Stanisław Ulam stałym gościem

w III Liceum Ogólnokształcącym

w Kaliszu

Dzieje spisuję ja, Magdalena Gołębiowska, a pomagają mi Aleksandra Gołębiowska, Kacper Kowalski,

Bartosz Matysiak i Ernest Przybył

Wszyscy jesteśmy uczestnikami Olimpijskich Warsztatów Fizycznych z klasy 3 B2

O tym opowiadam

Krótki wstępik

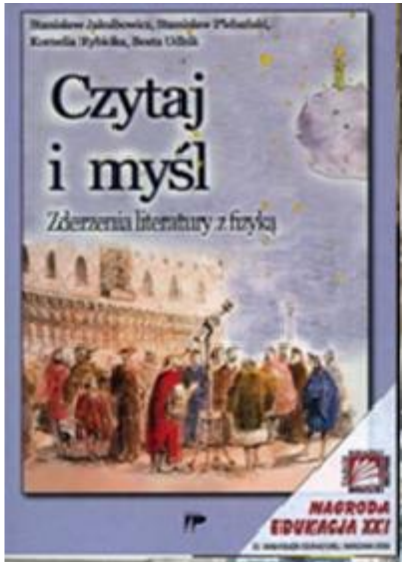
1. Metoda Monte Carlo, którą wzięliśmy na tapetę

2. Matematyka i mózg, o czym z taką pasją mówił Ulam, a MY to kontynuujemy

3. Kontynuacja interdyscyplinarności prac Stanisława Ulama

Oczywiście **MY** to my i nasi nauczyciele, do których zwróciliśmy się o pomoc, czyli dr Stanisław Plebański, nauczyciel fizyki; mgr Katarzyna Rzepczak, nauczycielka biologii; mgr Katarzyna Kozieł, nauczycielka chemii; mgr Beata Górecka-Pęder, nauczycielka matematyki oraz pani psycholog mgr Katarzyna Olejnik.

Nad całością czuwała doktor filologii polskiej, literaturoznawczyni, Kornelia Rybicka, której pamięci pracę tę poświęcamy



Kornelia Rybicka

Stanisław Ulam

Krótki wstępik

Założenia teoretyczne naszej pracy

W psychologii poznawczej motywację dzieli się na wewnętrzną (chcę to robić) i zewnętrzną (muszę to robić). Motywacja zewnętrzna to pragnienie angażowania się w działania w celu osiągnięcia zewnętrznych rezultatów swoich zachowań, np. nagrody. Natomiast motywacja wewnętrzna wymaga zaangażowania się w działanie dla samego działania, nie ze względu na zewnętrzne skutki, np. dla własnego rozwoju. W życiu codziennym zachowaniem człowieka często kierują zarówno motywacja zewnętrzna, jak i wewnętrzna. Można założyć, że postępowanie motywowane zewnętrznie obejmują kontinuum pomiędzy demotywacją a motywacją wewnętrzną. Na przykład kiedy odrabiam pracę domową, ponieważ doceniam jej wartość dla wybranej drogi zawodowej, bodźcem do działania jest motywacja zewnętrzna. Podobnie może być z koleżanką, która wykonuje pracę tylko dlatego, że obawia się kontroli swoich rodziców. Jednak tylko w moim przypadku istnieje duże prawdopodobieństwo osiągnięcia motywacji wewnętrznej.

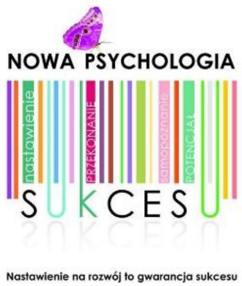
Informacje wzmacniające motywację wewnętrzną wyselekcjonował zespół badaczy Uniwersytetu Stanforda pod kierunkiem prof. Carol Dweck. Są to:

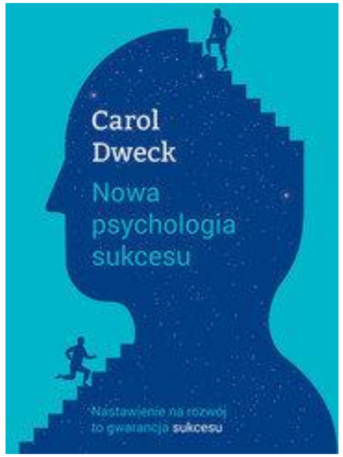
1. **różnorodne historie sukcesu znanych i powszechnie szanowanych osób, które podkreślają ciężką pracę i pasję poznawczą*,**
2. **informacje uzmysławiające uczniowi funkcje mózgu jako narzędzia uczenia się*.**

Okazuje się, że nawet krótkie uzasadnienie metafory: **„mózg jest jak mięsień, im bardziej jest wykorzystywany, tym jest silniejszy”**, może już spowodować u człowieka wewnętrzne przewartościowanie celów uczenia się.

*** Stanisław Ulam jak ulał**

Działania naszej szkoły w zakresie tych punktów





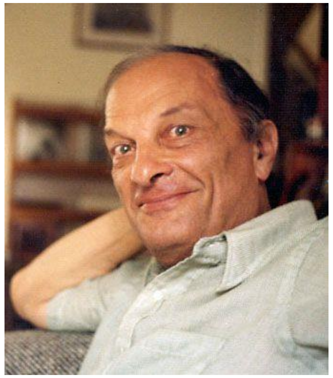
*Trwa naukowa przygoda mojej szkoły z budowaniem i wzmacnianiem naszej motywacji wewnętrznej. Kolejne roczniki klas pierwszych poznają tajniki uczącego się mózgu i studiują najnowsze wyniki badań neuropsychologów. W roku szkolnym 2014/15 szkoła przygotowywała się do wdrożenia założeń prof. Carol Dweck z Uniwersytetu Stanforda, a w 2015/16 przeprowadziła eksperyment pedagogiczny **Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck** pod naukową opieką **dr Kornelii Rybickiej** z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Dzisiaj stosuje z powodzeniem to, co w eksperymencie okazało się cenne dydaktycznie i wychowawczo – wzmacnianie motywacji wewnętrznej, traktowanie niepowodzenia jako elementu rozwoju, docenienie wysiłku w dążeniu do wytyczonego celu. Podjęto udaną próbę całościowej publikacji działań uczniów, nauczycieli i naukowców. W listopadzie 2017 roku wydano książkę **„Sterowanie uczącym się mózgiem”** będącą efektem pracy uczniów i nauczycieli szkoły oraz nauczycieli akademickich kaliskich, poznańskich i wrocławskich uczelni. Dzięki tej książce możemy poznać rolę wiedzy o uczącym się mózgu we wzmacnianiu naszej motywacji wewnętrznej. Cząstka tej książki to także mój udział. W tym roku szkolnym dominował projekt „Trud i radość poznania”. Wszelkie działania pokazujące mi połączenie **trudu i radości poznania** prowadzą prostą drogą do przemiany motywacji zewnętrznej (**ktoś chce**) w motywację wewnętrzną (**ja chcę**). Uczniowie klas pierwszych odnosili temat do fizyki, biologii i chemii, moja grupa powiązała temat z matematyką, stawiając na **Stanisława Ulama**. Szybko okazało się jednak, że **interdyscyplinarność Ulama** wprost wymusza zwrócenie się o pomoc do nauczyciela fizyki, biologii, chemii i nawet języka polskiego. Także pani psycholog okazała się pomocna.*

(Magda Gołębiowska z grupą olimpijczyków z fizyki)

1. Metoda Monte Carlo, którą wzięliśmy na tapetę

Co łączy Stanisława Ulama z Wisławą Szymborską?

(...)
Lubię mapy, bo kłamią.
Bo nie dają dostępu napastliwej prawdzie.
Bo wielkodusznie, z poczciwym humorem
rozpościerają mi na stole świat
nie z tego świata.
Wisława Szymborska ***Mapa***



Rzeczywistość i jej modelowanie

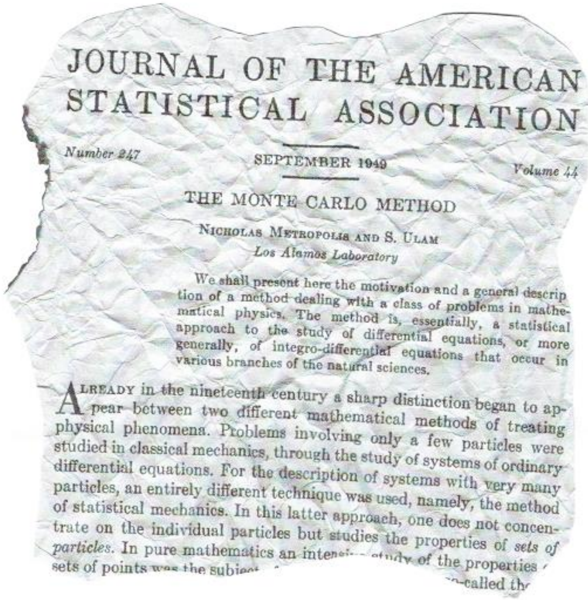
Wiersz Wisławy Szymborskiej to podkreślenie charakteru mapy, która jest tylko modelem świata rzeczywistego wykonanym przez człowieka. W zasadzie świat nie musi być tak regularny, jak podają znane nam mapy. Są one tylko odwzorowaniem realiów.

Fizyka, podobnie jak geografia, tworzy własny model rzeczywistości. Działanie to opiera się na połączeniu doświadczenia oraz modelowania matematycznego.

Modelowanie matematyczne to najczęściej układ równań opisujący ilościowo zjawiska zachodzące w modelu fizycznym. Wartości zmiennych zastosowanych w opisującym równaniu mogą należeć do różnych zbiorów, istnieje więc wielka uniwersalność w reprezentowaniu właściwości danego układu. Modelowanie to zakłada wiele uproszczeń, aby móc skupić się tylko na elementach najważniejszych dla przebiegu danego zjawiska. Przeanalizujmy to na przykładzie opisu ruchu Ziemi wokół Słońca. Nasza planeta nie jest idealną jednorodną kulą.

Zawsze jednak na potrzeby obliczeń sprowadzamy ją do takowej. Wreszcie opisując postępowy lub obrotowy ruch Ziemi, będziemy ją traktować jako punkt bądź bryłę sztywną. Te dwa przypadki opisu zjawiska zachodzącego w tym samym układzie wymagają stworzenia dwóch różnych modeli rzeczywistości. Dzieje się tak dlatego, że do opisu ruchu postępowego Ziemi nieistotne jest to, że porusza się ona również ruchem obrotowym (chyba że chcemy wyznaczyć energię całkowitą układu). Tak samo wyznaczanie torów ruchu ciał to wynik rozwiązywania wyprowadzonych wcześniej równań matematycznych i kolejne zaznaczanie położenia punktów w układzie współrzędnych.

Fizyka teoretyczna (interpretowanie wyników analizy matematycznej) byłaby jednak tylko domysłem matematycznym bez fizyki doświadczalnej. Dyscyplina ta wymaga czynnej roli badacza, opozycyjnie do metod obserwacyjnych. Wielokrotne powtarzanie danego doświadczenia pomaga wyciągnąć wyraziste wnioski, które są mocniejszą podstawą dla późniejszej analizy, a tym samym dla stworzenia wierniejszego modelu.


JOURNAL OF THE AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION

Number 247 — SEPTEMBER 1949 — Volume 44

THE MONTE CARLO METHOD

NICHOLAS METROPOLIS AND S. ULAM
Los Alamos Laboratory

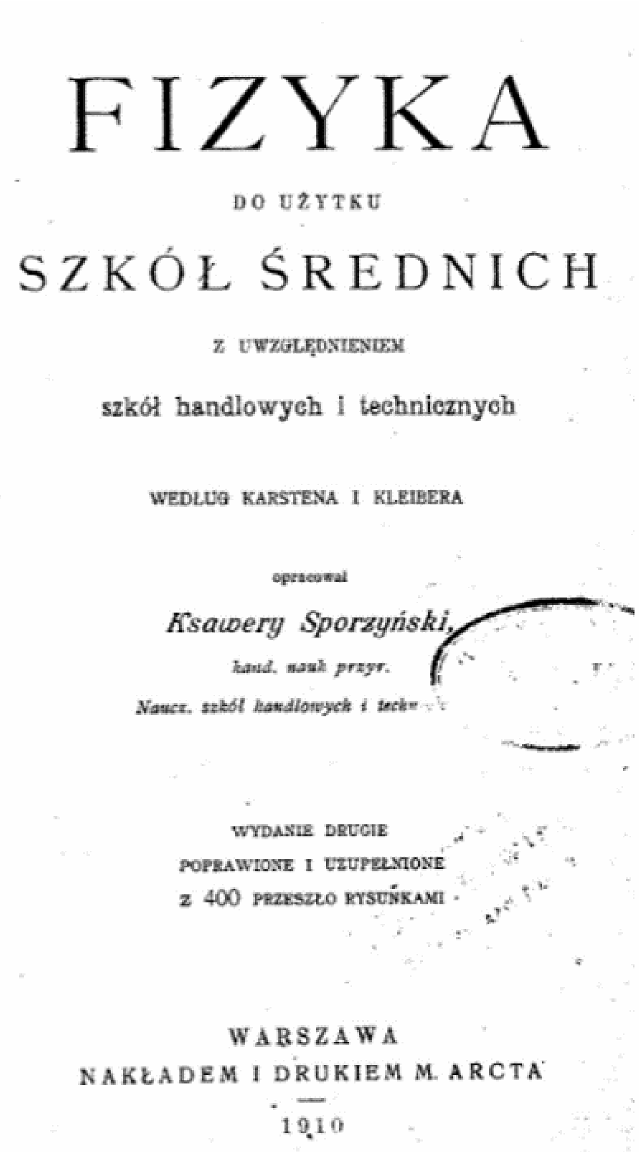
We shall present here the motivation and a general descrip tion of a method dealing with a class of problems in mathematical physics. The method is, essentially, a statistical approach to the study of differential equations, or more generally, of integro-differential equations that occur in various branches of the natural sciences.

ALREADY in the nineteenth century a sharp distinction began to appear between two different mathematical methods of treating physical phenomena. Problems involving only a few particles were studied in classical mechanics, through the study of systems of ordinary differential equations. For the description of systems with very many particles, an entirely different technique was used, namely, the method of statistical mechanics. In this latter approach, one does not concentrate on the individual particles but studies the properties of *sets of particles*. In pure mathematics an intens[illegible] study of the properties [illegible] sets of points was the subje[illegible] [illegible]-called th[illegible]

Warto zaznaczyć, że wiele praw fizycznych zostało sformułowanych dla ciał wyidealizowanych, modelowych, np. ciało doskonale sztywne, ciało doskonale sprężyste, ciało doskonale czarne, gaz doskonały, ciecz doskonała, punkt materialny. W wyniku posługiwania się tymi pojęciami prawa wprowadzone w ich odniesieniu mają uproszczoną formę matematyczną. Wyniki są więc tylko w przybliżeniu spełnione dla ciał rzeczywistych. Dla poszczególnych przypadków błąd ten jest jednak bardzo znikomy i przewidzenia sprawdzają się w zastosowaniach technicznych.

A co ma do tego Stanisław Ulam? Otóż stopień komplikacji wielu przebiegów zjawisk fizycznych jest tak duży, że równania różniczkowe i z nimi cała matematyka analityczna traci swą moc. Niech zresztą powie o tym sam Ulam (Przygody matematyka, Prószyński i S-ka, Warszawa 1996, s. 225): „Pomysł ten, nazwany później metodą Monte Carlo, wpadł mi do głowy, kiedy podczas choroby stawiałem pasjanse. Zauważyłem, że znacznie praktyczniejszym sposobem oceniania prawdopodobieństwa ułożenia pasjansa jest wykładanie kart, czyli eksperymentowanie z tym procesem i po prostu zapisywanie procentu wygranych, niż próba obliczenia wszystkich możliwości kombinatorycznych, których liczba rośnie wykładniczo i jest tak wielka, że pominąwszy najprostsze przypadki, jej oszacowanie jest niemożliwe. Jest to zaskakujące z intelektualnego punktu widzenia, i choć może nie całkiem upokarzające, to jednak zmusza do skromności i pokazuje granice tradycyjnego, racjonalnego rozumowania. Jeśli problem jest wystarczająco złożony, próbowanie jest lepszym sposobem niż badanie wszystkich łańcuchów możliwości” (Opracowała Magdalena Gołębiowska)

Już przed Stanem Ulamem próbowano „całkować inaczej”. W podręczniku fizyki z roku 1910 proponowano całkować przy użyciu wagi. Nasza opiekunka naukowa dr Kornelia Rybicka nazwała ten sposób „metodą komiwojażera”. Pomysł wzięła z książki Michaela Chabona „Poświata”


FIZYKA

DO UŻYTKU

SZKÓŁ ŚREDNICH

Z UWZGLĘDNIENIEM

szkół handlowych i technicznych

WEDŁUG KARSTENA I KLEIBERA

opracował

Ksawery Sporzyński,

kand. nauk przyr.

Naucz. szkół handlowych i techn

WYDANIE DRUGIE

POPRAWIONE I UZUPEŁNIONE

z 400 PRZESZŁO RYSUNKAMI

WARSZAWA

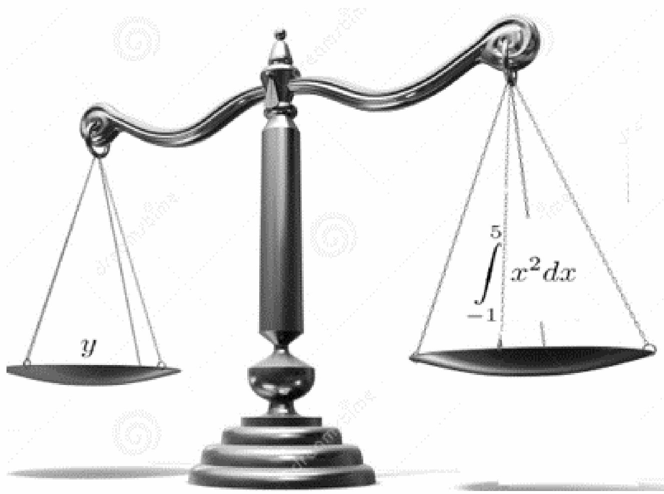
NAKŁADEM I DRUKIEM M. ARCTA

1910

2. Pomiar powierzchni, mających postać foremną (trójkąt, trapez, koło i t. p.), dokonywa się na zasadzie wzorów matematycznych.

