

STEM

w klasach 4–8 szkoły podstawowej

Czego Jaś się nie nauczy...





w klasach 4–8 szkoły podstawowej

Czego Jaś się nie nauczy...

Autorka

Agnieszka Chomicka-Bosy, Karolina Żelazowska-Byczkowska

Redakcja i korekta

Katarzyna Gańko

Layout, skład i redakcja techniczna

Paweł Jaros

Projekt okładki

Agnieszka Orłowska

Wydział Wydawnictw, Upowszechniania Zasobów i Promocji

Projekt grafiki na stronie tytułowej

Karolina Żelazowska-Byczkowska

Grafika realizowana przy wsparciu sztucznej inteligencji

Ośrodek Rozwoju Edukacji

Warszawa 2026

ISBN: 978-83-68584-73-8

Publikacja jest rozpowszechniana na zasadach licencji Creative Commons
Uznanie Autorstwa – Użycie Niekommercyjne (CC BY-NC)

Rządowy program wspierania organów prowadzących szkoły i placówki
w rozwijaniu umiejętności cyfrowych dzieci i młodzieży na lata 2025-2029
– „Cyfrowy Uczeń” (Dz.U. 2025 poz. 1254)

Ośrodek Rozwoju Edukacji

Aleje Ujazdowskie 28

00-478 Warszawa

tel. 22 345 37 00

www.ore.edu.pl

Edukacja jest fundamentem przyszłości, a edukacja STEM wyrównuje szanse wszystkich na osiągnięcie sukcesu w przyszłych potrzebach ludzkości.

Education is the foundation for your future, STEM education is the leveller for all to be successful in the future needs of humanity.

Ian R. McAndrew

Spis treści

Zaproszenie do wspólnej podróży	6
ROZDZIAŁ I. STEM jako podróż	10
ROZDZIAŁ II. Od pierwszych kroków do projektowania środowiska uczenia się	23
ROZDZIAŁ III. Na szlaku doświadczeń: aktywności STEM dla klas 4-8	33
STEM w klasach 4-8 – zaproszenie do wspólnej wyprawy	48
Bibliografia	49



Zaproszenie do wspólnej podróży

Drugi etap edukacyjny to czas intensywnego rozwoju poznawczego, w którym uczniowie stopniowo przechodzą od prostych obserwacji do samodzielnego formułowania hipotez, rozwiązywania problemów oraz integrowania informacji pochodzących z wielu źródeł. W tym okresie rośnie potrzeba uczenia się w sposób aktywny, angażujący i odnoszący się do realnych zjawisk współczesnego świata. Jednocześnie uczniowie rozpoczynają naukę przedmiotową pod okiem specjalistów: nauczycieli biologii, geografii, chemii, fizyki, matematyki, informatyki czy techniki. Umożliwia to głębsze poznawanie poszczególnych dyscyplin, ale stawia również wyzwanie – jak pomóc uczniom zachować spójny obraz rzeczywistości, skoro szkolny świat zostaje podzielony na odrębne przedmioty?

Odpowiedzią na to pytanie może być podejście STEM (od ang. Science, Technology, Engineering, Mathematics). Ten model pracy nie wprowadza kolejnej „dyscypliny”, lecz oferuje spójny sposób myślenia o edukacji, który integruje wiedzę, doświadczenie i działanie. STEM wspiera rozwój myślenia krytycznego, komputacyjnego, badawczego oraz inżynierskiego, a jednocześnie pokazuje, że treści z matematyki, przyrody, fizyki, chemii, geografii, techniki i informatyki wzajemnie się uzupełniają. Uczniowie doświadczają świata, który nie składa się z izolowanych „szufladek”, lecz stanowi całość, którą można odkrywać poprzez eksperymentowanie, projektowanie i analizowanie.

Nasz poradnik powstał z myślą o nauczycielach klas 4–8, którzy chcą prowadzić zajęcia w modelu STEM. W zamierzeniu autorek materiał ma syntetyzować bogatą literaturę przedmiotu tak, aby nauczyciel otrzymał wsparcie w projektowaniu lekcji rozwijających ciekawość, samodzielność i sprawczość uczniów, niezależnie od tego, czy praca odbywa się w laboratorium, w pracowni STEM, w makerspace czy w zwykłej klasie.

Publikacja może być pomocna w:

- poznaniu idei STEM jako sposobu organizowania procesu uczenia się;
- planowaniu zajęć opartych na eksperymentach, analizie danych, projektowaniu i uczeniu się przez działanie;

- świadomym, bezpiecznym i celowym wykorzystywaniu narzędzi cyfrowych;
- integrowaniu treści z różnych przedmiotów – od nauk przyrodniczych po informatykę i matematykę;
- rozwijaniu u uczniów kompetencji przekrojowych i fundamentalnych.

W starszych klasach szkoły podstawowej praca w modelu STEM wzmacnia edukację opartą na rozumieniu i twórczym działaniu. Uczniowie mają okazję do zdobywania wiedzy poprzez interpretowanie danych, tworzenie modeli, konstruowanie prototypów, prowadzenie obserwacji i poszukiwanie rozwiązań, które mają znaczenie w realnym świecie. Dzięki temu w szkolnych salach możliwe jest otwieranie przestrzeni na doświadczenia, odkrywanie i eksperymentowanie, a tym samym na rozumienie edukacyjnej roli popełniania błędów, gotowość do wyciąganie wniosków z niepowodzeń, co może wzmacniać uczniowską sprawczość.

Zarówno obowiązująca podstawa programowa, jak i projekt nowych wytycznych akcentują znaczenie kluczowych kompetencji, które stanowią fundament także pracy w podejściu STEM. Wśród celów kształcenia ogólnego określonych w aktualnej podstawie programowej jako istotne zostały wskazane m.in.: rozwijanie umiejętności krytycznego i logicznego myślenia, rozumowania, argumentowania, kreatywności, innowacyjności oraz przedsiębiorczości – czyli obszarów, które w naturalny sposób mogą być realizowane podczas zajęć opartych na eksperymentach, projektowaniu, analizie danych i uczeniu się przez działanie.

STEM może również sprzyjać rozbudzaniu ciekawości poznawczej, motywacji do nauki oraz umiejętności samodzielnego poszukiwania informacji, odpowiadając na wymagania podstawy dotyczące „kształtowania postawy otwartej wobec świata” i „zachęcania do świadomego samokształcenia”. Uczniowie pracują zespołowo, co wzmacnia ich odpowiedzialność społeczną, umiejętność współdziałania i aktywne uczestnictwo w życiu szkolnym oraz lokalnym. A ponieważ każde działanie STEM angażuje uczniów w komunikację – ustną, pisemną i wizualną – wspierany jest równocześnie rozwój kompetencji językowych.

Wzmocnieniu wymienionych wyżej kompetencji, kluczowych dla świadomego, odpowiedzialnego i twórczego funkcjonowania w dynamicznie zmieniającym się świecie, sprzyjają działania przewidziane w programie rządowym „Cyfrowy Uczeń” (Dz.U. z 2025 r. poz. 1254), który w latach 2025–2029 zakłada:

- wyposażenie szkół w nowoczesne pracownie STEM,
- wsparcie dla nauczycieli w zakresie technologii edukacyjnych,
- udostępnienie zasobów dydaktycznych na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej (ZPE).

Nowa infrastruktura otwiera wiele możliwości, ale – co wyraźnie podkreśla program – sama technologia nie zmieni edukacji; kluczowe są metody pracy, które pozwolą uczniom wykorzystywać narzędzia do badań, projektowania i rozwiązywania rzeczywistych problemów. Niniejszy poradnik ma właśnie temu służyć: wsparciu nauczycieli w świadomej integracji technologii z działaniami badawczymi, matematycznymi, technicznymi i projektowymi. I choć publikacja została przygotowana przede wszystkim dla nauczycieli klas 4–8, może okazać się wartościowa również dla dyrektorów tworzących pracownie STEM, studentów kierunków pedagogicznych, edukatorów prowadzących zajęcia projektowe oraz rodziców wspierających zainteresowania swoich dzieci.

STEM to sposób myślenia o uczeniu się, który łączy ciekawość, eksperyment, współpracę i projektowanie rozwiązań. Wspiera sprawczość uczniów, a nauczycielom daje narzędzia do budowania kultury edukacyjnej opartej na dialogu, otwartości i twórczej odwadze.

Poradnik składa się z trzech części:

ROZDZIAŁ I. STEM jako podróż – to krótkie wprowadzenie podstaw pracy z uczniami klas 4–8, które wyjaśnia mechanizmy uczenia się i sposoby zdobywania wiedzy z matematyki, nauk przyrodniczych, technologii i myślenia komputacyjnego.

ROZDZIAŁ II. Od pierwszych kroków do projektowania środowiska uczenia się – opisuje drogę rozwoju nauczyciela: od pierwszych aktywności STEM, przez pracę projektową, aż po świadome projektowanie środowiska uczenia się.

ROZDZIAŁ III. Na szlaku doświadczeń: aktywności STEM dla klas 4–8 – zawiera zestaw propozycji działań dla klas 4–8: ćwiczeń, doświadczeń i projektów rozwijających matematyczne, przyrodnicze, cyfrowe i inżynierskie umiejętności uczniów. Opisy sygnalizują, w jaki sposób można połączyć treści przedmiotowe, angażować uczniów i prowadzić interdyscyplinarne zajęcia możliwe do zrealizowania w warunkach szkolnych.

ROZDZIAŁ I. STEM jako podróż

Otwieranie mapy: czym jest STEM i dokąd prowadzi?



Czy wiesz, że...

W latach 90. XX w. zamiast akronimu STEM amerykańska Narodowa Fundacja Nauki (National Science Foundation) używała skrótu „SMET”? Brzmienie tego akronimu było zbyt bliskie do słowa „smut” oznaczającego m.in. brud, sadzę. Wystarczyło zmienić kolejność liter... i problem został rozwiązany. Od 2011 r. używany jest akronim STEM (Donahoe, 2013; Sanders, 2009).

STEM to podejście edukacyjne, którego celem jest przygotowanie uczniów do funkcjonowania we współczesnym, złożonym świecie. Poprzez integrację czterech kluczowych obszarów wiedzy: nauki, technologii, inżynierii i matematyki, uczniowie nie tylko konstruują wiedzę przedmiotową, ale także rozwijają równie ważne umiejętności takie jak analizowania informacji, krytycznego myślenia i rozwiązywania problemów.

