
Dociekanie naukowe w zadaniach testowych

Marcin M. Chrzanowski, Wojciech Grajkowski, Joanna Lilpop,
Małgorzata Musialik, Barbara Ostrowska

Termin *Inquiry Based Science Education* (IBSE) określa zbiór metod nauczania przedmiotów przyrodniczych opartych na dociekanii naukowym. Słowem-kluczem jest tu *inquiry*, czyli dociekanie, badanie, które w tym kontekście można rozumieć dwojako. Z jednej strony dociekanii naukowym nazywamy sposób, w jaki naukowcy zdobywają wiedzę na temat świata przyrody, czyli metodę naukową. Z drugiej – dociekanie odzwierciedla naturalny proces, w którym młody człowiek poznaje otaczający go świat i samodzielnie dochodzi do zrozumienia zjawisk w nim zachodzących, konstruuując swoją indywidualną wiedzę [1].

Warto zdawać sobie także sprawę, że dociekanie naukowe opiera się na naturalnych właściwościach ludzkiego umysłu, wykorzystywanych w konstruktywistycznym podejściu do uczenia się. Dociekanie naukowe uczniów to aktywny proces, w którym nauczyciel jest tylko przewodnikiem, a wiedza budowana jest samodzielnie przez ucznia na bazie zainteresowania, wcześniejszych doświadczeń i znanych pojęć. Najczęściej stosowanym na lekcji modelem jest pięcioletni cykl nauczania zwany „5E” od angielskich terminów określających jego kolejne etapy: *Engage* (zaangażowanie), *Explore* (poszukiwanie), *Explain* (objaśnianie), *Extend* (rozwinięcie/dopracowywanie) i *Evaluate* (ocenie) [2].

Znając złożoność metod, którymi dysponuje nauczyciel stosując IBSE na lekcji, należy się uważnie zastanowić, jak zorganizować pracę z uczniem w klasie. Bardzo istotne jest wykonywanie doświadczeń, ale nie może to być oczywiście jedyna forma samodzielnej pracy na lekcjach przedmiotów przyrodniczych. Narzędziem dydaktycznym, które rzadko kojarzy się z wykorzystaniem metod IBSE, jest zadanie testowe. Autorzy są przekonani, że ciekawie i poprawnie skonstruowane zadanie, nawet zadanie zamknięte, może być sojusznikiem na lekcjach prowadzonych metodami IBSE. Pomoże precyzyjnie sprawdzić sposób rozumowania ucznia, pozwalając nauczycielowi obserwować, jak przebiega proces konstruowania wiedzy. Etap ewaluacji (*Evaluate*) w cyklu nauczania jest niezwykle istotny zarówno dla samego ucznia – pomaga mu ocenić swoje własne postępy i wykryć ewentualne braki – jak i dla nauczyciela, jako narzędzie diagnostyczne.

W dalszej części zaprezentowane zostało kilka wybranych zadań z przedmiotów przyrodniczych pochodzących z Bazy Narzędzi Dydaktycznych Instytutu Badań Edukacyjnych, dostępnej pod adresem <http://bnd.ibe.edu.pl>. Autorzy mają nadzieję, że wiele z nich będzie stanowić pomocne narzędzie

dzia dla uczniów i nauczycieli, również tych posługujących się metodami IBSE. Zadania są tworzone przez ekspertów Instytutu Badań Edukacyjnych i poddawane kilkakrotnie cyklowi recenzji i poprawek. Większość z nich, przed umieszczeniem w Bazie, jest również testowana na reprezentatywnej grupie uczniów, co stanowi z jednej strony ostateczną weryfikację jakości zadania, z drugiej zaś – pomaga zdiagnozować poziom badanej umiejętności u uczniów. Do Bazy co roku trafiają również upublicznione zadania, wykorzystane w kolejnych cyklach, prowadzonego przez Pracownię Przedmiotów Przyrodniczych IBE badania *Laboratorium myślenia* (więcej o badaniu można przeczytać pod adresem: <http://eduentuzjasci.pl/badania>).

W chwili obecnej w Bazie znajdują się zadania z języka polskiego, matematyki, historii oraz czterech przedmiotów przyrodniczych (biologii, chemii, fizyki i geografii) sprawdzające wiedzę z poziomu gimnazjum. Wkrótce pojawią się również zadania przeznaczone dla szkół ponadgimnazjalnych (na początku dla poziomu podstawowego). Podobnie jak w przypadku egzaminu gimnazjalnego, wszystkie zadania z przedmiotów przyrodniczych mają formę zamkniętą, staramy się jednak, aby ich konstrukcja była możliwie urozmaicona – znajdują się tam zatem zadania wielokrotnego wyboru, zadania typu prawda/fałsz oraz zadania „na przyporządkowanie” wymagające np. dobrania odpowiedniego uzasadnienia do wskazanej wcześniej odpowiedzi.

Każde zadanie opatrzone jest obszernym komentarzem zawierającym omówienie sposobu dojścia do prawidłowego rozwiązania, opis najczęściej popełnianych błędów oraz informację o tym, jaki odsetek uczniów wybierał poszczególne odpowiedzi, jeśli zadanie było wcześniej testowane. W przypadku zadań pochodzących z badania *Laboratorium myślenia*, sprawdzonych na kilku tysiącach uczniów, dostępne są również wykresy pokazujące zależność między prawdopodobieństwem udzielenia określonej odpowiedzi a ogólnym wynikiem ucznia z całego testu, co daje wyobrażenie o mocy różnicującej zadania, a pośrednio – o jego wartości diagnostycznej.

