

Jan Amos Jelinek

<https://doi.org/10.26881/pwe.2025.61.04>

ORCID: 0000-0002-9844-6013

Akademia Pedagogiki Specjalnej im. M. Grzegorzewskiej
jajelinek@aps.edu.pl

Odkrywanie przez uczniów wczesnej edukacji silnika elektrycznego jako prądnicy¹

Summary

Early Education Students' Discovery of the Electric Motor as a Generator

This paper presents the results of a study on the self-discovery of the double meaning of the electric motor by pupils (N = 50) of classes II and III. The article describes the stages of the students' discovery of the generator, organising their behaviour into several models (A–E) that may be useful for teachers conducting technical classes at the early education stage. The pupils' behaviour seems to indicate the existence of some characteristic ways of children's thinking about electricity. The article presents implications concerning children's misconceptions about electricity and their relationship to electricity conservation.

Keywords: electricity, electricity generator, second and third grade students, learning through discovery

Słowa kluczowe: prąd elektryczny, generator prądu, uczniowie klasy drugiej i trzeciej, uczenie się przez odkrywanie

Wprowadzenie

Zjawisko prądu elektrycznego dzieci poznają już w domu rodzinnym, natomiast dopiero na etapie wczesnej edukacji zagadnienie to jest szerzej omawiane. W klasach I–III zwraca się uwagę na źródło prądu elektrycznego i sposób jego dostarczania. Do wyjaśnienia działania prądu nauczyciele rzadko korzystają z przewodów elektrycznych. Jak przyznają, nie znają tego zjawiska na tyle, aby swobodnie o nim opowiadać i często w obawie o bezpieczeństwo dzieci wolą rezygnować z praktycznych zajęć na rzecz słownego objaśnienia i pokazywania obrazków w podręczniku (Jelinek 2019).

W podręcznikach do wyjaśnienia przepływu prądu elektrycznego często służy wiersz *Pstryczek* Juliana Tuwima, w którym po naciśnięciu przycisku zapala się światło (por. *Nowi Tropicieli* 2022: 68). Przypomnę, że wiersz *Pstryczek* został napisany w okresie, gdy

¹ Artykuł powstał dzięki wsparciu Fundacji NEWAG w ramach Nowosądeckiego Projektu Edukacji Technicznej.

elektryfikowano Polską wieś – w 1950 r.; 28 sierpnia tegoż roku weszła w życie ustawa o powszechnej elektryfikacji wsi i osiedli. Tuwim, pisząc wiersz *Pstryczek*, w prostych słowach próbował zobrazować dzieciom różnicę między dotychczas używaną lampą naftową a elektryczną żarówką. Dzisiaj, gdy urządzenia elektryczne są powszechne, ograniczenie się nauczyciela do wyjaśnienia, że po naciśnięciu przycisku włącznika światła zrobi się jasno – tak jak dzieje się to we wspomnianym podręczniku – jest skandaliczne. Dzieciom, które wyrastają w środowisku pełnym urządzeń elektrycznych, nie trzeba tego tłumaczyć. Ten sposób nauczania nie przystaje do realiów współczesnej cywilizacji (Jelinek 2023).

Zjawisko prądu w edukacji jest traktowane po macoszemu także w publikacjach metodycznych. Nauczyciele dowiadują się, że opisy mechanizmów urządzeń elektrycznych wystarczy przedstawić dzieciom w formie symbolicznych obrazków lub za pomocą prac plastycznych (np. Muchacka, Czaja-Chudyba 2007: 166–177; Janicka-Panek 2021: 137–138). Na podstawie budowania papierowych imitacji urządzeń elektrycznych, bez dostępu do baterii, przewodów, żarówek, silników itd. dzieci nie dowiedzą się, jak powstaje prąd, jak to się dzieje, że dociera on do domów za pośrednictwem systemu przewodów i uruchamia żarówkę czy silnik.

Treści podstawy programowej wskazują, że poznanie zjawiska elektryczności zostało odroczone aż do klasy VIII, gdzie nauczyciel fizyki na kilku godzinach dydaktycznych ma wyjaśnić uczniom zjawisko prądu. Jednak również w tym przypadku sytuacja się powtarza, bo jak można wywnioskować z badań, wielu uczniów kończących szkołę podstawową nie poznaje zjawiska prądu elektrycznego inaczej jak z nad kart podręcznika (Pardej 2017). Nic zatem dziwnego, że wyjaśnienia dorosłych dotyczące działania prostego obwodu elektrycznego są niekiedy zbliżone do wyjaśnień dzieci 5-, 6-letnich, które miały okazję poznać podstawy elektryczności (Glauert 2009).

Aby podnieść poziom nauczania o prądzie elektrycznym, oprócz praktycznej formy prowadzenia zajęć należy ustalić dziecięcy sposób rozumienia zjawiska prądu elektrycznego w celu organizowania skutecznych interwencji edukacyjnych. Według badań wiedza dzieci na temat zjawiska elektryczności jest fragmentaryczna. Sposób nauczania dzieci o bezpieczeństwie związanym ze zjawiskiem elektryczności sprawia, że przejawiają wiele uprzedzeń w kontekście tego zjawiska (Solomonidou, Kakana 2000; Kaliampos i in. 2020). Mimo zapewnień dorosłych uczniowie boją się dotykać baterii i podejmować się budowy obwodów (Jelinek 2017). Te dzieci, które rozpoczynają zajęcia z obwodami elektrycznymi w przedszkolu, nie przejawiają takich zachowań. Co więcej, dzieci w tym wieku wykazują duże zainteresowanie zjawiskami fizycznymi i bez przygotowania, dysponując odpowiednim zestawem przyborów (baterie, żarówki, przewody z zaciskami) potrafią samodzielnie skonstruować działający obwód zamknięty, w którym świeci żarówka (Roszyńska, Jelinek 2014; Kada, Ravanis 2016; Kaliampos i in. 2020).

