



Agnieszka Bojarska-Sokołowska

orcid.org/0000-0003-3864-2263

e-mail: bojarska@matman.uwm.edu.pl

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

STEAM-owe aktywności matematyczne dzieci w wybranych europejskich centrach nauki

STEAM Math Activities for Children in Selected European Science Centres

KEYWORDS

STEAM, learning
centers, interactive
learning, math
education, children's
activities

ABSTRACT

The concept of STEAM learning can be found in science centres today. It involves holistic problem-solving and challenge-solving. This approach combines and integrates five fields of knowledge: nature, technology, engineering, art, and mathematics. The aim of the research described in the article below was to analyse exhibits/exhibitions addressed to children, which could be a carrier of specific STEAM activities. This analysis was carried out taking into account students' achievements in understanding mathematical issues. The study was carried out in five European science centres, using a qualitative strategy, as well as analysing documents. The language of the exhibits revealed the possibility of broad cognitive support in the STEAM development of children of early school education visiting science centres. The research results can be used to design effective STEAM classes for children from grades 1–3 of primary school within, for example, educational projects. The topics discussed, as well as the ways and methods of presenting the issues in the science centres, can serve as an inspiration for teachers in terms of conducting classes (not only extracurricular) in a way that better motivates children to search for their own solutions, try or even create.

SŁOWA KLUCZE

STEAM, centra nauki, interaktywne uczenie się, edukacja matematyczna, aktywności dzieci

ABSTRAKT

Koncepcję STEAM-owego uczenia się można współcześnie odnaleźć w centrach nauki. Polega ona na holistycznym rozwiązywaniu problemów i wyzwań. Podejście to łączy i integruje ze sobą pięć dziedzin wiedzy: przyrodę, technologię, inżynierię, sztukę i matematykę. Celem badań opisanych w poniższym artykule było przeanalizowanie kierowanych do dzieci eksponatów/ekspozycji, które mogłyby być nośnikiem określonych STEAM-owych aktywności. Analizy tej dokonano, uwzględniając osiągnięcia uczniów w zakresie rozumienia zagadnień matematycznych. Badanie zrealizowano w pięciu europejskich centrach nauki, strategią jakościową, analizując dokumenty. Język eksponatów ujawnił możliwość szerokiego wsparcia poznawczego w STEAM-owym rozwoju dzieci edukacji wczesnoszkolnej zwiedzających centra nauki. Wyniki badań mogą posłużyć w projektowaniu efektywnych STEAM-owych zajęć dla dzieci z klas 1–3 szkoły podstawowej w ramach np. projektów edukacyjnych. Poruszane tematy, sposoby i metody przedstawienia zagadnień prezentowanych w centrach nauki mogą służyć nauczycielom jako inspiracja prowadzenia zajęć nie tylko pozalekcyjnych, w sposób bardziej motywujący dzieci do poszukiwania własnych rozwiązań, próbowania czy nawet tworzenia.

Wstęp

„Edukacja STEAM integruje wiedzę z różnych dziedzin nauki, a realizowane projekty zakładają samodzielne lub zespołowe poszukiwanie przez uczniów konkretnych informacji w wybranym obszarze z wykorzystaniem różnych źródeł wiedzy oraz poszukiwanie praktycznych sposobów zastosowania wiedzy pozyskanej na drodze badawczej” (Plebańska i Trojańska, 2018, s. 8). Koncepcja STEAM polega na połączeniu pięciu dziedzin wiedzy, tj. przyrody, technologii, inżynierii, sztuki i matematyki. Według Marleny Plebańskiej w STEAM-owym uczeniu się należy, oprócz uwzględnienia równoległej edukacji w pięciu blokach tematycznych, kierować się następującymi wskazówkami:

- „im więcej zmysłów uczniowie zaangażują w edukację, tym więcej zapamiętają, tym więcej się nauczą”;
- „uczniowie mają wyszukiwać w świecie rzeczywistym realne problemy i znajdować rozwiązania”;
- „uczniowie samodzielnie projektują sposób rozwiązania problemu”;
- „uczniowie przejmują kontrolę nad uczeniem się, nauczyciel przyjmuje rolę wspierającą” (Plebańska, 2018, s. 7).

W nauczaniu STEAM-owym uwzględnia się także metodę twórczej pracy projektowej, tj. *design thinking*. Do głównych założeń tej metody należą: koncentracja na użytkowniku, interdyscyplinarny zespół, eksperymentowanie i częste testowanie hipotez. Podczas STEAM-owego uczenia buduje się interdyscyplinarny zespół, co umożliwia wejście do zespołu uczniów o różnych kompetencjach, różnych talentach i różnorodnych zainteresowaniach. Dzięki stworzeniu takiego zespołu uczniowie będą w stanie przeanalizować problem projektowy wszechstronnie i wielopłaszczyznowo (Plebańska i Trojańska, 2018, s. 44).

Matematyka jako fundament nauk ścisłych odgrywa kluczową rolę w STEAM-owym procesie uczenia się – „STEAM = Science & Technology interpretowane przez Engineering & the Arts, bazujące na Mathematics” (Plebańska i Trojańska, 2018, s. 9). Pełni ona tu funkcję narzędzia pomagającego w obliczeniach, interpretacji i analizie zagadnień czy logicznym argumentowaniu i uzasadnianiu propozycji uczniów.

