukiwanie odpowiedzi na pytanie badawcze. Wybór narzędzia użytego podczas lekcji zależy od autonomicznej decyzji nauczyciela i nie stanowi przedmiotu niniejszej analizy.

4. Wyniki

4.1. Jak metoda naukowa jest opisana w podręcznikach biologii?

Podstawa programowa biologii na III etapie edukacyjnym definiuje jeden z celów kształcenia jako znajomość metodyki badań biologicznych. W ośmiu podręcznikach, z dziesięciu poddanych analizie, na początku serii znajdują się rozdziały omawiające źródła wiedzy biologicznej, w tym opis metodyki badań: obserwacji oraz doświadczeń biologicznych. Podręczniki serii 8. i 9. nie zawierają takiego rozdziału i w żadnej ich części nie ma mowy o metodzie naukowej. Pojęcia metody naukowej lub doświadczenia są definiowane różnorodnie, niektórzy autorzy ograniczają się do podania poszczególnych etapów, które trzeba wykonać, prowadząc doświadczenia biologiczne. We wszystkich opisach terminy „doświadczenie” i „eksperyment” są używane zamiennie. Najbardziej ogólne definicje doświadczenia podają autorzy serii 1. i serii 2.:

„Istotą doświadczenia jest sprawdzenie postawionej hipotezy.” [Seria 1. tom 1. s. 17]

„Doświadczenie (eksperyment) zawsze przeprowadza się w określonym celu. (...) i według określonych zasad.” [Seria 2. tom 1. s. 7-9]

Najpełniejszą definicję doświadczenia podają autorzy serii 5.:

„Doświadczenie (eksperyment) jest metodą badania organizmu lub zjawiska (procesu) w ściśle określonych i kontrolowanych warunkach, mającą na celu odpowiedź na postawione wcześniej pytanie. W odróżnieniu od obserwacji w doświadczeniu zmieniamy jeden z czynników wpływających na organizm lub zjawisko.” [Seria 5. tom 1. s. 15]

Znaczna część autorów nie określa istoty różnic pomiędzy doświadczeniem a obserwacją, co, jak zobaczymy w dalszej części analizy, ma kluczowe znaczenie w prawidłowym kształtowaniu umiejętności badawczych uczniów. W żadnym z podręczników nie znalazła się informacja o zmiennych zależnych, niezależnych i kontrolowanych, które w literaturze anglojęzycznej są podstawą opisu zasad projektowania doświadczeń naukowych [Np. Herr, 2008]. Mowa natomiast o badanym jednym zmienianym czynniku, który według sformułowanej hipotezy ma wpływać lub nie na badany proces, oraz o czynnikach stałych, które mają być kontrolowane podczas doświadczenia.

We wszystkich rozdziałach o metodach badawczych zawarte są poszczególne etapy doświadczenia – w formie opisowej, schematu lub w formie rozpisanego na etapy przykładowego doświadczenia. Ponieważ zapis celu kształcenia w podstawie programowej uwzględnia umiejętność ucznia polegającą na „określaniu warunków doświadczenia”, autorzy wymieniają także różne zasady, według których powinno być przeprowadzone doświadczenie naukowe. Zestawienie etapów doświadczenia oraz zasad prowadzenia doświadczeń zawartych w poszczególnych seriach podręczników przedstawiają poniższe tabele.

Tabela 2. Etapy metody naukowej podawane przez autorów podręczników.

W tabeli nie przedstawiono danych dla serii 8. i 9., ponieważ nie zawierają one treści opisujących metodę naukową. Na różowo zaznaczono szczególnie rażące braki, na zielono przykłady dobrych rozwiązań.

Etapy:	Seria 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	10.
Obserwacja	+	-	-	+	-	+	+	+
Pytanie badawcze = problem badawczy	-	+	+	+	+	+	-	+
Hipoteza	+	-	+	+	+	+	+	+
Przewidywanie	-	-	-	-	-	+	-	-
Projektowanie / prowadzenie doświadczenia	+	+	+	+	+	+	+	+
Zapis wyników / obserwacji	+	-	+	+	+	+	+	+
Analiza wyników	-	+	+	-	-	-	+	+
Sformułowanie wniosków / weryfikacja hipotezy	-	+	+	+	+	+	+	+
W przypadku odrzucenia hipotezy → formułowanie nowej hipotezy	+	-	+	+	+	-	-	+

Tabela 3. Ściśle określone warunki i zasady prowadzenia doświadczenia, wymieniane przez autorów podręczników.

W tabeli nie przedstawiono danych dla serii 8. i 9., ponieważ nie zawierają one treści opisujących metodę naukową. Na różowo zaznaczono szczególnie rażące braki.

Zasady prowadzenia doświadczenia:	Seria 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	10.
Hipoteza nie zawsze musi być słuszna	+	-	+	+	+	+	-	-
Odpowiednio duża próba	+	+	+	+	-	-	+	-
Wielokrotne powtórzenie doświadczenia / powtarzalność uzyskanych wyników	+	+	-	+	+	-	+	+
Jednolitość materiału badawczego	+	-	-	+	-	+	+	-
Uwzględnienie grupy doświadczalnej i kontrolnej	+	+	+	+	+	+	+	+
Jeden czynnik zmieniany	-	-	+	+	+	+	+	+
Ściśle kontrolowane warunki / czynniki	-	+	+	-	+	+	+	+
Odpowiednia dokumentacja / zapis wszystkich obserwacji	+	-	+	+	+	-	+	+

Analiza tabel ujawnia dużo luk w zamieszczonych w podręcznikach schematach prowadzenia doświadczeń. Dwa podręczniki (seria 3. oraz 10., w tabeli 2 oznaczono na zielono) zawierają wszystkie etapy, których należałoby oczekiwać. Inni autorzy uwzględniają etapy procedury badawczej bardziej wyrywkowo. Część autorów przedstawia obserwację jako punkt wyjścia do sformułowania pytania badawczego lub hipotezy. Większość daje wskazówki, jak należy formułować pytanie bądź problem badawczy, ale jedynie autorki serii 5. podały wymóg, że:

„Nazwa badanego organizmu oraz zmieniany czynnik muszą być zawarte w pytaniu.” [Seria 5. tom 1. s. 15]

Należałoby również zwrócić uwagę, że prawidłowo postawione pytanie badawcze znacznie ułatwia prawidłowe sformułowanie wniosku z doświadczenia. Wrócimy do tego wątku przy omówieniu formułowania wniosków. Wszystkie podręczniki, oprócz jednego (seria 2.), podają jako niezbędny etap doświadczenia formułowanie hipotezy. Jest to zgodne z zapisem w podstawie programowej wymagającym od ucznia umiejętności stawiania hipotez. Definicje hipotezy są prawidłowe i aż pięć z ośmiu podręczników podkreśla, że hipoteza nie zawsze musi być słuszna, czasem autorzy ilustrują to podaniem dwóch alternatywnych hipotez „do wyboru”.

„Naukowiec musi najpierw sformułować przypuszczenie, które będzie wynikać nie tylko z jego dotychczasowej wiedzy, ale także intuicji. Takie przypuszczenie nazywamy hipotezą. Aby sprawdzić, czy hipoteza jest prawdziwa, trzeba zaplanować odpowiednie doświadczenie i je wykonać.” [Seria 1. t. 1. s. 12]

„Hipoteza jest próbą odpowiedzi na pytanie zawarte w problemie badawczym. Hipoteza może być prawdziwa lub nieprawdziwa. Sprawdzamy ją prowadząc obserwacje, pomiary i doświadczenia. Każda hipoteza powinna wskazywać czynnik, od którego może zależeć interesujące nas zjawisko.” [Seria 3. t. 1. s. 12]

„...wymyślamy prawdopodobne wyjaśnienie zjawiska (...). Tworzymy w ten sposób hipotezę – twierdzenie, przypuszczenie co do wyniku eksperymentu.” [Seria 4. t. 1. s. 10]

„Hipoteza to przypuszczenie, co do tego, jaki będzie spodziewany wynik badania; jest wyrażana zdaniem oznajmującym.” [Seria 5. t. 1. s. 15]

„...przypuszczalna odpowiedź na pytanie (nie zawsze musi być słuszna)” [Seria 6. t.1 s.12]

„...próbujemy wymyślić prawdopodobne wyjaśnienie jego [organizmu] zachowania, co w języku naukowym nazywamy tworzeniem hipotezy. Myśląc o prawdopodobnym wyjaśnieniu naszych obserwacji musimy pamiętać, aby zbytnio nie fantazjować. Następnym etapem metody naukowej jest sprawdzenie, czy zaproponowana hipoteza (przypuszczenie) jest prawdziwa, czy nie. W tym celu musimy zaplanować i przeprowadzić doświadczenie, które umożliwi nam sprawdzenie (zwyfikowanie) słuszności postawionej hipotezy.” [Seria 7. t.1. s. 7]

„- opiera się na obserwacji i istniejącej wiedzy na dany temat
- podaje możliwe wyjaśnienie natury obserwowanych zjawisk
- wskazuje wpływ tylko jednego czynnika na obserwowane zjawisko
- jest zapisana w formie stwierdzenia a nie pytania
- jest możliwa do zweryfikowania za pomocą doświadczenia.” [Seria 10 t. 1 s. 10]

Niestety większość podanych przez autorów zasad formułowania hipotez nie wskazuje wprost, że hipoteza musi być sprawdzalna za pomocą doświadczenia lub obserwacji, czyli już na etapie projektowania badania badacz musi umieć powiedzieć, jaki będzie spodziewany jego wynik, gdy hipoteza jest prawdziwa, a jaki, gdy jest fałszywa. Służą temu *przewidywania*, które można określać po sformułowaniu hipotezy. Autorzy serii 6. podają, oprócz hipotezy, ten dodatkowy, rzadziej spotykany w schematach badawczych, etap nazwany *przewidywaniem* (w tabeli 2 oznaczony na zielono). Ów dodatkowy element metody nie został niestety przez autorów zdefiniowany ani nie podano jego roli. W prezentowanych w tym podręczniku doświadczeniach autorzy formułują zarówno problemy badawcze i hipotezy, jak też przewidywania, możemy więc zorientować się na podstawie przykładów, co autorzy mieli na myśli.

Sformułowanie owych przewidywań może pomóc uczniom w logicznym uporządkowaniu założeń całego doświadczenia. Może więc być bardzo przydatnym narzędziem dla potrzeb kształtowania rozumowania naukowego. Oto dwa przykłady podanych przez autorów tej serii przewidywań:

„Hipoteza: Podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla. Przewidywanie: Woda wapienna zmętnieje, co potwierdzi obecność dwutlenku węgla.” [Seria 6. tom 1. s. 24]

Nie ma niestety odniesienia, w której próbie – badanej czy kontrolnej, owo przewidywane zmętnienie ma nastąpić.

„Hipoteza: Wzrost stężenia dwutlenku węgla zwiększa intensywność fotosyntezy. Przewidywanie: Liście moczarki kanadyjskiej zanurzone w wodzie wodociągowej będą wydzielały więcej pęcherzyków tlenu niż te zanurzone w wodzie przegotowanej.” [Seria 6. tom 1. s. 112].

Jeśli chodzi o projektowanie samego doświadczenia (układu badawczego), to zasady i warunki niezbędne do prawidłowego przeprowadzenia doświadczenia podawane w podręcznikach nie są jednolite. Jedyne wymieniowane przez wszystkich autorów to uwzględnienie próby badawczej i kontrolnej, co stanowi realizację zapisu podstawy programowej: „uczeń rozróżnia próbę kontrolną i badawczą”. Szczegółowa analiza opisów próby kontrolnej znajduje się w następnym rozdziale niniejszej analizy. Pozostałe podawane przez różne podręczniki warunki doświadczenia, to:

- Odpowiednio duża próba i/lub wielokrotne powtórzenie doświadczenia lub powtarzalność uzyskanych wyników – tylko w jednej serii (seria 6.) nie znalazła się w ogóle informacja o tym, że aby doświadczenie było wiarygodne, nie wystarczy przeprowadzenie go raz, na pojedynczym obiekcie. Pozostali autorzy zwracają uwagę na wymóg wielokrotnego powtórzenia doświadczenia lub dużą liczbę badanych osobników, czasem także na to, że uzyskane wyniki powinny być powtarzalne, a całe doświadczenie opisane w taki sposób, aby jego wyniki były możliwe do powtórzenia przez innych badaczy.
- Ścisłe kontrolowane warunki doświadczenia, w tym m.in. jednolitość materiału badawczego; jeden określony zmieniany czynnik oraz pozostałe czynniki stałe, niezmiennie.
- Odpowiednia dokumentacja lub zapis wszystkich obserwacji.

Kolejnym etapem metody naukowej wymienianym przez większość autorów jest zapis wyników doświadczenia. Wymieniane są sposoby rejestracji wyników, takie jak: rysunek, schemat, opis, notatki, tabela, wykres, fotografie, preparaty. Zaledwie w trzech podręcznikach wyszczególniono, że zarejestrowane wyniki należy poddać analizie, aby móc wyciągnąć wnioski z doświadczenia. Jako szczególnie cenne należy podać przypadki, w których autorzy mówią o potrzebie matematycznej analizy wyników oraz przedstawiania danych liczbowych w formie wykresów, np.:

„Uzyskane w badaniach wyniki liczbowe często przedstawia się w formie wykresów: liniowego, słupkowego lub kołowego. Każdy typ wykresu służy do przedstawienia innego rodzaju danych.” Na rysunku przedstawiono także przykładowe wykresy ilustrujące każdy z wymienionych w tekście typów wykresów. [Seria 5. tom 1. s. 16-17]

Ostatnim etapem procedury doświadczalnej jest wnioskowanie na podstawie zebranych danych. Autorzy piszą albo o formułowaniu wniosków lub uogólnień, albo o weryfikacji hipotezy. W żadnym z podręczników nie podano jednak rozróżnienia pomiędzy wnioskowaniem na podstawie rozumowania dedukcyjnego i indukcyjnego. Najbardziej szczegółowe wytyczne dotyczące zasad poprawnego formułowania wniosków znajdują się w serii 3.:

„Na podstawie wyników badań i obserwacji formułujemy wniosek czyli uogólnienie. Należy pamiętać, aby wniosek był odpowiedzią na pytanie zawarte w problemie badawczym oraz wynikał bezpośrednio z informacji zebranych w doświadczeniu. Jeśli wykorzystując hodowlę kielków pszenicy badaliśmy wpływ kilkudniowej suszy na rośliny, możemy stwierdzić, że pszenica, która w trakcie badań zwiędła i uschła, jest wrażliwa na suszę. Nie można jednak użyć ogólnego sformułowania ‘rośliny są wrażliwe na suszę’ ponieważ wśród roślin są także takie, które potrafią znieść długie okresy niedostatku wody (np. kaktusy).” [Seria 3. tom 1. s. 13.]

Jak pokażą przedstawione w niniejszej analizie przykłady, nie wszyscy autorzy podręczników stosują w praktyce opisane przez siebie w rozdziałach wstępnych zasady, nagminnie jest formułowanie bardzo ogólnych wniosków na podstawie badania jednego przypadku (patrz opisane przykłady doświadczeń, s. 22). Autorzy podręczników zwracają zwykle uwagę na to, że w przypadku wyników odrzucających hipotezę, należy sformułować nową i ją zbadać. Jednak w trzech seriach nie wspomniano w ogóle o cykliczności procesu naukowego – że wnioski z zakończonego doświadczenia stają się punktem wyjścia do kolejnych badań. Ta cecha dociekań naukowych stanowi przecież źródło postępu w nauce i szkoda, że uczniowie nie dowiedzą się z podręczników o tej podstawowej zasadzie działania nauki.

4.2. Jak definiowana jest próba kontrolna?

Autorzy podręczników zgodnie definiują próbę badaną (wymienne używa się terminów próba badawcza, grupa badana lub zestaw doświadczalny) jako tę, w której badany czynnik działa, a próbę kontrolną (wymienne używa się terminów grupa kontrolna lub zestaw kontrolny) jako tę, w której czynnik ten nie działa, inaczej mówiąc grupa kontrolna nie jest poddana działaniu czynnika. Niektórzy autorzy, określając próbę kontrolną, mówią o zachowaniu warunków takich jak w „naturze”, o „optymalnych warunkach do wzrostu”.