Należy jednak zauważyć, że manipulując przewodami, dzieci nie zwracają uwagi na oznaczenia włącznika elektrycznego i mają tendencję do podłączania przewodów bezpośrednio do baterii, powodując w ten sposób zwarcie. Oznacza to, że podczas konstruowania obwodów przez dzieci istotna jest kontrola nauczyciela (Jelinek 2017).

Podczas zajęć nauczyciel musi stopniowo wprowadzać dzieci w problematykę niewidocznego zjawiska prądu. W tym celu nierzadko proponuje się wyjaśnianie przez analogię, np. uporządkowany przepływ elektronów (prąd) widziany jako strumień wody lub jeszcze bardziej obrazowo – samochody (jako elektrony) na autostradzie. Okazuje się, że takie obrazowe wyjaśnienia mogą utrudniać w przyszłości zrozumienie rzeczywistej natury prądu elektrycznego (Solomonidou, Kakana 2000). Z tego względu wciąż poszukuje się skutecznych metod nauczania dzieci o prądzie (Jelinek 2017).

Jednym z podstawowych problemów jest wyjaśnienie pochodzenia prądu elektrycznego. Badania pokazują, że już dzieci czteroletnie rozróżniają urządzenia elektryczne od nieelektrycznych (Kalagiannakis, Lantzaki 2012). Wskazują baterię jako źródło prądu, a inne elementy obwodu elektrycznego traktują jako odbiorniki tej energii (Shipstone 1984; Koliopoulos i in. 2009). Oznacza to, że dzieci mają świadomość, iż prąd „płynie” przez przewód elektryczny. Jednak traktują urządzenia elektryczne jako posiadające prąd „w sobie” i rzadko zwracają uwagę na przewody zasilające (Solomonidou, Kakana 2000).

W artykule przedstawiam wyniki badań poświęconych zagadnieniu źródła prądu elektrycznego. Zjawisko to umyka codziennym doświadczeniom, a w domu rzadko omawia się ten problem. W szkole zaś zjawisko prądu jest przedstawiane w sposób abstrakcyjny. Pomija się praktyczne doświadczenia, zjawisko prądu prezentuje się dzieciom jedynie na ilustracji, gdzie linie przesyłowe łączą elektrownię z domem.

Tymczasem można wymienić kilka źródeł prądu elektrycznego: 1) ogniwo chemiczne obrazowane w doświadczeniach typu „prąd z warzyw i owoców”, gdzie dwa rodzaje metali są zanurzone w kwasie, który generuje różnicę napięć między metalami i wywołuje ruch elektronów – prąd; 2) prąd z paneli fotowoltaicznych oraz 3) generatory prądu elektrycznego (zwane też prądnicą i dynamem). W artykule skoncentruję się na tym ostatnim zagadnieniu – mechanicznym wytwarzaniu prądu elektrycznego.

Prądnicą może być silnik elektryczny prądu stałego (*direct current* – DC). Prąd w takim silniku powstaje pod wpływem ruchu obrotowego wału wirnika. Na wale zamontowana jest ramka z uzwojeniem, która porusza się pomiędzy magnesami w stojanie. Energiczny ruch obrotowy wału wywołuje różnicę napięć między biegunami, a tym samym jest ukierunkowany ruch elektronów – prąd. Tego typu prądnica ma szerokie zastosowanie w przemyśle. Od elektrowni wiatrowych, wodnych, elektrociepłowni, po dynamo w rowerze, latarki zasilane korbką itd. Poznanie mechanizmu powstania prądu w prądnicy jest kluczowe dla zrozumienia ogólnie pochodzenia prądu, systemu elektryfikacji miasta i zagadnienia oszczędzania prądu elektrycznego.

Wiemy już, że wiedza dzieci na temat prądu jest fragmentaryczna. Ze względu na powszechny dostęp do gniazd elektrycznych dzieciom może się wydawać, że prąd jest wszędzie. Ponieważ nie widać przepływu elektronów, nie widać ich ilości (natężenia prądu), ani ich „siły” (napięcia), dlatego dzieciom wydawać się może, że prąd jest dostępny w nieograniczonych ilościach. Montowanie rozgałęźników z wieloma gniazdami może z kolei sugerować, że z jednego gniazda można wydobyć od razu więcej prądu elektrycznego. Tego typu prymitywne założenia mogą powodować kształtowanie nieprawidłowej wiedzy dzieci na temat elektryczności (por. Solomonidou, Kakana 2000).

Bez wiedzy na temat pochodzenia prądu elektrycznego nie sposób wyjaśnić dzieciom potrzeby jego oszczędzania. Przy założeniu, że panele fotowoltaiczne produkują prąd, może się wydawać, że ograniczanie prądu jest niepotrzebne. Tymczasem coraz częściej na świecie dochodzi do przeciążenia sieci elektroenergetycznej. Jednym z powodów jest zbyt duży pobór prądu elektrycznego.