Aby ułatwić korzystanie z Bazy Narzędzi Dydaktycznych, do każdego zadania przyporządkowano odpowiednie wymagania ogólne i szczegółowe zawarte w podstawie programowej, klucz odpowiedzi, sugerowane przeznaczenie zadania (sprawdzian, praca na lekcji, praca domowa) oraz słowa kluczowe. Każdą z tych zmiennych użytkownik może wykorzystać do szybkiego odnalezienia interesujących go zadań za pomocą umieszczonej na stronie wyszukiwarki, może też po prostu przeglądać po kolei wszystkie dostępne zadania.

Poniżej znajduje się kilka przykładowych zadań z przedmiotów przyrodniczych sprawdzających znajomość metodyki prowadzenia badań, projektowania i przeprowadzania doświadczeń przyrodniczych, opanowanie czynności praktycznych związanych z eksperymentowaniem, a także umie-

jętność analizy uzyskanych wyników i formułowania wniosków na ich podstawie. Odpowiednio skonstruowane zadanie, osadzone w interesującym kontekście, może być przydatne dla nauczyciela nie tylko w celu ewaluacji, ale też podczas realizacji pozostałych czterech „E”. Jakie są więc najważniejsze cechy charakterystyczne zadań przydatnych dla IBSE?

Intrygujący wstęp, przedstawiający nietypową sytuację, fragment ciekawego tekstu popularnonaukowego czy nawet zawierający przyciągającą uwagę ilustrację, z pewnością może zwiększyć zaangażowanie ucznia czyli „E jak *Engage*”. Kolejnego „E”, czyli poszukiwania (*Explore*), nie da się oczywiście w całości odtworzyć w warunkach testowych, można jednak ułożyć zadanie, które będzie wymagało samodzielnego zaplanowania poszukiwań, np. poprzez sformułowanie właściwego pytania badawczego, zaprojektowanie eksperymentu, dobór odpowiedniego sprzętu i odczynników czy opis zastosowania zasad BHP. Stosunkowo łatwo jest też wykorzystać zadania do ćwiczenia umiejętności związanych z objaśnianiem (*Explain*) przedstawionych wyników, a zatem wyciągania wniosków, wskazywania zależności przyczynowo-skutkowych czy ustalania co można, a czego nie można stwierdzić na podstawie posiadanych informacji. Zadania testowe osadzone w innym kontekście niż ten omawiany na lekcji, lecz wymagające wykorzystania nabytych w trakcie zajęć umiejętności, są też niezastąpionym sposobem nauki generalizowania, rozwijania idei i stosowania posiadanej wiedzy do rozwiązywania nowych problemów, pomagają zatem rozwijać również „E” jak *Extend*” [3].

Zadanie 1. Gotowanie w papierowym kubku (<http://www.bnd.ibe.edu.pl/tool-page/127>)

Na lekcji fizyki nauczyciel ogrzewał nad płomieniem palnika papierowy kubek z wodą. Woda zaczęła wrzeć, ale papier się nie zapalił. Nauczyciel wyjaśnił, że papier ulega zapłonowi, gdy nagrzej się do temperatury ok 230°C. Ponieważ woda w kubku ma zawsze nie więcej niż 100°C, cały czas chłodzi papier i nie pozwala mu się zapalić. Dodał też, że papier rozgrzany do temperatury powyżej 230°C ulegnie zapłonowi nawet bez kontaktu ze źródłem ognia.



Dwoje uczniów ma wątpliwości.

I. Marek podejrzewa, że nauczyciel użył specjalnego, niepalnego rodzaju papieru.

II. Kasia uważa, że płomień jest niezbędny, aby papier się zapalił.

Nauczyciel poprosił klasę o zaplanowanie doświadczeń, których wyniki przekonają Kasię i Marka. Na następnej lekcji przeprowadzono zaproponowane przez uczniów eksperymenty. Oto ich wyniki:

- A) Pusty, identyczny jak poprzednio kubek umieszczono nad płomieniem. Zapalił się.
- B) Kartkę papieru przedarto na pół. Jedną część spalono nad płomieniem, a z drugiej wykonano naczynie, napełniono je wodą i umieszczono nad płomieniem – naczynie nie zapaliło się.
- C) Kartkę z zeszytu umieszczono na płycie kuchenki elektrycznej nagrzanej do temperatury ok. 500°C. Papier zapalił się.
- D) Papierowy kubek z wodą wstawiono do kuchenki mikrofalowej i podgrzewano, aż woda zaczęła wrzeć. Kubek nie zapalił się.

Które eksperymenty obalają hipotezę Marka, a które Kasi?

Eksperyment	Czy jego wynik obala hipotezę	
	Marka (I)	Kasi (II)
A.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
B.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
C.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
D.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie

Jest to przykład bardzo rozbudowanego zadania, które zachowuje formę zamkniętą. Ze względu na duży stopień komplikacji i stosunkowo wysoką trudność nie nadaje się ono raczej do wykorzystania na sprawdzianie, a stworzone zostało z myślą o pracy na lekcji. Co więcej, sam wstęp do zadania opisuje lekcję, w której można odnaleźć pewne elementy metodologii IBSE. Historia zaczyna się od przeprowadzenia przez nauczyciela pokazu praktycznego, mającego zaciekać uczniów. Nauczyciel następnie zachęca ich do dyskusji nad zaobserwowanymi zjawiskami. W efekcie dwoje uczniów stawia hipotezy stojące w sprzeczności z tym, co pokazał i powiedział nauczyciel. Jeden z uczniów podejrzewa go nawet o oszustwo, polegające na zastosowaniu niepalnego papieru. Nauczyciel zaś, zamiast zrugać niedowiarków, prosi całą klasę o zaprojektowanie eksperymentów, których wykonanie pozwoli zweryfikować ich hipotezy, po czym zostają one przeprowadzone. Osoba rozwiązująca zadanie ma wskazać, które z uzyskanych wyników pozwalają obalić daną hipotezę.

