

# Wzrokowa analiza układu okresowego pierwiastków chemicznych w czasie wyszukiwania ich symboli (badania przy pomocy eyetrackera)

Jan Rajmund Paśko, Katarzyna Mulawka

Wydział Nauk Społecznych, Małopolska Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Tarnowie

---

**A b s t r a k t:** W dobie gwałtownego rozwoju nowych technologii oraz łatwego dostępu do różnorodnych narzędzi pomiarowych daje się zauważyć możliwości stosowania nowych metod w badaniach dydaktycznych. Mogą stanowić one wzbogacenie metod konwencjonalnych, będąc równocześnie gwarantem większej rzetelności oraz obiektywności prowadzonych badań. Jednym z rodzajów takich badań jest eyetracking. Na początku artykułu przedstawiono podstawowe informacje dotyczące tego rodzaju badania, krótki rys historyczny jego zastosowania – ogólnie oraz w pedagogice. Zwrócono uwagę na korzyści, jakie dla procesu edukacji mogą przynieść pomiary eyetrackingowe. Sformułowano hipotezę, że sposób poszukiwania symbolu pierwiastka w układzie okresowym jest cechą indywidualną ucznia. Badania przeprowadzono w grupie uczennic i uczniów klasy VII szkoły podstawowej. Dzięki uzyskanym danym została pozytywnie zweryfikowana postawiona hipoteza. Wyniki przedstawiono w postaci map cieplnych, ścieżek ruchu oczu oraz danych zestawionych w tabelach. Stwierdzono, że sposób analizowania obrazu przedstawiającego układ okresowy pierwiastków chemicznych jest chaotyczny. Czas potrzebny na wykonanie zadania jest bardzo zróżnicowany i zależy od ucznia. Na podstawie analizy wyników badań można stwierdzić, że w celu podniesienia sprawności kształcenia należy zwiększyć indywidualizację nauczania, opierając ją na wynikach prowadzonych badań eyetrackingowych.

**S ł o w a k l u c z o w e:** eyetracking, okulografia, analiza obrazu, mapy cieplne, fiksacje, układ okresowy pierwiastków chemicznych

---

## 1. Wprowadzenie

Eyetracking, zwany również okulografią (łac. *oculus* – ‘oko’), to zespół operacji pozwalających na rejestrację ruchu gałek ocznych w czasie oglądania obrazu statycznego bądź dynamicznego. Wyniki pomiarów eyetrackingowych stanowią rzetelne źródło wiedzy dostarczające informacji na temat różnorodnych aspektów poznawczych i behawioralnych badanych jednostek, a równocześnie umożliwiają one – w sposób pośredni – badanie funkcjonowania mózgu (należy bowiem stwierdzić, że w świetle wiedzy neurobiologicznej ruchy oczu odzwierciedlają zachodzące w nim procesy myślowe). Zastosowanie badań okulograficznych – popartych analizą pozyskanych w ich trakcie parametrów psychofizjologicznych – stwarza zatem sposobność do formułowania wniosków dotyczących procesów poznawczych i emocjonalnych badanych osób. Dlatego też eyetracking stanowi atrakcyjną metodę wykorzystywaną do badań szeroko rozumianego procesu uczenia się.

## 2. Eyetracking

Prowadzenie badań w obszarze nauk społecznych, w tym również pedagogicznych, wiąże się z różnorodnymi trudnościami, związanymi między innymi z obiektywnością pozyskiwanych informacji. Otrzymane dane są często obciążone subiektywnym odczuciem badanego. Konieczne zatem dla wiarygodności badań jest pokonywanie przeszkód wynikających z niedoskonałości zmysłów, ulegających złudzeniom w czasie dokonywania samooceny, oraz wpływu emocji na osoby badane. W eliminacji tego typu zafałszowań należy sięgać po nowe technologie. Jedną z nich są – cieszące się obecnie coraz większą popularnością – badania eyetrackingowe (Sikora, Stolińska, 2016, s. 17).

Eyetracking to „zbiór metod i technik badawczych, które przeznaczone są do pomiaru, rejestracji i analizy danych o położeniu i ruchach gałek ocznych w określonym przedziale czasowym. Metodę tę wykorzystuje się do obserwacji ruchów gałek ocznych, a także ustalenia punktów skupienia wzroku, zaś samo badanie pozwala na zebranie danych ilościowych, odzwierciedlających procesy psychofizyczne i neuropsychologiczne, które są obecne podczas przetwarzania wzrokowych informacji. Eyetracking pozwala na pozyskanie wiedzy o przebytej ścieżce wzroku, na zobrazowanie tego, co jednostka ogląda w określonym momencie oraz na określenie, które z ukazanych elementów są dla osoby badanej najatrakcyjniejsze” (Garczarek-Bąk, 2016, s. 57). Eyetracking należy rozumieć również jako „ogół technik badawczych, które polegają na obiektywnym śledzeniu i zwykle rejestrowaniu ruchu gałek ocznych. Podstawowym celem badań jest pozyskanie informacji na temat ścieżki wytworzonej podczas wodzenia po obrazie wzrokiem. Aparatura pomiarowa rejestruje wspomniane ruchy oczu, a tym samym rejestruje ścieżki wzroku. Ścieżki te natomiast tworzone są przez punkty, ukazujące miejsca, na których koncentrował się wzrok w trakcie oglądania obrazu. Można zatem stwierdzić, iż ruch gałek ocznych rejestrowany jest w celu ustalenia zmian w położeniu punktu, na jaki jest skierowany ludzki wzrok” (Opach, 2011, s. 155).