Pola figur nieforemnych (wykresów) wyznacza się za pomocą planimetru (przyrząd w rodzaju cyrkla poziomego), za pomocą ważenia figury wykrojonej z papieru, albo też z rachunku według reguły Simpsona.

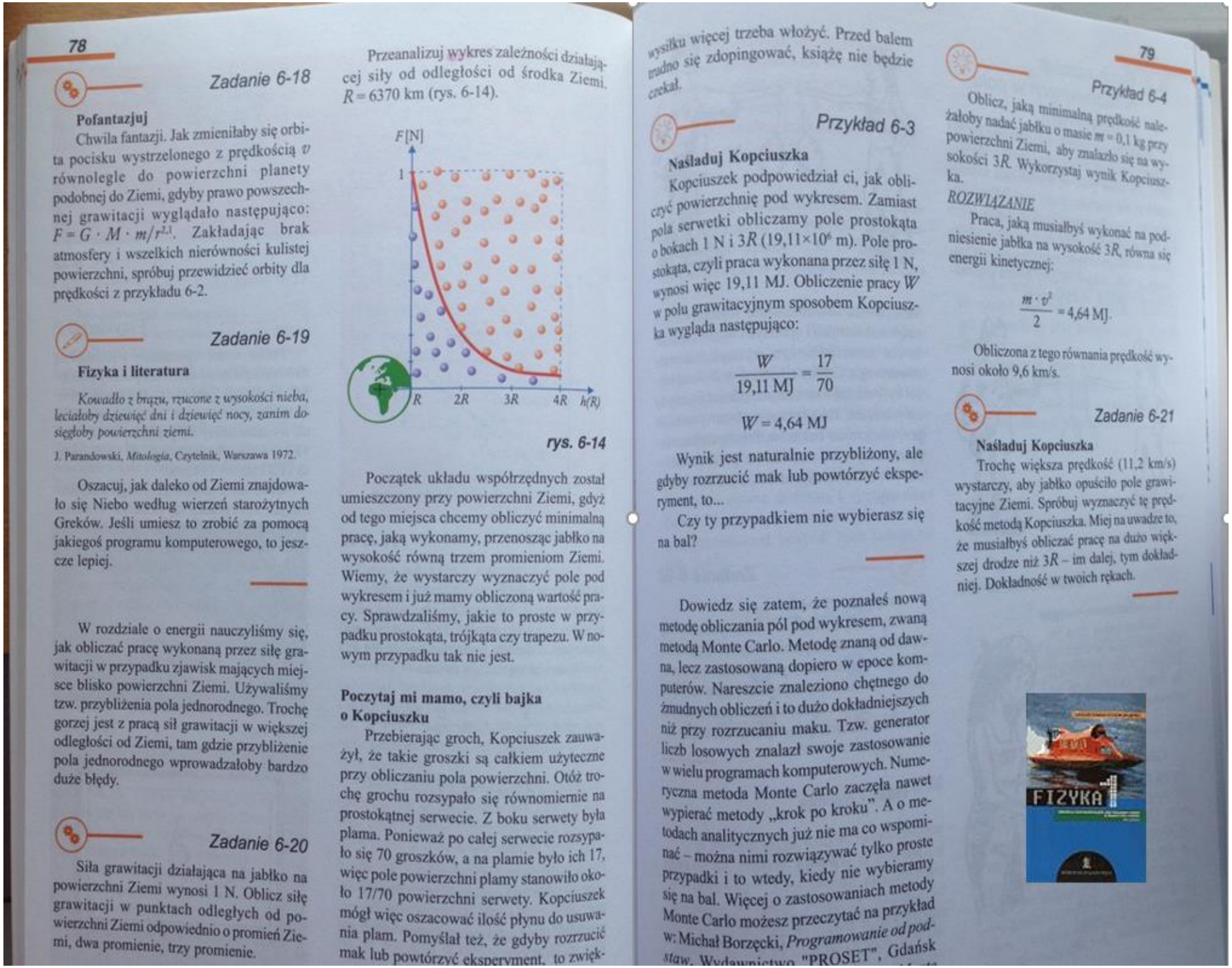
Ważenie figury wykrojonej z papieru: skoro 1 dm^2 papieru waży 0,9 g, a figura 2,25 g, pole figury wynosi 2,25 : 0,9 = 2,5 dm^2.



W podręczniku fizyki naszego profesora (Plebański S., Jakubowicz S. Fizyka LO klasa 1. Zakres podstawowy, Wiking 2002) już zastosowano metodę Monte Carlo.

Przygotowując się do Olimpiady Fizycznej, korzystaliśmy z tego podręcznika, poznając metody numeryczne.

Tak więc Stan Ulam zagościł w naszej szkole. Na pewno „tam wysoko” cieszy się z naszej gościnności.



78

Zadanie 6-18

Pofantazjuj

Chwila fantazji. Jak zmieniłaby się orbita pocisku wystrzelonego z prędkością v równolegle do powierzchni planety podobnej do Ziemi, gdyby prawo powszechnej grawitacji wyglądało następująco: $F = G \cdot M \cdot m/r^{2,1}$. Zakładając brak atmosfery i wszelkich nierówności kulistej powierzchni, spróbuj przewidzieć orbity dla prędkości z przykładu 6-2.

Zadanie 6-19

Fizyka i literatura

Kowadło z brązu, rzucone z wysokości nieba, leciałoby dziewięć dni i dziewięć nocy, zanim dosięgłoby powierzchni ziemi.

J. Parandowski, *Mitologia*, Czytelnik, Warszawa 1972.

Oszacuj, jak daleko od Ziemi znajdowało się Niebo według wierzeń starożytnych Greków. Jeśli umiesz to zrobić za pomocą jakiegoś programu komputerowego, to jeszcze lepiej.

W rozdziale o energii nauczyliśmy się, jak obliczać pracę wykonaną przez siłę grawitacji w przypadku zjawisk mających miejsce blisko powierzchni Ziemi. Używaliśmy tzw. przybliżenia pola jednorodnego. Trochę gorzej jest z pracą sił grawitacji w większej odległości od Ziemi, tam gdzie przybliżenie pola jednorodnego wprowadzałoby bardzo duże błędy.

Zadanie 6-20

Siła grawitacji działająca na jabłko na powierzchni Ziemi wynosi 1 N. Oblicz siłę grawitacji w punktach odległych od powierzchni Ziemi odpowiednio o promień Ziemi, dwa promienie, trzy promienie.

Przeanalizuj wykres zależności działającej siły od odległości od środka Ziemi. $R = 6370$ km (rys. 6-14).

rys. 6-14

Początek układu współrzędnych został umieszczony przy powierzchni Ziemi, gdyż od tego miejsca chcemy obliczyć minimalną pracę, jaką wykonamy, przenosząc jabłko na wysokość równą trzem promieniom Ziemi. Wiemy, że wystarczy wyznaczyć pole pod wykresem i już mamy obliczoną wartość pracy. Sprawdzaliśmy, jakie to proste w przypadku prostokąta, trójkąta czy trapezu. W nowym przypadku tak nie jest.

Poczytaj mi mamo, czyli bajka o Kopciuszku

Przebierając groch, Kopciuszek zauważył, że takie groszki są całkiem użyteczne przy obliczaniu pola powierzchni. Otóż trochę grochu rozsypało się równomiernie na prostokątnej serwecie. Z boku serwety była plama. Ponieważ po całej serwecie rozsypało się 70 groszków, a na plamie było ich 17, więc pole powierzchni plamy stanowiło około 17/70 powierzchni serwety. Kopciuszek mógł więc oszacować ilość płynu do usuwania plam. Pomyślał też, że gdyby rozrzucić mak lub powtórzyć eksperyment, to zwięk-

wysiłku więcej trzeba włożyć. Przed balem trudno się zdopingować, książę nie będzie czekał.

Przykład 6-3

Naśladuj Kopciuszka

Kopciuszek podpowiedział ci, jak obliczyć powierzchnię pod wykresem. Zamiast pola serwetki obliczamy pole prostokąta o bokach 1 N i $3R$ ($19{,}11 \times 10^6$ m). Pole prostokąta, czyli praca wykonana przez siłę 1 N, wynosi więc 19,11 MJ. Obliczenie pracy W w polu grawitacyjnym sposobem Kopciuszka wygląda następująco:

$$\frac{W}{19{,}11\ \mathrm{MJ}} = \frac{17}{70}$$

$$W = 4{,}64\ \mathrm{MJ}$$

Wynik jest naturalnie przybliżony, ale gdyby rozrzucić mak lub powtórzyć eksperyment, to...

Czy ty przypadkiem nie wybierasz się na bal?

Dowiedz się zatem, że poznałeś nową metodę obliczania pól pod wykresem, zwaną metodą Monte Carlo. Metodę znaną od dawna, lecz zastosowaną dopiero w epoce komputerów. Nareszcie znaleziono chętnego do żmudnych obliczeń i to dużo dokładniejszych niż przy rozrzucaniu maku. Tzw. generator liczb losowych znalazł swoje zastosowanie w wielu programach komputerowych. Numeryczna metoda Monte Carlo zaczęła nawet wypierać metody „krok po kroku”. A o metodach analitycznych już nie ma co wspominać – można nimi rozwiązywać tylko proste przypadki i to wtedy, kiedy nie wybieramy się na bal. Więcej o zastosowaniach metody Monte Carlo możesz przeczytać na przykład w: Michał Borzęcki, *Programowanie od podstaw*, Wydawnictwo "PROSET", Gdańsk

79

Przykład 6-4

Oblicz, jaką minimalną prędkość należałoby nadać jabłku o masie $m = 0{,}1$ kg przy powierzchni Ziemi, aby znalazło się na wysokości $3R$. Wykorzystaj wynik Kopciuszka.

ROZWIĄZANIE

Praca, jaką musiałbyś wykonać na podniesienie jabłka na wysokość $3R$, równa się energii kinetycznej:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = 4{,}64\ \mathrm{MJ}.$$

Obliczona z tego równania prędkość wynosi około 9,6 km/s.

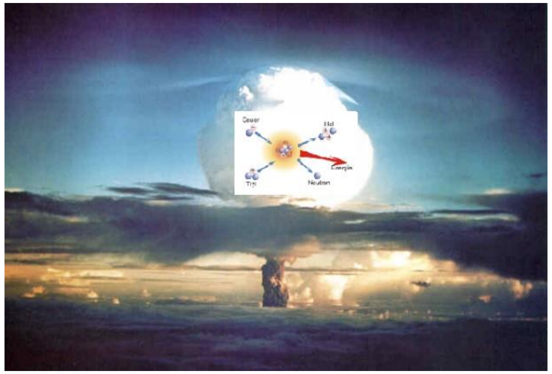
Zadanie 6-21

Naśladuj Kopciuszka

Trochę większa prędkość (11,2 km/s) wystarczy, aby jabłko opuściło pole grawitacyjne Ziemi. Spróbuj wyznaczyć tę prędkość metodą Kopciuszka. Miej na uwadze to, że musiałbyś obliczać pracę na dużo większej drodze niż $3R$ – im dalej, tym dokładniej. Dokładność w twoich rękach.

FIZYKA 1

Modelowanie metodą Monte Carlo posłużyło fizykom do skonstruowania bomby atomowej i później wodorowej. Pomysł polegał na wykorzystaniu energii uwolnionej przez bombę atomową do wytworzenia odpowiednich warunków umożliwiających syntezę lekkich jąder – wysokiej temperatury i ciśnienia. Była to potrzeba chwili, jednak w roku 1963 Stanisław Ulam poparł międzynarodowy układ o zaprzestaniu prób atomowych w atmosferze. Pracował także nad wykorzystaniem energii termojądrowej w silnikach rakiet kosmicznych.



Przez ostatnie kilkanaście lat kontynuujemy pokojowe idee Ulama w tym obszarze. Uczeń naszego Liceum wygrywa Ogólnopolski Konkurs "Fuzja jądrowa" dla szkół ponadgimnazjalnych i w nagrodę wyjeżdża do Oxfordu zapoznać się z najnowszymi osiągnięciami w zakresie pokojowego wykorzystania fuzji jądrowej (patrz zdjęcia obok).

Także nauczycielki fizyki naszej szkoły mgr Grażyna Generowicz i mgr Małgorzata Masłowska organizują wyjazdy z uczniami do największych ośrodków badań jądrowych – Dubna i CERN (patrz zdjęcia obok).

2. Matematyka i mózg, o czym z taką pasją mówił Ulam, a MY to kontynuujemy

Reflections on the Brain's Attempts To Understand Itself

by S. M. Ulam

Los Alamos Science Special Issue 1987, 283-287

Wykład pamięci Gamowa wygłosił na University of Colorado, Boulder, 5 października 1982

Tłumaczenie: *Magda Gołębiowska, Ola Gołębiowska, dr Stanisław Plebański*

Refleksje na temat mózgu. Próby zrozumienia siebie

S. M. Ulam

Mój wybór tematu do tego wykładu wydaje mi się dziwny, ponieważ nie jestem psychologiem, fizjologiem czy neurologiem, tylko matematykiem i amatorem, dyletantem w pracy mózgu. Jednak jest rzeczą godną tego, gdyż wygłaszam ten wykład ku pamięci zmarłego George'a Gamowa, przyjaciela mojego. Choć z wykształcenia fizyk, był w stanie głosić słynne wkłady w połączeniu z innymi naukami, takimi jak astronomia i biologia, które zainteresowały go pod koniec życia. Był, podobnie jak ja, amatorem, dyletantem w dziedzinie biologii. Niemniej jednak przypisuje mu się jedno z najważniejszych odkryć ostatnich czasów w tej dziedzinie. To właśnie Gamow po raz pierwszy wskazał, że uporządkowane układy czterech jednostek chemicznych - cztery „litery" - wzdłuż podwójnej helisy DNA, lub łańcucha, jak to nazwał, mogą być kodami wielu procesów biologicznych, a kody do wytwarzania białek mogą składać się z trzech lub czterech liter „słów".

Dzisiaj chcę porozmawiać o kilku moich własnych spekulacjach z pewną symboliką matematyczną, dotyczącą działania mózgu. Wierzę, że odkrycia i przełomy w ciągu następnych dwudziestu lat doprowadzą do lepszego zrozumienia mechanizmów mózgu, procesów myślowych. Nie będzie to kompletne zrozumienie, to byłoby zbyt wiele, by mieć taką nadzieję, ale da nam pewne wyobrażenia o tym, jak działa system nerwowy u niższych zwierząt i u ludzi.

Matematycy mogą pomóc w osiągnięciu tego zrozumienia, chociaż sądzę, że 99 procent progresji pochodzi z eksperymentów fizjologicznych i anatomicznych. Jednak matematyka może być przydatna, ponieważ jest oczywiste, że podobieństwa między komputerami elektronicznymi i układem nerwowym mają ogromne znaczenie.

Mój kolejny przyjaciel, Johnvon Neumann, był jednym z pionierów w planowaniu i budowaniu komputerów elektronicznych. Jego książka The Computer and the Bruin, opublikowana pośmiertnie w 1957 roku, jest nadal jednym z najbardziej przystępnych i zrozumiałych ogólnych wprowadzeń do tematu. Pamiętam dyskusje o tym, w jaki sposób pojawienie się komputerów zwiększy zakres eksperymentów w naukach matematycznych i fizycznych oraz o jego szczególnym zainteresowaniu częściowymi analogiami między komputerami, tak jak to było zaplanowane we wczesnych latach, oraz procesami dedukcyjnego myślenia. Widzieliśmy się często w tym czasie, w Los Alamos lub w Princeton, i chcielibyśmy podziwiać te fakty fizjologiczne, które są znane na temat mózgu, takie jak liczba neuronów. To była liczba rzędu dziesięciu miliardów, a ich wzajemne połączenia w ludzkiej korze były jeszcze bardziej liczne. Powiedziałby: "Nie tylko istnieje dziesięć miliardów elementów obliczeniowych, ale każdy jest połączony z innymi, sto może! Może nawet do tysiąca w centralnej części mózgu!". Teraz, czterdzieści lat później, wykazano, że liczba wzajemnych połączeń jest rzędu tysięcy, aż do stu tysięcy w centralnej części mózgu. Łączna liczba połączeń aksonów i synaps jest rzędu 10^{14}. Jak więc widzicie, w odniesieniu do niedalekiej przeszłości, wiedza czysto anatomiczna i fizjologiczna została znacznie zmieniona. Lokalizacje pewnych ośrodków w mózgu i różnice pomiędzy prawą i lewą stroną połówki również lepiej znamy. A dzisiaj więcej informacji gromadzi się poprzez badania sygnałów elektromagnetycznych emitowanych przez mózg.

Jednak nie wierzę, że teraz, a nawet w najbliższej lub dalszej przyszłości, możliwe będzie uzyskanie czegoś, co można by nazwać całkowitym zrozumieniem działania mózgu. Moja wiara jest bardzo ważna, a dziwne wyniki są niejasne w matematyce. Te wyniki, które pochodzą z 1930 roku, kojarzone są głównie z imieniem Godela, matematyka, który pracował w Institute for Advanced Study w Princeton. Godel udowodnił twierdzenie, które mówi, w przybliżeniu, że w całym systemie matematycznym, jakikolwiek systemie logicznym, istnieją stwierdzenia, które mają sens, ale nie można ich udowodnić ani obalić. W każdej dyscyplinie matematycznej, którą można obecnie zrozumieć, istnieją nierozstrzygalne twierdzenia, skończone twierdzenia, które, począwszy od aksjomatów, nie mogą być dowiedzione lub wykazane jako fałszywe.