Zadanie w tej postaci sprawdza przede wszystkim zdolność wnioskowania i weryfikacji hipotez na podstawie wyników doświadczenia, nic jednak

nie stoi na przeszkodzie, aby przekształcić je w scenariusz lekcji. Opisana w zadaniu historia mogłaby wówczas stać się rzeczywistością, a uczniowie zyskaliby okazję do przećwiczenia umiejętności prowadzenia obserwacji, formułowania hipotez i planowania doświadczeń.

W Bazie Narzędzi Dydaktycznych IBE znajduje się więcej zadań umożliwiających sprawdzenie umiejętności planowania eksperymentów. Są one z reguły luźno osadzone w kontekście związanym z jednym z przedmiotów przyrodniczych, często jednak przyporządkowanie ich do podstawy programowej określonego przedmiotu jest czysto umowne i dotyczy raczej celów kształcenia niż treści nauczania. Przykładem jest zadanie „Pies Pawłowski-go”, które sprawdza jedynie ponadprzedmiotową umiejętność planowania doświadczeń, a do działu „biologia” trafiło głównie dlatego, że opisane zagadnienie dotyczy zwierzęcia.

Zadanie 2. Pies Pawłowskiego (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/232>)

Pies pana Pawłowskiego co wieczór o godzinie 20 rozpoczyna głośne wycie. Pan Pawłowski twierdzi, że psa drażni muzyka, puszczana codziennie, również od godziny 20, przez mieszkającą za ścianą panią Gawlińską. Pani Gawlińska uważa z kolei, że wycie psa nie zależy od tego, czy gra muzyka.

Czy za pomocą doświadczeń wymienionych w tabeli można ustalić, która strona sporu ma rację?

Lp.	Doświadczenie	Czy wyjaśni, kto ma rację?
1.	Pani Gawlińska powinna przez tydzień nie puszczać muzyki, aby przekonać się, czy pies mimo to będzie wyl w wieczorami.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
2.	Pani Gawlińska powinna przez tydzień puszczać muzykę od godziny 19.30, aby sprawdzić, czy pies będzie wyl wcześniej.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
3.	Pan Pawłowski powinien sprowadzić na tydzień drugiego psa, aby przekonać się, czy on także będzie wyl wieczorami.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
4.	Pan Pawłowski powinien zabrać swojego psa na tydzień na działkę, aby zobaczyć, czy tam także pies będzie wyl wieczorami.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie

Rozwiązujący zadanie uczeń nie musi wprawdzie planować eksperymentu „od zera”, jednak i tak powinien przeprowadzić dość skomplikowany proces myślowy. Przede wszystkim musi zidentyfikować postawioną przez pana Pawłowskiego hipotezę, mówiącą, że przyczyną wycia psa jest muzyka zza ściany. Dopiero wówczas będzie mógł ocenić, czy wyniki każdego z zapro-

ponowanych doświadczeń pozwolą tę hipotezę odrzucić¹. Warto zwrócić uwagę, że w zadaniu wyniki te nie są podane – nie wiemy, w których z opisanych sytuacji pies przestawał wycić, a w których niestrudzenie czynił to dalej. Uczeń powinien jedynie określić, które z podanych sposobów potencjalnie mogą rozstrzygnąć przedstawiony problem, jego rozumowanie powinno być zatem jak najbardziej zbliżone do toku myślenia badacza planującego eksperyment. Pośród przedstawionych propozycji doświadczeń czekają na ucznia takie same pułapki, w jakie niekiedy wpadają eksperymetatorzy. Na przykład, sposób 4. opisuje klasyczny błąd metodologiczny polegający na zmianie innych, poza badanym, czynników wpływających na dane zjawisko. Działka różni się bowiem od domu mieszkalnego bardzo wieloma czynnikami, z których obecność lub brak muzyki, z punktu widzenia psa, nie jest prawdopodobnie najważniejszym. Sposób 3. to przykład doświadczenia niedopasowanego do testowanej hipotezy. Problem badawczy dotyczy bowiem konkretnego psa, a zachowanie innego zwierzęcia w żaden sposób nie potwierdzi ani nie obali postawionej hipotezy. Natomiast, pozostałe dwie propozycje są metodologicznie poprawne. W przykładzie 1. usunięta została domniemana przyczyna wycia (ale poza tym nic więcej nie uległo zmianie!) i osoby zainteresowane będą mogły się przekonać, czy istotnie spowoduje to zaniechanie wycia przez psa. W doświadczeniu 2. natomiast domniemana przyczyna została nieznacznie przesunięta w czasie, zatem jeśli hipoteza pana Pawłowskiego jest prawdziwa, to również skutek (wycie) powinien pojawiać się wcześniej.

Wyniki uczniów rozwiązujących to zadanie wskazują, że w pewne pułapki związane z planowaniem eksperymentu jest wpaść łatwiej, w inne zaś – trudniej. Poprawnej odpowiedzi w wierszu 1. udzieliło aż 91% badanych, w wierszu 2. – już tylko 48% (co stanowi wynik zbliżony do losowego „strzelania”), w wierszu 3. – 72%, najsłabiej zaś wypadł wiersz 4. (jedynie 23% prawidłowych odpowiedzi). Widać zatem wyraźnie, że choć uczniowie dobrze wiedzieli, że należało usunąć potencjalną przyczynę wycia (przykład 1.), to dla zdecydowanej większości z nich nie było oczywiste, że zmiana ta powinna być jedyną wprowadzoną, o czym świadczy dużo błędnych odpowiedzi w wierszu 4.