Centra nauki jako miejsca promujące edukację przez doświadczenie są idealnym środowiskiem do realizacji STEAM-owych aktywności matematycznych nie tylko osób dorosłych, ale również dzieci. Aktywność badawczą w centrach cechuje uczący się i konstruujący wiedzę podmiot (Aebli, 1982, s. 34). Jest to nawiązanie do prekursora konstruktywizmu Johna Deweya, który wyznawał zasadę, że uczenie się zachodzi poprzez działanie. Według przedstawiciela psychologicznego konstruktywizmu Jeana Piageta uczenie się to proces konstruowania osobistych struktur poznawczych poprzez działania wykonywane na obiektach fizycznych i myślowych (Piaget, 2006, s. 144). Przedstawiciel społecznego konstruktywizmu Lew Wygotski uważał, że istotną rolę w procesie uczenia się odgrywa środowisko społeczne, w szczególności bezpośrednio interakcje i język (Wygotski, 2006, s. 108). Natomiast Jerome Bruner sądził, że interakcje i język umożliwiają intersubiektywną wymianę myśli, nadawanie znaczeń oraz wychodzenie poza dostarczane informacje (Bruner, 1978, s. 801). Według przedstawiciela kognitywnego konstruktywizmu Seymoura Paperta technologie komputerowe wspierają proces nauczania-uczenia się (Juszczak, 2003, s. 781).

Jacek Warda wymienia efekty działalności centrów nauki: umożliwienie dokonywania osobistych odkryć poprzez samodzielne przeprowadzenie doświadczeń; rozbudzanie ciekawości poprzez zapoznanie z nowymi zjawiskami i ideami, dzięki pięknym, zaskakującym i zabawnym wystawom; dostarczenie wiedzy o osiągnięciach nauki poprzez udostępnienie informacji o odkryciach i wynalazkach (Warda, 2007). Renata Pater dodaje:

[...] edukacja muzealna [...] jako alternatywna przestrzeń spotkania młodego człowieka, dziecka z historią, sztuką, kulturą, tradycją, z drugim człowiekiem, gdzie można dobrowolnie doświadczać, odkrywać i próbować zrozumieć (na swój sposób) „świat” i siebie samego, poprzez obiekty i ich prezentacje, interpretacje w przywoływanych na wystawach kontekstach (2013, s. 58).

Edukacja matematyczna w centrach nauki może być pretekstem do wielu pytań badawczych, sprzyjających samodzielnemu eksperymentowaniu (Kruk, 2008, s. 97). Ekspozycje przeznaczone dla dzieci w centrach nauki są atrakcyjne: powiększone do olbrzymich rozmiarów, zazwyczaj są kolorowe, wyróżniają je plastyczność, estetyka, wyjaśniają i tłumaczą zjawiska, są w większości interaktywne (por. Bojarska-Sokołowska, 2019). Interaktywność tych ekspozycji polega na tym, że zmieniają się poprzez aktywność dzieci, poprzez ich działanie. Według Renaty Pater

[...] wystawa dla dzieci powinna odpowiadać pewnym standardom edukacyjnym [...] dzieci same powinny móc odkrywać sensy, znaczenia przedmiotów, określać, nazywać uczucia, sortować, eksperymentować, oglądać, dotykać, przedstawiać, stawiać pytania i znajdować na nie odpowiedzi, w zorganizowanej przestrzeni wybranych i zaaranżowanych obiektów (2013, s. 66).

STEAM-owe aktywności dla dzieci w europejskich centrach nauki stają się coraz bardziej popularne, łączą naukę z zabawą i kreatywnością. STEAM jako narzędzie różnych dyscyplin nadaje holistyczny wymiar aktywności dziecka i jego percepcji.

W niniejszym artykule skupię się na aspekcie matematycznym STEAM-owych aktywności, analizując ekspozycje/ekspozycje przeznaczone dla dzieci w wieku wczesnoszkolnym.

Podstawy metodologiczne i organizacja badań własnych

Badania przeprowadzono strategią jakościową, metodą analizy dokumentów. Krzysztof Rubacha (2008) traktuje ją jako metodę zbierania danych i nazywa „przeszukiwaniem źródeł wtórnych” (s. 157). Jak podkreśla Tim Rapley (2013, s. 158), dokumenty są analizowane zawsze w jakimś kontekście. W relacjonowanym tu badaniu został on wyznaczony przez pytanie problemowe: **Jakie STEAM-owe aktywności matematyczne mogą być odkrywane przez dzieci w wieku wczesnoszkolnym dzięki ekspozycjom/ekspozycjom w wybranych europejskich centrach nauki?** Odpowiedzi na to pytanie poszukiwano w treściach i formach ekspozycji, w ekspozycjach, w narracji ekspozycji, formułowanych problemach i ilustracjach do nich oraz możliwych sposobach użycia ekspozycji i ich możliwości poznawczych. Język ekspozycji jest nośnikiem określonych znaczeń tworzonych przez dzieci zwiedzające centra nauki. Można więc przekaz ekspozycji, które są nośnikiem aktywności zwiedzających, włączyć do postrzegania nauki i uczenia się. W artykule tym skupiono się na odpowiedzi na pytanie badawcze, opierając się na obserwacjach ekspozycji i analizie ich możliwości edukacyjnych dokonanych przez badacza. Problematyka ta wymaga jednak dalszych analiz, które mogłyby np. badać „przeświadczenia” dotyczące nauki ukształtowanej w umysłach dzieci odwiedzających centra nauki. Wyniki badań mogą posłużyć w projektowaniu

efektywnych STEAM-owych zajęć dla dzieci w ramach projektów rozwijających rozwój myślenia nie tylko matematycznego. Poruszane tematy, sposoby i metody przedstawienia zagadnień prezentowanych w centrach nauki mogą posłużyć nauczycielom jako inspiracja dla nauczycieli prowadzenia zajęć nie tylko pozalekcyjnych.

Badania przeprowadzono w okresie lipiec 2023–marzec 2024.