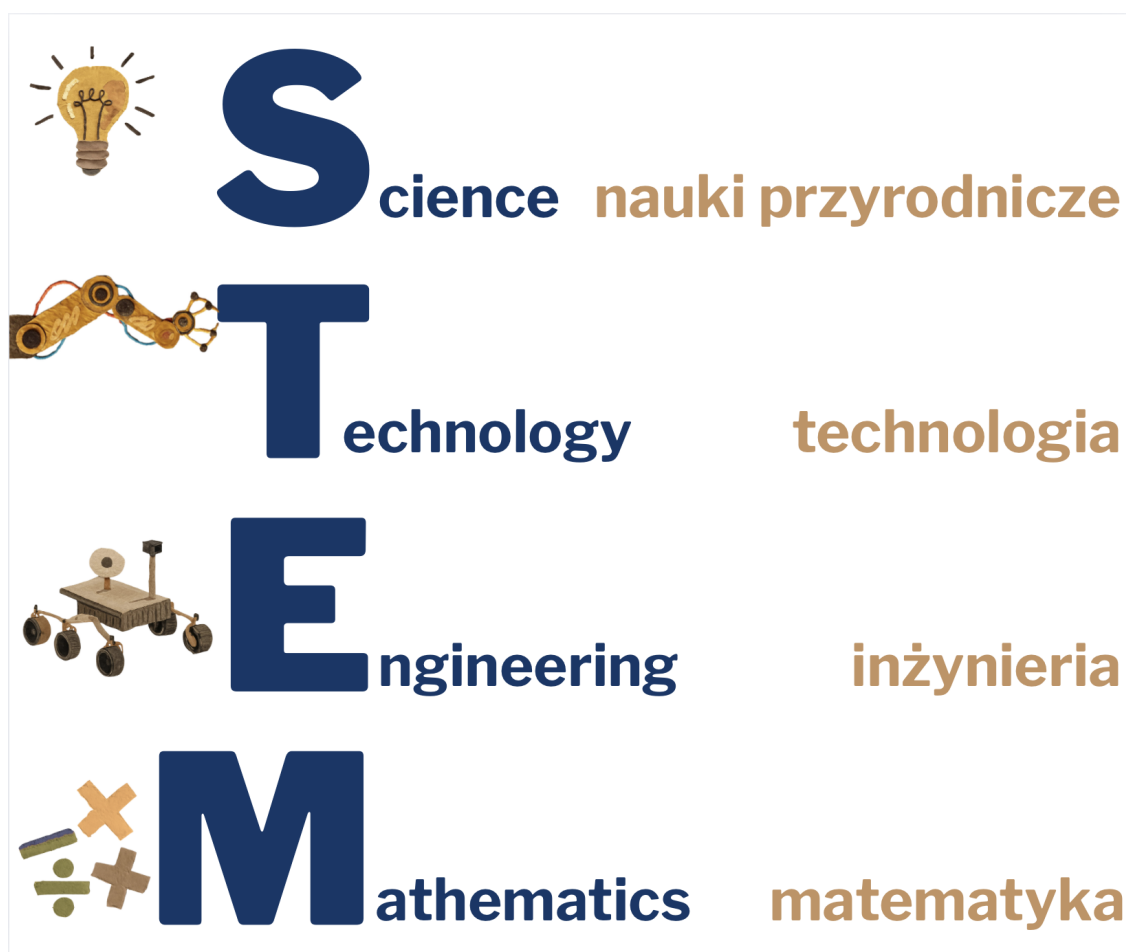
Terminu STEM używa się zarówno w kontekście pracy z dziećmi, młodzieżą, studentami, jak i do charakteryzowania rodzaju karier zawodowych (Marrero, Gunning, Germain-Williams, 2014). Definicje STEM nie są jednoznaczne. Dla części osób STEM odnosi się do edukacji i zawodów w dziedzinach ścisłych i matematycznych. Inni włączają także nauki społeczne i pokrewne obszary (Bybee, 2010).

W klasach 4–8 STEM:

- ułatwia integrację przedmiotów (przyroda, biologia, fizyka, chemia; technika, informatyka; matematyka, geografia);
- uczy patrzenia na problemy w sposób interdyscyplinarny;
- wzmacnia myślenie naukowe i projektowe;
- rozwija kompetencje kluczowe, w tym cyfrowe, problemowe, społeczne i komunikacyjne;
- daje przestrzeń na eksperymenty, pracę projektową, konstruowanie i iteracje.

Dostosowane do polskiej szkoły podejście STEM stanowi praktyczną odpowiedź na założenia podstawy programowej – zarówno z 2017 r., jak i projektowanej na 2025 r. – i wspiera nauczycieli w tworzeniu edukacji opartej na odkrywaniu, rozumowaniu i doświadczaniu.

Badacze wskazują, że rozwój STEM w szkołach wiąże się z potrzebą przygotowania młodych ludzi do realiów współczesnego świata, zarówno w zakresie życia codziennego, jak i przyszłych zawodów (Tytler, 2020). Uczniowie dorastają w środowisku pełnym technologii, informacji i dynamicznych zmian, dlatego potrzebują edukacji, która pozwoli im zadawać pytania i samodzielnie poszukiwać odpowiedzi, rozumieć zjawiska przyrodnicze, korzystać z technologii jako narzędzia, tworzyć i testować własne pomysły, budować odporność poznawczą i wytrwałość w działaniu (English, 2016).



Ilustracja 1. Akronim STEM. Opracowanie własne z wykorzystaniem programu Canva dla edukacji



Czy wiesz, że...

Coraz częściej można spotkać się również z akronimem STEAM. Dodana litera **A** pochodzi od słowa *arts* i obejmuje sztukę, design oraz kreatywne formy ekspresji. Pomysł rozszerzenia STEM o komponent artystyczny pojawił się w środowiskach edukacyjnych i projektowych, które zauważyły, że innowacyjność technologiczna wymaga nie tylko ścisłego myślenia, ale również wyobraźni, kreatywności i wrażliwości estetycznej. Dlatego STEAM podkreśla, że rozwiązania inżynierskie i naukowe są pełniejsze, kiedy łączą logikę z twórczością. Co ciekawe, samo dodanie litery „A” było także próbą podkreślenia, że twórczość i projektowanie nie są dodatkiem do nauki – ale jej integralnym elementem (Marrero i in.; 2014, Bojarska-Sokołowska, 2024).

STEM – cztery litery jak cztery strony świata

S – Science – badacze zjawisk i praw natury

W podejściu anglosaskim „science” obejmuje szeroki zestaw nauk przyrodniczych: fizykę, chemię, biologię, geologię, astronomię. W polskiej szkole znajdujemy odzwierciedlenie tych obszarów: w klasach 4–6 realizowanych jako przyroda, a w klasach 7–8 jako odrębne przedmioty: biologia, chemia, fizyka oraz częściowo geografia.

W podejściu STEM „science” oznacza nie tylko zakres treści tych przedmiotów, ale przede wszystkim sposób dochodzenia do wiedzy – model myślenia naukowego. Dzięki temu wzmacniane są takie umiejętności jak formułowanie problemów badawczych, stawianie hipotez, prowadzenie obserwacji i doświadczeń, analizowanie wyników i praca z danymi, wnioskowanie na podstawie dowodów. STEM porządkuje więc te treści we wspólnej logice: poznaj, zbadaj, sprawdź, wyciągnij wnioski.

Nauczyciele biologii, chemii i fizyki (a także przyrody w klasach 4–6) mogą szczególnie wykorzystać STEM do wdrażania uczenia opartego

na dociekaniu (Inquiry-Based Learning, IBL), które jest często wskazywane jako skuteczna forma pracy dydaktycznej, sprzyjająca realizacji koncepcji konstruktywizmu. W tego typu podejściu kluczową rolę pełni aktywnie myślący uczeń, który – podobnie jak naukowiec – formułuje pytania i hipotezy, podejmuje próby rozwiązywania problemów badawczych, projektuje sposób działania, korzysta z różnych narzędzi do zbierania danych, a następnie przedstawia wyniki swoich analiz w zróżnicowanej formie (Koterwas, 2022).

T – Technology – narzędzia i cyfrowe ścieżki

W STEM technologia rozumiana jest znacznie szerzej niż technologia cyfrowa. To – cytując hasło odnotowane w Wielkim Słowniku Języka Polskiego PAN – „wiedza o metodach produkowania, przetwarzania lub przesyłania czegoś”, o tym jak wykorzystać narzędzie, które pomaga badać świat, rozwiązywać problemy i tworzyć rozwiązania.

Warto zaznaczyć, że wachlarz możliwej do wykorzystania technologii obejmuje zarówno proste narzędzia (lupy, wagi, linijki, suwmiarki, zestawy laboratoryjne), jak i technologie cyfrowe (roboty edukacyjne, aplikacje do pomiaru, mikrokontrolery, symulacje, aparaty, kamery, czujniki). Brak ograniczeń sprawia, że każdy nauczyciel może przygotowywać środowisko pracy STEM zarówno z uwzględnieniem własnych, uczniowskich, jak i szkolnych możliwości i potrzeb.

W polskiej szkole ta część STEM-u najsilniej łączy się z treściami zawartymi w podstawie programowej z techniki i informatyki. Warto jednocześnie dostrzegać i wzmacniać związki z praktycznym wykorzystaniem technologii podczas lekcji biologii, geografii, fizyki i chemii, aby modelować u uczniów świadomość korzystania z narzędzi cyfrowych w celach edukacyjnych.

Technologia w STEM to również świadome korzystanie z narzędzi, rozumienie ich możliwości i ograniczeń, a także umiejętność wyboru najodpowiedniejszego narzędzia do zadania. W trakcie zajęć uczniowie nie tylko uczą się obsługi konkretnych narzędzi czy aplikacji, ale przede wszystkim rozumienia zasad ich działania, m.in. podczas takich działań jak: wykonywanie pomiarów, przygotowanie prezenta-

cji i dokumentacji badań, projektowanie w programach graficznych, symulacje chemiczne czy fizyczne online, nauka podstaw programowania.

E – Engineering – projektowanie rozwiązań

Inżynieria obejmuje wiele dziedzin, takich jak inżynieria mechaniczna, elektryczna, chemiczna, informatyczna, budowlana, środowiskowa. W polskich szkołach nie ma osobnego przedmiotu „inżynieria”, ale w edukacji STEM uczniowie pracują w sposób zbliżony do myślenia inżynierskiego: wykorzystują wyobraźnię, doświadczenie, analizę i świadome rozumowanie, aby projektować rozwiązania, konstruować modele, testować ich działanie i wprowadzać udoskonalenia. Tak jak inżynierowie tworzą maszyny i procesy produkcyjne, systemy środowiskowe czy rozwiązania biomedyczne, tak uczniowie – w mniejszej skali – uczą się planowania, budowania, oceniania efektów oraz usprawniania własnych prototypów. Dzięki temu inżynieria staje się nie tylko obszarem wiedzy, ale praktycznym sposobem rozwijania w szkole kluczowych kompetencji STEM: przewidywania konsekwencji, rozwiązywania problemów, planowania, kreatywności, myślenia przyczynowo-skutkowego oraz pracy projektowej.

M – Mathematics – język map, proporcji i wzajemnych zależności

Matematyka w STEM jest językiem opisu świata, pojawia się w naturalnych kontekstach: służy mierzeniu, porównywaniu, analizie danych (także statystycznej), modelowaniu zjawisk za pomocą wykresów, funkcji czy proporcji, analizowaniu wzorów i zależności, opisywaniu wyników eksperymentów oraz logicznemu rozumowaniu w sytuacjach problemowych. W praktyce szkolnej przejawia się to m.in. w: liczeniu i mierzeniu podczas doświadczeń z fizyki i chemii, obliczaniu prędkości, czasu, masy czy wartości średnich, tworzeniu wykresów (np. zmian temperatury, wzrostu roślin, poziomu pH), projektowaniu konstrukcji opartych na właściwościach figur geometrycznych oraz w programowaniu robotów, które wymaga logicznego myślenia, precyzyjnych sekwencji i rozumienia zależności liczbowych. Dzięki temu matematyka staje się narzędziem do interpretowania

świata, a nie jedynie zbiorem abstrakcyjnych procedur. Matematyka pozwala uczniom porządkować świat i podejmować decyzje na podstawie dowodów – co jest kluczowe w nauce krytycznego myślenia.

