



„Wychowanie w Rodzinie” t. XXIX (4/2022)

nadesłany: 7.12.2022 r. – przyjęty: 28.12.2022 r.

Zbigniew NOWAK*

Kompetencje dzieci w młodszym wieku szkolnym niezbędne do czytania „Księgi Natury”

Competences of younger school children necessary for reading the “Book of Nature”

Abstrakt

Cel. Współczesna nauka i technologia ufundowane są na przekonaniu o racjonalności i matematycznej strukturze świata. Jego poznawanie, postęp i jakość naszego życia są bezpośrednio powiązane z upowszechnieniem myślenia o edukacji matematycznej jako wyposażaniu uczniów w kompetencje konieczne do odczytywania Galileuszowej „Księgi Natury”. W artykule przybliżono ideę matematycznego rozumienia rzeczywistości oraz przedstawiono wiodące kompetencje emocjonalno-wolitionalne i narzędziowe, w które należałoby wyposażać uczniów edukacji elementarnej, tak aby ukształtować ich przekonania odnośnie do efektywności tej drogi poznania oraz wesprzeć w pozyskiwaniu stosownej wiedzy i potrzebnych umiejętności. Artykuł ma na celu zwrócenie uwagi na konieczność przesunięcia edukacji matematycznej dzieci w stronę matematyki stosowanej i na potrzebę wyposażenia najmłodszych w stosowne kompetencje, które pozwolą im lepiej rozumieć rzeczywistość i skuteczniej w niej działać.

Materiały i metody. Artykuł ma charakter teoretyczno-metodyczny i opiera się na analizie literatury przedmiotu.

Wnioski. Jednym z istotnych warunków pomyślności osobistej i zawodowej współczesnego człowieka oraz postępu w życiu społecznym jest powszechne i efektywne kształcenie

* e-mail: znowak@ath.bielsko.pl

Institut Pedagogiki, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Polska

Institute of Pedagogy, University of Technology and Humanities, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland

ORCID: 0000-0003-4426-8423

w zakresie matematyki stosowanej, która pozwala lepiej rozumieć świat i w nim efektywnie działać. Ten proces ma swoje początki w edukacji elementarnej, która we współpracy z rodzicami i opiekunami powinna ukształtować zręby pozytywnej postawy wobec tego sposobu poznawania świata.

Słowa kluczowe: wczesnoszkolna edukacja matematyczna, „Księga Natury”, kompetencje emocjonalno-wolitionalne, kompetencje narzędziowe, pomiar.

Abstract

Aim. Modern science and technology are founded on the belief in the rationality and mathematical structure of the world. Learning about it, progress and the quality of our lives are directly related to the dissemination of thinking about mathematical education as providing students with the competencies necessary to read Galileo's "Book of Nature". The article introduces the idea of the mathematical understanding of reality together with presentation of the leading emotional-volitional tools and competences that elementary education students should be equipped with in order to shape their beliefs regarding the effectiveness of this way of cognition, including supporting them in acquiring relevant knowledge and skills. The goal of the article is to draw attention to the necessity of shifting the mathematical education of children towards applied mathematics and to provide them with appropriate competences that will allow them to better understand reality to utilize it more effectively.

Materials and methods. The article is theoretical and methodical in nature and is based on the analysis of the literature on the subject.

Conclusion. One of the essential conditions for the personal and professional well-being of modern man and progress in social life is widespread and effective education in the field of applied mathematics, which allows to better understand the world and act successfully in it. Like everything, this process also has its beginnings in elementary education, which, in cooperation with parents and guardians, should shape the foundations of a positive attitude towards this way of learning about the world.

Keywords: early mathematical education, "Book of Nature", emotional and volitional competencies, instrumental competencies, measurement.

Wstęp. Ku matematyce stosowanej

„Księga natury napisana jest w języku matematyki”.
Galileo Galilei

Pośród wielu możliwych spojrzeń na matematykę i jej interpretację szczególnie ciekawe dla edukacji wydają się dwa z nich: kwestia, czy matematyka jest odkryciem czy ludzkim wynalazkiem oraz czy jest ona wyłącznie rzeczywistością mentalną czy ma jakiś związek ze światem fizycznym. Oba wątki znajdziemy już u Pitagorasa, który twierdził, że wiedza, w tym matematyczna, jest domeną bogów, a człowiek w świętym, religijnym uniesieniu może ją tylko z mozołem i powoli odkrywać. Uważał też, że „wszystko jest liczbą, tak że to, co istnieje, jest stworzone według liczby i mia-

ry” (za: Diogenes Laertios, 1982, s. 482). W nawiązaniu do jego poglądów Euklides powie obrazowo, że prawa natury są matematycznymi myślami Boga, a Johannes Kepler w przyszłości powtórzy to w stwierdzeniu, że Bóg jest matematykiem (Gribbin, 2019).

