

## Rozumowanie w naukach przyrodniczych – założenia teoretyczne (*science framework*)<sup>1</sup>

Umiejętności uczniów w zakresie nauk przyrodniczych mierzone w badaniu PISA, określane zbiorczo jako *science literacy*, to nie tyle opanowanie wiadomości z zakresu biologii, chemii, fizyki i geografii, ile przede wszystkim rozumowanie naukowe i umiejętność zastosowania wiedzy przyrodniczej do rozwiązywania zadań, przedstawionych w różnych, a nie tylko szkolnych, kontekstach. To zarówno wiedza naukowa, jak i wiedza o nauce – o drodze dochodzenia do prawdy naukowej. Kluczowym elementem jest metoda naukowa: stawianie pytań badawczych i hipotez, a następnie sprawdzanie tych hipotez za pomocą obserwacji i doświadczeń. Hipotezę uznajemy za potwierdzoną, jeśli mimo usilnych starań nie udało nam się jej empirycznie odrzucić. Niezwykle ważny jest także krytycyzm i samokrytycyzm. Pozwala on na odrzucenie wyników błędnie przeprowadzonych doświadczeń i obserwacji, powstrzymuje przed formułowaniem pochopnych lub nieuprawnionych wniosków, pozwala zdemaskować oszustwa naukowe oraz odróżnić twierdzenia naukowe od pseudonauki, a tym samym zapewnia nauce wiarygodność.

Powszechna i wysokiej jakości edukacja matematyczno-przyrodnicza jest warunkiem postępu naukowego i technicznego, a tym samym – rozwoju cywilizacyjnego. Błędem byłoby jednak zakładać, że jej celem jest przede wszystkim kształcenie przyszłych kadr naukowych i technicznych. Do wiedzy naukowej odwołujemy się bardzo często w życiu codziennym, np. analizując ulotki leków i kosmetyków oraz dokonując wyborów konsumenckich decydujących o naszym zdrowiu i komforcie życia. W dobie internetu jesteśmy ze wszystkich stron bombardowani informacjami, wśród których wiele jest fałszywych, przekłamanych lub niewiarygodnych. Wiele informacji także – dla korzyści ich autorów – stara się podważać wiarygodność twierdzeń nauki. Ruchy antyszczepionkowe i kwestionowanie medycyny opartej na wiedzy naukowej, negowanie antropogenicznego ocieplania się klimatu, bagatelizowanie stanu środowiska i przyrody czy odrzucanie teorii ewolucji są często podawane w pseudonaukowym sztafażu, aby zwieść mało krytycznych odbiorców. Dlatego niezwykle ważnym celem kształcenia w edukacji przyrodniczej powinno być wyposażenie uczniów w narzędzia krytycznej analizy informacji.

### Założenia teoretyczne badania

Pomiaru kompetencji piętnastolatków w zakresie rozumowania naukowego dokonano już w pierwszej edycji badania PISA w 2000 roku, natomiast w latach 2006 i 2015 było ono główną dziedziną pomiaru. Sprawdzone wtedy umiejętności uczniów za pomocą rozbudowanego zestawu zadań, obejmujących różne aspekty wiedzy przyrodniczej oraz różne składowe umiejętności rozumowania i wnioskowania naukowego.

Użyte w badaniu zadania można scharakteryzować pod względem kontekstu, aspektu wiedzy naukowej oraz sprawdzanych umiejętności uczniów (tabela 1).

<sup>1</sup> Na podstawie: OECD (2019) *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*, ISBN 978-92-64-47759-9, <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en> opracowali Krzysztof Spalik i E. Barbara Ostrowska

**Tabela 1. Aspekty pomiaru kompetencji w naukach przyrodniczych**

<b>Kontekst</b>	Zagadnienia osobiste, lokalne lub narodowe oraz globalne, zarówno współczesne jak i historyczne, które wymagają rozumienia zagadnień z zakresu nauki i techniki.
<b>Wiedza</b>	Znajomość najważniejszych faktów i pojęć oraz zrozumienie teorii wyjaśniających, które tworzą podstawę wiedzy naukowej. Wiedza ta obejmuje znajomość zjawisk i procesów zachodzących w przyrodzie ( <i>content knowledge</i> ), znajomość procedur badawczych, np. planowania doświadczeń i obserwacji ( <i>procedural knowledge</i> ), oraz zrozumienie podstaw wnioskowania naukowego ( <i>epistemic knowledge</i> ).
<b>Umiejętności</b>	Wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy, planowanie i ocena poprawności procedur badawczych, interpretacja danych i dowodów naukowych.

## Kontekst zadań

Konteksty zadań przedstawiono w tabeli 2. Pokazuje ona, że w badaniu PISA wiedza nie służy rozwiązywaniu problemów typowo szkolnych oraz w kontekście szkolnego podziału na przedmioty, ale dotyczy bardzo istotnych zagadnień – ważnych nie tylko z osobistego punktu widzenia, ale także dla lokalnej społeczności oraz w wymiarze globalnym. Badanie PISA nie sprawdza zatem wiedzy szkolnej, ale umiejętność jej wykorzystania w życiu codziennym, zarówno pod kątem wyjaśniania otaczającego nas świata, jak i dokonywania osobistych wyborów.