Badanie

Celem badania jest stwierdzenie, czy uczniowie klasy II i III szkoły podstawowej potrafią samodzielnie ustalić, że silnik elektryczny może występować w obwodzie elektrycznym zamiast baterii i wytwarzać prąd elektryczny, by zasilać żarówkę, brzęczyk elektryczny, a także inny silnik elektryczny.

Mała ilość informacji na temat dziecięcej wiedzy o źródle prądu elektrycznego nie pozwala stworzyć jakichkolwiek uzasadnionych przypuszczeń dotyczących wiedzy dzieci o źródłach prądu i o sposobie dokonywania odkrycia dotyczącego generatora prądu. Z tego względu nie można było opracować hipotez i wyciągać wniosków metodą dedukcyjną. Wybrano zatem indukcyjny tok prowadzenia badań, który polega na dokładnym zarejestrowaniu zjawiska i dokonaniu szczegółowej analizy w celu uchwycenia jego przebiegu (Such 1973: 145). Na podstawie zachowania się uczniów (wypowiedzi, działania) można sformułować wnioski co do przebiegu procesu odkrycia dynamy.

Badanie miało następujący przebieg: badający przyprowadzał uczniów z klasy do odosobnionego pomieszczenia. Po zajęciu miejsc przy stoliku prezentował: żarówkę, brzęczyk, dwa silniki elektryczne, dwa przewody elektryczne zakończone zaciskami oraz (zepsutą) baterię (ryc. 1). Na początku badający prosił uczniów, aby nazwali te przedmioty, w ten sposób sprawdzał, czy uczniowie je rozpoznają.



Rycina 1. Przedmioty prezentowane uczniom podczas badania

Źródło: Fot. J.A. Jelinek.

Badający wyjaśniał, że z tych elementów można zbudować obwód elektryczny, w którym będzie można uruchomić żarówkę, brzęczyk i silnik. Po czym przyznawał, że przed badaniem raz jeszcze sprawdził poprawność działania urządzeń i okazało się, że bateria, którą wziął, była zepsuta (potrząsał baterią przed uczniami, wtedy wydobywał się gruchoczący dźwięk wybrakowanej baterii). Wyjaśniał, że bateria nie działa i nie można z niej uzyskać prądu. Mimo to prosił, aby uczniowie spróbowali uruchomić te urządzenia (żarówkę, brzęczyk i silnik) bez sprawnej baterii. Dzieci przystępowały do pracy. Jeśli uczniom udało się uruchomić jedno urządzenie, badający zachęcał do pracy nad kolejnym. W przypadku gdy uczniom nie udało się uruchomić żadnego urządzenia, po 5 minutach przerywano badanie i badający wyjaśniał, że przy zepsutej baterii trudno uruchomić urządzenia oraz dziękował za wzięcie udziału w badaniu.

Powodzenie zależało od efektów eksperymentowania z obwodami. Umieszczając silnik jako jeden z elementów obwodu, należało kręcić wałem silnika (wirnikiem), który stawał się prądnicą (generatorem prądu) i zasiliał urządzenie odbiorcze (żarówkę, brzęczyk lub drugi silnik). Jednak aby dokonać odkrycia, uczniowie musieli najpierw znać podstawy elektryczności i umieć skonstruować obwód zamknięty. Po zbudowaniu obwodu uczniowie mogli rozpocząć testy nad wytworzeniem prądu elektrycznego. W trakcie prób i błędów ujawniała się uprzednia wiedza dzieci na temat elektryczności i źródeł prądu elektrycznego (np. w sposobie podłączenia przewodów do elementów niemetalowych).

Gdy uczniowie doszli do tego, że silnik elektryczny może wytwarzać prąd elektryczny, musieli dokonać kolejnego odkrycia, a mianowicie intuicyjnie ustalić, że napięcie prądu elektrycznego zależy od intensywności kręcenia wałem silnika. Z kolei kierunek obracania się wału wpływał na kierunek przepływu prądu elektrycznego (biegunowość). Z tego też względu sama znajomość podstaw elektryczności mogła w tym przypadku nie wystarczać i odkrycie zależało od dociekliwości uczniów. Oto przykłady, jak należało podłączyć każdy z elementów obwodu elektrycznego, aby został uruchomiony:

- Żarówka użyta w badaniu wymagała sporego napięcia prądu elektrycznego (3,8V). Oznacza to, że po umieszczeniu jej w obwodzie nie wystarczyłoby lekkie, przypadkowe kręcenie wrzecionem silnika. Uczniowie musieli celowo, energicznie kręcić wałem silnika. Z kolei żarówka (żarowa) nie wymaga odpowiedniego podpięcia biegunowego, dlatego niezależnie od kierunku kręcenia wirnikiem silnika żarówka zaczynała świecić. W badaniu żarówkę umieszczono w oprawce, aby ułatwić uczniom montaż przewodów.
- Jeśli w miejsce odbiornika prądu uczniowie umieścili brzęczyk (buzzer), a następnie zaczęli kręcić wałem silnika, to mimo że urządzenie to nie wymaga tak dużego napięcia prądu elektrycznego jak żarówka (buzzer jest urządzeniem niskonapięciowym), jako urządzenie piezoelektryczne uruchamia się, gdy ładunek elektryczny pojawia się na powierzchni jego membrany. Pod wpływem ładunku membrana odkształca się, a następnie powraca do swojego pierwotnego kształtu, wytwarzając dźwięk. Szybkość tej reakcji sprawia, że słyszalne jest buczenie. Ograniczeniem w działaniu brzęczyka jest kierunek przepływu prądu elektrycznego. Brzęczyk uruchomi się, gdy biegunowość się zgadza. Aby zmienić biegunowość w obwodzie, uczniowie mogli