Początki badań eyetrackingowych przypadają na wiek XIX. Wykonywano wtedy badania ruchów gałek ocznych drogą obserwacji. Metody wynalezione niemalże równocześnie przez Heringa i Lamare’a w 1879 roku polegały na odbiorze nasilenia siły dźwięków towarzyszących zmianom napięcia mięśni poruszających się oczu, dzięki czemu można było rejestrować zmiany ich położenia. Badacze stwierdzili, iż w trakcie czytania jednego wersu usłyszeć można pewne dźwięki, zaś w czasie przechodzenia z jednego wersu do ko-

lejnego słyszalny jest wyrazisty dźwięk. W roku 1897 za sprawą Hueya powstał przyrząd do pomiaru ruchu oczu. Metoda ta należała do inwazyjnych, wymagała bowiem nakładki umieszczonej na oku, poruszającej ramię w celu zapisania pojawiających się ruchów. Z kolei R. Dodge na początku XX wieku dostrzegł, że możliwe jest zarejestrowanie odbijającego się od oczu światła, i wraz z T. Clinem zbudował pierwszy eyetracker, który nie był inwazyjny. Rejestrował on odbijające się od rogówki oka wiązki światła, a jego zapis ukazywał punkty oraz kolejność fiksacji (Bałaj, 2011, s. 172). Zasadnicze badania dotyczące ruchu gałek ocznych zostały przeprowadzone w 1935 roku przez G. Buswella, który skonstruował kolejny nieinwazyjny eyetracker. Badacz spostrzegł, że im lepiej osoba badana zna scenę wizualną, tym czas fiksacji (krótkiego zatrzymywania się wzroku) jest dłuższy, a sakkady (szybkie ruchy gałki ocznej) krótsze, natomiast przy rozpoznawaniu sceny ilość fiksacji jest o wiele mniejsza niż w trakcie jej zapamiętywania. Zauważył również, że najwięcej fiksacji pojawia się w tych miejscach sceny, które są istotne dla jej zrozumienia (Sałaj, 2016, s. 292-293). Opracowana przez Buswella monografia wniosła duży wkład w dziedzinę badań nad ruchem oczu. Zawierała bowiem wyniki obserwacji dokonywanych systematycznie w trakcie patrzenia przez badanych na złożone obrazy. Badania podejmowane obecnie w tym zakresie koncentrują się na próbie zrozumienia ruchów oczu podczas codziennego widzenia (Bałaj, 2011, s. 172).

Istotne badania przeprowadził także po roku 1950 A. Yarbus. Ukazał on, iż jednostki badane skupiają uwagę jedynie na pewnych elementach widocznych na obrazie, zaś kierowanie wzroku zależne jest od otrzymanego pytania. Fakt ten uwidaczniał wyraźny związek pomiędzy patrzeniem a myśleniem (Sałaj, 2016, s. 294).

W świetle wiedzy neurobiologicznej należy stwierdzić, iż oczy, będące najbardziej wysuniętą częścią mózgu, odzwierciedlają zachodzące w nim procesy myślowe. Dostarczają one największej liczby bodźców, sięgającej nawet do 80%. Mózg człowieka nie skupia się na całości fizycznie dostępnego pola widzenia oka. Wyłania natomiast te jego elementy, których obraz tworzy się w żółtej plamce. Stanowi ona obszar siatkówki, który jest najlepiej wyposażony w fotoreceptory – i to w nim obraz cechuje się największą ostrością (Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło, 2013, s. 481).

Procesy wzrokowe zachodzą z ogromną prędkością, ponieważ ludzkie oczy wykonują w przybliżeniu 150 tys. ruchów w ciągu doby. Obecnie jednym z lepiej poznanych procesów jest mechanizm ruchów skokowych oczu. Wyróżnić w nim można pewne części składowe, wśród których istotne z punktu widzenia eyetrackingu są sakkady i fiksacje (Sałaj, 2016, s. 290–291).

Oko człowieka może rozpoznać w określonym momencie tylko jeden obraz, aby móc następnie przejść do kolejnego. Takie intensywne ruchy gałki ocznej są określane jako sakkady – są to ruchy między punktami, na których zatrzymuje się wzrok (Rożek, 2014, s. 384). Sakkada oznacza zatem przeniesienie wzroku na inny element obrazu oglądanego, zaś przeciętny czas jej trwania wynosi około 50 ms (Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło, 2013, s. 482). Jest ona skokową zmianą położenia oczu, która wywołana jest intencjonalnie bądź też odruchowo. Następuje wówczas zmniejszenie wrażliwości wzroku, zaś same ruchy określane są jako najszybsze spośród wszystkich wykonywanych przez ludzkie ciało (Stolińska, Andrzejewska, 2017, s. 261).

Ludzkie oko nie widzi bezustannie. Zatrzymuje się ono na określonym elemencie, który jest aktualnie obserwowany, co określane jest mianem fiksacji. Fiksacje oznaczają zatem „względnie stabilne skupienie wzroku na fragmencie oglądanego obrazu”, a czas ich trwania szacuje się na 0,15–1,5 s. Podczas owego bezruchu dochodzi do odbioru bodźców

wzrokowych, a więc percepcji danych. Przetwarzanie informacji sensorycznych jest tym głębsze, im dłużej trwa fiksacja. Liczba fiksacji może świadczyć o istotnym znaczeniu danego fragmentu dla zrozumienia sensu sceny wizualnej bądź też o problemach w rozpoznaniu jego elementów (Stolińska, Andrzejewska, 2017, s. 260). Fiksacje należy zatem pojmować jako „stan względnego spoczynku oka” – oznaczają punkty, na których wzrok badanego został zatrzymany, i prezentują jego skoncentrowanie na danym obrazie (Stolecka-Makowska, Wolny, 2014, s. 199).

Analiza sakkad oraz fiksacji zajmuje istotne miejsce w badaniach eyetrackingowych. Pomiar dokonany za pomocą eyetrackera obejmuje również całkowity i średni czas obserwowania obrazu, a także ilość rewizyt (ponownego oglądania fragmentów materiału). Badania okulograficzne dostarczają ponadto informacji, które z elementów są dostrzegane w pierwszej kolejności oraz które z nich sprawiają badanemu trudność (Garczarek-Bąk, 2016, s. 58).

