

Wiedza potoczna: pomoc czy przeszkoda? Eye-trackingowa analiza rozwiązań zadania z zakresu nauk przyrodniczych

Wstęp

Rozwój nowych technologii oraz ich dostępność sprawiają, iż także w dziedzinie dydaktyk szczegółowych można dokonywać bardziej precyzyjnych analiz. Zagraniczny dorobek naukowy z tego zakresu jest już na tyle bogaty, że zastosowanie metod okulograficznych doczekało się już nawet częściowych podsumowań. Dla przykładu w pracy Lai M.L. i in. [2013] dokonano przeglądu artykułów poświęconych tematyce wykorzystania technologii eye-trackingowej w eksperymentach poświęconych analizie procesu uczenia się, opisujących łącznie 113 badań z zakresu dydaktyk szczegółowych i pedagogiki prowadzonych w latach 2000–2012.

W niniejszej pracy przedstawiamy zastosowanie metodologii pomiarów okulograficznych dla celów poszukiwania błędów podczas rozwiązywania zadań z zakresu fizyki i matematyki. Artykuł pośrednio odnosi się także do zagadnień dydaktyki szkoły wyższej. Wielu badaczy podkreśla, że wprowadzenie zasad konstruktywizmu do polskiej szkoły wymaga istotnych zmian systemu kształcenia przyszłych nauczycieli [Dylak 2000: 15–33; Krajna, Małkiewicz, Sujak-Lesz 2005: 195–207]. Wiedza o pojęciach potocznych uczniów pozwala nauczycielowi przeanalizować przyczyny niepowodzeń w jego pracy dydaktycznej [Błasiak 2011]. Tym bardziej warto zdiagnozować, czy ta wiedza potoczna nie stanowi przyczyny niepowodzeń w rozwiązywaniu elementarnych zadań przez samych przyszłych nauczycieli nauk ścisłych.

1. Cele, organizacja i przebieg badań

Celem badań jest próba diagnozy przyczyn wyboru błędnych odpowiedzi przez uczestników eksperymentu oraz rozpoznanie przy użyciu technologii eye-trackingowej różnic w strategii rozwiązywania zadania matematyczno-fizycznego przez ekspertów z zakresu nauk ścisłych oraz osób z mniejszym doświadczeniem merytorycznym, w tym uczniów oraz przyszłych nauczycieli matematyki, fizyki, biologii i informatyki.

Badanie zostało przeprowadzone w laboratorium neurodydaktyki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Ze względu na to, że przebieg i opis ekspe-

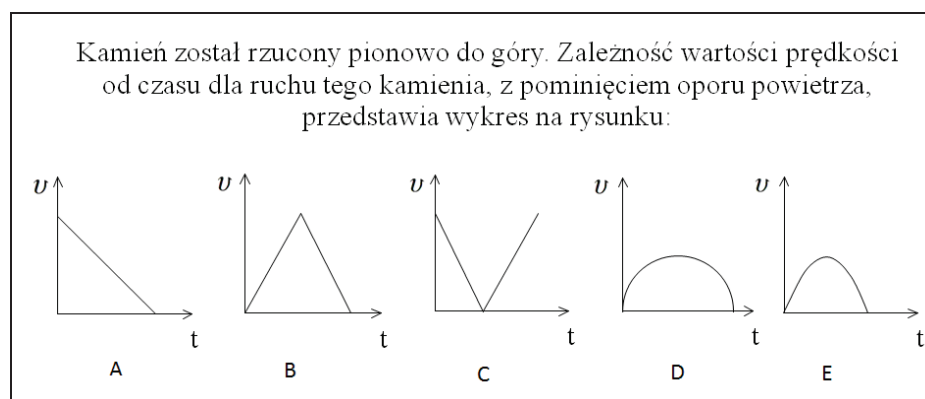
rymentu zostały przedstawione w artykule *Różnice w rozwiązywaniu problemów fizycznych przez nowicjuszy i ekspertów*, opisanym w niniejszym wydawnictwie (Wcisło, Błasiak i inni), nie zamieszczamy powtórnie jego opisu.

W naszym artykule wykorzystujemy wyniki wszystkich uczestników badania w liczbie 103 osób. W opracowaniu, do którego się odwołujemy, wykorzystano dane uzyskane od 99 osób, ponieważ wyniki czterech osób zostały odrzucone ze względu na małą reprezentatywność próby – są nimi po dwie osoby studiujące na kierunkach fizyka i biologia o specjalności nauczycielskiej. W tym opracowaniu włączamy te dane, aby pokazać, że również one potwierdzają nasze hipotezy.