„Powinna się ona [grupa kontrolna] składać z takiej samej liczby osobników tego samego gatunku i w tym samym wieku co grupa doświadczalna. Osobniki z grupy kontrolnej powinny przebywać w takich samych warunkach, ale nie poddaje się ich eksperymentowi.” [Seria 1. tom 1. s. 14]

„W zestawie doświadczalnym działa sprawdzany przez nas czynnik, w zestawie kontrolnym zaś tego czynnika nie ma. (...) Każdy zestaw budujemy w ten sam sposób (...)” [Seria 3. tom 1. s. 12]

Próbie kontrolną stanowią „osobniki tego samego gatunku, tej samej płci, w tym samym wieku oraz o tym samym stanie zdrowia, co w próbie doświadczalnej, tylko niepoddane działaniu określonego czynnika.” [Seria 4. tom 1. s. 10]

„W przypadku próby kontrolnej czynniki potrzebne do rozwoju są takie same jak w naturze.” [Seria 5. tom 1. s. 16]

„Warunki doświadczenia w próbie badawczej muszą być takie same jak w próbie kontrolnej, z wyjątkiem jednego (badanego) czynnika.” [Seria 6. tom 1. s. 12]

„Stanowiąc ją [grupę kontrolną] powinna taka sama grupa osobników, pozostająca w optymalnych (najlepszych) warunkach do wzrostu i rozwoju. Organizmy w grupie kontrolnej nie mogą być poddawane działaniu badanego czynnika.” [Seria 7. tom 1. s. 9]

„W zestawie doświadczalnym powinien działać badany czynnik, natomiast w kontrolnym – nie. Pozostałe warunki doświadczenia w obu zestawach muszą być identyczne.” [Seria 10. tom 1. s. 10–11]

Podane przez autorów definicje próby kontrolnej są bardzo zawężone i uproszczone. Uproszczenie definicji próby kontrolnej, która w prawdziwych badaniach naukowych może być bardzo złożona i różnorodna, jest oczywiście niezbędne i uzasadnione na poziomie gimnazjum, ale nie może prowadzić do błędnego rozumienia tego pojęcia przez uczniów. Autorzy często omawiają próbę kontrolną w kontekście grupy badanych osobników. Jednak badania biologiczne mogą przecież dotyczyć także procesów biochemicznych (np. szkolne wykrywanie poszczególnych składników organicznych w produktach albo badanie aktywności amylazy ślinowej), hodowli komórek, czy zależności populacyjnych. Wąskie ujęcie tej definicji powoduje, że do części opisanych w podręcznikach procedur nie da się zaprojektować próby kontrolnej zgodnej z tą definicją. Być może właśnie dlatego dużo prostych doświadczeń jest przedstawionych w podręcznikach w formie obserwacji zjawiska, bez uwzględniania niezbędnej w procedurze doświadczalnej próby kontrolnej (patrz np. fermentacja drożdży).

W rzeczywistych badaniach naukowych prawidłowo zaprojektowana próba, bądź częściej – próby – kontrolne dają badaczowi możliwość przekonania się, czy obserwowany efekt, wynik doświadczenia w próbie badanej, nie jest przypadkowy. Daje możliwość weryfikacji, czy wynik nie jest związany z działaniem jakiegoś innego niż badany, nieprzewidzianego wcześniej czynnika. Czy zaprojektowany układ badawczy działa poprawnie. Wyniki z prób kontrolnych w zestawieniu z wynikiem próby badanej muszą dać taki obraz całego procesu, aby dało się w logiczny i nie pozostawiający wątpliwości sposób udowodnić, że hipoteza została potwierdzona lub obalona. Ważne jest także przedstawienie celu wykonania próby kontrolnej, ukazanie, czemu ona służy. Autorzy, którzy go formułują, słusznie podkreślają, że próba kontrolna służy porównaniu uzyskanych wyników z próby badanej albo wyeliminowaniu wpływu innych czynników na wynik.

„Dzięki temu można porównać wyniki uzyskane w grupie doświadczalnej i kontrolnej, by wyciągnąć poprawne wnioski.” [Seria 1. tom 1. s. 14. *podkreślenia wprowadzone przez IBE.*]

„W celu wyeliminowania wpływu innych czynników na wynik doświadczenia stosuje się próbę kontrolną.” [Seria 2. tom 1. s. 8]

„Zestaw kontrolny służy więc do porównania wyników doświadczenia. Jest to konieczne, aby móc wykluczyć przypadek i uzyskać pewność, że zmianę wywołał badany czynnik.” [Seria 3. tom 1. s. 12]

„Porównanie wyników uzyskanych w grupie doświadczalnej i kontrolnej, umożliwi poprawne wyciągnięcie wniosków.” [Seria 7. tom 1. s. 9]

Prowadzenie doświadczeń jest doskonałym narzędziem kształtowania u uczniów, już na poziomie gimnazjum, krytycznego i logicznego myślenia, umiejętności poszukiwania faktów i formułowania argumentów opartych na danych potwierdzonych doświadczalnie. Dlatego właśnie szersze ujęcie roli i definicji próby kontrolnej w doświadczeniach powinno być priorytetem w podręcznikach szkolnych.

4.3. Jakie przykłady doświadczeń opisano w rozdziale o metodzie naukowej?

We wszystkich podręcznikach, które zawierają rozdział o metodzie naukowej, poza teoretycznym opisem wskazującym, na czym polega doświadczenie, przedstawiono i omówiono wzorcowe przykłady doświadczeń. Siedem z nich dotyczy badania roślin, a jedno grzybów pleśniowych. Wybór obiektów badawczych jest zrozumiały ze względu na łatwość hodowli, dziwi za to powtarzalność i brak ciekawszych, bliższych zainteresowaniom uczniów tematów w doborze pytań badawczych. Trzy opisane doświadczenia dotyczą badania wpływu światła na wzrost i rozwój roślin – na przykładzie pelargonii, rzeżuchy oraz bliżej nieokreślonych siewek przedstawionych na obrazku. Pozostałe tematy badawcze to: przyczyny usychania lip przy ulicy; w jakim kierunku rosną korzenie i pędy czosnku; dlaczego ziemniaki przechowywane w domu zielenieją; czy przyczyną wygięcia się roślin w stronę okna jest światło promieni słonecznych; oraz jaki wpływ na rozwój grzybów pleśniowych ma wilgotność podłoża. W tych wzorcowych przykładach doświadczeń, opisanych szczegółowo po to, aby uczniowie nauczyli się poprawnie projektować doświadczenia, błędy są dość powszechne. Poniżej przedstawiono kilka przykładów.

Nieprecyzyjna hipoteza

„Hipoteza: Przyczyną zmiany koloru ziemniaków jest zbyt wysoka temperatura.” [Seria 4. tom 1. s. 11]

Z tak sformułowanej hipotezy wynika, że czynnikiem zmienianym w doświadczeniu mającym wywołać określony skutek, jest „zbyt wysoka temperatura”. „Zbyt wysoka”, czyli jaka? W dalszej części doświadczenia testowane są tylko dwie temperatury: pokojowa (próba badana) i 4-8°C w lodówce (próba kontrolna). Tak sformułowana hipoteza jest nieprecyzyjna, a wyniki przeprowadzonego doświadczenia nie dają możliwości jej potwierdzenia ani obalenia.

Zbyt ogólne pytanie badawcze i wniosek

„Problem badawczy: Czy światło wpływa na wzrost i rozwój roślin? (...) Wniosek: Światło jest niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin.” [Seria 6. tom 1. s. 12]

Pytanie badawcze oraz wniosek sformułowane są zbyt ogólnie, nie odnoszą się do konkretnego obiektu badawczego. Ponadto doświadczenie, z którego wysnuto tak ogólny wniosek, przeprowadzone jest – uwaga – na dwóch jednakowych pelargoniiach. Jedna pelargonii, ustawiona na parapecie okiennym, stanowi próbę kontrolną, a druga, osłonięta pudełkiem, stanowi próbę badaną.

Niespójność hipotezy i układu badawczego

„Hipoteza wyjaśniająca zjawisko: przyczyną wygięcia się roślin w stronę okna jest światło promieni słonecznych. Doświadczenie sprawdzające hipotezę: Młode pędy fasoli naświetlane są sztucznym światłem z różnych stron. Weryfikacja hipotezy: Hipoteza jest prawdziwa, gdyż rośliny wyginają się w kierunku padających promieni światlnych.” [Seria 7. tom 1. s. 8]

Niespójność hipotezy i układu badawczego, spowodowana jest zmianą badanego czynnika. Opis doświadczenia oraz sposób sformułowania wniosku są ze sobą spójne – dotyczą promieni świetlnych

pochodzących ze sztucznego światła. Natomiast doświadczenie to nie odnosi się do podanej hipotezy, w której wyraźnie wskazano, że czynnikiem wywołującym badany proces ma być światło promieni słonecznych.

4.4. Jak podręczniki sprawdzają umiejętności uczniów związane z projektowaniem i przeprowadzaniem doświadczeń?

Prowadząc analizę podręczników, zadano także pytanie szczegółowe, czy w podsumowaniach działów zawierających opisy metody naukowej autorzy podręczników umieścili zadania bądź pytania sprawdzające praktyczne umiejętności uczniów związane z prowadzeniem doświadczeń biologicznych. Niestety duża część podręczników wymaga od ucznia jedynie pamięciowego odtworzenia wiadomości podanych w rozdziale, np.:

„Wymień najważniejsze zasady prowadzenia doświadczeń biologicznych.” [Seria 1. tom 1. s. 17]

„O czym należy pamiętać przy planowaniu doświadczeń?” [Seria 10. tom 1. s. 16]

„Omów etapy metody naukowej. Przedstaw zasady przeprowadzania doświadczeń naukowych.” [Seria 4. tom 1. s. 12]

Jak przedstawiono wcześniej na przykładach „wzorcowych” doświadczeń opisanych w podręcznikach, teoretyczna znajomość poszczególnych etapów i zasad projektowania doświadczeń, którą prezentują na kartach swoich książek autorzy, nie gwarantuje jeszcze zdobycia umiejętności prawidłowego zaprojektowania własnego doświadczenia. Dlatego ważne są zadania stawiane uczniom wymagające praktycznego zastosowania wiedzy. Bez zaprojektowania, wykonania własnoręcznie i dokładnego przeanalizowania błędów przynajmniej kilku doświadczeń, uczniowie nie nauczą się właściwie stosować metodologii badań biologicznych. Na szczęście w niektórych podręcznikach znalazły się też takie propozycje zadań, które wymagają od ucznia wykazania się praktyczną znajomością metodyki badań, np.:

„Zaplanuj zestaw sprawdzający hipotezę: ‘korzenie czosnku rosną w kierunku światła.’” [Seria 3. tom 1. s. 14]

„Podaj przykład problemu badawczego i sformułuj do niego hipotezę.” [Seria 5. tom 1. s. 18]

„Zaplanuj i przeprowadź proste doświadczenie biologiczne, którego celem będzie weryfikacja jednej z następujących hipotez: (...) c) dżdżownice unikają światła.” [Seria 6. tom 1. s. 13]

„Na środku polany rośnie potężny dąb. Na polanie rośnie dużo okazów mniszka lekarskiego, ale pod koroną dębu nie ma ich wcale. a) Przedstaw dwie hipotezy wyjaśniające, dlaczego pod dębem nie rosną mniszki lekarskie. b) Zaplanuj doświadczenie wyjaśniające jedną z postawionych hipotez.” [Seria 7. tom 1. s. 27]

W niektórych podręcznikach pojawiły się także zadania testowe i próbne arkusze egzaminacyjne, w których można odnaleźć kilka zadań sprawdzających umiejętności badawcze uczniów. Dotyczą one przede wszystkim umiejętności takich, jak: dobór problemu badawczego, formułowanie hipotezy, określanie próby kontrolnej, wskazanie właściwego wykresu ilustrującego konkretne dane, odczytywanie danych z wykresu.

4.5. Jakie przykłady doświadczeń zamieszczone są w treściach podręczników?

We wszystkich seriach podręczników doświadczenia wyróżnione są graficznie z głównego tekstu podręcznika; zwykle jest to kolorowa ramka zatytułowana „Doświadczenia i obserwacje” albo „Doświadczenie”. To, co zwraca uwagę, to przemieszanie doświadczeń i obserwacji oraz dowolność określania, co jest obserwacją, a co doświadczeniem. Większość procedur przedstawianych w tych ramach jest obserwacjami lub *procedurami ilustrującymi* omawiany proces biologiczny, nawet jeśli autorzy określali je jako doświadczenia. Dlatego, do przeprowadzenia rzetelnej analizy obecnych w podręcznikach doświadczeń niezbędne było precyzyjne zdefiniowanie, co jest doświadczeniem biologicznym, a co nie (patrz definicje doświadczenia i obserwacji podane na początku niniejszego dokumentu). Podstawowe kryteria, które pozwalały na zakwalifikowanie danej procedury opisaną w podręczniku jako doświadczenie, to: precyzyjny problem badawczy albo cel, obecność przynajmniej dwóch zestawów badawczych różniących się jednym czynnikiem zmiennym (np. próba badana i kontrolna) oraz możliwość sformułowania wniosków na podstawie porównania wyników z tych dwóch (lub więcej) zestawów. Za doświadczenie uznawane były także polecenia dotyczące samodzielnego zaprojektowania i przeprowadzenia doświadczenia o precyzyjnie określonym celu, ponieważ zakłada się, że uczeń, aby zrealizować zadanie, ma posłużyć się zasadami metodologii naukowej.

Tabela 4. Wykaz liczby doświadczeń oraz obserwacji lub procedur ilustrujących zjawiska, zawartych w treściach podręczników. Uporządkowano według malejącej liczby doświadczeń.

Liczba doświadczeń w serii	Średnia liczba doświadczeń na 100 stron	Liczba obserwacji/procedur ilustrujących w serii	Średnia liczba obserwacji/procedur ilustrujących na 100 stron	Całkowita liczba stron serii	Nr serii
33	6,0	70*	12,7	552	3.
11	1,7	13	2,0	652	6.
11	1,4	50	6,5	775	5.
11	1,1	40	4,2	960	7.
10	1,7	5	0,9	572	9.
9	1,4	12	1,8	655	10.
8	1,3	19	3,0	639	4.
4	0,6	14	2,0	685	1.
2	0,4	16	3,1	518	2.
2	0,4	8	1,5	536	8.

* Liczba obserwacji zawartych w serii 3. odnosi się do tych, proponowanych w ramach pt. „Doświadczenia i obserwacje”. Obserwacji do wykonania przez uczniów proponowanych w tym podręczniku jest jeszcze więcej niż wykazano w tabeli, ponieważ pojawiają się również w poleceniach dla ucznia w ramach pt. „Zadania”.

Objętości treści podręczników w przeliczeniu na liczbę stron są bardzo duże – liczba stron serii (czyli 3 lub 4 tomów podręcznika) waha się od około 500 stron do prawie 1000. W tak obfitej ilości treści mieści się niewielka liczba zaproponowanych uczniowi doświadczeń – nie przekracza ona średnio 2 doświadczeń na 100 stron podręcznika. Liczba zaproponowanych obserwacji jest zwykle nieco większa, ale mieści się w granicach od 1 do 6 na 100 stron podręcznika. Wyjątkiem, o kilkakrotnie większej liczbie zarówno doświadczeń, jak i obserwacji zawartych w treści podręcznika, jest jedna seria podręczników, oznaczona numerem 3. Jest to trzytomowy podręcznik pt. „Biologia. Podręcznik dla gimnazjum” Wydawnictwa OPERON, autorstwa pań Jolanty Loritz-Dobrowolskiej, Zyty Sendeckiej, Elżbiety Szedziwnis i Ewy Wierbiłowicz. Seria ta zawiera aż 33 doświadczenia do wykonania przez ucznia (średnio 6 na 100 stron) oraz ponad 70 obserwacji (prawie 13 na każde 100 stron podręcznika).