zmienić przewody albo zmienić kierunek kręcenia wałem silnika (w lewo lub prawo). Jako że jest to narzędzie niskonapięciowe, do jego uruchomienia jest wymagany niewielki ruch wałem silnika, aby brzęczyk zaczął grać. Trudność w łączeniu przewodów brzęczyka mogą powodować niewielkie metalowe przewody wystające z gumowej izolacji. W badaniu zdecydowano się pozostawić je ze względu na fakt, iż takimi samymi obiektami uczniowie posługiwali się na zajęciach szkolnych.

- **Silnik elektryczny** (drugi w zestawie) – do uruchomienia wymagał od uczniów umieszczenia w miejsce odbiornika prądu elektrycznego. Następnie powinni zacząć kręcić wałem silnika (niezależnie, w którą stronę) i uważnie obserwować ruch wału silnika. Ze względu na duży pobór prądu elektrycznego uczniowie musieli wytworzyć spore napięcie prądu elektrycznego, a więc szybko obracać wałem silnika, aby zobaczyć efekt w postaci niewielkiego ruchu wału.

Ponieważ do odkrycia prądnicy uczniowie potrzebują znajomości podstaw elektryczności, tak zaplanowanych badań nie można było przeprowadzić w typowej szkole, gdyż uczniowie rzadko mają do czynienia z obwodami elektrycznymi (Pardej 2017). Z tego względu badania zostały zatem przeprowadzone wśród uczniów biorących udział w innowacji pedagogicznej Nowosądecki Projekt Edukacji Technicznej. W ramach tej innowacji pedagogicznej uczniowie mają możliwość poznawania zjawisk elektrycznych już od I klasy. Podczas zajęć budują obwody zamknięte i konstruują proste modele urządzeń. Do badań wybrano takie klasy, w których uczniowie nie omawiali silnika elektrycznego jako prądnicy, oznacza to, że mimo posiadanej wiedzy o podstawach elektryczności samo zadanie badawcze było dla nich nowością.

W badaniu wzięli udział uczniowie z klasy II i III, łącznie 50 uczniów (28 z klasy II i 22 z klasy III, 27 chłopców i 23 dziewczynki), z niewielkiej miejskiej szkoły podstawowej. Podczas badania uczniowie byli nagrywani kamerą w celu późniejszej analizy zachowania. Badania były realizowane w grupach 2–3-osobowych, aby w rozmowach między uczniami można było ustalić tok ich rozumowania i założenia prowadzenia doświadczeń.

Wyniki

Analiza wyników badań została przeprowadzona zgodnie z etapami dokonania odkrycia. Na początku nauczyciel umieszczał na stole elementy obwodu zamkniętego i prosił o ich nazwanie. Na tym etapie (rozpoznanie przedmiotów) wszyscy uczniowie uważnie przyglądali się przedmiotom. Szczególne zainteresowanie wzbudzały nowe elementy, np. nowy rodzaj silnika, który nie był uczniom znany ze szkolnego zestawu elektrycznego. Znanymi przedmiotami (przewody, żarówka, brzęczyk), znajdującymi się w szkolnym zestawie, uczniowie nie zajmowali się dłużej, jedynie je oglądali. Na prośbę nauczyciela o nazwanie przedmiotów wszystkie badane dzieci poprawnie rozpoznały i nazwały: żarówkę, brzęczyk, silnik oraz przewody z zaciskami.

Podczas pierwszych prób zbudowania obwodu niektórzy uczniowie od razu próbowali podłączyć wszystkie elementy naraz (15 osób, wszyscy uczniowie klasy II). Ze względu na zbyt małą liczbę przewodów brakujące połączenia starali się zastąpić, np. wtykając kable brzęczyka do małych otworów (na śrubki) w obudowie silnika. Uczniowie, którzy starali się od razu podłączyć razem wszystkie przedmioty, by stworzyć jeden duży obwód, mieli nadzieję, że niezależnie od liczby odbiorników prądu elektrycznego uruchomią się wszystkie naraz. Co więcej, po zamknięciu takiego obwodu uczniowie zastygali, mając nadzieję, że prąd sam zacznie płynąć. Ponieważ jednak baterii nie było, a wałem silnika żaden z uczniów nie kręcił, nic się nie działo. Po chwili przystępowali do modyfikacji obwodów i podłączenia tylko jednego odbiornika.

Byli też uczniowie, którzy od razu próbowali podłączać dwa urządzenia razem, np. silnik do żarówki lub żarówkę do brzęczyka (takich uczniów było 30). Najczęściej wybieranym urządzeniem była żarówka, a w drugiej kolejności brzęczyk. Podłączenie drugiego silnika do obwodu było rzadko podejmowane, prawdopodobnie dlatego, że połączenie silnika z silnikiem jest rzadko spotykane. Uczniowie, którym nie udało się uruchomić odbiornika prądu, przystępowali do modyfikowania obwodu.