Działanie eyetrackerów opiera się na zlokalizowaniu miejsca skupienia wzroku badanego za pomocą nakierowania na gałkę oczną nieszkodliwego światła podczerwonego, a także pobierania danych dotyczących odbicia światła od rogówki. Odbicia pod postacią refleksów zostają zarejestrowane przez kamerę. W czasie, gdy kamera nagrywa gałkę oczną, stosowne oprogramowanie identyfikuje źrenicę równoległe z odbiciem światła na rogówce oka (Sikora, Stolińska, 2016, s. 27). Eyetrackery służą zatem do badania wzrokowej aktywności. Są to urządzenia rejestrujące położenie gałek ocznych oraz określające kierunek patrzenia (linię wzroku). Najczęściej opierają się one na technologii wideo, która korzysta z promieniowania podczerwonego. Promienie zostają odbite od oka, później zaś rejestrowane przez czujniki optyczne lub kamerę. Zgromadzone informacje zostają następnie przekazane do komputera i poddane analizie, której celem jest wyodrębnienie charakterystycznych zmian w ruchu gałki ocznej (Stolecka-Makowska, Wolny, 2014, s. 197).

Badania eyetrackingowe można prowadzić z wykorzystaniem urządzenia mobilnego lub stacjonarnego. Eyetracker mobilny daje sposobność prowadzenia obserwacji w trakcie trwania ruchu. Wówczas osobie badanej zostają założone specjalne okulary, które są wyposażone w kamery rejestrujące aktywność wzrokową oraz otoczenie. Drugą możliwością jest korzystanie z eyetrackera stacjonarnego (kamera umiejscowiona jest na przykład na biurku bądź umieszczona w obudowie monitora), wykorzystywanego do analizy prezentowanych na ekranie monitora obrazów (Sałaj, 2016, s. 295).

W badaniach eyetrackingowych istotne jest, aby polecenie, które ma wykonać osoba badana, nie pochłaniało zbyt wiele czasu, jako że w trakcie pracy przy komputerze zaleca się zmianę pozycji co około 15 minut (Stolińska, Andrzejewska, 2017, s. 268). Informacje uzyskane z przeprowadzonych badań eyetrackingowych mogą zostać zaprezentowane na różne sposoby. Pokazują miejsca, w które patrzył uczestnik badania, czas spoglądania na obraz oraz kreślą ścieżkę podążania wzroku. Pośród najpowszechniejszych form prezentowania informacji wyróżnić można: mapy cieplne, ścieżki skanowania wzrokiem oraz analizę obszarów zainteresowań (Garczarek-Bąk, 2016, s. 61).

Mapa cieplna (ang. *heat map*), wykorzystując kolory, pokazuje miejsca kierowania wzroku przez osobę badaną. Barwy takie jak pomarańczowy lub czerwony, a więc kolory ciepłe, oznaczają, że badany był zainteresowany określonym obszarem (barwa czerwona wskazuje na największe zainteresowanie). Kolory chłodne natomiast świadczą o rzadszym skupianiu uwagi na danym fragmencie. Z kolei miejsca, które nie były w ogóle obserwowane przez uczestnika, pozostają niezakolorowane. Metoda ta nie dostarcza jednak informacji na temat kolejności spoglądania na dane elementy. W tym celu stosuje się tzw. ścieżki skanowania wzrokiem (ang. *scan path*). Przedstawiają one zachodzące ruchy sakkadowe.

Tak ujęte wyniki są prezentowane w postaci kół, których wielkość ukazuje czas fiksacji. Mogą być one także chronologicznie numerowane (Sikora, Stolińska, 2016, s. 28–29). Trzecią z prezentowanych form przedstawiania danych jest analiza obszarów zainteresowania (ang. *area of interest* – AOI). Pozwala ona na wyodrębnienie z ogółu spojrzeń tych, które odnoszą się do poszczególnych miejsc przedstawianych na ekranie, oraz zawiera procentowy zapis rozkładu skupienia uwagi. Obszary zainteresowań występują w postaci półprzezroczystych warstw, a dzięki danym procentowym możliwa jest bardziej wnikliwa analiza ilościowa spojrzeń (Garczarek-Bąk, 2016, s. 63).

### 3. Eyetracking w badaniach pedagogicznych

Dający się współcześnie zauważyć rozwój technologii informacyjno-komunikacyjnych oraz łatwiejszy dostęp do urządzeń pomiarowych umożliwia stosowanie nowych metod w badaniach dydaktycznych. Konwencjonalne metody badań można obecnie wzbogacać nieinwazyjnymi sposobami obserwowania parametrów psychofizjologicznych, między innymi dzięki badaniom eyetrackingowym. Zarejestrowane wyniki mogą być natomiast wskaźnikiem motywacji osoby badanej do wysiłku intelektualnego, świadczyć o poziomie doświadczanego stresu, jak również o emocjonalnym wysiłku dotyczącym wykonywanego zadania (Rosiek, Sajka, 2014, s. 368).

W procesie kształcenia istotną kwestią jest cel przekazywania wiedzy: uczeń powinien nie tylko umieć ją odtworzyć, ale również nabyć umiejętność stosowania jej w praktyce. Wiele korzyści mogłoby przynieść odkrycie zależności między przekazywaniem a odbieraniem informacji, jednak badania w tym zakresie nie są jeszcze wystarczające. Należy wskazać, iż łatwiejsze jest określenie, czy informacje zostały przez ucznia zapamiętane, trudniej natomiast jest stwierdzić nabycie przez niego umiejętności posługiwania się tą wiedzą w praktyce. Proces przyswajania przekazu nie jest badany przez wychowawców obiektywnie – badane są subiektywne odczucia tego, kto ów przekaz odbiera. Współcześnie można już zbadać odtwarzanie w umyśle informacji. Należy zatem dążyć do ustalania, dlaczego pewni uczniowie nie potrafią poprawnie rozwiązać danych zadań. Poznanie przez nauczyciela przyczyn udzielania błędnych odpowiedzi jest istotnym warunkiem podniesienia efektywności kształcenia i jej indywidualizacji (Paško, 2016, s. 125–126).