Ze względu na ciekawe rozwiązania dydaktyczne serii 3., związane z prezentacją doświadczeń biologicznych, zostaną one omówione bardziej szczegółowo. Fragmenty tekstu tego podręcznika dotyczące prowadzenia doświadczeń, obserwacji lub aktywnych ćwiczeń oraz działań projektowych związanych z badaniem rzeczywistości przyrodniczej są wyraźnie wyróżnione – sygnalizuje je charakterystyczna pomarańczowa ramka zatytułowana „Doświadczenia i obserwacje”. Zawiera zadania do wykonania przez uczniów, często związane z przeprowadzeniem doświadczenia lub obserwacji, ale bez rozróżniania, co jest faktycznie doświadczeniem, a co obserwacją. Ramka ta pojawia się na końcu prawie każdego rozdziału książki. Charakterystyczne polecenia dla ucznia w tym dziale to:

„Zaplanuj doświadczenie...”, „Zapisz przebieg doświadczenia opisanego [powyżej]. Wykorzystaj następujący schemat: cel doświadczenia, sposób wykonania, spostrzeżenia, wnioski.” [Seria 3. tom 1. s. 91], „sformułuj cel opisanego doświadczenia”, „wskaż w opisie doświadczenia hipotezę”.

W serii 3. często podawany jest sposób przygotowania zestawu do obserwacji zjawiska, bez uwzględnienia prób kontrolnych, natomiast potem znajduje się polecenie dla ucznia polegające na zaplanowaniu doświadczenia sprawdzającego np. wpływ jakiegoś czynnika na zaobserwowany proces. Zatem mimo, że autorki podręcznika przedstawiają sposób wykonania obserwacji, to uczeń ma za zadanie wykorzystać ten opis do zaprojektowania własnego uczniowskiego doświadczenia. Dzięki temu uczniowie mają okazję kształcić umiejętności badawcze i samodzielnie badać świat przyrody. Wadą niektórych rozwiązań zastosowanych w tej serii jest to, że autorki często nie definiują celu badania ani problemu badawczego dla opisanego do wykonania procedury badawczej. Uczniowie muszą sami domyślić się, jaki jest cel wykonywanych czynności, a jeśli zdefiniują ów cel błędnie, trudno im będzie sformułować właściwy wniosek wynikający z doświadczenia.

Wynikiem prowadzonej analizy jest zamieszczony poniżej (tabela 5) wykaz tematów doświadczeń i obserwacji znajdujących się we wszystkich podręcznikach. Podczas analizy tak dużego materiału mogło zdarzyć się przypadkowe pominięcie i nieuwzględnienie w wykazie kilku dodatkowych doświadczeń i obserwacji. Nie zmienia to faktu, że ogólna liczba zaproponowanych w podręcznikach procedur badawczych, poza pozytywnym wyjątkiem serii 3., jest mała i zwykle ogranicza się do tych zalecanych do wykonania przez podstawę programową. Szersze omówienie doświadczeń zalecanych przez podstawę programową zawartych w podręcznikach znajduje się w następnym rozdziale niniejszego dokumentu.

Tabela 5. Wykaz obecnych w podręcznikach doświadczeń oraz obserwacji lub procedur ilustrujących zjawisko, przewidzianych do wykonania przez ucznia.

Nr serii	Doświadczenia	Obserwacje lub procedury ilustrujące zjawiska
1.	<p>Jak różne czynniki wpływają na kiełkowanie nasion? Jak gęsto są rozmieszczone w skórze receptory dotyku? Czy w skórze są receptory wrażliwe na zmianę temperatury? Jakie produkty spożywcze zawierają skrobię?</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: pantofelki, wodniczki pantofelków, reakcja pantofelków na zasolenie, skórka liścia spichrzowego cebuli, liść moczarki. Obserwacje mikroskopowe preparatów stałych: przekroje przez wiązki przewodzące roślin okrytozależkowych, tkanka twórcza wierzchołka wzrostu korzenia. Wydzielanie dwutlenku węgla podczas fermentacji; jakie właściwości nadają kości jej składniki chemiczne – mineralne i białka, zmiany tętna i ciśnienia krwi, obecność plamki ślepej; obserwacja w terenie liczebności, rozmieszczenia i zagęszczenia wybranego gatunku rośliny zielnej.</p>
2.	<p>Jak powstaje potomstwo muszek owocowych? Badanie średniej masy roślin wykiełkowanych w świetle i w zaciemnieniu.</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: ziarna skrobi z ziemniaka, różnych komórek, liść moczarki, osmoza na przykładzie komórki moczarki w roztworze cukru, komórki własnego nabłonka, komórki bakterii z serwatki lub soku z ogórków, bakterie z brodawki korzeniowej rośliny motylkowej, protisty z akwarium i z kałuży. Analiza etykiet żywności pod względem związków organicznych, wykrywanie tłuszczu (Sudan III), wykrywanie białka, jak roślina reaguje ruchem na światło, wykonanie zielnika, właściwości kości – związki mineralne i organiczne, pomiar ciśnienia krwi w spoczynku i po wysiłku fizycznym, analiza wyników badania moczu, obecność plamki ślepej.</p>

Nr serii	Doświadczenia	Obserwacje lub procedury ilustrujące zjawiska
3.	<p>Czy korzenie czosnku zawsze rosną w dół, a pędy w górę? Czy korzenie czosnku rosną w kierunku światła?</p> <p>Badanie właściwości wody – wysokie ciepło parowania i mała ściśliwość.</p> <p>Badanie czystości mikrobiologicznej otoczenia na szalkach Petriego.</p> <p>Porównanie czystości mikrobiologicznej mleka pasteryzowanego i UHT.</p> <p>Zaplanuj doświadczenie, w którym wykażesz, że gaz produkowany przez drożdże to dwutlenek węgla.</p> <p>Sprawdzenie obecności skrobi w liściu trzykrotki – zielonym i etiolowanym.</p> <p>Zaplanuj doświadczenie, które pozwoli zbadać zależność procesu oddychania nasion od temperatury.</p> <p>Badanie wpływu dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy u moczarki kanadyjskiej.</p> <p>Badanie zjawiska osmozy.</p> <p>Badanie, czy odcięcie liścienia wpływa na kiełkowanie fasoli.</p> <p>Badanie żywotności nasion maku/rzeżuchy.</p> <p>Badanie wpływu temperatury na kiełkowanie nasion rzeżuchy.</p> <p>Wpływ odcięcia stożka wzrostu łodygi fasoli na wzrost i owijanie łodygi wokół tyczki.</p> <p>Badanie właściwości chłonnych mchu.</p> <p>Zaplanuj, jak sprawdzić, które 3 punkty stanowią podparcie stopy.</p> <p>Model kości i związku budowy z właściwością.</p> <p>Badanie obecności skrobi.</p> <p>Model wpływu pofałdowania na chłonięcie wody.</p> <p>Badanie działania modelu strun głosowych.</p> <p>Badanie rozmieszczenia receptorów dotyku na skórze.</p> <p>Badanie obecności plamki ślepej.</p> <p>Badanie wpływu rodzaju muzyki na zdolność zapamiętywania.</p> <p>Wpływ węchu na odczuwanie smaku.</p> <p>Badanie szybkości rozchodzenia się zapachu w powietrzu oraz progu wrażliwości na zapach u różnych osób.</p> <p>Zaplanuj doświadczenie, czy żółwie w wyborze pokarmu kierują się węchem.</p> <p>Zaprojektuj sposób badania, jak szybko oswojony ssak odnajdzie schowany kąsek pokarmu.</p> <p>Badanie tolerancji ekologicznej rzeżuchy na obecność soli w podłożu oraz planowanie doświadczeń dotyczących badania tolerancji rzeżuchy na inne czynniki.</p> <p>Badanie zjawiska allelopatii.</p> <p>Badanie wpływu zanieczyszczeń przy ruchliwej ulicy na wzrost fasoli.</p> <p>Badanie przepuszczalności wodnej gleby.</p> <p>Zaplanuj i przeprowadź badanie wpływu związków chemicznych na wzrost roślin.</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: druk, skórka cebuli, reakcja pantofelków na bodźce, okrzemki, przekrój poprzeczny liścia, przekrój poprzeczny liścia aloesu, zarodniki mchu, zarodniki paproci, przekrój poprzeczny igły, osad nazębny, rozmaz krwi.</p> <p>Obserwacje mikroskopowe preparatów trwałych: liść torfowca, preparaty trwałe pasożytów.</p> <p>Obserwacje: morszczyn oraz inne glony, hodowla drożdży, pieczarki i jej zarodniki, porosty, liście, liście paproci, nasiona sosny, przekrój podłużny kwiatu tulipana, hodowla siewek roślin iglastych, hodowla dżdżownic, obserwacja wijów i skorupiaków w swoim otoczeniu, hodowla pszczoły murarka ogrodowej, zebranie i obserwacja organizmów szczątkożernych, ryby w hodowli, płazy w hodowli, gady w hodowli, ptak w środowisku naturalnym, ssak w domu lub w hodowli.</p> <p>Wpływ alkoholu na białko jaja; oddychanie nasion, rozwój roślin mniszka lekarskiego z pociętych odcinków korzenia, proces owijania łodygi fasoli wokół tyczki.</p> <p>Obserwacje dotyczące właściwości ciała człowieka: kości przed i po kąpieli w kwasie octowym, obserwacja kości przed i po kąpieli w coli, rejestracja własnej diety, obserwacja wydzielania śliny, obserwacja krzepnięcia krwi, pomiar tętna u różnych osób, pomiar tętna w spoczynku i po wysiłku, pomiar ciśnienia krwi, pomiary obwodów klatki piersiowej podczas wdechu i wydechu, sprawdzenie, czy w wydychanym powietrzu jest dwutlenek węgla, test sprawności oddychania, rozmieszczenia receptorów dotyku w skórze, parowanie skóry, percepcja temperatury wody, obecność plamki ślepej, zakrycie ucha, odruch kolanowy, wielkość źrenicy w różnych warunkach świetlnych, badanie wybranych cech genetycznych wśród członków rodziny.</p> <p>Obserwacja osmozy w torebce foliowej, jak działa przesączanie, osmoza w ziemniaku zanurzone w wodzie, model <i>camera obscura</i>, obserwacja ściągania w stopie kury,</p> <p>Obserwacje: pobliski ekosystem, rozmieszczenie i zagęszczenie wybranych gatunków roślin, sukcesja ekologiczna na fragmencie przekopanej wiosną gleby, populacje ptaków w okolicy, inwentaryzacja populacji drzew w okolicy, rejestracja zmian temperatury w modelu szklarni.</p> <p>Rejestracja zużycia energii elektrycznej w domu, zużycia wody w domu, składu detergentów domowych, ilości odpadów powstających w domu.</p>

Nr serii	Doświadczenia	Obserwacje lub procedury ilustrujące zjawiska
4.	<p>Wpływ wybranych czynników na intensywność fotosyntezy – światło, temperatura oraz ilość dwutlenku węgla. Badanie położenia aparatów szparkowych na liściu. Jakie warunki są potrzebne nasionom rzodkiewki do wykiełkowania (temperatura, woda, tlen). Badanie wrażliwości skóry na dotyk. Badanie adaptacji receptorów do warunków ciepłych. Wykrywanie dwutlenku węgla w wydychanym powietrzu. Badanie szybkości reakcji. Model wpływu zanieczyszczeń na wody gruntowe.</p>	<p>Obserwacja mikroskopowa preparatów trwałych: tkanki mięśniowe, tkanki kostna i chrzęstna. Wykazanie wytwarzania dwutlenku węgla w fermentacji, znaczenie soli mineralnych i białek w budowie kości. Rejestracja tętna w spoczynku i po biegu, obecność plamki ślepej, obuoczne widzenie, analiza zmienności wśród ludzi – odciski palca, wybrane cechy jednogenowe, wzrost. Obserwacje: osmoza w marchwi, rozmnażanie wegetatywne sępolii fiołkowej oraz ziemniaka, obecność skrobi w produktach, obecność tłuszczu w produktach, wykrywanie witaminy C. Określanie zagęszczenia, liczebności i typu rozmieszczenia populacji mniszka lekarskiego oraz wybranej rośliny zielnej, określanie zanieczyszczenia powietrza na skali porostowej, recykling papieru.</p>
5.	<p>Uwalnianie tlenu jako produktu fotosyntezy. Badanie wpływu temperatury na tempo fermentacji alkoholowej Wrażliwość eugleny na światło. Zbadanie wpływu ilości wody w otoczeniu na kiełkowanie nasion. Zbadanie wpływu temperatury na kiełkowanie nasion. Wykrywanie białka przez ogrzewanie. Wpływ enzymów trawiennych zawartych w ślinie na pokarm. Planowanie i przeprowadzenie doświadczenia sprawdzającego wpływ wysiłku fizycznego na tętno. Sprawdzenie gęstości rozmieszczenia receptorów w skórze różnych części ciała. Zbadanie wpływu niedoboru wapnia na właściwości kości. Planowanie doświadczenia sprawdzającego wpływ nieożywionych czynników środowiska na rośliny.</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: rysunek strzałki, liść moczarki, skórka cebuli, pierwotniaki z hodowli, komórki skórki liścia i aparaty szparkowe, plankton z jeziora lub stawu. Obserwacje mikroskopowe preparatów trwałych: krew człowieka, tkanka kostna, mięsień szkieletowy, jądra ssaka, jajnik ssaka. Obserwacje: codziennej temperatury ciała, pomiar długości liścia, wykrywanie dwutlenku węgla podczas fermentacji alkoholowej, porównanie szkieletu ryby i płaza, budowa pióra, budowa jaja, porównanie uzębienia drapieźnika i roślinożercy, wzrost i rozwój rośliny nasiennej, kiełkowanie nasienia fasoli, kwiat tulipana, zmodyfikowane organy roślin, wykrywanie skrobi w produktach spożywczych, obliczanie BMI, sekcja serca, wykrywanie dwutlenku węgla w wydychanym powietrzu, linie papilarne, badanie zależności liczby oddechów od aktywności fizycznej, odruchy – kolanowy i chrońący oczy, pamięć krótko- i długotrwała, odruch żrenicowy, korzeń rośliny bobowatej, rozpoznawanie organizmów w środowisku naturalnym, Modele: komórki roślinnej, zwierzęcej, komórki pierwotniaka, określanie kryteriów klasyfikacji guzików, rozprzestrzenianie się chorób przenoszonych drogą płciową, model odcisków i odlewów, selekcji naturalnej, linia czasu historii życia na ziemi, efekt cieplarniany w stoikach. Pomiar ilości i jakości śmieci w gospodarstwie domowym, zużycia energii elektrycznej, zużycia wody, szybkość rozkładu odpadów, obliczanie liczebności i zagęszczenia gatunku rośliny zielnej na łące, analiza cechy dziedzicznej w rodzinie, badanie rozkładu wysokości człowieka wśród uczniów, analiza wpływu wielkości próby na wynik obserwacji.</p>

