

Rozwiązywanie problemu technicznego przez uczniów 8-letnich. Ustalenie wadliwego elementu w obwodzie zamkniętym

JAN AMOS JELINEK*

Akademia Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej

W artykule przedstawiono proces dochodzenia przez 81 dzieci 8-letnich do ustalenia, który z elementów obwodu elektrycznego jest wadliwy (przepalona żarówka). Badania realizowano w trzyosobowych grupach i miały charakter jakościowy. W analizie dziecięcych zachowań posłużono się pełnym aktem myślenia Deweya (1988). Omówiono sposoby zachowania się uczniów na etapie zapoznania się z problemem, stawiania hipotez, ich weryfikacji i etapie stwierdzenia ostatecznego rozwiązania problemu. Zwrócono uwagę na dziecięce możliwości i ograniczenia oraz wyciągnięto wnioski dotyczące dalszych badań.

SŁOWA KLUCZOWE: rozwiązywanie problemów, problem techniczny, obwód elektryczny, dzieci, 8-letnie.

Solving a technical problem by 8-year-old students. Determining a faulty component in a closed circuit

This article presents the process of 81 8-year-old children investigating which component of an electrical circuit is faulty (a burned-out light bulb). The research was carried out in groups of three and was qualitative in nature. Dewey's (1988) complete act of thinking was used to analyse children's behaviour. The ways in which pupils behave at the stage of familiarisation with the problem, hypothesis formation, hypothesis verification and the stage of finding the final solution to the problem were discussed. Attention was paid to children's capabilities and limitations and conclusions were drawn for further research.

KEYWORDS: troubleshooting, technical problem, electrical circuit, children, 8 years old.

1. Wprowadzenie

Rozwiązywanie problemów jest jednym z najbardziej skutecznych sposobów dochodzenia do wiedzy i umiejętności eksperckiej (Kudriawcew, 1961; Sternberg, 2001). W edukacji dzieci organizowanie sytuacji problemowych uważa się za kluczową formę interwencji (Bruner, 1978). Ma ona szczególne znaczenie w tych obszarach edukacji, które mają charakter praktyczny, np. w edukacji technicznej (Convertini, 2020; Franus, 1978; Słomkiewicz, 1971). Uznaje się, że stawianie przed dziećmi problemów i zachęcanie do ich rozwiązania jest formą wspomagania rozwoju poznawczego dzieci oraz rozwijania ich uzdolnień (Franus, 2000).

Aby nauczyciel kierował uwagą i procesami myślenia dzieci musi orientować się w ich sposobach rozwiązywania problemów, znać ich możliwości i ograniczenia. Z tego względu potrzebne są badania pozwalające ustalić dziecięce kompetencje w zakresie rozwiązywania różnych problemów. W artykule przedstawiono sposoby dochodzenia do ustalenia wadliwego elementu w obwodzie elektrycznym.

Atrakcyjna sytuacja problemowa wyzwała wewnętrzne napięcie i aktywizujące procesy uwagi i myślenia (Franus, 1978). W analizie procesu myślenia John Dewey (1988) zwrócił uwagę, że gdy pojawia się problem, a dziecko odczuwa potrzebę jego rozwiązania, zaczyna się zastanawiać nad możliwymi rozwiązaniami. Na tym wstępnym etapie rozeznania problemu dziecko formułuje pytania, które mogą mieć charakter hipotez roboczych. Określenie tych wstępnych przypuszczeń rozpoczyna proces sprawdzenia, które z nich jest poprawne. W zależności od rodzaju zadania dzieci dokonują weryfikacji swoich przypuszczeń za pomocą obserwacji i prowadzonych doświadczeń (Sternberg i Spear-Swerling 2003; Szuman, 1985). Przedstawione tu etapy rozwiązywania zadań ujawniają się także w zadaniach o charakterze technicznym (Piryow, 1968). Jednakże zwraca

się uwagę, że dzieci poniżej 10 roku życia mają trudności w rozwiązywaniu zadań na ilustracjach, ale radzą sobie w rozwiązywaniu zadań, manipulując przedmiotami (Salamon, 1968).

Z powyższego wynika, że do ustalenia dziecięcego sposobu rozwiązania problemu potrzebny jest opis czterech etapów postępowania badawczego:

Etap zapoznania z problemem dotyczy objęcia umysłem trudności i dostrzeżenia jej sedna. Literatura przedmiotu mówi, że na tym etapie dochodzi do zjawiska dysonansu poznawczego, który jest różnicą między tym jak dziecku wydaje się, że zjawisko powinno przebiegać, a tym jak faktycznie przebiega (Sternberg, 2001). W wyniku różnicy rodzi się (lub nie) motywacja do podjęcia wyzwania i rozwiązania problemu.

Etap formułowania wstępnych przypuszczeń (pytań, hipotez roboczych) ujawnia aktywność myślową dzieci związaną z podjęciem się rozwiązania problemu. Ujawnia się w koncentracji dziecka na problemie badawczym, ukierunkowaną na problem uwagę i poszukiwaniem odpowiedzi, rozwiązania. Stawiane przez dzieci przypuszczenia mogą przybierać postać pytań (Szuman, 1985) i mieć charakter ogólny (np. *ciekawe co tu nie działa?*) albo szczegółowy (wskazywać jedno z możliwych rozwiązań). Tego typu pytania szczegółowe, ukierunkowane w metodologii badań przypominają etap formułowania hipotez (por. etap myślenia dywergencyjnego, Sternberg 2001). Pytania nie pojawiają się tylko na początku procesu poszukiwania rozwiązania, ale mogą ujawniać się przez cały proces badawczy i kończą się sformułowaniem finalnej odpowiedzi. Józef Linhart (1961) opisuje ten etap jako stopniowe zmniejszanie się roli procesów prawdopodobieństwa indukcyjnego, a następnie (zgodnie z zasadą prawdopodobieństwa wystarczającego) kiedy subiektywna niepewność gwałtownie się zmniejszy dochodzi do wyboru określonej hipotezy.