Do badań wybrano ekspozycje z pięciu europejskich placówek: **Centrum Nauki Kopernik w Warszawie**, **Technorama Szwajcarskie Centrum Nauki**, **Audioversum Centrum Nauki**, **Centrum Nauki Vida!** oraz **Nemo Centrum Nauki**. Przy wyborze placówek kierowano się dwiema zasadami: po pierwsze występowaniem w centrach ekspozycji, ekspozycji łączących ze sobą STEAM, po drugie możliwością robienia zdjęć – dokumentowania tych przedmiotów i ich opisów. Dodano do tego zbioru dokumentów opisy interaktywnych aspektów badanych ekspozycji. Następnie skatalogowano je i poddano dalszej analizie i interpretacji badawczej.

Misją **Centrum Nauki Kopernik w Warszawie** jest inspirowanie do „doświadczania, rozumienia świata i odpowiedzialnego działania”. Celami strategicznymi są: zapewnienie wysokiej jakości doświadczenia dla bezpiecznej liczby zwiedzających oraz dla zwiedzających wirtualnie; wspieranie rozwoju kompetencji przyszłości; mobilizowanie ludzi wokół ważnych tematów związanych z nauką itp. Jest to placówka powstała w roku 2010 i należy do największych centrów w Polsce. Co roku przyjmuje około miliona zwiedzających, oferuje im ponad 200 interaktywnych ekspozycji pogrupowanych w 19 ścieżkach tematycznych; planetarium, Teatr Robotyczny i Teatr Wysokich Napięć, warsztaty i laboratoria Pracowni Przewrotu Kopernikańskiego. W centrum tym prowadzona jest działalność badawczo-rozwojowa z udziałem środowiska naukowego. Organizowane są pikniki i festiwale nauki, konferencje Pokazać Przekazać i KMO itp. (<https://www.kopernik.org.pl>).

Technorama Szwajcarskie Centrum Nauki znajduje się w Winterthur. Jego historia sięga 1982 roku, wtedy miało charakter muzealny. W roku 1990 obiekt został przekształcony na wzór anglosaskich centrów nauki, w szczególności bazując na koncepcji pierwszego w świecie Exploratorium znajdującego się w San Francisco. Technorama oferuje ponad 500 interaktywnych stanowisk eksperymentalnych, gdzie odwiedzający mogą badać różne zjawiska przyrodnicze i techniczne. Wystawy wytwarzane przez Technoramę gościły w wielu centrach nauki, m.in. w Centrum Nauki Kopernik. Misją centrum jest: „zrozumienie” świata, rozbudzanie entuzjazmu i ciekawości, promowanie umiejętności XXI wieku, bycie obiektem edukacyjnym i rekreacyjnym dla wszystkich. Oferty na wystawach, w laboratoriach i w parku promują cztery umiejętności uczenia się: krytyczne myślenie, kreatywność, współpracę i komunikację. Dostępne wystawy: Mechanika; Technorama na świeżym powietrzu; Moc, rozpęd i spin; Elektryczność i magnesy; Woda, natura i chaos; Matematyczna magia itp. (<https://www.myswitzerland.com/pl/zainteresowania/technorama-swiss-science-center>).

Misją **Audioversum Centrum Nauki** w Innsbrucku w Austrii jest edukacja na temat znaczenia słuchu dla komunikacji, jakości życia i rozwoju człowieka. Ekspozycje są interaktywne, umożliwiają samodzielną naukę, nie wymagają wcześniejszej wiedzy i mają element zabawy. Muzeum Nauki powstało z inicjatywy firmy MED-EL, międzynarodowego producenta systemów implantów słuchowych. Jako centrum nauki łączy medycynę, technologię, edukację i sztukę. Instalacje multimedialne, opracowane we współpracy z renomowanym Centrum Ars Electronica w Linzu, zapraszają do udziału i „wyostrzania” zmysłów. Osiemnaście ekspozycji i instalacji zaprasza zwiedzających do słuchania, oglądania i podziwiania: wirtualna podróż przez ludzkie ucho, funkcjonowanie przewodnictwa kostnego, odkrywanie miejskiego pejzażu dźwiękowego po wejściu na schody („schody dźwiękowe”) czy poczucie niedosłuchu są przekazywane interaktywnie, multimedialnie i dydaktycznie. Przykładowe wystawy: „Krzyżący” pokój, Zabawa obuuszną, Kora słuchowa, Muzyka z komórek rzęsiстых itp. Centrum otwarto 30 stycznia 2013 r. Powierzchnia użytkowa (wraz z częściami wspólnymi): ok. 1 500 m². Liczba odwiedzających od otwarcia: 308 218 (stan na 11 lipca 2023 r.) (<https://www.audioversum.at>).

Misją **Centrum Nauki Vida!** w Brnie jest popularyzacja i wspieranie nauki w Czechach ze stałą interaktywną wystawą, która prezentuje dziesiątki zjawisk naukowych w czterech podstawowych obszarach: planeta, cywilizacja, człowiek i mikroświat. W programie towarzyszącym znajdują się występy z eksperymentami naukowymi oraz specjalne programy dla szkół i publiczności. Centrum nauki mieści się na terenie dawnego pawilonu D w Centrum Wystawowym w Brnie. Został otwarty dla publiczności 1 grudnia 2014 r. Pod koniec stycznia 2019 r. odwiedził to centrum milionowy gość. Na powierzchni prawie 6000 m² znajduje się ponad 175 interaktywnych ekspozycji. Odbywają się tutaj również cykliczne spektakle pełne zabawnych eksperymentów, które odbywają się w Teatrze Nauki, a także specjalne programy dla szkół (<https://vida.cz/en>).