Nr serii	Doświadczenia	Obserwacje lub procedury ilustrujące zjawiska
6.	<p>Zaplanuj doświadczenie – czy pędy rosną zawsze w górę a korzenie w dół bez względu na położenie rośliny?</p> <p>Zaplanuj doświadczenie – czy główną funkcją korzenia jest pobieranie wody?</p> <p>Zaplanuj doświadczenie – czy dżdżownice unikają światła?</p> <p>Fermentacja alkoholowa</p> <p>Wpływ dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy.</p> <p>Wpływ wody na przebieg kiełkowania.</p> <p>Wykrywanie skrobi w produktach żywnościowych.</p> <p>Wpływ wysiłku fizycznego na wartość tętna i ciśnienia krwi.</p> <p>Rola składników chemicznych (mineralnych) kości.</p> <p>Badanie działalności destruentów.</p> <p>Wpływ czosnku na kiełkowanie, wzrost i rozwój zbóż.</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: liść moczarki, skórka cebuli, protisty z hodowli, mięksisz spichrzowy bulwy ziemniaka,</p> <p>Obserwacje mikroskopowe preparatów trwałych: glony, tkanki roślinne, organy roślinne, tkanki zwierzęce, tkanki człowieka.</p> <p>Obserwacje: rozmnażanie wegetatywne z sadzonek liściowych, wykrywanie plamki ślepej, symulacja dziedziczenia barwy sierści u świnki morskiej, badanie zagęszczenia i struktury przestrzennej populacji wybranych gatunków roślin.</p>
7.	<p>Zaplanuj doświadczenie – muzyka poważna a zapamiętywanie.</p> <p>Zaplanuj doświadczenie – dlaczego pod koroną dębu nie rośnie mniszek lekarski?</p> <p>Jak słona woda wpływa na kiełkowanie nasion ogórka?</p> <p>Jaki jest wpływ dużego zagęszczenia siewek sałaty na ich wzrost i rozwój?</p> <p>Jak detergenty wpływają na rośliny wodne?</p> <p>Jak duże zagęszczenie świerszcza domowego wpływa na jego rozwój?</p> <p>Zaplanuj doświadczenie badające wpływ natężenia światła lub temperatury na intensywność fotosyntezy [u moczarki].</p> <p>Zaplanuj doświadczenie porównujące tempo i efektywność różnych sposobów rozmnażania wegetatywnego roślin.</p> <p>Wpływ temperatury na kiełkowanie nasion.</p> <p>Wykrywanie skrobi w pokarmach.</p> <p>Badanie gęstości rozmieszczenia receptorów czuciowych na skórze.</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: skórka cebuli, moczarka, mech, plazmoliza i deplazmoliza, pierwotniaki z hodowli, glony z hodowli, grzybnia pleśniaka, zarodniki pieczarki, drożdże, liście roślin nago- i okrytonasiennych, zarodniki paproci, skrzypów i widłaków.</p> <p>Obserwacje mikroskopowe preparatów trwałych: różne komórki, przekrój poprzeczny przez łodygę rośliny okrytonasiennej, tkanki kręgowców, tkanki człowieka, krew i naczynia krwionośne.</p> <p>Obserwacje: budowa zewnętrzna roślin doniczkowych, obserwacje przyrodnicze na spacerze, hodowla wodna fasoli, wydzielanie tlenu przez moczarkę, wydzielanie dwutlenku węgla przez fermentujące drożdże, czy mchy chłoną dużą ilość wody, ptaki na wycieczce, czynności życiowe hodowanego zwierzęcia, hodowla roślin owadożernych, hodowla grochu/fasoli, hodowla drożdży i pleśni, kość po kąpielu w occie i po wypaleniu, działanie mięśni własnej ręki, analiza własnej tygodniowej diety, analiza składników E we własnej diecie, sekcja nerki, odruch kołanowy, obecność plamki ślepej, rozmieszczenie receptorów smaku na języku.</p> <p>Obserwacja liczebności, zagęszczenia i rozmieszczenia osobników w populacji, analiza cechy i jej dziedziczenia w rodzinie, badanie zanieczyszczenia środowiska w okolicy – skala porostowa, frekwencja liści z uszkodzeniami, deformacja koron; analiza własnych działań na rzecz środowiska.</p>
8.	<p>Badanie obecności skrobi w ziemniaku i mące ziemniaczanej.</p> <p>Badanie, czy nasiona potrzebują wody, powietrza i ciepła, aby wykiełkować.</p>	<p>Obserwacja mikroskopowa komórki roślinnej i zwierzęcej.</p> <p>Obserwacje: właściwości kości po kąpielu w occie i po wypaleniu, obecność plamki ślepej, obecność wody w organizmach, obecność tłuszczu w nasionach lnu/słonecznika, obserwacja w terenie przedstawicieli pospolitych gatunków zwierząt, występowanie struktury przestrzennej pospolitej rośliny zielnej, proces fermentacji drożdży.</p>

Nr serii	Doświadczenia	Obserwacje lub procedury ilustrujące zjawiska
9.	<p>Wpływ wody, światła i soli mineralnych na wzrost i rozwój skrzętnicy. Jakie czynniki są niezbędne kiełkującym nasionom? Jak rośnie korzeń? Wpływ dżdżownic na strukturę gleby. Wykrywanie skrobi w produktach spożywczych. Rozmieszczenie receptorów na skórze. Wykazanie powstawania tlenu w procesie fotosyntezy. Wpływ dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy i zbadanie wpływu natężenia światła. Wykrywanie wydzielania dwutlenku węgla przez kiełkujące nasiona. Badanie uwalniania energii cieplnej w czasie oddychania kiełkujących nasion.</p>	<p>Wydzielanie dwutlenku węgla przez drożdże, wykazanie roli łydki w przewodzeniu wody, parowanie przez liście, właściwości kości po kąpieli w occie, obecność plamki ślepej.</p>
10.	<p>Wpływ ilości dostępnego światła na intensywność fotosyntezy. Proces oddychania beztlenowego komórek drożdży. Wpływ obecności wody na kiełkowanie nasion rzeżuchy i gorczycy. Wpływ obecności tlenu na kiełkowanie nasion rzeżuchy i gorczycy. Wpływ temperatury otoczenia na kiełkowanie nasion rzeżuchy i gorczycy. Wpływ składników organicznych kości na jej właściwości mechaniczne. Wpływ składników nieorganicznych kości na jej właściwości mechaniczne. Czy skrobia zawarta w produktach spożywczych jest trawiona przez ślinę? Zagęszczenie receptorów dotykowych w skórze różnych części ciała.</p>	<p>Obserwacje mikroskopowe: organizmów w kropli wody z kałuży. Obserwacje: porównanie objętości powietrza, jaką można jednorazowo usunąć z płuc podczas spokojnego i pogłębionego wydechu, wpływ wysiłku fizycznego na wartości tętna i ciśnienia krwi, odczyn pH moczu, reakcja odruchowa na bodziec mechaniczny w odruchu kolanowym, receptory węchowe mieszczą się w jamie nosowej, do pełnej oceny smaku są niezbędne informacje z receptorów smaku i węchu, widzenie stereoskopowe, obecność plamki ślepej, ucho jest bardziej czułe na przewodnictwo powietrzne niż kostne, liczebność, rozmieszczenie i zagęszczenie mniszka lekarskiego na trawniku (łące, pastwisku), stan czystości powietrza na danym terenie wg skali porostowej.</p>

Jednym z najczęstszych błędów powtarzających się w podręcznikach jest przedstawianie pod hasłem doświadczenia opisów procedur, które nie spełniają podstawowych kryteriów doświadczeń badawczych. Często autorzy nie definiują, czy przedstawiona do wykonania procedura jest doświadczeniem, czy obserwacją. Zazwyczaj opisane procedury uwzględniają tylko jedną próbę, bez wykonania pełnowartościowego badania zakończonego wnioskowaniem popartym faktami. Zgodnie z przyjętą definicją doświadczenia, w tabeli 5 zostały one zakwalifikowane do obserwacji oraz procedur ilustrujących zjawisko. W podręcznikach można znaleźć wiele przykładów takich procedur, wyłącznie ilustracyjnych i pokazowych, nie mających charakteru badawczego. Do wielu z nich wystarczyłoby dodać odpowiednią próbę kontrolną, aby stały się prawdziwym układem badawczym i aby można było na ich podstawie wyciągać wiarygodne wnioski. W obecnych wersjach obserwacje te co najwyżej ilustrują proces, o którym uczniowie uczą się z kart podręcznika. Gdyby były doświadczeniami, uczniowie mieliby szansę kształcić swoje umiejętności badawcze oraz logiczne, naukowe rozumowanie. Można to przedstawić na poniższym przykładzie:

„Sprawdź, czy w powietrzu, które wydychasz, jest dwutlenek węgla. W tym celu przygotuj szklankę z wodą wapienną (...) i rurki do napojów. Kilku uczniów (2-3) powinno silnie wdmuchiwać do naczynia powietrze przez kilka minut. Na dnie szklanki powinien pojawić się biały osad.” [Seria 3. tom 2. s. 63]

Opisana procedura ma charakter ilustracyjny, a nie badawczy. Jaki logiczny wniosek można sformułować na podstawie takiego pokazu? Co najwyżej taki, że pojawiający się osad wody wapiennej może mieć jakiś związek z faktem dmuchania przez którąś z osób przez rurkę, lecz równie dobrze może być spowodowany upływem czasu lub zanurzeniem w tym roztworze samej rurki. Zgodnie z zapisami podstawy programowej powinniśmy oczekiwać raczej, że uczeń posiadający umiejętność rozumowania naukowego i krytycznej analizy, po zapoznaniu się z przedstawioną procedurą, umiałby sformułować pytania takie, jak te:

- Jak po kilku minutach wyglądałaby woda wapienna w szklance bez wdmuchiwanego powietrza?
- Co by się działo z wodą wapienną, przez którą przepływałoby zwykłe powietrze, nie wydmuchiwane z płuc?
- O czym ma świadczyć fakt, potwierdzany owym doświadczeniem, że w powietrzu, które wydychasz, jest dwutlenek węgla?
- Czy da się porównać lub udowodnić zaprezentowaną metodą, że powietrze wydychane z płuc ma inną zawartość dwutlenku węgla niż powietrze, które wdychamy?

Czasami w podręcznikach zdarzają się sytuacje odwrotne, kiedy to opisane doświadczenie zostaje nazwane przez autorów obserwacją. Na przykład badanie wpływu dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy [Seria 6. tom 1. s. 112] jest opisane poprawnie, zgodnie z definicją doświadczenia i z uwzględnieniem próby kontrolnej, znajduje się jednak w dziale zatytułowanym „Obserwacja”. Wprowadza to niepotrzebny chaos i błędnie informuje ucznia, że doświadczenie i obserwacja to właściwie pojęcia synonimiczne.

Mimo ogólnie małej liczby doświadczeń, we wszystkich seriach podręczników można znaleźć ciekawe przykłady procedur wykraczających poza propozycje podane w podstawie programowej. Nieliczne z nich uwzględniają wszystkie aspekty metody naukowej – takie jak precyzyjne określanie problemu badawczego, duża liczba badanych osobników/powtórzeń, zbieranie danych liczbowych i ich matematyczna analiza. Poniżej przytoczono dwa przykłady interesujących, prostych doświadczeń wykraczających poza zapisy podstawy programowej, wraz z omówieniem, jakie dodatkowe elementy mogłyby zawierać, aby lepiej prezentowały metodologiczne założenia prowadzenia badań naukowych.

► Doświadczenie badające, na której stronie liścia znajdują się aparaty szparkowe

„Położenie aparatów szparkowych. (...) Do wykonania doświadczenia potrzebne będą: trzy małe słoiki jednakowej wielkości, na przykład po keczupie; trzy liście rośliny tego samego gatunku i podobnej wielkości; oliwa; wazelina; woda.

Napełnij [trzy małe] słoiki wodą, na wierzch wylej warstwę oliwy.

Jeden liść posmaruj wazeliną po dolnej stronie, drugi po górnej stronie, trzeciego w ogóle nie smaruj.

Liście umieść w słoikach tak, aby w wodzie były zanurzone tylko ogonki.

Zaobserwuj, co dzieje się z ilością wody w słoikach i o czym to świadczy.

Wskaż zestaw, który w doświadczeniu był próbą kontrolną.” [Seria 4. tom. 1. s. 92]

To proste, tanie i szybkie do wykonania doświadczenie, które powinno być wykonywane powszechnie na lekcjach biologii. Aby doświadczenie lepiej spełniało kryteria badań naukowych, należałoby

uwzględnić większą liczbę powtórzeń, a także wskazówki, jak długo prowadzić doświadczenie. Aby nadać mu ważny aspekt ilościowy, zamiast wyłącznie jakościowego, należałoby dodać pomiar ubytku wody w czasie i analizę dużej liczby liści poddanych badaniu.

► Doświadczenie dotyczące badania wpływu dżdżownic na strukturę gleby

- „1. Do dwóch dwulitrowych słoików (lub wąskich akwariów) wsypujemy ziemię ogrodową i piasek w taki sposób, aby w każdym z naczyń utworzyły się trzy warstwy o wysokości mniej więcej 5 cm, w następującej kolejności: piasek, ziemia ogrodowa, piasek itd.
2. Do jednego z naczyń wkładamy 10 dżdżownic.
3. Do obu pojemników przyklejamy kartkę informacyjną z datą rozpoczęcia doświadczenia.
4. Dokumentujemy przebieg doświadczenia przez miesiąc.” [Seria 9. tom 2. s. 45]

Rycina 54 podręcznika ilustruje wynik opisanego doświadczenia „wpływ dżdżownic na strukturę gleby.” Autorzy zachęcają ucznia do analizy wyników doświadczenia, zadając dodatkowe pytania:

„W którym słoiku wyraźnie widać ‘ślady’ działalności dżdżownicy? Który słoik jest próbą kontrolną doświadczenia?”

W podsumowaniu rozdziału znajduje się także polecenia dla ucznia:

„Sprawdź, czy już umiesz (...) zinterpretować wyniki przeprowadzonego doświadczenia (...).” [Seria 9. tom 2. s. 47]

Jest to proste doświadczenie, które uwzględnia próbę kontrolną, w odróżnieniu od proponowanych w innych seriach obserwacji działalności dżdżownic w glebie. Należałoby dodatkowo podać warunki optymalne dla utrzymania hodowli dżdżownic przez miesiąc oraz zaznaczyć, że drugi słoik (bez dżdżownic) należy poddawać tym samym zabiegom, co pierwszy. Przykład ten jest ciekawy z jeszcze jednego powodu – widać w nim, że próba kontrolna może być negatywna, podczas gdy w większości przedstawianych w podręcznikach doświadczeń, jeśli w ogóle zawierają próbę porównawczą, to jest to pozytywna próba kontrolna.

Podsumowując, w wyniku analizy doświadczeń i obserwacji zamieszczonych w podręcznikach stwierdzono:

- obecność małej liczby doświadczeń w stosunku do ogromnej objętości treści książek,
- obecność propozycji dodatkowych doświadczeń i obserwacji w stosunku do tych zalecanych w podstawie programowej,
- procedury przedstawione w podręcznikach mają zbyt często charakter ilustracyjny, pokazowy, zamiast badawczego,
- pomieszanie i błędne kategoryzowanie procedur doświadczeń i obserwacji,
- brak próby kontrolnej w opisach dużej części procedur badawczych, co powoduje, że w niniejszym opracowaniu takie procedury zakwalifikowano do obserwacji, a nie do doświadczeń,
- pomijanie zasad metody naukowej w opisach doświadczeń, mimo to, że były one określane poprawnie w rozdziałach wstępnych podręczników (m.in.: precyzyjne formułowanie pytań badaw-

czych/celu doświadczenia, uwzględnianie prób kontrolnych, prowadzenie badania na większej liczbie osobników lub stosowanie powtórzeń, w jednym doświadczeniu badanie wpływu tylko jednego czynnika i kontrolowanie wszystkich pozostałych zmiennych),

- rzadkie stosowanie możliwości zbierania danych liczbowych, zamiast jakościowych, i co za tym idzie rzadkie wymaganie przeprowadzenia analizy danych liczbowych przez uczniów.

4.6. Czy doświadczenia zalecane do realizacji przez podstawę programową są obecne w podręcznikach?

Przeprowadzona analiza wykazała, że podręczniki zawierają opisy wszystkich zalecanych w podstawie programowej doświadczeń i obserwacji, tylko nieliczne serie pomijają kilka doświadczeń czy obserwacji. Wykazy doświadczeń i obserwacji znajdują się w poniższych tabelach (tabela 6 oraz 7).

Tabela 6. Wykaz doświadczeń zalecanych do wykonania przez ucznia w podstawie programowej zawartych w podręcznikach.

„t.” oznacza tom serii, „s.” oznacza stronę.

Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie:										
	Seria 1.	Seria 2.	Seria 3.	Seria 4.	Seria 5.	Seria 6.	Seria 7.	Seria 8.	Seria 9.	Seria 10.
a) wykazujące, że podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla	t. 1. s. 65	brak	t. 1. s. 58	t. 1. s. 37	t. 1. s. 64	t. 1 s. 24	t. 1. s. 68	t. 2. s. 26	t. 1. s. 54	t. 1. s. 36
Czy uwzględniono kontrolę	-	0	Zaplanuj	-	-	+	-	-	-	+
b) sprawdzające wpływ wybranego czynnika na proces kiełkowania nasion,	t. 1. s. 138	brak	t. 1. s. 120	t. 1. s. 111	t. 2. s. 52-53	t. 1 s. 119	t. 1. s. 198	t. 2. s. 107	t. 1. s. 87	t. 1. s. 121-122
Czy uwzględniono kontrolę	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+
c) wykazujące rolę składników chemicznych kości,	t. 2. s. 113	t. 2. s. 32	t. 2. s. 13	t. 2. s. 38	t. 2. s. 249	t. 2. s. 166	t. 2. s. 42	t. 1. s. 21	t. 2. s. 107	t. 3. s. 18
Czy uwzględniono kontrolę	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+
Czy uwzględniono składniki mineralne (M) oraz organiczne (O)	M, O	M, O	M	M, O	M	M	M, O	M, O	M	M, O
d) sprawdzające gęstość rozmieszczenia receptorów w skórze różnych części ciała,	t. 2. s. 108	brak	t. 2. s. 75	t. 2. s. 14	t. 2. s. 180	t. 2. s. 150	t. 2. s. 194	brak	t. 2. s. 204	t. 3. s. 134
e) sprawdzające obecność skrobi w produktach spożywczych;	t. 2. s. 267	brak	t. 2. s. 27	t. 2. s. 62	t. 2. s. 81	t. 2. s. 20	t. 2. s. 98	t. 2. s. 14	t. 2. s. 132-133	brak
Czy uwzględniono kontrolę	+	0	-	-	-	+	+	+	+	0

Tabela 7. Wykaz obserwacji zalecanych do wykonania przez ucznia w podstawie programowej, zawartych w podręcznikach.

„t.” oznacza tom serii, „s.” oznacza stronę. Określenie „dużo” oznacza ponad 8.

Uczeń dokonuje obserwacji:										
	Seria 1.	Seria 2.	Seria 3.	Seria 4.	Seria 5.	Seria 6.	Seria 7.	Seria 8.	Seria 9.	Seria 10.
a) mikroskopowych preparatów trwałych (np. tkanki zwierzęce, organizmy jednokomórkowe) i świeżych (np. skórka liścia spichrzowego cebuli, miąższ pomidora, liść moczarki kanadyjskiej, glony, pierwotniaki),	Np. t. 1. s. 90	Np. t. 1. s. 37, 66, 82	Dużo, np. t. 1. s. 137, t. 2. s. 34	Np. t. 1. s. 125 t. 2. s. 38	Np. t. 1. s. 26, 63	Dużo t. 1. s. 69, 129 t. 2. s. 12	Dużo, np. t. 1. s. 25, 47, 307	t. 2. s. 22	brak	t. 1. s. 15
b) zmian tętna i ciśnienia krwi podczas spoczynku i wysiłku fizycznego,	t. 2. s. 162-163	t. 2. s. 57	t. 2. s. 43	t. 2. s. 93	t. 2. s. 145	t. 2. s. 68	t. 2. s. 176	brak	brak	t. 3. s. 78
c) wykazujących obecność plamki ślepej na siatkówce oka,	t. 2. s. 204	t. 2. s. 121	t. 2. s. 80	t. 2. s. 167	t. 2. s. 248	t. 2. s. 139	t. 2. s. 255	t. 1. s. 170	t. 2. s. 225	t. 3. s. 137
d) w terenie przedstawicieli pospolitych gatunków roślin i zwierząt,	brak	t. 1. s. 126	Dużo, np. t. 2. s. 147, 156	brak	t. 3. s. 212	brak	Np. t. 1. s. 27, 156, 307	t. 2. s. 188	brak	brak
e) w terenie obserwacji liczebności, rozmieszczenia i zagęszczenia wybranego gatunku rośliny zielnej.	t. 3. s. 92	brak	t. 3. s. 68	t. 3. s. 85	t. 3. s. 53	t. 3. s. 75	t. 3. s. 32	t. 3. s. 12	brak	t. 4. s. 73

Szczegółowej analizie jakościowej poddano cztery z zalecanych w podstawie doświadczeń: Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie: (1) wykazujące, że podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla, (2) sprawdzające wpływ wybranego czynnika na proces kiełkowania nasion, (3) sprawdzające obecność skrobi w produktach spożywczych oraz (4) wykazujące rolę składników chemicznych kości. Podstawowy problem, jaki zdiagnozowano, to brak prób kontrolnych w bardzo dużej części opisów owych doświadczeń. Z tego powodu zwykle procedur tych nie można było uznać za doświadczenia – zgodnie z przyjętą w niniejszej analizie definicją. Poniżej przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy i przykłady zaniechania zasad metody naukowej.

4.6.1. Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie: wykazujące, że podczas fermentacji drożdże wydzielają dwutlenek węgla

Opisy tego doświadczenia odnaleziono w dziewięciu seriach, lecz zaledwie dwa z nich zawierają układ badawczy z próbą kontrolną. We wszystkich proponowanych procedurach przygotowuje się roztwór drożdży i sacharozy, a wydzielający się gaz przepływa przez wodę wapienną, powodując jej zmętnienie. Rozwiązania sprzętowe proponowane przez autorów są różnorodne, od tanich domowych sprzętów (butelka po wodzie mineralnej i balonik lub dwie szklanki zamknięte w szczelnym pojemniku) po wykorzystanie sprzętu laboratoryjnego (kolba z korkiem i rurką fermentacyjną, w którą wlewa się wodę wapienną lub kolba z rurką gumową prowadzącą do naczynia z wodą wapienną).

Warunki prowadzenia hodowli – zwykle autorzy określają temperaturę prowadzenia reakcji jako ciepłe miejsce lub pomieszczenie, czasem podają dokładną specyfikację – łaźnia wodna o temperaturze 30°C. Czas prowadzenia obserwacji jest zaskakująco niejednorodny – albo jest to 0,5 godziny, co stanowi wystarczający czas prowadzenia tego szkolnego doświadczenia i zaobserwowania efektów, albo, w trzech podręcznikach, autorzy z niezrozumiałych powodów proponują prowadzenie tego doświadczenia przez kilka dni, a nawet przez tydzień!

Najbardziej poprawny metodologicznie opis doświadczenia znalazł się w serii 10. (poprawna próba kontrolna, powtórzenia prób badawczych), choć nie jest pozbawiony błędów:

„Należy przygotować cztery zestawy: trzy doświadczalne i jeden kontrolny.” Zestawy doświadczalne to kolby z mniej więcej równą objętością roztworu sacharozy i drożdży zatkałe korkiem z rurką fermentacyjną. „Do rurek wlewa się wodę wapienną, a potem niewielką ilość oleju (warstwa oleju odcina dostęp powietrza do wody wapiennej). Zestaw kontrolny. Przygotowuje się go podobnie jak zestawy doświadczalne, tylko nie dodaje się drożdży do roztworu sacharozy. Zestawy umieszcza się na tydzień w ciepłym pomieszczeniu.” [Seria 10. tom 1. s. 36]

Autorzy zwracają uwagę na obecność negatywnej próby kontrolnej – daje ona możliwość udowodnienia, że zmętnienie wody wapiennej jest związane specyficznie z obecnością drożdży, a nie jest przypadkowym efektem. Słusznie uwzględniono także odcięcie powierzchni wody wapiennej od powietrza warstwą oleju, o czym inni autorzy nie wspominają. Pamięta się tu także o wykonaniu kilku powtórzeń próby badanej, co zwiększa wiarygodność wyników. Na koniec z niezrozumiałych powodów autorzy każą prowadzić badanie przez okres tygodnia w ciepłym miejscu, podczas gdy efekt tego doświadczenia można zaobserwować w ciągu godziny lekcyjnej. Autorzy nie uwzględnili dość prawdopodobnego wyniku doświadczenia, w którym po tygodniu woda wapienna będzie mętna zarówno w próbach bada-

nych, jak i w próbie kontrolnej – roztwór sacharozy przygotowany w niesterylnych warunkach jest doskonałą pożywką dla różnych mikroorganizmów, nie tylko drożdży piekarniczych, a tydzień to aż nadto wystarczający czas na ich rozwój w kolbie kontrolnej.

Drugi opis zawierający prawidłowy merytorycznie układ badawczy (prawidłowy schemat metody, prawidłowa próba badawcza i kontrolna) znalazł się w serii 6. [Seria 6. tom 1. s. 24]. Praktyczny aspekt wykonania zestawów badawczych jest jednak zaskakujący. Do jednego z najprostszych, najszybszych i najtańszych do wykonania doświadczeń szkolnych, stworzono skomplikowany układ złożony ze statywów, trójnogów, zlewek, kolb, palników i probówek. Wszystko po to, aby uzyskać łąźnię wodną o temperaturze 30°C, podgrzewaną palnikiem z otwartym ogniem. Zaproponowany i zilustrowany układ złożony z kolby z mieszaniną fermentacyjną i probówki z wodą wapienną jest szczelnie zamknięty korkami. Autorzy nie zwrócili uwagi na fakt, że taki zestaw może być bardzo niebezpieczny, gdy w procesie fermentacji zacznie się wytwarzać gaz, a ciśnienie w połączonych, szczelnych, szklanych naczyniach znacznie wzrośnie.

W pozostałych podręcznikach w ogóle nie uwzględniono próby kontrolnej, ponadto znaleźć można w nich inne zaniechania metody naukowej. Na przykład:

► Wnioskowanie bez porównania wyników z próbą kontrolną

W jednej z propozycji znalazły się dwie otwarte zlewki umieszczone w zamkniętym pojemniku: jedna zlewka zawiera mieszaninę fermentacyjną, druga zlewka wodę wapienną. Sprawdza się zmętnienie wody po 2, 4 i 6 godzinach. Autorzy na koniec pytają:

„O czym świadczy zmętnienie wody wapiennej?” [Seria 9. tom 1. s. 54]

Bez porównania wyniku z próbą kontrolną, poprawną odpowiedzią na takie pytanie będzie tylko: zmętnienie wody wapiennej świadczy o obecności dwutlenku węgla w tym zamkniętym układzie. Nie wiadomo natomiast nic o źródle pochodzenia tego gazu, uczeń nie może wykluczyć, że zmętnienie pojawia się np. z powodu dwutlenku węgla zawartego w powietrzu lub z powodu oddychania tlenowego drożdży.

► Mylenie obserwacji i wniosków

„Obserwacje: (...) Gazem tym jest dwutlenek węgla – świadczy o tym zmętnienie prawie bezbarwnej wody wapiennej.” [Seria 1. tom 1. s. 65]

Poprawną obserwacją z tego doświadczenia jest tylko stwierdzenie, że woda wapienna mętnieje pod wpływem gazu zebranego w baloniku. Określenie, jaki to gaz, nie jest obserwacją, ale wnioskiem.

► Brak zbierania i analizy danych liczbowych

W serii 7. poza reakcją z wodą wapienną zaproponowano zbieranie gazu w probówce nad wodą [Seria 7. tom 1. s. 68]. Szkoda, że autorzy nie podkreślają, iż tą metodą w łatwy sposób można by pozyskać dane liczbowe – prowadząc pomiar objętości wydzielonego gazu w czasie, a zebrane dane liczbowe poddać prostej analizie.

- ▶ Brak większej liczby prób lub powtórzeń

W jednej serii, poza doświadczeniem z podstawy programowej, zaproponowano wykonanie dodatkowego badania:

„Badanie wpływu temperatury na tempo fermentacji alkoholowej.” [Seria 5. tom 1. s. 65]

Autorzy proponują wykonanie trzech prób w trzech temperaturach: 10°C, 22°C i 40°C, po jednej próbie dla każdej temperatury. Szkoda, że nie wspominają o tym, że aby wyniki doświadczenia były bardziej wiarygodne i zgodne z wymogami metody naukowej, doświadczenie to powinno zawierać większą liczbę prób, na przykład wykonanych przez innych uczniów w klasie i zebranych do wspólnej tabeli. Jest to istotne zwłaszcza przy porównywaniu danych liczbowych, na podstawie których uczniowie mają wyciągać wnioski.

4.6.2. Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie: sprawdzające wpływ wybranego czynnika na proces kiełkowania nasion

Opisy tego doświadczenia odnaleziono w dziewięciu seriach; wszystkie zawierają prawidłowe układy badawcze. Badane czynniki zmienne to: brak/obecność wody, brak/obecność dostępu powietrza (tlen), temperatura (najczęściej pokojowa i około 5°C, a także 30°C). W czterech seriach uwzględniono więcej niż jeden czynnik zmienny w jednym badaniu. Dla młodych ludzi, którzy mają nauczyć się, jak prawidłowo metodologicznie prowadzić badania biologiczne, prawidłowa analiza układów badawczych złożonych z wielu prób testujących różne zmienne czynniki jednocześnie może stanowić duży problem. Dlatego zdecydowanie lepsze dydaktycznie są proste układy, pozwalające zbadać wpływ jednego czynnika na proces kiełkowania.

We wszystkich proponowanych procedurach uczniowie mają wysiewać kilka-kilkadziesiąt nasion; są to najczęściej nasiona rzeżuchy lub fasoli, ale także grochu, gorczycy, rzodkwi lub zbóż. Tylko w dwóch seriach autorzy określają, które próby są kontrolne, a które badawcze.

Najbardziej poprawne metodologicznie opisy doświadczenia znalazły się w seriach 5. i 7., na przykład:

„Badamy wpływ temperatury na kiełkowanie nasion. (...)

„1. Wyłóż szalki Petriego watą, a na wierzchu ułóż krążki bibuły lub ligniny.

2. Nawilż przygotowane podłoże wodą wodociągową.

3. Na dziewięciu szalkach ułóż po 20 nasion jednego gatunku [grochu, pszenicy lub żyta]

4. Pierwsze trzy szalki umieść w lodówce (około 5°C), kolejne trzy w ciemnym miejscu o temperaturze około 20°C, a ostatnie w ciemnym miejscu w temperaturze około 30°C.

5. Szalki oznacz numerami od 1 do 9.

6. Uwaga! W czasie trwania doświadczenia bibuła w szalkach powinna być stale wilgotna!

7. Każdego dnia o stałej porze notuj liczbę wykiełkowanych nasion na każdej szalce.

8. Doświadczenie powinno trwać maksymalnie 7 dni.

9. Zaprojektuj tabelę, w której będziesz notować wyniki badań. Sporządź dokumentację w postaci rysunków lub fotografii.

10. Oblicz średnią liczbę wykiełkowanych nasion każdego dnia na szalkach umieszczonych w tej samej temperaturze.

11. Przedstaw wyniki swojego doświadczenia na wykresie.

12. Sformułuj wnioski.” [Seria 7. tom 1. s. 198]

W projekcie tego doświadczenia uwzględniono ważne elementy metody naukowej, takie jak: dość precyzyjnie sformułowany problem badawczy, jeden czynnik zmienny – temperaturę w trzech wariantach (5°C, 20°C, 30°C), zachowanie stałych warunków prowadzenia doświadczenia dla wszystkich prób (zmienne kontrolowane – ciemność, wilgotność, stałe pory pomiaru itp.), dużą liczbę badanych osobników (po 20 na szalkę) i wielokrotność prób (po trzy), czas trwania doświadczenia i częstotliwość pomiarów, rejestrację wyników w postaci danych liczbowych. Zwrócono także uwagę na sposób zapisu i porządkowania danych, możliwość matematycznej analizy zebranych danych oraz przedstawienie wyników na wykresie. Czyli mamy tutaj wszystko to, czym powinno się charakteryzować dobrze zaprojektowane doświadczenie. Mimo tego, że nie określono wprost, co stanowi próbę kontrolną doświadczenia, w przypadku takiego badania istnieje możliwość formułowania poprawnych wniosków na podstawie porównania trzech prób różniących się wartością czynnika zmiennego.