Etap weryfikacji hipotez dotyczy sprawdzania przypuszczeń i rozpoczyna się od szukania odpowiednich metod na ich sprawdzenie. Robert

J. Sternberg (2001) wskazuje na konieczność rozłożenia problemu na części (analizę problemu) oraz łączenie elementów razem dla ustalenia poprawności rozwiązania. Na tym etapie dziecko musi skoncentrować się na jednej ścieżce postępowania badawczego. Sprawdzenie hipotez polega na wymyśleniu sposobu sprawdzenia przypuszczenia, przeprowadzenie czynności sprawdzających (doświadczenia) lub (jeśli niemożliwe) przeprowadzenie eksperymentu myślowego.

Dzieci dysponują wieloma formami dochodzenia do ustaleń. Potrafią formułować przypuszczenia i analizować każdą hipotezę osobno, rozwiązując zadanie metodą prób i błędów (Bruner, 1978; Piryow, 1968), a następnie wnioskować ze stanów rzeczy (por. Sternberg, 2001) oraz wnikać w istotę problemu i dochodzić do rozwiązania metodą przez wgląd (Kurcz, 1977).

Etap wrażenia, że znalezione rozwiązanie jest ostateczne to moment, w którym kończy się dotychczasowy proces przeprowadzania doświadczeń i dzieci stwierdzają, że znalazły ostateczne rozwiązanie problemu (por. racja dostateczna, Leibniz (Woleński, 2016)). Wrażenie dotyczące poprawności sformułowanego rozwiązania zależy od stopnia wnikięcia w treść zadania (Dewey 1988). Pewność co do poprawności rozwiązania problemu przejawiają te dzieci, które (a) nie dostrzegają innych rozwiązań i odnoszą wrażenie, że wyczerpały spektrum przypuszczeń lub (b) dysponują wiedzą, która ugruntowuje ich w tym przekonaniu. Analogicznie niepewność co do rozwiązania będzie wynikać z wrażenia (intuicji?), że nie wszystkie hipotezy zostały dotychczas opisane.

2. Zjawisko elektryczności

Ponieważ zjawiska elektryczności dzieci nie są w stanie zrozumieć bez pomocy dorosłych, dlatego potrzebna jest interwencja edukacyjna (Fleer,

1994; Qualter, 1995). Jednak nie każdy rodzaj interwencji edukacyjnej okazuje się skuteczny. Na przykład uczenie się budowania elementów obwodu elektrycznego na ekranie komputera okazuje się nie wpływać na konstruowanie wiedzy w sposób umożliwiający wykorzystanie jej poza ekranem komputera (Jelinek, 2017a). Dobrze sprawdza się interwencja z użyciem przedmiotów (Fleer 1994; Jelinek, 2017b; Qualter, 1995). Badania z wykorzystaniem różnych rodzajów materiałów oraz różny wiek dzieci jest podstawowym czynnikiem różnicującym skuteczność edukacyjną (Ravanis, Kaliampos, Arnantonaki, Pantidos, 2022). Dużą skuteczność mają zajęcia realizowane wśród dzieci powyżej 5. roku życia, podczas których używa się elementów obwodu z łatwością ze sobą łączonych (np. zaciski na końcach przewodów) (por. Kaliampos, Kada, Saregar, Ravanis, 2020) oraz włącznik umieszczony w jednym z przewodów (Roszyńska i Jelinek, 2014). Badania wykazały, że stosowanie analogii prądu jako wody do wyjaśnienia właściwości prądu elektrycznego sprawia, że dzieci zbyt dosłownie traktują tę analogię, traktując prąd jako strumień wody (Solomonidou i Kakana, 2000).

W polskiej szkole uczniowie wczesnej edukacji nie mają możliwości realizować praktycznych zajęć, w których mogłyby manipulować elementami obwodu elektrycznego (Pardej, 2017). Wśród realizowanych tematów najczęściej omawia się zagadnienie wytwarzania prądu w elektrowniach, dostarczania prądu przez sieć energetyczną oraz wprowadza się zasady oszczędzania prądu. Zagadnienie prądu omawia się z perspektywy systemu (elektrownia-rozdzielnia-dom), a nie poszczególnych obwodów. Co więcej, przytacza się dzieciom wiersz Juliana Tuwima *Pstryczek*, który podkreśla magiczny charakter zjawiska (Jelinek, 2017b).

Z badań nad pojmowaniem przez dzieci zjawiska elektryczności wynika, że dzieci, które po raz pierwszy mają okazję łączyć elementy obwodu zamkniętego potrafią skonstruować prawidłowy obwód

metodą prób i błędów w ciągu kilkunastu minut (Roszyńska i Jelinek, 2014; Shipstone, 1984). Jednakże różnice między zastosowanym narzędziem badawczym wydają się wskazywać, że skuteczność zależy od rodzaju użytych elementów obwodu (Kada i Ravanis, 2016; Kalogiannakis i Lantzaki, 2012).

Badania nad pojmowaniem zjawiska elektryczności wskazują, że dzieci traktują baterię jako źródło prądu, a pozostałe elementy obwodu jako odbiorniki energii elektrycznej, konsumentów prądu (Koliopoulos, Christidou, Symidała, Koutsoumba, 2009; Shipstone, 1984). Zauważa się, że dzieci traktują urządzenia elektryczne jako posiadające „w sobie” prąd. Jednocześnie dzieci te inaczej traktują zabawki na baterie. Nie zwracają uwagi na elementy zewnętrzne urządzeń (tj. przewody) (Solomonidou i Kakana, 2000). Mimo to już 4-6-letnie dzieci wykazują się dobrą umiejętnością rozróżniania urządzeń elektrycznych od nieelektrycznych (Kalogiannakis i Lantzaki, 2012).