Matematyka ma szereg problemów, niektóre bardzo stare, których rozwiązania nie są znane. Ale założono, że ostatecznie, tak czy owak, rozwiążą się tak lub nie. Taka była wiara Hilberta, jednego z największych matematyków ostatnich stu lat. Potem pojawił się Godel i pokazał, że takie przekonanie nie jest już dłużej do zaakceptowania, że istnieją stwierdzenia, które są nierozstrzygalne. Ten fakt ma wielkie znaczenie filozoficzne. Poza tym może to być rodzaj pocieszenia dla naszej zdolności do osiągnięcia pełnej wiedzy na temat różnych rzeczywistych zjawisk.

Jest więc możliwe, że niektóre z wciąż nierozwiązanych problemów matematycznych są nierozstrzygalne na podstawie naszego obecnego systemu aksjomatów. Wiele takich problemów jest skomplikowanych pod względem technicznym, ale dostarczam Państwu taki, który jest prosty do określenia i zrozumienia.

Liczba pierwsza jest liczbą całkowitą, która nie jest podzielna przez żadną liczbę oprócz siebie. Liczby 2, 3, 5, 7, ..., 41, 43, 47 itd. są liczbami pierwszymi. Grecy wiedzieli, że jest nieskończenie wiele liczb pierwszych. To jedno z najstarszych, największych i najpiękniejszych odkryć w matematyce. Teraz niektóre pary liczb pierwszych, takie jak 5 i 7, 11 oraz 13, 17 i 19, nazywane są bliźniaczymi, ponieważ różnią się tylko o 2. Pytanie brzmi: Ile jest liczb bliźniaczych, ustalona skończona liczba czy nieskończoność? Nikt nie zna odpowiedzi na to pytanie i problem może być nierozstrzygalny. Zapytałem profesora Schmidta, bardzo znanego teoretyka liczb, czy wiedział, kto pierwszy zaproponował ten bardzo stary problem i czy sądzi, że to może być nierozstrzygalne. On nie znał odpowiedzi na to pierwsze pytanie, a na to drugie odpowiedział: "Człowiek nie jest w stanie zdecydować, czy jest to nierozstrzygalne!"

Trzeba wspomnieć o twierdzeniu Godla, aby pokazać naturalne ograniczenia człowieka próbującego zrozumieć wszystko, nawet w ograniczonym zakresie. Być może zakres mózgu człowieka jest skończony, lub odwrotnie, może rozwój ludzkości, z jej uspołecznieniem mózgów, będzie pod względem ewolucji trwać w nieskończoność i może ujawnić nowe punkty widzenia.

Aby kontynuować spekulacje na temat tego, jaką rolę może odegrać matematyka w badaniu mózgu, przyznać trzeba, że nie nadszedł jeszcze czas, aby operacja mogła być przedstawiona wyłącznie za pomocą abstrakcyjnych teorii. Ale Gamow, który być może jest ostatnim wielkim amatorem w nauce, pokazał nam, że możliwe jest opisanie - owocne, przy odrobinie szczęścia - wielkich tajemnic natury. Grecki filozof powiedział, że wiele z nich jest cudami wszechświata, ale największy z nich jest ludzkim umysłem. Spinoza twierdził, że lepiej zacząć od małych i skromnych prawd.

Poczynając od tych przesłanek, chciałbym przedstawić wam teraz kilka przykładów biologicznych pytań, które, jak sądzę, matematyka już udowodniła, co jest przydatne w wykładzie, oraz jak podobne próby i schematyzacje mogą być w jakimś sensie użyteczne w częściowym zrozumieniu natury ludzkiej percepcji.

Jedno z takich pytań dotyczy mechanizmu rozpoznawania bodźców zewnętrznych, powiedzmy widoków lub dźwięków, a ostatecznie idei. Przed rozpoznaniem istnieje rozeznanie, odróżnianie. Zasadniczo łatwiej jest dostrzec różnicę pomiędzy dwoma obiektami niż ich podobieństw lub analogię. Musimy mapować ogromną sieć połączeń w ludzkim mózgu na pokrywające się klasy. Ale zanim to zrobimy, oto przykład matematycznej idei biologicznej, która dotyczy kodów do wytwarzania białek.

Sugestia Gamowa o istnieniu trzech lub czterech kodów dla składników aminokwasów była prawidłowa. Wiele cech żywych organizmów jest kodowanych w bardzo długich sekwencjach czterech jednostek chemicznych, które biologowie oznaczają literami A, C, G i T. Słowa są krótkimi łańcuchami tych elementów. Wyrażenia skończone kilkuset słów są kodami dla białek, takich jak różnego rodzaju hemoglobiny. Obecnie znane są dziesiątki tysięcy tych kodów dla białek, a w niektórych przypadkach nawet znane są przestrzenne formy białek. Cząsteczka "czytnika" idzie wzdłuż DNA niczym "taśma" odczytująca kod i umieszcza informacje w innych częściach komórki w rybosomach. Tyle wiemy teraz. Funkcje innych części długich sekwencji, takich jak te zwane intronami, nie są jeszcze zrozumiałe, ale nie są kodami dla białek.

Niektórzy biolodzy zaczynają spekulować na temat znaczenia niewielkich różnic, które znaleziono pomiędzy kodami dla danego białka u różnych gatunków. Na przykład, cytochrom *c*, który jest ważny dla przekazywania impulsów elektrycznych w nerwach, różni się nieznacznie między gatunkami, ale pozostaje taki sam w obrębie gatunku. Biolog Emanuel Margoliash próbował stworzyć drzewo ewolucyjne na podstawie ilościowych różnic w kodach cytochromu *c*, na gradacjach między nimi.

Matematycy ogólnie badali ideę porównania dwóch elementów a i b - dwóch punktów w pewnej przestrzeni - wyrażając stopień ich różnicy wielkością zwaną odległością. Odległość ta, zwykle oznaczana przez $\rho(a, b)$, powinna mieć następujące zalety. Powinna być dodatnia i określona: $\rho(a, b) > 0$ jeżeli $a \neq b$ i $\rho(a, a) = 0$. Powinna być symetryczna: $\rho(a, b) = \rho(b, a)$. I powinna spełniać nierówność trójkąta: $\rho(a, c) \leq \rho(a, b) + \rho(b, c)$. Ta ostatnia własność oznacza, że przejście z a do c nie jest trudniejsze niż przejście z a na b, a następnie z b do c. Jeśli taka odległość istnieje dla wszystkich par punktów w zbiorze S, wówczas S nazywana jest przestrzenią metryczną.

Powiedziałem, że elementy kodu genetycznego są sekwencjami symboli dla czterech jednostek chemicznych. Dla uproszczenia i bez zmiany jakichkolwiek zasad rozważmy sekwencje tylko dwóch symboli, 0 i 1. Na przykład, jedną taką sekwencją x może być 0110101, a kolejną sekwencją y może być 1000110. Aby zorientować się, na ile one się różnią, powinniśmy poznać odległość $\rho(x, y)$ pomiędzy x i y. Niech x_i będzie i-tym elementem w x, y_i będzie składnikiem-i w y, gdzie i = 1, 2, 3 i tak dalej. Jedna odległość, którą moglibyśmy rozważyć jest sumą bezwzględnych wartości różnic między x_i i y_i:

$$\rho(x, y) = \sum |x_i - y_i|.$$

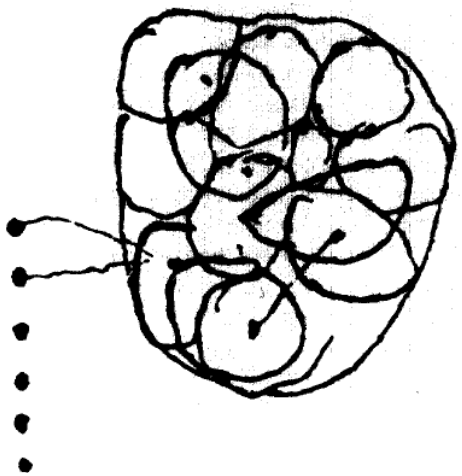
Załóżmy, że x i y mają długość N i x = 010101 ··· 0, a y = 101010 ··· $\sum |x_i - y_i| = N$ 1. Następnie ponieważ różnią się one w każdym miejscu. Jest to jedna z definicji odległości używana przez matematyków. Inną definicją jest tak zwany dystans euklidesowy $\sqrt{\sum (x_i - y_i)^2}$

Ale naszym zdaniem, te odległości nie są odpowiednie dla obiektów biologicznych. Są odpowiednie dla stałych obiektów, dla sekwencji symboli, które są, powiedzmy, sztywnymi punktami geometrycznych przestrzeni, i tak dalej. Ale nie są one dobrze dostosowane do elastycznych obiektów, takich jak ciągi kodów. Aby to zobaczyć, rozważmy poprzedni przykład dwóch długich sekwencji, które różniły się w każdym miejscu. Są one w pewnym sensie prawie identyczne, ponieważ poprzez wymazywanie jednego symbolu w każdej sekwencji stają się takie same. Dwie zmiany sprawiają, że sekwencje są identyczne! Ale zgodnie z poprzednimi definicjami odległości odległość między nimi to N lub $\sqrt{N}$ zamiast tylko 2.

Spróbujmy innej definicji odległości. Na przykład możemy zdefiniować nowe ρ jako minimalną liczbę dozwolonych zmian, które muszą zostać wprowadzone w jednej lub drugiej sekwencji, aby były identyczne. Jakie mogą być te dozwolone zmiany? Jednym może być zamiana 0 na 1 lub odwrotnie. Innym może być wymazanie lub interkalacja 0 lub 1 w dowolnym miejscu w sekwencji. Można udowodnić, że to ρ ma wszystkie właściwości, które powinna mieć odległość.

Ilościowe sformułowanie odległości można wypróbować nie tylko dla sekwencji symboli w kodzie genetycznym, ale dla wielu innych obiektów. Można na przykład spróbować zdefiniować odległość między dwiema sekwencjami nut dźwiękowych, sygnałów akustycznych lub między dwoma rysunkami lub rzeźbami, zestawami punktów w dwóch lub trzech wymiarach.

To są moje spekulacje, że w mózgu, lub bardziej ogólnie w układzie nerwowym, musi istnieć mechanizm, który, być może tylko w sposób jakościowy, określa odległość między percepcją przechowywaną w pamięci i nowo przedstawioną percepcją. Rozpoznanie nowo przedstawionej percepcji jako znanej lub nieznanej może oznaczać, że ta odległość jest poniżej lub powyżej pewnego progu. Percepcja niedostatecznie bliska każdej z tych, które już są w pamięci, będzie przechowywana jako nowa percepcja.



Chcę mówić o takim podejściu do rozpoznawania percepcji wizualnej. Weźmy na przykład przypadek rozpoznawania obrazów dwuwymiarowych. Przypuszczam, że mózg używa kilku różnych odległości, aby porównać takie obrazy po zarejestrowaniu ich na siatkówce, zarejestrowaniu lub przekodowaniu na kilku warstwach za siatkówką i osadzeniu w mózgu.

Jaka odległość może być odpowiednia do porównania dwóch obrazów dwuwymiarowych, czyli dwóch zestawów punktów na płaszczyźnie? Niech będą dwa zbiory A i B. Interesuje nas kilka możliwych $\rho(A, B)$. Odległości między seriami badali matematycy. Jedna z nich, odległość Hausdorffa $\rho_H(A, B)$ określa się następująco. Niech ρ_E będzie zwykłą odległością między dwoma punktami. Biorąc pod uwagę punkt x w A, znajdź punkt y w B, dla którego $\rho_E(x, y)$ ma minimum; tak jest, znajdź $\min_{y \in B} \rho_E(x, y)$. Zrób to dla wszystkich x w A, a następnie znajdź maksimum tego minima, $\max_{x \in A} \min_{y \in B} \rho_E(x, y)$. Teraz znajdź $\min_{x \in A} \rho_E(x, y)$ dla danego y w B i $\max_{y \in B} \min_{x \in A} \rho_E(x, y)$.

Następnie

$$\rho_{\mathrm{H}}(A,B) = \max_{x \in A} \min_{y \in B} \rho_{\mathrm{E}}(x,y) + \max_{y \in B} \min_{x \in A} \rho_{\mathrm{E}}(x,y).$$

Ale ta odległość Hausdorffa, podobnie jak niektóre odległości wspomniane w związku z jednowymiarowymi sekwencjami, może być przedmiotem sprzeciwu w zastosowaniach biologicznych. Oczywiście, ρ_H, zgodnie z definicją, zależy od aspektów A i B, które mają niewielki wpływ na rozpoznanie. Na przykład B może być powiększoną wersją A lub przystającą do A, ale obróconą lub przetłumaczoną. W tych przypadkach znacząca odległość powinna być bardzo mała.

Przez powtórzenie lub iterację idei Hausdorffa można osiągnąć bardziej zadowalającą odległość. Dla danego zbioru lub obrazu A, rozważmy klasę A, która "wygląda jak" A, na przykład, są to replikacje A w różnych rozmiarach lub są uzyskiwane z $\mathcal{A}$ przez pewien obrót lub translację. Nazwijmy to klasą zbiorów wrażenia A i oznaczmy go przez A. Postępujemy analogicznie dla B i otrzymujemy klasę zbiorów $\mathcal{B}$. Teraz możemy zdefiniować odległość między odciskami $\mathcal{A}$ i $\mathcal{B}$ w następujący sposób:

$$\rho(\mathcal{A}, \mathcal{B}) = \max_{A \in \mathcal{A}} \min_{B \in \mathcal{B}} \rho_{\mathrm{H}}(A,B) + \max_{B \in \mathcal{B}} \min_{A \in \mathcal{A}} \rho_{\mathrm{H}}(A,B).$$

Jest to bardziej satysfakcjonująca miara różnicy między A i B. Nie trzeba dodawać, że odległości między obiektami trójwymiarowymi można zdefiniować analogicznie.

Można zdefiniować jeszcze inne odległości między zestawami punktów lub sygnały w dwóch lub mm-e wymiarach. Możliwe jest, na przykład, wyrażenie takiej miary podobieństwa lub odmienności jako odległości między kodowaniem wartości zadanych pod względem funkcji ortogonalnych, takich jak te używane w szeregach Fouriera. [Zobacz "Odległość Ulama."]

Opiszę teraz eksperyment komputerowy, który Robert Schrandt wykonał na początku lat sześćdziesiątych w Los Alamos. Eksperyment dotyczył wykorzystania odległości w rozpoznawaniu odręcznych listów i dotyczył pewnego przypuszczenia, które chcę przedstawić w tym wystąpieniu, dotyczącego roli wrażeń lub przykładów w procesie poznawczym.

Pomysł eksperymentu polegał na dostarczeniu komputerowi wielu ręcznie pisanych przykładów liter *a* i *b* - w rzeczywistości z wieloma zestawami współrzędnych punktów oznaczających litery - a następnie sprawieniu, że komputer zadecyduje, czy nowy przykład to *a*, czy *b*. Byłoby zbyt męczące dostarczać, powiedzmy, 512 przykładów każdej litery. (Uprawnienia 2 są wygodne w kontaktach z komputerami, stąd liczba 512.) Zamiast tego użyliśmy podstępu za pomocą którego sam komputer wygenerował przykłady. Przypomniałem sobie mój dowód, że istnieją w przedziale, a analogicznie w przestrzeniach o wyższym wymiarze, dwie funkcje *f* i *g* takie, że dowolna funkcja ciągła może być aproksymowana przez jeden z ich plików - *fg, ffg, fgf, fggf, fgfg,* i tak dalej. Tak więc przekazaliśmy komputerowi tylko jeden przykład każdego z *a* i *b*, a także dwie transformacje każdego z nich, które służyły jako *f* i *g*. Programując komputer w celu wytworzenia kompozycji do 10 transformacji, uzyskaliśmy 512 przykładów każdego z *a* i *b*. Po wyświetleniu na ekranie wyglądały one jak różne odręczne wersje oryginałów *a* i *b*. Niektóre były lekko przechylone, inne wydawały się napisane chwiejną ręką i tak dalej. Następnie komputer został poproszony o podjęcie decyzji, czy nowa próbka odręczna to *a* lub *b*, obliczając odległości Hausdorffa między próbką a przykładami, które utworzyła. Decyzje komputera były poprawne w ponad 80 procentach przypadków! Oczywiście ta sama metoda działa w przypadku więcej niż dwóch liter lub innych znormalizowanych liczb. Przypuszcza się, że w mózgu, w systemie wzrokowym i pamięci, tylko kilka wizualnych spostrzeżeń jest stale przechowywanych, a gdy są prezentowane innym, mózg wytwarza dla porównania wiele deformacji tego, co jest w pamięci lub tego, co jest prezentowane. Jeśli tak jest, pojemność pamięci zostanie znacznie zwiększona. Obecnie można jedynie spekulować na temat mechanizmów, za pomocą których mózg może wytwarzać odkształcenia. Niektóre są oczywiste, na przykład pochylenie głowy lub zmiana rozmiaru. Można także spekulować tylko o odległościach i liczbie wykorzystanych decyzji.

Można również spekulować, że podobny mechanizm kieruje rozpoznawaniem przedmiotów w ciele. Czy to możliwe, że przeciwciała wytwarzane przez układ odpornościowy mają analogiczny sposób rozpoznawania antygenów? Ponownie, odkształcenia mogą być wykorzystane do wytworzenia dużej liczby przykładów takiego rozróżniania i rozpoznawania.