Wiele możliwości w tym zakresie dostarcza stosowanie badań eyetrackingowych. Pozwalają one bowiem na wyróżnienie elementów, które w czasie badania zostały dostrzeżone i których nie dostrzeżono, a także zrozumianych i niezrozumianych. Służą również określeniu kolejności i czasu obserwowania fragmentów obrazu, rozeznaniu, po jakim czasie zostały one dostrzeżone, jak też stwierdzeniu, czy określony tekst był przez badanego czytany, czy jedynie skanowany. Stosowanie tej metody sprawia, iż stosowana jest ona również w szeroko ujmowanych badaniach marketingowych (Świda, Kabaja, 2013, s. 29).

Badania eyetrackingowe znajdują zastosowanie w badaniach pedagogicznych. Dzięki pomiarowi parametrów ruchów oraz reakcji gałki ocznej można wysuwać wnioski dotyczące procesów poznawczych i emocjonalnych oraz w pośredni sposób badać funkcjonowanie mózgu. Dlatego też eyetracking wykorzystuje się do badań procesu uczenia się, zaś uzyskane wyniki wdraża się do pracy pedagogiczno-dydaktycznej (Rożek, Błasiak, Andrzejewska, Godlewska, Kozubowski, Rosiek, Sajka, Stolińska, Wcisło, 2015, s. 202).

Przeważająca część materiałów i pomocy edukacyjnych jest tworzona w formie wizualnej. Obecnie istnieją korzystne warunki do upowszechniania obrazów jako jednego z głównych środków przekazu treści edukacyjnych, co jest związane z wykorzystaniem badań eye-trackingowych. Badacze stosują tę metodę do doskonalenia wizualnych i multimedialnych materiałów dydaktycznych w obszarze ich tematyki, lokalizacji, ilustracji oraz zawartości merytorycznej (Stolińska, Andrzejewska, 2017, s. 262).

Zastosowanie eyetrackingu dostarcza informacji na temat takich procesów, jak percepcja i wyobraźnia wzrokowa, uwaga, rozwiązywanie problemów oraz czytanie tekstów. Rezultaty badań ukazują zaś nowe możliwości w dziedzinie edukacji, a zwłaszcza w zakresie dydaktyk szczegółowych (Rożek, 2014, s. 384).

Przy pomocy eyetrackingu można określić parametry odnoszące się do aktywności mózgu w czasie rozwiązywania różnorodnych problemów dydaktycznych i zadań edukacyjnych. Możliwe jest ustalenie stopnia trudności zadań, jak również związków między poziomem trudności a subiektywnymi odczuciami uczniów w tym zakresie (Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło, 2013, s. 486).

## 4. Badania

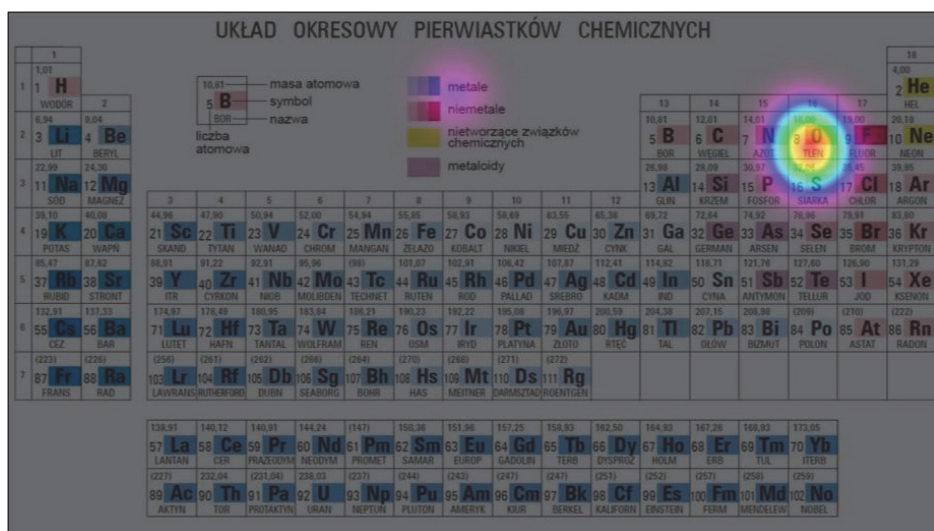
Problem badawczy sformułowano następująco: w jaki sposób uczniowie analizują układ okresowy pierwiastków chemicznych? Hipotezę zaś stanowiło następujące przypuszczenie: sposób analizowania układu okresowego pierwiastków chemicznych jest cechą indywidualną każdego ucznia. Zmienną niezależną w przeprowadzonych badaniach był układ okresowy pierwiastków, natomiast zmienną zależną – analiza wzrokowa tego układu. Wskaźnikami były mapy cieplne i zarejestrowane ścieżki wzroku.

Pomiary wykonano przy pomocy przenośnego eyetrackera The Eye Tribe (model ET1000) pracującego z oprogramowaniem Eye Tribe Server oraz Eye Tribe UI. Do rejestracji danych i odtworzenia wyników wykorzystano program Ogama 5.0.

Badaniem eyetrackingowym została objęta grupa licząca łącznie dwadzieścioro dziecięciore uczniów. W jej skład wchodzili uczniowie i uczennice uczęszczający do dwóch klas VII szkoły podstawowej. Grupę badaną stanowiło szesnaścioro dziewcząt i trzynastu chłopców. Dobór próby do badań empirycznych dokonany został losowo. Przed przystąpieniem do badania uczniowie zostali poinformowani o sposobie jego wykonania.