W serii 10. w doświadczeniu dodano ciekawy element – badane są warunki kiełkowania nasion dwóch różnych gatunków (rzeżuchy i gorczyca). Skłania to uczniów do zastanowienia się, czy każdy gatunek rośliny ma te same wymagania dla kiełkowania. Zwykle w doświadczeniach przedstawionych w podręcznikach wnioski formułowane są ogólnie w stosunku do roślin, bez zważania na to, że badaniu poddany był tylko jeden gatunek (lub w ogóle jeden osobnik). W tej samej serii, w pytaniach kontrolnych nawiązujących do doświadczenia, autorzy dodatkowo pytają o ciekawy aspekt analizy wyników doświadczenia:

„Napisz, jaka mogła być przyczyna niewykiełkowania nasion mimo zapewnienia im optymalnych warunków zewnętrznych, czyli temperatury, nasłonecznienia i nawodnienia” [Seria 10. tom 1. s. 122]

Analiza wyników doświadczeń, które „nie wyszły” zgodnie z oczekiwaniami, jest bardzo ważnym aspektem pracy badawczej, zupełnie zaniedbanym w podręcznikach.

W większości pozostałych serii pojawiają się błędy lub zaniedbania dotyczące metody naukowej, które można omówić na poniższych przykładach.

► Brak sformułowanego problemu badawczego

„Na dwóch płaskich talerzykach ułóż po 2 chusteczki higieniczne i nasącz je wodą. Na każdej ułóż po 30 nasion rzeżuchy. Okryj talerzyki folią spożywczą, by uchronić je przed utratą wody. Jedną hodowlę umieść w tekturowym pudełku w temperaturze pokojowej, drugą w lodówce. Zaobserwuj przebieg kiełkowania i sformułuj wnioski.” [Seria 3. tom 1. s. 120].

Podana procedura nie jest poprzedzona określonym celem ani problemem badawczym. Uczniowi trudno będzie sformułować prawidłowe wnioski, jeśli sam nie zdefiniuje poprawnie celu tej procedury, a przede wszystkim jeśli nie określi poprawnie, jaki czynnik jest czynnikiem badanym.

► Badanie wpływu kilku czynników na raz oraz mało precyzyjne wskazówki na temat czynników stałych, kontrolowanych

„Wykonując proste doświadczenie, możesz sprawdzić, jakie warunki są potrzebne nasionom rzodkiewki do wykiełkowania. (...)

1. W każdym słoiku umieść watę i ułóż na niej tyle samo nasion rzodkiewki.
2. Do pierwszego słoika wlej tyle wody, aby wata była wilgotna i postaw go w ciepłym miejscu.
3. Do drugiego słoika wlej taką samą ilość wody, jak do pierwszego, ale umieść słoik w lodówce.

4. Do trzeciego słoika nalej tyle wody, aby nasiona były całkowicie zanurzone, a na wierzch wlej olej i postaw słoik w ciepłym miejscu. Warstwa oleju zablokuje dostęp tlenu do nasion.
5. W czwartym słoiku pozostaw suche nasiona.” [Seria 4. tom 1. s. 111]

Ze względu na to, że w jednym badaniu testowane są trzy różne czynniki, nie jest ono tak prostym doświadczeniem do analizy dla ucznia, jak to sugerują autorzy we wstępie. W opisie wykonania badania nie zwrócono szczególnej uwagi na zachowanie pozostałych czynników ściśle kontrolowanych, m.in. nie ma wskazówek na temat dostępu światła, a w ostatniej próbie nie podano, w jakiej temperaturze doświadczenie ma być przeprowadzone.

► Problem z określeniem, co jest próbą kontrolną, a co badaną

W serii 10. opisano kilka doświadczeń badających wpływ pojedynczych czynników na kiełkowanie. Forma zapisu doświadczeń w tej serii zawiera też spodziewane obserwacje:

„Hipoteza 1.: Nasiona rzeżuchy i gorczycy kiełkują tylko w obecności wody. (...) Zapis obserwacji. Zarówno nasiona rzeżuchy, jak i gorczycy znajdujące się w zestawach kontrolnych, czyli w naczyniach z suchym podłożem, nie wykiełkowały (...)”

„Hipoteza 2.: Nasiona rzeżuchy i gorczycy kiełkują tylko w obecności tlenu. (...) Zapis obserwacji. Wykiełkowały zarówno nasiona rzeżuchy, jak i gorczycy znajdujące się w zestawach kontrolnych, czyli w naczyniach ze zwilżonym podłożem [z dostępem tlenu – przyp. red.]” [Seria 10. tom 1. s. 121-122]

Autorzy tej serii w rozdziale o metodzie naukowej w następujący sposób określili próbę kontrolną: „W zestawie doświadczalnym powinien działać badany czynnik, natomiast w kontrolnym – nie.” [Seria 10. tom 1. s. 11]. Jeśli więc przyjąć, że dla hipotezy 1. badanym czynnikiem jest obecność wody, to, zgodnie z podaną definicją, próba z brakiem wody (czynnik nie działa) byłaby poprawną próbą kontrolną. Dla hipotezy 2. badanym czynnikiem jest obecność tlenu, a więc to próba pozbawiona tlenu – pokryta wodą i olejem – powinna być konsekwentnie opisana jako próba kontrolna. Jak widać na powyższym przykładzie, tu sami autorzy pogubili się w konsekwentnym określaniu, który zestaw jest zestawem kontrolnym. Z logicznego punktu widzenia, w układzie badawczym tego typu nie miałyby dużego znaczenia, którą z prób określimy jako badaną, a którą jako kontrolną, najważniejsze, aby uczeń mógł wyciągnąć wnioski na podstawie porównania wyników dwóch prób różniących się wartością/obecnością jednego czynnika. Dlatego przykład ten wskazuje po raz kolejny, że dla potrzeb edukacji szkolnej niezbędne jest rozszerzenie i zmodyfikowanie obecnych w podręcznikach definicji próby kontrolnej oraz podawanie jej poprawnych przykładów.

4.6.3. Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie: sprawdzające obecność skrobi w produktach spożywczych

Opis tego doświadczenia znalazł się w ośmiu seriach, z których pięć zawiera układ badawczy z próbą kontrolną. Autorzy proponują badania takich produktów, jak: mąka ziemniaczana (stanowi próbę kontrolną, jeśli jest uwzględniona), mąka pszenna i kukurydziana, surowy ziemniak, pieczywo, makaron, kasze, owoce, warzywa, nasiona, biały ser, mięso, przyprawa – sól, jajko. Odczynnikiem stosowanym do wykrywania skrobi jest płyn Lugola (tylko w serii 1. znalazł się przepis, jak wykonać płyn Lugola), w jednym przypadku jest to nierozcieńczona jodyna. Autorzy podają właściwości odczynnika, np.:

„... płyn Lugola ma kolor brązowożółty i służy do wykrywania skrobi, w której obecności zmienia barwę na ciemnoniebieską...” [Seria 5. tom 2. s. 81],

co umożliwia uczniom formułowanie wniosków na temat zanotowanych wyników.

Przykład prawidłowo zaprojektowanego doświadczenia w najprostszej wersji, uzupełnionego o samodzielną pracę badawczą ucznia:

„Sprawdzenie obecności skrobi w produkcie spożywczym.

1. Przygotujcie 2 plastikowe małe pojemniki i dwa mieszadła. Do każdego pojemnika wlejcie 2 łyżki zimnej destylowanej wody.
2. Do pojemnika 1 dodajcie płaską łyżeczkę czystej skrobi – dobrze wymieszajcie.
3. Do pojemnika 2 dodajcie płaską łyżeczkę zeszkobanego żyletką ziemniaka – dobrze wymieszajcie.
4. Do każdego pojemnika dodajcie pipetą kroplę płynu Lugola – zamieszajcie (nie pomylicie mieszadełek!).
5. Obserwujcie reakcję barwną w pojemniku 1 i 2. Zauważone zmiany zanotujcie. Wskażcie próbę kontrolną. Zapiszcie wniosek.

Zaprojektuj doświadczenie sprawdzające obecności skrobi w innym produkcie.” [Seria 9. tom 2. s. 132-133]

W doświadczeniu uwzględniono pozytywną próbę kontrolną, która daje możliwość zaobserwowania wzorcowej reakcji barwnej w kontakcie ze skrobią (mąką ziemniaczaną). Wartościowe edukacyjnie jest przedstawienie układu badawczego dotyczącego badania właściwości jednego produktu i na jego podstawie zaproponowanie uczniom projektowania własnych badań dotyczących innych, wybranych produktów. W ten sposób uczniowie mają szansę najpierw zapoznać się z prawidłowym schematem metody, a następnie wykorzystać go i przećwiczyć we własnej pracy badawczej. W jednej serii na etapie wyciągania wniosków autorzy zachęcają do głębszej analizy zanotowanych obserwacji:

„Wymień produkty, w których znajdowała się skrobia. Jakiego są pochodzenia?” [Seria 4. tom 2. s. 62].

Jest to ciekawy przykład wyciągania ogólniejszych wniosków na temat zależności przyrodniczych. W tym przypadku uczniowie po przetestowaniu wielu produktów powinni zauważyć prawidłowość, że żaden z produktów zwierzęcych nie zawiera skrobi. Jest on uzasadniony pod warunkiem przebadania dużej liczby różnorodnych produktów spożywczych i stanowi doświadczalne potwierdzenie encyklopedycznej wiedzy przedstawianej na lekcjach uczniom, że skrobia to substancja zapasowa magazynowana tylko przez rośliny.

4.6.4. Uczeń planuje i przeprowadza doświadczenie: wykazujące rolę składników chemicznych kości

Opis tej procedury znajduje się we wszystkich seriach, tylko cztery z nich przedstawiają układ badawczy z próbą kontrolną. Składniki chemiczne podzielone są na dwa typy – składniki mineralne (wapń) i organiczne (białka), cztery serie opisują tylko sposób wykazania roli składników mineralnych.

Przykład poprawnie metodologicznie opisanego doświadczenia znaleziono w serii 4.:

„Problem badawczy: Jakie właściwości nadają kościom składniki mineralne?
Hipoteza: Dzięki składnikom mineralnym kości są twarde i wytrzymałe.

Przewidywanie: Kwas octowy spowoduje usunięcie z kości składników mineralnych. Kości staną się miękkie i elastyczne.

Materiały: Dwie kości z kurczaka, 250 ml kwasu octowego (octu 10%), 250 ml wody, dwa słoiki i pojemności 500 ml z zakrętkami.

Wykonanie: Przygotuj zastaw doświadczalny.

Próba badawcza: Wlej do słoika 250 ml octu i zanurz w nim jedną z przygotowanych kości, Zakręć słoik i odstaw go na czas trwania doświadczenia.

Próba kontrolna: Wlej do słoika 250 ml wody i zanurz w niej drugą kość. Zakręć słoik i odstaw go na czas trwania doświadczenia.

Czas trwania doświadczenia: 5 dni.

Metoda zbierania wyników: Po zakończeniu doświadczenia porównaj właściwości kości z próby kontrolnej i badawczej.

Wyniki i wnioski zapisz w zeszycie." [Seria 4. tom 2. s. 166]

Autorzy tego podręcznika stworzyli poprawny, prosty i klarowny schemat przedstawiania doświadczeń, zawierający wszystkie niezbędne etapy. Na przykładzie tego doświadczenia widać, że sformułowano prawidłowe pytanie badawcze i hipotezę, podczas gdy większość serii nie podaje pytań badawczych / celu badań ani nie formułuje hipotez (w opisywanych w podręcznikach procedurach doświadczeń nie zdarza się przypominanie uczniom, żeby samodzielnie formułowali hipotezy). Prawidłowo dobrano negatywną próbę kontrolną umożliwiającą wyciągnięcie wniosków na podstawie porównania właściwości dwóch kości. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że w ciągu 5 dni w słoiku z kością zanurzoną w wodzie rozwiną się mikroorganizmy, dlatego ze względów bezpieczeństwa mikrobiologicznego należałoby obie próby przechowywać w lodówce lub w tym przypadku lepiej byłoby użyć jako próby kontrolnej/porównawczej świeżej kości, nie poddanej działaniu kwasu ani wody. Wyraźnie są określone: czas trwania doświadczenia i metoda zbierania wyników. Metodę zbierania wyników warto byłoby uzupełnić o spis właściwości kości, jakie uczniowie mają scharakteryzować, np.: wygląd kości, twardość, giętkość, łamliwość.

4.7. Czy podręczniki promują nauczanie przez dociekanie naukowe?

Jak opisano we wstępie, integralnymi elementami promocji podejścia naukowego i nauczania przedmiotów przyrodniczych poprzez dociekanie naukowe (IBSE) są:

- wzbudzanie naturalnej ciekawości uczniów,
- prowadzenie doświadczeń i badań uczniowskich,
- konstruowanie modeli,
- nauczanie przedmiotów przyrodniczych poprzez kontekst i w kontekście badań naukowych,
- przedstawianie uczniom aktualnych aspektów badań naukowych wraz z przykładami konkretnych badań,
- przytaczanie przykładów źródeł danych i faktów naukowych,
- angażowanie uczniów w analizę danych i samodzielne wyciąganie wniosków na podstawie danych i faktów naukowych,

- pokazywanie nauki na przykładzie pracy konkretnych, współcześnie żyjących naukowców, którzy odnieśli sukces, wyjaśnianie uczniom, gdzie i w jaki sposób pracują na co dzień, pokazanie pracy naukowca jako pewnego stylu życia.

Są to elementy praktyki szkolnej, które powinny być powszechnie stosowane, aby osiągnąć cele postawione przez instytucje europejskie związane ze wzmacnianiem zainteresowania uczniów przedmiotami przyrodniczymi. Uzupełnieniem prowadzonej analizy była próba odnalezienia w podręcznikach treści, które wspierają powyższe elementy nauczania. Poniżej przedstawiono krótkie podsumowanie opisujące, jakiego rodzaju treści spełniające te kryteria udało się odnaleźć oraz przytoczono odnalezione w podręcznikach przykłady dobrych praktyk.

Nauczanie przez dociekanie (IBSE) zakłada zmianę ról nauczyciela i ucznia w kierunku większej autonomii i odpowiedzialności ucznia za proces uczenia się. Podczas prowadzenia doświadczeń na lekcjach zmienia się więc zakres aktywności ucznia, który można przedstawić na czterostopniowej skali, gdzie I. oznacza najmniejszy stopień wdrożenia IBSE podczas lekcji z elementem doświadczenia – wszystkie czynności badawcze wykonuje nauczyciel, a IV. na skali to pełne wdrożenie IBSE – wszystkie czynności badawcze wykonuje uczeń (patrz tabela 8). Prowadząc analizę podręczników do biologii, starano się przyporządkować do skali IBSE zawarte w książkach opisy doświadczeń. Zastosowano zasadę, że treść podręcznika (sposób opisu doświadczenia) odzwierciedla rolę nauczyciela w procesie dociekania naukowego (tabela 9).

Tabela 8. Skala IBSE oparta na zmieniającej się roli nauczyciela i ucznia w procesie dociekania naukowego [wg Llewellyn, 2002], gdzie I. na skali oznacza najmniejszy stopień wdrożenia IBSE podczas lekcji z elementem doświadczenia, IV. na skali to pełne wdrożenie IBSE.

Stopień skali IBSE	I. Brak dociekania	II.	III.	IV. Pełne dociekanie
Etapy doświadczenia:				
Formułowanie pytania badawczego	Nauczyciel	Nauczyciel	Nauczyciel	Uczeń
Planowanie doświadczenia	Nauczyciel	Nauczyciel	Uczeń	Uczeń
Zapisywanie wyników i formułowanie wniosków	Nauczyciel	Uczeń	Uczeń	Uczeń

Tabela 9. Przyporządkowanie sposobu opisu doświadczeń obecnych w każdej serii podręczników do czterostopniowej skali IBSE, I. oznacza najmniejszy stopień wdrożenia IBSE.