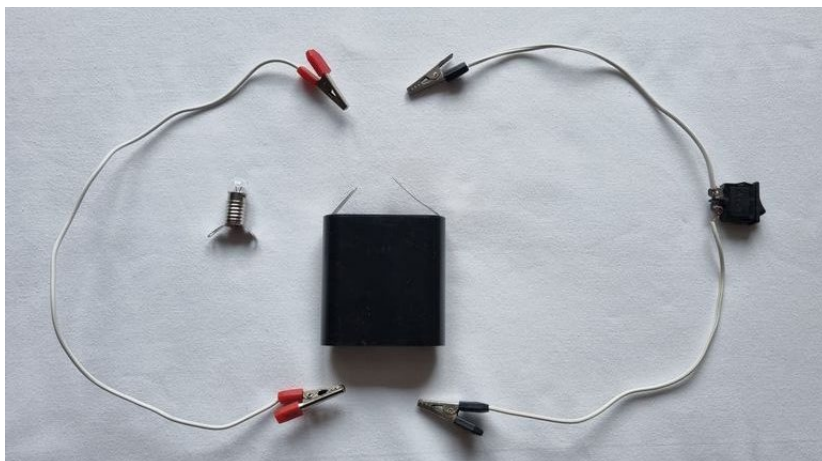
Podczas zajęć praktycznych z użyciem elementów obwodu elektrycznego zauważono, że uczniowie 8-letni mają trudności z włączeniem żarówki, dysponując baterią oraz przewodami (Shipstone, 1984). Ustalono, że dzieci manipulując przewodami w podobny sposób, podają różne wyjaśnienia co do działania obwodu elektrycznego. Okazało się także, że wyjaśnienia dzieci 5-6-letnich co do działania prostego obwodu elektrycznego są niekiedy podobne do tych, które wyrażają starsi uczniowie, a nawet dorośli (Glauert, 2009). Nie zwracają uwagi na oznaczenia włącznika elektrycznego i mają tendencję do podłączania przewodów do baterii, konstruując w ten sposób dwa obwody, co sprawia, że konstruując urządzenie z niepoprawnie działającym włącznikiem – urządzenie ożywa, gdy włącznik jest wyłączony. Zdarza się, że niektóre dzieci szkolne boją się dotykać baterii i przewodów w obawie przed porażeniem prądem mimo zapewnień dorosłych (Jelinek, 2017b). Ogólnie wiedzę dzieci na temat elektryczności określa się jako fragmentaryczną, z dużą ilością uprzedzeń

na temat bezpieczeństwa (Solomonidou i Kakana, 2000; Kaliampos i in., 2020; Georghiades, 2004; Šimik, 2016; Solomon, Black, Oldham, Stuart, 1985).

3. Program badań

Badania były finansowane przez Fundację NEWAG z Nowego Sącza. Celem przeprowadzonych badań było ustalenie sposobów, którymi dzieci dochodzą do rozwiązywania problemu wadliwego elementu w obwodzie zamkniętym (przepalona żarówka). Rozwiązanie problemu wymaga rozumienia działania obwodu elektrycznego, a ponieważ w szkole uczniowie nie mają okazji poznawać zjawiska elektryczności w sposób praktyczny, dlatego przeprowadzenie badań wymagało najpierw przeprowadzenia interwencji edukacyjnej.

Badania rozpoczęły się od przeprowadzenia serii pięciu spotkań z uczniami klas pierwszych w okresie od marca do kwietnia 2022 roku. Podczas spotkań rozdawano dzieciom zestawy elektryczne i z ich pomocą budowano różne urządzenia: świecące z użyciem żarówek (lampki i światła na skrzyżowaniu); grające z brzęczykami (dzwonki do drzwi, alarmy); ruszające się z silnikami elektrycznymi (windy, dźwigi). Każde zajęcia rozpoczynały się od skonstruowania przez uczniów prostego obwodu zamkniętego, a następnie wymieniano elementy obwodu na inne, pokazując dzieciom kolejne zastosowanie obwodu. Za każdym razem dzieci korzystały z baterii, przewodów elektrycznych zakończonych zaciskami (krokodylkami), włączników i żarówek w oprawce. Zdjęcia tych przedmiotów przedstawiono na 1. Ilustracji. Zajęcia prowadzono wśród uczniów czterech klas pierwszych szkoły podstawowej, łącznie 87 uczniów (41 chłopców i 46 dziewczynek).



Ilustracja 1. Zestaw przedmiotów używanych na zajęciach i w pierwszej części badania.

We wrześniu, po 5 miesiącach, przeprowadzono sprawdzian wiadomości i umiejętności technicznych uczniów biorących udział w zajęciach. Sprawdzenie zostało przeprowadzone w odosobnionym pomieszczeniu w trzyosobowych grupach (razem 29 grup). Badanie rozpoczynało się od położenia na stole zestawu elektrycznego: baterii, żarówki w oprawce, dwóch przewodów w tym jeden z włącznikiem (ilustracja 1). Następnie uczniowie odpowiadali na następujące pytania i wykonywali zadania: 1. *Powiedzcie, jak nazywają się te przedmioty?* Dzieci nazywały wskazywane przez badającego przedmioty.

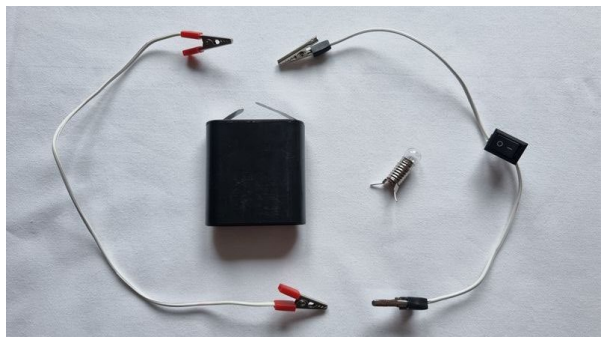
2. *Jakie urządzenie można z tego zbudować?*

3. *Zbudujcie urządzenie, w którym zaświeci się żarówka.*

4. Wymiana zestawu na podobny z przepaloną żarówką: *Mam tu podobny zestaw, ale mam problem, bo nie działa. Ustalcie, który z elementów jest wadliwy.* Dzieci otrzymywały rozłożony na części zestaw przedmiotów (ilustracja 2), z przepaloną żarówką (ilustracja 3).

Dobór przedmiotów drugiego zestawu był celowy. Mimo że ogólnie nie różnił się od pierwszego (działającego), o tyle każdy z elementów miał pewne wady: bateria miała naruszoną obudowę którą można było

otworzyć (podczas badania, gdy dochodziło do prób otwarcia baterii badający prosił, aby ze względów bezpieczeństwa dzieci jej nie otwierały), jeden z zacisków na przewodzie był pokryty rdzą, włącznik miał nieco bardziej wystające przewody (druty), a oprawka mniejsze nogi do mocowania przewodów. Mimo tych różnic jedynym faktycznym powodem nieświecenia żarówki w obwodzie był fakt, że była ona przepalona. Na pierwszy rzut oka obie żarówki nie różniły się wyglądem i dopiero wnikliwa, celowa obserwacja porównawcza pozwalała dzieciom dostrzec różnice – przerwany żarnik. Dzieci, które na początku pobieżnie porównywały dwie żarówki nie stwierdzały, że jedna z nich może być przepalona.