Na podstawie analizy nagrań wyróżniono kilka typów podobnego do siebie zachowania się uczniów. Ze względu na analogię w zachowaniu zdecydowano się opisać je wspólnie, nazywając je modelami, gdyż wydają się wynikać z pewnego charakterystycznego sposobu myślenia dzieci o właściwościach prądu elektrycznego. Modele zachowania wymienię w porządku, który wydaje się odpowiadać drodze od myślenia wstępnego (prymitywnego) do bardziej poprawnego, naukowego. Liczby osób, które podejmowały konkretne modele zachowań nie sumują się, gdyż po nieudanej próbie uczniowie podejmowali inne sposoby budowania obwodu. Dla zobrazowania każdego z modeli zachowań na końcu zestawienia zostały zamieszczone zdjęcia ilustrujące sposób konstruowania układów elektrycznych przez uczniów (ryc. 2–6).

- **Podłączenie żarówki bezpośrednio do brzęczyka** (bez użycia dwóch silników). Uczniowie, którzy konstruowali tego typu obwody (22 osoby), zakładali, że jedno urządzenie uruchomi drugie. Potwierdzają to zachowania uczniów wskazujące, że po zbudowaniu obwodu zastygali w oczekiwaniu na to, aż żarówka albo brzęczyk zacznie działać. Gdy skonstruowały obwód, w którym żarówka jest podłączona tylko do brzęczyka, dzieci wydawały się sądzić, że któreś z tych urządzeń samo zacznie działać. Ponieważ nic takiego się nie działo, uczniowie przystępowali do modyfikowania obwodu.
- **Pocieranie ręką o rękę w nadziei, że dotykanie obwodów brzęczyka spowoduje, że zacznie on grać.** Uczniowie, którzy wykonywali te gesty (10 osób z klasy III), wspominali zajęcia organizowane przez nauczyciela w szkole o przewodnictwie prądu przez ludzkie ciało. Temat „żywy przewód elektryczny” był jednym z wielu tematów autorskiego programu edukacji technicznej wdrażanym w ramach innowacji pedagogicznej. Jednak podczas tamtych zajęć, aby prąd faktycznie mógł przebiegać przez ludzkie ciało, uczniowie mieli zanurzyć dłonie w wodzie lub dobrze je

wcześniej pocierać. Przypominając sobie tę czynność, uczniowie mieli nadzieję, że wytworzą w ten sposób prąd i uruchomią brzęczyk (brzęczyk używany był w doświadczeniu na zajęciach w szkole). Doświadczenia zajęć szkolnych, chociaż zachowane w dziecięcym umyśle, dotyczyły zupełnie innego zagadnienia i jego zastosowanie podczas badania okazało się nieskuteczne. Oto fragment rozmowy uczniów wskazujący na próby przypomnienia sobie tej metody: „Musimy pocierać ręce... tak było w tamtym roku. Nie pamiętasz? – Nie, nie było tak. Nie da się tak [uruchomić brzęczyka]”.

- **Podłączenie odbiornika bezpośrednio do jednego silnika elektrycznego (bez kręcenia wałem).** Uczniowie, którzy skonstruowali taki układ (18 osób), nie podejmowali jakiegokolwiek próby kręcenia wałem silnika elektrycznego. Uważnie obserwowali zachowanie odbiornika w nadziei, że silnik sam zacznie generować prąd.
- **Połączenie przewodami żarówki z dwoma silnikami elektrycznymi.** Uczniowie, którzy konstruowali tego typu układy (18 osób), zakładali, że silnik wytwarza prąd elektryczny. Celowo kręcili wałem w obu silnikach, ale ponieważ silniki te nie były ze sobą połączone, układ elektryczny pozostał otwarty i odbiornik prądu się nie uruchamiał.
- **Podłączenie odbiornika prądu do silnika i kręceniem wałem w celu wyprodukowania prądu elektrycznego.** Ta forma konstruowania obwodu polegała na celowym kręceniu wałem silnika, aby wytworzył prąd elektryczny. Jednak – jak wskazałem wcześniej – powodzenie tego etapu zależało od wielu zmiennych. W 15 przypadkach, mimo prawidłowego skonstruowania obwodu, działanie się nie powiodło. W części prób uczniowie zbudowali prawidłowy obwód zamknięty z brzęczykiem, ale kręcili w niewłaściwą stronę, w innych przypadkach, mając w obwodzie żarówkę albo silnik, kręcili za słabo, aby uruchomić te odbiorniki.

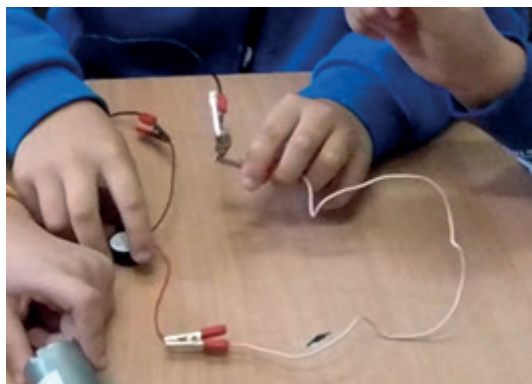
Tylko w przypadku trzech grup (6 chłopców z klasy II i 3 uczniów z klasy III) od razu po otrzymaniu przewodów uczniowie zaczęli konstruować obwód, w którym zaczęto kręcić wałem silnika, aby wytworzyć prąd. Z późniejszej rozmowy z nauczycielem okazało się, że uczniowie z klasy II dokonali tego odkrycia podczas zajęć, gdy mieli możliwość samodzielnie eksperymentować z zestawem elektrycznym. W wyniku tych eksperymentów udało im się samodzielnie stworzyć prądnicę, a podczas badania wykorzystali swoją wiedzę do uruchomienia żarówki, brzęczyka i silnika. Oto dwa krótkie fragmenty wypowiedzi dzieci z tych grup odwołujące się do odkrycia, którego dokonano kilka miesięcy wcześniej w klasie szkolnej:

- (grupa C) Marcin (imię zmienione) stwierdził: „Budujemy generator prądu, będzie jak dynamo w rowerze”. Nauczyciel nazywa chłopca „naszym elektrykiem”, podkreślając jego zainteresowania i umiejętności techniczne;
- (grupa B) Chłopcy, którzy próbowali powtórzyć działanie Marcina (kolegi z klasy i innej grupy w badaniach), mówili: „Pamiętam, jak Marcin kręcił [wałem silnika] tak szybko...”.

Jedna grupa uczniów z klasy III samodzielnie skonstruowała obwód z działającym silnikiem jako zasilającą prądnicą. Uczniowie ci uruchomili jednak tylko jedno urządzenie – żarówkę, pozostałych (brzęczyk i silnik) nie udało im się uruchomić.

Pozostali badani (41 dzieci) nie skonstruowali działającego obwodu. Oprócz powyższych opisów było także wiele prób podłączenia obwodów w nieprawidłowy sposób. Uczniowie – wydaje się, że w akcie rezygnacji – próbowali podłączyć obwody do innych elementów obudowy silnika, niż uczono ich na zajęciach. Podłączali zaciski np. do wystającego po drugiej stronie elementu obrotowego wału silnika lub otworów w mocujących magnesy sztabkowe wewnątrz silnika. Ponieważ wszystkie te działania nie przynosiły skutku, pominąłem je w analizie.

Na rycinach 2–6 przedstawiono modele zachowania się uczniów, które stanowią przykład prób odkrycia źródła prądu w układzie elektrycznym bez baterii.



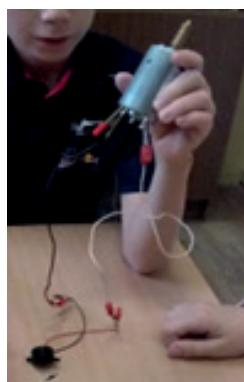
Rycina 2. Model A. Podłączenie żarówki do brzęczyka

Źródło: Fot. J.A. Jelinek.



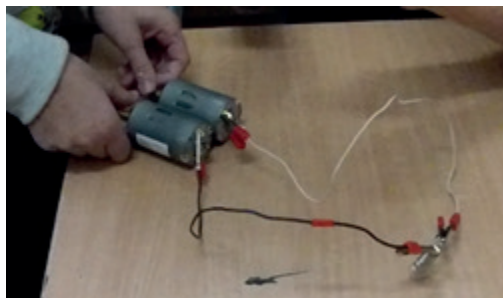
Rycina 3. Model B. Pocieranie rąk i dotykanie obwodów

Źródło: Fot. J.A. Jelinek.



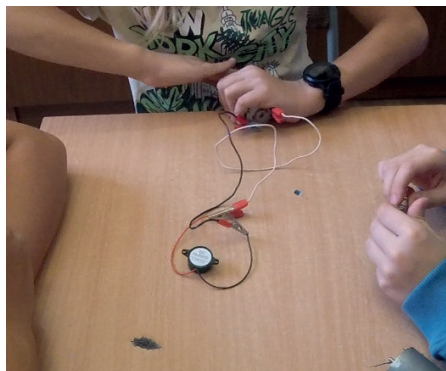
Rycina 4. Model C. Po podłączeniu nieporuszanie wałem silnika

Źródło: Fot. J.A. Jelinek.



Rycina 5. Model D. Podłączenie żarówki do dwóch różnych silników elektrycznych

Źródło: Fot. J.A. Jelinek.



Rycina 6. Model E. Obracanie wałem silnika, aby generować prąd

Źródło: Fot. J.A. Jelinek.

Wnioski

Celem zrealizowanego badania było ustalenie, czy i w jaki sposób uczniowie klasy II i III potrafią samodzielnie ustalić, że silnik może pełnić funkcję prądnicy w obwodzie elektrycznym. Ponieważ badanie było przeprowadzone wśród uczniów, którzy już wcześniej korzystali z obwodów elektrycznych, ale nie uczestniczyli w zajęciach budowania prądnicy, dlatego uczestnicy nie mieli trudności w rozpoznaniu użytych w badaniu przedmiotów. Mimo odpowiedniego doboru elementów tylko dziewięć osób (z trzech badanych grup dzieci) skonstruowało obwód, w którym po zakręceniu wału silnika uruchomił się brzęczyk. Sześcioro z nich wykorzystało do tego uprzednie doświadczenie samodzielnego odkrycia, którego dokonali podczas zajęć szkolnych. Pozostałym badanym uczniom (41) nie udało się odkryć zastosowania silnika elektrycznego jako prądnicy. W trakcie podejmowanych prób starali się konstruować obwody na różne sposoby, co wskazuje na różnorodne podejścia do myślenia o źródle prądu elektrycznego.