Świadome planowanie eksperymentu wymaga postawienia pytania badawczego. Umiejętność tę warto ćwiczyć przy każdej nadarzającej się okazji

¹ Zgodnie z metodą naukową wynik eksperymentu może pozwolić na odrzucenie hipotezy, ale nie może jej potwierdzić. Hipoteza może być zatem uznawana za prawdziwą jedynie „warunkowo” (do momentu, aż jakiś eksperyment nie wykaże, że jest fałszywa). W omówionych tu zadaniach ten aspekt metody naukowej nie jest uwypuklony, poruszono go jednak np. w zadaniu „Dawna teoria widzenia” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/119>).

nie tylko po to, aby uczeń wiedział czym jest „problem badawczy”, a czym „hipoteza”, ale przede wszystkim po to, aby wiedział, na jakie pytania dany eksperyment może dać odpowiedź, a na jakie – nie. Jest to zatem pierwszy krok do doboru odpowiedniej metody badawczej. Umiejętność postawienia właściwego pytania badawczego sprawdzana jest między innymi przez poniższe zadanie, pochodzące z badania „*Laboratorium myślenia*”.

Zadanie 3. Kolorowe kartki (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/279>)

Uczniowie przeprowadzili doświadczenie dotyczące widzenia barw. W pudle kartonowym umieścili kolorowe, czyste kartki papieru oraz lampkę z zewnętrzną regulacją oświetlenia. Następnie obserwowali kartki przez otwór wycięty w ścianie pudła, regulując poziom oświetlenia. Zauważyli, że im niższe natężenie światła, tym trudniej rozróżnić barwy. Przy słabym natężeniu światła najlepiej widoczny był kolor czerwony.

Które z poniższych pytań badawczych postawiono w tym doświadczeniu?

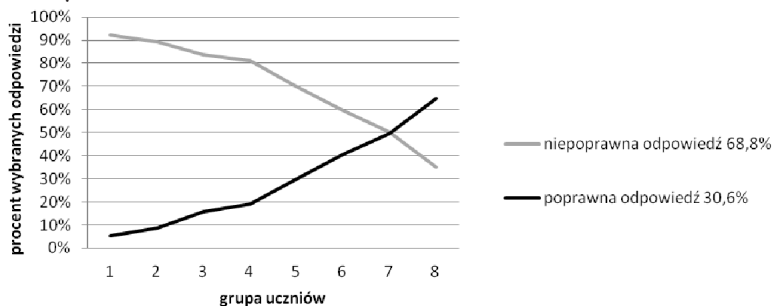
	Pytanie badawcze	Czy pytanie to postawiono w tym doświadczeniu?
1.	Czy zmiana natężenia światła wpływa na ostrość widzenia przez człowieka?	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
2.	Czy zmiana natężenia światła wpływa na widzenie barw przez człowieka?	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
3.	Który z kolorów jest najlepiej widoczny przy słabym natężeniu światła?	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie

Użyta tu konstrukcja zadania typu „prawda/fałsz”, złożonego z trzech wierszy, pozwala na dobranie do eksperymentu kilku pytań badawczych (odpowiedzi *Tak* należy udzielić w wierszach 2. i 3.). Odzwierciedla to sytuację rzeczywistą, często bowiem jeden eksperyment może dać odpowiedź na więcej niż jedno pytanie.

Najtrudniejsza dla uczniów okazała się ocena adekwatności pierwszego pytania badawczego. Prawidłowej odpowiedzi udzieliło 55% badanych, co jest wartością zbliżoną do rozkładu losowego, widać jednak było bardzo wyraźną zależność między odpowiedzią udzieloną w tym wierszu, a ogólnym wynikiem ucznia z biologicznej części testu użytego w badaniu. Uczniowie, którzy zaznaczyli odpowiedź *Tak*, być może nie dostrzegli różnicy między ostrością widzenia a rozróżnianiem barw, co mogło wynikać zarówno z nieuwagi przy czytaniu zadania, jak i braków w wiedzy (nawet potocznej) na temat funkcjonowania oka.

Pozostałe dwa wiersze zadania nie sprawiły badanym już takich trudności. Większość uczniów prawidłowo uznała, że opisany eksperyment może dać odpowiedź zarówno na pytanie o wpływ natężenia światła na rozróżnianie

kolorów (80% prawidłowych odpowiedzi), jak i o to, który z kolorów jest najlepiej widoczny w słabym oświetleniu (64% prawidłowych odpowiedzi). Całe zadanie zostało prawidłowo rozwiązane przez 31% badanych, przy czym, tak samo jak w przypadku poszczególnych wierszy, widoczna była wyraźna korelacja z ogólnym wynikiem ucznia w biologicznej części badania (wykres 1).



Wykres 1. Rozkład częstości odpowiedzi dla stwierdzenia pierwszego. Na osi X zaznaczono poziom ucznia (1 – grupa uczniów, którzy uzyskali najniższe wyniki w całym teście, 8 – grupa o najwyższych wynikach), na osi Y zaś – odsetek uczniów z danej grupy, którzy wybrali daną odpowiedź. W legendzie wykresu określono dodatkowo, jaki procent uczniów ze wszystkich grup łącznie zaznaczył poszczególne odpowiedzi. Wartości nie sumują się do 100%, ponieważ pewna część uczniów nie wybrała żadnej odpowiedzi.