Seria:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Opisy większości doświadczeń na skali IBSE	II	I / II	II / III	II	II	II	II / III	II	I	I

W większości podręczników opisy doświadczeń zawierają cel badania (niestety dość często cel badania nie jest precyzyjnie formułowany, pozostaje w domyśle) oraz sposób jego przeprowadzenia, podobnie jak książki kucharskie podają przepisy na potrawy. Podawane są materiały niezbędne do wykonania

doświadczenia oraz kolejne kroki procedury do odtworzenia przez uczniów. Do samodzielnych zadań uczniów należy zanotowanie wyników oraz sformułowanie wniosków z doświadczenia. Taki schemat odpowiada II stopniowi na zaproponowanej skali IBSE.

Dwie serie podręczników zawierają doświadczenia opisane w całości – od pytania badawczego, przez procedurę, do przedstawienia wzorcowych wyników i sformułowania wniosków, nie pozostawiając uczniowi żadnego pola do samodzielnej pracy. Wyniki doświadczeń w serii 9. są przedstawione na rysunkach, a w serii 10. skrupulatnie wynotowane, jako wzorcowy zapis obserwacji. Odpowiada to pierwszemu stopniowi na skali IBSE, gdzie uczeń nie musi przeprowadzać żadnej aktywności badawczej, wszystko jest wykonane za niego, łącznie ze sformułowaniem wniosków.

Jedynie w dwóch seriach podręczników pojawiają się polecenia dla ucznia, w których określono cel badania lub problem badawczy, a uczeń ma zaprojektować i przeprowadzić całość doświadczenia. Odpowiada to III stopniowi na skali IBSE. W serii 3. jest dużo w ten sposób skonstruowanych propozycji doświadczeń uczniowskich. Często, aby ułatwić uczniowi projektowanie badania, autorzy tej serii przedstawiają najpierw szczegółowy opis sposobu obserwacji (np. jak przygotować zestaw do prowadzenia i obserwacji fermentacji drożdży) i na tej podstawie uczeń ma zaprojektować konkretne badanie. Jest to bardzo wartościowy sposób kształtowania umiejętności badawczych uczniów – uczeń ma podane niezbędne procedury do wykorzystania, ale układ badawczy służący zbadaniu konkretnego zagadnienia ma zaprojektować samodzielnie.

Tabela 10. Podsumowanie elementów treści podręczników, które są osadzone w kontekście autentycznych badań lub danych naukowych. „-” oznacza brak treści tego typu w serii podręczników.

Nr serii	Czy są przykłady naukowców znanych z historii nauki?	Czy są przykłady naukowców współczesnych?	Czy są przykłady autentycznych badań naukowych?	Czy są wykresy przedstawiające autentyczne dane liczbowe?	Czy są podane źródła danych dla wykresów?
1.	tak	-	-	tak, kilka	-
2.	tak	-	tak, Gausego	tak	-
3.	tak, dużo	-	tak	tak	-
4.	tak	-	-	tak, kilka	-
5.	-	-	-	tak, kilka	-
6.	tak	-	-	tak	-
7.	tak	-	-	tak, kilka	-
8.	tak	-	-	tak, kilka	-
9.	-	-	-	tak	tak, kilka
10.	-	-	-	tak	-

Czy w podręczniku ukazane są postaci naukowców? W większości serii pojawia się kilka najbardziej charakterystycznych nazwisk historycznych naukowców, którzy swoimi badaniami wnieśli nową jakość do nauk biologicznych. Są to: Arystoteles, Karol Linneusz, Jean Baptiste de Lamarck, Ludwik Pasteur, Karol Darwin, Georges Mendel oraz James Watson i Francis Crick. W trzech seriach w ogóle nie ma odniesień do postaci naukowców. Nieliczne dodatkowe przypadki wymienienia nazwisk naukowców, to:

- W serii 7. nazwiska naukowców pojawiają tylko się w jednym miejscu – w początkowym rozdziale o źródłach wiedzy biologicznej podano krótką listę ważniejszych faktów i postaci z historii biologii. Lista ta wyczerpuje właściwie krótki katalog nazwisk pojawiających się w gimnazjalnych podręcznikach biologii: Arystoteles, Pliniusz Starszy, A. Vesalius, W. Malpighi i R. Hook, A. Leeuwenhoek, K. Linneusz, J.B. Lamark i G.R.Treviranus, M.J. Schlaiden i T. Schwann, L. Pasteur, K. Darwin, G. Mendel, Th. Morgan, J.D. Watson i F.H. Crick [zachowano pisownię z podręcznika: Seria 7. tom 1. s. 15-16].
- W tekście podręczników serii 2. dodatkowo kilkoro naukowców, to: Jane Goodall (badaczka szympanów), Marcin z Urzędowa (autor *Herbarza Polskiego* z XVI w.), Georgij F. Gause (prowadził doświadczenia wykazujące konkurencję pomiędzy dwoma gatunkami pantofelka), Georges Cuvier (przyrodnik, propagator „teorii katastrof”).
- W serii 1. w dziale „Ciekawostka” przytoczono postać historycznego naukowca – Williama Ockhama, angielskiego filozofa z XIV w., i opisano tzw. brzytwę Ockhama – zasadę, według której przy stawianiu hipotez,

„by wytłumaczyć jakieś zjawisko, trzeba szukać możliwie najprostszego wyjaśnienia. Jak brzytwą należy odcinać – odrzucać – założenia zbyt skomplikowane czy wręcz nieprawdopodobne.” [Seria 1. tom 1. s. 17]

- Podręczniki serii 3. pozytywnie wyróżniają się pod tym względem na tle pozostałych analizowanych pozycji. Dość często, zarówno w tekście głównym, jak i w ramach dodatkowych („A to ciekawe”), przywoływane są nazwiska i historie prawdziwych badaczy, którzy dokonali znaczących i ciekawych odkryć. Poza listą standardowych nazwisk podanych wcześniej, są to: Ignacy Semmelweis (lekarz, pioniersko promujący metody odkażania w medycynie), Edward Jenner (odkrywca szczepionki na ospę prawdziwą), małżeństwo Hayes (Keith i Catherine Hayes uczący szympana mowy ludzkiej), Józef Rostafiński (wprowadził nazwę „glony”), Aleksander Fleming (odkrył, że substancje produkowane przez pędzłaka niszczą bakterie), czy Jan Baptysta van Helmont (dowiódł, że rośliny nie żywią się wyłącznie pokarmem pochodzącym z gleby).

W żadnym podręczniku nie znaleziono ani jednego przytoczonego przykładu współczesnego badacza i opisu jego badań, nie znaleziono także przykładów badań biologicznych prowadzonych współcześnie. Jeśli chodzi o przykłady autentycznych badań naukowych, to zidentyfikowano jeden taki opis – dotyczący badań Georgija Gausego nad konkurencją u pantofelków (patrz: rozdział 6.8. przykłady dobrych praktyk).

Skoro w podręcznikach nie ma opisów badań naukowych, to może chociaż prezentowane są autentyczne dane w jakiejś innej formie? I tu zwracają uwagę wykresy, które są dość licznie prezentowane w podręcznikach. Wykres, jako graficzna forma przedstawienia danych, powinien być wykonany na podstawie jakichś danych źródłowych, pochodzących z konkretnych badań. Wykresy znajdujące się w podręcznikach są dwojakiego rodzaju – albo mają charakter ilustracyjny i przedstawiają ogólną zależność bez podawania danych liczbowych, albo przedstawiają konkretne dane. Przykłady wykresów drugiego rodzaju to m.in. wykresy kołowe przedstawiające zawartość procentową składników chemicznych komórek, wykresy słupkowe dotyczące stanu czystości wód w rzekach Polski lub wykresy liniowe przedstawiające zmiany temperatury oraz zawartości dwutlenku węgla w atmosferze w ciągu ostatnich 100 lat czy zależność częstości występowania zespołu Downa od wieku matki. Wykresy te niewątpliwie zostały wykonane na podstawie jakichś prawdziwych danych, zawierają konkretne wartości i zmienne. W opisach wykresów nigdy (poza jednym wyjątkiem – patrz: 6.8. przykłady dobrych praktyk) nie są podawane odnośniki do oryginalnych danych, nie wiadomo, kto, kiedy i na jakiej podstawie określił za-

prezentowane wartości. Autorzy podręczników nie dają uczniom możliwości zweryfikowania przedstawionych danych, sięgnięcia do źródeł, ani poznania przykładów na to, jak tworzona jest nasza wiedza o świecie. Taki sposób prezentacji danych w podręcznikach nie sprzyja wykształceniu świadomych obywateli, którzy będą się krytycznie odnosić do anonimowych danych i rzekomych faktów, obywateli budujących swoje opinie o świecie na podstawie dowodów naukowych.

4.8. Przykłady dobrych praktyk związanych z nauczaniem poprzez kontekst badań naukowych

Kim jest naukowiec?

W serii 3. w rozdziale o obserwacjach i doświadczeniach biologicznych znajduje się wyróżniony akapit z cyklu „A to ciekawe” zatytułowany „Jak zostać naukowcem”. Podane są tu cechy charakteryzujące badaczy, takie jak:

„osoba uważnie obserwująca swoje otoczenie i dostrzegająca zjawiska, które nie wzbudzają zainteresowania innych.” [Seria 3. tom 1. str. 11].

Mowa jest nie tylko o ciekawości oraz prowadzeniu obserwacji i doświadczeń, ale także o stawianiu pytań o przyczyny, dostrzeganiu prawidłowości oraz dociekaniu odpowiedzi. Autorzy otwierają zwykłym uczniom drogę do bycia badaczem, pisząc: „Prowadzenia postępowania badawczego można się nauczyć.” Tekst ten zatem doskonale promuje podejście naukowe i wpisuje się w nurt nauczania przez dociekanie naukowe proponowane w IBSE.

Opis prawdziwego badania

Jedyny opisany przykład wyników prawdziwego, historycznego badania naukowego, znaleziony wśród poddanych analizie podręczników:

„Doświadczenie z pantofelkami (*Paramecium*) Gausego. W latach 30. XX w. G.F. Gause przeprowadził ciekawe doświadczenie pokazujące, że jeśli dwa gatunki konkurują o to samo limitowane pożywienie, jeden z nich może wyprzeć drugi. Na wykresach a) i b) widać, że kiedy oba gatunki pantofelków są hodowane oddzielnie, każda populacja rozwija się aż do pewnego poziomu gęstości, który się utrzymuje. Z wykresu c) wynika, że kiedy oba gatunki są hodowane razem, na początku oba się rozwijają, po czym jeden z nich (*P. aurelia*) w końcu wypiera z hodowli drugi (*P. caudatum*).” [Seria 2. tom 3. s. 78]

Wykresy zamieszczone w podręczniku nie przedstawiają oryginalnych danych, ale są ich uproszczoną transformacją. Warto byłoby podać źródło danych, umożliwiającą zainteresowanym uczniom sięgnięcie do oryginalnej publikacji. Mimo tych niedociągnięć, uczeń ma wreszcie jedyną szansę zobaczyć, że wiedza przyrodnicza zawarta na kartach podręcznika ma jakieś źródło, że opisane zależności i teorie mają podłoże w konkretnych danych zebranych w badaniach. Orzaz że badania te są prowadzone przez konkretnych ludzi na konkretnych organizmach i w określony sposób.

Propozycja doświadczeń interdyscyplinarnych

W rozdziale omawiającym właściwości i rolę biologiczną wody w serii 3. podano dwa proste doświadczenia do wykonania przez uczniów.

„Przygotuj dwa jednakowe termometry. Jeden owiń suchą watą, drugi watą zwilżoną wodą o temperaturze pokojowej. Po chwili odczytaj temperatury i wyjaśnij zaobserwowaną różnicę.”

„Wlej około litra wody do foliowej torebki. Umieść w niej surowe jajko. Drugie jajko umieść w torebce bez wody. Zawiąż obie torebki. Upuść je z wysokości 1 metra. Określ, jaką właściwość wody sprawdzasz w ten sposób.” [Seria 3. tom 1. s. 32]

Oba doświadczenia są doświadczeniami z dziedziny fizyki, ale służą zilustrowaniu i poznaniu właściwości wody w kontekście jej znaczenia biologicznego. Warto podkreślić, że mimo bardzo prostej konstrukcji, oba doświadczenia zawierają próby kontrolne.

Konstruowanie modeli

Budowanie modelu kości i na podstawie porównania właściwości różnych modeli poszukiwanie związku między budową i wytrzymałością kości. [Seria 3. tom 2. s. 13]

Testowanie modelu ilustrującego wpływ pofałdowania na zdolność chłonięcia wody, w nawiązaniu do budowy jelita cienkiego. [Seria 3. tom 2. s. 31]

W zadaniach dla ucznia autorzy serii 5. kilkakrotnie proponują wykonanie modeli komórek: roślinnych, zwierzęcych czy pierwotniaków. [Seria 5. tom 1. s. 63, 103]

W serii 6. opisano prosty model dziedziczenia na przykładzie dziedziczenia barwy sierści u świnki morskiej. W wynikach i wnioskach zapisano polecenie dla ucznia:

„Po wykonaniu wszystkich [czterech] prób przeanalizuj wyniki i odpowiedz na pytanie: świnki o jakiej barwie sierści rodzą się częściej? Porównaj swoje wyniki z rezultatami innych osób w klasie. Czy są podobne? Na zakończenie zsumujcie wyniki całej klasy. Czy stosunek liczbowy świnek o czarnej barwie sierści do świnek o brązowej barwie sierści zmienił się? Jeśli tak, wyjaśnij dlaczego.” [Seria 6. tom 3. s. 13]

Autorzy w prosty sposób zwracają uwagę na bardzo ważny problem: że dopiero po przeanalizowaniu wyników wielu losowań można wyciągać wnioski o częstości wystąpienia danego zdarzenia oraz że losowość zdarzeń można zmniejszyć przy dużej liczbie wykonanych prób.

Rola modelowania w nauce została pokrótce zaprezentowana w kilku podręcznikach przy okazji omawiania zależności międzygatunkowych, np.:

„(...) spadki i wzrosty populacji drapieżcy i ofiary mają charakter cykliczny i są od siebie uzależnione. Naukowcy opisują takie zależności modelami matematycznymi, co oczywiście wiąże się z długoletnimi badaniami i dokładnym poznaniem tej zależności pomiędzy konkretnymi gatunkami. Dzięki tym modelom możemy przewidzieć pewne zjawiska (...)” [Seria 7. tom 3. s. 47].

Uczniowie zachęceni do analizy danych ilościowych z doświadczeń

Przedstawianie wyników pomiarów w postaci wykresów, zalecane użycie do tego celu komputera, a także prowadzenie prostej analizy statystycznej danych.

„Zbadaj tętno swoje lub innego ucznia z klasy. (...) Czy u każdego z was tętno ma taką samą wartość? Przedstaw wyniki pomiarów w formie diagramu słupkowego (np. w programie Excel).”

„Zmierz sobie ciśnienie krwi. Porównaj je z normą i wynikami pomiarów innych uczniów. Wykonaj diagram słupkowy z uwzględnieniem normy i otrzymanych wyników pomiarów.”