Kolejnym, wyższym etapem działania mózgu może być bardziej skomplikowana analiza wrażeń. Zamiast rozważać wrażenia pojedynczych obiektów, mózg może uczyć się następstwa dwóch lub trzech, a nawet "filmu" dziesięciu lub więcej. W połączeniu z uznaniem upływu czasu może to prowadzić do rozwoju prymitywnej logiki lub elementarnego rozumowania, być może w formie stwierdzenia *post hoc ergo propter hoc* (po tym, więc wskutek tego) lub jego odwrotnej wersji *ante hoc ergo qua hoc* (wcześniej, więc jako przyczyna).

Nasze zrozumienie mniej elementarnego uczenia się powinno obejmować matematyczną koncepcję mierzenia złożoności. W ostatnich latach sporo matematyków, w tym Jan Mycielski i Andre Ehrenfeucht, obaj profesorowie tej uczelni, opublikowali bardzo interesującą pracę na ten temat. Przy odpowiednich zmianach niektóre z ich wyników można zastosować do zbadania działania układu nerwowego.

Oczywiste jest, że jedną z najważniejszych tajemnic dotyczących mózgu jest organizacja pamięci, w tym sposobu dostępu. Tak jak przypuszczałem wcześniej, pewna forma pamięci musi istnieć w systemach wizualnych, słuchowych, węchowych i odpornościowych - a nawet w systemie dla samego różnicowania. Mechanizm tworzenia wielu przykładów z jednego z pewnością wydaje się bardzo skutecznym sposobem wykorzystania pojemności pamięci wizualnych i słuchowych. W trakcie ewolucji musiały powstać specjalne urządzenia lub triki, które zwiększały zakres rozpoznawania i uzupełniający proces rejestracji postrzegania jako nowy.

Podam przykład sztuczki dla efektywnego wykorzystania komputera. Przypuśćmy, że zapisaliśmy w jego pamięci bardzo wiele, powiedzmy 10^6, ośmiocyfrowych liczb uporządkowanych sekwencyjnie i chcemy, aby komputer zdecydował, czy dana liczba znajduje się wśród przechowywanych. Komputer może to zrobić bardzo szybko, porównując kolejno cyfry od pierwszego do ostatniego. Załóżmy teraz, że chcemy, aby komputer zdecydował, czy dany numer różni się od zapisanych liczb, powiedzmy, 1 w dowolnej z ośmiu pozycji. Możemy zaprogramować komputer, aby to zrobić, decydując, czy któryś z 10^6 numerów w jego pamięci jest tak blisko. To byłaby bardzo długa operacja. Istnieje znacznie lepszy sposób postępowania, który wymaga tylko szesnastokrotnego wysiłku, aby komputer mógł zdecydować, czy jedna z przechowywanych jest jedną. Najpierw zaprogramujemy komputer, aby wyprodukował z podanego numeru szesnaście liczb, które różnią się o 1 w dowolnej z ośmiu pozycji, a następnie decyduje, czy którykolwiek z szesnastu jest wśród tych w swojej pamięci.

Ten przykład ilustruje, że mechanizm wytwarzania postrzegania pomocniczego dla porównania z spostrzeżeniami przechowywanymi w pamięci byłby korzystnym nabyciem układu nerwowego. Byłby to także mechanizm do tworzenia wariacji zapisanych w pamięci w celu porównania z bodźcami zewnętrznymi.

Być może fizjologiczne lub anatomiczne uporządkowanie może służyć takim funkcjom. Najwyraźniej są to jedynie domysły dotyczące szczególnych cech, jakie układ nerwowy mógł nabyć w trakcie ewolucji. (*Los Alamos Science Special Issue 1987, 283-287*)

Kontynuacja prac Stanisława Ulama, związanych z funkcjonowaniem mózgu, przez społeczność III LO w Kaliszu

(Przedstawiamy wycinkowo prace społeczności naszego Liceum, a książkę przesyłamy osobno. Wkład siostry i mój można znaleźć na s. 42-43 i 92.)

Dyrektor szkoły mgr Anna Narewska, nauczycielka historii

Nauczycielka biologii mgr Katarzyna Rzepczak

Dr Kornelia Rybicka omawia nasze planowanie na konferencji PTDE

Kontynuacja myśli Stanisława Ulama w naszym LO, ukazana w pracach naukowych dr Kornelii Rybickiej

Diagnoza twórczych działań mózgu,

http://www.ptde.org/pluginfile.php/879/mod_page/content/4/Archiwum/XX_KDE/pdf_2014/Rybicka.pdf

Budowanie, wzmacnianie i diagnozowanie motywacji wewnętrznej uczniów,

http://www.ptde.org/pluginfile.php/1087/mod_page/content/6/Archiwum/XXII_KDE/pdf/Rybicka%2CPlebanski.pdf

Między diagnozą poznawczą a pozapoznawczą – napięcia czy symbioza?

http://www.ptde.org/pluginfile.php/1378/mod_page/content/12/PTDE_2018_155.pdf

STEROWANIE UCZĄCYM SIĘ MÓZGIEM

Redakcja
Kornelia Rybicka i Stanisław Plebański

Kalisz 2017
Kaliskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk

RECENZENT
PROF. DR HAB. BOLESŁAW NIEMIERKO

KOREKTA
JANINA OLICHWER

OPRACOWANIE TYPOGRAFICZNE I PROJEKT OKŁADKI
Małgorzata Sobczak

Sto dziewięćdziesiąte dziewiąte wydawnictwo
Kaliskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk

ISBN 978-83-62689-57-6

Kalisz 2017
Kaliskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk

Druk
ZUP DANGRAF S.C.

Spis treści

Rozdział 1. Teoretyczny kontekst eksperymentu *Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck*

1.1. Droga ku wiedzy metapoznawczej w szkole

Kornelia Rybicka, Stanisław Plebański

> *Wiedza to jedno z pojęć elementarnych, a zatem trudnych do zdefiniowania - każdy wie, czym jest wiedza, zwłaszcza w zestawieniu z przeciwieństwem.*
>
> Stanisław Dylak, 2013, s. 137

Szkoła jest przestrzenią, gdzie buduje się fundament pod późniejsze osiągnięcia młodego człowieka. Poniekąd urzeczywistnia ona to, co w danej społeczności uznano za pożądane i pożyteczne w dziedzinie współczesnej teorii pedagogicznej, której podstawy stworzył w XVII wieku Jan Komeński. Jego zasady dydaktyczne wciąż są źródłem inspiracji dla teoretyków i praktyków edukacyjnych i w skrócie można je podsumować następująco: *nauczanie powinno być bezwzględnie zgodne z naturą, należy uczyć wszystkiego najpierw przez zmysły, w nauczaniu nie powinien istnieć nieszczęsny rozdział słów i rzeczy, w każdej nauce przestrzegać należy związku z życiem, przestrzegać należy związku z poszczególnymi przedmiotami* (zob. Majchrowicz, 1907, s. 148-150). Naturalnie dotyczy to większości obszaru Europy i Ameryki Północnej, który charakteryzuje się znaczącą analogią kulturową (Aronson i in., 2001, s. 16).

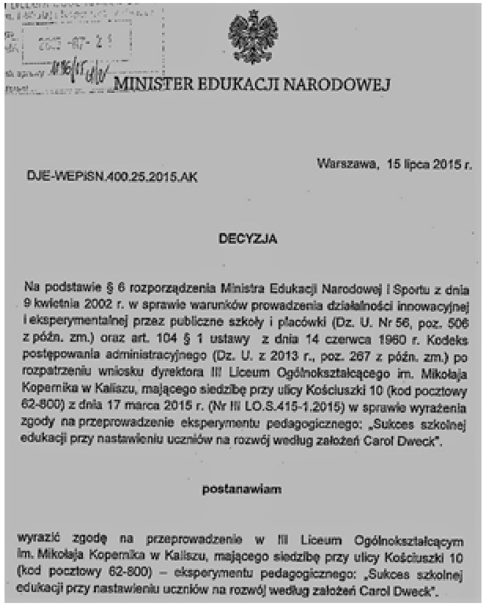
W wieku XX psychologia dołączyła do swoich problemów badawczych proces uczenia się człowieka i dzięki danym eksperymentalnym rozpoczęła doprecyzowywać znaczenie terminu *zgodne z naturą*. Okazało się, że „wiele cech, które kiedyś uważano za odzwierciedlenie wrodzonego talentu, jest w rzeczywistości wynikiem intensywnej pracy prowadzonej przez co najmniej 10 lat." (Ericsson i in., 1993, s. 363). Także postęp nauk przyrodniczych i technicznych przyniósł niewyobrażalne wcześniej możliwości badania mózgu – warsztatu pracy ucznia i nauczyciela. Przedrostek „neuro" zespolono z biologią, psychologią, edukacją, tworząc nowy obszar badawczy w oświacie – neuroedukację. Szczególnego znaczenia nabrało hasło: *Uczymy się przez całe życie*, a wraz z nim pytania: *Czego się uczyć?, Jak się uczyć?, Jak budować motywację do uczenia się?* Wymusiło to przyjrzenie się podstawowemu pojęciu w edukacji, jakim jest *wiedza*.

Rozdział 2. Przebieg eksperymentu pedagogicznego *Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck*

2.1. Główne założenia eksperymentu

Kornelia Rybicka

> *W dowolnym, choć odrobinę złożonym systemie niezwykle trudno przewidzieć, jak zmiana jednej zmiennej wpłynie na pozostałe.*
>
> Oliver Burkeman, 2017, s. 115



MINISTER EDUKACJI NARODOWEJ

DJE-WEPiSN.400.25.2015.AK

Warszawa, 15 lipca 2015 r.

DECYZJA

Na podstawie § 6 rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 9 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków prowadzenia działalności innowacyjnej i eksperymentalnej przez publiczne szkoły i placówki (Dz. U. Nr 56, poz. 506 z późn. zm.) oraz art. 104 § 1 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2013 r., poz. 267 z późn. zm.) po rozpatrzeniu wniosku dyrektora III Liceum Ogólnokształcącego im. Mikołaja Kopernika w Kaliszu, mającego siedzibę przy ulicy Kościuszki 10 (kod pocztowy 62-800) z dnia 17 marca 2015 r. (Nr III LO.S.415-1.2015) w sprawie wyrażenia zgody na przeprowadzenie eksperymentu pedagogicznego: „Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck".

postanawiam

wyrazić zgodę na przeprowadzenie w III Liceum Ogólnokształcącym im. Mikołaja Kopernika w Kaliszu, mającego siedzibę przy ulicy Kościuszki 10 (kod pocztowy 62-800) – eksperymentu pedagogicznego: „Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck".

Eksperyment pedagogiczny *Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck* prowadzono w III Liceum Ogólnokształcącym im. Mikołaja Kopernika w Kaliszu w roku szkolnym 2015/16 pod naukową pieczą Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Nadrzędnym celem wdrażanych strategii kształcenia w klasach pierwszych było wzmacnianie motywacji wewnętrznej uczniów do działań wszechstronnie rozwijających osobowość z intelektem włącznie. Drogę do sukcesu stanowiły założenia wynikające z długoletnich badań zespołu psychologów i neuropsychologów pracujących pod kierunkiem Carol Dweck na Uniwersytecie Stanforda. W prezentowanym eksperymencie przyjęto następujący problem badawczy: *W jakim*

2.3. Tworzenie projektów *Mój mózg moim warsztatem pracy*

Katarzyna Kozieł, Katarzyna Rzepczak, Stanisław Plebański

> *Poza tym nienawidzę wszystkiego, co mnie jedynie poucza nie zwiększając mojej aktywności ani jej bezpośrednio nie ożywiając.*
>
> Johann Wolfgang Goethe (w liście do Friedricha Schillera)

Do pracy przystąpili wszyscy uczniowie klas pierwszych, tworząc 4-osobowe grupy projektowe pod opieką nauczycieli fizyki, biologii i chemii. Grupy prezentowały prace przed całą klasą oraz co najmniej dwoma nauczycielami odpowiedzialnymi za projekt. Uczniowie wybierali najlepszy projekt do prezentacji na seminarium w Dniu Uczącego się Mózgu.

Wykaz najlepszych projektów:

- Stanisław Anders, Wioleta Borkowska, Tomasz Borys, Jeremi Groch, *Wpływ Internetu na mózg człowieka* (film), klasa 1 B2
- Weronika Błaszczyk, Maria Chenczke, Patryk Drzewiecki, Paweł Ogórkiewicz, *Wpływ snu na mózg człowieka*, klasa 1 F
- Joanna Kubiak, Jakub Kubiak, Hubert Kulawinek, Marta Kusiak, *Wpływ telewizji na mózg dzieci i młodzieży*, klasa 1 D2
- Łukasz Bartosik, Michalina Biesiada, Dominik Ceroń, Franciszek Choja, Aleksandra Nowak - *Pamięć ludzka*, klasa 1 D1
- Weronika Pietrzykowska, Magdalena Piestrzeniewicz, Kaja Pogorzelec, *Mózg – pamięć*, klasa 1 D3
- Maciej Galewski, Mateusz Gruszka, Kaja Jankowska, Filip Jabłoński, *Mózg a sen*, klasa 1 B1
- Kamil Konczyński, Michał Kosierb, Katarzyna Lis, Hubert Łuczak, *Wpływ cukru na mózg*, klasa 1 A
- Natalia Muszyńska, Weronika Narczyńska, Aleksandra Nawrot, Katarzyna Raczyk, *Od miłości do nienawiści... jeden krok. Prawda czy mit?*, klasa 1 G

Rok po eksperymencie nauczyciele nadal otaczali uczniów klas pierwszych wiedzą metapoznawczą. Jednakże zmniejszono rozrzut tematyczny projektów o mózgu, bardziej kanalizując je w stronę potencjalnego wzmacniania motywacji wewnętrznej, zwiększono rolę psychologii kształcenia w połączeniu z neuropsychologią.

Przykład konstrukcji zadania projektowego dla klasy 1B2

Tytuł: Mój mózg moim warsztatem pracy

Słowa kluczowe: chęć, wytrwałość, mózg, uczenie się, nastawienie

Polecani naukowcy: prof. Carol Dweck, prof. Angela Duckworth, dr Marek Kaczmarzyk, ...

Termin: 27.01.2017. praca przesłana na adres fizyka3lo@interia.pl

Forma: dowolna (esej, prezentacja, ...)

Liczba osób w zespole: od 1 do 3. Swobodny dobór osób do zespołu

Uwagi: Można zmieniać słowa kluczowe oprócz dwóch podstawowych - chęć i mózg

Poniżej przedstawiono skrót czwartego rozdziału pracy uczennic klasy 1B2 w ramach zmodernizowanego zadania projektowego

Aleksandra Gołębiowska, Magdalena Gołębiowska

kl. 1 B2, rok szkolny 2016/2017

MÓJ MÓZG MOIM WARSZTATEM PRACY

1. Jak uczy się mózg?

(reprezentacje, hipokamp, neurony, nauka we śnie)

2. Motywacja

(układ nagrody, motywacja wewnętrzna i zewnętrzna)

3. Upór

4. Nastawienie

Możemy być nastawieni na trwałość, co oznacza, że nasze cechy są ustalone raz na zawsze i nic nie da się z tym zrobić. Za każdym razem musisz udowadniać swoją wartość. Osoby takie również podają w wątpliwość wartość pracy; boją się ryzyka i wysiłku. Nastawienie na rozwój zaś ma fundament w przekonaniu, że podstawowe cechy można rozwijać poprzez pracę. Oznacza to, że każdy z nas może się doskonalić. To przekonanie rozbudza w nas chęć do nauki, sprawia, że jesteśmy ciekawi, uruchamia kaskadę reakcji, które ożywiają mózg. Takimi znacznikami nastawienia na rozwój jest upodobanie wyzwań oraz wytrwałość okazywana zwłaszcza wtedy, gdy nie wszystko idzie po naszej myśli. Co ciekawe, problem z oceną własnych działań i umiejętności mają najczęściej osoby z nastawieniem na trwałość. Osoby nastawione na rozwój nie będą zawiedzione dokładnymi informacjami na temat swoich umiejętności, ponieważ wierzą, że można je doskonalić. Dla ludzi nastawionych na trwałość informacje te mogą skreślić ich całe życie – dla nich to po prostu zła lub dobra ocena niezmiennych przymiotów (a więc pewnego rodzaju podsumowanie osoby raz na zawsze; przypięcie etykietki, która już nigdy nie ulegnie zmianie).

Dwa nastawienia – niczym odmienne światy – różnią się od siebie. W świecie trwałości każde potknięcie to porażka, sukces to dowód na to, że jest się lepszym od innych. Podstawą jest tutaj samopotwierdzenie, a dobre samopoczucie wywołują rzeczy bezpieczne i takie, które znajdują się w zasięgu ręki. To nastawienie sprawia, że przestajemy się uczyć – nie chcemy okazać swoich braków albo po prostu nie wierzymy, że możemy nauczyć się czegoś nowego. W świecie rozwoju ważne jest wychodzenie poza nasze granice, czyli samorozwój. Nie zakładamy tutaj, że jesteśmy w pełni rozwinięci, pozbawieni wad i nie potrzebujemy się więcej uczyć.

Rozdział 3. Przedmiotowe wspomaganie eksperymentu pedagogicznego *Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck*

Nie potrafimy stłumić silnego poczucia, że jeżeli coś z perspektywy czasu wydaje się logiczne dzisiaj, to znaczy, że było do przewidzenia wczoraj. Złudzenie, że rozumiemy przeszłość, rozbudza w nas nadmierną wiarę w umiejętność przewidywania przyszłości.