Ilustracja 2. Zdjęcie zestawu z przepaloną żarówką



Ilustracja 3. Zdjęcie dwóch żarówek (po lewej przepalona, po prawej nieprzepalona)

W trakcie badania zachęcano dzieci do aktywności pytaniami typu: *co trzeba zrobić, aby się upewnić, że to jest złe / wadliwe?*, a gdy dzieci sformułowały chociaż jedną hipotezę i nastąpiła cisza sugerująca brak dalszego pomysłu, badający zwracał się z propozycją: *mam zestaw, z którego wcześniej zbudowaliście działający obwód, może chcecie pożyczyć jakiś przedmiot z tego zestawu?* Gdy dzieci prosiły o podanie przedmiotów, badający pozwalał na wymianę jednego przedmiotu na raz. Było to konieczne dla ustalenia, czy dzieci mają na myśli np. samą żarówkę czy żarówkę w oprawce. Jak się okazało dla większości dzieci żarówka znajdująca się

w oprawce była uznawana jako jeden przedmiot. Potwierdza to również ten etap badania, w którym uczniowie byli proszeni o nazwanie elementów obwodu. Wszyscy pomijali oprawkę, nazywając żarówkę w oprawce po prostu „żarówką”.

Zachowanie i wypowiedzi dzieci były rejestrowane przez kamerę. Każda z grup dzieci zajmowała się problemem ustalania wadliwego elementu obwodu elektrycznego od 2 do 9 minut. Łącznie zgromadzono ponad 4 godziny materiału filmowego. Nagrania zostały poddane analizie dla uchwycenia czynności podejmowanych przez uczniów, ich wypowiedzi i zachowań prowadzących do rozwiązania problemu. Na podstawie analizy nagrań wyłoniono 34 rodzajów czynności, które dzieci podejmują, chcąc ustalić wadliwy element obwodu.

Przypomnę, że zanim dzieci rozpoczęły rozwiązywać postawiony im problem niedziałającego obwodu, przechodziły etap wstępny. Pytane były o nazwy elementów zestawu elektrycznego, przykłady urządzeń, które można z niego zbudować oraz proszone były o skonstruowanie poprawnego obwodu zamkniętego. Ta faza badań pozwoliła stwierdzić, że po 5 miesiącach uczniowie potrafili poprawnie nazywać (lub określić znaczeniowo) baterię, żarówkę, włącznik i przewody. Istotne jest, że żadne z dzieci nie podało nazwy oprawki podczas opisywania elementów obwodu. Powodem tego był prawdopodobnie fakt, że od początku żarówka była przekazywana dzieciom jako już wkręcona w oprawkę.

Na pytanie *jakie urządzenia można zbudować z przedstawionego zestawu?* większość dzieci podawała przykłady urządzeń świecących (np. lampy, światła samochodowe). Po zachęcie zbudowania obwodu wszystkie chętnie podjęły się konstrukcji. Tylko dwie grupy badanych (6 dzieci) nie zbudowało poprawnego obwodu elektrycznego. Ponieważ uznano, że znajomość budowy poprawnego obwodu jest kluczowa do rozwiązania problemu niedziałającego obwodu, dlatego pominięto tę grupę w zasadniczym etapie badania. Ostatecznie zatem do badań zakwalifikowano

81 dzieci (w 27 grupach), które znały przeznaczenie wszystkich elementów obwodu elektrycznego wykorzystanego w badaniu oraz potrafiły skonstruować prawidłowy obwód zamknięty.

4. Wyniki badań

Gdy zapoznano dzieci z elementami obwodu elektrycznego wiele z nich wspomniało przedwakacyjne zajęcia instruktażowe, co świadczy o kojarzeniu tematyki problemu i może być związane z potrzebą skupienia uwagi na określony zakres tematyczny problemów.

Etap zapoznania z problemem. Tuż po otrzymaniu informacji, że zestaw przedmiotów nie działa, zachowania dzieci można było podzielić na dwa rodzaje: (a) połowa badanych (13 grup dzieci) od razu przystąpiła do konstruowania obwodu zamkniętego, aby sprawdzić czy rzeczywiście nie działa; (b) pozostała część badanych (14 grup) po otrzymaniu elementów obwodu najpierw przystępowała do uważnego przyglądania się przedmiotom i przystąpiła do formułowania przypuszczeń (hipotez) dotyczących istnienia możliwych wad, a dopiero potem dzieci przystępowały do konstruowania obwodu.

W obu rodzajach zachowań wstępne zbudowanie obwodu jest próbą sprawdzenia, czy obwód naprawdę nie działa. Konstruowanie obwodu na początku badania jest próbą zrozumienia istoty problemu. Dzieci chciały zobaczyć obwód, w którym mimo naciśnięcia przycisku włącznika żarówka nie zaświeca się. Zachowanie to stanowi element zapoznania się z problemem.

Dodać należy, że podczas konstruowania obwodu dzieci kilkakrotnie naciskały włącznik, aby upewnić się, że żarówka faktycznie nie świeci. Kilkakrotne naciśnięcie występowało także w kolejnych etapach badania, gdy dokonywały modyfikacji obwodu. Zachowanie takie dotyczyło

wszystkich badanych. Wielokrotne naciskanie przełącznika dowodzi, że mimo widocznych na przełączniku oznaczeń 0 / I oraz wcześniejszego instruktażu dzieci nie korzystają z tych symboli.