Nemo Centrum Nauki w Amsterdamie jest największym centrum w Holandii. Odwiedza je rocznie około 670 000 zwiedzających. Początki muzeum sięgają 1923 roku, a od roku 1997 mieści się ono w nowo zaprojektowanym budynku, kształtem przypominającym ogromny statek. Ekspozycje w tym centrum pogrupowane są w sześciu obszarach: fenomeny, technika, pierwiastki, nauki humanistyczne, energetyka oraz dorośli. W pierwszym obszarze możemy odnaleźć ekspozycje dotyczące fizyki, przyrody, nauki na przestrzeni wieków. Kolejne dotyczy energii wodnej i technologii, czyli wszystkiego, co stworzył człowiek. Trzeci obszar obejmuje życie we wszechświecie oraz laboratorium chemiczne. W kolejnej części centrum można dowiedzieć się wszystkiego o gatunku ludzkim, skorzystać z maszyny do starzenia się oraz przytulania. W piątym obszarze można doświadczyć energii pozyskiwanej z wiatru, wody i słońca i walczyć z siłami natury. Znajdują się tutaj rzeźby i instalacje, którymi zwiedzający mogą samodzielnie sterować. W ostatnim obszarze można zgłębić tajniki starzenia

się, pozostawania młodym i bycia śmiertelnym. W centrum tym ponadto znajdują się sale kinowe, konferencyjne, teatralne itp. (<https://www.nemosciencemuseum.nl/nl/>).

W dalszej części artykułu przyjęto skróty: Centrum Nauki Kopernik w Warszawie – CNK, Technorama Szwajcarskie Centrum Nauki – TSCN, Audioversum Centrum Nauki – ACN, Centrum Nauki Vida! – CNV oraz Nemo Centrum Nauki – NCN.

STEAM-owe aktywności kierowane do dzieci – analiza ekspozycji/eksponatów z centrów nauki

Jednym z przykładów STEAM-owych aktywności matematycznych w centrach nauki są warsztaty z robotyki, gdzie dzieci uczą się podstaw programowania i algorytmiki poprzez konstruowanie i programowanie robotów, które mają np. za zadanie poruszać się po trasie zgodnie ze wzorami geometrycznymi. Innym przykładem jest projektowanie i budowanie konstrukcji geometrycznych za pomocą specjalnych zestawów przeróżnych klocków, makiet itp., które rozwijają wyobraźnię przestrzenną i zrozumienie zasad geometrii. Znane są również symulatory wirtualnej rzeczywistości, np. symulator planetarium, który umożliwia eksplorację kosmosu, gwiazd, planet i innych ciał niebieskich.

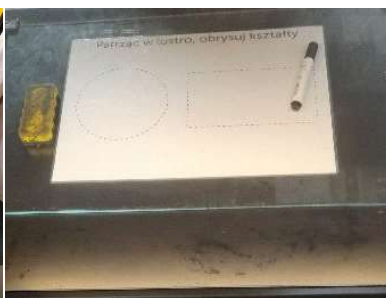
Poniżej zostaną szczegółowo omówione wybrane STEAM-owe aktywności występujące w badanych centrach, pogrupowane w kategoriach matematycznych, przeznaczone dla dzieci w wieku wczesnoszkolnym, tj.: orientacja przestrzenna; rytmy; kodowanie/szyfrowanie; przyczyna i skutek; liczenie obiektów i działania na liczbach; klasyfikacja; mierzenie; intuicje geometryczne; ważenie oraz konstrukcje geometryczne.

Orientacja przestrzenna

STEAM-owymi aktywnościami w tej kategorii są gra w „ORTHO” (fot. 1), składanie puzzli, rysowanie w lustrze (fot. 2), składanie przestrzennych labiryntów (fot. 3 i 4).



Fot. 1. Gra „ORTHO” – CNK



Fot. 2. „Rysowanie w lustrze” – CNK



Fot. 3 i 4. „Labirynty” – NCN

Gra „ORTHO” polega na tym, że każdy z graczy kontroluje jedną współrzędną w układzie kartezjańskim. Celem gry jest takie skoordynowanie działań, aby przeprowadzić piłeczkę przez trasę w jak najkrótszym czasie. Druga z aktywności znajdująca się w CNK – składanie puzzli – polega na włożeniu rąk w otwory i układaniu klocków. W układaniu to są zaangażowane trzy zmysły: wzrok, dotyk, percepcja, czyli świadomość położenia własnego ciała. Wyniki pracy dziecka były widoczne na ekranie monitora, na którym obraz był odwrócony (prawo–lewo). Dzieci poprzez manipulację mogą dojść do wniosku, że zadanie to było łatwiejsze do wykonania przy zamkniętych oczach. Podczas trzeciej aktywności (fot. 2) dziecko ma za zadanie, również nie widząc własnych rąk, odrysować kształty, które widzi w lustrze. Trudność polega na tym, że gdy dziecko przesuwano rękę do przodu, jej lustrzane odbicie przesuwano się w tył. Gdy przesuwano rękę do tyłu, lustrzany obraz przesuwano się do przodu. To powoduje, że rysowanie kształtów jest utrudnione. Na fotografiach 3 i 4 przedstawiono przestrzenne labirynty z NCN. Dziecko ma tak długo obracać klockami, aby początek ścieżki połączył się z końcem ścieżki. Linia ścieżki tworzy różne wzory, które powinny się łączyć ze sobą i przenikać z każdej z czterech stron.

Dzięki opisanym eksponatom dzieci mogą odkrywać, co w relacji lewa–prawa zmieni się po przemieszczeniu lub po obrocie obserwowanego przedmiotu, a także po zmianie położenia przedmiotu w lustrzanym odbiciu.

Rytm

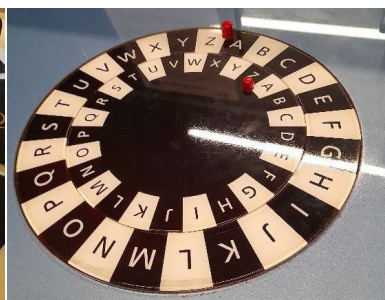
Przykładowymi aktywnościami w tej kategorii są: budowanie wszelkiego rodzaju parkietazy, dzięki którym możemy wypełniać bez szczelin każdą powierzchnię; składanie lub oglądanie struktur fraktalnych; gra w palago (fot. 5). Jest to gra dla dwóch osób, która polega na układaniu naprzemiennie kamieni w kształcie sześciokątów. Palago zostało wynalezione przez Camarona Browne’a. Kamienie zawsze do siebie pasują i nigdy nie ma żadnych przerw. Gra ta ma odniesienie do pszczół, które również budują swoje plastry miodu z sześciokątów. Są stabilne, mają niewiele ścian i oferują dużo miejsca do przechowywania miodu.