To quasi-religijne podejście powodowało, że traktowano matematykę jako czystą spekulację intelektualną, a nie interesowano się szczególnie jej praktycznymi zastosowaniami. W znanej anegdotce uczniowi pytającemu, jaką korzyść przyniesie mu zgłębianie geometrii, Euklides ze wzdrgnięciem polecił wypłacić trzy obole (Kulawik, Francuz-Ornat, 1992). Idee te są żywe także współcześnie, np. Godfrey H. Hardy stwierdza z przekonaniem, że „rzeczywistość matematyczna znajduje się poza nami”, a „naszym zadaniem jest odkrywać ją lub obserwować” (Hardy, 1997, s. 86). Natomiast Gottlob Frege pisze wręcz, że matematyk jest jak geograf, który odkrywa nowe ziemie i nadaje im nazwy, ale ich nie stwarza (Fernández-Armesto, 1999). Fizyk i noblista Paul A. Dirac nawiązał do swoich wielkich poprzedników i wyraził pogląd, że Bóg jest wysokiej klasy matematykiem, a do budowy wszechświata używał bardzo zaawansowanej matematyki (Dirac, 1963).

Wydaje się, że w edukacji przez stulecia dominowała idea matematyki czystej, traktowanej jako swego rodzaju kult religijny (Pitagoras) lub gimnastyka umysłu (Izokrates), i rozwijanej w oderwaniu od życiowych zastosowań, co znalazło szczególne odzwierciedlenie w tzw. sztukach wyzwolonych (*artes liberales*). Ich kurs wyższy, zwany *quadrivium*, poświęcony zdobywaniu wiedzy matematycznej (arytmetyka, geometria, muzyka i astronomia), był przygotowaniem do studiów filozoficznych i teologicznych, a nie do zgłębiania nauk praktycznych, jak mogłoby się współcześnie wydawać (Podsiad, 2001).

Skuteczne i trwałe zbliżenie matematyki i nauki nastąpiło dopiero w XVII wieku i stało się początkiem naukowej nowożytności oraz spektakularnego postępu cywilizacyjnego. Galileo Galilei, jeden z prekursorów i najważniejszych współtwórców tej koncepcji, jakże sugestywnie pisał, że filozofia przyrody jest zapisana w wielkiej księdze stale otwartej przed naszymi oczami, ale pojąć ją może tylko ten, kto najpierw opanuje język i znaki, którymi jest ona napisana. A napisana jest ta księga w języku matematyki (Sierotowicz, 2011, s. 59). Tym samym poznawanie, opis i rozumienie świata zostało uwarunkowane od liczb i wzorów matematycznych, a spektakularne odkrycia i sukcesy Galileusza, J. Keplera, a szczególnie Isaaca Newtona w objaśnianiu rzeczywistości udowadniały słuszność obranej drogi i uświadomiły światu, jak potężnym narzędziem poznania i działania może być matematyka. Odtąd, jak to wyraził Immanuel Kant, matematyka stała się warunkiem wszelkiej wiedzy ścisłej („*Mathematik ist eine Bedingung aller exakten Erkenntnis*”) (Wolniewicz, 1993, s. IX), a tajemniczy, przypadkowy i wrogi świat natury został ujęty w karby praw i wzorów, więc zaczął się stawać coraz bardziej zrozumiały, przewidywalny i przyjazny

człowiekowi. Évariste Galois, który chciał pogodzić oba nurty myślenia, co powinno i nam towarzyszyć, twierdził, że nawet matematyka, najszlachetniejsza i najbardziej abstrakcyjna ze wszystkich nauk, korzeniami musi głęboko tkwić w ziemi, na której żyjemy (Duda, 1977, s. 115).

Dowodem na skuteczność tej drogi poznania może być fakt, że od wkroczenia na nią w czasach Galileusza oraz I. Newtona ludzkość przeżywa już czwartą rewolucję przemysłową: po epokach pary i elektryczności nastąpiła era komputeryzacji, a wreszcie powstała sieć Internetu, wszechogarniająca świat i nasze życie (Schwab, 2018). Ludzkość doświadcza dobrostanu nieznanego dotąd w dziejach i sięga gwiazd. Dalszy postęp na tej drodze zależy m.in. od tego, w jaki sposób będziemy kształcić matematycznie dzieci i młodzież, jak również od tego, ilu fizyków, chemików i inżynierów, którzy będą czytać „Księgę Natury”, uda nam się wykształcić, na ile będą ją czytać ze zrozumieniem i z dobrą wolą wykorzystania wiedzy ku pożytkowi swojemu i świata. Chodzi więc o to, aby edukacji matematycznej od początku nadać sens praktyczny, aby zamiast ścigać się z kalkulatorami w liczeniu, co od dawna jest sprawą beznadziejną, uczniowie swoją dociekliwość, wysiłek poznawczy i uwagę koncentrowali na matematyzacji problemów i na ich rozwiązywaniu. Nauka czytania tej „Księgi” powinna się zacząć w klasach edukacji wczesnoszkolnej. To wtedy należy nie tylko nauczyć dzieci „alfabetu”, w którym jest napisana, lecz także ugruntować chęć jej czytania i wskazać korzyści, które z tego wynikają, oraz dobra, którym ma to służyć.

