

**Dariusz WCISŁO, Władysław BŁASIAK, Magdalena ANDRZEJEWSKA,
Małgorzata GODLEWSKA, Roman ROSIEK, Bożena ROŻEK,
Miroslawa SAJKA, Anna STOLIŃSKA**
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Polska
Paweł PĘCZKOWSKI
Instytut Matki i Dziecka, Polska

Różnice w rozwiązywaniu problemów fizycznych przez nowicjuszy i ekspertów

Wstęp

W procesie nauczania istotne jest, aby nauczyciel był świadomy, jakie są przyczyny popełniania błędów przez uczniów. Posiadanie tej wiedzy daje możliwość odpowiedniego kierowania pracą ucznia, tak aby proces edukacyjny był bardziej efektywny [Błasiak 2011]. Jednym ze sposobów zdobywania informacji na temat przyczyn popełniania błędów przez uczniów jest analiza, w jaki sposób rozwiązują konkretny problem osoby, które mają pogłębioną wiedzę, czyli w danej dziedzinie są ekspertami [Madsen, Larson, Loschky, Rebello 2012a: 193–196]. Takie możliwości daje nam urządzenie nazywane eye-trackerem [Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło 2013b: 63–67]. Eye-tracker śledzi i rejestruje ruch gałki ocznej badanego w czasie rozwiązywania przez niego zadania. Otrzymane wyniki dostarczają nam informacji, które elementy zadania najdłużej skupiały wzrok badanego, czyli były dla niego istotne z punktu widzenia rozwiązania problemu [Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło 2013a: 481–488].

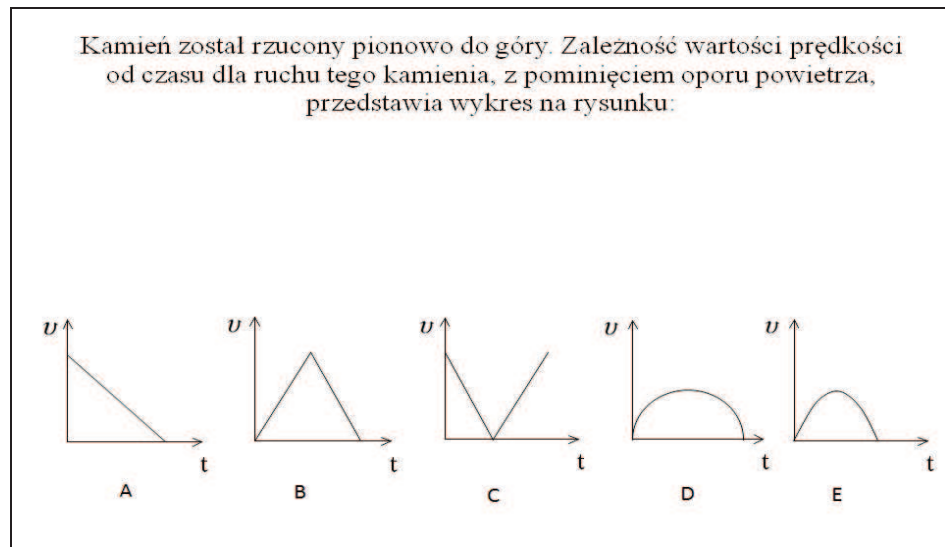
Podstawowym celem pracy było zbadanie różnic w sposobie rozwiązywania problemu fizycznego przez nowicjuszy oraz ekspertów, jak również próba wyjaśnienia przyczyn podejmowania błędnych wyborów.

Badanie zostało przeprowadzone w laboratorium neurodydaktyki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. W trakcie badania w laboratorium były obecne dwie osoby: badany oraz obsługujący zestaw eksperymentalny. Po dokonaniu kalibracji eye-trackera badane osoby odpowiadały na trzy pytania dotyczące między innymi oceny ich zainteresowania fizyką. Główną część badania składała się z 10 zadań testowych jednokrotnego wyboru. Istotną cechą wszystkich zadań były elementy grafiki (rysunki, wykresy, schematy). Wśród nich było zadanie, które służyło w tej pracy do realizacji postawionych wyżej celów. We wszystkich fazach badania nie było żadnych ograniczeń czasowych na udzielenie odpowiedzi.