Daniel Kahneman, 2012, s. 292

Poproszono nauczycieli poszczególnych przedmiotów o pokazanie swoich działań w zakresie wzmacniania motywacji wewnętrznej uczniów poprzez dostarczanie informacji o uczącym się mózgu. Nigdy nie wiadomo, jaki element, pozornie mało znaczącej informacji, trafi do ucznia, zmieniając jego nastawienie. Wiedza metapoznawcza, wkomponowana w treści przedmiotowe, być może wpłynęła na jednostki bardziej niż praca przy projektach. Opisy prowadzonych zajęć, pojedyncze zadania, projekty przedmiotowe łączące treści merytoryczne z informacjami o uczącym się mózgu – to wszystko znalazło się w tym rozdziale, stanowiąc ważną część eksperymentu. Nie starano się tych wypowiedzi ujednolicić, unaukowić – mają one stanowić prezentację twórczych wysiłków nauczycielskich, powodujących otaczanie ucznia klasy pierwszej wiedzą metapoznawczą, docierającą do niego z różnorodnych stron i na wielu zajęciach.

Literatura

1. Kahneman D. (2012). *Pułapki myślenia. O myśleniu szybkim i wolnym*, Poznań: Media Rodzina.

3.1. Wspomaganie eksperymentu na lekcjach biologii

mgr Katarzyna Rzepczak

Mózg, podobnie jak mięśnie, wymaga ćwiczeń umożliwiających zachowanie jego zdolności, a intensywne rozmyślania przyczyniają się do jego rozwoju. Rozwój mózgu i procesy myślowe zachodzą w komórkach glejowych – astrocytach, które zlokalizowane są w korze mózgowej. Proces obrotu komórek glejowych trwa przez całe nasze życie i jeśli myślimy, to umożliwiamy stałe powstawanie nowych astrocytów, co pozwala nam zachować świeżość mózgu. Jak mawiał Bob Dylan: Byłem wtedy dużo starszy; teraz jestem młodszy.

Andrew Koob, 2010, s. 140

Scenariusz warsztatów dla klasy pierwszej. Część 1. Mój mózg moim warsztatem pracy

Zakres treści:
Budowa komórki nerwowej i glejowej – ich funkcje. Przewodzenie impulsów nerwowych – pompa Na-K. Budowa i funkcje poszczególnych części mózgowia człowieka. Istota szara i biała, kora mózgowa, półkule mózgowe, hipokamp. Neuroprzekaźniki i ich rola dla organizmu.
Cel ogólny:
Poznanie budowy i funkcji układu nerwowego człowieka. Mózg jako centrum dowodzenia myślami, uczuciami i ruchem.
Cele szczegółowe:
Wiadomości:
A-Uczeń:
- podaje ogólną budowę i funkcje układu nerwowego człowieka,
- wymienia elementy budowy i funkcji mózgowia,
- definiuje pojęcia: mózgowie, kora mózgowa, półkule mózgowe, istota szara i biała, neuroprzekaźnik, hipokamp, synapsa.

B-Uczeń:
- wyjaśnia etapy przewodzenia impulsów nerwowych,
- wskazuje budowę i rolę synapsy w przekazywaniu impulsów nerwowych,
- wyjaśnia różnice w budowie i funkcji komórki nerwowej i glejowej.

3.3. Wspomaganie eksperymentu na lekcjach fizyki

dr Stanisław Plebański, mgr Krzysztof Karpiński

> *Dzięki swojej zdolności określania zależności czasowych, kora przedczołowa stała się główną dla kolejnego poziomu abstrakcji, dla określania bardziej złożonych relacji przyczynowych, a więc zależności między przyczyną a skutkiem. Dobrze rozwinięta kora czołowa jest prawdopodobnie konieczna do powstawania całej klasy zależności typu „jeśli..., to..." (jeśli A, to B).*
>
> Elkhonon Goldberg, 2014, s. 182

Zadanie 1.

Przez cały wiek XX uważano, że talent prowadzi wprost do sukcesu, cóż, może przy odrobinie wysiłku. Kilka lat temu profesor psychologii Uniwersytetu Pensylwanii Angela Duckworth (2016, s. 44) wnioskuje z badań, że: „talent decyduje o tym, jak szybko rosną twoje umiejętności, gdy wkładasz w nie pewien wysiłek. Sukces przychodzi wtedy, gdy zdobyte umiejętności wykorzystujesz w praktyce." Angela Duckworth wcześniej pracowała jako nauczycielka matematyki w szkole średniej, więc swoje odkrycie zapisuje równaniami matematycznymi:

talent × wysiłek = umiejętności
umiejętności × wysiłek = sukces

Korzystając z układu równań Duckworth, zapisz sukces w postaci równania opisującego jego zależność od wysiłku i wykonaj wykres zależności y(x), gdzie x = wysiłek, y = sukces. Porównaj wykresy dla różnych wartości talentu i zapisz wnioski.

Rozwiązanie

Z układu równań otrzymujemy funkcję typu $y = ax^2$
sukces = talent × (wysiłek)², gdzie a = talent

3.4. Wspomaganie eksperymentu na lekcjach matematyki

mgr Zbigniew Miśkiewicz

Jako nauczyciel matematyki bardzo często spotykam się z pytaniem zadawanym przez uczniów: „Do czego mi się to w życiu może przydać?". Odpowiadam najczęściej innym pytaniem: „Jak często w życiu codziennym wykonujecie przewroty w przód?". Uczniowie doskonale rozumieją, że wykonywanie różnych ćwiczeń na zajęciach wychowania fizycznego służy podniesieniu ich ogólnej sprawności, uaktywnia poszczególne partie mięśni, które pracują przez całe nasze życie. Jeśli matematyka cię nie zachwyca i nie daje ci satysfakcji zgłębianie jej tajników, to spróbuj potraktować ją, jako wf dla mózgu. Okazuje się, że podczas rozwiązywania problemów matematycznych uaktywniają się różne obszary mózgu, a sprawność umysłowa wymaga ćwiczeń.

Zadanie 1. Przeczytaj tekst i na jego podstawie sformułuj co najmniej jeden cel uczenia się matematyki.

Żarty sytuacyjne uaktywniają nam w głowie rejony odpowiedzialne za znaczeniową analizę języka (sieć nerwowa płatów skroniowych), a przyswojenie dowcipów zaklasyfikowanych jako fonologiczne (np. gra słów) wymaga aktywacji obszarów nerwowych zaangażowanych w przetwarzanie mowy i jej dźwięków (neurony lewej półkuli skoncentrowane wokół ośrodków mowy). Mózg reaguje na humorystyczne impulsy w ułamku sekundy. Jeśli puenta żartu jest zaskakująca, mniej więcej po 400 milisekundach od wystąpienia bodźca wzbudza się fala elektryczna. Pobudza rejon odpowiedzialny za przysparzanie nam przyjemności, tzw. ośrodek nagrody. Ten zaś zalewa nas substancją, która sprawia, że czujemy się naprawdę świetnie – dopaminą (Woźniak, 2016).

Matematyk wzięty za terrorystę GW 2016-05-08

Z ponad dwugodzinnym opóźnieniem wystartował samolot z Filadelfii do Syracuse. Jedną z pasażerek zaniepokoiło zachowanie mężczyzny który kreślił na kartce papieru, jej zdaniem, podejrzane zapiski - informuje „Time".

Samolot został zawrócony, kilka minut przed odlotem, gdy znajdował się już na pasie startowym. Niepokój jednej z pasażerek wzbudził mężczyzna, który wykonywał podejrzane zapiski. Kobieta zawiadomiła stewardessę, że bardzo źle się czuje i nie może lecieć. Po opuszczeniu maszyny, pasażerka poinformowała, że tak naprawdę nie chodzi o jej samopoczucie, ale podejrzane zachowanie mężczyzny. Służby poważnie podeszły do informacji przekazanych przez kobietę. Wskazany przez nią pasażer został przesłuchany. Okazało się, że to prof. Guido Menzio, wykładowca ekonomii na Uniwersytecie Pensylwanii, a podejrzane zapiski to matematyczne równania - informuje „Time".

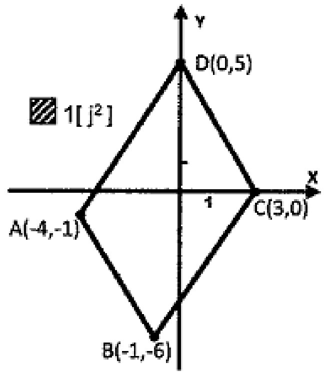
Zadanie 2. Przeczytaj tekst i przedstaw przykłady zadań rozwijających dolny płat czołowy mózgu oraz płat ciemieniowy.

Jedenaści razy jedenaście to „sto dwadzieścia jeden" czy „około sto dwadzieścia"? Okazuje się, że czymś innym jest dokładne obliczenie wyniku, a czymś innym tylko oszacowanie rzędu wielkości. Co wykazały badania pracy mózgu w tym zakresie? Otóż kodowanie dokładnych zadań liczbowych zachodzi w formie językowej w obszarze dolnego płata czołowego mózgu, czyli obszaru aktywizującego się podczas werbalnych zadań skojarzeniowych i innych zadań językowych. Szacunkowe rozwiązywanie zadań matematycznych natomiast prowadzi do aktywizacji obu płatów ciemieniowych, czyli obszarów, które aktywizują się podczas wykonywania zadań wzrokowo-przestrzennych (Spitzer, 2012, s.191). W naszym mózgu istnieją więc dwa odmienne formaty reprezentacji liczbowych – z jednej strony dokładnych i językowych, z drugiej strony szacunkowych i w formie reprezentacji przestrzenno-abstrakcyjnych (Spitzer, 2012, s.190).

Myślę, że osoby o rozwiniętym obszarze językowym będą operowały dokładnymi liczbami, natomiast, np. fizycy, chemicy, inżynierowie raczej operują częściej płatami ciemieniowymi, szacując, przybliżając itd.

Ćwiczenie

Oszacuj pole równoległoboku ABCD przedstawionego na rysunku, a następnie oblicz jego dokładną wartość. Oblicz błąd względny szacowanej wartości.



Rys. 3.8. Równoległobok ABCD

Ćwiczenie przeprowadzone zostało w dwóch grupach: 1B2 - klasa realizująca program rozszerzony z matematyki, fizyki i informatyki, 1F - klasa realizująca program rozszerzony z języka polskiego, historii i wiedzy o społeczeństwie (humaniści).

Poniższa tabela przedstawia opracowane wyniki dla obu grup

Klasa	Ilość uczniów	Wynik średni błędu	Odchylenie standardowe	Mediana	Dominanta
1B2	30	18%	12%	14%	5%
1F	31	35%	22%	34%	34%

Wynik eksperymentu wydaje się potwierdzać tezę postawioną w Zadaniu 2. Szacowanie przeprowadzone przez uczniów reprezentujących przedmioty ścisłe okazało się dokładniejsze i wskazania grupy charakteryzowały się znacznie mniejszym rozproszeniem. W 1B2 jeden z uczniów oszacował wartość pola równoległoboku bezbłędnie.

Zadanie 3. Przygotuj się do debaty na ten temat.
Przeczytaj wypowiedź zwolennika Arystotelesa i wykonaj polecenie sformułowane na końcu tekstu.

Ostatnio w jakimś programie TV usłyszałem argumentację uczennicy dotyczącą sensu dalszej swojej edukacji: „Jeśli mam zostać sprzątaczką, to po co mi pierwiastki. Mopa przecież nie będę pierwiastkować".

Matematyka jako dziedzina wiedzy jest tu dobrym przykładem dobierania celów nauczania i uczenia się. W części przedmiotów mamy cele jak na dłoni, np. w języku angielskim. Złożoność celów uczenia się w obszarze matematyki bierze swój początek w sporze Platon - Arystoteles. Dla Platona matematyka istniała poza naszym umysłem, była światem rzeczywistym odkrywanym przez człowieka, natomiast Arystoteles uważał matematykę za wytwór naszego mózgu związany z koniecznością rozwoju budownictwa, nawigacji, ekonomii, itd. Te dwa kierunki ścierają się do dzisiaj, a większość zawodowych matematyków to jednak „platonicy" (Brożek, Hohol, 2017, s. 160). W szkole, przy formułowaniu celów, jakoś trzeba łączyć te dwie opcje. Na niższych poziomach edukacji praktycznych zastosowań matematyki powinno być zdecydowanie więcej niż „czystej matematyki". Jednakże nie powinniśmy gubić w celach kierunku Platona. W rozmowach z absolwentami (już pracującymi) słyszę często: „A logarytmy mi się do niczego w mojej pracy nie przydały (po ekonomii)", „A logarytmy mi się w mojej pracy bardzo przydały (po politechnice)". Jest to przykład myślenia Arystotelesa – matematyka to narzędzie. Sformułujcie cele promujące Platona – matematyka jako źródło poznania niezależnie od zastosowań.

3.7. Wspomaganie eksperymentu na lekcjach informatyki

Mapowanie mózgu w Koperniku

mgr Donata Mieloch

Kto pozwala innym myśleć za siebie,
nigdy nie zostanie ekspertem.

Manfred Spitzer, 2013, s.18

Od kilku lat w pierwszych miesiącach roku szkolnego przeprowadzone są warsztaty „Mapowanie mózgu" z wykorzystaniem programu Eyewire.org. Eyewire to serwis, w którym ludzie z całego świata, grając, kolorują połączenia neuronów w siatkówce ludzkiego oka. Projekt wspomaga pracę amerykańskich naukowców. Celem jest stworzenie mapy połączeń między 86 miliardami neuronów w ludzkim mózgu. Laboratoria nie potrafią analizować dużej ilości danych wystarczająco szybko, dlatego potrzebna jest pomoc amatorów. Obecnie w projekcie uczestniczy ponad 200 tys. osób ze 150 krajów.

W warsztatach uczestniczyli uczniowie z różnych klas. Odbywają się one podczas corocznych Dni Nauki w Koperniku – „Copernicus Science". Dzięki dużemu zaangażowaniu udało się zdefiniować wiele nowych połączeń. Najwięcej fragmentów neuronów umieściła Katarzyna Tomczak z klasy 2a, która zdefiniowała 4171 punktów. Klasy trzecie intensywnie wykorzystywały program, by poznać nowe możliwości aplikacji i rozwinąć umiejętności. Swoją wiedzę przekazują uczniom klas pierwszych podczas kolejnej edycji „Copernicus Science" w naszym liceum.

Rys. 3.10. Klasa pierwsza 1B2 w czasie mapowania mózgu na lekcji informatyki

3.10. Wspomaganie eksperymentu na lekcjach wychowawczych

mgr Katarzyna Olejnik – psycholog

Zdrowie mózgu wymaga całościowego podejścia, obejmującego właściwą dietę, stymulujące mózg aktywności, aktywność fizyczną i redukcję stresu.

Larry McCleary, 2015, s. 118

Temat: Jak odżywić mózg i poprawić swoją wydajność umysłową?

Odżywianie ma wpływ nie tylko na zdrowie fizyczne i samopoczucie, ale także na wydajność mózgu (Kopczyński, 1997). Mózg jednak nie magazynuje substancji odżywczych, gdyż istnieje fizjologiczna bariera krew-mózg o niezwykle selektywnej przepuszczalności, umożliwiająca przechodzenie do mózgu wody, niektórych gazów, substancji rozpuszczalnych w tłuszczach, glukozy i aminokwasów (Longstaff, 2012, s. 15). To oznacza, że trzeba stale dostarczać mu niezbędnej energii, zwłaszcza, że „zapotrzebowanie energetyczne mózgu jest zupełnie nieproporcjonalne do zaledwie 2% masy ciała przypadających na ten narząd: otrzymuje on aż 15% krwi, potrzebuje aż 20% tlenu zużywanego przez cały organizm i wykorzystuje 25% całkowitej glukozy." (Fernandez, Goldberg, 2016, s. 108). Dieta zapewniająca zdrowie mózgu powinna być zrównoważona (Gomez-Pinilla, 2008, s. 577; Amen, 2013, s. 141) – między białkiem i nienasyconymi tłuszczami odpowiedzialnymi za strukturę i plastyczność mózgu, węglowodanami zapewniającymi energię oraz antyoksydantami chroniącymi i odbudowującymi komórki nerwowe.

W skład błon komórkowych w mózgu wchodzą tłuszcze, odgrywające ważną rolę w funkcjonowaniu komórek. Kwasy tłuszczowe omega 3 (głównie kwas dokozaheksaenowy – DHA) występują w neuronach i astrocytach, chroniąc je i zwiększając prędkość impulsów. Ich niedobory prowadzą do zmniejszenia wydzielania serotoniny i dopaminy, „co z kolei ma istotne znaczenie w etiologii zaburzeń poznawczych i zaburzeń nastroju występujących m.in. w depresji." (Wilczyńska, 2013, s. 658). Organizm nie jest w stanie wyprodukować sam wystarczającej ilości kwasu DHA, więc musimy go dostarczyć w naszej diecie. Niedobór DHA w pierwszych latach życia przyczynia się do „obniżenia ostrości widzenia i zdolności uczenia się w wieku późniejszym, a w ekstremalnych przypadkach może zaburzać proces mielinizacji komórek nerwowych i sprzyjać powstawaniu pewnych niedorozwojów umysłowych." (Marciniak-Łukasiak, 2011, s. 29). Badania przeprowadzone w Durham w Wielkiej Brytanii (Portwood, 2006), wśród uczniów z trudnościami

Rozdział 4. Wyniki eksperymentu pedagogicznego *Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck*

Kornelia Rybicka, Stanisław Plebański

> *Uświadomiłem sobie jeszcze coś, a mianowicie, że w edukacji trudno być wynalazcą, bo edukacja ma otwarty społecznie charakter, to głęboko społecznie kategoria i nikt nie może sobie jej zawłaszczać, nawet wyników badań pedagogicznych.*
>
> Stanisław Dylak, 2013, s. 221

Przeprowadzony pomiar przed i po eksperymencie obejmował:

- test nastawień (Dweck, 2013, s. 19),
- test wytrwałości (Duckworth i in., 2007, s. 1090),
- test perspektyw czasowych ZTPI (Zimbardo, 2009, s. 52-59),
- badanie ankietowe uczniów.