Warunki konieczne do czytania „Księgi Natury”

Aby rozwinąć Galileuszową metaforę, należy stwierdzić, że do czytania wspomnianej „Księgi” potrzebna jest nie tylko znajomość „alfabetu”, w którym jest ona zapisana, lecz także pewna biegłość techniczna oraz doświadczenie i wiedza o świecie, od których zależy jej rozumienie. Są to warunki konieczne, lecz jednak niewystarczające, ponieważ muszą one być umocowane w aktach woli, w ciekawości poznawczej, wytrwałości w konsekwentnym poznawaniu oraz w trwałej i mocnej chęci posługiwania się nimi. Metaforycznie można powiedzieć, że do poznawania gwiazdzistego nieba potrzebny jest teleskop i choćby pobieżna znajomość konstelacji, ale w co najmniej równym stopniu – ciekawość poznawcza i stała wola kierowania go w bezkres kosmosu, trwanie w bezsenne noce w chłodzie, ciszy i samotności. Ponadto cierpliwość, optymizm i hart w znoszeniu niewygód, niepowodzeń, przeciwności losu i pogody.

1. Kompetencje wolicjonalne i społeczne

Każde działanie rozumiane jako akt świadomy i celowy ma swoje umocowanie w aktach woli (Podsiad, 2001). Podobnie jest z poznawaniem fenomenów świata. Tymi zasadniczymi warunkami są:

a) ciekawość poznawcza i wytrwałość w działaniu

Ciekawość świata wydaje się naturalną właściwością umysłowości dzieci, niemniej jednak poznawanie i odkrycia wymagają konsekwencji i racjonalnej wytrwałości w działaniu. Z tego powodu ciekawość cechują przynajmniej dwie kłopotliwe właściwości: po pierwsze, równoległe z ciekawością rozwija się u dzieci proces habituacji bodźców, czyli swoistego i życiowo koniecznego „znieczulenia” poznawczego, które każe przyjmować zjawiska otaczającego świata za oczywiste, nie dziwić się im i nie pytać o nie, bo przecież nie można żyć z ustami permanentnie otwartymi w zdziwieniu (Nowak, 2016). Po drugie, zainteresowania dzieci cechuje zarówno intensywność, jak też krótkotrwałość i brak odporności na niepowodzenia. Kiedy dzieci o coś pytają, często satysfakcjonują się jakąkolwiek odpowiedzią lub w natłoku zdziwień przerzucają swoje zainteresowania na inne kwestie i nie czekają na wyjaśnienie poprzednich (Siuta, 2006). Taka labilność i krótkotrwałość zainteresowań dzieci nie sprzyja nabywaniu przez nie dobrej wiedzy i umiejętności. Z tego powodu to nauczyciel powinien stać się ich wytrwałością, dociekliwością i wolą.

W odniesieniu do historycznych odkryć warto więc zwrócić większą uwagę na to, że są one bardziej efektem pracowitości, jak w przypadku osiągnięć Marii Skłodowskiej-Curie, niż nagłego olśnienia lub szczęśliwego trafu, jakiemu zawdzięcza odkrycie penicyliny i sławę Alexander Fleming (Birch, 1992). Warto jednak nie zapominać, że szczęście sprzyja przygotowanym na nie.

b) optymizm poznawczy i etyczny

Żyjemy w świecie szczególnego tryumfu nauki, ale także narastającego kryzysu zaufania do niej i światopoglądowych przewartościowań. Co znamienne, ten kryzys zaufania dotyka zarówno szeroką publiczność, jak i naukowców, dlatego ukuło nawet specjalne określenie – „nauka ironiczna” (Horgan, 1999, ss. 18–19).

Ponieważ uczniowie nie żyją w społecznej próżni, mają, czy tego chcą czy nie, dostęp do różnego rodzaju informacji. Wskazane jest zatem budowanie w nich przeświadczenia o wartości poznania naukowego i postępu czynionego przez naukę, chociaż nie należy unikać także trudnych kwestii. Doświadczenia ostatnich dziesięcioleci i prawie codzienne doniesienia mediów zwracają uwagę na jeszcze jeden aspekt sprawy. W kontekście odkryć naukowych coraz częściej pojawiają się pytania o ekologię, rzeczywisty postęp cywilizacyjny i dobro zmian. Jak sądzę, należy tu przyjąć i propagować postawę M. Skłodowskiej-Curie, która

podczas odbierania Nagrody Nobla stwierdziła, że zastanawiać się należy, czy poznawanie tajników natury przynosi pożytek ludzkości, czy też przeciwnie, ta wiedza jest dla niej szkodliwa. Jednak badaczka była jedną z tych, którzy sądzą, że ludzkość więcej dobra niż zła wyciągnie z nowych odkryć (Taylor, 2008, s. 141).