Do badania zaproszono 103 osoby. Po selekcji do analizy wykorzystano wyniki 99 osób. W tym było: 24 uczniów II klasy licealnej jednej z krakowskich szkół, 62 studentów Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie (55 studentów informatyki, 7 studentów matematyki) stanowiących grupę nowicjuszy oraz 13 ekspertów (9 doktorantów fizyki, 3 osoby ze stopniem doktora oraz jedna dr. habilitowanego z fizyki).

Do badań zastosowano eye-tracker firmy SMI ultra-high speed 1250 Hz. W czasie eksperymentu kamera przyrządu była ustawiona na śledzenie ruchu jednej gałki ocznej, przekazując informacje do komputera z częstotliwością 500Hz. Przed każdym badaniem przeprowadzano 9-punktową kalibrację urządzenia wraz z walidacją. Założona dokładność kalibracji wynosiła nie więcej niż 0,5 stopnia. Wyniki opracowano w oparciu o oprogramowanie BeGaze.

Do analizy wybrano zadanie z zakresu szkolnego kursu fizyki na poziomie programu nauczania w szkole średniej. Rys. 1 przedstawia treść analizowanego zadania.

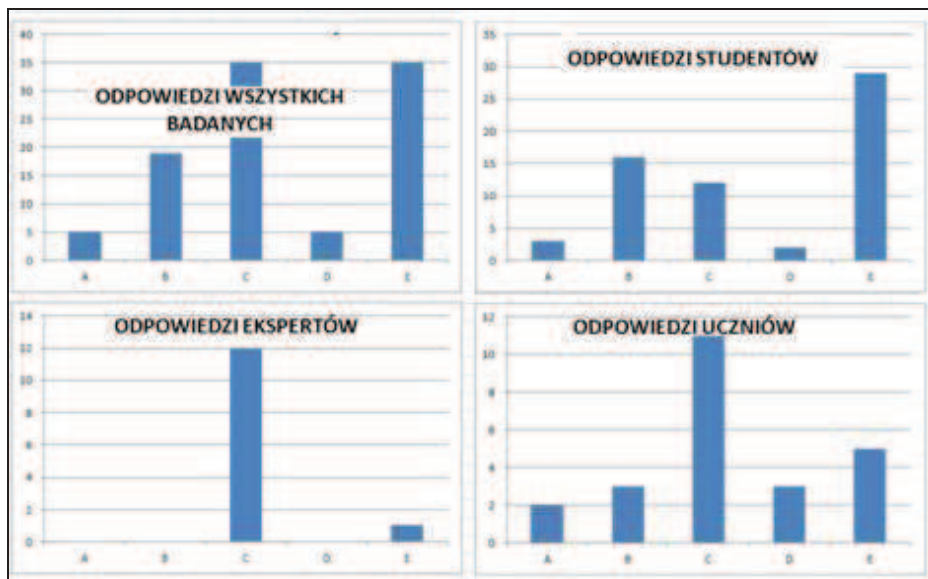


Rys. 1. Treść analizowanego zadania

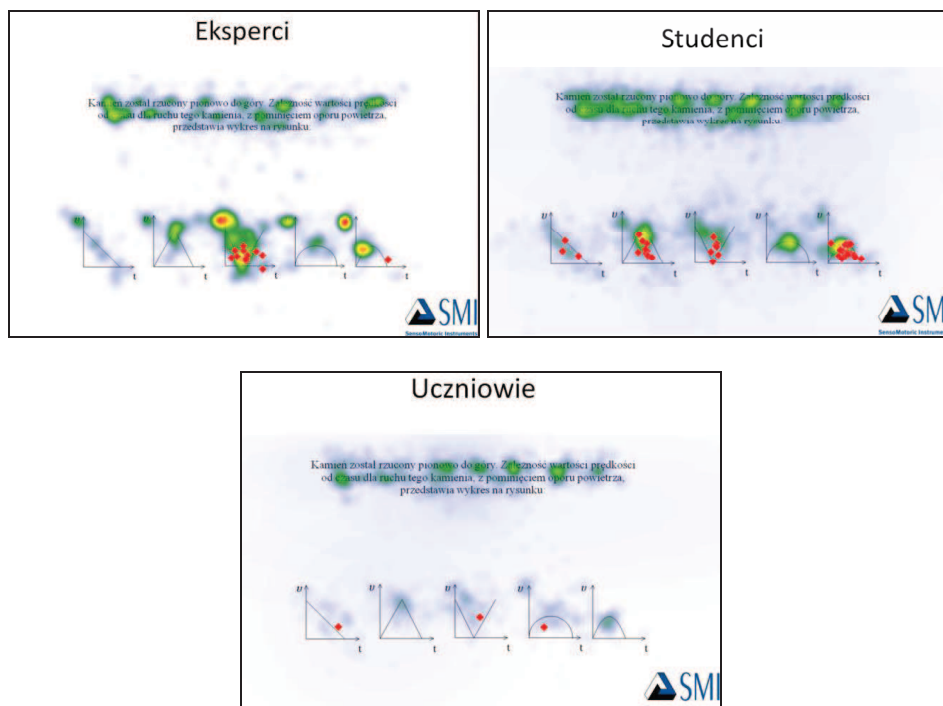
Poprawną odpowiedzią w analizowanym zadaniu jest odpowiedź C.

1. Wyniki badań

Rys. 2 przedstawia odpowiedzi udzielone przez badanych. Wyniki zostały przedstawione z podziałem na wyselekcjonowane grupy: uczniów, studentów, ekspertów, jak również wszystkich uczestników eksperymentu.