**Tabela 2. Konteksty zadań w badaniu rozumowania w naukach przyrodniczych PISA 2018**

Zagadnienia	Kontekst		
	osobisty	lokalny/narodowy	globalny
Zdrowie i choroby	Profilaktyka zdrowia, wypadki, odżywianie się	Zapobieganie rozprzestrzenianiu się chorób, wybór żywności, zdrowie publiczne	Epidemie chorób zakaźnych
Zasoby naturalne	Osobiste zużycie materiałów i energii	Potrzeby populacji ludzkich, jakość życia, bezpieczeństwo, produkcja i dystrybucja żywności, zaopatrzenie w energię	Zasoby odnawialne i nieodnawialne, wzrost ludności, zrównoważone wykorzystanie gatunków organizmów
Jakość środowiska	Działania korzystne dla środowiska, wykorzystanie i usuwanie materiałów i urządzeń	Rozmieszczenie ludności, usuwanie odpadów, wpływ różnych działań na środowisko naturalne	Różnorodność biologiczna, zrównoważone wykorzystywanie środowiska, ograniczenie zanieczyszczeń, produkcja/utrata biomasy, erozja gleby
Zagrożenia	Ocena ryzyka związanego z trybem życia	Nagłe zmiany (np. trzęsienia ziemi, gwałtowne zjawiska pogodowe), powolne, stopniowe zmiany (np. erozja brzegowa, sedymentacja), ocena ryzyka	Zmiany klimatyczne, oddziaływanie współczesnej komunikacji
Nowe wyzwania nauki i techniki	Naukowe aspekty hobby, sportu, muzyki i wykorzystywania urządzeń technicznych	Nowe materiały, urządzenia i procesy, modyfikacje genetyczne, technologie medyczne, transport	Wymieranie gatunków, badania kosmosu, pochodzenie i budowa Wszechświata

## Wiedza naukowa

Poniżej opisano trzy aspekty wiedzy naukowej wymaganej do rozwiązania zadań.

- Wiedza o **treściach nauki** (*content knowledge*) to znajomość faktów, pojęć i teorii naukowych wyjaśniających złożoność przyrody i przebieg procesów naturalnych (tabela 3). Do tej kategorii należy większość szkolnych treści nauczania przedmiotów przyrodniczych – biologii, chemii, fizyki i geografii. Wybrano zagadnienia, które:
  - odnoszą się do sytuacji z codziennego życia lub rzeczywistych zdarzeń;
  - uwzględniają ważne, nieprzemijające pojęcia naukowe i teorie wyjaśniające;
  - są odpowiednie dla poziomu rozwoju piętnastolatka.

**Tabela 3. Dziedziny wiedzy o treściach nauki**

<b>Układy nieożywione</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Struktura materii (np. model cząsteczki, wiązania)</li><li>■ Właściwości materii (np. zmiany skupienia, przewodnictwo cieplne i elektryczne)</li><li>■ Zmiany chemiczne w obrębie materii (np. reakcje, przekazywanie energii, kwasy/zasady)</li><li>■ Ruchy i siły (np. prędkość, tarcie)</li><li>■ Energia i jej przekształcenia (np. zachowanie, rozproszenie, reakcje chemiczne)</li><li>■ Interakcje między energią a materią (np. fale świetlne i radiowe, fale dźwiękowe i sejsmiczne)</li></ul>
<b>Układy ożywione</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Komórki (np. budowa i funkcje, DNA, rośliny i zwierzęta)</li><li>■ Budowa organizmu (np. jednokomórkowego czy wielokomórkowego)</li><li>■ Organizmy ludzkie (np. zdrowie, odżywianie, podsystemy – np. trawienny, oddechowy, krążenia, wydalniczy oraz ich wzajemne relacje – choroby, rozmnażanie)</li><li>■ Populacje (np. gatunki, ewolucja, różnorodność, zmienność genetyczna)</li><li>■ Ekosystemy (np. łańcuchy pokarmowe, przepływ materii i energii)</li><li>■ Biosfera (np. funkcjonowanie ekosystemów, zrównoważony rozwój)</li></ul>
<b>Ziemia i Kosmos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Budowa systemów Ziemi (np. litosfera, atmosfera, hydrosfera)</li><li>■ Energia w systemach Ziemi (np. źródła energii, klimat globalny)</li><li>■ Zmiany w obrębie systemów Ziemi (np. płyty tektoniczne, cykle geochemiczne, siły konstruktywne i destruktywne)</li><li>■ Historia Ziemi (np. skamieliny, pochodzenie i ewolucja)</li><li>■ Ziemia w Kosmosie (np. grawitacja, Układ Słoneczny)</li><li>■ Historia i skala Wszechświata (np. rok świetlny, teoria Wielkiego Wybuchu)</li></ul>

- Wiedza o **procedurach badawczych** (*procedural knowledge*) to znajomość podstawowej metodyki badań naukowych, jak planowanie doświadczeń i obserwacji, określanie niepewności pomiaru i znaczenia próby kontrolnej, znajomość sposobów analizy i prezentacji wyników (tabela 4).