c) przekonanie o nieuniknioności błędów i ich wartości poznawczej

Jeżeli „błądzić jest rzeczą ludzką”, to dzieje nauki, będącej w znacznym stopniu katalogiem chybionych pomysłów, błędów i pomyłek, są tego wybitnym przykładem. Bez względu nawet na historyczne znaczenie przypadku i tzw. błogosławionego błędu (*beatus error*) w odkryciach, warto przypomnieć, że uświadomiony błąd w istotny sposób może poszerzyć naszą wiedzę poprzez ograniczenie zakresu niewiedzy. Wytlumaczenie dzieciom tej kwestii jest nie tylko hołdem złożonym historycznej prawdzie, lecz także może poprawić psychologiczną sytuację dziecka eksperymentującego ze światem, błądzącego i łatwo się zniechęcającego, które może w ten sposób porównać się do największych nawet uczonych. Może to być nie tylko otuchą w niepowodzeniach, lecz także zachętą do nieustawania w wysiłku poznawczym.

Trzeba więc cierpliwie dać uczniom prawo do popełniania błędów i szansę samodzielnego korygowania swych pomyłek, tak aby w możliwie największym stopniu były to ich błędy i ich odkrycia, tym cenniejsze, im z większym trudem uzyskiwane. Jest to istotne także z tego powodu, że odkrycia dzieci cechuje w sposób oczywisty wtórność (Cackowski, 1964), a nauczyciel, który zna z góry skutek doświadczeń, w obliczu dziecięcej nieporadności i poczucia trwonienia czasu lekcji może przejawiać skłonność do zbyt daleko idących podpowiedzi, a nawet wyręczania uczniów.

d) umiejętność pracy w małych grupach

Praca wspólnie, a w szczególności działania badawcze, jest już od dawna działalnością zespołową. Badania realizowane są przez konkurujące ze sobą grupy ludzi inspirujących się i dopełniających nawzajem. Ich indywidualny i grupowy sukces lub porażka w znacznym stopniu zależą od tego, czy i na ile potrafią efektywnie współpracować. Z tego powodu jedną z ważnych sfer przygotowania do obecnych i przyszłych poznawczych działań powinno być nabywanie przez dzieci pozytywnych doświadczeń w tym obszarze.

Znakomitą szkołą takiej grupowej współpracy, a równocześnie dialektycznego konkurowania grup są różnorakie doświadczenia i eksperymenty, które z jednej strony pobudzają do efektywniejszego wysiłku, a z drugiej – dają szansę na odkrycie synergii (Nęcka, 1994). W toku takich działań uczniowie poznają sami

siebie i siebie wzajemnie, swoje mocne i słabe strony, nabywają umiejętność dzielenia się pracą i odpowiedzialnością. Uczą się kierować innymi i podporządkowywać przywództwu opartemu na autorytecie kolegów: epistemicznym (kompetencji merytorycznej) i solidarnościowym, wskazującym, że w efektywnych działaniach zespołowych konieczna i korzystna dla wszystkich jest ich koordynacja i kierowanie nimi¹.

Wymaga to od nauczyciela umiejętnego lawirowania między Scyllą coraz częściej wybujałego indywidualizmu dzieci a Charybdą ich zubożenia i konformizmu. Muszą włączać wszystkich uczniów do pracy, zachęcać ich do krytycznej autorefleksji i dogłądać, aby rywalizujące grupy dysponowały podobnym potencjałem.

e) rzetelność badawcza

Nawet najbłyszotliwsze idee i pomysły, aby stać się czymś użytecznym, wymagają realizacji. Rzetelność badawcza, o którą tu chodzi, jest kompetencją na pograniczu dyspozycji kierunkowych i instrumentalnych. Wymaga odpowiedzialności, która będzie budowała wzajemne zaufanie, precyzji w pomiarach, cierpliwości, dokładności i systematyczności w obserwacjach.

2. Kompetencje instrumentalne

a) umiejętność modelowania zjawisk na poziomie symulacji (zastępników)

Matematyczne poznawanie świata polega na modelowaniu jego zjawisk w liczbach i wzorach, niemniej w pracy z dziećmi dobrze jest je modelować na liczmanach, a potem stosować reprezentacje graficzne i schematy. Zaletą takiego działania jest to, że wychodzi ono naprzeciw konkretnemu myśleniu uczniów, kieruje jednak ich uwagę w stronę zjawisk ilościowych, a abstrahuje od cech i fizycznych właściwości modelowanych fenomenów. Wbrew więc częstemu przekonaniu nauczycieli funkcja konkretów nie sprowadza się wyłącznie do ułatwienia rachunków na wstępnym etapie i przed ich interioryzacją, ale ma nieustające i fundamentalne znaczenie w rozwiązywaniu różnego rodzaju problemów i zadań, które wykracza daleko poza edukację elementarną.