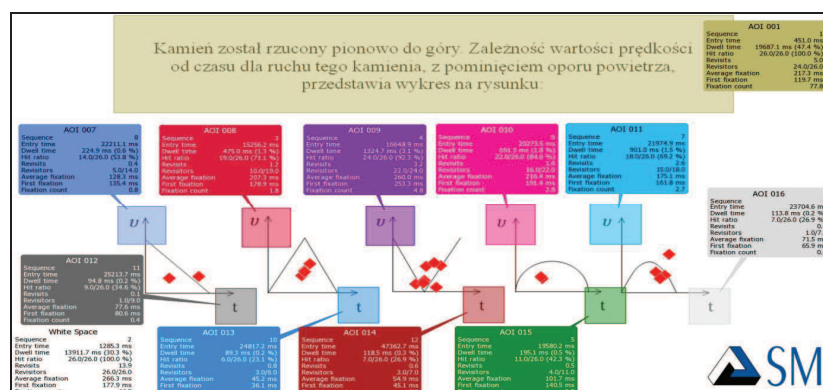
Rys. 2. Odpowiedzi badanych udzielone w czasie eksperymentu



Rys. 3. Heat mapy dla wyodrębnionych grup

Rys. 3 to ilustracja wyników badań w postaci map ciepłych. Można z nich odczytać, w jaki sposób odpowiednie grupy badanych analizowały treść zadania oraz proponowane odpowiedzi w formie wykresów. Kolorami zostały przedstawione czasy przebywania wzroku badanych na poszczególnych obszarach. Kolor czerwony uwidacznia miejsca, na które badani patrzyli najdłużej, czyli te, które budziły u badanych największe zainteresowanie. Obszary o najkrótszym czasie przebywania wzroku badanych oznaczone są kolorem niebieskim. Brak koloru oznacza brak fiksacji, czyli zatrzymania wzroku w danym miejscu.

Rys. 4 przedstawia zdefiniowane obszary, w obrębie których sumowany był całkowity czas przebywania wzroku badanego.



Rys. 4. Zdefiniowane obszary zainteresowania dla analizowanego zadania

W tabeli 1 zostały przedstawione średnie wartości czasów skupienia wzroku na obszarze zawierającym treść zadania (fiksacje) wraz z przejściami pomiędzy zatrzymaniami wzroku (sakkadami) względem całkowitego czasu rozwiązywania zadania [Ober, Dylak, Gryncewicz, Przedpelska 2009: 109–135].

Tabela 2 zawiera średnie wartości sum czasów fiksacji wraz z sakkadami dla obszarów zawierających opisy osi względem całkowitego czasu rozwiązywania zadania. Średni czas fiksacji wraz z sakkadami nazywany jest dwell time.