Podłączenie żarówki bezpośrednio do brzęczyka (model zachowania A) dowodzi, że – zdaniem dzieci – prąd elektryczny może się wytworzyć samodzielnie, wystarczy tylko odpowiednio podłączyć przewody. Pocieranie rękoma o siebie (model zachowania B), jako że ujawniło się tylko w jednej grupie uczniów, wynikało ze sposobu prowadzenia zajęć przez nauczyciela i jest dowodem na błędny transfer wiedzy u uczniów. Zapamiętali zajęcia, w których byli uczeni, że prąd z baterii przechodzi przez ich ciało, błędnie założyli więc, że ich ciało produkuje prąd elektryczny, który zasili brzęczyk. Wynika stąd wniosek, że zajęcia na temat przewodnictwa prądu elektrycznego muszą jasno wskazywać, że pocieranie dłoni ma służyć przewodnictwu, a nie tworzeniu prądu elektrycznego. Można uznać, że tego typu błędne przekonania u uczniów nie ujawnią się zaraz po zajęciach, lecz gdy uczniowie stoją przed koniecznością rozwiązania podobnego problemu i sięgają do poznanych uprzednio czynności.

Pomijając dwa opisane modele zachowań (A i B), uczniowie prawidłowo wnioskowali, że w zestawie badawczym podwójny silnik elektryczny będzie mógł generować prąd. Jednak po umieszczeniu go w obwodzie spora część uczniów (18 osób), zamiast kręcić wałem silnika, czekała, aż odbiornik sam zacznie działać (model zachowania C). Tego typu zachowanie wydaje się efektem powszechności prądu elektrycznego i możliwości jego nieograniczonego użytkowania w życiu codziennym. Uczniowie, którzy nie zamykali obwodu elektrycznego, zestawiając dwa silniki obok siebie (model zachowania D), słusznie zakładali, że prąd wytworzy się tylko wtedy, gdy będą kręcić wałem silnika. Ponieważ nie łączyli ze sobą silników, przewód pozostawał otwarty. Dowodzi to, że dzieciom wciąż jeszcze brakuje świadomości, iż do ruchu elektronów potrzebny jest obwód zamknięty.

Tylko jedna z grup (z klasy III) ustaliła, że ruch wału silnika powoduje uruchamianie odbiornika (brzęczyka i żarówki). Uczniowie ci mieli zajęcia, w których wykorzystywali silnik elektryczny do budowy wciągarki (np. dźwigu), a teraz samodzielnie odkryli, że silnik może też generować prąd elektryczny. Wydaje się, że podstawowe zajęcia z użyciem silnika wystarczyły, aby uczniowie mogli dojść do drugiego zastosowania silnika elektrycznego jako prądnicy, jeśli tylko podać im więcej wskazówek.

Starsze pokolenia lepiej znają silnik elektryczny jako prądnicę, np. ze względu na powszechne używanie dynama w rowerze. Obecnie dynamo zostało wyparte przez lampki bateryjne m.in. dlatego, że uruchomienie dynama zwiększało tarcie i utrudniało pedałowanie. Obecnie uczniom, którzy nie mieli doświadczeń z uruchamianiem silnika elektrycznego jako prądnicy, nie przychodzi do głowy inne jego zastosowanie. W przypadku prądnicy nauczyciel stosuje to samo urządzenie, które wcześniej służyło do wykonywania czynności obracania.

Informacja uzyskana od nauczyciela po przeprowadzonym badaniu, że odkrycie prądnicy przez sześciu uczniów zostało dokonane podczas szkolnych zajęć, jest podstawą kolejnego wniosku. Gdy nauczyciel pozwolił uczniom samodzielnie eksperymentować z zestawem elektrycznym, zdobyte podczas tego odkrycia doświadczenia, mimo że nie miały formalnego (klasowego) znaczenia, zostały przez uczniów zapamiętane i wykorzystane w nowej sytuacji problemowej zorganizowanego badania. Można stąd wyciągnąć wniosek dla praktyki edukacyjnej, w której istotne stają się rola nauczyciela i sposób prowadzenia zajęć. Zwykle organizowane zajęcia praktyczne z elementami obwodów polegają na demonstracji układu

i zachęceniu uczniów do jego odtworzenia. Tymczasem te same zajęcia mogą zostać przeprowadzone w sposób problemowy – uczniom zostaje przekazana konstrukcja i zachęca się ich do zbudowania działającego obwodu. Tego typu zajęcia są bardziej wartościowe, gdyż mocniej angażują dzieci (por. metody praktyczne: Kupisiewicz 2005: 93) i podnoszą skuteczność edukacyjną (Roszyńska, Jelinek 2014; Kaliampas i in. 2020). W tym względzie badanie wskazuje brak zasadności omawiania na zajęciach wczesnej edukacji wiersza *Pstryczek* Julina Tuwima w celu wyjaśniania zjawiska elektryczności. Współcześni uczniowie posiadają wystarczające umiejętności, aby budować obwody elektryczne i są na tyle zaciekawieni, aby intuicyjnie konstruować pojęcia dotyczące prądu elektrycznego. Wymagają jednak odpowiedniego wsparcia ze strony nauczyciela, który pomoże im odkryć podwójne zastosowanie silnika elektrycznego (jako motoru i generatora prądu).