**Tabela 4. Wiedza o procedurach badawczych**

- Pojęcie zmiennych, w tym zmiennych zależnych, niezależnych i kontrolnych
- Pojęcia pomiaru, np. pomiary ilościowe, obserwacje jakościowe, wykorzystanie skali
- Sposoby oceny i minimalizacji niepewności w nauce, takie jak powtarzanie i uśrednianie pomiarów
- Mechanizmy zapewniające powtarzalność pomiarów (zgodność kolejnych pomiarów) oraz ich dokładność (zgodność między zmierzoną wielkością a jej rzeczywistą wartością)
- Sposoby przedstawiania danych za pomocą tabel i wykresów oraz ich właściwe wykorzystanie; kontrola zmiennych i ich rola w projektowaniu eksperymentu
- Wykorzystanie badań randomizowanych w celu uniknięcia błędnych wyników i zidentyfikowania możliwych mechanizmów przyczynowych; wybór odpowiedniej metody dla danego pytania badawczego, np. eksperymentalnej lub terenowej

- Wiedza o **poznaniu naukowym** (*epistemic knowledge*) to zrozumienie logicznych podstaw metody naukowej, w tym stawiania pytań badawczych i hipotez oraz weryfikacji hipotez za pomocą obserwacji i doświadczeń, a także mechanizmów samokontroli nauki dzięki wzajemnej weryfikacji wyników.

## Umiejętności

Na kompetencje przyrodnicze mierzone w badaniu złożyły się trzy główne umiejętności, opisane poniżej.

- **Wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy.** Podając, rozpoznając lub oceniając wyjaśnienia różnorodnych zjawisk z zakresu przyrody i techniki, uczeń potrafi: (1) przywołać z pamięci i zastosować odpowiednią wiedzę naukową, (2) wskazać, wykorzystać lub stworzyć model lub inną reprezentację wyjaśniającą dane zjawisko, (3) formułować i uzasadniać odpowiednie przypuszczenia, (4) stawiać hipotezy, (5) objaśniać potencjalne następstwa wiedzy naukowej dla społeczeństwa.
- **Planowanie i ocena poprawności procedur badawczych.** Opisując i oceniając badania naukowe i proponując sposoby odpowiedzi na pytania badawcze, uczeń potrafi: (1) wskazać problem podejmowany w określonym badaniu naukowym, (2) odróżnić pytania, na które można odpowiedzieć w sposób naukowy, od tych, które nie mają takiego charakteru, (3) podać sposób naukowego poszukiwania odpowiedzi na określone pytanie badawcze, (4) ocenić różne sposoby naukowego poszukiwania odpowiedzi na określone pytanie badawcze, (5) opisać i ocenić, w jaki sposób naukowcy starają się zagwarantować rzetelność danych oraz obiektywizm i uniwersalność wniosków.
- **Interpretacja danych i dowodów naukowych.** Analizując i oceniając dane naukowe, tezy i argumenty, podane w różnej formie, a także wyciągając odpowiednie wnioski, uczeń potrafi: (1) przetworzyć dane naukowe podane w jednej formie w inną formę, (2) analizować i interpretować dane i wyciągać odpowiednie wnioski, (3) wyodrębnić założenia, wskazać dowody i określić wnioskowanie w tekstach dotyczących nauki, (4) odróżnić argumenty bazujące na dowodach i teoriach naukowych od tych opartych na innych podstawach, (5) ocenić wiarygodność naukową tekstów z różnych źródeł (gazet, czasopism, internetu itp.).

## Wymagania poznawcze

W założeniach teoretycznych zadania opisano także pod względem wymagań poznawczych (*cognitive demand*). Określają one, jak złożone rozumowanie trzeba przeprowadzić, by rozwiązać zadanie. Wyróżniono trzy poziomy wymagań poznawczych:

- **niski** – rozumowanie jednostopniowe, np. przywołanie z pamięci określonych faktów, twierdzeń lub pojęć, szukanie prostej informacji w tekście, tabeli lub przedstawieniu graficznym;
- **średni** – wykorzystanie wiedzy konceptualnej do opisanie lub wyjaśnienia danego zjawiska, wybór określonej procedury obejmującej co najmniej dwa kroki, porządkowanie i prezentacja danych, interpretacja i wykorzystanie prostych zbiorów danych, schematów i wykresów;
- **wysoki** – analiza złożonych informacji lub danych, synteza i ocena dowodów naukowych, uzasadnianie, wnioskowanie na podstawie różnych źródeł informacji, planowanie działań w celu rozwiązania określonego problemu badawczego.

Należy zwrócić uwagę, że wymagania poznawcze nie są tożsame z trudnością zadania, która jest oszacowana na podstawie jego rozwiązywalności. Zadanie może mieć wysoką trudność i niskie wymagania poznawcze, np. kiedy sprawdzana wiedza jest nieznaną większości uczniów, a od ucznia wymaga się jedynie prostego, jednostopniowego rozumowania, jak chociażby przywołania określonego faktu. Możliwa jest również sytuacja, gdy odpowiedź na pytanie wymaga analizy złożonych informacji, czyli ma wysoki poziom wymagań poznawczych, np. konieczne jest, aby uczeń odnalazł wiele informacji lub danych, ale jednocześnie zadanie nie jest trudne pod względem wymagań w zakresie wiedzy niezbędnej do jego rozwiązania, ponieważ jest ona łatwa do przypomnienia.