Dlaczego STEM? Podróż od teorii do działania

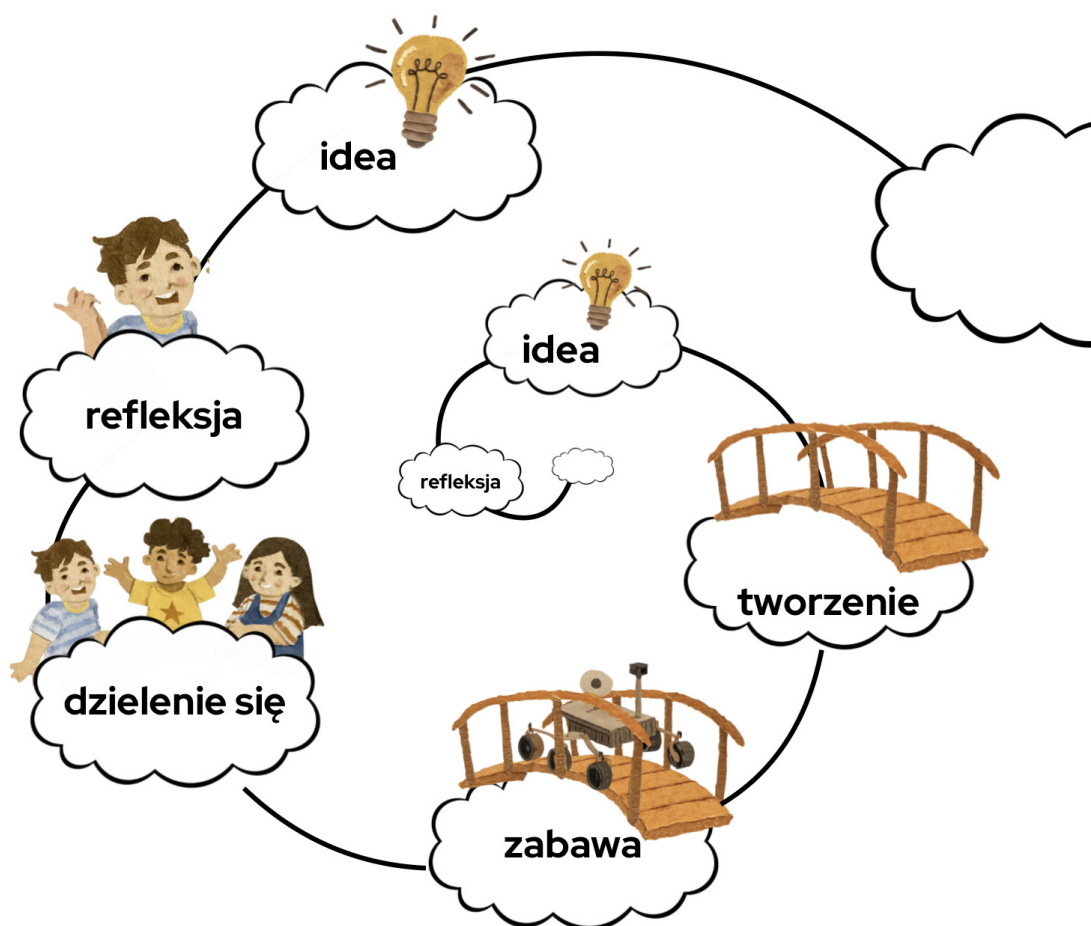
Teoria jako kompas uczenia się w działaniu

Zajęcia STEM-owe mogą kojarzyć się z działaniami polegającymi na konstruowaniu: uczniowie budują mosty z papieru, modele maszyn prostych, wieże z patyczków, prototypy pojazdów, filtry do wody, konstrukcje hydrauliczne czy programowalne roboty. Jednak hasło „konstruowanie” prowadzi nas nie tylko do świata rzeczy, lecz także do sposobu uczenia się, który od lat opisują teorie edukacyjne. Fundamentem dydaktyki konstruktywistycznej są teorie Piageta, Wygotskiego i Brunera (Klus-Stańska, 2018). Choć różnorodne, łączy je centralna rola aktywności ucznia, uczenie w działaniu, praca w strefie najbliższego rozwoju, uczenie spiralne oraz społeczny charakter poznania. Wszystkie te elementy są integralną częścią edukacji STEM na poziomie klas 4–8.

Na gruncie idei konstruktywizmu rozwijanych przez Piageta powstała także koncepcja konstrukcjonizmu, rozwijana przez Seymoura Paperta, matematyka i badacza z MIT. Papert współpracował z Piagetem, pogłębiał jego myśl, koncentrując się na tym, jak dzieci uczą się, konstruując coś, co ma dla nich osobiste znaczenie. Podkreślał, że wiedza rozwija się w działaniu, a uczenie się staje się najpełniejsze wtedy, gdy dziecko tworzy, bada, projektuje i testuje własne rozwiązania. Papert w szczególności interesował się uczeniem między rówieśnikami, a także możliwością wykorzystania w edukacji komputerów. W swoich pracach Papert argumentował, że szkoła powinna wspierać uczniów w samodzielnym odkrywaniu i budowaniu modeli świata, a nie jedynie przekazywać gotowe informacje.

Konstrukcjonizm – bliski duchowi STEM – zakłada, że najlepiej uczymy się wtedy, gdy wytwarzamy coś realnego: program, konstrukcję, model, obiekt, ruchomą zabawkę czy projekt techniczny. Takie ak-

tywności angażują zarówno poznanie, jak i emocje, wywołując naturalną motywację do dalszego badania i ulepszania efektów. STEM staje się więc praktycznym urzeczywistnieniem idei Paperta: uczeń uczy się poprzez działanie, tworzenie i konstruowanie własnych znaczeń. Mimo upływu niemal pół wieku, koncepcja Seymoura Paperta nadal jest rozwijana. Obecnie zespołem MIT Lifelong Kindergarten kieruje uczeń i współpracownik Paperta – Mitchel Resnick, znany w środowisku polskiej edukacji jako twórca programu do kodowania Scratch.



Ilustracja 2. Spirala kreatywnego uczenia się: idea (pomysł, wyobrażenie), tworzenie (budowanie), zabawa, dzielenie się, refleksja, idea (nowe wyobrażenie, modyfikacja pomysłu). Opracowanie własne wykorzystaniem programu Canva dla edukacji

Mitchel Resnick, rozwijając koncepcję Seymoura Paperta, opisuje projekt jako szczególny rodzaj podróży (Resnick, 2018). Posługuje się metaforą spirali kreatywnego myślenia (*creative spiral*), w której proces rozpoczyna się od etapu wyobrażenia (*imagine*) – dziecko wpada na pomysł ważny lub interesujący. Następnie przechodzi do tworze-

nia (*create*), które ma charakter zabawy, eksploracji i swobodnego dobierania rozwiązań (*play*). Kolejnym elementem jest dzielenie się (*share*), bo w toku pracy twórcy wymieniają się pomysłami, przyjmują różne role i inspirują nawzajem. Etap ten prowadzi do refleksji (*reflect*), w której dziecko przygląda się temu, co powstało, ocenia swoje działania, dostrzega błędy oraz nowe możliwości. Z refleksji rodzi się kolejny pomysł i... cykl zaczyna się od nowa (*imagine*).

Ten cykl jest jednocześnie opisem naturalnego przebiegu działań STEM: uczniowie najpierw wyobrażają sobie rozwiązanie problemu, następnie budują i testują prototypy, wymieniają się pomysłami w zespole, analizują wyniki i wracają do usprawnień. Dzięki temu spiralny proces twórczy staje się fundamentem uczenia się w STEM: iteracyjnym, zespołowym i opartym na realnym działaniu.

Iteracyjne wyprawy – o zaletach powrotów do miejsc już widzianych

Cykl uczenia się Davida Kolba kojarzony jest w Polsce głównie z edukacją dorosłych, ale jego założenia doskonale sprawdzają się również w pracy z dziećmi. Kolb opisuje uczenie się jako proces kołowy, w którym – podobnie jak w przypadku spirali kreatywnego uczenia się – osoba zdobywająca kompetencje, przechodzi między różnymi fazami. W klasycznym ujęciu początkiem jest doświadczenia, po którym następuje refleksja, następnie wyciąganie wniosków i konceptualizacja, po której można rozpocząć eksperymentowanie, podejmując nową próbę.

Nietrudno dostrzec, że takie ujęcie jest zgodne z działaniami podejmowanymi w projektach STEM. Każda aktywność ma charakter iteracyjny: dziecko coś buduje, obserwuje efekt, zastanawia się, co zadziało, a co nie, po czym wprowadza zmiany i testuje ponownie. Porusza się po cyklu uczenia się dokładnie tak, jak opisuje to Kolb. Dzięki temu dzieci uczą się, że błędy są naturalną częścią procesu poznawczego, a próbowanie kolejnych rozwiązań jest wartościowe samo w sobie. Iteracje wzmacniają myślenie analityczne, wytrwałość, elastyczność poznawczą oraz gotowość do eksperymentowania – kompetencje, które stanowią fundament uczenia się w STEM i są

spójne zarówno z konstrukcjonizmem Paperta i Resnicka, jak i z aktualnymi założeniami edukacji wczesnoszkolnej.



Czy wiesz, że...

STEM realizowany w sposób przemysłany wspiera wyrównywanie szans edukacyjnych, rozszerzając przyszłe możliwości młodych ludzi, zarówno zawodowe, jak i społeczne. Uczniowie – niezależnie od pochodzenia, języka czy zdolności – potrzebują możliwości rozwijania kompetencji STEM, ponieważ są one fundamentem rozumienia współczesnego świata i uczestnictwa w życiu społecznym (Marrero, Gunning, Germain-Williams, 2014).

Kamienie milowe i punkty kontrolne: STEM jako droga rozwoju kompetencji kluczowych

Przeglądając materiały dotyczące edukacji STEM, często obok scenariuszy zajęć pojawiają się informacje o kompetencjach, które rozwijane są w trakcie uczenia się przez działanie. W materiałach Arduino Education podanych jest sześć fundamentalnych umiejętności rozwijanych podczas zajęć STEM:

1. **rozwiązywanie problemów**, czyli analiza sytuacji, identyfikowanie zmiennych i stosowanie metody naukowej;
2. **myślenie krytyczne**, polegające na ocenie wiarygodności danych i argumentów;
3. **kreatywność**, rozumiana jako zdolność tworzenia nowych rozwiązań i projektowania eksperymentów;
4. **ciekawość poznawcza**, sprzyjająca zadawaniu pytań i formułowaniu hipotez;
5. **myślenie logiczno-matematyczne**, umożliwiające modelowanie zjawisk i analizę danych;
6. **kompetencje inżynierijsko-projektowe**, obejmujące planowanie, testowanie i udoskonalanie prototypów.

STEM – według Indeed Editorial Team – obejmuje dziesięć kluczowych kompetencji, w tym: badania naukowe, analizę danych, rozwiązywanie problemów, kreatywność, kompetencje matematyczne,

korzystanie z technologii i komputerów, projektowanie w duchu design thinking, pracę zespołową, dociekliwość oraz orientację na potrzeby odbiorców. Razem tworzą zestaw umiejętności sprzyjających innowacjom, samodzielności i skutecznemu działaniu w świecie nauki i technologii.

Z kolei w dokumentach Komisji Europejskiej edukacja STEM promuje rozwój podstawowych kompetencji i umiejętności przekrojowych, takich jak rozwiązywanie problemów, krytyczne myślenie i współpraca, stanowiących fundament nowoczesnej, interdyscyplinarnej edukacji.

Makerspace – twórcza przestrzeń, która pobudza ciekawość

Makerspace to miejsce, w którym uczniowie mogą tworzyć, testować, projektować i eksperymentować, korzystając zarówno z prostych materiałów codziennego użytku, jak i z technologii cyfrowych. To przestrzeń, która pozwala przejść od pomysłu do prototypu, od pytania do doświadczenia – bez lęku przed błędem i bez konieczności posiadania gotowego przepisu. W takich warunkach ciekawość staje się siłą napędową, a naturalne „A co by było, gdyby...?” przekształca się w działania badawcze.

Kilka przykładów z realnych działań STEM-owych – zamiast długich opisów – pokazuje, jak żywa może być ta przestrzeń. W jednym miejscu uczniowie konstruują mosty z kartek, w innym drukują modele 3D, programują robota, projektują grę terenową, testują dynamo z rowerowego koła lub porównują wytrzymałość kolumn. W tle słychać rozmowy, pomysły, pytania, śmiech i czasem... drobne frustracje – bo prototyp nie zawsze działa za pierwszym razem. To naturalna część procesu.

Makerspace pokazuje, że różnorodność form pracy jest wartością: czasem lekcja odbywa się przy stole z tekturą i taśmą, czasem przy komputerze, czasem na dworze, czasem w ciszy dokumentowania danych, a czasem w głośnej burzy pomysłów. Wszystkie te działania łączą jedno: dzieci i młodzież uczą się poprzez działanie, mają

wpływ, przejmują odpowiedzialność i odkrywają, jak wiedza z różnych przedmiotów łączy się w sensowną całość.