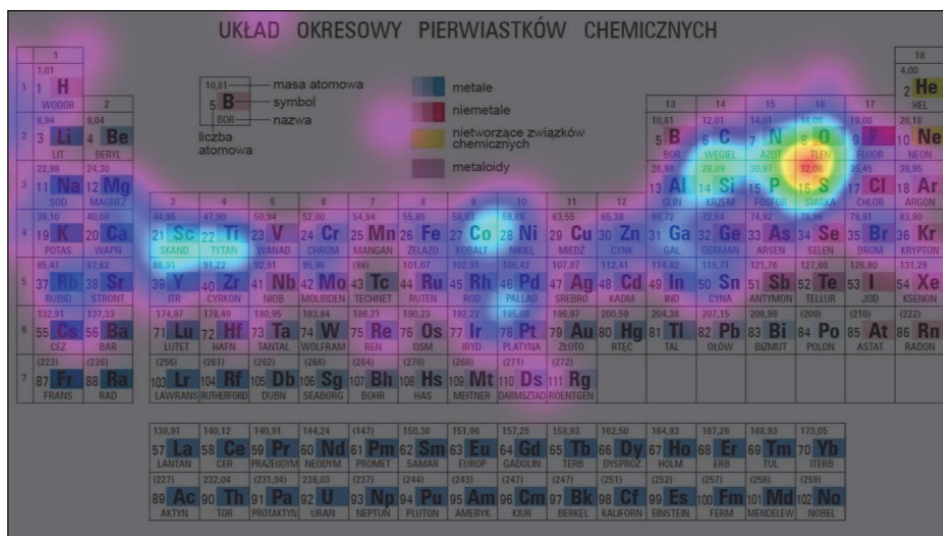
Badani otrzymali polecenie odszukania w układzie okresowym pierwiastków chemicznych, wyświetlanym na ekranie monitora, symboli wskazanych pierwiastków: siarki, tlenu i żelaza. Po odnalezieniu wskazanego symbolu uczniowie mieli na nim kliknąć lewym przyciskiem myszy. Do badań wykorzystano układ okresowy pierwiastków chemicznych zamieszczony w podręczniku do chemii dla gimnazjum (Paško, Nodzyńska, 2009).

Podczas badania jego uczestnicy naprzemiennie wyszukiwali symbole określonych pierwiastków chemicznych, co miało zaowocować otrzymaniem 58 wyników. W związku z brakiem prawidłowej kalibracji niektóre wyniki zostały odrzucone. W rezultacie dla symbolu pierwiastka tlenu uwzględniono wyniki jedenaścioro uczniów, zaś w przypadku symboli siarki i żelaza – wyniki dwadzieścioro czworga uczniów (po 12 dla każdego z pierwiastków). Uczniowie, którzy mieli wskazać symbol danego pierwiastka, podzieleni byli na dwie grupy. Porównanie wyników tych dwu grup miało dać odpowiedź na pytanie: czy analiza obrazu przebiega u wszystkich uczniów w taki sam sposób? Porównano mapy cieplne dwu grup poszukujących symbolu pierwiastka tlenu (rysunki 1 i 2).



Rysunek 1. Mapa ciepła sześciorga badanych uczniów poszukujących symbolu tlenu w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 2. Mapa ciepła pięciorga badanych uczniów poszukujących symbolu tlenu w układzie okresowym pierwiastków

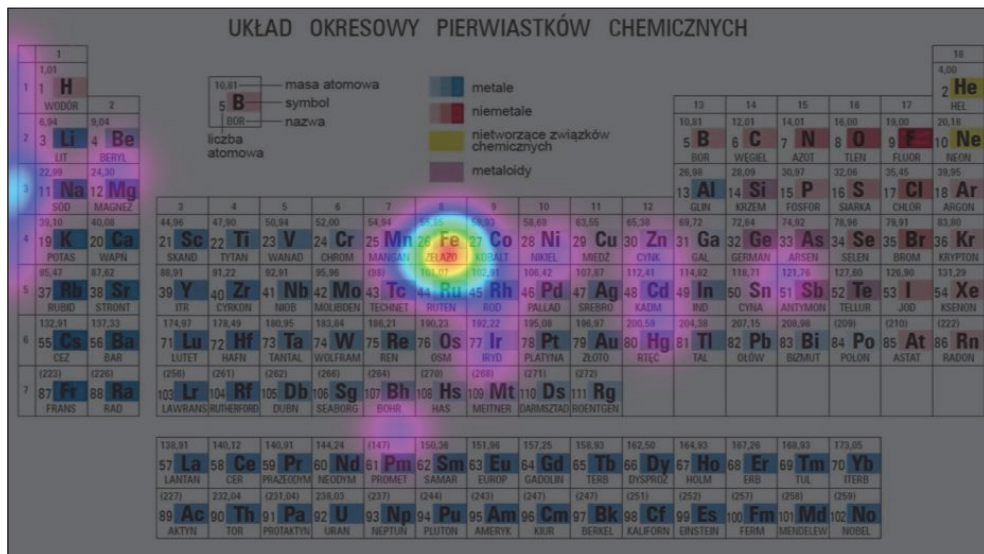
Źródło: opracowanie własne.

Porównanie map ciepłych pozwala zauważyć, że uczniowie skupieni w jednej grupie koncentrowali uwagę od razu na obszarze, w którym występował symbol tlenu (rysunek 1), natomiast badani z drugiej grupy wzdłżyli wzrokiem po górnej części układu, zatrzymując go w kilku punktach, by wreszcie odnaleźć symbol szukanego pierwiastka (rysunek 2).