## Pomiar kompetencji w naukach przyrodniczych

### Charakterystyka i struktura testu i zadań wykorzystanych w badaniu

Na test sprawdzający umiejętności rozumowania w naukach przyrodniczych składają się zadania skonstruowane według ściśle określonych schematów. Każde z nich rozpoczyna się wprowadzeniem, zawierającym przedstawienie poruszanego tematu oraz informacje potrzebne do odpowiedzi na pytanie, jak np. tabele, wykresy czy schematy. Wiele zadań utworzonych na potrzeby badania w 2015 roku (pierwsza edycja badania komputerowego) jest interaktywnych i zawiera animacje lub symulacje. Wprowadzenie tego typu zadań ma na celu odwzorowanie złożoności procesów zachodzących w środowisku.

W badaniu użyto 115 zadań. Wszystkie były wykorzystane w badaniu PISA 2015. Większość z nich (76) została specjalnie opracowana na potrzeby komputerowej wersji testu, pozostałe wykorzystano przed 2015 rokiem w tradycyjnych, papierowych zeszytach testowych. Trzydzieści dwa zadania wymagały oceny przez kodera, pozostałe były zadaniami zamkniętymi, kodowanymi automatycznie.

Kwestią o podstawowym znaczeniu jest to, aby test w odpowiednich proporcjach zawierał zadania służące ocenie poszczególnych składowych pomiaru. Poniżej zestawiono zakładane rozkłady punktów pod względem kategorii wiedzy (tabela 5) oraz mierzonych umiejętności (tabela 6).

**Tabela 5. Zakładany rozkład punktacji w zależności od kategorii treści nauki oraz wiedzy naukowej w badaniu PISA w zakresie rozumowania w naukach przyrodniczych**

Wiedza naukowa	Układy			
	nieożywione	ożywione	Ziemia i Kosmos	razem
<b>Treści nauki</b>	20–24%	20–24%	14–18%	54–66%
<b>Procedury badawcze</b>	7–11%	7–11%	5–9%	19–31%
<b>Poznanie naukowe</b>	4–8%	4–8%	2–6%	10–22%
<b>Razem</b>	36%	36%	28%	100%

**Tabela 6. Zakładany rozkład punktacji w podziale na mierzone umiejętności w badaniu PISA w zakresie rozumowania w naukach przyrodniczych**

Umiejętności	Udział punktów
Wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy	40–50%
Planowanie i ocena procedur badawczych	20–30%
Interpretacja danych i dowodów naukowych	30–40%
<b>Razem</b>	<b>100%</b>

### **Określenie poziomów umiejętności uczniów i trudności zadań**

Sposób opracowania (skalowania) wyników przyjęty w badaniu PISA pozwala przedstawić na jednej skali trudność zadania oraz wynik ucznia. Ponieważ w edycji 2015 każde zadanie zostało przeanalizowane pod względem wymagań poznawczych, pozwoliło to wyróżnić i opisać poziomy umiejętności badanych piętnastolatków (tabela 7).