To nie tylko pracownia – to sposób myślenia o edukacji: bardziej otwartej, empatycznej, dialogowej i sprawczej. Makerspace nie wymaga idealnych warunków – wystarczy niewielka przestrzeń, pudełko materiałów, odwaga do eksperymentowania i decyzja nauczyciela, by czasem puścić ster i pozwolić ciekawości prowadzić dalej (zob. Ilustracje 3–6).



Ilustracja 3. Na zdjęciach widoczna jest twórcza przestrzeń uczniów, w której powstają wielkoformatowe prace na arkuszach papieru – malowane farbami, rysowane kredkami i uzupełniane notatkami dokumentującymi STEM-owe hipotezy, plany i wnioski. Uczniowie pracują z różnorodnymi materiałami: tkaninami, akcesoriami plastycznymi, klockami, patyczkami oraz elementami konstrukcyjnymi wykorzystywanymi zgodnie z zasadami design thinking. Obok konstrukcji i modeli znajdują się szkice, prototypy oraz zapisy obserwacji – widoczne są iteracje, poprawki i pomysły rozwijane w procesie wspólnego projektowania. Cała przestrzeń pokazuje bogactwo form pracy i naturalne przechodzenie od idei, przez prototyp, do refleksji i dokumentacji. Autorka: Karolina Żelazowska-Byczkowska CC-BY-SA



Ilustracja 4. Różnorodne działania uczniów związane z przyrodą: wykorzystanie naturalnych zasobów, takich jak barwniki roślinne, oraz pracy na konkretach, np. wykorzystanie kasztanów do przeliczania. Przyroda pełni tu także rolę materiału badawczego – uczniowie obserwują, dokumentują i analizują zjawiska naturalne. Ważnym elementem pracy STEM jest perspektywa długofalowa: uczniowie nie tylko korzystają z zasobów natury, ale również o nie dbają. Autorka: Karolina Żelazowska-Byczkowska CC-BY-SA



Ilustracja 5. STEM może wspierać również edukację historyczną – przykładem jest projekt, w którym uczniowie budują model średniowiecznego zamku z materiałów z recyklingu, takich jak papier, karton czy tektura. Praca obejmuje analizę detali architektonicznych (m.in. fosy czy mostu zwodzonego), a następnie przejście do modelowania 3D w programie komputerowym. Dzięki temu uczniowie rozwijają myślenie przestrzenne, umiejętności projektowe i kreatywność. Autorka: Karolina Żelazowska-Byczkowska CC-BY-SA



Ilustracja 6. STEM najczęściej kojarzy się z naukami przyrodniczymi i technicznymi, jego forma może być elastycznie dopasowana do wieku uczniów, kompetencji nauczyciela oraz warunków szkoły. Aktywności mogą obejmować bardzo proste działania – budowanie modeli z plasteliny, pianek czy makaronu – aż po zadania wymagające użycia podstawowych narzędzi, takich jak młotek czy lutowica. W bardziej zaawansowanych projektach możliwe jest wspieranie się specjalistami oraz korzystanie z mikroskopów, sprzętu laboratoryjnego czy urządzeń cyfrowych. Dzięki temu STEM rozwija się stopniowo i naturalnie, niezależnie od zasobów, a każdy etap pozwala uczniom doświadczać działania i odkrywania. Autorka: Karolina Żelazowska-Byczkowska CC-BY-SA

ROZDZIAŁ II. Od pierwszych kroków do projektowania środowiska uczenia się

Wyznaczanie trasy: nauczyciel jako przewodnik STEM-podróży

W klasach 4–8 rola nauczyciela w edukacji STEM ewoluuje: od osoby przekazującej wiedzę do mentora, tutora i projektanta doświadczeń edukacyjnych. Uczniowie na tym etapie są coraz bardziej samodzielni nie tylko w formułowaniu pytań badawczych czy stawianiu hipotez, ale mogą podejmować się analizy bardziej złożonych danych, planować i prowadzić aktywności badawcze, realizować projekty wymagające planowania w dłuższym okresie czasu. Młodzi badacze potrzebują nauczyciela, który wspiera ich rozwój poznawczy i emocjonalny, pomaga świadomie planować pracę m.in. poprzez stawianie pytań.

Mentoring w edukacji polega na długofalowej, relacyjnej współpracy, w której mentor wspiera ucznia w rozwoju kompetencji, motywacji i poczucia sensu uczenia się. Mentor jest przewodnikiem, wspiera uczniów poprzez stawianie pytań. Dzieli się swoją wiedzą i doświadczeniem, poszerzając perspektywę uczniów. Prowadzi uczniów w procesie dochodzenia do samodzielności.

Tutoring najczęściej pojawia się w pracy indywidualnej lub w małych grupach. Tutor pomaga uczniom planować działania, monitorować postępy i rozwijać własne strategie uczenia się. W przestrzeni edukacyjnej może być obecny także jako tutoring rówieśniczy. Nauczyciel może zatem wspierać uczniów w analizie procesu uczenia się, refleksji i przejmowania odpowiedzialności, co buduje poczucie sprawczości u uczniów.

Obie metody zakładają dialogiczną relację, w której nauczyciel jest nie tylko ekspertem, lecz także przewodnikiem, moderatorem i towarzyszem w procesie poznania. To podejście jest niezwykle bliskie filozofii STEM – opartej na samodzielności, refleksji, pracy projektowej, współpracy i iteracyjnym rozwiązywaniu problemów.

Carol Dweck zwraca uwagę, że uczniowie rozwijają się najpełniej, gdy postrzegają swoje możliwości nie jako cechy stałe, ale jako rezultat wysiłku, uczenia się i wytrwałości (Dweck, 2021). Idea growth mindset („nastawienia na rozwój”) podkreśla, że popełnianie błędów nie świadczy o braku zdolności, lecz jest naturalnym i potrzebnym elementem procesu uczenia się. W tym duchu hasło „not yet” – „jeszcze nie” staje się narzędziem budowania odporności emocjonalnej i ciekawości poznawczej: dziecko nie *nie potrafi*, lecz *jeszcze nie potrafi*, ale może się tego nauczyć, sprawdzić inne strategie, zdobyć nową wiedzę lub poprawić swoją pracę.

Takie podejście jest niezwykle ważne w zajęciach STEM, gdzie iteracje, testowanie i modyfikowanie rozwiązań są naturalną częścią projektu, a błędy stają się drogowskazami prowadzącymi do lepszych rozwiązań. Kluczową rolę pełni tu modelowanie przez nauczyciela – jeśli potrafi otwarcie powiedzieć uczniom: „tego jeszcze nie wiem”, „spróbujmy to razem sprawdzić”, „zobaczmy, jak możemy się tego nauczyć”, pokazuje, że niewiedza nie jest porażką, lecz punktem wyjścia do eksploracji i rozwoju. W ten sposób nauczyciel nie tylko uczy treści, ale również kształtuje postawę, w której ciekawość, wytrwałość i gotowość do prób stają się ważniejsze niż natychmiastowa poprawność rozwiązania.

Podejście STEM zakłada, że uczniowie poznają świat, w którym zjawiska matematyczne, przyrodnicze i technologiczne naturalnie się przenikają. Każdy z tych obszarów wnosi do doświadczenia ucznia inne kompetencje – razem tworzą spójną całość, szczególnie widoczną na II etapie edukacyjnym. Badania pokazują także, że wczesne doświadczenia STEM budują trwałe podstawy do rozwijania kompetencji matematycznych, przyrodniczych i informatycznych (English, 2016; Marrero i in., 2014).

Wędrówka szlakiem przedmiotów szkolnych

Edukacja przyrodnicza w podejściu STEM

Na poziomie klas 4–8 edukacja przyrodnicza rozdziela się na przyrodę, a następnie na biologię, geografię, fizykę i chemię. Niezależnie od podziału przedmiotowego wspólnym mianownikiem pozostaje myślenie naukowe.

W literaturze przedmiotu można znaleźć potwierdzenie, że uczniowie uczą się najpełniej, gdy samodzielnie eksplorują zjawiska, mają możliwość zadawania pytań badawczych, prowadzą obserwacje i pomiary, projektują doświadczenia, interpretują wyniki i formułują wnioski (Michalak, 2020). Konstruktywistyczna perspektywa zakłada, że uczeń buduje własne rozumienie, a nie tylko odtwarza definicje. Nie oznacza to działań, w trakcie których każdy sam na nowo odkrywa prawo fizyki, ale że uczeń rozumie, jak to prawo działa, bo miał okazję je obserwować, badać i powiązać z własnym doświadczeniem. W klasach 4–8 STEM może wspierać edukację przyrodniczą m.in. poprzez: projekty badawcze (np. jakość powietrza, wody, hałas w otoczeniu szkoły), eksperymenty fizyczne i chemiczne, połączone z analizą danych, modelowanie zjawisk (np. obieg wody w przyrodzie, zmiany klimatu, ruch ciał), połączenie obserwacji terenowych z technologią (aplikacje pomiarowe, zdjęcia, mapy cyfrowe).

Edukacja informatyczna w podejściu STEM

W klasach 4–8 edukacja informatyczna zyskuje szczególną rolę, ponieważ rozwija umiejętności, które są kluczowe dla funkcjonowania w cyfrowym świecie: myślenie komputacyjne, analizę problemów, tworzenie algorytmów oraz odpowiedzialne korzystanie z technologii. W STEM technologia nie jest celem sama w sobie, lecz narzędziem wspierającym rozwiązywanie problemów, analizę danych i tworzenie projektów.

Myślenie komputacyjne, będące jednym z fundamentów edukacji informatycznej, obejmuje:

- dekompozycję problemów (rozbijanie ich na mniejsze kroki);
- rozpoznawanie wzorców (dostrzeganie powtarzalności i podobieństw w danych lub sytuacjach);
- tworzenie algorytmów i instrukcji (planowanie kolejnych kroków rozwiązania i zapisywanie ich w uporządkowanej formie);
- upraszczanie informacji (eliminowanie elementów zbędnych, redukcję szumu i przeciążenia informacyjnego);
- testowanie i debugowanie (znajdowanie i poprawianie błędów).

Praca w modelu STEM umożliwia rozwijanie tych umiejętności nie tylko podczas programowania, ale także podczas pracy projektowej i eksperymentów naukowych, w trakcie których uczniowie planują, przewidują skutki, testują, poprawiają i dokumentują swoje działania.

Kodowanie (np. w Scratchu, MicroPythonie, Blockly czy z wykorzystaniem robotów) jest wartościowym narzędziem, ale nie jest jedynym sposobem rozwijania myślenia komputacyjnego – równie dobrze mogą je kształtować zadania unplugged (z ang. bez prądu, czyli zadania bez użycia technologii informacyjno-komunikacyjnych), mapy myśli, schematy historyczne, sekwencje muzyczne czy analizowanie procesów przyrodniczych.



Czy wiesz, że...

Myślenie komputacyjne to logiczne i uporządkowane podejście do rozwiązywania problemów poprzez ich rozbijanie na kroki, rozpoznawanie wzorców i tworzenie algorytmów. To uniwersalna umiejętność potrzebna także w codziennych sytuacjach (NASK).

W STEM technologia pełni istotną rolę, ponieważ umożliwia precyzyjne badania z wykorzystaniem czujników ruchu, temperatury czy światła, a także stacji pogodowych i aplikacji pomiarowych. Pozwala testować oraz symulować różne rozwiązania, np. poprzez roboty lub symulatory procesów chemicznych i fizycznych. W naturalny sposób wprowadza logikę przyczynowo-skutkową opartą na schemacie „jeśli... to...”, a jednocześnie rozwija kompetencje cyfrowe – od wyszukiwania i oceny wiarygodności informacji po bezpieczne poruszanie się w środowisku internetowym.

W ten sposób edukacja informatyczna w podejściu STEM wykracza poza tradycyjne „obsługiwanie komputera” i staje się praktycznym środowiskiem rozwiązywania problemów, tworzenia modeli, testowania hipotez i projektowania rozwiązań, z wykorzystaniem technologii jako wzmacniającego narzędzia.