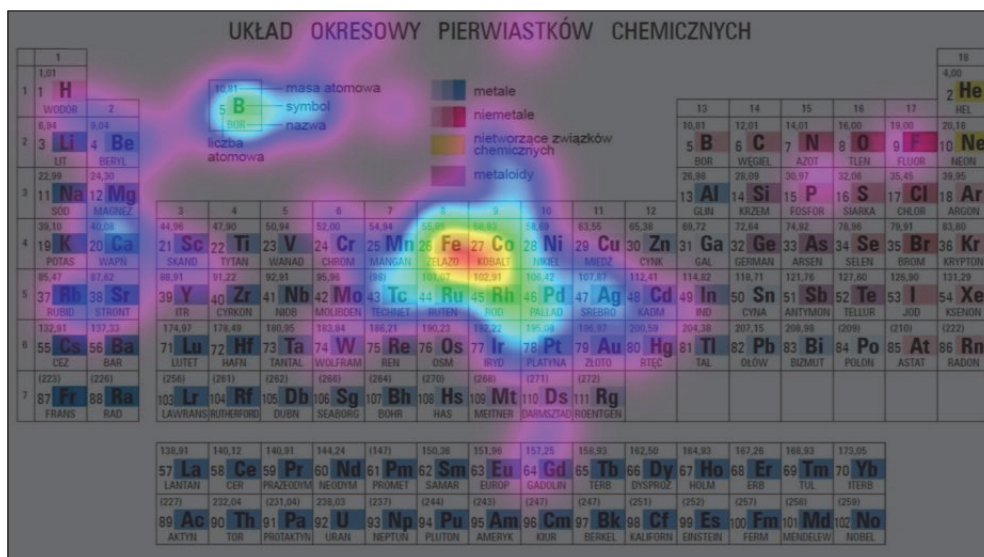


Mapy cieplne w przypadku odszukiwania symbolu siarki (rysunki 3 i 4) wskazują na aktywności wzroku w innych obszarach układu okresowego pierwiastków chemicznych.



Rysunek 5. Mapa cieplna czworga badanych uczniów poszukujących symbolu żelaza w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.

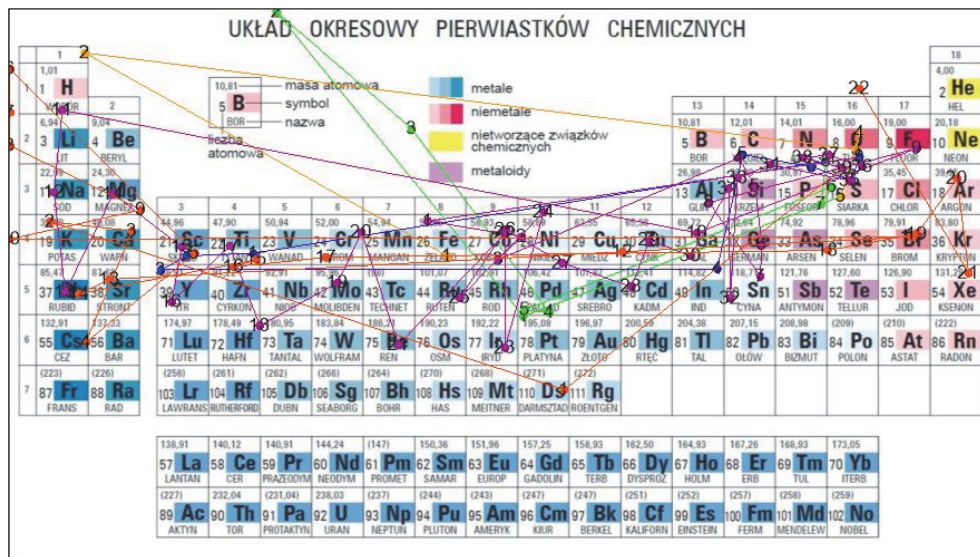


Rysunek 6. Mapa cieplna pięciorga badanych uczniów szukających symbolu żelaza w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunkach 5 i 6 pokazano mapy ciepłe zarejestrowane podczas poszukiwania symbolu żelaza. W jednym przypadku badani szybko odnaleźli symbol podanego pierwiastka, w drugim zaś oglądali większy obszar przedstawionego im obrazu.

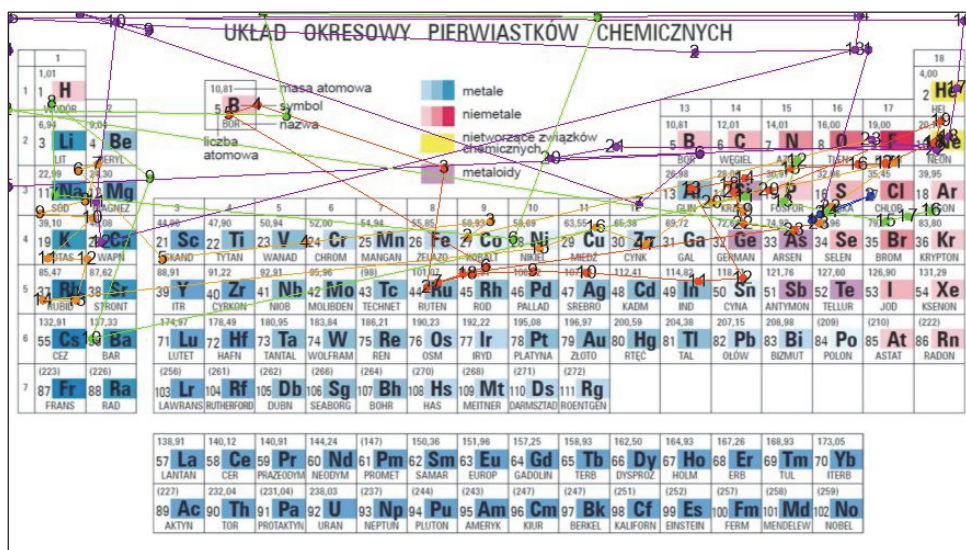
Zapis ścieżki wzroku w czasie analizy obrazu pokazuje, jak bardzo zróżnicowane są sposoby analizowania układu okresowego pierwiastków przez poszczególnych uczniów. Ścieżka wzroku każdego ucznia jest oznaczona inną barwą linii.



Rysunek 7. Ścieżki wzroku pięciorga badanych uczniów poszukujących symbolu tlenu w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.