**Tabela 7. Opis poziomów umiejętności na skali kompetencji w naukach przyrodniczych**

Poziom i dolna granica przedziału	Charakterystyka umiejętności uczniów na podstawie rozwiązanych zadań
<p><b>Poziom 6</b> <b>708 pkt</b></p>	<p>Uczniowie wykorzystują rozległą wiedzę o treściach naukowych, procedurach badawczych i o rozumowaniu naukowym w celu stawiania hipotez wyjaśniających nieznaną im wcześniej zjawiska, zdarzenia i procesy lub do formułowania prognoz. Interpretując dane i dowody naukowe, potrafią odróżnić informacje istotne od nieistotnych oraz odwołują się do wiedzy nieobjętej szkolnym programem nauczania. Są w stanie stwierdzić, które argumenty dotyczą teorii i faktów naukowych, a które bazują na innych rozważaniach. Analizują alternatywne plany badawcze złożonych eksperymentów, obserwacji terenowych i symulacji, potrafią wybrać najlepszy i uzasadnić swój wybór.</p>
<p><b>Poziom 5</b> <b>633 pkt</b></p>	<p>Uczniowie potrafią wykorzystywać abstrakcyjne pojęcia lub idee naukowe, aby wyjaśnić nieznaną sobie wcześniej zjawiska, zdarzenia lub procesy z wieloma zależnościami przyczynowo-skutkowymi. Wykorzystują bardziej wyrafinowaną wiedzę poznawczą, aby porównać alternatywne schematy eksperymentów i uzasadnić ich wybór. Posługują się wiedzą teoretyczną w celu interpretacji informacji oraz przewidzenia wyniku. Potrafią ocenić różne sposoby naukowego podejścia do tego samego problemu badawczego oraz określić ograniczenia związane z interpretacją danych naukowych, w tym źródła i skutki niepewności.</p>
<p><b>Poziom 4</b> <b>559 pkt</b></p>	<p>Uczniowie wykorzystują bardziej złożone lub abstrakcyjne treści naukowe (podane w zadaniu lub przywołane z pamięci) w celu wyjaśniania bardziej złożonych lub mniej znanych zdarzeń i procesów. Potrafią przeprowadzić doświadczenie z dwoma lub więcej niezależnymi zmiennymi, ale w ograniczonym zakresie. Są w stanie uzasadnić plan eksperymentu, odwołując się do elementów wiedzy o procedurach i rozumowaniu naukowym. Interpretują dane pozyskane z umiarkowanie złożonego zbioru danych albo dotyczące mniej znanego kontekstu, wyciągają odpowiednie, ogólne wnioski, przedstawiają uzasadnienie swojego wyboru.</p>
<p><b>Poziom 3</b> <b>484 pkt</b></p>	<p>Uczniowie wskazują lub tworzą wyjaśnienia znanych zjawisk, odwołując się do umiarkowanie złożonej wiedzy faktograficznej. W sytuacjach mniej znanych lub bardziej złożonych potrafią podać wyjaśnienie, jeśli uzyskają odpowiednią odpowiedź lub pomoc. Wykorzystując elementy wiedzy proceduralnej i poznawczej, potrafią przeprowadzić prosty eksperyment. Rozróżniają zagadnienia naukowe od nienaukowych oraz wskazują dane wspierające określoną tezę naukową.</p>
<p><b>Poziom 2</b> <b>410 pkt</b></p>	<p>Odwołując się do podstawowej, codziennej wiedzy faktograficznej i z zakresu procedur badawczych, uczniowie wskazują odpowiednie wyjaśnienie naukowe, interpretują dane oraz określają pytanie badawcze w prostym doświadczeniu. Wykorzystując podstawową, codzienną wiedzę naukową, potrafią wskazać poprawny wniosek wynikający z prostego zbioru danych. Wykazują się podstawową wiedzą poznawczą, wskazując pytania, na które można odpowiedzieć w sposób naukowy.</p>
<p><b>Poziom 1a</b> <b>335 pkt</b></p>	<p>Uczniowie potrafią wykorzystać podstawowe wiadomości z codziennego życia oraz znajomość procedur badawczych do rozpoznania wyjaśnienia prostego zjawiska. Z odpowiednią pomocą podejmują problemy badawcze z nie więcej niż dwoma zmiennymi. Potrafią zidentyfikować proste zależności przyczynowo-skutkowe i korelacje oraz interpretować graficzne przedstawienia danych, które nie stawiają wysokich wymagań poznawczych. Potrafią dobrać najlepsze wyjaśnienie naukowe dla określonych danych w znanym już kontekście osobistym, lokalnym lub globalnym.</p>
<p><b>Poziom 1b</b> <b>261 pkt</b></p>	<p>Uczniowie dysponują podstawową, potoczną wiedzą i wykorzystują ją jedynie do rozpoznania znanych sobie lub prostych zjawisk przyrodniczych. Potrafią dostrzec proste wzorce w danych, znają podstawowe terminy naukowe, przeprowadzają procedury naukowe na podstawie jednoznacznych poleceń.</p>

## Przykładowe zadania z omówieniem

### Sposób oceny wykonania zadania

Aby rozwiązać postawione zadania, uczeń powinien przeanalizować tekst i informacje graficzne, niekiedy także wykonać odpowiednie symulacje komputerowe, a następnie udzielić odpowiedzi na zadane pytanie. Wiele pytań jest zamkniętych, czyli należy wskazać właściwą odpowiedź (lub kilka odpowiedzi), np. kliknąć w odpowiednie kółko lub wybrać odpowiedź z menu rozwijanego. W wypadku pytań otwartych uczeń musi sformułować odpowiedź i wpisać ją w przeznaczone miejsce. Jest ona oceniana przez badaczy na podstawie klucza kodowego, opracowanego na podstawie wcześniejszych badań pilotażowych. Określona kategoria kodowa w kluczu łączy odpowiedzi podobne, uwzględniając różne sposoby ich udzielenia. Przy każdej kategorii kodowej omawiane są cechy wspólne odpowiedzi i podane są przykłady, przypisuje się im także odpowiedni kredyt. Uczeń za odpowiedź może dostać kredyt całkowity – czyli najwyższą ocenę możliwą do uzyskania w danym zadaniu, może też otrzymać kredyt częściowy, jeśli odpowiedź jest niepełna. Kod 0 zawsze grupuje odpowiedzi błędne. Niepodjęcie jakiegokolwiek próby odpowiedzi (czyste, puste miejsce) to kod 9. Nie należy mylić kodu z oceną – kod to jedynie numeryczna kategoryzacja typów odpowiedzi. Należy pamiętać, że kodowanie odpowiedzi ucznia w badaniu PISA zasadniczo różni się od oceniania szkolnego – jego celem jest diagnoza poprawności rozumowania, a nie ocena postępów ucznia. Na przykład pomija się błędy ortograficzne lub niezręczności językowe, o ile rozumowanie jest poprawne.

Każdemu zadaniu towarzyszy metryczka, pokazująca typ zadania, jego kontekst, sprawdzaną wiedzę i umiejętności oraz wymagania poznawcze.


### Wiązka zadań „Zespół masowego ginięcia pszczół”

Prezentowana wiązka pytań dotyczy zjawiska nazwanego „Zespołem masowego ginięcia pszczół” i zawiera krótkie wprowadzenie wyjaśniające, na czym to zjawisko polega, oraz wykres przedstawiający wyniki badania związku między substancją owadobójczą a ginięciem pszczół.