Dla przypomnienia wzmiankujemy jedynie, że do badań zastosowano eye-tracker firmy SMI ultra-high speed 1250Hz, a wyniki opracowano w oparciu o oprogramowanie BeGaze, aczkolwiek w obu publikacjach na podstawie innej metodologii.

2. Metodologia badań

W eksperymencie poddajemy analizie odpowiedzi do zadania, którego treść przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Treść analizowanego zadania

Pod względem zawartości merytorycznej zadanie wykorzystane w eksperymencie odnosi się do celów ogólnych oraz treści nauczania fizyki w gimnazjum oraz szkole ponadgimnazjalnej na poziomie podstawowym oraz rozszerzonym [Podstawa programowa 2009: 195, 201, 203]. Podobnie zadanie to realizuje cele ogólne oraz wpisuje się w zakres treści kształcenia matematycznego na temat zależności funkcyjnych na poziomie gimnazjum i szkoły ponadgimnazjalnej.

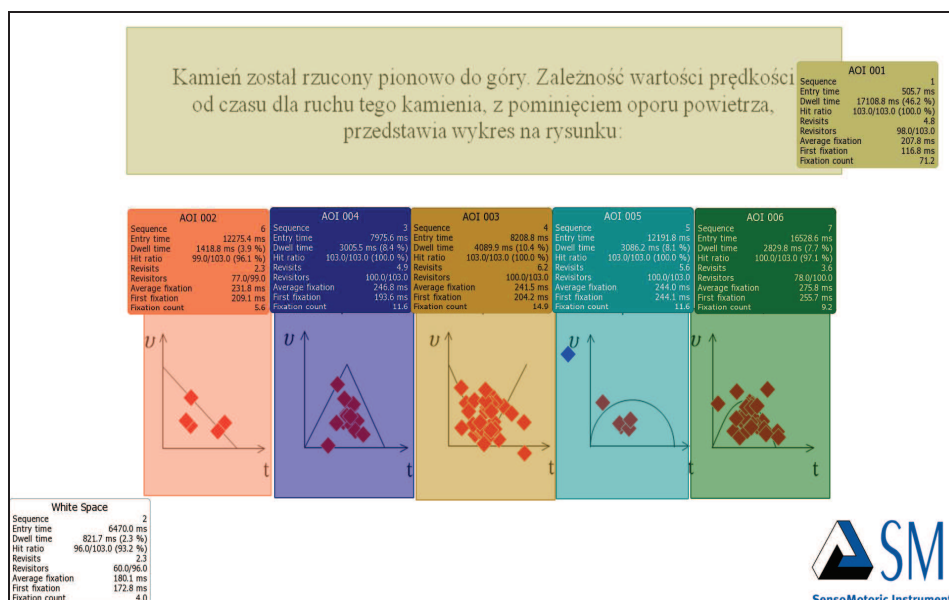
W treści zadania podkreślono, że należy wskazać wykres, który przedstawia opisany ruch z pominięciem oporu powietrza. A zatem w pierwszej fazie

ruchu mamy do czynienia z ruchem jednostajnie opóźnionym (faza wznoszenia), a w drugiej – jednostajnie przyspieszonym (spadanie swobodne). W obu przypadkach w uproszczeniu mamy do czynienia z liniową zmianą wartości prędkości od czasu: $v(t) = g \cdot t$, gdzie g – oznacza przyspieszenie ziemskie, t – czas, v – szybkość.

W niniejszym opracowaniu poddajemy analizie inaczej zdefiniowane AOI (*Area of Interests*), odpowiadające całym wykresom traktowanym jako odrębne obiekty graficzne. Nie definiujemy opisu osi jako dodatkowych obiektów graficznych, a wyłącznie analizujemy sposób patrzenia uczestników eksperymentu na kształt wykresów i jego wybór.

3. Wyniki badań

Rys. 2 ukazuje uśrednione wyniki eksperymentu dla wszystkich badanych osób dla tak zdefiniowanych AOI. Przedstawia on szczegółowe parametry, wśród których w szczególności w naszych badaniach poddane zostały analizie: całkowity procentowy czas przebywania wzroku na poszczególnych polach AOI (*dwelt time*), liczba powrotów na dane pole (*revisits* \square umer) oraz liczba fiksacji na danym polu (*fixation* \square umer).