Edukacja techniczna w podejściu STEM

Umiejętność projektowania, planowania, implementacji i udoskonalania rozwiązań – a więc kompetencje inżynierskie – są jednym z filarów STEM. Podczas zajęć technicznych uczniowie mogą podejmować się zadań praktycznych obejmujących konstruowanie, budowanie, testowanie i modyfikowanie modeli mostów, pojazdów, instalacji, budynków czy mechanizmów. W edukacji technicznej STEM rozwijają m.in.:

- planowanie i projektowanie (co zrobić, żeby konstrukcja była stabilna?);
- dobór materiałów odpowiednich do funkcji projektu (jakie materiały sprawdzą się najlepiej w tym zadaniu i dlaczego?);
- ocenę wytrzymałości i bezpieczeństwa (czy konstrukcja jest wystarczająco bezpieczna i co może ją osłabić?);
- testowanie i modyfikowanie prototypów (co należy zmienić, żeby konstrukcja działała lepiej?);
- pracę w zespole, podział ról i odpowiedzialność (jak podzielić zadania, żeby każdy miał swoją część projektu i praca przebiegała sprawnie?).

Takie działania pozwalają uczniom doświadczyć cyklu inżynierskiego: *zaprojektuj, zbuduj, przetestuj, ulepsz, przedstaw rezultat*. Każdy projekt techniczny jest też przestrzenią rozwijania kompetencji z zakresu matematyki (pomiar, proporcje, geometria), fizyki (siła, tarcie, równowaga), informatyki (sterowanie mechanizmami, automatyzacja) oraz umiejętności społecznych, takich jak współpraca i komunikacja.

Powyższe aktywności mogą być realizowane z wykorzystaniem szerokiego wachlarza narzędzi i materiałów: od klocków konstrukcyjnych, przez narzędzia techniczne, po elementy elektroniczne, ale

także – co w perspektywie praktyki szkolnej warto zaznaczyć – z wykorzystaniem podstawowych, ogólnodostępnych materiałów (w duchu ekonomii i ekologii recyklingu i upcyklingu).

Edukacja matematyczna w podejściu STEM

W klasach 4–8 matematyka odgrywa w działaniach STEM kluczową rolę, ponieważ umożliwia modelowanie zjawisk fizycznych, chemicznych, biologicznych czy społecznych, czyniąc je bardziej zrozumiałymi i przewidywalnymi. Pozwala wykonywać pomiary, porządkować wyniki i analizować dane – od prostych tabel po złożone wykresy – co rozwija umiejętność formułowania wniosków opartych na faktach. Jest także ważnym narzędziem przy projektowaniu i ocenie rozwiązań inżynierskich, gdzie liczy się wytrzymałość konstrukcji, jej efektywność, bezpieczeństwo czy koszty. Jednocześnie kształci logiczne myślenie, precyzję i umiejętność uzasadniania, które stanowią fundament pracy z zadaniami problemowymi.

Na tym etapie edukacyjnym zasada pogładowości (opisana przez Bojarską-Sokołowską) polega na świadomym przechodzeniu między różnymi poziomami reprezentacji: od doświadczenia i danych pomiarowych, przez szkice, modele i wykresy, aż do abstrakcyjnego zapisu symbolicznego, takiego jak równania czy funkcje. Dzięki temu uczniowie mogą łączyć konkretne działania z ich matematycznym opisem.

W projektach STEM uczniowie m.in.:

- mierzą i porównują wielkości (np. długość konstrukcji, czas reakcji, zużycie wody lub energii);
- analizują wyniki doświadczeń, obserwując zmiany temperatury, prędkości czy natężenia światła;
- rozpoznają różne typy zależności (proporcjonalność, wzrost liniowy, relacje nieliniowe);
- wykorzystują obliczenia do planowania i optymalizacji projektów, szacowania kosztów, ryzyka i efektywności działań.

Tak rozumiana matematyka łączy działanie, rozumienie i zapis symboliczny, co pozostaje w pełnej zgodzie z podstawą programową dla

II etapu edukacyjnego. Umożliwia uczniom dostrzeżenie sensu uczenia się matematyki w kontekście realnych zadań i wzmacnia poczucie sprawczości, przenosząc uwagę z wyniku na proces. Dzięki temu przygotowuje do dalszej edukacji i wspiera rozwój kompetencji opisanych w profilu absolwenta: samodzielności, krytycznego myślenia i gotowości do uczenia się przez całe życie.

Morze możliwości – szkoła jako przestrzeń rozwoju samodzielności i kultury badawczej uczniów

W podejściu STEM kluczowym zadaniem nauczyciela mentora jest stopniowe „przekazywanie sterów” uczniom: tak, aby z biernych odbiorców stawali się samodzielnymi konstruktorami wiedzy. Oznacza to wspieranie ich w planowaniu działań, przewidywaniu skutków podejmowanych decyzji, monitorowaniu własnej pracy oraz dokumentowaniu postępów. Uczniowie uczą się rozumieć swoje błędy, wyciągać z nich wnioski i świadomie uzasadniać wybory – zarówno te matematyczne, przyrodnicze, technologiczne, jak i inżynierskie. Proces ten rozwija ich metapoznanie, poczucie sprawczości, motywację wewnętrzną oraz kompetencje określone w profilu absolwenta szkoły podstawowej.

STEM w naturalny sposób kształtuje również kulturę współpracy i tutoringów rówieśniczych. Klasa staje się społecznością badaczy, w której uczniowie dzielą się strategiami, analizują wzajemnie swoje rozwiązania i wspierają się w trudniejszych etapach projektu. Uczą się wspólnego podejmowania decyzji, prezentowania wyników oraz argumentowania własnych pomysłów – a więc kompetencji kluczowych zarówno w naukach ścisłych, jak i w dorosłym życiu. Rolą nauczyciela jest moderowanie rozmowy naukowej, w której precyzyjne użycie języka, logiczna argumentacja i analityczne myślenie stają się równie ważne jak uzyskany wynik doświadczenia.

Aby rozwijać te kompetencje, uczniowie potrzebują przestrzeni, która sprzyja samodzielnemu działaniu, poszukiwaniu i testowaniu pomysłów. W klasach 4–8 środowisko STEM obejmuje nie tylko tradycyjne pracownie biologiczne, chemiczne czy fizyczne, lecz także pracownie techniczne, cyfrowe, strefy projektowe i makerspace wy-

posażone w narzędzia pomiarowe, mikroskopy, roboty, modele, sensory, aplikacje oraz symulatory. Zadaniem nauczyciela mentora jest aranżowanie tej przestrzeni tak, aby była jednocześnie bezpieczna, elastyczna i bogata w bodźce poznawcze – otwarta na eksperymentowanie, błędy, zmiany kierunku działania i twórcze poszukiwania. Dzięki temu uczniowie mogą rozwijać inicjatywę, sprawczość i odpowiedzialność, a ich uczenie się staje się procesem głębokim, opartym na własnych doświadczeniach i przemyśleniach.

Od pierwszych kroków do własnej wyprawy: etapy wdrażania STEM w pracy nauczyciela

Rozwój nauczyciela pracującego w podejściu STEM można opisać jako podróż: drogę od roli przewodnika, który prowadzi uczniów przez kolejne etapy uczenia się, aż do roli tutora, który jedynie im towarzyszy, pozwalając im samodzielnie wybierać kierunek i sposób wędrówki. To stopniowe przechodzenie od prowadzenia do współpodróżowania, od kontroli do zaufania, od gotowych instrukcji do wspólnego odkrywania.

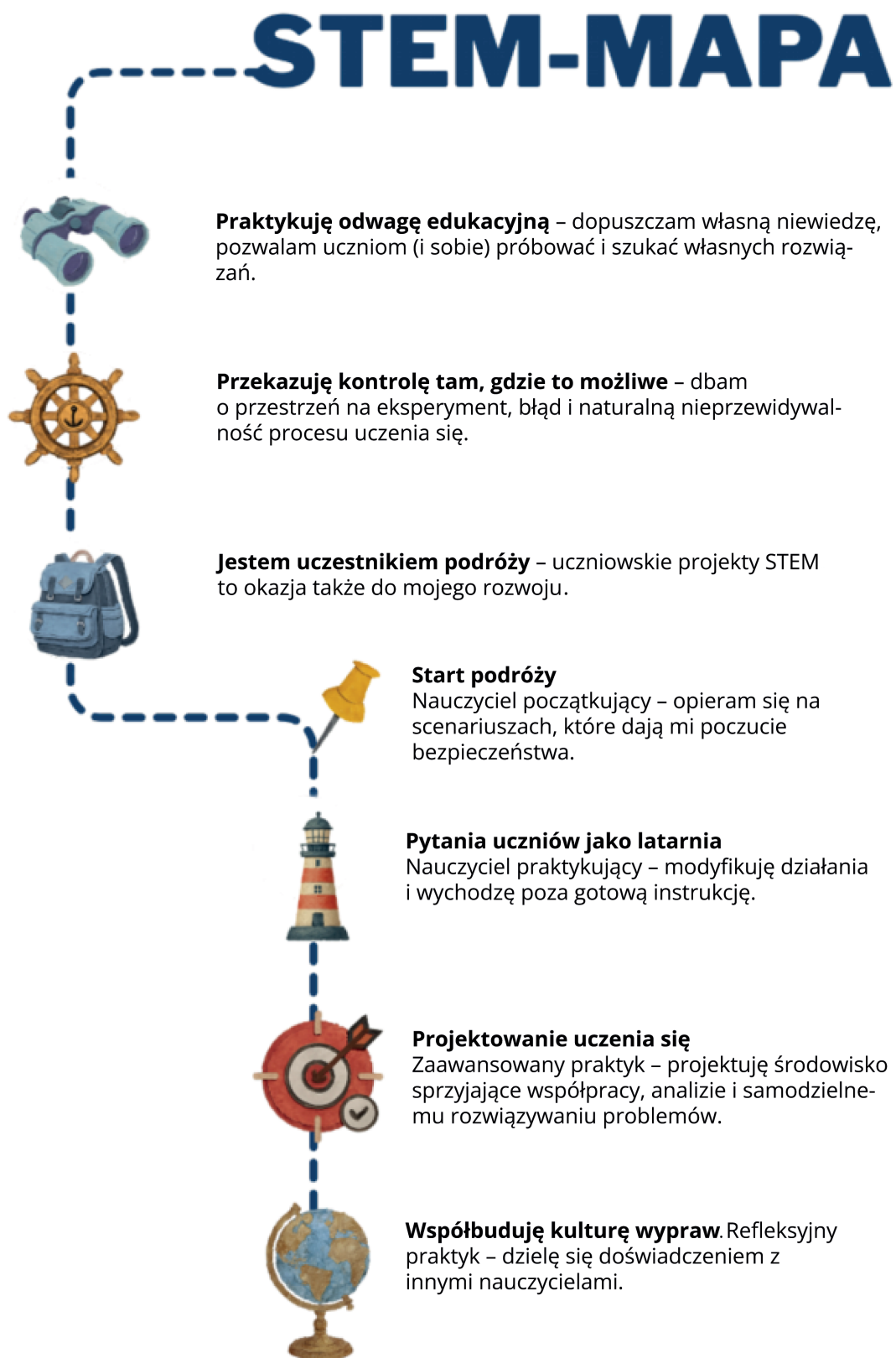
Na początku tej podróży nauczyciel wchodzi w świat STEM jako „podróżnik początkujący”. Naturalne jest oparcie się na gotowych scenariuszach i sprawdzonych rozwiązaniach. Lekcje są realizowane krok po kroku, zgodnie z instrukcją, a nauczyciel pilnuje poprawności wykonania poszczególnych etapów. Błąd czy nieprzewidziany rezultat doświadczenia może budzić niepokój – tak jak początkujący wędrowiec obawia się zejścia z zaznaczonego szlaku. Ten etap daje jednak poczucie bezpieczeństwa i stabilny grunt do dalszej drogi.