Fot. 5. Gra w palago – NCN



Fot. 6. „Zamień obraz w dźwięk” – CNK



Fot. 7. „Koło Cezara” – TSCN

Za pomocą opisanych w tej kategorii eksponatów dzieci mogły odkrywać regularności w dwóch liniach, na płaszczyźnie oraz możliwość kontynuacji wzoru. Przekładając elementy, mogą odkrywać własności geometrycznych przekształceń: przesunięć, symetrii i obrotów, jak również własności figur geometrycznych, dotyczące ich kształtów i kątów.

Kodowanie/szyfrowanie

Dość ciekawą aktywnością dotyczącą kodowania w połączeniu z muzyką jest eksplorowanie eksponatu „Zamień obraz w dźwięk” (fot. 6). Dzieci, stukając w dany obrazek znajdujący się na stole, słyszały odpowiadające im dźwięki w słuchawkach. W ten sposób mogły stworzyć swoją własną melodię. Jest to nawiązanie do zapisu nutowego danego utworu. Współcześnie niektórzy muzycy wykorzystują notację graficzną w postaci małych ikonki. Inną aktywnością był kod Cezara (fot. 7). Metodę tę od dawna stosowano do pisania tajnych tekstów. Dziecko zapisuje swoje zdanie. Następnie obracając dwa pierścienie, koduje poszczególne litery swojego zdania. Znajduje pierwszą literę pierwszego słowa w swoim zdaniu na zewnętrznym pierścieniu i odczytuje, jaka litera odpowiada jej na pierścieniu wewnętrznym. W taki sposób znajduje wszystkie litery swojego zdania i zapisuje je w formie zakodowanej. Tak otrzymane zdanie może dać do rozkodowania innej osobie.

Podczas wykonywania eksperymentów z przyporządkowywaniem danej litery/obrazka/dźwięku dzieci mogą działać według określonej z góry reguły. Zatem doświadczenia te mogą być wprowadzaniem do algebry.

Przyczyna i skutek. Przewidywanie następstw

STEAM-owymi aktywnościami w tej kategorii są: „Parametry mają znaczenie. Dzwonki na miarę” (fot. 8), „Nieokrągłe koła” (fot. 9), „Wirująca ciecz” (fot. 10).



Fot. 8. „Parametry mają znaczenie. Dzwonki na miarę” – CNK



Fot. 9. „Nieokrągłe koła” – TSCN



Fot. 10. „Wirująca ciecz” – NCN

W pierwszej aktywności – „Parametry mają znaczenie. Dzwonki na miarę” (fot. 8) – dziecko bierze pałeczkę i uderza nią w dzwonki, które różnią się długością,

średnicą, grubością ścianek i wysokością wydawanych dźwięków. Dzieci podczas eksperymentowania z dźwiękiem mogą dojść do wniosków: im grubsza ścianka, tym niższy dźwięk; im dłuższa rurka, tym niższy dźwięk; im szersza rurka, tym wyższy dźwięk itp. W drugiej aktywności – „Nieokrągłe koła” (fot. 9) – dziecko może przewidywać, a następnie sprawdzać, które koło porusza się prawidłowo po którym torze. W trzeciej aktywności – „Wirująca ciecz” (fot. 10) – dziecko może poznać zależność siły wyrzucenia cieczy od szybkości obracania się eksponatu. Jest to nawiązanie do bębna pralki w czasie wirowania.

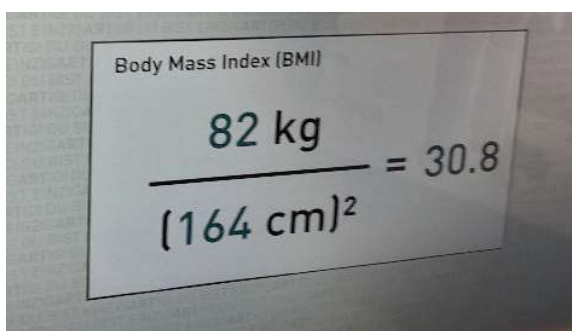
Podczas eksperymentowania z opisanymi w tej kategorii eksponatami dzieci mogłyby logicznie uzasadniać przyczyny i odkrywać skutki danego zjawiska. Aktywności te mogłyby być przyczynkiem do argumentowania i uzasadniania.

Liczenie obiektów/działania na liczbach

Przykładowymi aktywnościami w tej kategorii są: odczytywanie wielkich liczb, określających wielkość populacji na danym kontynencie; „Przeliczenie cukierków” znajdujących się na obrazku (fot. 11); obliczanie swojego „BMI” (fot. 12) oraz analizowanie tablicy, na której wyrysowano, co może zdarzyć się w ciągu 30 sekund. Na planszy znajdującej się w ACN pokazano, co może zdarzyć się w ciągu 30 sekund w sieci Internetu i w ludzkim ciele. Na przykład w ciągu 30 sekund w Internecie może być wyszukanych 1 500 000 haseł w wyszukiwarce Google, na Instagramie może być wyświetlonych 350 000 relacji, na WhatsAppie 34 500 000 wiadomości może być wysłane, można też wysłać 98 800 000 e-maili itp. Natomiast w ciągu tego samego czasu w ludzkim ciele: od 1 do 3 razy połykamy ślinę, 25 myśli przebiega nasz umysł, 6 razy mrugamy itp.