¹ Przez autorytet epistemiczny rozumiem taki, który opiera się na przekonaniu ludzi podających się mu o merytorycznej kompetencji osoby, którą nim obdarzają, lub która zgłasza do niego roszczenia. Przez deontyczny – taki, który wiąże się ze sprawowaniem przez posiadacza jakiejś funkcji lub pełnienia jakiejś roli społecznej. Stoi za nim zawsze jakaś możliwość wymuszenia posłuszeństwa. Natomiast solidarnościowy to autorytet deontyczny, w którym posiadającego autorytet i podających się mu łączy wspólnota realizowanych celów (Bocheński, 1994).

b) kompetencje arytmetyczne i sprawność kalkulacyjna

Czytanie „Księgi Natury” wiąże się ze znajomością liczb i działań na nich, które są jej literami i zdaniem. Z tego punktu widzenia należy zwrócić uwagę na fakt, że kompetencja liczbowa dzieci jest czymś znacznie więcej niż znajomością, nawet poprawną, sekwencji liczebników, a znajomość działań – czymś więcej niż wydobywaniem z pamięci słownych i graficznych engramów (Siuta, 2006). Posiadanie pojęcia liczby i działania matematycznego oraz dziesiętkowego systemu pozycyjnego można metaforycznie przyrównać do pudła, na którym jest przyklejona plakietka z nazwą i wypisanymi różnymi matematycznymi formułami, ale wewnątrz którego znajduje się bogaty, a przede wszystkim różnorodny i uporządkowany zbiór doświadczeń, wyobrażeń oraz skojarzeń, pamięć czynności itp., związanych z sukcesywnym wspinaniem się po stopniach reprezentacji enaktywnych, ikonicznych i wreszcie symbolicznych (Bruner, 1978). Ten, kto posiada takie pojęcie, potrafi z tego pudełka korzystać – wyjmować treści odpowiednie do sytuacji, ale także tworzyć i dokładać do niego nowe, które będą znaczyć (konotacja) i oznaczać (denotacja) (Podsiad, 2001). Można obrazowo powiedzieć, że uczeń mający kompetencje arytmetyczne potrafi odczytać i zapisać dowolną liczbę, przez co nadać jej realistyczny sens oraz wykonać z pewną biegłością obliczenia na tych liczbach w ramach czterech działań arytmetycznych i zakresu przewidzianego programem. Biegłość ta powinna się wyrażać szybkością obliczeń i ich bezbłędnością.

Ponieważ prawdopodobnie nieodwracalnym cywilizacyjnym trendem jest coraz wcześniejsze i powszechniejsze wykorzystywanie kalkulatorów, obok kształcenia opisanych sprawności uczniowie mogą (powinni?) operatywnie posługiwać się tym narzędziem. Warto jednak potraktować proces poznawania świata jako akt twórczy, dlatego wydaje się, że tak jak dzieło sztuki często ewoluuje od pierwotnego zamysłu i doskonali się w toku jego realizacji, tak i liczenie może się okazać w większym stopniu aktem twórczym, niż nam się to do tej pory zdawało, czego kalkulator nie będzie w stanie zastąpić.

Kalkulacja nie jest niewątpliwie umiejętnością centralną i najbardziej wymagającą intelektualnie, ale na pewno równie niezbędną jak pozostałe, ponieważ pozwala wykoncypowane pomysły testować i dochodzić do ostatecznych rozstrzygnięć. Nie zaprzeczamy więc, że twórczy niepokój, ciekawość i inwencja są istotą i sprężyną poznania, ale pamiętajmy też, że dopiero przekucie idei w dane liczbowe daje informację o jej prawdziwości i ewentualnej użyteczności.

c) kompetencje metryczne

Miejscem spotkania świata stworzonego i świata liczb są miary. Jeżeli liczby są literami, to miary są, jak się wydaje, słowami języka, w którym świat jest

opisywany. Kwestią prymarną jest więc nabycie przez uczniów dobrych pojęć miarowych, rozumianych i umiejętnie stosowanych, oraz uniknięcie przy tym tzw. formalizmu zdegenerowanego (Hejny, 1997, s. 19). W metaforze księgi chodzi w nim o swoisty analfabetyzm funkcjonalny², czyli odczytywanie miar jak słów w nieznanym języku, bez rozumienia. Jeżeli nawet to czytanie jest płynne, nie niesie za sobą żadnej merytorycznej informacji. Jest to o tyle niebezpieczne, że stwarza pozór posiadania przez uczniów odpowiednich kompetencji, a tym samym utrudnia rozpoznanie braków i ich korektę. Sytuacja jest analogiczna do tej, gdy dorosły Europejczyk bez trudu odczytuje wskazania termometru ze skalą Fahrenheita (°F), może także dokonać stosownych obliczeń odnośnie do przyrostu i ubytku temperatury, ale nie wie, co w istocie dla niego, dla jego dobrostanu te liczby i ta temperatura znaczą.