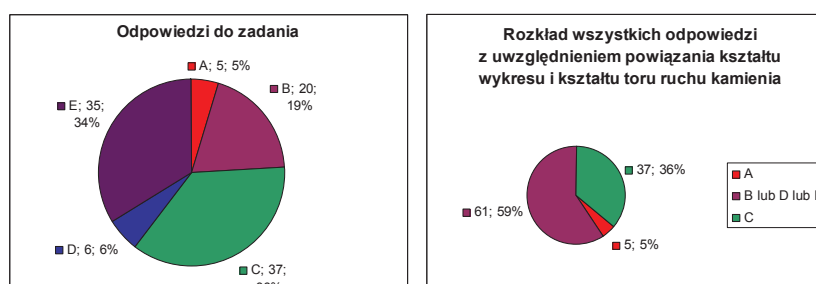
Rys. 2. Średnie wyniki wszystkich badanych dla obszarów AOI (*Area of Interests*)

W tabeli 1 przedstawiamy ponadto interesujące nas średnie wyniki uzyskane dla grupy studentów i uczniów.

Wybrane średnie wyniki studentów i uczniów

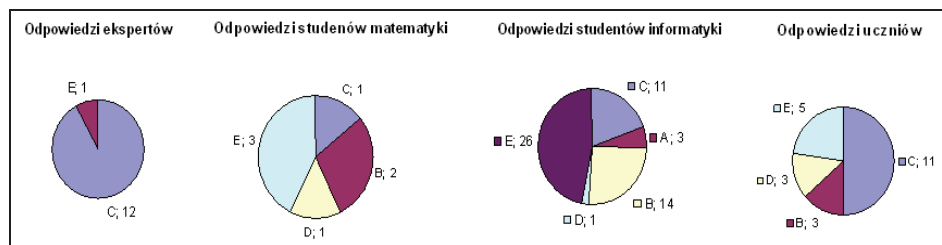
	A	B	C	D	E
Średni procentowy czas przebywania	4%	8,6%	9%	9,4%	8,3%
Średnia liczba rewizyt	2,1	4,8	5,8	5,4	3,6
Średnia liczba fiksacji	5,2	11,0	12,5	11,0	9,4

Na rys. 3 przedstawiamy rozkład wszystkich odpowiedzi udzielonych przez 103 badanych. Zaskakujący jest fakt, że niemal 60% wszystkich uczestników eksperymentu udzieliło odpowiedzi B, D lub E.



Rys. 3. Rozkład odpowiedzi do zadania udzielonych przez wszystkich badanych

Dokonując podziału uczestników badania na grupy wyselekcjonowane pod względem przygotowania merytorycznego: uczniów, studentów i ekspertów otrzymujemy wyniki przedstawione na rys. 4.



Rys. 4. Rozkład odpowiedzi w poszczególnych grupach badawczych – ekspertów, studentów i uczniów

Dodatkowo dwie osoby studiujące fizykę udzieliły poprawnej odpowiedzi C, a obie osoby studiujące biologię udzieliły błędnych odpowiedzi, którymi były B i D.

4. Analiza wyników

Przypomnijmy najpierw wybrane wnioski z artykułu (D. Wcisło, W. Błasiak i in.):

1. Całkowity czas pracy nad całym zadaniem był zróżnicowany – dla ekspertów i uczniów podobny (średnio 45,59 s i 46,73 s), natomiast studenci rozwiązywali zadanie zdecydowanie krócej – średnio 29,38 s.
2. Uczestnicy poświęcali procentowo tyle samo czasu (50%) na lekturę treści zadania. Czynnikiem ten nie ma zatem różnicującego wpływu na wybór poprawnej odpowiedzi.
3. Mimo faktu, iż badani uczniowie omawiali zagadnienia z kinematyki na lekcjach fizyki na poziomie rozszerzonym cztery miesiące przed badaniem, to jednak 50% tej grupy nie wybrało poprawnej odpowiedzi.
4. Analiza całkowitego czasu przebywania (*dwell time*) dla obszarów zawierających opisy osi pokazała, że eksperci średnio 16,68% czasu poświęcili na identyfikację osi wykresów. Zdaniem autorów, to był główny element różniący ekspertów od pozostałych grup, które poświęciły na ten cel zdecydowanie mniej czasu.