Fot. 11. „Przeliczenie cukierków” – TSCN



Fot. 12. „BMI” – ACN

Podczas aktywności „Przeliczenie cukierków” dziecko bierze jedną z plastikowych ramek w kształcie koła, trójkąta, prostokąta lub kwadratu, przytrzymuje ramkę na zdjęciu z cukierkami i liczy, ile cukierków się w niej zmieściło. Zapisuje swój wynik,

dokonyje jeszcze dwóch–trzech pomiarów, zapisuje ich wyniki, a następnie dodaje je do siebie i dzieli przez liczbę pomiarów. Można również pomnożyć liczbę policzonych cukierków z jednej ramki i pomnożyć przez 100, ponieważ powierzchnia ramki to dokładnie jedna setna powierzchni całego obrazu. W drugiej aktywności dziecko staje na wadze i wyprostowuje się, czekając kilka sekund. Urządzenie odczytuje jego wagę i wzrost i przelicza BMI. Później dziecko może zinterpretować swój wynik.

Za pomocą eksponatów prezentowanych w tej kategorii dzieci mogą ćwiczyć pojęcie liczb kardynalnych, wyobrazić sobie wielkość niektórych dużych zbiorów elementów, jak również szacować wyniki dużej liczby obiektów/przedmiotów.

Klasyfikacja

STEAM-owe aktywności w tej kategorii oferuje na przykład ekspozycja z CNK „odpowiednie dać rzeczy słowo”. Dziecko podczas gry na instrumentach ma za zadanie znaleźć obrazek pasujący do danego dźwięku. Właściwości instrumentów można opisywać słowami lub obrazami. Następnie za ich pomocą komponować własną muzykę lub odtwarzać muzykę już zapisaną. Inną aktywnością jest tworzenie własnego dźwięku filmowego. W NCN dziecko najpierw ogląda film bez dźwięku, a następnie używając przedmiotów znajdujących się w pobliżu, może próbować brzmienia poszczególnych rzeczy, klasyfikowania ich z poszczególnymi filmami, a następnie nagrywać odpowiedni dźwięk do danego filmu.

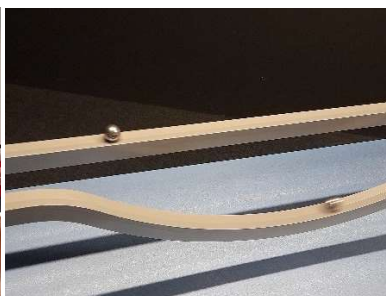
Dzięki eksponatom opisanym w tej kategorii dzieci mogą ćwiczyć porządkowanie zbiorów i uzasadnianie swoich wyborów.

Mierzenie: długość, czas, pojemność, ostrość wzroku

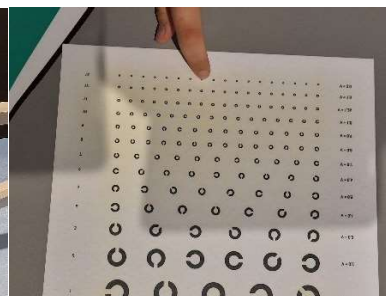
W tej kategorii można odnaleźć m.in. wpływ długości rury na dźwięk (fot. 13), wpływ ilości wody na wydawany dźwięk, „Wyścig piłek” (fot. 14), mierzenie ostrości wzroku (fot. 15) oraz mierzenie emocji.



Fot. 13. „Porównywarka dzwonków” – CNK



Fot. 14. „Wyścig piłek” – TSCN



Fot. 15. „Wzrok” – ACN

W pierwszej aktywności dziecko bierze do ręki pałeczkę i delikatnie uderza nią w dzwonki różnej długości tej samej średnicy. Dziecko, eksperymentując, doświadcza, że im jest dłuższa rurka, tym niższy dźwięk wydaje. Im krótsza, tym dźwięk jest dłuższy. W drugiej aktywności (również na ekspozycie CNK) dziecko bierze do ręki młotek i delikatnie stuka nim w butelki. Gra dowolną melodię, obserwując ilość wody w poszczególnych butelkach. Porównuje tę ilość z wydawanym dźwiękiem. Dziecko może dojść do następujących wniosków: im więcej wody zawiera butelka, tym niższy dźwięk wydaje. Jeśli jednak dodatkowo podmucha się w szyjkę butelki, prawidłowość wcześniejsza się odwraca. Trzecia aktywność (fot. 14) polega na mierzeniu czasu wystrzelonych w tym samym czasie kulek na dwóch różnych torach. Czwarta aktywność (fot. 15) dotyczy mierzenia ostrości wzroku. Dziecko staje na miejscu oznaczonym na podłodze przed plakatem, przygląda się pierścieniom Landolta i pokazuje, w której linii już nie widzi otworu w pierścieniach. Piąta aktywność znajdująca się również w ACN „Test reakcji emocjonalnej” polega na tym, że dziecko kładzie dłonie na uchwyty z czujnikiem i ogląda obrazki na ekranie. Wśród nich znajdują się zwierzęta, krajobrazy, jedzenie, ludzie, zdarzenia, np. ktoś wygrał bieg itp. Czujnik mierzy opór skóry dziecka, czyli jego fizyczną reakcję na obrazy. Obraz z największym wahaniem na pasku pomiarowym wywiera największe wrażenie emocjonalne na dziecku.

Za pomocą ekspozatów prezentowanych w tej kategorii dzieci mogą budować intuicje dotyczące pomiaru wielkości fizycznych i biologicznych.

Intuicje geometryczne

STEAM-owe aktywności, które występują w tej kategorii, to wszystkie typy złudzeń optycznych, figury niemożliwe oraz eksperymentowanie z perspektywą.