Z czasem nauczyciel zaczyna dostrzegać, że mapa to nie terytorium, a sztywne trzymanie się gotowych scenariuszy ogranicza możliwości uczniów. Wchodzi wówczas w etap praktykowania: zaczyna modyfikować działania, zadawać pytania badawcze i dawać uczniom więcej przestrzeni do wyborów. Podróż staje się bardziej elastyczna: nauczyciel pozwala uczniom na obieranie alternatywnych ścieżek, podejmowanie własnych prób i korzystanie z różnych strategii. Zamiast prowadzić krok w krok, zaczyna wskazywać kierunki i zachęcać do odkrywania.

Kolejny etap to moment, w którym nauczyciel staje się projektantem uczenia się – przewodnikiem, który świadomie organizuje przestrzeń edukacyjną i proponuje uczniom wyzwania wymagające analizy, projektowania, eksperymentowania i współpracy. Lekcja nie zaczyna się już od definicji, ale od problemu, potrzeby lub pytania badawczego. To nauczyciel planuje trasę wyprawy, ale uczniowie wybierają sposób jej pokonania. W tej fazie STEM staje się prawdziwie interdyscyplinarny: nauczyciel łączy treści różnych przedmiotów, wprowadza narzędzia cyfrowe i badawcze, a środowisko uczenia się zaczyna przypominać warsztat odkrywców, a nie tradycyjną klasę.

Ostatni etap to osiągnięcie poziomu refleksyjnego praktyka: nauczyciela, który pełni rolę mentora i tutora jednocześnie. W tej fazie to uczniowie podejmują inicjatywę, samodzielnie formułują problemy i pytania, a nauczyciel staje obok nich jako uważny towarzysz podróży. Jego zadanie polega na obserwowaniu, dokumentowaniu procesu, analizie własnych działań i tworzeniu narzędzi, które wspierają rozwój uczniowskiej autonomii. Mentor-tutor reorganizuje przestrzeń tak, by sprzyjała współpracy i badaniom, a jednocześnie wspiera innych nauczycieli, budując w szkole kulturę uczenia się opartą na dialogu, refleksji i odwadze edukacyjnej.

W tej metaforycznej podróży nauczyciel STEM przestaje być osobą, która „prowadzi wycieczkę według przewodnika”, a staje się kimś, kto podróżuje razem z uczniami, zadaje pytania, słucha, obserwuje i wspiera, pozwalając im stopniowo przejmować inicjatywę, a ostatecznie odnaleźć własne ścieżki uczenia się.



Ilustracja 7. STEM-mapa nauczyciela. Opracowanie własne z wykorzystaniem programu Canva dla edukacji

ROZDZIAŁ III. Na szlaku doświadczeń: aktywności STEM dla klas 4–8

W poprzednich rozdziałach rozłożyliśmy mapę STEM i wyznaczyliśmy główne kierunki podróży: omówiliśmy idee, narzędzia oraz rolę nauczyciela przewodnika. Teraz wyruszamy w drogę – rozdział III jest zbiorem proponowanych „tras” i przystanków, po których można poprowadzić uczniów: od badania energii ukrytej w owocach, przez analizę „frazelogizmów z krwi i kości”, aż po projektowanie gier terenowych i testowanie wytrzymałości konstrukcji.

Zaprezentowane opisy nie są scenariuszami, to raczej zachęta do wypraw: ze sformułowaną propozycją pytania badawczego, hipotezami, planem działania, zasygnalizowaną fazą eksperymentowania, etapem zbierania danych, wyciąganiem wniosków i ewaluacją. Nauczyciel może potraktować je jak wskazówki do wytyczania własnych szlaków, skracania, wydłużania lub łączenia tras. Dzięki temu STEM staje się nie abstrakcyjną ideą, lecz realną podróżą po świecie zjawisk, problemów i rozwiązań, którą uczniowie odbywają z mapą w rękę i plecakiem pełnym pytań.

A jeśli powerbank nie zadziała?

Wprowadzenie do zajęć – praca z doświadczeniem uczniów

Podczas zajęć nauczyciel proponuje, aby rozpocząć rozmowę od sytuacji bliskich uczniom, np.: „Czy pamiętacie moment, w którym Wam lub Waszym bliskim nagle rozładował się telefon i nie można było zadzwonić, zrobić zdjęcia, wysłać wiadomości albo użyć latarki? A może w domu podczas burzy lub awarii zabrakło prądu i trzeba było szukać świeczek lub latarek?”.

Nauczyciel zachęca uczniów do refleksji:

- Jakie uczucia pojawiają się, gdy nagle nie mamy prądu ani energii?
- Co wtedy robimy? Czy zawsze mamy gotowe rozwiązanie?
- Jak mogłoby się zmienić nasze życie w sytuacji, w której dostęp do energii nie jest oczywisty?

Dla wielu ludzi na świecie brak prądu nie jest incydentem – jest codziennością. Dlatego nauczyciel może zachęcić uczniów do zastanowienia się, jak można wykorzystać naturę i proste materiały do pozyskiwania energii, nawet tam, gdzie nie ma gniazdek, ładowarek ani sieci elektrycznej.

Inspiracja badawcza

Nauczyciel wyjaśnia, że zadanie nie polega na odgadnięciu gotowego rozwiązania, lecz na myśleniu jak badacze i inżynierowie, np.: „Będziemy tworzyć hipotezy, stawiać pytania, porównywać pomysły, a następnie zastanawiać się, jak można zamienić przedmioty z najbliższego otoczenia zamienić w coś, co realnie pomaga ludziom w codziennym życiu”.

Nauczyciel pokazuje zdjęcie domów z butelką wystającą z dachu i rozświetlającą wnętrze (bez ujawnienia rozwiązania).



Ilustracja 8. Przykład zdjęcia, które nauczyciel może wykorzystać podczas aktywności. Opracowanie własne przy wykorzystaniu narzędzi AI

„Widzimy zwykłą plastikową butelkę, która jest wypełniona jakąś substancją i świeci jak żarówka – a nie ma tam kabli, baterii ani prądu. Tego typu rozwiązania stosowane są w miejscach, gdzie nie ma elektryczności. W ciągu dnia pozwalają czytać, pracować, gotować czy uczyć się. Są tanie, działają długo i poprawiają jakość życia”.

Następnie nauczyciel zachęca uczniów do wyrażania pytań i propozycji rozwiązań, np.:

- Co może znajdować się w środku takiej butelki, aby świeciła?
- Dlaczego naturalne światło potrafi rozjaśnić pomieszczenie, mimo że butelka jest tylko wypełniona „czymś”?
- Jak kształt i przezroczystość butelki wpływają na rozchodzenie się światła?
- Jak moglibyśmy sprawdzić w domu lub w klasie, co działa najlepiej?

Uczniowie mogą proponować różne materiały, obserwować zachowanie światła i projektować własne warianty rozwiązania.

Praca z informacją

W dalszej części zajęć nauczyciel może zachęcić uczniów do poszukiwania informacji w internecie: „Spróbujcie znaleźć szczegóły projektu tylko na podstawie opisu sytuacji i obserwacji zdjęcia. Jak szybko docieracie do właściwego źródła? Jak weryfikujecie wiarygodność informacji?”.



Czy wiesz, że...

W filipińskim projekcie „Liter of Light” wolontariusze instalowali w dachach domów „lampy słoneczne” wykonane wyłącznie z recyklingowanych materiałów. Butelka wypełniona wodą i wybielaczem załamywała światło słoneczne i pełniła funkcję lampy.

Rozwiązanie było tanie, bezpieczne, długotrwałe i pozwalało poprawić jakość życia mieszkańców. Energia pochodząca z natury (słońce) oraz materiały z najbliższego otoczenia (butelki plastikowe) stały się podstawą tej innowacji, która wymagała pomysłu, a nie skomplikowanej technologii. W kolejnych latach projekt został rozwinięty – butelki zaczęto łączyć z małymi panelami solarnymi i akumulatorami, co pozwoliło na pozyskiwanie światła również po zmroku. Dzięki temu „Litr światła” stał się rozwiązaniem zapewniającym źródło energii w miejscach pozbawionych dostępu do sieci elektrycznej.

Obszary edukacyjne i tematy rozwijane podczas zajęć STEM:

- przyroda – światło, energia słoneczna, obserwacja zjawisk, dokumentacja;
- fizyka – rozchodzenie się światła, załamanie, odbicie, modele oświetlenia;
- geografia – dostęp do energii na świecie, warunki życia różnych społeczności;
- technika – projektowanie rozwiązań, tworzenie prototypów, praca manualna;
- informatyka – wyszukiwanie informacji, weryfikacja źródeł, dokumentacja wyników;
- matematyka – pomiary natężenia światła, porównywanie efektów, analiza danych;
- zagadnienia z obszaru kompetencji społecznych – empatia, odpowiedzialność, projektowanie dla potrzeb społeczności.

Zajęcia mogą znaleźć kontynuację w czasie kolejnych spotkań, podczas których uczniowie przetestują różne warianty uzyskiwania energii, np.:

1. **Baterie z owoców i warzyw**

Uczniowie mogą tworzyć proste baterie elektrochemiczne z ziemniaków, cytryn, jabłek lub pomarańczy. Dwa różne metale (np. miedź i cynk) umieszczone w owocu lub warzywie wytwarzają niewielkie napięcie. Po połączeniu kilku takich ogniw szeregowo uczniowie mogą spróbować zasilić czerwoną diodę LED. W ramach doświadczenia uczniowie badają, które owoce lub warzywa dają najwyższe napięcie, jak liczba ogniw wpływa na moc oraz dlaczego niektóre substancje przewodzą lepiej niż inne.

2. **Dynamo napędzane ruchem**

Najprostsza konstrukcja wykorzystuje dynamo rowerowe i koło roweru, ale możliwe jest także wykonanie dynamo ręcznego za pomocą korby z elementów Lego lub innych prostych materiałów. Uczniowie mogą obserwować, jak szybkość pedalowania lub obracania wpływa na jasność diody LED, czy możliwe jest ładowanie małego kondensatora i wykorzystanie go do krótkiego zasilania lampki oraz jak ruch przekształca się w energię elektryczną.

3. **Elektrownia wodna**

Uczniowie mogą zbudować małą turbinę z tworzywa sztucznego, łyżeczek, talerzyka lub kapsli, a następnie połączyć ją z małym

silniczkiem, który pełni funkcję generatora. Pozwala to badać zależność między szybkością przepływu wody, kształtem łopatek i produkowanym napięciem. W wielu przypadkach niewielki przepływ wody może wystarczyć do zasilenia diody LED.

4. Turbina wiatrowa

Turbina wiatrowa może być wykonana z patyczków, tektury lub plastiku. Opcjonalnie można rozważyć połączenie z silniczkiem. Uczniowie mogą eksperymentować z kształtem łopatek, siłą wiatru i wielkością turbiny, by sprawdzić, kiedy możliwe jest zapalenie diody LED.

5. Kolektory słoneczne

Nie są to ogniwa fotowoltaiczne, lecz konstrukcje wykorzystujące energię cieplną słońca. Uczniowie mogą zbudować prosty kolektor z czarnej puszki, folii aluminiowej i innych ogólnodostępnych materiałów, aby badać wpływ izolacji oraz koloru materiału i wpływu kąta padania światła na wzrost temperatury. Uczniowie uczą się badania procesów energetycznych oraz analizowania efektywności różnych materiałów i rozwiązań.

Baterie z owoców i warzyw

Potrzebne materiały:

- gwoździe ocynkowane i miedziane;
- wybrane owoce (cytryna, pomarańcza) lub warzywa (ziemniak, ogórek);
- sznurek lub gumki recepturki;
- czerwona dioda LED;
- kable „krokodylki”.

1. Pytanie badawcze

Zajęcia może rozpoczynać pytanie badawcze: **„Ile owoców lub warzyw musimy połączyć szeregowo, aby zapalić czerwoną diodę LED?”**.

Warto, aby na początku zajęć nauczyciel sprawdził doświadczenia dzieci w tym zakresie. Być może uczniowie wykonywali podobne doświadczenie na wcześniejszym etapie edukacyjnym. Zgromadzenie informacji o wcześniejszych doświadczeniach uczniów może być

punktem wyjścia do pogłębienia zagadnienia owocowo-warzywnej „baterii”, która powstaje po połączeniu z dwiema elektrodami.