Zalety sytuacji, kiedy uczeń sam planuje i wykonuje doświadczenie w porównaniu z sytuacją, gdy ogląda przebieg eksperymentu na filmie bądź czyta jego opis w książce, są niewątpliwe i można by je długo wymieniać. Jednak, oddanie uczniom do rąk sprzętu laboratoryjnego czy odczynników chemicznych może wiązać się z pewnymi niebezpieczeństwami. Stężony kwas widziany na filmie bądź na ilustracji w książce nie stanowi dla ucznia żadnego zagrożenia, czego nie można powiedzieć np. o przeprowadzaniu reakcji kwasu octowego z etanolem w obecności stężonego kwasu siarkowego(VI) (doświadczenie zalecane w nowej podstawie programowej do wykonania przez uczniów na III etapie edukacyjnym). Dlatego też, przy projektowaniu badania naukowego zawsze powinno się uwzględniać zachowanie procedur bezpieczeństwa przy wykonywaniu eksperymentu. W praktyce szkolnej używa się jedynie podstawowych odczynników, nie oznacza to jednak, że nie mogą one stanowić zagrożenia dla zdrowia uczniów wykonujących eksperymenty. Wśród tych podstawowych odczynników można bowiem znaleźć substancje żrące, takie jak wodorotlenki (np. wodorotlenek sodu), toksyczne (np. metanol) i łatwopalne (np. etanol, benzyna), czy dające produkty wybuchowe w reakcji z wodą – metale alkaliczne. Nie oznacza to oczywiście, że należy zaniechać wykonywania eksperymentów – należy

zadbać o to, aby ich przeprowadzanie odbywało się zgodnie z odpowiednimi standardami bezpieczeństwa. Niezwykle ważną umiejętnością, którą trzeba kształtować w toku kształcenia przyrodniczego przez dociekanie naukowe, jest więc bezpieczne posługiwanie się podstawowymi odczynnikami chemicznymi, zapisane w III celu kształcenia podstawy programowej chemii dla gimnazjum [4]. Sprawą równie ważną jak zaznajomienie uczniów z podstawowymi zasadami BHP, takimi jak noszenie fartucha laboratoryjnego czy okularów ochronnych w pracowni chemicznej, jest zapoznanie uczniów z tzw. piktogramami, czyli z zestawem symboli wskazującym na zagrożenia związane z użyciem danej substancji chemicznej lub mieszaniny. Zadanie „Piktogramy”, umieszczone w Bazie Narzędzi Dydaktycznych, ma na celu sprawdzenie, czy uczeń potrafi interpretować znaki ostrzegawcze umieszczone na butelkach z odczynnikami chemicznymi.

Zadanie 4. Piktogramy (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/87>)

Poniżej przedstawiono trzy ostrzegawcze znaki graficzne – tak zwane piktogramy, wraz z ich skróconym opisem. Znaki te są obowiązkowo umieszczane przez producentów na opakowaniach wszelkich substancji chemicznych mogących stanowić zagrożenie dla człowieka lub środowiska.



– substancje bardzo łatwopalne






– substancje żrące



– substancje toksyczne

Który lub które spośród wyżej opisanych znaków należałoby nakleić na pojemniki z substancjami wymienionymi w tabeli?

Substancja	Piktogram: 	Piktogram: 	Piktogram: 
1. gaz propan-butan	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
2. wodorotlenek sodu	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
3. alkohol metylowy	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie

Forma przedstawionego zadania, wraz z pełnym opisem piktogramów, podyktowana była wymogiem zgodności z zapisami podstawy programowej dla III etapu edukacyjnego przedmiotu chemia [4]. W wymaganiach szcze-

gólowych nie zapisano umiejętności rozróżniania poszczególnych piktogramów – stąd konieczność opisanie ich we wstępie do zadania. Na potrzeby sprawdzenia umiejętności interpretacji znaków ostrzegawczych przez uczniów, opis ten można z zadania usunąć.

Pod koniec 2008 roku Unia Europejska zmodyfikowała system oznaczeń substancji niebezpiecznych – przyjęła tak zwany Globalnie Zharmonizowany System Klasyfikacji i Oznakowania Chemikaliów (ang. *Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals*, GHS) dla wszystkich państw członkowskich UE [5, 6]. Zmianie uległa między innymi postać piktogramów oraz zwroty: R (ang. *Risk phrases*) – zwroty ryzyka określające rodzaj zagrożenia dla zdrowia człowieka lub dla środowiska oraz S (ang. *Safety phrases*) – zwroty bezpiecznego stosowania, które zastąpiono odpowiednio zwrotami H (ang. *Hazard Statements*), wskazującymi rodzaj zagrożenia oraz zwrotami P (ang. *Precautionary Statements*), wskazującymi środki ostrożności. Należy tutaj zaznaczyć, że zmiany zwrotów R i S odpowiednio na H i P mają znaczenie raczej formalne i rozszerzające – znaczeniowo nadal sobie odpowiadają. Stare piktogramy miały kształt pomarańczowego kwadratu z czarnym symbolem, natomiast nowe piktogramy mają postać kwadratu z czerwonym obramowaniem ustawionego na wierzchołku z czarnym symbolem na białym tle. W zadaniu zdecydowano się pozostawić piktogramy w starej wersji, ze względu na fakt, że są one wciąż stosowane w polskich ustawach regulujących klasyfikację i oznakowanie opakowań substancji niebezpiecznych i mieszanin niebezpiecznych [6] oraz w oznakowaniu produktów komercyjnych np. chemii gospodarczej.² Ponadto, wymiana odczynników chemicznych w laboratoriach, w tym szkolnych pracowniach chemicznych, jest procesem długotrwałym, a więc prawdopodobieństwo zetknięcia się ucznia z piktogramami w poprzedniej wersji jest większe niż w wersji zgodnej z GHS. Oczywiście zadanie można w bardzo prosty sposób zaktualizować, wprowadzając w jego treść nową formę graficzną znaków ostrzegawczych, zgodną z GHS. Należałoby zmienić także opisy niektórych piktogramów, uległy one bowiem zmianie wraz z wprowadzeniem nowych przepisów na terytorium Unii Europejskiej [5].