Realistyczne rozumienie pojęć musi być więc budowane na obserwacjach i doświadczeniach, na pamięci mięśniowej, obrazach i wyobrażeniach. Powinno ono przechodzić przez etapy:

- spontanicznego gromadzenia przez dziecko wiedzy o fizycznych aspektach świata w toku aktywności własnej, realizowanej na łonie życia rodzinnego i kontaktów rówieśniczych,
- intencjonalnego, kierowanego przez nauczyciela postrzegania i porównywania jakościowego przedmiotów pod względem cech wielkościowych,
- uświadomienia sobie przez dziecko konieczności pomiaru pośredniego i jego istoty,
- poznania przez dziecko jednostek standaryzowanych,
- wykonywania obliczeń z wykorzystaniem liczb mianowanych,
- poznania jednostek miar pochodnych (większych i mniejszych) od wyjściowej, ich wzajemnych relacji oraz wyrażeń dwumianowanych i umiejętności przeliczania z miar w jednostkach większych na mniejsze zarówno metrycznych, jak i temporalnych,
- powstania lokalnie uporządkowanego systemu miar, obejmującego miary rozciągłości, pola powierzchni, objętości i masy w ich wzajemnych związkach oraz zasad tworzenia jednostek pochodnych i ich nazw (Nowak, 2009).

d) umiejętność problematyzacji zjawisk ze świata fizycznego i społecznego

Jak dowodzą liczne badania poświęcone kompetencjom dzieci odnośnie do rozwiązywania zadań z treścią rozumianych jako sytuacje problemowe, krytycznym i najkłopotliwszym etapem tego procesu jest matematyzacja treści, czyli „prze-

² Dorota Klus-Stańska przez analogię mówi wręcz o „analfabetyzmie matematycznym” (Klus-Stańska, Nowicka, 2005).

łożenie” faktów i czynności na język liczb i działań matematycznych przy uznaniu i rozumieniu ich wzajemnej odpowiedniości (Dąbrowski, 2011). W pracy z dziećmi warto więc zwrócić szczególną uwagę na doskonalenie:

- umiejętności analizowania i oceny sytuacji wyjściowej z punktu widzenia ilości i jakości informacji,
- umiejętności generowania pomysłów rozwiązania i ich sprawdzania, ze zdolnością przemieszczania się między różnymi poziomami reprezentacji oraz ich wewnętrznej weryfikacji (ocena sensowności i prawdopodobieństwa trafności pomysłów),
- refleksyjności, która daje możliwość oceny skuteczności działań, a przede wszystkim w procesie uogólniania jednostkowych rozwiązań prowadzi do ich paradygmatyzacji, a tym samym pozwala kumulować wiedzę i umiejętności (Polya, 1975).

e) elementy wiedzy z zakresu heurystyki i synektyki

Szkoła, jak się wydaje słusznie, dąży do wyposażenia uczniów w kompetencje pewne, potwierdzone co do swojej skuteczności. Jednak odkrywanie tajemnic świata, nawet w formie zabawy, jest pionierską wyprawą w nieznaną i przecieraniem szlaków, dlatego ci, którzy w tę podróż chcą wyruszyć, muszą być wyposażeni także w narzędzia i umiejętności nietypowe, odmienne od tych, które zabiera się na wycieczkę szkolną. Taki charakter mają heurystyczne procedury rozwiązywania problemów. Znajomość tych procedur i ich umiejętne stosowanie optymalizuje proces poznawczy, co istotnie podnosi szanse na jego sukces.

Istnieje już bogata literatura na temat możliwości stosowania heurystyk w szkole, tu więc chciałbym zwrócić uwagę tylko na pewne generalia. Edward Nęcka, znawca tego zagadnienia, nadaje im formę następujących zasad:

- zasada różnorodności: nie istnieje jedna najlepsza procedura dochodzenia do wiedzy, im będzie się ich znało więcej, tym wydatniej wzrośnie szansa na sukces,
- zasada odroczonego wartościowania: rozdzielanie w czasie współwystępujących zwykle procesów generowania pomysłów i natychmiastowej ich oceny, co pacyfikuje kreatywność na rzecz działań zdroworozsądkowych i asekuranckich (autocenzura),
- zasada racjonalnej irracjonalności: świadome i krytyczne korzystanie w procesie poznawczym także z intuicji, emocji, szczęśliwego trafu itp.,
- zasada kompetentnej niekompetencji: intencjonalnie krytyczne podejście do uznanej wiedzy i autorytetów epistemicznych,
- zasada ludyczności: spontaniczny i zabawowy charakter podejmowanych działań poznawczych,

- zasada aktualności: koncentracja wszystkich sił poznawczych na zagadnieniu rozwiązywanym w tym momencie (Nęcka, 1994).