Czy wiesz, że...

Tego typu pojedyncza „bateria” ma niewielkie napięcie: ogórki i pomidory wytwarzają wyższe napięcie elektryczne (5,0 V i 3,0 V), podczas gdy ziemniaki, cytryny, limonki i jabłka wytwarzają niższe napięcie elektryczne (1,35 V, 2,0 V, 2,2 V i 3,4 V). Moc owocowo-warzywnych baterii można sumować, łącząc ogniwa szeregowo.

2. Hipoteza – jak myślimy, że to działa?

Uczniowie formułują hipotezy, np.:

- „Aby zapalić diodę LED, potrzebne będą przynajmniej trzy owoce lub warzywa połączone szeregowo”;
- „Cytryna da wyższe napięcie niż ziemniak, więc użycie cytryn zmniejszy liczbę potrzebnych ogniw”.

3. Plan działania – jak to sprawdzimy?

Uczniowie projektują i notują plan ogniw owocowych i warzywnych, podejmując decyzję o ich liczbie i sposobie połączenia oraz warunkach umożliwiających weryfikację efektywności (np. mierzenie wartości napięcia przed i po podłączeniu diody LED).

4. Eksperyment – jak to działa?

Uczniowie przeprowadzają doświadczenie, przygotowując kolejne ogniwa z owoców lub warzyw, umieszczając w nich dwie elektrody (ocynkowaną i miedzianą), a następnie mierząc napięcie dla pojedynczego ogniwa. Kolejne ogniwa łączą szeregowo i ponownie wykonują pomiar, obserwując wzrost napięcia w całym układzie. Gdy napięcie zbliża się do wartości potrzebnej do zasilenia czerwonej diody LED, uczniowie podłączają LED z rezystorem i sprawdzają, czy dioda świeci; jeśli nie – dodają kolejne ogniwo i powtarzają pomiar oraz obserwację.

5. Zbieranie danych – mierzenie, porównywanie, dokumentowanie

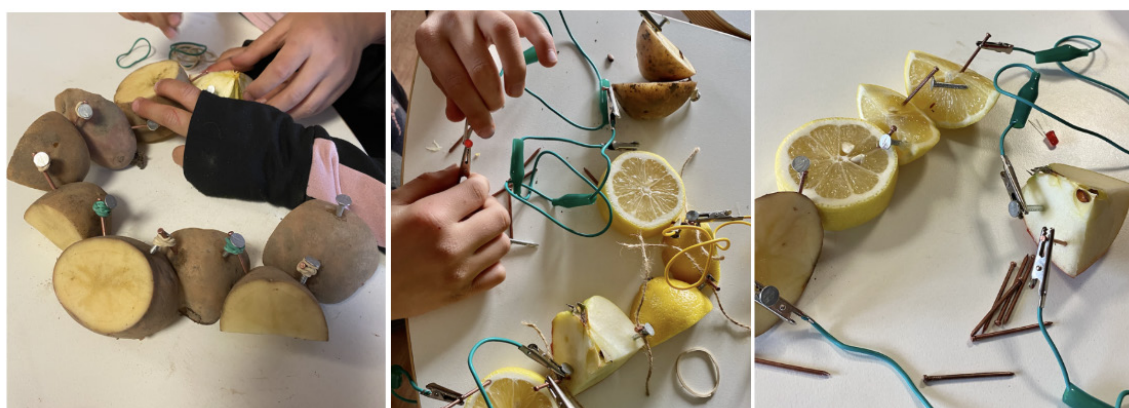
Uczniowie zapisują wyniki każdego etapu eksperymentu, odnotowując liczbę połączonych ogniw, zmierzone napięcie przed i po podłączeniu diody LED oraz obserwację, czy LED świeci. Dane porównują między sobą, dokumentują zdjęciami, wykresami lub tabelą i analizują, jak kolejne ogniwa wpływają na efekt działania układu.

6. Wnioski – co wynika z doświadczenia?

Uczniowie analizują zebrane dane, porównują napięcia, liczbę ogniw i skuteczność różnych owoców, a następnie wyjaśniają, dlaczego LED zapala się dopiero przy określonej liczbie ogniw oraz jak obciążenie wpływa na spadek napięcia. Wnioski odnoszą do hipotez, wskazując, które przewidywania się potwierdziły, a które nie, oraz formułują krótkie podsumowanie efektywności układu.

7. Ewaluacja procesu – jak pracowaliśmy?

Uczniowie reflektują nad przebiegiem doświadczenia, oceniając współpracę, rzetelność pomiarów, trudności techniczne i możliwe usprawnienia, a także proponują kierunki dalszych badań. Na koniec odpowiadają na pytania podsumowujące, które pomagają uporządkować wiedzę i zrozumieć zależności między materiałami, obciążeniem i działaniem ogniwa.



Ilustracja 9. Zdjęcia przedstawiają doświadczenie, w którym uczniowie tworzą ogniwa elektrochemiczne z warzyw i owoców. Kolejno od lewej: fot 1. STEM-owe aktywności. Light It Up! – How to Teach Elementary School Kids to Make Their Customize Lamps By marialilokye CC BY NC SA ([instructables.com](https://www.instructables.com)); fot. 2 i 3. Agnieszka Chomicka-Bosy. CC-BY-SA

Frazeologizmy z krwi i kości – językowe tropy biologii człowieka

Potrzebne materiały:

- kartki do notowania;
- narzędzia cyfrowe z dostępem do internetu;
- opcjonalnie: smartwatche, własne aplikacje do pomiaru wybranych czynności.

1. Pytanie badawcze

Zajęcia mogą rozpoczynać się pytaniem badawczym: **„Czy we frazeologizmach związanych z ciałem kryje się wiedza o biologii człowieka?”**.

Warto, aby ten cykl zajęć rozpoczynał się lekcją języka polskiego. Nauczyciel nawiązuje rozmowę, sprawdzając, jakie frazeologizmy uczniowie już znają i czy spotykali się wcześniej z wyrażeniami opisującymi emocje przez pracę ciała, np. „krew kogoś zalewa”, „gula w gardle”, „kamień z serca”, „nadstawiać uszu”, „pluć sobie w brodę”.

Zgromadzenie informacji o wcześniejszych doświadczeniach językowych uczniów może stać się punktem wyjścia do dalszych badań – dzieci mogą dostrzegać, że wiele powiedzeń jest zakorzenionych w tym, jak funkcjonuje ludzki organizm: jakie reakcje fizjologiczne wywołują emocje, stres, wysiłek czy ulga. Kontynuację zajęć dotyczących poszukiwań odpowiedzi na pytanie **„Czy w używanym na co dzień języku zostały przedstawione rzeczywiste procesy biologiczne?”** można zrealizować podczas zajęć z przyrody, biologii lub edukacji zdrowotnej.

2. Hipoteza – jak myślimy, że to działa?

Uczniowie przewidują, że wiele frazeologizmów opisuje realne reakcje organizmu (np. napięcie gardła, przyspieszone tętno, zwiększone ciśnienie krwi), ponieważ emocje są odczuwane fizjologicznie. Inne wyrażenia mogą być metaforyczne, ale bazują na dobrze rozpoznawalnych częściach ciała, które język wykorzystuje do obrazowego opisu emocji.

3. Plan działania – jak to sprawdzimy?

Po sformułowaniu pytania badawczego i hipotez nauczyciel proponuje trzy równoległe ścieżki pracy: językowej, przyrodniczej (biologia, edukacja zdrowotna) i informatycznej (technologia informacyjna). Każdy zespół bada jedno zagadnienie, a pod koniec wszyscy łączą wyniki.

Przykładowe aktywności obejmują:

- Język polski — analiza znaczeń i funkcji frazeologizmów

Zespół wybiera 6–8 frazeologizmów odnoszących się do części ciała i emocji, zapisuje ich znaczenie dosłowne i przenośne, określa, jakie reakcje lub sytuacje opisują oraz zastanawia się, dlaczego dana część ciała została użyta w metaforze. Celem jest pokazanie, że język wykorzystuje doświadczenia ciała, aby opisać emocje;

- Biologia i edukacja zdrowotna – wyjaśnienia naukowe

Zespół szuka biologicznych podstaw wybranych frazeologizmów. Analizuje, co dzieje się w organizmie, gdy „krew kogoś zalewa”, skąd bierze się „gula w gardle” w sytuacji stresu, jak pracuje układ nerwowy, gdy „bujamy w obłokach”, oraz które wyrażenia mają rzeczywiste podstawy fizjologiczne, a które są metaforą.

- Informatyka – dokumentowanie i modelowanie wiedzy

Zespoły wymieniają się wynikami i tworzą cyfrową formę dokumentacji: mapę myśli, infografikę, prezentację, interaktywną mapę ciała. Materiał zawiera: frazeologizm, część ciała, znaczenie dosłowne i przenośne, wyjaśnienie biologiczne oraz – jeśli to możliwe – dane z pomiarów tętna lub oddechu.

4. Eksperyment i zbieranie danych – jak to działa w naszym ciele?

Uczniowie wykonują trzy krótkie, bezpieczne testy fizjologiczne, mierząc tętno, oddechy i własne odczucia w stanie spoczynku, lekkiego stresu. Korzystają ze smartwatchy, aplikacji lub pomiaru manualnego na nadgarstku/szyi, a nauczyciel przypomina zasady bezpieczeństwa. Najpierw notują parametry spoczynkowe, następnie wykonują: ćwiczenie wyciszające (oddechy – *kamień z serca*), zadanie pod presją czasu (stres – *gula w gardle*, *serce w gardle*). Wszystkie wartości i obserwacje są zapisywane, a na koniec zespół porównuje je z frazeologizmami, oceniając, które metafory mają rzeczywiste podstawy biologiczne.

5. Wnioski – co odkryliśmy?

Uczniowie analizują swoje wyniki i porównują je z hipotezami. Frazeologizmy upraszczają złożone procesy fizjologiczne, dzięki czemu łatwiej można opowiadać o emocjach i ich odczuciach w ciele. Cyfrowe modele, mapy ciała i infografiki pomagają zobaczyć, jak język, biologia i emocje są ze sobą powiązane.

6. Ewaluacja procesu – jak pracowaliśmy?

Uczniowie podsumowują doświadczenie, przyglądając się swojej pracy w zespołach, sposobom dokumentacji oraz rzetelności pomiarów. Mogą odpowiedzieć m.in. na pytania:

- Czego dowiedzieli się o swoim ciele i języku?
- Jak technologia pomaga w analizie reakcji organizmu?
- Co działało dobrze, a co wymagałoby poprawy?
- Jakie badania mogliby rozszerzyć w przyszłości (inne emocje, inne metafory, dłuższe pomiary)?

Tajemnica wytrzymałych konstrukcji

Potrzebne materiały:

- 4 kartki A4 dla zespołu;
- klej/taśma, nożyczki dla zespołu;
- zestaw książek w funkcji obciążnika – wspólny dla wszystkich.

1. Pytanie badawcze

Zajęcia mogą rozpoczynać się pytaniem badawczym: **„Który kształt kolumny – walec, prostopadłościan czy prostopadłościan o podstawie trójkąta – jest najbardziej wytrzymały i udźwignie największy ciężar?”**.

Warto, by zajęcia rozpoczęły się rozmową o doświadczeniach uczniów z konstrukcjami i obserwacjami budowli: Gdzie na co dzień widzimy kolumny i dlaczego nie zawsze mają taki sam kształt? Czy kolumny w budynkach historycznych, mostach lub ogrodzeniach mają coś wspólnego z tym, jak rozchodzą się siły w materiale? Uczniowie mogą

formułować intuicyjne odpowiedzi, co sprawia, że jedne kształty są bardziej odporne na zginięcie niż inne. Ten etap pozwala uruchomić wcześniejsze skojarzenia i prowadzi do pogłębionego badania konstrukcji z perspektywy matematycznej i inżynierskiej.