## Pytanie 1

Pierwsze pytanie wymaga sformułowania własnej odpowiedzi i sprawdza umiejętność wyjaśniania zjawisk przyrodniczych.

<p><b>Zespół masowego ginięcia pszczół</b> Pytanie 1 / 5</p> <p>Zapoznaj się z tekstem "Zespół masowego ginięcia pszczół" po prawej stronie. Wpisz odpowiedź na pytanie.</p> <p>Zrozumienie zespołu masowego ginięcia pszczół jest ważne dla osób hodujących pszczoły lub badających ich życie, ale skutki tego zjawiska nie ograniczają się do pszczół. Ludzie badający życie ptaków zauważyli wpływ innego rodzaju. Słonecznik jest źródłem pożywienia dla pszczół oraz niektórych ptaków. Pszczoły żywią się nektarem kwiatów słonecznika, natomiast ptaki żywią się jego nasionami.</p> <p>Biorąc pod uwagę tę zależność, wyjaśnij, dlaczego zniknięcie pszczół może prowadzić do spadku liczebności populacji ptaków.</p> <input data-bbox="256 797 663 869" type="text"/>	<p><b>ZESPÓŁ MASOWEGO GINIĘCIA PSZCZÓŁ</b></p> <p>Koloniom pszczół na całym świecie zagraża alarmujące zjawisko. Jest ono nazywane zespołem masowego ginięcia pszczół. Masowe ginięcie pszczół występuje wtedy, kiedy pszczoły porzucają ul. Ponieważ z dala od ula pszczoły umierają, zespół masowego ginięcia pszczół doprowadził do śmierci dziesiątków miliardów pszczół. Naukowcy przypuszczają, że zjawisko masowego ginięcia pszczół może wynikać z wielu przyczyn.</p> 
---	---

Aby prawidłowo odpowiedzieć na to pytanie, uczniowie powinni podać wyjaśnienie, które stwierdza lub sugeruje, że kwiat nie może produkować nasion bez zapylania. Dalsza część odpowiedzi, tzn. dopowiedzenie, że brak nasion spowoduje ograniczenie pokarmu dla ptaków, nie jest wymagane. Uczeń powinien zatem wykazać się podstawową wiedzą z zakresu biologii roślin oraz prostym połączeniem podanych w zadaniu informacji.

### **Kredyt całkowity:**

Kod 1: uczeń podaje wyjaśnienie, które wskazuje lub sugeruje, że kwiat nie może wyprodukować nasion bez zapylania [Wyjaśniona jest rola pszczół].

- *Jeżeli znikną pszczoły, kwiaty nie będą zapylane.*
- *Pszczoły są owadami zapylającymi.*
- *Zapylanie jest konieczne, żeby mogły powstać nasiona.*

### **Brak kredytu:**

Kod 0: inne odpowiedzi

- *Ptaki jedzą nasiona słonecznika. Jeżeli nie będzie już nasion słonecznika, bo znikną pszczoły, to nie będzie już ptaków [Rola pszczół nie jest wyjaśniona].*

<b>Umiejętność</b>	wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy
<b>Wiedza</b>	treści nauki – układy ożywione
<b>Kontekst</b>	lokalny/krajowy – jakość środowiska
<b>Wymagania poznawcze</b>	średnie
<b>Format zadania</b>	otwarte

## Pytanie 2

Drugie pytanie z prezentowanej wiązki dotyczy zrozumienia istoty badania naukowego – sprawdza, czy uczeń rozumie cel przedstawionego eksperymentu.

**Zespół masowego ginięcia pszczół**  
Pytanie 2 / 5

Zapoznaj się z tekstem "Wystawienie na działanie imidaklopridu" po prawej stronie. Wybierz odpowiednie sformułowanie z rozwijanego menu, aby dokończyć zdanie.

Opisz eksperyment przeprowadzony przez naukowców, uzupełniając następujące zdanie.

Naukowcy zbadali wpływ

Wybierz  na

Wybierz

**ZESPÓŁ MASOWEGO GINIĘCIA PSZCZÓŁ**  
**Wystawienie na działanie imidaklopridu**

Naukowcy przypuszczają, że zespół masowego ginięcia pszczół ma wiele przyczyn. Jedną z możliwych przyczyn jest działanie środka owadobójczego o nazwie imidakloprid, który może powodować u pszczół przebywających poza ulem utratę zmysłu orientacji.

Naukowcy zbadali, czy wystawienie na działanie imidaklopridu prowadzi do masowego ginięcia pszczół. Przez trzy tygodnie dodawali ten środek owadobójczy do pokarmu pszczół w określonej liczbie uli. W poszczególnych ulach zastosowano różne stężenia tego środka owadobójczego, mierzone w mikrogramach środka na kilogram pokarmu ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Niektóre ule nie były wystawione na działanie żadnego środka owadobójczego.