4.1. Nastawienie uczniów na rozwój i na trwałość

Badania pilotażowe poprzedzające eksperyment (Rybicka, 2014, s. 270) pokazały zbyt dużą arbitralność w kwalifikowaniu uczniów do grupy nastawionych na trwałość lub rozwój i w opracowaniu danych eksperymentu wzięto pod uwagę tylko zmianę nastawienia.

Rys 4.1. Współautorka artykułu przedstawia wstępne wyniki badań na XX Ogólnopolskiej Konferencji Diagnostyki Edukacyjnej

Neuropsychologia i neurodydaktyka są szybko rozwijającymi się dyscyplinami nauk społecznych. W eksperymencie wykorzystano teorię Carol Dweck, która wyróżniła dwa rodzaje nastawień psychicznych: na trwałość i na rozwój, temu drugiemu przypisując sukcesy w podnoszeniu kwalifikacji, a pośrednio – profesjonalne i życiowe. Jej dzieło Nowa psychologia sukcesu zawiera budujące przykłady karier, ale w późniejszym okresie niż szkolny. Dlatego z nadzieją witamy kaliski eksperyment.

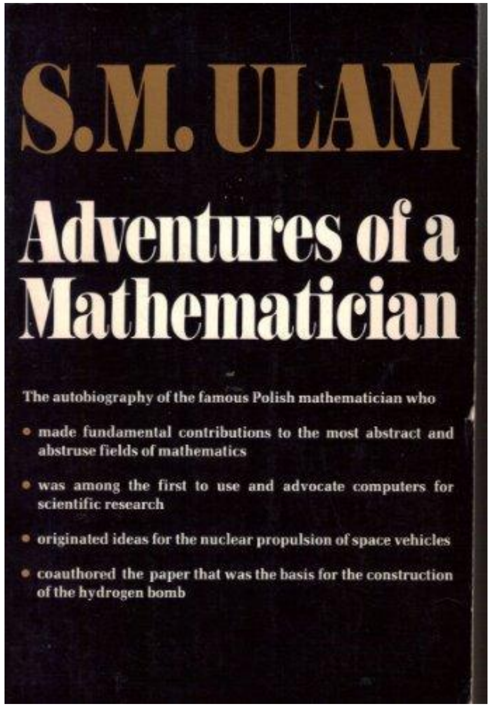
prof. dr hab. Bolesław Niemierko

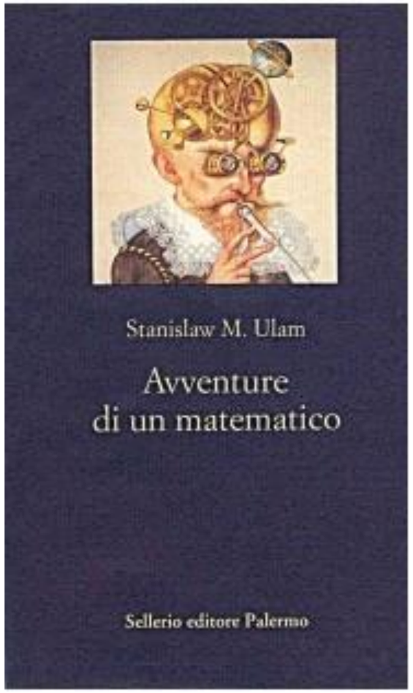
ISBN 978-83-62689-57-6

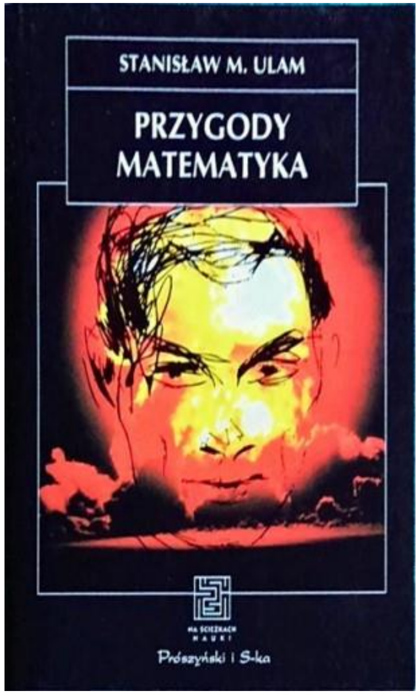
3. Kontynuacja interdyscyplinarności prac Stanisława Ulama

Czytaj i myśl
Zderzenia literatury z fizyką
S. Jakubowicz, S. Plebański, K. Rybicka, B. Udzik
ISBN: **978-83-7173-143-3**
Ilość stron: **168**
Oprawa: **miękka**
Format: **B5**

Książka została uhonorowana
NAGRODĄ EDUKACJA XXI podczas
23. Targów Książki Edukacyjnej
w Warszawie, 13-16.03.2008 r.
za wartości edukacyjno-poznawcze
i poziom edytorski.







Kornelia Rybicka odbiera nagrodę za książkę ***Czytaj i myśl. Zderzenia literatury z fizyką.***, dzieło fizyków i filologów języka polskiego. Wiele przykładów z tej książki pochodzi z prac III LO w Kaliszu – np. fragment na następnej stronie. Obok umiejscowiłam różne wydania książki Stanisława Ulama, która była inspiracją tego projektu.

Czy Stanisław Ulam to Mały Książę?

W naszej szkole tak go widzimy.

Vice-President Lyndon Johnson, President John Kennedy, Senator Clinton Anderson, Stan Ulam, Los Alamos National Laboratory, 1962.

2. Porównaj krótko

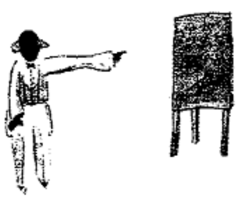
Odp.: Newton – cza

3. Scharakteryzuj cz
Przyporządkuj społ

4. Stosowane przez
metr) stają się czas
głości obiektów ko
gdy jako więzień p
Zeitz w km. Zastan
czasu. Jaką wielkoś
Czy wprowadzenie
Uzasadnij.

Tekst – Mały Książę

Wiedziałem dobrze, że poza wielkimi planetami, jak Ziemia, Jowisz, Mars czy Wenus, którym nadano imiona, istnieją setki innych, często tak małych, że tylko z trudem można je dostrzec przez teleskop. Gdy astronomowi uda się taką odkryć, zamiast imienia nadaje jej numer. Na przykład nazwie ją „asteroid 3251".



Mam wyraźne podstawy, żeby sądzić, iż planeta, z której pochodził Mały Książę, była asteroidem B 612. Pewnemu tureckiemu astronomowi udało się zaledwie raz dostrzec ten asteroid w 1909 roku. Podczas pewnego Międzynarodowego Kongresu Astronomicznego dokonał on wielkiej prezentacji swego odkrycia. Jednak nikt mu nie uwierzył, a stało się to za sprawą stroju.

Dorosłe osoby mają to do siebie.

Reputację asteroidu B 612 r. uratował, na szczęście, pewien turecki dyktator, który zmusił swój naród, pod groźbą kary śmierci, do ubierania się na modłę europejską. Astronom ponowił swą prezentację w 1920 roku, występując w bardzo eleganckim stroju. Więc tym razem zdołał wszystkich przekonać.

Antoine de Saint-Exupéry, *Mały Książę*, Kraków 1995, s. 13.

Pytania i polecenia polonisty

1. Jaką ogólną refleksję o ludziach i ich ocenach innych osób odnaleźć można w podanym fragmencie?

Odp.: Kierowanie się w ocenach i sądach zewnętrznymi oznakami, pozorem, sferą materialną, strojem, co w konsekwencji wieść może ku odrzuceniu tego, co wartościowe. Dotyczy to zwłaszcza świata ludzi dorosłych (*dorosłe osoby mają to do siebie*).

(c.d.) Pytania i polecenia polonisty

2. Narrator przywołuje dla zilustrowania powyższego przesłania historię o tureckim astronomie. W jakim gatunku literackim przedstawione postaci i zdarzenia nie są ważne ze względu na swe cechy jednostkowe, lecz jako przykłady uniwersalnych prawideł ludzkiej egzystencji, postaw wobec życia? W jakich tekstach literackich zazwyczaj on występuje?

Odp.: W przypowieści – paraboli; znamienna jest ona dla literatury moralistycznej, religijnej, bajki, homiletyki, literatury parenetycznej, powiastki filozoficznej.

3. Czemu mogą służyć wykonane przez autora tekstu ilustracje?

Odp.: Wyrażeniu przekonania, że tylko dziecięca prostota prowadzić może do odkrycia rzeczy najistotniejszych.

Pytania i polecenia fizyka

1. Wymień wszystkie planety Układu Słonecznego wg odległości od Słońca.

Odp: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun.
W latach 1930-2006 uznawano jeszcze Pluton jako planetę. W sierpniu 2006 roku Światowy Kongres Astronomiczny wyłączył ten obiekt ze składu planet głównych Układu Słonecznego. Pluton, już jako planetoida, otrzymał w katalogu numer 134340.

2. Określ miejsca najgęściej usłane asteroidami

Odp.: Między Marsem a Jowiszem oraz krańce Układu Słonecznego – Pas Kuipera

3. Asteroida Weronika o nr 612 została odkryta w 1906 roku a jej promień wynosi ok. 18 km. Antoine de Saint-Exupéry umieścił na niej Małego Księcia. Połącz informację astronomiczną z fantazją pisarza i oblicz maksymalną prędkość, z jaką mógł się poruszać Mały Książę na swojej planetce, tak aby nie oderwać się od jej powierzchni. Przyjmij średnią gęstość planetoidy 2700 kg/m^3.

Odp.:
Jeżeli już tylko siła grawitacji będzie siłą dośrodkową w ruchu Małego Księcia po asteroidzie, to możemy przyjąć, że Mały Książę stał się satelitą asteroidy.

$$G\frac{Mm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}, \quad \text{gdzie } M = \rho\frac{4}{3}\pi R^3 \text{ – masa asteroidy}$$

Otrzymujemy wynik

$$v = 2R\sqrt{\frac{G\pi\rho}{3}} \approx 56\,\text{km/h}$$

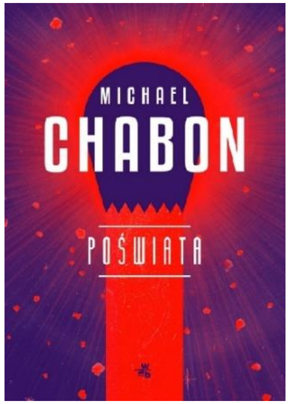
Mały Książę mógłby więc poruszać się po asteroidzie z prędkością obowiązującą samochody w ruchu miejskim. Zwiększenie prędkości spowodowałoby oderwanie się od asteroidy.

4. Asteroida Svea o numerze 329 została odkryta w 1892 roku, a jej promień wynosi ok. 40 km. Antoine de Saint-Exupéry umieścił na niej Latarnika. Doba na Planetce Latarnika trwała 1 minutę. Połącz informację astronomiczną z fantazją pisarza i oblicz, z jaką prędkością poruszał się Latarnik względem środka planetki, stojąc na jej równiku. Zastanów się, czy Latarnik mógł mieszkać w okolicach równika.

Odp:

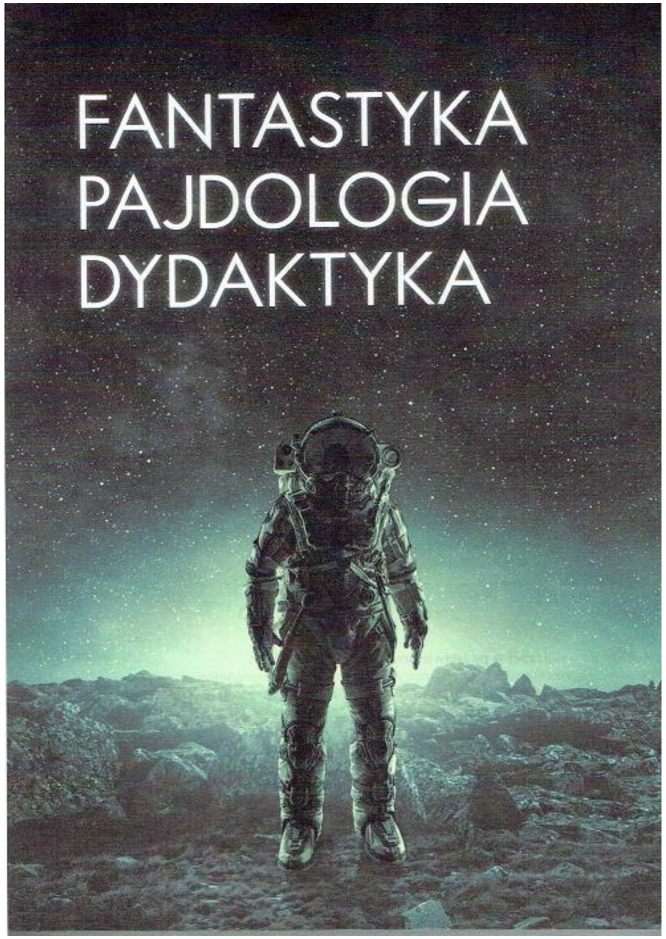
$$v = \frac{2\pi R}{T} \approx 4186\,\text{m/s}$$

Natomiast pierwsza prędkość kosmiczna dla tej planetki wynosi ok. 35 m/s, a więc Latarnik nie mógłby przebywać w okolicach równika planetki. Także istnienie takiej planetki byłoby wątpliwe ze względu na ogromne naprężenia w okolicach równikowych.



Ostatnia książka przeczytana przez dr Kornelię Rybicką dotyczy m.in. grupy badawczej w Los Alamos, gdzie pracował Stan Ulam. Przenosi treść tej książki na badania w naszym Liceum i publikuje w wydawnictwie naukowym. Niestety, nie zdąży już wpisać podtytułów.

„Brawurowa, na poły autobiograficzna opowieść o marzeniach o locie na Księżyc, złotym wieku amerykańskiej techniki, wojnie, Żydach, nazistowskich wynalazcach, wielkiej miłości i pożądaniu, sile działania przypadku” (z recenzji książki)



FANTASTYKA
PAJDOLOGIA
DYDAKTYKA

pod redakcją
Rafała Kochanowicza i Anity Gis

WYDAWNICTWO PSD

Poznań 2018

PRACE INSTYTUTU FILOLOGII POLSKIEJ
UNIWERSYTETU IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU

Biblioteka Literacka „Poznańskich Studiów Polonistycznych" • tom 74

Recenzenci tomu
prof. dr hab. Jakub Z. Lichański
dr hab. Wojciech Kajtoch

Redakcja językowa i korekta
Marta Andrzejak

Projekt typograficzny wnętrza i łamanie
Mateusz Czekała

Projekt okładki
Marcin Dolata

Fotografie na okładce
© *Sergey Nivens/Fotolia*
© *mozZz/Fotolia*

ISBN 978-83-65666-49-9
ISSN 1427-9118

Wydawnictwo „Poznańskie Studia Polonistyczne"
ul. Fredry 10, 61-701 Poznań
tel. 61 829 45 90
psp@amu.edu.pl, www.psp.amu.edu.pl

Druk i oprawa
EXDRUK
ul. Rysia 6
87-800 Włocławek

Kornelia Rybicka

Przywołania matematyczne w tekstach literackich. Ich odbiór w realiach szkolnych

> *Mając przed sobą wiersz czy dzieło sztuki, każdy wrażliwy inteligentny człowiek niewątpliwie wzbogaci się nie tylko emocjonalnie, ale i intelektualnie, bo w każdym dziele sztuki zatopiony jest jakiś element poznania rzeczywistości, jakiś choćby drobny fragment obrazu świata.*
>
> Grzegorz Białkowski[1]

Przytoczona wypowiedź Grzegorza Białkowskiego – fizyka i poety, naukowca i popularyzatora nauki – wskazuje związki łączące literaturę z naukami matematyczno-przyrodniczymi. Relacje te zajmują istotne miejsce w historii poznawania świata, wielokrotnie inspirując reprezentantów dyscyplin humanistycznych do poszukiwania w tekstach literackich sposobów wykorzystania informacji i teorii przejętych z nauk ścisłych, ich wkomponowania w strukturę dzieła, układ narracyjny czy określenia więzi między postaciami a prezentowanymi zdarzeniami. Wszelkie odniesienia literackie do zjawisk i pojęć cechujących się proweniencją matematyczno-przyrodniczą mają zróżnicowany charakter, a sam stopień i zakres uobecnienia ich w utworach pisarzy i poetów może wieść ku wielu kierunkom interpretacyjnym. Warto dodać, iż ewoluowaniu ludzkiej świadomości towarzyszyły kolejne próby zmierzenia się twórców literackich z naukowymi modelami opisującymi świat i prawami, które nim rządzą.