Zadanie 4 b. Piktogramy

Poniżej przedstawiono trzy ostrzegawcze znaki graficzne – tak zwane piktogramy, wraz z ich skróconym opisem. Znaki te są obowiązkowo umieszczone przez producentów na opakowaniach wszelkich substancji chemicznych mogących stanowić zagrożenie dla człowieka lub środowiska.

² Okres przejściowy na przystosowanie klasyfikacji i oznakowania substancji i preparatów chemicznych do nowych wymagań zgodnie z rozporządzeniem wdrażającym GHS [5] skończył się 1 grudnia 2010 r. Mieszaniny mogą być klasyfikowane, oznakowane i pakowane zgodnie z dyrektywą 1999/45/WE do dnia 1 czerwca 2015 r.



– substancje wysoce łatwopalne






– substancje żrące



– substancje toksyczne

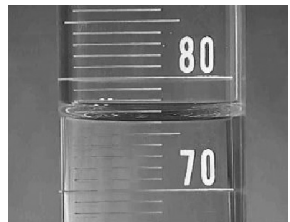
Który lub które spośród wyżej opisanych znaków należałoby nakleić na pojemniki z substancjami wymienionymi w tabeli?

Substancja	Piktogram: 	Piktogram: 	Piktogram: 
1. gaz propan-butan	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
2. wodorotlenek sodu	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
3. alkohol metylowy	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie

Kiedy udało już się sformułować pytania badawcze, postawić hipotezę i zaplanować działania eksperymentalne, przychodzi pora na praktyczne przeprowadzenie eksperymentu. Można wyróżnić trzy grupy działań uczniowskich, które są szczególnie istotne w czasie ich wykonywania. Są to: posługiwanie się odpowiednim sprzętem laboratoryjnym (o różnym stopniu zaawansowania – szkłem i przyrządami laboratoryjnymi lub przyrządami znanymi uczniom z życia codziennego), przeprowadzanie obserwacji oraz dokonywanie pomiarów. Poniżej przedstawiono przykładowe zadanie dotyczące przeprowadzenia pomiarów przy użyciu sprzętu laboratoryjnego.

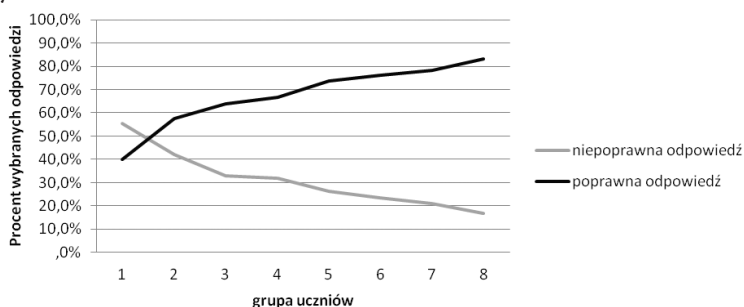
Zadanie 5. Pomiary objętości (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/202>)

Ile cm^3 wody znajduje się w cylindrze miarowym, którego fragment jest przedstawiony na zdjęciu? Źródło zdjęcia: <http://www.uwplatt.edu/chemep/chem/chemscape/lab-docs/catofp/measura/scales/pic/52460st.jpg>



- A. 75 cm^3
- B. 76 cm^3
- C. 77 cm^3
- D. 78 cm^3
- E. Z zamieszczonego rysunku nie można tego odczytać.

Założeniem autorów było skonstruowanie narzędzia pokazującego, czy uczeń w trakcie zajęć szkolnych miał możliwość samodzielnego wykonywania pomiarów przy użyciu szkła laboratoryjnego. Przyjęto, że jeśli w trakcie nauki w gimnazjum uczeń faktycznie dostawał do rąk podstawowy sprzęt laboratoryjny (co zaleca zarówno metodologia IBSE, jak i nowa podstawa programowa), to należy oczekiwać, że będzie potrafił przeprowadzić tak elementarną czynność, jak odczytanie poziomu cieczy w cylindrze miarowym i odpowiednie zinterpretowanie zamieszczonej na nim skali. Zadanie miało pierwotnie służyć diagnozie metod nauczania stosowanych w polskich gimnazjach, można je jednak z powodzeniem wykorzystywać również w innych celach. Z jednej strony, ze względu na bardzo prostą formę (zadanie wielokrotnego wyboru), może ono stanowić rodzaj narzędzia diagnostycznego dla nauczyciela na samym początku lekcji, pozwalającego szybko zorientować się co do ich umiejętności w posługiwaniu się przedstawionym na zdjęciu sprzętem. Z drugiej strony, może ono pełnić rolę ewaluacyjną w podsumowaniu zajęć – aby sprawdzić, czy uczniowie opanowali sposób pomiaru objętości cieczy w trakcie przeprowadzanych eksperymentów. Badanie przeprowadzone na około 1900 uczniach wykazało, że prawidłowej odpowiedzi B udzieliło w tym zadaniu prawie 70% respondentów. Najczęściej wybieraną odpowiedzią nieprawidłową (prawie 12% zaznaczeń) była odpowiedź C – uczniowie, którzy dokonali takiego wyboru uważali, że pomiaru dokonuje się przez odczyt poziomu cieczy na środku menisku. Odpowiedzi uczniów udzielone w opisywanym zadaniu przedstawiono na wykresie 2.