2. Hipoteza – jak myślimy, że to działa?

Uczniowie przewidują zależności, np.: kolumna w kształcie walca udźwignie więcej książek niż prostopadłościan tej samej wysokości, bo równomiernie rozkłada nacisk; smukłe kolumny będą mniej wytrzymałe, ponieważ łatwiej się odkształcają; wraz ze wzrostem wysokości nośność konstrukcji maleje. Zespoły zapisują swoje hipotezy, odnosząc się do wybranego kształtu i zestawu wysokości.

3. Plan działania – jak to sprawdzimy?

Po sformułowaniu hipotez nauczyciel wprowadza **zasady kontroli zmiennych**, które umożliwiają porównanie wyników między grupami. Każdy zespół:

- pracuje z dokładnie czterema kartkami, czyli po dwie kartki na jedną kolumnę;
- wybiera jeden kształt (walec, prostopadłościan, prostopadłościan trójkątny) i buduje dwie kolumny o różnych wysokościach (np. 15 cm i 20 cm);
- testuje konstrukcje w takich samych warunkach: ta sama powierzchnia i ten sam zestaw książek, układanych zawsze w tej samej kolejności.

Celem jest porównanie nie tylko kształtów, ale także wpływu wysokości na wytrzymałość.

4. Eksperyment i zbieranie danych – jak to działa w praktyce?

Zespoły planują budowę kolumn z dostępnych materiałów, dokonują pomiarów (wysokość, średnica lub szerokość podstawy), a następnie ustawiają konstrukcję na równym podłożu. **Test obciążenia** polega na układaniu książek – po jednej – aż do skutku, czyli osiągnięcia widocznego odkształcenia, a następnie do całkowitego zapadnięcia kolumny.

Przy każdym teście uczniowie notują:

- liczbę książek do pierwszego odkształcenia,
- liczbę książek do zapadnięcia się bryły.

Dane dokumentowane są w tabeli (opcjonalnie również krótkim filmem pokazującym moment załamania się kolumny). Każdy zespół powtarza test dla obu wysokości.

5. Wnioski – co odkryliśmy?

Uczniowie analizują dane i odpowiadają na pytania:

- Jak zmieniała się nośność kolumny wraz ze wzrostem wysokości?
- Który kształt udźwignął najwięcej i dlaczego?
- Jak smukłość (stosunek wysokości do średnicy/szerokości) wpłynęła na wynik?

Przykładowe wnioski:

- wyższe kolumny były mniej stabilne i szybciej się zapadały;
- walec okazał się bardziej odporny na zgniatanie niż konstrukcje z ostrymi krawędziami, ponieważ równomiernie rozkładał nacisk.

Uczniowie porównują wyniki z hipotezami i wskazują, które przewidywania się potwierdziły.

6. Ewaluacja procesu – jak pracowaliśmy?

Uczniowie reflektują nad przebiegiem doświadczenia, m.in.:

- co poszło najlepiej i co należałoby poprawić;
- jakie źródła błędów mogły wpłynąć na wynik (np. nierówny rozkład książek, użyty materiał klejący – taśma/klej);
- jak zmieniłyby się rezultaty, gdyby wykorzystać inne materiały (np. karton, tektura falista).

Wskazówka dla nauczyciela

Aby zapewnić porównywalność wyników między grupami, warto ustalić **jednakowy zestaw książek i identyczną procedurę obciążania**. Bardzo pomocne jest gromadzenie krótkich nagrań testów, które pozwalają na analizę, porównanie oraz dyskusję o wytrzyma-

łości materiałów i kształtów. To doświadczenie naturalnie otwiera drogę do rozmowy o architekturze, inżynierii i matematyce: dlaczego starożytne kolumny greckie były cylindryczne, dlaczego współczesne filary mostowe często są okrągłe i jak forma wpływa na trwałość konstrukcji.

Dzięki temu aktywnemu badaniu uczniowie łączą myślenie matematyczne, inżynieryjne i naukowe, a proste doświadczenie staje się kontekstem do rozmów o realnych rozwiązaniach stosowanych w projektowaniu i budownictwie.

Misja: gra terenowa!

1. Pytanie badawcze

Zajęcia mogą rozpoczynać się pytaniem badawczym: **„Jak zaprojektować trasę gry terenowej, aby była logiczna, bezpieczna, angażująca i możliwa do przejścia w określonym czasie?”**.

Warto, aby lekcja rozpoczęła się rozmową o doświadczeniach uczniów z grami terenowymi lub podchodami: czego wymaga dobra gra, jak rozmieszczać punkty, jakie zadania motywują graczy i co sprawia, że uczestnicy się nie gubią? Uczniowie formułują intuicyjne odpowiedzi dotyczące dynamiki gry, np. różnorodność zadań zwiększa zaangażowanie, a punkty zlokalizowane w ważnych miejscach są łatwiejsze do odnalezienia. Ten etap uruchamia wcześniejsze doświadczenia uczniów i prowadzi do badania gry z perspektywy matematycznej, geograficznej i technologicznej.

2. Hipoteza – jak myślimy, że to działa?

Uczniowie formułują przewidywania, np.: zadania o różnym poziomie trudności zwiększają motywację uczestników; zadania powiązane z miejscem zwiększają atrakcyjność gry; punkty umieszczone zbyt blisko siebie zmniejszają dynamikę i zaciekawienie; dobrze zaprojektowana mapa trasy zmniejsza ryzyko zagubienia grupy. Hipotezy są zapisywane przez zespoły i odnoszą się do ich własnego projektu trasy.

3. Plan działania – jak to sprawdzimy?

Po sformułowaniu hipotez nauczyciel wprowadza zasady pracy projektowej. Każdy zespół:

- analizuje wybrany teren (boisko, szkolny ogród, park);
- wybiera i oznacza punkty gry na mapie, określając odległości między nimi;
- projektuje zadania matematyczne, geograficzne lub przyrodnicze;
- koduje je w postaci QR kodów i testuje na urządzeniach mobilnych;
- układa trasę tak, aby była logiczna, możliwa do ukończenia w określonym czasie i zgodna z zasadami bezpieczeństwa.

4. Eksperyment i zbieranie danych – jak to działa w praktyce?

Zespoły przeprowadzają test gry: przechodzą trasę, skanują QR kody, wykonują zadania, mierzą czas przejścia, oceniają stopień trudności, czytelność punktów oraz bezpieczeństwo lokalizacji. Zbierają dane: odległości między punktami, czas przejścia, poziom trudności zadań, problemy, uwagi, zdjęcia punktów i mapę trasy (opcjonalnie także film z testu). Następnie porównują wyniki i weryfikują hipotezy.

5. Wnioski – co odkryliśmy?

Uczniowie analizują, co najbardziej wpływało na jakość gry: rozmieszczenie punktów, długość trasy, typy zadań, czytelność mapy, tempo przejścia i bezpieczeństwo. Wyjaśniają, które hipotezy się potwierdziły, jak zoptymalizować trasę oraz jak skutecznie integrować treści matematyczne i geograficzne w grze terenowej. Przykładowe wnioski: zbyt krótkie odcinki między punktami zmniejszały atrakcyjność gry; punkty w miejscach charakterystycznych ułatwiały orientację; zadania oparte na otoczeniu były najbardziej angażujące.

6. Ewaluacja procesu – jak pracowaliśmy?

Uczniowie podsumowują swoją pracę, analizując współpracę w zespole, skuteczność dokumentacji, rzetelność danych i jakość zaprojektowanej trasy. Mogą odpowiedzieć m.in. na pytania: czego na-

uczyli się o projektowaniu gier terenowych, co zadziałało najlepiej, co wymagałoby poprawy i jakie badania można by kontynuować (np. porównanie tras w różnych lokalizacjach). Ewaluacja może przybrać formę rozmowy w kręgu, ankiety, notatki lub mapy myśli.

STEM w klasach 4–8 – zaproszenie do wspólnej wyprawy

Na zakończenie chcemy zaprosić Was do dalszego odkrywania STEM jako podejścia, w którym **biologia, fizyka, chemia, geografia, matematyka, technika, informatyka, język polski, historia, a nawet muzyka czy plastyka** mogą spotkać się wokół wspólnego problemu, pytania badawczego, projektu.

Zachęcamy, abyście razem z uczniami:

- doświadczali – budując, testując i modyfikując własne rozwiązania;
- rozmawiali – o obserwacjach, hipotezach i tym, co warto poprawić;
- dokumentowali – szkicem, zdjęciem, prostą tabelą czy mapą myśli;
- celebrowali proces – bo to on, a nie efekt, rozwija kompetencje przyszłości.

Potraktujcie ten poradnik jak mapę **możliwych dróg**. Być może nie każda „wyprawa” się uda tak, jak została zaplanowana. Ale każde takie doświadczenie – Wasze i uczniów – buduje **szkołę, w której nauka to prawdziwa przygoda**.

Bibliografia

Bojarska-Sokołowska, A. (2024). *STEAM-owe aktywności matematyczne dzieci w wybranych europejskich centrach nauki*. „Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce”, 19(4), s. 39–54. <https://doi.org/10.35765/eetp.2024.1975.03>

Dweck, C. (2021). *Nowa psychologia sukcesu*. Wydawnictwo Muza.

English, L.D. (2016). *STEM education K-12: Perspectives on integration*. „International Journal of STEM Education”, 3(3). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

Honey, M., Pearson, G., Schweingruber, A. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press.

Instytut Badań Edukacyjnych. (2025). *Projekt podstawy programowej dla szkoły podstawowej*. ibe.edu.pl/pl/projekty-podstaw-programowych [online, dostęp dn. 4.07.2026].

Kafai, Y.B., Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in a Digital World*. Abingdon-on-Thames: Routledge, p. 360.

Klus-Stańska, D. (2018). *Paradygmaty dydaktyki*. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Klus-Stańska, D. (2024). *Dydaktyka i jej paradygmaty. Różnorodne światy szkoły*. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Kolb, A., Kolb, D. (2022). *Uczenie na podstawie doświadczania. Podręcznik dla trenerów, edukatorów, coachów*. Wydawnictwo: Dialogi & Zmysły.

Koonce, D.A., Zhou, J., Anderson, C.D., Hening, D.A., Conley, V.M. (2011). *What is STEM? Paper presented at the 2011 ASEE Annual Conference & Exposition*, Vancouver, BC. <https://doi.org/10.18260/1-2--18582>

Koterwas, A. (2022). *Uczenie oparte na dociekaniu na przykładzie Programu Badawczego Szkoły Międzynarodowej IB*. „Problemy Opiekuńczo-Wychowawcze”, 613(8), s. 66–76. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0745>

Liljedahl, P. (2025). *Budowanie Myślących Klas na lekcjach matematyki*. Wydawca: Fundacja Dobrej Edukacji.

Marrero, M.E., Gunning, A., Germain-Williams, T. (2014). *What is STEM education?* „Global Education Review”, 1(4), p. 1–6.

[Od kodowania do myślenia komputacyjnego. Jak wprowadzać podstawy cyfrowego myślenia na różnych przedmiotach?](#) (2025). Artykuł na stronie kompetencjegyfrowe.gov.pl [online, dostęp dn. 4.07.2026].

Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passions, Peers, and Play*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, p. 208.

Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej (Dz.U. z 2017 r. poz. 356, ze zm; Dz.U. z 2024 r., poz.996).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 września 2025 r. w sprawie szczegółowych warunków, form i trybu realizacji Rządowego programu wspierania organów prowadzących szkoły i placówki w rozwijaniu umiejętności cyfrowych dzieci i młodzieży na lata 2025–2029 – „Cyfrowy Uczeń” (Dz.U. z 2025 r., poz. 1254).

Setiawan, M.A (2020). *Student’s perspective about electrical voltage of fruit cells through STEM*. J. Phys.: Conf. Ser. 1563 012029.

Tytler, R. (2020). *Integrated approaches to STEM education*. In *STEM Education for the Twenty-First Century Advances in STEM Education*, p. 21–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41633-1_2

Ośrodek Rozwoju Edukacji

Aleje Ujazdowskie 28

00-478 Warszawa

tel. 22 345 37 00

www.ore.edu.pl