Tabela 3 pokazuje średni czas rozwiązywania zadania obejmujący analizę treści zadania wraz z analizą proponowanych w zadaniu odpowiedzi przez każdą z trzech grup: ekspertów, studentów oraz uczniów.

Tabela 1

Dwell time dla treści zadania dla wyodrębnionych grup

Średni czas czytania treści zadania		
Eksperci [%]	Studenci [%]	Uczniowie [%]
51,36 ± 4,63	51,51 ± 1,42	52,04 ± 2,90

Tabela 2

Dwell time dla opisów osi dla wyodrębnionych grup

Średni czas przypadający na badanego przeznaczony na zapoznanie się z opisem osi wykresów		
Eksperti [%]	Studenci [%]	Uczniowie [%]
16,68 ± 2,61	9,29 ± 0,60	11,18 ± 1,34

Tabela 3

Średnie czasy rozwiązywania analizowanego zadania przez badanych

Średni czas rozwiązywania zadania		
Eksperti [s]	Studenci [s]	Uczniowie [s]
45,59 ± 8,36	29,38 ± 1,27	46,73 ± 5,42

2. Analiza wyników

Celem badania było sprawdzenie różnic w rozwiązywaniu zadania występujących pomiędzy osobami doświadczonymi w danej dziedzinie a posiadającymi mniejsze doświadczenie. W literaturze można znaleźć badania, które pokazują, że podejmowanie błędnych decyzji w rozwiązywaniu problemów przyrodniczych wynika z braku doświadczenia, nieugruntowanej wiedzy oraz koncentrowania się na elementach, które nie gwarantują ostatecznego sukcesu [Madsen, Larson, Loschky, Rebello 2012b]. Pierwszym elementem, który został sprawdzony, był wpływ czasu czytania treści zadania na poprawność rozwiązania zadania. W naszym eksperymencie analizowane zadanie poprawnie rozwiązało 12 z 13 ekspertów, co stanowi 92% w tej grupie, 11 uczniów (46%) oraz 12 studentów (19%). Wyniki badań pokazały, że grupa ekspertów i uczniów średnio poświęciła odpowiednio 45,59 s oraz 46,73 s na rozwiązanie postawionego problemu. W przypadku grupy studentów widoczna jest różnica względem innych badanych. Ich średni czas rozwiązywania zadania wyniósł 29,38 s. Tabela 1 pokazuje, że różnice w czasach analizy treści zadania wyrażonych procentowo względem całkowitego czasu rozwiązywania zagadnienia pomiędzy ekspertami, uczniami oraz studentami są nieistotne statystycznie, czasy te wynoszą około 50% całkowitego czasu przeznaczonego na rozwiązanie problemu, a procent poprawnych odpowiedzi w tych grupach jest znacznie różniący się. Dlaczego błędna odpowiedź E wybrało 35 osób, tyle samo co poprawną? Czy był to poziom wiedzy badanych, czy znaczenie miały inne czynniki? Badani z grupy uczniów zagadnienia z kinematyki omawiali na lekcjach w szkole cztery miesi-