Żadna z kolonii pszczół nie wyginęła bezpośrednio po wystawieniu na działanie środka owadobójczego. Natomiast po upływie 14 tygodni stwierdzono, że niektóre ule zostały opuszczone. Poniższy wykres przedstawia zaobserwowane wyniki:

Liczba tygodni	0 $\mu\text{g}/\text{kg}$	20 $\mu\text{g}/\text{kg}$	400 $\mu\text{g}/\text{kg}$
10	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%
14	0%	25%	50%
16	0%	25%	50%
18	0%	25%	100%
20	25%	75%	100%
22	25%	100%	100%

Uczeń, po zapoznaniu się z treścią kolejnego wprowadzenia, ma za zadanie opisać eksperyment przeprowadzony przez naukowców, uzupełniając podane zdanie. W każdym z dwóch rozwijanych menu uczeń ma do wyboru po trzy możliwości. Aby poprawnie odpowiedzieć na pytanie, uczeń powinien prawidłowo zidentyfikować zmienne zależne i niezależne w doświadczeniu.

### Naukowcy zbadali wpływ

*masowego ginięcia kolonii pszczół*

*koncentracji imidaklopridu w żywności*

*odporności pszczół na imidakloprid*

na

*masowe ginięcie kolonii pszczół.*

*koncentrację imidaklopridu w żywności.*

*odporność pszczół na imidakloprid.*

Prawidłowa odpowiedź to: „Naukowcy zbadali wpływ koncentracji imidaklopridu w żywności na masowe ginięcie kolonii pszczół”.

<b>Umiejętność</b>	planowanie i ocena poprawności procedur badawczych
<b>Wiedza</b>	procedury badawcze
<b>Kontekst</b>	lokalny/krajowy – jakość środowiska
<b>Wymagania poznawcze</b>	średnie
<b>Format zadania</b>	kodowanie komputerowe

### Pytanie 3

Kolejne pytanie z wiązki dotyczy zrozumienia i interpretacji wykresu. Opisanie wstępnie doświadczenie pokazano w formie graficznej, przedstawiając ginięcie kolonii pszczół w zależności od zastosowanej dawki środka owadobójczego, w czasie prowadzonej przez 14 tygodni obserwacji.

**Zespół masowego ginięcia pszczół**  
Pytanie 3 / 5

Zapoznaj się z tekstem "Wystawienie na działanie imidaklopridu" po prawej stronie. Kliknij, aby wybrać odpowiedź na pytanie.

Który z następujących wniosków wynika z danych przedstawionych na wykresie?

- Kolonie wystawione na działanie wyższego stężenia imidaklopridu zwykle giną szybciej.
- Kolonie wystawione na działanie imidaklopridu giną w ciągu 10 tygodni od kontaktu z tym środkiem.
- Wystawienie na działanie imidaklopridu w stężeniach poniżej 20 µg/kg nie jest szkodliwe dla kolonii.
- Kolonie wystawione na działanie imidaklopridu nie mogą przeżyć dłużej niż 14 tygodni.

**ZESPÓŁ MASOWEGO GINIĘCIA PSZCZÓŁ**  
Wystawienie na działanie imidaklopridu

Naukowcy przypuszczają, że zespół masowego ginięcia pszczół ma wiele przyczyn. Jedną z możliwych przyczyn jest działanie środka owadobójczego o nazwie imidakloprid, który może powodować u pszczół przebywających poza ulem utratę zmysłu orientacji.

Naukowcy zbadali, czy wystawienie na działanie imidaklopridu prowadzi do masowego ginięcia pszczół. Przez trzy tygodnie dodawali ten środek owadobójczy do pokarmu pszczół w określonej liczbie uli. W poszczególnych ulach zastosowano różne stężenia tego środka owadobójczego, mierzone w mikrogramach środka na kilogram pokarmu (µg/kg). Niektóre ule nie były wystawione na działanie żadnego środka owadobójczego.

Żadna z kolonii pszczół nie wyginęła bezpośrednio po wystawieniu na działanie środka owadobójczego. Natomiast po upływie 14 tygodni stwierdzono, że niektóre ule zostały opuszczone. Poniższy wykres przedstawia zaobserwowane wyniki:

Liczba tygodni	0 µg/kg	20 µg/kg	400 µg/kg
10	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%
14	0%	25%	50%
16	0%	25%	50%
18	0%	25%	100%
20	25%	75%	100%
22	100%	100%	100%

Aby odpowiedzieć na pytanie, uczeń powinien przeanalizować wykres zawierający zależność między stężeniem środka owadobójczego a tempem ginięcia kolonii pszczół. Prawidłowa odpowiedź na pytanie, to: „Kolonie nastawione na działanie wyższego stężenia imidaklopridu zwykle giną szybciej”. Wybór innej odpowiedzi świadczy o niezrozumieniu danych pokazujących zależność między badanymi zmiennymi.

<b>Umiejętność</b>	interpretacja danych i dowodów naukowych
<b>Wiedza</b>	procedury badawcze
<b>Kontekst</b>	lokalny/krajowy – jakość środowiska
<b>Wymagania poznawcze</b>	średnie
<b>Format zadania</b>	wielokrotnego wyboru – kodowanie komputerowe

## Pytanie 4

Kolejne pytanie wymaga od ucznia sformułowania własnej odpowiedzi. Uczeń powinien wykazać się znajomością metody naukowej – zrozumieniem, czym jest próba kontrolna.