Wykres 2. Rozkład częstości odpowiedzi dla całego zadania. Na osi X zaznaczono poziom ucznia (1 – grupa uczniów, którzy uzyskali najniższe wyniki w całym teście, 8 – grupa o najwyższych wynikach), na osi Y zaś – odsetek uczniów z danej grupy, którzy wybrali daną odpowiedź. W legendzie wykresu określono dodatkowo, jaki procent uczniów ze wszystkich grup łącznie zaznaczył poszczególne odpowiedzi. Wartości nie sumują się do 100%, ponieważ pewna część uczniów nie wybrała żadnej odpowiedzi.

Z wykresu wynika, że nawet uczniowie z najsłabszej grupy całkiem nieźle radzili sobie z odczytem objętości cieczy w cylindrze miarowym – 40% z nich udzieliło prawidłowej odpowiedzi. W kolejnych grupach odsetek poprawnych odpowiedzi rósł, osiągając prawie 85% w 8. grupie, w której uczniowie osiągnęli najwyższe wyniki punktowe z całego testu.

Po dokonaniu stosownych obserwacji i zapisaniu wyników zebranych w trakcie przeprowadzonych eksperymentów, przychodzi czas na dokonanie ich interpretacji. Kształtowanie umiejętności interpretowania wyników przeprowadzonych badań oraz wyciągania prawidłowych wniosków z tych wyników to dwa uzupełniające się elementy całego procesu „5E”. Bez prawidłowo przeprowadzonej analizy wyników oraz zidentyfikowania na podstawie zebranych danych ewentualnych związków i zależności pomiędzy zmiennymi, nie da się odrzucić lub potwierdzić sformułowanej wcześniej hipotezy badawczej. Oto przykład zadania dotyczącego analizy wyników przeprowadzonego doświadczenia.

Zadanie 6. Zielona jajecznicca (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/183>)

Celem przygotowania „czerwonej jajeczniccy” Łukasz, w trakcie smażenia, dodał do jajek kilka łyżek soku z czerwonej kapusty. Okazało się jednak, że usmażone przez niego jajka miały kolor zielony.

Co mogło być przyczyną zielonego koloru jajeczniccy?

Przyczyna	Czy mogło być przyczyną?
I. Sok z kapusty zmienia barwę w zależności od odczynu roztworu.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
II. Białko jajka ma odczyn zasadowy.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie
III. Sok z czerwonej kapusty zmienia kolor pod wpływem soli kuchennej.	<input type="checkbox"/> Tak / <input type="checkbox"/> Nie

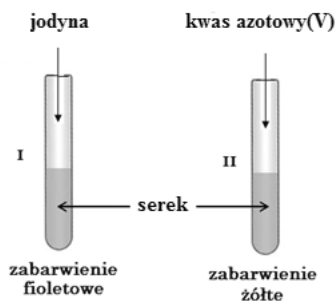
W zadaniu przeprowadzono niezwykle proste doświadczenie polegające na próbie usmażenia jajeczniccy zabarwionej sokiem z czerwonej kapusty. Według założeń Łukasza przeprowadzającego ten eksperyment, jajecznicca powinna była przyjąć czerwone zabarwienie. Tak się jednak nie stało – końcowy efekt był taki, że „usmażone przez niego jajka miały kolor zielony”. Przytoczony fragment wstępu do zadania jest wynikiem eksperymentu przeprowadzonego przez Łukasza (opisanego w sposób zakamuflowany), na podstawie którego uczniowie mają wnioskować co do właściwości soku z czerwonej kapusty jako wskaźnika kwasowo-zasadowego. Szczególnie ważną zaletą przedstawianego narzędzia badawczego jest prostota przedstawianego eksperymentu – każdy uczeń po przyjeździe do domu może przeprowadzić go sam w kuchni lub przedstawić swoim bliskim w postaci sztuczki, co nie zdarza się zbyt często w przypadku eksperymentów chemicznych.

Kolejne zadanie, dotyczące analizy wyników przeprowadzonego eksperymentu, opierające się na znanych uczniowi reakcjach charakterystycznych związków organicznych to „Serek gruszkowy”.

Zadanie 7. Serek gruszkowy (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/126>)

Janek postanowił zbadać, jakie związki chemiczne występują w jego ulubionym serku gruszkowym. W tym celu przeprowadził doświadczenia pokazane na rysunku.

Jakie związki wykrył Janek w serku? Do obserwacji przyporządkuj zidentyfikowany związek.



Lp.	Obserwacja	Rozpoznany związek			
		ester	białko	cukier	tłuszcz
1.	Po otwarciu opakowania z serkiem czuć było zapach gruszek.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Jodyna spowodowała fioletowe zabarwienie serka.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Powierzchnia serka zabarwiła się w probówce II na kolor żółty.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

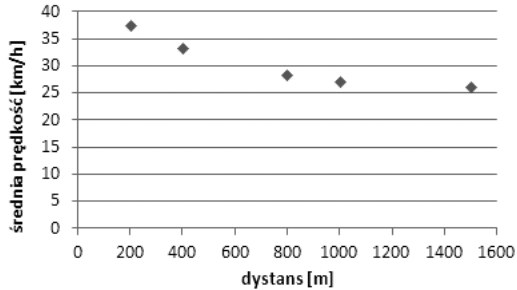
Zadaniem ucznia jest interpretacja trzech różnych obserwacji dotyczących eksperymentu, podanych w tabeli. Obserwacje te są bardzo typowe dla grup związków będących składnikami ulubionego serka Janka. Przedstawione zadanie wydaje się dosyć typowe dla zadań z egzaminów końcowych czy zadań występujących w podręcznikach, jednak różni się od nich tym, że pomimo dużego zasobu wiadomości niezbędnych do jego rozwiązania, uczniów wyciąga wnioski na podstawie wyników przeprowadzonego eksperymentu, tj. podanych na rysunku i w tabeli obserwacji, i nie musi przewidywać jego przebiegu.