„Skonstruuj tabelę i wpisz do niej wyniki pomiarów. Oblicz średnią pomiarów dla waszej grupy.”
[Seria 3. tom 2. s. 43]

Praca metodą projektu

Praca metoda projektu jest zalecana szczególnie na III etapie edukacyjnym. Jest doskonałym narzędziem kształcącym umiejętności badawcze, współpracy w grupie, poszukiwania i selekcjonowania informacji, a także kształcenia postawy odpowiedzialności za proces uczenia się. Cieszy więc, że w podręczniku do biologii znalazła się również propozycja takiej formy pracy dla uczniów:

„Zaplanuj przy pomocy nauczyciela przeprowadzenie projektu: Jak w mojej gminie rozwiązuje się problem odpadów? (...) na przykład przeprowadzić wywiad z pracownikami Urzędu Gminy, zakładu zbierania i utylizacji odpadów, odbyć zwiad terenowy, fotografować i mapować dzikie wysypiska itp. Wyniki projektu upublicznij na przykład w formie raportu, prezentacji, gazetki.”
[Seria 3. tom 3. s. 150]

Przykłady analogii do zjawisk przyrodniczych z życia wziętych

Każdy rozdział serii 7. poprzedzony jest wstępem pt. „Pomyśl”, z historyjką z życia codziennego, rysunkiem komiksowym i pytaniami dotyczącymi poszukiwania związku bądź analogii do opisanego zjawiska biologicznego, które będzie omawiane w rozdziale. Np. rozdział 1.:

„(...) Kiedy sprawdzasz działanie swojej latarki, okazuje się, że nie świeci. Wypisz szczegółowo w punktach swoje postępowanie, które ma zmierzać do naprawienia latarki. Załóżmy, że twój pierwszy trop jest chybiony, więc spróbuj przewidzieć kolejną przyczynę nefunkcjonowania latarki. Po zapoznaniu się z metodą naukową rozwiązywania problemów sprawdź, czy twoje postępowanie w przypadku dociekania przyczyny złego funkcjonowania i naprawy latarki było zbliżone do postępowania naukowców, rozwiązujących skomplikowane zagadnienia.” [Seria 7. tom. 1. s. 6]

Wykres stworzony na podstawie danych źródłowych

Znaleziono jeden przykład, w którym wykres zamieszczony w podręczniku został stworzony na podstawie danych źródłowych i źródło danych zostało podane. Wykres ten ilustruje, że „prawdopodobieństwo pojawienia się choroby wieńcowej w wyniku miażdżycy wyraźnie się zwiększa w przypadku działania coraz większej liczby czynników ryzyka (na podstawie: Poulter i wsp., 1993)” [Seria 9. tom 2. s. 187]. Poszukiwanie podanej pozycji literaturowej – Poulter z 1993 r. w bazie literatury naukowej Medline nie

daje jednak żadnych rezultatów, być może autorom podręcznika chodziło o artykuł: Poulter N., Marmot MG., *Hypertension and the probability of an incapacitating event over a defined period: impact of treatment*, opublikowany w *European Heart Journal* (1992) Vol 13, Supplement H p. 39-44.

Wnioskowanie na podstawie danych

Przykład 1. Zadanie, które kształtuje lub sprawdza umiejętności tworzenia wykresów oraz wyciągania wniosków na podstawie analizy danych.

„Na podstawie tabeli wykonaj wykres liniowy, przedstawiający zależność intensywności fotosyntezy od temperatury. Zapisz wniosek, jaki można wysnuć po analizie danych w tabeli lub wykresu.

Temperatura [°C]	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Intensywność fotosyntezy [%]	8	18	38	60	80	100	84	70	0

[Seria 7. tom. 1. s. 70]

Przydatny i rzadko spotykany rodzaj zadania. Niestety brakuje odniesienia do konkretnego badania, podania, na jakim gatunku badanie przeprowadzono, z ilu prób wyciągnięto średnią, jakiegoś ukonkretnienia danych poprzez kontekst autentycznego badania naukowego. Przy tak skonstruowanym zadaniu bardzo łatwo o sformułowanie błędnego, zbyt ogólnego wniosku odnoszącego się do 25°C jako stałego optimum dla procesu fotosyntezy dla wszystkich gatunków roślin.

Przykład 2. Ćwiczenie polegające na analizie przedstawionego wykresu. Wykres co prawda nie jest opisany żadnym tytułem, ale przedstawia porównanie ilości i rodzaju spożywanych tłuszczów w trzech regionach świata: Japonii, wschodniej Finlandii i na Krecie, z częstością zachorowań na choroby wieńcowe. Polecenie dla ucznia mówi:

„Przeanalizuj informacje zawarte na (...) diagramie. Zapisz wnioski, jakie można z nich wyciągnąć.” [Seria 10. tom 3. s. 56]

5. Wnioski

Cel kształcenia, jakim jest znajomość metodyki badań biologicznych, realizowany jest w podręcznikach w postaci rozdziału wstępnego podręcznika mówiącego o metodzie naukowej. Większość podręczników (poza dwoma) uwzględniła rozdział opisujący sposoby zdobywania wiedzy biologicznej, w tym opis metody naukowej. Wszystkie te opisy zawierają schemat postępowania – poszczególne etapy w formie graficznej lub opisowej oraz przykładowe doświadczenie. Przedstawiają również cechy i zasady projektowania doświadczenia, wraz z uwzględnieniem próby kontrolnej. Poszczególni autorzy zwracają uwagę na bardzo różne aspekty prowadzenia doświadczeń, co daje niejednolity obraz warunków, jakie powinno spełniać prawidłowo zaprojektowane doświadczenie. Definicje próby kontrolnej odnoszą się do braku działania czynnika badanego w doświadczeniu. Tam, gdzie określono cel prowadzenia próby kontrolnej, skupiono się na możliwości porównania uzyskanych wyników z próbą badaną albo na wyeliminowaniu wpływu innych czynników na wynik. Aby lepiej kształtować umiejętności badawcze i zdolność krytycznego rozumowania uczniów, priorytetem zmian w treściach podręczników szkolnych powinno być szersze i bardziej precyzyjne ujęcie roli oraz definicji próby kontrolnej w doświadczeniach. Wskazane wydaje się odwołanie do zasad logicznego rozumowania i wnioskowania polegającego na analizie serii wyników z dwóch lub więcej porównywanych zestawów badawczych. Podkreślać należy, że sformułowanie wiarygodnych wniosków i odpowiedzi na pytania badawcze musi opierać się na precyzyjnej analizie wyników zestawów badanych oraz kontrolnych.

Większość doświadczeń opisanych w podręcznikach ma na celu zilustrowanie opisywanego w tekście zjawiska, a nie zbadanie przez ucznia jego przebiegu. Nie uczą więc uczniów dociekania naukowego. Doświadczenia opisane przez autorów w treści podręcznika rzadko kiedy spełniają wszystkie kryteria metody naukowej, opisane przez nich w rozdziałach wstępnych o metodycy badań biologicznych. Sprawia to wrażenie, jakby rozdziały o metodzie naukowej zostały „doklejone” do podręcznika jedynie ze względu na wymaganie podstawy programowej i nie poszła za tym zmiana roli szkolnych eksperymentów z ilustracyjnej na badawczą. Nie zachęca się ucznia do zadawania pytania, skąd wiemy, że jest tak, jak opisano w podręczniku i skąd wzięła się wiedza o przyrodzie zawarta na kartach podręcznika. Uczeń ma raczej uwierzyć, że jest tak, jak opisano. Dodatkowo utrwała ten stan brak opisu zestawów kontrolnych w bardzo wielu przedstawionych procedurach. Niestety taki sposób myślenia o doświadczeniach szkolnych na lekcjach biologii sugeruje autorom podręczników i nauczycielom już sama podstawa programowa. Wymienione w podstawie zalecane doświadczenia mają: „wykazać, że” lub „sprawdzić obecność”, zamiast *z badać*. Sformułowania takie od razu wskazują, że rozwiązanie jest z góry znane, a autorzy podręczników, kopiując je, nie pozostawiają uczniom przyjemności samodzielnego dociekania. A przecież pytanie badawcze nie powinno być w zasadzie pytaniem o rozstrzygnięcie, ale powinno budować sytuację problemową [Maciejowska, 2012].

Wnioski szczegółowe dotyczące oceny jakości procedur doświadczeń zamieszczonych w podręcznikach:

- Autorzy uwzględniają w treściach podręczników wszystkie lub prawie wszystkie zalecane przez podstawę programową doświadczenia i obserwacje.
- Zalecane doświadczenia wymienione w podstawie programowej zostały opisane w treści większości podręczników, jednak zbyt często mają one formę ilustracji zjawiska lub obserwacji, zamiast pełnowartościowych doświadczeń zrealizowanych według metody naukowej, z uwzględnieniem próby kontrolnej. Zbyt duża liczba procedur doświadczalnych zawiera błędy metodologiczne lub zaniedbania dotyczące procedury badawczej.

- Obecność małej liczby doświadczeń w stosunku do ogromnej objętości treści książek – średnia liczba doświadczeń na 100 stron serii nie przekracza 2.
- Jedna seria znacznie się wyróżnia pod względem liczby proponowanych doświadczeń i obserwacji: zawiera aż 33 doświadczenia (średnio 6 na 100 stron) i 70 obserwacji (prawie 13 na 100 stron).
- W podręcznikach są obecne propozycje dodatkowych doświadczeń i obserwacji w stosunku do tych zalecanych w podstawie programowej, ale zwykle jest ich niewiele;
- Bardzo często występuje pomieszczenie i błędne kategoryzowanie procedur doświadczeń i obserwacji.
- W opisach doświadczeń zazwyczaj brakuje próby kontrolnej, co powoduje, że w niniejszym opracowaniu takie procedury zakwalifikowano do obserwacji i procedur ilustrujących zjawisko, a nie do doświadczeń.
- W opisach doświadczeń często pomijane są zasady metody naukowej przedstawione w rozdziałach wstępnych podręczników, takie jak: precyzyjne formułowanie pytań badawczych/celu doświadczenia, uwzględnianie prób kontrolnych, prowadzenie badania na większej liczbie osobników lub stosowanie powtórzeń, w jednym doświadczeniu badanie wpływu tylko jednego czynnika i kontrolowanie wszystkich pozostałych zmiennych.
- Rzadko proponuje się uczniom zbieranie danych liczbowych zamiast jakościowych i, co za tym idzie, rzadko wymaga się od uczniów przeprowadzenia analizy danych liczbowych.

Wnioski dotyczące promowania podejścia naukowego w podręcznikach

Forma opisu doświadczeń zwykle osiąga II stopień na skali IBSE – do aktywności uczniów najczęściej należy rejestracja wyników oraz sformułowanie wniosków na ich podstawie. Nieliczne polecenia związane z prowadzeniem doświadczeń pozostawiają uczniowi więcej aktywności – uczeń ma samodzielnie zaprojektować i przeprowadzić doświadczenie na zadany problem badawczy (odpowiada to III stopniowi na skali IBSE). Niepokojący jest fakt, że w dwóch seriach podręczników wszystkie doświadczenia są przedstawione w całości – od pytania badawczego do sformułowania wniosków, nie pozostawiając uczniowi żadnego pola do samodzielnej pracy i dociekania, co odpowiada I stopniowi na skali IBSE.

Przeprowadzona analiza wskazuje jednoznacznie, że podręczniki nie zawierają treści związanych z promocją podejścia naukowego, nauczania w kontekście i poprzez kontekst prawdziwych badań naukowych. Poza kilkoma akapitami rozdziałów wstępnych, mówiącymi o historii badań biologicznych i wkładzie kilku znanych historycznych naukowców w rozwój nauki, w podręcznikach nie ma odniesień do źródeł wiedzy biologicznej. Uczniowie nie dowiadują się z kart podręczników, jak działa nauka, kim są naukowcy i czym się zajmują, w jaki sposób wiedza zawarta w podręczniku została stworzona, skąd wiemy to, o czym się uczymy. Sporadycznie przytaczane są nazwiska naukowców, którzy wnieśli istotny wkład w rozwój nauk biologicznych, nie ma za to w ogóle przykładów postaci współczesnych badaczy i ich badań. W większości podręczników znajduje się spora liczba najróżniejszych wykresów. Część z nich ma charakter wyłącznie ilustracyjny, dotyczy przedstawienia ogólnego przebiegu jakiejś zależności, (np. wpływu natężenia światła na przebieg fotosyntezy) i nie ma podanych żadnych wartości liczbowych. Część wykresów zawiera dane liczbowe, ale autorzy nigdy nie podają źródła tych danych. Uczniowie nawet w tak prosty sposób nie mogą się przekonać, że wiadomości, które poznają z kart książek, pochodzą z jakichś źródeł, że ktoś kiedyś przeprowadził konkretne badanie, uzyskał i opublikował konkretne dane.

6. Rekomendacje

Należy:

- Zmieniać sposób myślenia o doświadczeniach szkolnych – z ilustracji i pokazu zjawisk na badanie i celowe obserwowanie świata przyrody przez ucznia, zogniskowane na dociekaniu naukowym.
- Skorygować opisy metody naukowej zawarte w rozdziałach wstępnych podręczników, a w tym:
 - ze względu na złożoność i różnorodność metod naukowych w naukach przyrodniczych, położyć większy nacisk na aspekt naukowego i logicznego rozumowania oraz krytyczną analizę wyników;
 - jednoznacznie definiować i odróżniać doświadczenie od obserwacji;
 - rozszerzyć i zmodyfikować definicje próby kontrolnej oraz podawać więcej jej poprawnych przykładów;
 - lepiej dobrać i poprawnie merytorycznie opisać wzorcowe przykłady doświadczeń.
- Zwiększać przeciętną liczbę obserwacji i doświadczeń proponowanych w podręcznikach.
- Podporządkować opisy doświadczeń zawarte w podręcznikach rygorystycznym zasadom metody naukowej; precyzyjnie określać, które z zamieszczonych w podręczniku procedur do wykonania przez uczniów są doświadczeniem, a które obserwacją.
- Otworzyć doświadczenia szkolne na dociekanie naukowe, stawiając uczniom problemy do zbadania, a nie procedury do odtworzenia w celu udowodnienia z góry znanego rozwiązania; pozostawiać uczniom więcej doświadczeń do zaprojektowania, podając cel lub pytanie badawcze i niezbędne wskazówki dotyczące procedury.
- Przedstawiać część treści podręczników w kontekście i poprzez kontekst naukowy, a w tym:
 - podawać autentyczne źródła danych, na przykład przy wykresach zawierających konkretne dane liczbowe;
 - przytaczać przykłady współczesnych oraz historycznych badań naukowych;
 - przedstawiać przykłady sylwetek naukowców i styl ich życia, zarówno dla postaci historycznych, jak i współczesnych.

7. Literatura

Gago, J., M., et al. (2004). *Europe Needs more Scientists. Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. European Commission Report.

Grajkowski, W. (2013). *Podstawa programowa przedmiotów przyrodniczych w opiniach nauczycieli, dyrektorów szkół oraz uczniów*. Instytut Badań Edukacyjnych.

Herr, N. (2008). *The sourcebook for teaching Science. Strategies, activities, and instructional resources. Grades 6-12*. Jossey-Bass.

Łłowiecka-Tańska, I. (2008). *Jak przeprowadzić ciekawą lekcję o nauce*. Projekt GAPP (Gender Awareness Participation Program). Dostępne pod adresem: http://www.fpp.org.pl/upload/files/Jak_zorganizowac_ciekawa_lekcje_o_nauce.pdf

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell. P. (2004). Inquiry and Technology. In M.C. Linn, E.A.Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet Environments for Science Education* (pp. 3-28). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Llewellyn, D. (2002). *Inquire within: Implementing inquiry-based science standards*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Maciejowska, I., Red. (2012). *Nauczanie przedmiotów przyrodniczych kształtujące postawy i umiejętności badawcze uczniów – część 1, Projekt ESTABLISH*, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.

Ministerstwo Edukacji Narodowej (2012). Rozporządzenie MEN z dnia 12 sierpnia 2012 roku w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół. (Nowelizacja rozporządzenia MEN z 23 grudnia 2008 roku w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół.) Dziennik Ustaw RP z dnia 30 sierpnia 2012, pozycja 977. Warszawa.

Moore, A. (2007). *New biology for new curricula*. EMBO report.

Moore, A. (2008). Science Teaching must evolve. *Nature* 453, 31-32.

OECD (2009). *Education at a Glance 2009: OECD Indicators*, Paris.

Ostrowska, B., Spalik, K. (2010). *Umiejętności złożone w nauczaniu historii i przedmiotów przyrodniczych. Pomiar, zadania testowe z komentarzami*. Instytut Filozofii i Socjologii PAN, Warszawa.

PISA (2006). *Wyniki badania 2006 w Polsce*, Ministerstwo Edukacji Narodowej.

Rocard, M., et al. (2007). *Science Education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission Report.

Parlament Europejski i Rada (2006). *Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2006/962/WE z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie kompetencji kluczowych w procesie uczenia się przez całe życie* (Dz. Urz. UE L 394 z 30.12.2006).