Zwróćmy uwagę na to, że aby wskazać prawidłowy wykres, wystarczy wykorzystać wiedzę potoczną i doświadczenie z życia codziennego. Sama świadomość tylko jednego faktu, że podczas rzutu kamienia w górę wartość prędkości na początku ruchu maleje (do zera, gdyż kamień musi zacząć spadać), a następnie szybkość rośnie (gdyż działa przyspieszenie ziemskie), pozwala na wskazanie jedynej poprawnej odpowiedzi C, tym bardziej że wśród podanych wykresów żaden inny nie przedstawia funkcji o tych własnościach. A zatem zarówno strategia szukania poprawnego wykresu, jak i eliminowania wykresów błędnych w tym zadaniu doprowadzą przy tym poziomie wiedzy potocznej do sukcesu. W tym ujęciu wiedza potoczna stanowi pomoc w rozwiązaniu zadania. Jego poziom merytoryczny jest zatem odpowiedni już dla uczniów gimnazjum (rozpoznanie wykresu funkcji malejącej, osiągającej minimum, a następnie rosnącej). W naszych badaniach było ono rozwiązywane przez uczestników o zdecydowanie większej wiedzy merytorycznej – uczniów klasy II szkoły ponadgimnazjalnej, realizującej rozszerzony zakres treści nauczania fizyki (po kursie na temat rzutu pionowego w górę), studentów biologii, fizyki, matematyki i informatyki oraz ekspertów, do których zaliczamy studentów studiów doktorskich z fizyki oraz naukowców ze stopniem co najmniej doktora z dziedziny takich nauk, jak: fizyka, matematyka, informatyka. Tym bardziej skłania do refleksji skala błędnych odpowiedzi.

Wyniki okulograficzne dostarczają ciekawych spostrzeżeń. Procentowy czas analizy błędnych wykresów B, D i E (odpowiednio B – 8,6%, D – 9,4%, E – 8,3%) przez studentów i uczniów jest ponad dwukrotnie większy od czasu poświęconego na analizę innej odpowiedzi błędnej (A – 4%). Podobne tendencje zauważamy przy analizie liczby powrotów na dane pole wykresu oraz liczbę

fiksacji świadczących o pokonywaniu trudności przez badanych. Zauważmy ponadto, że studenci i uczniowie poświęcili procentowo najwięcej czasu na analizę odpowiedzi D spośród wszystkich wykresów, włączając również wykres poprawny.

Na podstawie wyników badań stawiamy zatem dodatkową tezę, że wybór błędnych odpowiedzi B, D, E został uwarunkowany w dużej mierze skojarzeniem wykresu z torem ruchu kamienia: góra – dół. Twierdzimy, że i w tym przypadku również na podstawie wiedzy potocznej wyobrażenie rzutu kamienia w górę wiąże się z wyobrażeniem toru jego ruchu. Takie ujęcie wiedzy potocznej stanowi tym razem przeszkodę w rozwiązaniu tego zadania. Jest to bardzo silne skojarzenie, które dla udzielenia poprawnej odpowiedzi musi zostać przełamane dyscypliną myślenia i uruchomieniem myślenia analitycznego, które pozwoli na identyfikację rodzaju i doświadczenia merytorycznego z zakresu treści matematyczno-fizycznych. Dlatego tak wielu badanych wpadło w tę pułapkę. Wśród nich pojawiła się nawet jedna osoba z grupy ekspertów. Odpowiedzi studentów biologii były błędne, ulegające skojarzeniu. Aż sześciu spośród siedmiu studentów matematyki udzieliło odpowiedzi B, D lub E, natomiast w grupie studentów informatyki odnotowano 75% procent takich odpowiedzi. Istotny jest fakt, iż ta grupa badanych poświęciła najmniej czasu na rozwiązanie tego zadania i w tej grupie pojawiło się najwięcej przypadkowych odpowiedzi A. Odpowiedzi studentów fizyki do tego zadania były natomiast prawidłowe, można ich zaliczyć do grona ekspertów. Bardzo interesujący jest fakt, iż dokładnie połowa uczniów udzieliła prawidłowej odpowiedzi, a druga połowa uległa skojarzeniu z torem ruchu kamienia. Uczniowie wypadli w tych podsumowaniach najlepiej tylko dlatego, że niedługo przed badaniem omawiali treści z zakresu kinematyki. Brak w tej grupie odpowiedzi A, która jest odpowiedzią błędną niebudzącą skojarzeń związanych z torem ruchu kamienia.