Etap stawiania hipotez. W zorganizowanym zadaniu badawczym można było sformułować co najmniej 5 przypuszczeń odnoszących się do elementów obwodu zamkniętego: baterii, przewodu z włącznikiem, przewodu bez włącznika, żarówki i oprawki na żarówkę. Zgodnie z założeniem zorganizowanej sytuacji badawczej dzieci zwracały uwagę, że bateria jest uszkodzona i/lub rozładowana (mówiły: *bateria jest rozładowana* lub *bateria nie działa bo tu można otworzyć*), zacisk przewodu elektrycznego jest zardzewiały (*jest zardzewiały* albo *nie przechodzi przez błoto [rdza]*), przewód bez włącznika jest przerwany w środku (*kabel jest przerwany* albo *przewody są stare*), żarówka przepalona (*spalona żarówka bo była często używana*).

Dla większości dzieci żarówka znajdująca się w oprawce była traktowana jako jeden przedmiot. W 7 grupach uwagę dzieci zwracała różnica nóżek oprawki, które w przypadku niedziałającego obwodu były mniejsze. Niektóre z nich uznały ten fakt za przyczynę nieświecenia żarówki. Tak więc hipotezy dzieci dotyczyły nie tylko obiektów, ale po uważnym przyjrzeniu się elementom obwodu elektrycznego dzieci zauważały szczegóły ich niedoskonałości i na nich koncentrowały uwagę, uznając, że stanowią one powód nieświecenia żarówki.

Dzieci konstruowały swoje hipotezy przez cały czas trwania badania. W miarę poznawania elementów obwodu dostrzegały nowe szczegóły i traktowały je jako przypuszczalne wady. Na przykład jedne dzieci odkrywały rdzę na zacisku wcześniej, inne później. Były dzieci, które sformułowały wiele przypuszczeń i przystępowały do sprawdzenia każdej z nich. Były też takie, które po zwerbalizowaniu hipotez porzucały je w trakcie badania, po czym wracały do nich na koniec. Były też dzieci, które trzymały się jednej lub dwóch hipotez (np. *albo bateria jest wyczerpana albo*

żarówka przepalona) i nie zmieniały ich przez cały czas trwania badania (patrz: *fiksacja*, Pietrasiński, 1961). W ten sposób, pracując w grupie, dzieci wielokrotnie powtarzały swoje przypuszczenie.

Ocena poprawności przypuszczeń wynikała z szacowania ich prawdopodobieństwa. Towarzyszyła temu próba argumentacji poprawności stawianej hipotezy (być może potrzeba ta wynikała z faktu pracy w grupie). Najczęściej wskazywano na wadę baterii (w 20 grupach dzieci). Podczas argumentacji wskazywano, że bateria jest *wyczerpana, zła, ma otwartą obudowę, ruchome i krzywe płytki*. Wskazań na niepoprawnie działające przewody elektryczne było 19 razy (zwracano uwagę na ogólny zły stan przewodów), a 15 razy wskazywano na drobne elementy rdzy; 5 razy wskazywano na włącznik w przewodzie. W dwóch grupach pojawiło się stwierdzenie, że brak plastikowego elementu zacisku elektrycznego przy przewodzie jest powodem braku świecenia żarówki (było to błędne przypuszczenie). W 7 grupach zwrócono uwagę na różnicę w grubości nóżek oprawki. W 18 grupach wskazywano na przepaloną żarówkę z oprawką, a w 8 grupach ustalono, że wadliwa jest sama żarówka, ale nie podawano szczegółów.

W trakcie badania oprócz hipotez dotyczących wadliwych elementów obwodu, dzieci mogły również formułować przypuszczenia dotyczące błędnego sposobu podłączenia elementów. Przypuszczenia te zaczęły się pojawiać już przy pierwszym skonstruowanym układzie elementów obwodu, który służył do sprawdzenia czy żarówka faktycznie nie świeci. Podczas badania dzieci zastanawiały się czy żarówka zaświeci się, jeśli zamieni się przewody przy baterii, przy samej żarówce (zmiana biegunowości), a nawet odwróci się przewody tyłem na przód. Tego typu działania wynikały z niskiej jeszcze pewności co do posiadanej wiedzy na temat budowy obwodu elektrycznego i samego zjawiska elektryczności. Łącznie zmian biegunowości dokonano 25 razy, a zmian podłączenia przewodów tyłem na przód 8 razy.

Etap weryfikacji hipotez. W miarę zapoznawania się dzieci z elementami obwodu krystalizowały się ich wstępne przypuszczenia. Dzieci, które dysponowały silnym osobistym doświadczeniem związanym z podobną sytuacją problemową od razu decydowały się na sprawdzenie żarówki. Taka sytuacja nastąpiła tylko w jednej grupie (aE): po chwili od otrzymania elementów obwodu głośno odezwał się Natan, który stwierdził, że wie gdzie jest problem i biorąc do ręki żarówkę, od razu zaczął się jej bacznie przyglądać, po czym zdecydowanie stwierdził: *to jest w środku spalone*. Po czym dodał *mojemu tacie kiedyś w aucie się spaliła [żarówka] i musieliśmy ją wymienić*. Należy przypuszczać, że wypowiedzi typu *bateria się wyczerpała* oraz *żarówka przepaliła* także są związane z osobistymi doświadczeniami.

W tej części analizy zamieszczone zostaną czynności z dwóch etapów badania. Przed tym, kiedy dzieci dowiedziały się, że mogą poprosić badającego o wymianę przedmiotów w obwodzie oraz po tym momencie. Zanim dzieci otrzymały taką możliwość, wykonywały wiele czynności zmierzających do wyłonienia właściwego przypuszczenia (hipotezy) i wyeliminowania pozostałych. Dzieci baczniej przyglądały się przedmiotom, badały je lepiej oraz modyfikowały obwód, aby upewnić się czy zmiana wpłynie na świecenie się żarówki.

Dogłębne przyglądanie się elementom obwodu elektrycznego i prowadzenie powierzchniowych badań (np. próby zdrapania rdzy) są czynnościami przygotowawczymi do weryfikacji hipotez. Czynności te polegały na przykładaniu przedmiotów bliżej oczu i skupianiu na nich uwagi dłużej niż na początku badania. Działania takie były obserwowane wśród 19 z 27 badanych grup dzieci. Niekiedy były podejmowane kilkakrotnie podczas badania (łącznie 36 razy). Z kolei takie czynności jak np. zdrapywanie rdzy (niektóre dzieci myliły rdzę z błotem i starały się ją zdrapać błotem) oraz próby otworzenia baterii (gdy dochodziło do próby otworzenia baterii badający zabraniał ze względów bezpieczeństwa) dowodziły potrzeby

lepszego poznania elementów obwodu. Działań takich nie było wiele, zaobserwowano je tylko w 4 grupach badanych.