W trakcie zajęć praktycznych nauczyciel może wprowadzić zagadnienie silnika elektrycznego i omówić jego działanie, następnie zachęcić dzieci do zbudowania obwodu, w którym zostanie uruchomiony silnik. W przypadku powodzenia działań uczniów nauczyciel może zabrać baterię i w jej miejsce polecić dzieciom umieścić żarówkę lub brzęczyk i uruchomić je – tak jak badani robili to podczas badania. W trakcie zajęć uczniowie mogą samodzielnie ustalić, że dzięki kręceniu wałem silnika zaczną generować prąd i spowodują świecenie żarówki. Po wymianie żarówki na brzęczyk dowiedzą się o biegunowości – znaczeniu kierunku obracania wału (więcej zob. Jelinek 2017).

Uzyskane wyniki badań wiążą się również z kwestią oszczędzania prądu elektrycznego. Zachowanie dzieci, w którym po podłączeniu brzęczyka oczekują, że sam zacznie grać, potwierdza przypuszczenie, że dzieciom wydaje się, iż prądu elektrycznego jest wystarczająco dużo i nie ma potrzeby jego oszczędzania. Zrozumienie konieczności oszczędzania prądu może zostać omówione dopiero wówczas, gdy dzieci będą miały świadomość, skąd pochodzi prąd i ile prądu są w stanie samodzielnie wytworzyć, kręcąc wałem silnika (prądnicą). Chcąc wprowadzać cele zrównoważonego rozwoju w ramach Agendy ONZ 2030 (cel 7: czysta i dostępna energia; cel 12: odpowiedzialna konsumpcja i produkcja, por. Tuszyńska 2024), musimy mieć świadomość kolejności działań edukacyjnych.

Przedstawione w artykule badanie należy kontynuować, ponieważ ujawniony sposób rozumienia dzieci może być inny w zależności od sposobu prowadzenia badania i doboru grupy (patrz: sposób uczenia o prądzie omówiony w artykule). Rozumienie przez dzieci podstaw elektryczności jest kluczowe dla skutecznego organizowania interwencji edukacyjnych i wyjaśniania kwestii ekonomicznych i ekologicznych.

Literatura

- Glauert E.B. (2009), *How young children understand electric circuits: Prediction, explanation and exploration*. "International Journal of Science Education", 31(8).
- Janicka-Panek T. (2021), *Wprowadzenie do dydaktyki techniki nauczycieli wychowania przedszkolnego i edukacji wczesnoszkolnej*. Skierniewice–Radom, Państwowa Uczelnia im. S. Batorego–ITE-BIP.

- Jelinek J.A. (2017), *Wprowadzenie do elektryczności w szkole*. „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa”, 3.
- Jelinek J.A. (2019), *Edukacja techniczna małych dzieci*. „Edukacja-Technika-Informatyka”, 28(2).
- Jelinek J.A. (2023), *O konieczności zmiany sposobu wyjaśniania dzieciom działania urządzeń*. „Pedagogika Przedszkolna i Wczesnoszkolna”, 23(11).
- Kada V., Ravanis K. (2016), *Creating a simple electric circuit with children between the ages of five and six*. “South African Journal of Education”, 36(2).
- Kalagiannakis M., Lantzaki A. (2012), *Teaching electricity in early childhood education: a dilemma under negotiation using ICT*. “Exploring the Child’s World”, 11(1).
- Kaliampos G., Kada V., Saregar A., Ravanis, K. (2020), *Preschool pupils’ mental representations on electricity, simple electrical circuit and electrical appliances*. “European Journal of Education Studies”, 12(7).
- Koliopoulos D., Christidou V., Symidala I., Koutsoumba M. (2009), *Pre-energy reasoning in pre-school children*. “Review of Science, Mathematics and ICT Education”, 3(1).
- Kupisiewicz C. (2005), *Podstawy dydaktyki*. Warszawa, WSiP.
- Muchacka B., Czaja-Chudyba I. (2007), *Strategie wspierania strukturyzacji wiedzy dziecka w sytuacjach edukacyjnych*. Kraków, Oficyna Wydawnicza „Impuls”.
- Nowi Tropiciele (2022), oprac. zbior. klasa II, cz. 3. Warszawa, WSiP.
- Pardej K. (2017), *Wyobrażenia jako komponent myślenia technicznego*. „Szkoła – Zawód – Praca”, 14.
- Roszyńska E., Jelinek J.A. (2014), *Dziecko i technika. Rozumowanie dzieci na temat zjawiska elektryczności*. W: H. Krauze-Sikorska, M. Klichowski, A. Basińska (eds.), *Children in the postmodern world. Culture – Media – Social Inequality*. Poznań, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- Shipstone D.M. (1984), *A study of children’s understanding of electricity in simple DC circuits*. “European Journal of Science Education”, 6.
- Solomonidou C., Kakana D.-M. (2000), *Preschool children’s conceptions about the electric current and the functioning of electric appliances*. “European Early Childhood Education Research Journal”, 8(1).
- Such J. (1973), *Wstęp do metodologii ogólnej nauk*. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- Tuszyńska L. (2024), *Cele zrównoważonego rozwoju w Agendzie ONZ – 2030 a kompetencje społeczne nauczycieli, niezbędne do ich realizacji*. „Rynek Pracy”, 188.