Podsumowanie

Analiza przyczyn tak wielu błędnych odpowiedzi do tego zadania skłania do głębszej refleksji na ten temat. Przyczyną wspomnianego stanu rzeczy są nie tylko takie czynniki, jak niewłaściwe wykorzystanie wiedzy potocznej, a także wiedzy szkolnej i merytorycznej oraz brak „dyscypliny myślenia” [Klakła 2003: 89–106]. Warto spojrzeć na ten problem jeszcze z punktu widzenia dydaktyki matematyki. W swojej pracy A. Sierpińska [1992] przedstawia koncepcję, według której postęp w rozumieniu pojęcia matematycznego następuje w wyniku pokonania skoku poznawczego. Jest on zmianą jakościową związaną z matematyczną wiedzą w umyśle ludzkim, powodującą przejście ze starych sposobów rozumienia na nowe drogi rozumienia. Autorka zwraca uwagę na następujące zagadnienie: „Są dwie uzupełniające się drogi spojrzenia na te skoki poznawcze. Jeśli rozumiemy już według nowego sposobu, to patrząc na nasz stary sposób

rozumowania, widzimy to, co nam przeszkadzało w osiągnięciu nowego sposobu. Niektóre z tych zjawisk można zakwalifikować jako przeszkody epistemologiczne [...]. Lecz jeżeli zamiast rozważać błędy przeszłości, spojrzymy na to, co jest przed nami, wówczas podążymy w kierunku opisanego skoku poznawczego w terminach nowego sposobu rozumienia. Pierwsze podejście wywoła czynność przewyciężenia trudności lub przeszkody. To drugie będzie procesem rozumienia” [Sierpińska 1992: 28].

W tej koncepcji akcent położono na wnikliwą analizę przeszkód epistemologicznych, gdyż są to przeszkody natury ogólnej, najbardziej obiektywne i niezależne od szczególnych sposobów nauczania danego pojęcia, ani też nie są charakterystyczne dla jednej czy dwóch osób. Autorka [Sierpińska 1992] zdiagnozowała i przeanalizowała 16 przeszkód epistemologicznych związanych z pojęciem funkcji oraz sformułowała 19 warunków rozumienia pojęcia funkcji uwarunkowanych koniecznością pokonania przeszkód epistemologicznych.

W świetle tych opracowań okazuje się, że prawidłowa interpretacja zadania wykorzystanego w eksperymencie wiąże się z pokonaniem aż 5 przeszkód epistemologicznych i osiągnięciem aż 8 warunków rozumienia pojęcia funkcji, które wyszczególnione zostały w tabeli 2.

Tabela 2

Wybrane warunki rozumienia pojęcia funkcji na tle pokonywania przeszkód epistemologicznych związane z treścią zadania [Sierpińska 1992]

Warunki rozumienia pojęcia funkcji	Przeszkody epistemologiczne w rozumieniu pojęcia funkcji
1. Identyfikacja zmian występujących w obserwowanym świecie i uznanie ich za problemy godne rozważania.	1. Matematyka nie dotyczy problemów praktycznych. (<i>filozofia matematyki</i>)
2. Identyfikacja regularności w stosunkach między zmianami jako sposób "obchodzenia się" z tymi zmianami.	2. Techniki obliczeniowe używane do tworzenia tablic stosunków liczbowych nie zasługują na to, by być obiektem badań naukowych matematyki. (<i>filozofia matematyki</i>)
3. Identyfikacja podmiotów zmian w badaniu zmian.	3. Zmiana jako fenomen: skupianie uwagi na sposobie zmiany, a ignorowanie tego, co się zmienia. (<i>nieświadomy schemat myślowy</i>)
8. Synteza pojęć: zasada i funkcja. W szczególności świadomość możliwości użycia funkcji do modelowania zależności między fizycznymi lub innymi wielkościami	8. Prawa fizyki nie mają nic wspólnego z funkcjami w matematyce; te dwie rzeczy leżą w różnych obszarach myślowych. (<i>nieświadomy schemat myślowy</i>)
9. Rozróżnienie funkcji od jej analitycznych "narzędzi" czasami używanych do opisu zasady funkcji.	11. Tylko zależności możliwe do opisanego przez analityczne wzory są godne tego, by je nazywać funkcjami. (<i>koncepcja funkcji</i>)
16. Synteza różnych sposobów wyrażania funkcji, reprezentowania funkcji i mówienia o funkcjach.	
18. Synteza roli pojęć: funkcja i przyczyna w historii nauki. Świadomość faktu, że poszukiwania relacji funkcyjnych i przyczynowych są wyrazem ludzkiego starania się, by zrozumieć i wyjaśnić zmiany zachodzące w świecie.	
19. Rozróżnienie zależności funkcyjnej od zależności przyczynowej.	