Założeniem autorki niniejszej publikacji nie jest prezentacja listy dzieł literackich zawierających treści matematyczno-przyrodnicze, ale zasygnalizowanie jedynie powiązań między literaturą a naukami ścisłymi. Nie sposób zatem w tym miejscu nie przywołać *Boskiej Komedii* Dantego, w której autor sięga do metodologii bliskiej już Galileuszowi – wysuwa hipotezy i podaje doświadczalne sposoby ich weryfikacji lub falsyfikacji[2]. Próbuje wyjaśnić istotę plam księżycowych, korzystając z ówczesnego stanu wiedzy. Tym samym poemat Dantego jawi się nie tylko jako dzieło pozwalające odbiorcy na odtworzenie tła historycznego oraz zasadniczych nurtów kulturalnych epoki, ale również jako tekst ilustrujący ówczesny poziom wiedzy z zakresu nauk ścisłych, zwłaszcza filozofii przyrody. Geocentryczny model budowy wszechświata, którego opis znajdujemy w *Boskiej Komedii*, po wiekach dominacji musiał się zderzyć z teorią Mikołaja Kopernika, stanowiącą podstawę do nowego spojrzenia na kosmos, fizykę, astronomię czy rolę matematyki podczas opisu zjawisk. Do fundamentalnych problemów zajmujących nauki matematyczno-przyrodnicze dochodzą następne, inspirując kolejnych twórców. Stąd też częste odwołania do nauk ścisłych w utworach literackich, czego przykładem mogą być m.in. *Faust*[3] Goethego, *Dwór*[4] Singera, *Anna Karenina*[5] Tołstoja, *Lalka*[6] i *Emancypantki*[7] Prusa, *Czarodziejska góra*[8], *Lotta w Weimarze*[9] i *Doktor Faustus*[10] Manna, *Pierścienie Saturna. Angielska pielgrzymka*[11] Sebalda czy *Harmonia caelestis*[12] Esterhazy'ego.

• • •

Postawiony w tytule publikacji problem skłania autorkę do położenia większego nacisku na odwołania typowo matematyczne w literaturze, co nieodzownie wiąże się z przywołaniem tych utworów, w których odnaleźć można różnorodne ich odniesienia kontekstualne. Naturalnie, nie sposób wskazać wszystkich tekstów literackich – można jedynie przedstawić znamienne dla dialogu interdyscyplinarnego jego charakterystyczne przykłady. Być może warto rozpocząć śledzenie owych kontekstów od *Rękopisu znalezionego w Saragossie*[13] Jana Potockiego, w którym to utworze nie można nie dostrzec wielowarstwowej struktury, skomplikowanej narracji, klasyfikacji gatunkowych, ale także atencji dla nauk ścisłych. Na uwagę zasługuje zwłaszcza jeden z bohaterów – geometra Velasquez – postać wyrazista, głosząca pochwałę racjonalizmu, reprezentująca oświeceniową koncepcję odbioru świata. To przedstawiciel nauk ścisłych, próbujący zinterpretować świat i prawa nim rządzące

za pomocą języka matematyki. Ilustracją rozwoju umysłowego bohatera jest fragment tekstu dotyczący interpretacji geometrycznej dwumianu Newtona jako sumy pól dwóch kwadratów i dwóch prostokątów [zapis matematyczny: $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$][14]. Można przypuszczać, że Potockiemu znane były poglądy wielkiego matematyka XVIII wieku – Leonharda Eulera – tak charakteryzowanego przez historyków nauki: „Euler potrafił na cały świat spoglądać poprzez matematykę – rzecz, która jest udziałem niewielu, a która dopiero w XX wieku została podniesiona do rangi oficjalnej doktryny"[15].

Z kolei Fiodor Dostojewski w *Braciach Karamazow*[16], stosując znamienną dla swoich utworów antynomię, która obejmuje rozziew między wiarą a racjonalizmem, paradygmatem metafizycznym a naukowym, wprowadza nawiązania do geometrii nieeuklidesowej. Czyni to poprzez kreację literacką jednego z bohaterów. Jest nim Iwan Karamazow – zbuntowany przeciwko chrześcijańskiemu przekonaniu o celowości i rozumności stworzenia, któremu przeciwstawia racje zdroworozsądkowe. Jego wypowiedzi egzemplifikują bezradność poznawczą, której nie sposób pojąć („dwie linie równoległe [...] stykają się może jednak gdzieś w nieskończoności"). Nie sposób tutaj nie dostrzec odwołań do teorii Nikołaja Łobaczewskiego, której założeniem było odejście od aksjomatu Euklidesa dotyczącego prostych równoległych[17].

Jeśli Dostojewski wykorzystał pojęcia geometrii w celu zilustrowania światopoglądu jednego z bohaterów, to Wisława Szymborska w wierszu *Liczba Pi*[18] koncentruje się bezpośrednio na przedstawieniu stałej matematycznej, jaką jest tytułowa liczba π. Nieskończonego trwania liczby π w bezczynności („gnuśnej wieczności do trwania") dopełnia fakt, iż liczby niewymierne, w których w dziesiętnym, nieskończonym rozwinięciu można znaleźć każdą liczbę naturalną, matematycy nazwali „liczbami Szymborskiej"[19].

Również Umberto Eco nawiązuje do znaczenia liczby π oraz jej roli w określaniu drgań wahadła matematycznego, łącząc słownictwo specjalistyczne ze środkami stylistycznymi (epitety metaforyczne, animizacja, hiperbolizacja) w *Wahadle Foucaulta*[20]. Wypowiedź bohatera utworu ma zdecydowanie wydźwięk ironiczny, co nie zdumiewa, gdyż autor niejednokrotnie w swoich tekstach przywoływał w tonie obśmiewczym pojęcia, zjawiska czy teorie z zakresu nauk matematyczno-przyrodniczych, co dla patafizyka, za którego się uważał Eco, jest niemalże oczywiste.

Rozważając literackie sposoby wykorzystania języka matematycznego, warto być może przejść od liczby π do liczb pierwszych[21], których swoisty charakter oddaje już sam tytuł powieści Paulo Giordano *Samotność liczb pierwszych*[22]. Trudny związek dwojga głównych bohaterów, niezdolnych do zbudowania pogłębionej więzi między sobą, pomimo niewątpliwie odczuwanej bliskości, może stanowić analogię do własności liczb pierwszych, w ciągu których w sposób nieregularny pojawiają się tzw. liczby bliźniacze[23]. Język matematyczny posłużył autorowi utworu zarówno do konstruowania rysów charakterologicznych postaci, jak i wyznaczenia struktury powieści. Kompozycja opiera się bowiem na naprzemiennej, często symultanicznej prezentacji scen z życia bohaterów, których rozdziela mur. Tym murem jest symboliczna liczba parzysta znajdująca się między liczbami pierwszymi.

• • •

Przywołane przykłady literackie stanowić mogą sugestię dla polonistów, którzy w swych działaniach dydaktycznych skupiają się m.in. na czytaniu ze zrozumieniem. Czytania nie można opisywać tylko jako umiejętności, lecz przede wszystkim jako aktywny proces intelektualny[24]. To czytelnik tworzy znaczenie słów na podstawie tekstu i jego wykształcenie ogólne jest podstawowym wyznacznikiem rozumienia tego, co czyta. Refleksja nad wagą informacji występujących w tekstach literackich skłoniła piszącą te słowa do przeprowadzenia badań wśród uczniów klas pierwszych III Liceum Ogólnokształcącego w Kaliszu. Zaproponowała im następującą ankietę, w której punktem wyjścia był fragment tekstu Michaela Chabona *Poświata*[25]:

Klasa .... Nr w dzienniku .... Data ....

Przeczytaj fragment powieści Michaela Chabona *Poświata*.

> Podczas jazdy dziadek zapalił kolejnego papierosa od płomienia zapalniczki, dzięki czemu zdołał wrócić myślami do heurystyki (czyli algorytmów umożliwiających skrótowe rozwiązywanie zawiłych problemów) i do artykułu z „Scientific American", poświęconego pewnemu zagadnieniu z zakresu teorii grafów.
>
> Jesteś komiwojażerem i musisz obsługiwać *n* miast, chociaż masz ciężką walizkę z próbkami i płaskostopie, a jedzenie w garkuchniach i spanie w hotelowych łóżkach dawno ci się sprzykrzyło. Tęsknisz za żoną i córką, więc każde miasto na swoim terytorium chcesz odwiedzić tylko raz, a potem wrócić do domu możliwie najkrótszą trasą przy jak najmniejszym nakładzie czasu. Istnieje $(n-1)!$ możliwych dróg i dopóki *n* ma niezbyt wielką wartość (dajmy na to 5), możesz usiąść z mapą, tabelą odległości, ołówkiem i początkiem zgagi, zsumować dane i sprawdzić, która z dwudziestu czterech możliwych tras jest najkrótsza. Ale już przy dwucyfrowym, niechby i stosunkowo niskim *n* obliczenie dystansów dla każdej poszczególnej trasy nawet nadludzko szybkiemu rachmistrzowi może zająć setki albo i tysiące lat. Przy ledwie piętnastu miastach pojawia się bilion możliwych szlaków. A zatem komiwojażerowi, nieszczęsnemu tułaczowi o poobcieranych stopach, potrzebny jest jakiś algorytm, dogodna droga na skróty pozwalająca znaleźć najkrótszą trasę bez tysiąca lat arytmetyki.
>
> M. Chabon, *Poświata*, tłum. M. Kłobukowski, Warszawa 2018, s. 265-266.

Odpowiedz na pytania lub wykonaj polecenia.

1. Podaj znaczenie słowa „komiwojażer", które zostało użyte w tekście literackim.
2. Jesteś komiwojażerem mieszkającym i pracującym w Kaliszu. Masz do obsłużenia punkty leżące w okolicach Ostrowa Wielkopolskiego i Pleszewa. Wzajemne odległości wszystkich punktów są jednakowe. Biorąc pod uwagę przeczytany tekst literacki, zapisz:

a) ile wynosi n: n = ...
b) ile masz możliwych dróg do wyboru: ....
3. Oblicz wartość wyrażenia $(n-1)!$ dla $n = 4$: ....
4. Czytamy w tekście: „komiwojażerowi, nieszczęsnemu tułaczowi o poobcieranych stopach, potrzebny jest jakiś algorytm, dogodna droga na skróty …". Podaj jakieś praktyczne rozwiązanie skojarzone z tym algorytmem.
5. Czy spotkałeś się z tekstami literackimi, w których zostały przywołane pojęcia charakterystyczne dla nauk ścisłych? Jeśli tak – przytocz tytuł utworu i jego autora.

W badaniach uczestniczyło 219 osób. Zaznaczone przez uczniów dane (klasa, numer w dzienniku) pozwalały dotrzeć do istotnych informacji (m.in. takich zmiennych jak średnia ważona z języka polskiego i matematyki za pierwszy semestr) dzięki dziennikowi elektronicznemu Librus. Wykorzystano także wyniki wcześniej przeprowadzonej diagnozy[26] w klasach pierwszych dotyczącej określenia takich cech osobowości uczniów jak: motywacja, wytrwałość, nastawienie na rozwój. Uwzględniając tekst literacki, zaproponowano uczniom zadania z zakresu języka polskiego (zadanie 1, 4, 5) oraz zadania typowo matematyczne (zadanie 2a, 2b i 3). Przyjęte wartościowanie obejmowało trzy punkty za część polonistyczną i trzy – za część matematyczną[27]. Ta ostatnia nie tyle będzie przedmiotem jakościowych wyników badań, co raczej poszukiwaniem relacji statystycznych. Jednakże połączenie tych dwóch strategii badawczych pozwoli na dalsze rozważania dotyczące szeroko pojmowanej kompetencji czytania ze zrozumieniem.

Pierwsze zadanie dotyczyło określenia pola semantycznego dla słowa „komiwojażer". Słowa niewątpliwie przestarzałego dla ucznia (taką kwalifikację nabywa ono w najnowszych słownikach języka polskiego)[28]. Jednak znaczenie owego słowa wyraźnie określa sam tekst, co część z badanych właściwie wskazała. Wśród odpowiedzi poprawnych przeważało wskazanie „komiwojażera" jako „przedstawiciela handlowego". Do poprawnych odpowiedzi należy dodać m.in. „akwizytora", „obwoźnego sprzedawcę", „wędrownego sprzedawcę", „osobę, która reklamuje i sprzedaje swoje produkty w różnych miejscach", „człowieka, który podróżuje po miastach, by rozdawać próbki na sprzedaż", „osobę

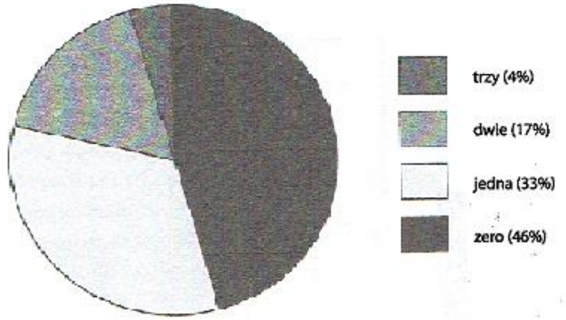
reklamującą produkty i sprzedającą je w różnych miejscach". Wśród licznych odpowiedzi niepoprawnych dominowali uczniowie, którzy odczytali tekst literacki w sposób dosłowny, czego przykładem mogą być stwierdzenia dotyczące komiwojażera: „osoba, która obsługuje miasta", „wędrowiec, który odwiedza miasta", „wędrowiec, który zaopatruje miasto w jakąś rzecz", „osoba, która ma płaskostopie". W tym samym tonie wypowiadali się inni uczniowie, dla których „komiwojażer" to „wędrowiec o poobcieranych stopach", „osoba, która zajmuje się badaniem dróg", „osoba tułająca się po świecie", „nieszczęsny tułacz". Jeśli wcześniejsze odpowiedzi nie dawały filologicznej satysfakcji, to kolejne budzić mogą tym większe wątpliwości. Otóż uczniowie utożsamiają w nich „komiwojażera" m.in. z „kominiarzem", „komikiem", „komisarzem". W tym przypadku wskazania uczniów mogły podążać w stronę oczywistych dla nich zbieżności nie tyle morfologicznych, co raczej brzmieniowych. Jeszcze inną grupę stanowią uczniowie, którzy znaczenie „komiwojażer" określają w sposób bardzo zróżnicowany – począwszy od ogółu („to jakaś praca") do zaskakujących szczegółów („listonosz", „posłaniec", „kurier"). Niekiedy respondenci odczytywali tekst w sposób wybiórczy („ciężka walizka z próbkami"), chcąc wskazać znaczenie słowa „komiwojażer". Stąd ich przykładowe odpowiedzi świadczące o niezrozumieniu czytanego tekstu: „osoba przewożąca materiały badawcze", „naukowiec pobierający próbki do badań", „mobilny pracownik naukowy, który ma pobierać próbki do badań".

Również zadanie 4 wymagało od uczniów zarówno umiejętności czytania ze zrozumieniem, jak i znajomości pojęcia „algorytm". Część badanych podała poprawne odpowiedzi (wskazując m.in. „nawigację", „GPS", „Google Maps", „program komputerowy wyznaczający najkrótszą trasę"). Jednak wielu badanych miało eksplikacyjny problem dotyczący odbioru tekstu. Stąd ich mniej lub bardziej nonsensowne odpowiedzi: „nosić wygodne buty", „polna dróżka jest najkrótsza", „potrzebny jest dobry środek transportu", „Excel", „jechać najkrótszą trasą", „szybkie wykonywanie swojej pracy", „można spytać kogoś o radę", „odrzucenie dłuższych tras", „ustalenie planu podróży", „możliwość oznakowania mapy", „zaplanować podróż należy wcześniej".

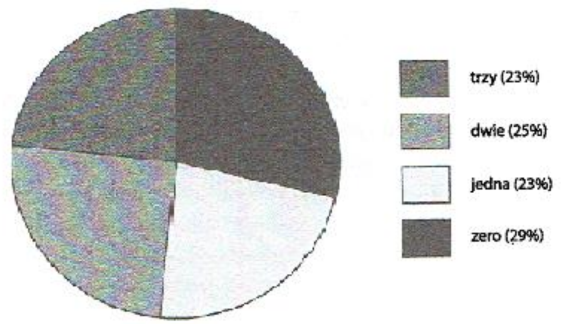
Z kolei zadanie 5 miało wskazać preferencje czytelnicze, które uwzględniłyby nawiązania do nauk ścisłych. Wśród wskazań uczniowskich zdecydowanie dominuje twórczość S. Lema (*Solaris*, *Opowieści o pilocie Pirxie*, *Głos Pana*). Następne miejsca zajmują utwory *20 000 mil podmorskiej żeglugi* (J. Verne), *Przygody Sherlocka Holmesa* (A.C. Doyle), *Anioły i demony* (D. Brown) i *Szatan z siódmej klasy* (K. Makuszyński). Kolejne pozycje to *Behawiorysta* (R. Mróz), *19 razy Katherine* (J. Green) oraz *Wir Pacyfiku* (C. Cussler). Pomijając pozostałe teksty (pojedyncze odpowiedzi) wskazane przez uczniów, warto przywołać te utwory, które zostały przez nich uznane za teksty literackie zawierające odwołania do nauk ścisłych. Nie sposób zaklasyfikować wielu z nich do dzieł literackich, są bowiem wśród nich także teksty o wyraźnym charakterze naukowym, jak *O obrotach sfer niebieskich* (M. Kopernik), *Krótka historia czasu* (S.W. Hawking), *Dalej niż boska cząstka* (L. Lederman, C. Hill), *Kosmos* (C. Sagan), *Fizyka rzeczy niemożliwych* (M. Kaku) czy *Granice nauki* (M. K. Heller).

Typowo matematyczne zadania 2a, 2b i 3 zawierały w swej konstrukcji problemy do rozwiązania o niższym progu trudności niż w tekście. We fragmencie utworu mowa jest o pięciu miejscach pracy, czyli $n = 5$ i możliwych drogach do wyboru $4! = 24$. Natomiast w zadaniu dla ucznia podano przykład prostszy rachunkowo dla $n = 3$, lecz z rzeczywistymi miejscowościami (Kalisz, Ostrów Wielkopolski, Pleszew) i możliwością wyboru dróg $(n-1)! = 2$. Tylko w tym przypadku uczeń mógł podać poprawne rozwiązanie, nie znając pojęcia silni. Dopiero właściwa odpowiedź w zadaniu 3 świadczyła o pełnym zrozumieniu przez ucznia obliczeń bohatera fragmentu. Rozwiązując to zadanie, uczeń musiał wykazać się znajomością zastosowania pojęcia silni, z którym nie spotkał się jeszcze na lekcjach matematyki: dla $n = 4$ wyznaczył $(n-1)! = 3! = 6$. Można też przyjąć, że czytelnik zrozumiał matematyczne rozważania bohatera tekstu, jeżeli rozwiązał co najmniej dwa matematyczne zadania.