**Zespół masowego ginięcia pszczół**  
Pytanie 4 / 5

Zapoznaj się z tekstem "Wystawienie na działanie imidaklopridu" po prawej stronie. Wpisz odpowiedź na pytanie.

Odczytaj wynik, jaki uzyskano w 20. tygodniu badania w przypadku uli nie wystawionych na działanie imidaklopridu (0 µg/kg). Co mówi ten wynik o przyczynach masowego ginięcia badanych kolonii pszczół?

**ZESPÓŁ MASOWEGO GINIĘCIA PSZCZÓŁ**  
**Wystawienie na działanie imidaklopridu**

Naukowcy przypuszczają, że zespół masowego ginięcia pszczół ma wiele przyczyn. Jedną z możliwych przyczyn jest działanie środka owadobójczego o nazwie imidakloprid, który może powodować u pszczół przebywających poza ulem utratę zmysłu orientacji.

Naukowcy zbadali, czy wystawienie na działanie imidaklopridu prowadzi do masowego ginięcia pszczół. Przez trzy tygodnie dodawali ten środek owadobójczy do pokarmu pszczół w określonej liczbie uli. W poszczególnych ulach zastosowano różne stężenia tego środka owadobójczego, mierzone w mikrogramach środka na kilogram pokarmu (µg/kg). Niektóre ule nie były wystawione na działanie żadnego środka owadobójczego.

Żadna z kolonii pszczół nie wyginęła bezpośrednio po wystawieniu na działanie środka owadobójczego. Natomiast po upływie 14 tygodni stwierdzono, że niektóre ule zostały opuszczone. Poniższy wykres przedstawia zaobserwowane wyniki:

Liczba tygodni	0 µg/kg	20 µg/kg	400 µg/kg
10	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%
14	0%	25%	50%
16	0%	25%	50%
18	0%	25%	100%
20	25%	75%	100%
22	25%	100%	100%

Aby prawidłowo odpowiedzieć na pytanie, uczniowie powinni zauważyć, że oprócz środka owadobójczego w wypadku badanych kolonii pszczół musi istnieć inna, naturalna przyczyna ich zamierania albo że ule w grupie kontrolnej nie były odpowiednio chronione przed narażeniem na środek owadobójczy.

### Kredyt całkowity

Kod 1: odpowiedź wskazuje, że musi istnieć inna przyczyna masowego ginięcia pszczół.

- Musi być inna przyczyna masowego ginięcia pszczół oprócz imidaklopridu.
- Musi być jakiś inny środek owadobójczy poza imidaklopridem [Punkt przyznany za zidentyfikowanie innej przyczyny, nawet jeżeli konkretna nie została podana].
- Być może część kolonii ginie w sposób naturalny, nawet jeśli nie są wystawione na działanie szkodliwych substancji chemicznych [Pomysł, że przyczyna może być naturalna, pozwala przyznać kod 1, ale odpowiedź musi być jednoznaczna].

LUB

Odpowiedź wskazuje, że ule kontrolne nie zostały poddane wystarczającej kontroli.

- Pszczoły z uli, którym naukowcy podali 0 µg/kg imidaklopridu, mogły wejść w kontakt z tą substancją w inny sposób.

## Brak kredytu

Kod 0: inne odpowiedzi.

- *Niektóre kolonie pszczół rozpadły się samoistnie* [Odpowiedź nie precyzuje, że musi być inna przyczyna].

<b>Umiejętność</b>	wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy
<b>Wiedza</b>	treści nauki – układy ożywione
<b>Kontekst</b>	lokalny/krajowy – jakość środowiska
<b>Wymagania poznawcze</b>	średnie
<b>Format zadania</b>	otwarte

## Pytanie 5

Ostatnie pytanie tej wiązki wymaga od uczniów odniesienia się do wiadomości, a następnie wyjaśnienie zjawiska przyrodniczego w sposób naukowy.

**Zespół masowego ginięcia pszczół**  
Pytanie 5 / 5

Kliknij, aby wybrać odpowiedź na pytanie

Naukowcy zaproponowali dwie dodatkowe przyczyny masowego ginięcia pszczół:

- Wirus, który zakaża i zabija pszczoły.
- Pasożytnicza mucha, która składa jaja w odwłoku pszczół.

Która z poniższych obserwacji potwierdza to, że pszczoły giną z powodu wirusa?

- W ulach znaleziono jaja pochodzące z innego organizmu.
- W komórkach pszczół znaleziono środki owadobójcze.
- W komórkach pszczół znaleziono DNA nie należące do pszczół
- W ulach znaleziono martwe pszczoły.

Aby odpowiedzieć na pytanie, uczniowie powinni wykorzystać odpowiednią wiedzę naukową na temat zakażeń wirusowych, a następnie powiązać odpowiedź z jedną z czterech obserwacji. Prawidłowa jest odpowiedź trzecia: „W komórkach pszczół znaleziono DNA nienależące do pszczół”.

<b>Umiejętność</b>	wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy
<b>Wiedza</b>	treści nauki – układy ożywione
<b>Kontekst</b>	lokalny/krajowy – jakość środowiska
<b>Wymagania poznawcze</b>	średnie
<b>Format zadania</b>	wielokrotnego wyboru – kodowanie komputerowe