Fot. 16. „Złudzenia” – TSCN



Fot. 17. „Schody Eschera” – TSCN



Fot. 18. „Ukryta perspektywa” – CNK

Na pierwszej ekspozycji (fot. 16) dziecko kręci kołami i ogląda różne złudzenia. Druga aktywność (fot. 17) polega na oglądaniu figury niemożliwej, której konstrukcja w przestrzeni polega na takim ustawieniu obiektu, aby wydawałoby nam się, że nie ma na nim żadnych przecięć. Na zdjęciu widoczna jest figura niemożliwa – schody

Penrose'a. Trzecia aktywność (fot. 18) to zabawy perspektywą w specjalnie przygotowanej scenerii. Chodząc po tym pomieszczeniu, ludzie przybliżają się lub oddalają od obserwatora, czego nie widać. Sprawiają wrażenie mniejszych/większych niż są w rzeczywistości. Dzieci mogą obserwować dość dziwne sytuacje, np. że osoba większa w rzeczywistości po ustawieniu się w danym miejscu w tym pokoju staje się bardzo mała. Ponadto rzeczywiste relacje wielkości dwóch osób ulegały zmianie poprzez ustawienie się ich w odpowiednich miejscach tego pokoju.

Ekspozycje występujące w tej kategorii mogą dostarczyć konfliktów poznawczych związanych z sytuacjami, które wydają się niemożliwe. Mogą one dawać okazję do zastanowienia się nad nasuwającymi się wątpliwościami i prowokować do poszukiwania odpowiedzi na nie.

Ważenie

Aktywności dotyczące ważenia polegają na ustawianiu wagi w równowadze (fot. 19) oraz ustalaniu za pomocą wagi wartości energetycznej (fot. 20).



Fot. 19. „Trzyszalkowa waga” – CVN



Fot. 20. „Jemy, aby żyć” – CVN

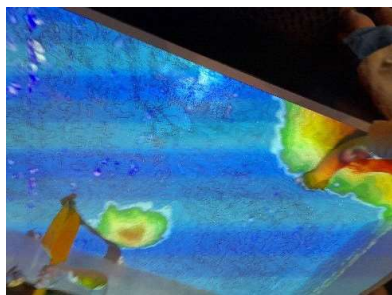
Pierwsza aktywność (fot. 19) z tej kategorii polega na tym, aby dziecko umieściło ciężarki na wadze tak, aby trzy szalki były w równowadze. W drugiej aktywności (fot. 20) dziecko wybiera żółte życie medium, które reprezentuje pochłoniętą energię i umieszcza ją na wadze. Próbuje zrekompensować ich wartość energetyczną ekologiczną konserwacją (zużyta energia), którą umieszcza na drugiej szalce wagi. Podczas tej aktywności dziecko dowiaduje się, że zależność pomiędzy podażą energii a jej zapotrzebowaniem nazywa się bilansem energetycznym. Jeśli ilość spożywanej energii jest porównywalna z jej zużyciem, nie następuje ani wzrost, ani spadek masy ciała i mówimy o zrównoważonym bilansie energetycznym. Jeśli jednak oddajemy więcej energii niż przyjmujemy, wewnętrzne rezerwy zostaną wykorzystane. Glikogen i tłuszcz magazynowane są w wątrobie, mięśniach lub w tkance podskórnej. Rozbijając je, organizm zyskuje potrzebną mu energię i następuje utrata masy ciała. W odwrotnym

przypadku, jeśli pobranie przewyższa uwolnienie, wyżej wymienione substancje są magazynowane są i w ten sposób zwiększają BMI ludzkiego ciała.

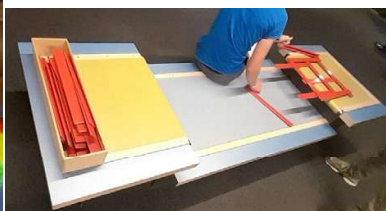
Ekspozycje występujące w tej kategorii mogą budować intuicje dotyczące pomiaru wagi różnych przedmiotów i kalorii znajdujących się w różnych produktach spożywczych. Dzieci mogą poznać pojęcia wagi, kilograma, dekagrama oraz zaobserwować, jak można równoważyć bilans energetyczny człowieka.

Konstrukcje geometryczne

Pierwszą STEAM-ową aktywnością w tej kategorii jest usypywanie z piasku powierzchni przestrzennej mapy (fot. 21). Dziecko za pomocą rąk usypuje różnej wielkości góry. W zależności od wysokości usypanego piasku pojawiają się różne kolory od zielonego dla nizin, przez żółty dla wyżyn, po czerwony i brązowy oznaczające najwyższe pasma górskie. Drugą aktywnością jest budowanie mostu Leonarda (fot. 22). Do jego budowy dziecko może wykorzystać jedynie drewniane deski tej samej długości. I musi złożyć most bez używania kleju, gwoździ i sznurka. Kolejnym zadaniem jest zbudowanie szpiczastego łuku z drewnianych klocków (fot. 23). Łuki takie można zaobserwować m.in. w wielu kościołach.



Fot. 21. „Usyp mapę” – CNK



Fot. 22. „Most Leonarda” – TSCN



Fot. 23. „Spiczasty łuk” – TSCN

Ekspozycje występujące w tej kategorii mogą dawać okazję do rozwoju pojęć geometrycznych u dzieci w wieku wczesnoszkolnym. Opiera się on na percepcji wzrokowej i dotykowej. Dziecko podczas manipulacji ekspozycjami może badać kształty figur geometrycznych i ich własności oraz zapoznawać się z przekształceniami geometrycznymi.