Wyniki, które uczniowie mogą interpretować i wyciągać na ich podstawie wnioski, nie muszą wcale ograniczać się do wyników doświadczeń. Mogą być to na przykład wyniki sportowe, jak w poniższym zadaniu.

Zadanie 8. Biegowe rekordy świata (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/186>)

Na wykresie przedstawiono dane dotyczące rekordów świata mężczyzn w biegach na dystansach od 200 m do 1500 m.

Dane za: http://en.wikipedia.org/wiki/Athletics_world_records



Którą z poniższych zależności ilustruje ten wykres?

- A. Im dłuższy dystans, tym więcej czasu zajmuje jego pokonanie.
 B. Im dłuższy dystans, tym wolniej zawodnik biegnie.
 C. Im wyższa prędkość zawodnika, tym szybciej pokonuje dystans.
 D. Im wyższa prędkość zawodnika, tym krótszy staje się dystans.

Warto zwrócić uwagę, że niemal wszystkie odpowiedzi (poza D) są zdaniami prawdziwymi i operują przynajmniej jedną ze zmiennych przedstawionych na osiach. Jednak tylko odpowiedź B opisuje zależność widoczną na wykresie. Podczas wspólnego rozwiązywania tego zadania należy zatem w pierwszej kolejności uświadomić uczniom, że nie poszukujemy wśród podanych odpowiedzi jedyne prawdziwego zdania (jak to zwykle bywa w przypadku zadań wielokrotnego wyboru), ale szukamy stwierdzenia, które najtrafniej podsumowuje dane przedstawione na wykresie. Tok myślenia powinien być więc podobny jak podczas analizy wyników doświadczenia, co zasadniczo sprowadza się do pytania „no dobrze, mamy te dane, ale co z nich wynika?”. Przedstawione zadanie pokazuje również, że kształtowana dzięki IBSE umiejętność analizy wyników potrzebna jest nie tylko w badaniach naukowych, którymi w przyszłości zajmować się będzie zapewne tylko niewielka część uczniów, ale przydaje się też w wielu innych sytuacjach, w których konieczne jest odkrycie jakiejś zależności.

Na stronie <http://bnd.ibe.edu.pl> można znaleźć znacznie więcej zadań wraz z pełnym opisem oraz wynikami. Przykładowo, nauczyciele zainteresowani zadaniami związanymi z planowaniem eksperymentu zaciekawiają się z pewnością zadaniami „Wybielanie zębów” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/179>) czy „Masło i olej” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/243>). Umiejętność stawiania pytania badawczego można dodatkowo zweryfikować

przy wykorzystaniu narzędzi: „Kielkowanie nasion” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/248>) oraz „Światło, temperatura i asymilacja dwutlenku węgla” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/47>). Zagadnienia praktycznych umiejętności wykonywania pomiarów poruszane są w takich zadaniach jak „Zagęszczenie mniszków” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/233>) i „Pomiar siły wyporu” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/57>). Zadania: „Tonące drewno” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/223>) oraz „Dawna teoria widzenia” (<http://bnd.ibe.edu.pl/tool-page/119>) sprawdzają z kolei umiejętność analizy wyników przeprowadzonego eksperymentu.

Baza Narzędzi Dydaktycznych jest sukcesywnie uzupełniana i rozwijana. Powiększa się również zespół tworzących ją ekspertów. Pracownia Przedmiotów Przyrodniczych jest otwarta na współpracę z nauczycielami, doktorantami oraz pracownikami szkół wyższych czy też ośrodków pozaformalnej edukacji przyrodniczej z całego kraju. Autorzy mają nadzieję, że umieszczone w Bazie zadania będą stanowić cenne źródło inspiracji, również do prowadzenia zajęć metodą IBSE.

Podziękowania

Zadania znajdujące się w Bazie Narzędzi Dydaktycznych powstały w ramach projektów: „Polska PISA – Spójność społeczna, przeciwdziałanie wykluczeniu i szanse rozwojowe: oddziaływanie pomiaru edukacyjnego na system edukacji. Opracowanie formuły oceniania, która sprzyja rozwojowi złożonych umiejętności” oraz „Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego (Entuzjaści Edukacji)” realizowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Priorytet III: Wysoka jakość systemu oświaty. Autorzy zadań przedstawionych w niniejszym tekście: I. Buczek, M. M. Chrzanowski, W. Grajkowski, U. Poziomek.

Literatura

1. Linn, M. C., Davis, E. A., Bell, P. Internet environments for science education. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2004.
2. Guide for developing Establish Teaching and Learning Units, Project ESTABLISH, AMSTEL Institute, 2010.
3. Grajkowski, W., Ostrowska, B. Przykład powinien być tylko przykładem, czyli jakie zadania naprawdę sprawdzają umiejętności. *Edukacja* 2012, 3(119), 31–45.
4. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół. *Dziennik Ustaw z dnia 15 stycznia 2009 r. Nr 4, poz. 17.*

5. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniające i uchylające dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1907/2006.
6. Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322), Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2012 r. w sprawie oznakowania opakowań substancji niebezpiecznych i mieszanin niebezpiecznych oraz niektórych mieszanin (Dz. U. 2012 poz. 445).