Jak można zauważyć, zasady w znacznej części mają charakter paradoksalny, więc są dla dzieci nowe, zaskakujące i atrakcyjne.

f) znajomość podstawowych figur geometrycznych i ich właściwości

Dosłowne tłumaczenie sentencji Galileusza, jak i historia matematyki wskazują, że początki naukowego poznawania świata miały charakter geometryczny, a *Elementy* Euklidesa były przez dwa tysiąclecia naśladowanym, lecz niedościgłym wzorem ścisłości i naukowej klarowności. Świat człowieka cywilizowanego jest geometryczny, jest przestrzenią, w której rzeczy przyjmują kształt kół, trójkątów i prostokątów, sześciątów i kul. Jest wytyczany według linii równoległych i prostopadłych, budowany według poziomów i pionów, a wszystko to mówi, że rozumienie świata bez znajomości choćby elementów geometrii nie jest możliwe.

Obok tego, jak zwracają uwagę Urszula i Gustaw Trelińscy, edukacja geometryczna w interesującej nas przestrzeni poznawczej może być dla ucznia dodatkowo:

- drogą do umiejętności matematyzowania stosunków otaczającego świata,
- „pomostem” między językiem naturalnym a językiem matematyki,
- czynnikiem sprzyjającym kształceniu wyobraźni i intuicji matematycznych,
- istotnym elementem kształtowania aktywnej postawy wobec zadań i problemów (Trelińska, Treliński, 1996).

Aby uniknąć, także w tym obszarze, zdegenerowanego formalizmu, należy dążyć do odkrywania przez dzieci właściwości figur i przedmiotów mających ich kształt, a nie koncentrować się na ich zbędnych, niezrozumiałych, a czasem po prostu bałamutnych definicjach.

Zakończenie

Celem opracowania było wskazanie na konieczność, ale i możliwość matematycznego edukowania dzieci w taki sposób, który przygotowywałby je do patrzenia na świat i interpretowania jego fenomenów w kategoriach matematyki i praw fizyki, co w tradycji nauki europejskiej jest metaforyzowane za Galileuszem jako „Księgi Natury”.

Dokonywanie pierwszych spostrzeżeń, eksperymentów i odkryć daje uczniom szansę zdobywania wiedzy w sposób ciekawy, rozumiejący i trwałe, ale co ważniejsze

– zapoznaje ich z metodą postępowania badawczego i buduje przeświadczenie o jego słuszności i skuteczności w poznawaniu świata oraz dokonywaniu cywilizacyjnego postępu.

Zajęcia tego rodzaju realizowane na poziomie elementarnym nie wymagają jakiegś specjalistycznej aparatury ani szczególnej wiedzy od nauczyciela, która wykraczałaby poza to, co można wyczytać w podręcznikach, leksykonach lub nawet w Wikipedii. Zasadniczą kwestią jest tu zresztą nie tyle wiedza, ile swoisty entuzjazm poznawczy, który udzieli się uczniom, przeświadczenie o swojej sprawczości i wytrwałość w pokonywaniu przeszkód.

Te kompetencje, jeżeli zostaną na wyższych etapach edukacji zdyskontowane, poszerzone i pogłębione, mogą w sposób istotny przyczynić się do oczekiwanego i pożądanego przesunięcia zainteresowań znaczącej części populacji uczniów ku naukom ścisłym i do wyboru kierunków studiów, których są one podstawą. W rezultacie dzisiejsi uczniowie mieliby w niedalekiej przyszłości możliwość zdobycia atrakcyjnej i dobrze płatnej pracy, a Polska – pozyskania rzeszy kompetentnych specjalistów, którzy daliby jej impuls rozwojowy pozwalający na nadrobienie zapóźnień cywilizacyjnych i wzrost dobrobytu.

Czytanie „Księgi Natury”, jak każdej innej książki, wymaga odpowiedniego ukształtowania zarówno dyspozycji narzędziowych, jak i kierunkowych. Wymaga znajomości liter języka, w którym jest pisana, ale i biegłości rachunkowej oraz znajomości reguł swoistej „gramatyki generatywnej” (Chomsky, 1959, za: Horgan, 1999), która umożliwia według znanych zasad konstruować praktycznie nieskończoną liczbę hipotez i teorii. Wymaga także pewnego życiowego doświadczenia, które nadaje realną treść pojęciom, a przede wszystkim rozwiniętej i nieustającej ciekawości poznawczej. Potrzebne jest też zdziwienie i przeświadczenie, że wiedza jest zawsze w stanie tworzenia, a szukanie jest często błędzeniem, w którym szansę na znalezienie właściwej drogi mają nie tyle kompetentni, ile wytrwali. Zawstydzające są więc nie tyle niewiedza i błędzenie, ile gnuśne trwanie w błędzie, które każe się kontentować tym, co się wie i już umie, aby uniknąć wysiłku poznawania i konieczności rekonstrukcji swoich poglądów.