Modyfikowanie skonstruowanego obwodu miało na celu sprawdzenie czy pod wpływem zmiany żarówka się zaświeci. Rozwiązywanie problemu poprzez wprowadzenie zmian przypominało prowadzenie doświadczeń. Do takich czynności należało najczęściej:

- a) odwracanie biegunowości przy baterii (zauważono je w 19 grupach dzieci, gdzie wykonano je 23 razy), odwrócenia podłączenia przewodów przy żarówce (dostrzeżone w 7 grupach, przeprowadzone 8 razy) oraz odwrócenie przewodów tyłem na przód (w 5 grupach, 5 razy);
- b) sprawdzenie żarówki bezpośrednio przy baterii z pominięciem pozostałych elementów obwodu (takie działanie zaobserwowano tylko 1 raz w 1 grupie);
- c) celowe jednoczesne dotknięcie obu biegunów baterii, aby sprawdzić czy w baterii jest prąd. (1 osoba). W używanej w badaniu baterii (4,5V) porażenie prądem nie mogło mieć miejsca, gdyż ludzka skóra jest zbyt odporna na tak niskie napięcie prądu elektrycznego.

W chwili, gdy dzieci otrzymały możliwość wymiany elementów obwodu (etap ten zachodził, gdy badający stwierdził, że dzieci sformułowały już wstępne hipotezy i zatrzymały się, nie wiedząc, co mogą zrobić dalej) najczęściej decydowano się wymienić (w kolejności): baterię, przewody i żarówkę (w oprawce). Wymiana przedmiotów polegała na wyjęciu z gotowego obwodu i zastąpieniu go nowym, wyjętym z poprzedniego zestawu, z którego dzieci wcześniej zbudowały działającą latarkę (istniała pewność, że nowy przedmiot jest działający). Gdy następowała wymiana i sprawdzenie działania obwodu, dzieci nierzadko prosiły, aby podać im nowy przedmiot, by zestawić go ze starym w celu wyszukania różnicy wskazującej na możliwą przyczynę. Bywało, że jeszcze na wstępnym etapie poznawania przedmiotów niektóre dzieci wstawiały, by spojrzeć na przedmioty użyte w poprzednim zestawie i porównać je „na oko”.

Mówiły wówczas np. *nie, tamta bateria też ma takie giętkie druciki albo tamta żarówka [oprawka] ma mniejsze nóżki*. Dostrzeżenie zmiany w wyglądzie nierzadko było podstawą do podtrzymania hipotezy o wadliwym elemencie obwodu.

Etap zakończenia badań i stwierdzenia, że ostatecznie udało się rozwiązać problem. W zorganizowanej sytuacji badawczej nie dało się na pierwszy rzut oka ustalić, czy żarnik żarówki jest przepalony. Dzieci, które na początku porównywały dwie żarówki nie stwierdzały, że jedna z nich jest przepalona. To znaczy, że do ustalenia rzeczywistej przyczyny potrzeba było przeprowadzić specjalne próby badawcze dla wypracowania ostatecznego rozwiązania. Zachowania dzieci można było podzielić na kilka grup. Były grupy, w których niektóre dzieci od początku forsowały przed pozostałymi jedną hipotezę (np. *na pewno bateria jest wyczerpana*) i mimo wysłuchiwania przypuszczeń innych członków grupy powielały własne przypuszczenia i nie podejmowały wielu czynności badawczych dla ustalenia innych możliwości. W zależności od charakteru dzieci tworzących grupę uznawano, że pierwsze przypuszczenie jest właściwe i szybko udało im się rozwiązać problem. W takich grupach samo rozwiązanie problemu wadliwego elementu obwodu trwało krótko (najkrótsze: 2 minuty). Działania innych grup, które cechowała niepewność i próby podejmowane dla wyłonienia właściwej hipotezy trwały dłużej (najdłuższe: 9 minut). Przy czym w ciągu jednej minuty dzieci potrafiły trzykrotnie zmodyfikować obwód dla sprawdzenia swoich przypuszczeń.

O metodzie, która doprowadziła do rozwiązania zadania można było wnioskować w chwili, gdy badający zaproponował dzieciom wymianę elementów urządzenia celem sprawdzenia jego działania. W zachowaniach dzieci zauważono dwa style podchodzenia do problemu. Część z nich kierowała się stopniowym wymienianiem wszystkich elementów obwodu elektrycznego, najczęściej najpierw wymieniano baterię, potem przewody, na końcu żarówkę. Były też takie dzieci, które od razu prosiły

o wymianę żarówki. W kilku przypadkach uczniowie odwoływali się do wcześniejszych doświadczeń (np. *mój tato ostatnio wymieniał żarówkę i widziałem spaloną*).

Poprawne rozwiązanie, a więc ustalenie, że żarówka jest przepalona (a nie żarówka w oprawce) pojawiło się w 7 grupach (na 27). Ustalenie tego zadania zawsze dotyczyło najdłuższego procesu badawczego i stwierdzenia, że żarówka nie jest integralną częścią oprawki. Dzieci, które dostrzegały ten fakt, dostrzegały również kolejne możliwości stworzenia hipotez i prowadzenia doświadczeń dla ich zweryfikowania (np. dogłębnego przyglądania się osobno żarówce i oprawce, wprowadzania zmian w budowie obwodu).

Dzieci, które bliskie były poprawnego rozwiązania, ale nie odkryły rozróżnienia między żarówką a oprawką, stwierdzały, że wadliwa jest żarówka umieszczona w oprawce. Takie zdecydowane odpowiedzi padły w 13 grupach. Dzieci traktowały oba przedmioty (żarówkę i oprawkę) jako jeden przedmiot.

Były też dzieci (7 grup), którym w ogóle nie udało się rozwiązać problemu, tzn. nie wskazały żarówki w oprawce jako wadliwego elementu. Dzieci te najczęściej wskazywały, że wadliwa jest wyczerpana bateria i zardzewiały zacisk. W tych grupach dzieci formułowały wiele hipotez, i niewiele prowadzono prób badawczych. Niekiedy podejmowane działania miały na celu potwierdzenie wcześniejszej hipotezy.