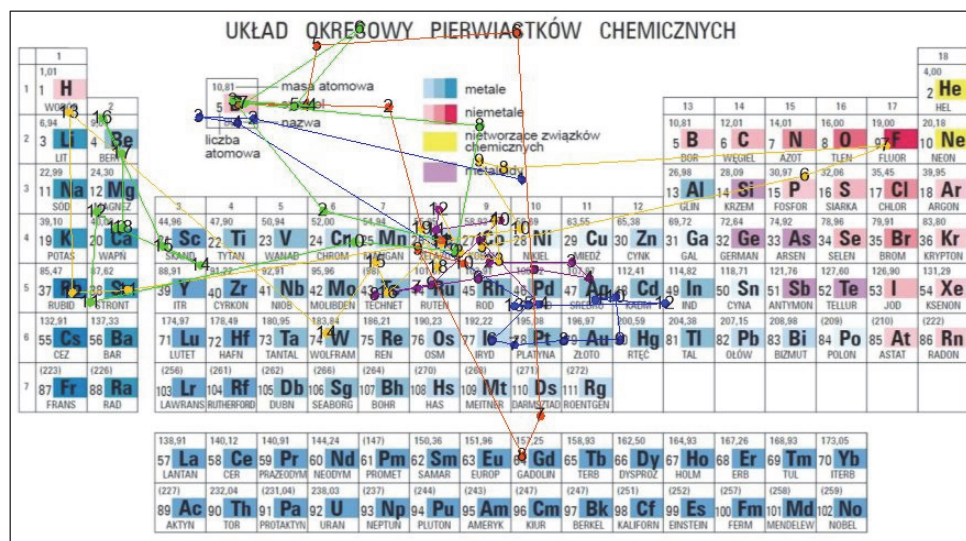
Z analizy danych przedstawionych na rysunku 7 można wnioskować, że właściwie każdy z badanych uczniów rozpoczynał oglądanie obrazu w innym miejscu. Jedni zaczynali od środkowej części obrazu, inni wprawdzie też od środka, ale w dolnej części. Kolejne fiksjacje dla każdego badanego są oznaczone oddzielnie, co pozwala dokładnie przeanalizować ruch oczu. Przedstawione na rysunku 7 ruchy oczu poszczególnych badanych zostały wcześniej pokazane w postaci mapy ciepłej (rysunek 2).



Rysunek 8. Ścieżki wzroku pięciorga badanych uczniów poszukujących symbolu siarki w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 8 przedstawia ruchy oczu poszczególnych badanych. Również w tym przypadku wzrok badanych analizuje obraz w sposób specyficzny dla każdego ucznia. Skupienie wzroku dla tego badania pokazuje mapa cieplna (rysunek 4).



Rysunek 9. Ścieżki wzroku pięciorga badanych uczniów poszukujących symbolu żelaza w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.

Ciekawy przypadek zauważono w jednej z grup mających za zadanie wskazanie symbolu żelaza (rysunek 9). Otóż w tym przypadku troje uczniów na początku analizowania obrazu odniosło się do obszaru wyjaśniającego znaczenie symboli i liczb zamieszczonych w poszczególnych opisach danych o pierwiastku. Mapa cieplna dla tego pomiaru przedstawiona jest na rysunku 6.

Z analizy danych zaprezentowanych w postaci map cieplnych, jak i ścieżek wzroku należy wnioskować, iż sposób analizowania układu okresowego pierwiastków chemicznych jest cechą indywidualną każdego ucznia, co stanowi potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej.

Pewne fragmenty obrazu obserwuje ogół badanych – są nimi symbole odszukiwanych pierwiastków, jednak drogi dochodzenia do tych symboli widocznie się różnią. Na podstawie przedstawionych zarejestrowanych ruchów sakkadowych należy uznać, że badani wyszukiwali poszczególne symbole w sposób nieuporządkowany. Nie wodzili oni wzrokiem po kolejnych okresach bądź grupach układu okresowego. Aktywność wzrokową uczniów daje się zauważyć w wielu częściach układu okresowego, choć jest ona skoncentrowana przede wszystkim w centralnej i prawej górnej części obrazu. W tabeli 1 zestawiono najdłuższy i najkrótszy czas, jaki badane osoby poświęciły na odnalezienie symbolu danego pierwiastka.

Tabela 1. Zestawienie najdłuższego i najkrótszego czasu wyszukania symboli poszczególnych pierwiastków

Symbol wyszukiwanego pierwiastka	Najdłuższy czas wykonania zadania [s]	Najkrótszy czas wykonania zadania [s]
O	40,5	4,6
S	27,8	4,4
Fe	61,8	4,9

Źródło: opracowanie własne.

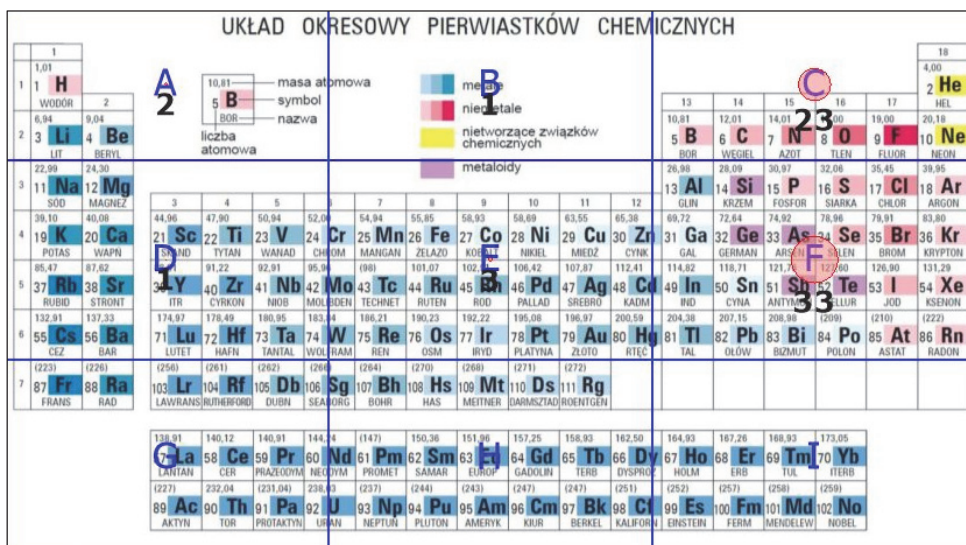
Wyniki przedstawione w tabeli 1 wskazują na znaczne różnice czasu wykonania zadania przez poszczególnych uczniów. Szczególnie duże dysproporcje występują w przypadku najdłuższego czasu odnajdowania symbolu pierwiastka. Najdłużej jedna z badanych osób poszukiwała symbolu żelaza – przez 61,8 s – zaś w przypadku odnajdowania symbolu siarki najdłuższy czas wynosił 27,8 s. Natomiast najkrótsze czasy szukania symbolu pierwiastka nie różniły się od siebie o więcej niż 9%. Z kolei największa różnica pomiędzy najdłuższym i najkrótszym czasem odnajdowania symbolu pierwiastka występowała w przypadku żelaza, najdłuższy czas był bowiem około 12-krotnie dłuższy od najkrótszego. Średnie czasy wyszukiwania symboli pierwiastków były do siebie podobne, co ilustruje tabela 2.