Wnioski z badań

Analiza przedstawionego materiału badawczego dostarczyła odpowiedzi na pytanie badawcze: **Jakie STEAM-owe aktywności matematyczne mogą być odkrywane przez dzieci w wieku wczesnoszkolnym dzięki ekspozycjom**

w wybranych europejskich centrach nauk? Zaprezentowane eksponaty/ekspozycje matematyczne dotyczyły zagadnień związanych z arytmetyką, algebrą i geometrią. Mogłyby one posłużyć do kształtowania pojęć i relacji matematycznych występujących w edukacji wczesnoszkolnej. Wyróżnione kategorie: orientacja przestrzenna, rytmy, kodowanie/szyfrowanie, przyczyna i skutek/liczenie obiektów i działania na liczbach, mierzenie, intuicje geometryczne, ważenie oraz konstrukcje geometryczne możemy w większości odnaleźć w treściach polskiej podstawy programowej dotyczącej edukacji matematycznej uczniów klas 1–3.

Ekspozycje matematyczne prezentowane są w sposób przyjazny dla dzieci, tj. niezawierający zbyt dużo treści (jeśli chodzi o opis problemu), są kolorowe, w większości interaktywne, wykonane z naturalnych materiałów, m.in. drewna, wykorzystują nowe technologie. Dają one uczniom możliwość samodzielnych odkryć zależności, reguł czy własności badanych problemów. Mogłyby one również przyspieszać proces uczenia się dzieci, wywołując konflikt poznawczy i prowokować do zastanowienia się nad nasuwającymi się wątpliwościami.

Dodatkowym rozszerzającym wiedzę elementem są nawiązania w narracjach eksponatów do konkretnych zastosowań w rzeczywistości eksponowanych przedmiotów, np. w pralce, czy porównanie obiektów do elementów występujących w naturze, np. nawiązanie do formy sześciokątnej, którą wykorzystują pszczoły przy budowie swoich plastrów.

Podsumowanie

Według Richarda Rileya (za: STEAMowe ABC, b.d.) kształcenie przyszłości polega na przygotowywaniu uczniów do radzenia sobie z problemami, których jeszcze nie znamy, przy użyciu technologii, których jeszcze nie wynaleźliśmy, w celu rozwiązania problemów, których jeszcze nie zidentyfikowaliśmy. Przemiany na rynku pracy to nieunikniony proces, wynikający zarówno z postępu technologicznego, jak i zmian w strukturach zawodowych. Dlatego bardzo ważne wydaje się wykorzystywanie alternatywnych środowisk uczenia się dzieci. Miejsca te stanowią cenną pod kątem merytorycznym bazę do zaciekawienia, rozwijania i poszerzanie wiedzy, umiejętności, jak również samodzielnego poznawania tajemnic nauki przez dzieci w sposób holistyczny, a nie przedmiotowy. Ponadto w przeciwieństwie do bazy cyfrowej – Internetu – dają możliwość doświadczania wszystkimi zmysłami, dotykania, manipulowania, co okazuje się bardzo istotnym aspektem, w szczególności dla młodych osób. Środowisko uczenia się proponowane w centrach daje możliwość popełniania błędów bez żadnych konsekwencji; możliwość zajmowania się danym zagadnieniem bez ograniczeń

czasowych, jak również możliwość wyboru, czy chcę samodzielnie rozwiązywać problem, czy w towarzystwie z innymi, wybranymi przez siebie osobami.

Dużym atutem jest również fakt, że stale tworzone są kolejne ekspozycje i wystawy oraz budowane są nowe centra nauki na świecie. Daje to możliwość na poznanie kolejnych STEAM-owych zagadnień. Z tego powodu również uważam, że temat nie został w pełni wyczerpany. Powinien być w przyszłości uzupełniany i poddawany dalszym analizom w miarę pojawiania się nowych wątków badawczych.

Bibliografia

- Aebli, H. (1982). *Dydaktyka psychologiczna. Zastosowanie psychologii Piageta do dydaktyki* (C. Kupisiewicz, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Bojarska-Sokołowska, A. (2019). *Pozaszkolne formy edukacji matematycznej. Popularyzacja matematyki, interaktywność w kształceniu, kultura matematyczna*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.
- Bruner, J.S. (1978). *Poza dostarczone informacje. Studia z psychologii poznawania* (B. Mroziak, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Juszczak, S. (2003). *Konstruktywizm w nauczaniu*. W: T. Pilch (red.), *Encyklopedia pedagogiczna XXI wieku* (s. 774–779). Wydawnictwo Akademickie „Żak”.
- Kruk, J. (2008). *Doświadczenie, reprezentacja i działanie wśród rzeczy i przedmiotów. Projektowanie edukacyjne*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Pater, R. (2013). Edukacja muzealna dla dzieci. Alternatywne przestrzenie. *Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce*, 8(30), 55–76. <https://czasopisma.ignatianum.edu.pl/eetp/article/view/383/644>
- Piaget, J. (2006). *Studia z psychologii dziecka* (T. Kołakowska, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Plebańska, M. (2018). STEAM – edukacja przyszłości. *Meritum*, 4(51), 2–7.
- Plebańska, M. i Trojańska, K. (2018). *STEAM-owe lekcje* (epub). eLitera.
- Rapley, T. (2013). *Analiza konwersacji, dyskursu i dokumentów* (A. Gąsior-Niemiec, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Rubacha, K. (2008). *Metodologia badań nad edukacją*. Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne.
- STEAMowe ABC. (b.d.). *Rewolucja w myśleniu o edukacji – I4E: Innovations 4 Education*. <https://steamabc.edu.pl/rewolucja-w-mysleniu-o-edukacji-i4e-innovations-4-education/>
- Warda, J. (2007). *Doświadczenia centrów edukacyjnych w Europie*. Forum Kultury Przestrzeni. [https://ulublin.eu/wp-content/uploads/2018/10/Ekspertyza-doświadczeń-centrów-edukacyjnych.pdf](https://ulublin.eu/wp-content/uploads/2018/10/Ekspertyza-do%C5%9Bwiadcze%C5%84-centr%C3%B3w-edukacyjnych.pdf)
- Wygotski, L.S. (2006). *Narzędzie i znak w rozwoju dziecka* (B. Grell, tłum.). Wydawnictwo Naukowe PWN.