Świadomość tego faktu częściowo usprawiedliwia tak duży odsetek błędnych odpowiedzi do tego zadania udzielonych przez przyszłych nauczycieli oraz uczniów II klasy liceum o rozszerzonym programie nauczania fizyki.

Literatura

- Błasiak W. (2011), *Rozważania o nauczaniu przyrody*, Kraków.
- Dylak S. (2000), *Konstruktywizm jako obiecująca perspektywa kształcenia nauczycieli*, „Edukacja przyrodnicza w szkole podstawowej”, numer specjalny.
- Klakla M. (2003), *Dyscyplina i krytycyzm myślenia jako specyficzny rodzaj aktywności matematycznej*, „Studia Matematyczne Akademii Świętokrzyskiej” 10.
- Krajna A., Małkiewicz E., Sujak-Lesz K. (2005), *Wiedza potoczna ucznia i jej wykorzystanie w edukacji* [w:] *Wokół pedagogiki ucznia w centrum*, MarMar Centrum Edukacji Nauczycielskiej Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Lai M.L., Tsai M.J., Yang F.Y., Hsu C.Y., Liu T.C., Lee S.W.Y., Lee M.H., Chiou G.L., Liang J.C., Tai C.C. (2013), *A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012*.
- Podstawa programowa (2009), MEN, Warszawa.
- Sierpińska A. (1992), *On understanding the notion of function* [w:] *The Concept of Function. Aspects of Epistemology and Pedagogy*, red. E. Dubinsky, G. Harel, MAA Notes, vol. 25.

Streszczenie

Artykuł stanowi kontynuację analizy badań, których opis zamieszczony został w niniejszym wydawnictwie w artykule *Różnice w rozwiązywaniu problemów fizycznych przez nowicjuszy i ekspertów* (Wcisło, Błasiak i inni). Przedmiotem analiz są różnice w rozwiązywaniu problemów matematyczno-fizycznych między nowicjuszami a ekspertami. Wykorzystując rezultaty tego samego eksperymentu z wykorzystaniem technologii eye-trackingowej, lecz stosując inną metodologię badań, przedstawiamy dalsze analizy wyżej wspomnianych wyników. Poszukujemy przyczyn tak dużej liczby błędnych odpowiedzi do zadania. Odpowiadamy na pytanie, czy wiedza potoczna stanowi pomoc, czy przeszkodę w rozwiązaniu tego zadania. Twierdzimy, że przyczyna słabej rozwiązywalności zadania tkwi głębiej – w przeszkodach epistemologicznych związanych z rozumieniem pojęcia funkcji oraz w sposobie wykorzystania wiedzy potocznej i szkolnej, a także w umiejętności utrzymania tzw. dyscypliny myślenia.

Słowa kluczowe: dydaktyka, eye-tracking, analiza rozwiązywania problemów przyrodniczych, przeszkody epistemologiczne, wiedza potoczna.

Everyday Life Experience: an Aid or an Obstacle? An Eye-tracking Analysis of the Answers to a Science Problem

Abstract

The paper presents a further analyses of the research results described in the article *Differences in Solving Physics Problems by the Beginners and Experts*

(Wcisło, Błasiak et al., here). It also focuses on differences among experts and non-experts in answers to the same science multiply problem with the only one correct answer. Using the same eye-tracking technology but alternative approach to the data analysis we try to find out the reasons of choosing wrong answers by the majority of study participants. We pose the question: Is the everyday life experience an aid or an obstacle to solve a science problem? The research results seem to provide the answer. The crux of solving that kind of problems successfully are: discipline of thinking, overcoming epistemological obstacles connected with understanding the notion of function and the proper usage of the everyday life experience and school knowledge.

Key words: didactics, eye-tracking, science problem solving, epistemological obstacles, everyday life experience.