Jak widać wrażenie poprawności oceny wypracowanego rezultatu a faktyczna przyczyna nie jest tym samym. Umiejętność rozwiązania problemu takiego jak ustalenie wadliwego rozwiązania wymaga nie tylko znajomości podstaw elektryczności i umiejętności budowania obwodu elektrycznego, ale także umiejętności wyprowadzania logicznych wniosków z prowadzonych prób badawczych. W badanych grupach dzieci zdarzały się trudności z tego typu wnioskowaniem. Dzieci podejmując się np. wymiany żarówki na dobrą i ustalając, że po jej wymianie obwód

zaczyna działać, twierdziły, że przyczyną była bateria, a nie żarówka, co wynikałoby z prostego wnioskowania. Tego typu zachowania dowodziły, że niektóre dzieci miały trudności z wyrowadzaniem logicznych wniosków.

Obserwacje takich dzieci należały jednak do rzadkości, bo dotyczyły tylko tych, które zwerbalizowały swoje przypuszczenia. Należy jednak przypuszczać, że mogło to dotyczyć także dzieci, które nie uczestniczyły aktywnie w procesie badawczym, przyglądały się jedynie czynnościom rówieśników. Trzeba zaznaczyć, że w większości grup jedno z dzieci było wycofane i mimo zachęt badającego (np. *a Ty jak sądzisz, co trzeba byłoby zrobić?* albo *przekażcie teraz jej/jemu przedmioty, być może jej/jemu uda się to ustalić*) dzieci te rzadko podejmowały się prób badawczych. Zwykle powtarzały hipotezy i czynności pozostałych dzieci z grupy. Należy przypuszczać, że przyjęły rolę nieuczestniczącego obserwatora. W chwili, gdy aktywne dzieci w grupie formułowały wniosek dzieci mniej aktywne aprobowały go skinieniem głowy. Na pytanie czy mają jakieś inne przypuszczenia najczęściej wzruszały ramionami.

5. Wnioski

Celem przeprowadzonego badania było ustalenie sposobów rozwiązywania problemu technicznego przez uczniów – dlaczego żarówka w obwodzie nie świeci. Na początku badania sprawdzono, czy uczniowie potrafią skonstruować obwód zamknięty. Ten etap badań polegał na sprawdzeniu skuteczności interwencji edukacyjnej przeprowadzonej 5 miesięcy wcześniej. Fakt, że tylko uczniom w dwóch grupach nie udało się skonstruować obwodów zamkniętych dowodzi skuteczności interwencji edukacyjnej. Potwierdza to dotychczasowe ustalenia badawcze podkreślające, że za skuteczną interwencję uznaje się umiejętność praktycznego konstruowania obwodów elektrycznych (Fleer, 1994; Qualter, 1995),

w których wykorzystuje się elementy obwodu elektrycznego, które łatwo można ze sobą łączyć (Kaliarnos i in., 2020; Roszyńska i Jelinek, 2014).

Analizę zachowania się uczniów na każdym etapie rozwiązania problemu można było skategoryzować. Ustalono, że na początku badania połowa badanych zaczęła od skonstruowania obwodu zamkniętego, druga połowa od razu przystąpiła do formułowania określania przyczyn (hipotez). Uczniowie wskazywali, że każda z widocznych wad elementów obwodu elektrycznego może być wadliwa. Niektóre dzieci kurczowo trzymały się jednej hipotezy przez cały czas trwania badania, inne wymieniały całe spektrum przyczyn.

Trudność dzieciom sprawiło ustalenie metody badania – procedury sprawdzenia poprawności działania wszystkich przedmiotów. Pomijając pojedyncze przypadki dzieci, które kierując się własnym doświadczeniem od razu wskazywały żarówkę, badani najczęściej wybierali metodę prób i błędów, kierując się przypuszczeniami dotyczącymi oceny największego prawdopodobieństwa (bateria, włącznik, żarówka). Weryfikacja hipotezy co do poprawności każdego z elementów polegała na przeprowadzeniu eksperymentów sprawdzających i konstruowaniu wniosków. Poprzez odwracanie biegunowości i dotykanie elementu obwodu bezpośrednio do baterii dzieci starały się sprawdzić czy działa. Zdarzały się także działania, które w innych warunkach można uznać za niebezpieczne. Niebezpieczeństwo odnosi się do wykorzystania tej metody poza sytuacją badawczą, gdy dziecko chcąc sprawdzić obecność prądu elektrycznego w gniazdku może włożyć przedmiot bezpośrednio do gniazdka elektrycznego zamykając obwód i wywołując zwarcie (tj. bezpośrednie dotknięcie ręką obu biegunów baterii, aby sprawdzić, czy jest w niej prąd).

Kolejność wymiany elementów w obwodzie wskazała uczniowskie szacunki dotyczące wadliwego elementu. Najczęściej była to: wyczerpana bateria, zepsute przewody i na końcu przepalona żarówka. Inną formą sprawdzania było zestawienie nowego i starego elementu obwodu, aby

na podstawie porównania można było wskazać różnicę, która mogłaby sugerować wadę. Tu pojawiło się wiele błędnych wskazań (np. różna grubość nóżek oprawki). O poprawności osiągnięcia ostatniego rozwiązania decydował stopień poznania obwodu elektrycznego. Tylko 7 (np. 27) grup dzieci ustaliło, że oprawka nie jest tym samym co żarówka i zaczęła badać osobno żarówkę, ustalając ostatecznie jej wadliwość.

Wyniki badań pomogą opracować zajęcia z zakresu elektryczności wśród dzieci. Potrzebne są jednak kolejne badania, ponieważ wyniki te mogą się różnić w zależności od rodzaju przygotowanego dla dzieci obwodu elektrycznego (Kada i Ravanis, 2016; Kalogiannakis i in., 2012). Potrzebne są badania dotyczące umiejętności transferu wiedzy technicznej zdobytej podczas praktycznych zajęć (np. z elektrycznością) na sytuacje naturalne, w których dzieci mogłyby wyjaśnić działanie urządzeń, których modele budowali na zajęciach.