W odniesieniu do dzieci w młodszym wielu szkolnym można widzieć w tym daleko idącą przesadę, ale jest obiektywnym faktem, że nawet nobliści także chodzili do szkół i czynili swe pierwsze odkrycia. Jeżeli „Księga Natury” nie jest jeszcze w pełni odczytana, jeżeli jest jeszcze kilka rzeczy do odkrycia i parę praw do sformułowania, to muszą się rodzić i kształcić nowe pokolenia uczonych. Nauczyciel powinien wierzyć w to i tak działać, jakby któryś z jego uczniów był jednym z nich. Ze względu na liczbę osób zajmujących się współcześnie nauką i technologią, nie jest to przekonanie bezpodstawne.

Bibliografia

- Birch, B. (1992). *Aleksander Fleming*. Warszawa: Wydawnictwo Czytelnik.
- Bocheński, J. (1994). *Sto zabobonów: Krótki słownik filozoficzny zabobonów*. Kraków: Wydawnictwo Philed.
- Bruner, J. S. (1978). *Poza dostarczone informacje*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Cackowski, Z. (1964). *Problemy i pseudoproblemy*. Warszawa: Wydawnictwo Książka i Wiedza.
- Dąbrowski, M. (2011). Umiejętności matematyczne uczniów kończących klasę trzecią: Rozwiązywanie zadań tekstowych. W: M. Dąbrowski (red.), *Trzecioklasiści 2010: Raport z badań ilościowych* (ss. 124-147). Warszawa: Wydawnictwo Centralnej Komisji Egzaminacyjnej.
- Diogenes Laertios. (1982). *Żywoty i poglądy słynnych filozofów*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Dirac, P. A. (1963). *The evolution of the physicist's picture of nature* [Ewolucja obrazu natury u fizyka]. *Scientific American*, 208(5), 45-53.
- Duda, H. (1977). *Zajęcia pozalekcyjne z matematyki w szkole podstawowej: Zbiory i relacje*. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- Fernández-Armesto, F. (1999). *Historia prawdy*. Poznań: Wydawnictwo Zysk i S-ka.
- Gribbin, J. (2019). *Naukowcy i ich odkrycia: XVI-XX wiek*. Kraków: Wydawnictwo Sel.
- Hardy, G. H. (1997). *Apologia matematyka*. Poznań: Wydawnictwo Prószyński i S-ka.
- Hejny, M. (1997). Rozwój wiedzy matematycznej. *Dydaktyka matematyki*, 19, 15-28.
- Horgan, J. (1999). *Koniec nauki czyli o granicach wiedzy u schyłku ery naukowej*. Warszawa: Wydawnictwo Prószyński i S-ka.
- Klus-Stańska, D., Nowicka, M. (2005). *Sensy i bezsensy edukacji wczesnoszkolnej*. Warszawa: Wydawnictwo Harmonia.
- Kulawik, T., Francuz-Ornat, G. (1992). *W polu elektromagnetycznym: Zeszyt ćwiczeń z fizyki*. Kraków: Wydawnictwo Nowa Era.
- Nęcka, E. (1994). *TroP: Twórcze rozwiązywanie problemów*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Nowak, Z. (2009). Homo mensura. Jak dziecko uczy się mierzyć świat. W: J. Coufalova (red.), *Matematyka z pohľadu primarnecho vzdelavania* [Matematyka z punktu widzenia szkoły podstawowej] (ss.157-163). Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela.
- Nowak, Z. (2016). „Bariera oczywistości” w teorii i praktyce edukacji wczesnoszkolnej. Bielsko-Biała: Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku Białej.
- Podsiad, A. (2001). *Słownik terminów i pojęć filozoficznych*. Warszawa: Wydawnictwo Pax.
- Polya, G. (1975). *Odkrycie matematyczne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Schwab, K. (2018). *Czwarta rewolucja przemysłowa*. Warszawa: Wydawnictwo Studio Emka.
- Sierotowicz, T. (2011). Galileuszowe ćwiczenia z retoryki i dialektyki: ćwiczenie drugie: Swada o księdze. *Zagadnienia Filozoficzne w Nauce*, 48, 46-76.
- Taylor, R. B. (2008). *White coat tales: Medicine's heroes, heritage, and misadventures* [O białym kitlu. Bohaterowie medycyny, jej dziedzictwo i nieszczęścia]. New York: Springer. DOI: 10.1007/978-0-387-73080-6.
- Siuta, J. (red.) (2006). *Słownik psychologii*. Kraków: Krakowskie Wydawnictwo Naukowe.
- Trelińska, U., Treliński, G. (1996). *Kształtowanie pojęć geometrycznych na etapie przeddefinicyjnym*. Kielce: Wydawnictwo Mac.
- Wolniewicz, B. (1993). *Filozofia i wartości: Rozprawy i wypowiedzi*. Warszawa: Wydział Filozofii i Socjologii UW.