Wyniki części polonistycznej i matematycznej testu przedstawia rys. 1.



a)

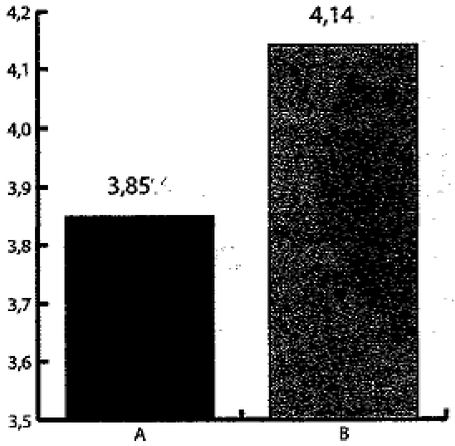


b)

Rys. 1. Liczba poprawnych odpowiedzi w teście: a) część polonistyczna, b) część matematyczna

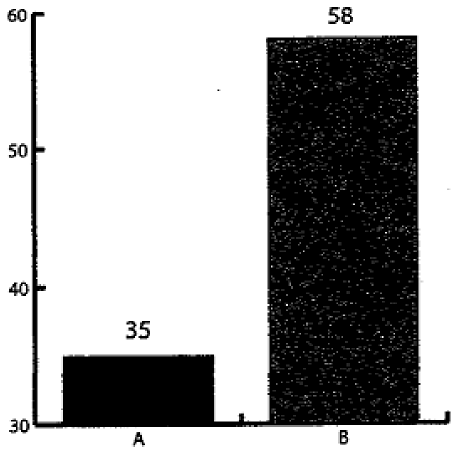
Statystyczne opracowanie danych pozwala dopełnić wnioski nasuwające się po analizie jakościowej. Odpowiedzi dotyczące tak części polonistycznej, jak i matematycznej korelują ze sobą (współczynnik korelacji $r = 0{,}32$). Korelacja ($r = 0{,}18$) występuje także przy odpowiedziach z części polonistycznej i średniej ważonej z języka polskiego. Podobnie część matematyczna koreluje (r = 0,25) ze średnią ważoną z matematyki. Jakkolwiek można było przewidzieć, że uczniowie odpowiadający poprawnie w części polonistycznej, osiągną też wysokie wyniki w części matematycznej, to już zaskoczeniem jest korelacja (r = 0,17) odpowiedzi w części polonistycznej z motywacją uczenia się dla przyjemności (*flow*).

W celu potwierdzenia zależności korelacyjnych podzielono uczniów według punktacji w części polonistycznej na dwie grupy: grupa A to 95 uczniów uzyskujących 0 punktów oraz grupa B to 124 uczniów uzyskujących jednego do trzech punktów. Grupy te scharakteryzowano pod kątem wartości innych zmiennych, przedstawiając na poniższych trzech histogramach (rys. 2, 3, 4) zależności istotne statystycznie.



Rys. 2. Średnie ważone z języka polskiego grup uczniowskich A i B różniących się wynikiem w części polonistycznej. Istotność statystyczna różnicy p = 0,01

Różnice w szkolnych ocenach z języka polskiego grup uczniowskich A i B stawiają nauczycielskie diagnozowanie jako jeden z ważnych predyktorów osiągnięć dotyczących jakości czytania ze zrozumieniem.

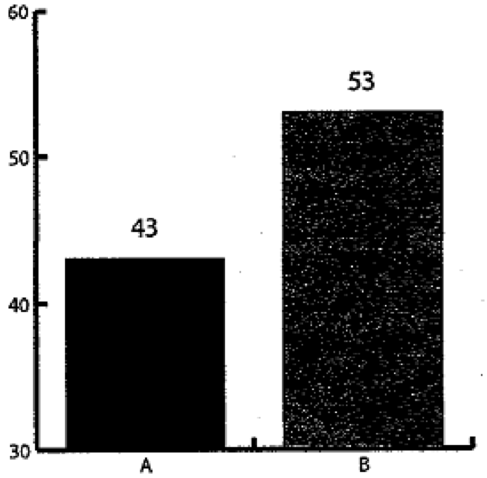


Rys. 3. Poprawne odpowiedzi w części matematycznej testu grup uczniowskich A i B różniących się wynikiem w części polonistycznej. Istotność statystyczna różnicy p = 0,001

Duża różnica punktów procentowych między grupami przedstawiona na rys. 3 potwierdza nieprzypadkowość korelacji wyników części polonistycznej i matematycznej. Jest także mocnym uzasadnieniem wcześniej podanej tezy, że to czytelnik tworzy znaczenie słów na podstawie tekstu i jego wykształcenie ogólne jest podstawowym wyznacznikiem rozumienia tego, co czyta. Pokazuje, jak zgubne dla rozwoju ucznia mogą być funkcjonujące w praktyce szkolnej stereotypy rodzaju *jest humanistą, na nic mu przedmioty ścisłe*, lub odwrotnie *jest dobrym matematykiem, wystarczą mu podstawy czytania i pisania*.

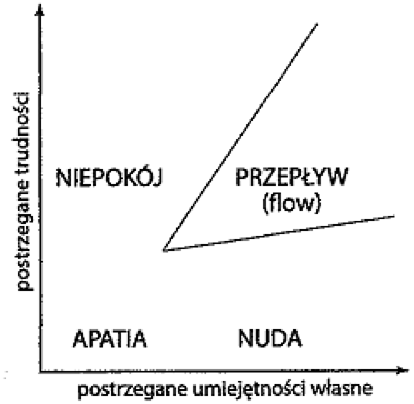
• • •

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na dominację motywacji zewnętrznej w naszym systemie edukacyjnym, gdy tymczasem uczenie się dla przyjemności „tu i teraz" (rys. 4) zwiększa prawdopodobieństwo doskonalenia się w życiu.



Rys. 4. Poziom motywacji uczenia się dla przyjemności (*flow*) grup uczniowskich A i B różniących się wynikiem w części polonistycznej. Istotność statystyczna różnicy p = 0,01

W psychologii poznawczej – jak wiadomo – motywację dzieli się na wewnętrzną i zewnętrzną. Motywacja zewnętrzna to „pragnienie angażowania się w działania w celu osiągnięcia zewnętrznych rezultatów swoich zachowań, np. nagrody", natomiast wewnętrzna wymaga „zaangażowania się w działanie dla samego działania, nie ze względu na zewnętrzne skutki"[29]. Najwyższym poziomem motywacji wewnętrznej do uczenia się jest osiągnięcie stanu przepływu (*flow*), którego istotą jest „doświadczenie bycia całkowicie pochłoniętym, skupionym na danej rzeczy"[30], co prowadzi do tego, że się uczymy (rys. 5).



Rys. 5. Uproszczony model występowania u ucznia stanu przepływu w zależności od jego umiejętności i trudności wykonywanych zadań[31]

Badania neurobiologów wykazały, że fale mózgowe „w fazie przepływu są wolne od gwaru wewnętrznych świadomych rozważań"[32]. Taki stan emocjonalny występuje częściej w grupie uczniów radzących sobie lepiej w części polonistycznej testu (rys. 4). Opracowania statystyczne nie przesądzają o związkach przyczynowo-skutkowych, w tym jednak przypadku można prawdopodobnie połączyć przyczynę z twórczym poziomem rozumienia tekstu, zwłaszcza w zakresie badania stosunków między poszczególnymi faktami w nim występującymi oraz ich wyjaśnianiem. Potwierdzają to badania[33] naukowców Uniwersytetu Stanforda, w którym obrazowano metodą fMRI mózgi młodych ludzi podczas czytania powieści *Mansfield Park* Jane Austen. Wynika z nich jednoznacznie, że czytanie literatury przez uczniów prowadzi do stanu przepływu dużo szybciej niż inne zabiegi edukacyjne. Na nauczycielach języka polskiego spoczywa więc w większej mierze odpowiedzialność za realizację hasła „kształcimy się przez całe życie". Bez osiągania stanu przepływu w czasie edukacji szkolnej dorosły już człowiek nie odnajdzie przyjemności tak w procesie czytania, jak i samodoskonalenia.

Kornelia Rybicka
Przywołania matematyczne w tekstach literackich. Ich odbiór w realiach szkolnych

Występujące w tekstach literackich odwołania matematyczne stały się inspiracją do przeprowadzenia badań wśród uczniów liceum ogólnokształcącego. Wykorzystując fragment powieści Michaela Chabona pt. *Poświata*, opracowano ankietę mającą na celu zbadanie przede wszystkim umiejętności czytania ze zrozumieniem. Kompetencje odbiorcze pozwoliły respondentom określić poprawne odpowiedzi tak w części polonistycznej, jak i matematycznej. Zaproponowana ankieta umożliwiła również uczniom wskazanie utworów literackich, w których odnaleźli odwołania do nauk ścisłych. Wyniki badań opracowano zarówno ilościowo, jak i jakościowo. Zostały one także skorelowane ze średnimi ważonymi z dwóch przedmiotów: języka polskiego i matematyki oraz zestawione z poziomem motywacji wewnętrznej i zewnętrznej uczniów.

Słowa kluczowe: literatura, matematyka, czytanie ze zrozumieniem, motywacja zewnętrzna, motywacja wewnętrzna

Kornelia Rybicka
Presence of mathematics in literary texts. Pupils' interpretation

The presence of mathematical aspects in literary texts has become an inspiration to conduct a research among secondary school pupils. The survey was based on a piece from *Moonglow* by Michael Chabon. The main objective was to measure the level of reading with understanding. By using their competences, subjects could indicate the correct answers in both humanistic as well as mathematical part. The survey provided also a possibility to indicate other literary texts in which scientific references were present. The survey results have been analysed both quantitatively and qualitatively. The results were correlated to the weighted average from both subjects Polish and mathematics and were subsequently related to level of pupil's external and internal motivation.

Keywords: literature, mathematics, reading with understanding, internal motivation, external motivation

Kornelia Rybicka – dr n. hum. w zakresie literaturoznawstwa, od roku 1997 zatrudniona w UAM w Poznaniu. Przez wiele lat pracę akademicką

łączyła z funkcją doradcy metodycznego przy ODN w Kaliszu. Współpracowała z OKE w Poznaniu (m.in. jako konstruktor zadań maturalnych). Prowadziła zajęcia dla dyrektorów szkół, doradców metodycznych i konsultantów ogólnopolskich w ramach działań ORE w Warszawie. Pełniła także funkcję recenzenta zadań egzaminacyjnych CKE w Warszawie. Pracowała nad przebudową podstawy programowej kształcenia ogólnego na zlecenie MEN. Wykonywała zadania koordynatora merytorycznego w ramach realizacji projektu ORE: *Zmodernizowany system doskonalenia nauczycieli i wspomagania szkół w Powiecie Kępińskim*, współfinansowanego z EFS. Sprawowała opiekę merytoryczną ze strony UAM nad ministerialnym eksperymentem pedagogicznym: *Sukces szkolnej edukacji przy nastawieniu uczniów na rozwój według założeń Carol Dweck* w III LO w Kaliszu. Ponadto od wielu lat brała udział w pracach Komisji Okręgowej Olimpiady Literatury i Języka Polskiego w Poznaniu.

Zainteresowania badawcze łączyła zarówno z odbiorem tekstów filmowych, jak i analizą spotkań literatury z naukami matematyczno-przyrodniczymi. Pokłosiem tychże działań są nie tylko liczne artykuły zamieszczone w czasopismach (m.in. takich, jak „Edukacja. Studia. Badania. Innowacje", „Polonistyka", „Język Polski w Liceum"), ale również wiele tekstów ujętych w książkach pokonferencyjnych. Poza wcześniej wydanymi publikacjami (np. *Zrozumieć film. Świat „Romea i Julii" według Baza Lurhmanna)*, istotne miejsce zajmuje pozycja, której jest współautorką: *Czytaj i myśl. Zderzenia literatury z fizyką* (nagrodzona na 23 Krajowych Targach Książki Edukacyjnej). Jej najnowsza publikacja dotycząca poeksperymentalnych refleksji (*Sterowanie uczącym się mózgiem*) ukazała się w 2017 roku.

PRZYPISY

1 W. Osiatyński, *Nauka a świat wartości*, w: *Zrozumieć świat. Rozmowy z uczonymi po 25 latach*, Warszawa 2009, s. 66.
2 Dante Alighieri, *Boska Komedia*, tłum. E. Porębowicz, Kraków 2008, s. 44-45, 442.
3 J.W. Goethe, *Faust*, tłum. A. Pomorski, Warszawa 2005, s. 57.
4 I.B. Singer, *Dwór*, tłum. I. Wyrzykowska, Warszawa 2005, s. 69.
5 L. Tołstoj, *Anna Karenina*, tom II, tłum. J. Wołowski, Wrocław 2005, s. 573-574.
6 B. Prus, *Lalka*, tom II, Warszawa 1964, s. 77.

7 B. Prus, *Emancypantki*, tom II, Warszawa 1973, s. 436.

8 T. Mann, *Czarodziejska góra*, tłum. J. Kramsztyk, J. Łukowski, Warszawa 2007, s. 425-426.

9 T. Mann, *Lotta w Weimarze*, tłum. F. Konopka, Warszawa 1958, s. 274.

10 T. Mann, *Doktor Faustus*, tłum. M. Kurecka, W. Wirpsza, Warszawa 1960, s. 358-361.

11 W.G. Sebald, *Pierścienie Saturna. Angielska pielgrzymka*, tłum. M. Łukaszewicz, Warszawa 2009, s. 5, 8, 45.

12 P. Esterhazy, *Harmonia caelestis*, tłum. T. Worowska, Warszawa 2007, s. 182.

13 J. Potocki, *Rękopis znaleziony w Saragossie*, tłum. E. Chojecki, Poznań 2007, s. 230-231, 413.

14 W wielu fragmentach tekstu występują jeszcze inne pojęcia związane z matematyką. Poza przywołanym dwumianem Newtona, pojawiają się m.in. takie pojęcia jak „liczby urojone", nieskończoność średnich proporcjonalnych", „krzywa łańcuchowa".

15 M. Kordos, *Wykłady z historii matematyki*, Warszawa 2005, s. 173.

16 F. Dostojewski, *Bracia Karamazow*, tom I, tłum. A. Watt, Wrocław 1993, s. 440-441.

17 S. Kulczycki, *Geometria nieeuklidesowa*, Warszawa 1960.

18 W. Szymborska, *Liczba Pi*, w: *Widok z ziarnkiem piasku. 102 wiersze*, Poznań 1996, s. 103.

19 J. Świczewska (red.), *Matematyka w literaturze. Wisława Szymborska Liczba Pi*, Wrocławski Portal Matematyczny, http://www.matematyka.wroc.pl [dostęp 1.07.2018].

20 U. Eco, *Wahadło Foucaulta*, tłum. A. Szymanowski, Warszawa 2005, s. 11.

21 E. Kohler, *Z dziejów matematyki*, Warszawa 1962, s. 73, 272-288.

22 P. Giordano, *Samotność liczb pierwszych*, tłum. A. Pawłowska-Zampino, Warszawa 2010.

23 E. Gracján, *Liczby pierwsze. W drodze do nieskończoności*, tłum. M. Donten-Bury, Warszawa 2012, s. 35-37.

24 E. Tymoczko-Tichoniuk, *Teoretyczne podstawy rozumienia czytanych treści*, w: M. Sinica (red.), *Teoretyczno-metodologiczne podstawy badań nad efektywnością kształcenia polonistycznego*, Zielona Góra 1993, s. 93-98.

25 M. Chabon, *Poświata*, tłum. M. Kłobukowski, Warszawa 2018, s. 265-266.

26 K. Rybicka, S. Plebański, *Między diagnozą poznawczą a pozapoznawczą – napięcia czy symbioza?*, w: B. Niemierko, M.K. Szmigel (red.), *Wspomaganie rozwoju kompetencji diagnostycznych nauczycieli*, Kraków 2018.

27 Zadania matematyczne konstruowano i oceniano wspólnie z nauczycielami przedmiotów ścisłych.

28 Taką kwalifikację można znaleźć m.in. w *Słowniku wyrazów bliskoznacznych*, oprac. L. Wiśniakowska, Warszawa 2011, s. 185; *Języku polskim. Popularnym słowniku wyrazów obcych i trudnych*, A. Markowski i R. Pawelec, Warszawa 2007, s. 499; *Wielkim słowniku wyrazów bliskoznacznych*, red. M. Bańko, Warszawa 2010, s. 282.

29 P.G. Zimbardo, R.L. Johnson, V. McCann, *Psychologia: kluczowe koncepcje*, tom II, *Motywacja i uczenie się*, Warszawa 2010, s. 62.

30 M. Spitzer, *Cyberchoroby. Jak cyfrowe życie rujnuje nasze zdrowie*, Słupsk 2016, s. 93.

31 J. Nakamura, M. Csikszentmihalyi, *The concept of flow*, w: C.R. Snyder, S.J. Lopez (red.), *Oxford handbook of positive psychology*, Oxford University Press 2009, s. 95.

32 D. Eagleman, *Mózg. Opowieść o nas*, tłum. A. Wojciechowski, Poznań 2018, s. 100.

33 C. Goldman, *This is your brain on Jane Austen, and Stanford researchers are taking notes*, Stanford News 2012.

„Umarłych wieczność dotąd trwa,

dokąd pamięcią się im płaci"

Wisława Szymborska

Pracę tę dedykujemy naszym przewodnikom naukowym

Kornelii Rybickiej i Stanisławowi Ulamie.

Magdalena Gołębiowska

oraz grupa współdziałających uczniów i nauczycieli