Zaletą metody wykorzystanej w badaniu było wywołanie wspólnego, głośnego zastanowienia się nad problemem oraz ujawnienie się zwerbalizowanych przypuszczeń dziecięcych odnoszących się do procesu badawczego. Jednak istotne są także badania wykorzystujące techniki rysunkowe, w których zadaniem dzieci jest przenieść poznane schematy na ilustrację. Taka graficzna prezentacja układu pozwoliłaby sprawdzić, jak kształtuje się dziecięca umiejętność kodowania budowanych modeli urządzeń.

Bibliografia

Bruner, J. (1978). *Poza dostarczone informacje*. Warszawa: PWN.

Convertini, J. (2020). What is the task about? Exploring the issues discussed by preschoolchildren in engineering activities at kindergarten. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 14(2), 85-104.

- Boilevin, J.M., Delserieys, A., Ravanis, K. (red.) (2022). *Precursor Models for Teaching and Learning Science During Early Childhood*. New York: Springer International Publishing.
- Dewey, J. (1988). *Jak myślimy*. Tłum. Z. Bastgenówna. Warszawa: PWN.
- Fleer, M. (1994). Determining children's understanding of electricity. *The Journal of Educational Research*, 87(4), 248-253.
- Franus, E. (1978). *Myślenie techniczne*, Wrocław-Kraków: Zakład im. Ossolińskich.
- Franus, E. (2000). *Wielkie funkcje intelektu*. Kraków: WUJ.
- Georghiades, P. (2004). Research report. *International Journal of Science Education*, 26(1), 85-99.
- Glauert, E.B. (2009). How young children understand electric circuits: Prediction, explanation and exploration. *International Journal of Science Education*, 31(8), 1025-1047.
- Jelinek, J.A. (2012). Eksperymentowanie. Dziecięce badanie rzeczywistości. *Wychowanie w Przedszkolu*, 8, 22-26.
- Jelinek, J.A. (2017a). Poznawanie zjawisk fizycznych na ekranie komputera przez uczniów II klasy szkoły podstawowej. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 4, 54-60.
- Jelinek, J.A. (2017b). Wprowadzenie do elektryczności w szkole. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 3, 61-68.
- Jelinek, J.A. (2018). *Dziecko konstruktorem. Rozwijanie zadatków uzdolnień technicznych u dzieci przedszkolnych i uczniów klas I-III*. Kraków: Centrum Edukacji Bliżej Przedszkola.
- 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), 1-9.
- Kaliarnos, 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*, 7(12), 596-611.
- Kalogiannakis, M., Rekoumi, C., Chatzipapas, C. (2012). Playing on the journey of sound. A teaching proposal for children in early childhood. W: R. Pintó, V. López, C. Simarro (red.), *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Based Learning in Science CBLIS'2012, Learning Science in the Society of Computers* (s. 279-285). Barcelona: Centre for Research in Science and Mathematics Education.
- Kalogiannakis, M., Lantzaki, A. (2012). Teaching electricity in preschool education: A dilemma under negotiation with the use of ICT. *Exploring the World of Child*, 11, 11-21.
- Koliopoulos, D., Christidou, V., Symidała, I., Koutsoumba, M. (2009). Pre-energy reasoning in pre-school children. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 123-140.
- Krucz, I. (1977). Czynność uczenia się. W: T. Tomaszewski (red.), *Psychologia* (s. 247-293). Warszawa: PWN.
- Kudriawcew, T.W. (1961). Problem myślenia technicznego i psychologiczno-dydaktyczne przesłanki jego rozwoju. W: W. Szewczuk (red.), *Psychologia rozumienia* (s. 187-206). Warszawa: PWN.
- Linhart, J. (1961). Probabilistyczny charakter operacji myślowych przy rozwiązywaniu zadań w toku uczenia się. W: W. Szewczuk (red.), *Psychologia rozumienia* (s. 151-170). Warszawa: PWN.

- Pardej, K. (2017). Wyobrażenia jako komponent myślenia technicznego. *Szkoła - Zawód - Praca*, 14, 221-238.
- Pietrasieński, Z. (1961). *Psychologia sprawnego myślenia*. Warszawa: WP.
- Piryow, G.D. (1968). Rozumienie w rozwiązywaniu zadań technicznych. W: W. Szewczuk (red.), *Psychologia rozumienia* (s. 173-186). Warszawa: PWN.
- Qualter, A. (1995). A Source of Power: Young children's understanding of where electricity comes from. *Research in Science & Technological Education*, 13(2), 177-186.
- Ravanis, K., Kaliampos, G., Arnantonaki, D., Pantidos, P. (2022). The axes of a precursor model for electricity in the thinking of 5–6-year-old children. W: J.-M. Boilevin, A.
- Roszyńska, E., Jelinek, J.A. (2014). Dziecko i technika. Rozumowanie dzieci na temat zjawiska elektryczności. W: H. Krauze-Sikorska, M. Klichowski, A. Basińska (red.), *Children in the Post-modern World. Culture-Media-Social Inequality* (s. 33-48). Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Salamon, J. (1968). Rozumienie przez uczniów prostych stosunków technicznych. W: W. Szewczuk (red.), *Psychologia rozumienia* (s. 209-224). Warszawa: PWN.
- Shipstone, D.M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6, 185-198.
- Słomkiewicz, S. (1971). *Samodzielne myślenie i działanie techniczne uczniów*. Warszawa: PZWS.
- Solomon, J., Black, P., Oldham, V., Stuart, H. (1985). The pupils' view of electricity. *European Journal of Science Education*, 7(3), 281-294.
- 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), 95-111.
- Sternberg, R. (2001). *Psychologia poznawcza*. Warszawa: PWN.
- Sternberg, R., Spear-Swerling, L. (2003). *Jak nauczyć dzieci myślenia*. Gdańsk: GWP.
- Szuman, S. (1985). *Podstawy rozwoju i wychowania w ontogenezie*. Tom 1 i 2. Warszawa: WSiP.
- Šimik, O. (2016). Interpretowanie wybranych pojęć przyrodniczych przez dzieci w wieku przedszkolnym. *Zagadnienia Społeczne*, 6(2), 128-150.
- Woleński, J. (2016). Status zasady racji dostatecznej. *Przegląd Filozoficzny – Nowa Seria*, 4(100).