ce przed badaniem. Wszyscy uczniowie byli z klas realizujących rozszerzony program nauczania fizyki. Ich doświadczenia szkolne z zagadnieniami z kinematyki pozwalały na poprawne udzielenie odpowiedzi, pomimo to ponad 50% tej grupy nie wybrało poprawnej odpowiedzi. W tej grupie badanych byli tacy, którzy wybrali odpowiedź E (około 20%). Analiza heat map oraz czasów dwell time dla tego zadania pokazała, że grupy uczniów oraz studentów poświęciły odpowiednio 11,18% oraz 9,29% czasu na przeanalizowanie opisu osi wykresów. W przypadku odpowiedzi E miało to znaczący wpływ na wybór tego dystraktora. Wykres przedstawiony w odpowiedzi E mógłby być poprawny, gdyby na osi pionowej była współrzędna położenia kamienia w czasie ruchu, a nie wartość prędkości. Dystraktor E dla wielu badanych przypominał kształtem parabolę. 35 badanych wybrało tę odpowiedź. Znaczna liczba (29 osób) przypada na grupę studentów. Dowodzi to poprawności wcześniejszej argumentacji. Członkowie tej grupy z podobnymi zagadnieniami mieli do czynienia kilka lat przed badaniem oraz nie wykorzystywali tej wiedzy na bieżąco. W ich pamięci wykres E był rozpoznawalny, a dodatkowo brak analizy opisu osi powodował jego wybór. Rys. 3 przedstawiający heat mapę ekspertów wyraźnie wskazuje, że dla tej grupy badanych opis osi jest istotnym elementem pozwalającym poprawnie odpowiedzieć na pytanie zawarte w treści zadania. Analiza czasu dwell time dla obszarów zawierających opisy osi (przedstawia to rys. 4) pokazała, że eksperci średnio 16,68% czasu poświęcili na identyfikację osi wykresów. Zdaniem autorów, to był główny element rozróżniający ekspertów od pozostałych grup.

Literatura

- Błasiak W. (2011), *Rozważania o nauczaniu przyrody*, Kraków.
- Błasiak W., Godlewska M., Rosiek R., Wcisło D. (2013a), *Eye tracking: nowe możliwości eksperymentalne w badaniach edukacyjnych*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, 4/2013-1.
- Błasiak W., Godlewska M., Rosiek R., Wcisło D. (2013b), *Nowe technologie w badaniach edukacyjnych*, „Człowiek – Media – Edukacja”, Katedra Technologii i Mediów Edukacyjnych.
- Madsen A., Larson A., Loschky L., Rebello N. (2012a), *Using ScanMatch scores to understand differences in eye movements between correct and incorrect solvers on physics problems*, Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, EXTRA 2012, Santa Barbara, CA, USA, March 28–30.
- Madsen A., Larson A., Loschky L., Rebello S. (2012b), *Differences in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems*, “Physical Review Special Topics, Physics Education Research” 8, 010122 (1–13).
- Ober J., Dylak J., Gryncewicz W., Przedpelska-Ober E. (2009), *Sakkadometria – nowe możliwości oceny stanu czynnościowego ośrodkowego układu nerwowego*, „Nauka”, nr 4.

Streszczenie

W artykule prezentujemy wyniki badań dotyczących analizy różnic w rozwiązywaniu problemów fizycznych między nowicjuszami a ekspertami. Grupę nowicjuszów stanowili uczniowie szkoły średniej, studenci informatyki oraz matematyki, a grupę ekspertów pracownicy naukowcy uniwersytetu oraz doktoranci fizyki. Za pomocą eye-trackera SMI 1250 sprawdziliśmy, czy czas poświęcony na analizę treści zadania wpływa w sposób istotny na pełne wyodrębnienie niezbędnych informacji potrzebnych do rozwiązania problemu. Analiza uzyskanych wyników w czasie badania pokazała, że eksperci z większą łatwością koncentrują się na istotniejszych informacjach prowadzących do udzielenia poprawnej odpowiedzi na postawione pytanie. Przeprowadzony eksperyment wykazał, że w badanej grupie duży wpływ na wybór błędnej odpowiedzi miało niewłaściwe wykorzystanie wiedzy zdobytej w szkole na lekcjach fizyki.

Słowa kluczowe: edukacja, eye-tracking, heat map, dwell time, analiza rozwiązywania problemów przyrodniczych.

Differences in solving physics problems by the beginners and experts

Abstract

The article presents results of the research concerning the analysis of differences in solving physics problems among the beginners and experts. The group of beginners consisted of the secondary school students, the students of information technology and mathematics, whereas the group of experts composed of the university research workers as well as post-graduate students of physics. Using the eye-tracker SMI 1250 we checked if time devoted to the analysis of task content influences considerably on full separation of essential information necessary for problem solving. The analysis of the results obtained during the research showed that the experts concentrate more easily on the most important information leading to give the correct answer to the given question. The conducted experiment revealed that in the examined group the wrong usage of knowledge gained at school during physics has big influence on the choice of the wrong answer.

Key words: education, eye-tracking, heat map, dwell time, analysis of science problem solving.