Tabela 2. Średni czas wyszukiwania poszczególnych symboli pierwiastków chemicznych przez badanych

Symbol wyszukiwanego pierwiastka	Średni czas wyszukania symbolu pierwiastka [s]
O	13,67
S	12,21
Fe	13,75

Źródło: opracowanie własne.

W celu weryfikacji otrzymanych danych obszar z planszą układu okresowego pierwiastków podzielono na dziewięć obszarów AOI. Podział na te obszary w przypadku badania sześciorga uczniów odszukujących symbol tlenu pokazuje rysunek 10. W pozostałych przypadkach plansza została podzielona na identyczne obszary. Liczba w danym obszarze pokazuje liczbę fiksacji wszystkich sześciorga badanych w tym obszarze.



Rysunek 10. Obszary AOI uwzględniające liczbę fiksacji oczu dla sześciorga badanych uczniów poszukujących symbolu tlenu w układzie okresowym pierwiastków

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 3 zestawiono liczby fiksacji oczu w poszczególnych AOI przy odszukiwaniu symbolu danego pierwiastka.

Tabela 3. Zestawienie liczby fiksacji oczu w poszczególnych obszarach AOI

Oznaczenie AOI	Symbol pierwiastka			Ogółem
	O (tlen)	S (siarka)	Fe (żelazo)	
A	8	15	19	42
B	2	8	5	15
C	<b>34</b>	29	2	65
D	22	31	31	84
E	22	46	<b>85</b>	153
F	57	<b>61</b>	15	133
G	–	6	–	6
H	1	–	6	7
I	–	5	–	5

Źródło: opracowanie własne.

W obszarze AOI oznaczonym literą C znajdował się symbol tlenu. W AOI oznaczonym literą E mieścił się symbol żelaza, natomiast w AOI oznaczonym literą F – symbol siarki. Z przedstawionego zestawienia wynika, że najwięcej fiksacji następowało w obszarach, w których znajdowały się odszukiwane symbole. Odstępstwo występuje w obszarze F w przypadku poszukiwania symbolu tlenu. Można to tłumaczyć położeniem symbolu tego pierwiastka blisko granicy pomiędzy obszarami C i F.

Badani uczniowie mieli za zadanie podać odpowiedź poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy na odnaleziony symbol pierwiastka. W badaniach zwrócono uwagę na ewentualną zależność pomiędzy analizowaniem obrazu a ruchem wskaźnika myszy. W wyniku analizy map cieplnych stwierdzono, że prawie zawsze mysz stała nieruchomo w jednym miejscu, a przesuwana była tylko w celu zaznaczenia odszukanego symbolu.

## 5. Wnioski

Na podstawie dokonanej analizy i interpretacji uzyskanych wyników badań eyetrackingowych sformułowane zostały następujące wnioski:

1. Sposób analizowania układu okresowego pierwiastków chemicznych przez uczniów jest cechą indywidualną każdego z nich, co stanowi potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej.

2. Analiza ruchów sakkadowych oczu badanych uczniów wykazała, iż wyszukiwanie symboli pierwiastków chemicznych następowało w sposób nieuporządkowany.
3. Przeprowadzone badanie potwierdziło posiadanie przez uczniów umiejętności wyszukiwania i odczytywania symboli pierwiastków chemicznych w układzie okresowym pierwiastków.
4. Uzyskane dane wskazują na brak ruchów myszy komputera, która podczas badania pozostawała w spoczynku, w czasie gdy uczniowie śledzili wzrokiem obraz na monitorze – dopiero po odszukaniu symbolu pierwiastka klikali na niego myszą.
5. Znacząca rozbieżność pomiędzy najkrótszym a najdłuższym czasem wykonania danego zadania przez badanych ukazuje konieczność indywidualnego podejścia do ucznia oraz zindywidualizowania wymagań edukacyjnych.
6. Centralne położenie symboli pierwiastków chemicznych w układzie okresowym nie daje gwarancji szybszego ich odnalezienia przez uczniów.

Na podstawie przeprowadzonych badań nasuwa się wniosek, że w celu podniesienia sprawności kształcenia należy zwiększyć indywidualizację nauczania w zakresie zapoznawania się uczniów z układem okresowym pierwiastków, opierając się na wynikach badań eyetrackingowych.

## Bibliografia

- Bałaj, B. (2011). Analiza i interpretacja ruchów oczu w skaningu wyobraźniowym. W: O. Gorbaniuk i in. (red.). *Studia z Psychologii w KUL* (s. 169–188). Lublin: Wydawnictwo KUL.
- Błasiak, W., Godlewska, M., Rosiek, R., Wcisło, D. (2013). Eye tracking. Nowe możliwości eksperymentalne w badaniach edukacyjnych. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 1(4), 481–488.
- Garczarek-Bąk, U. (2016). Użyteczność badań eye trackingowych w pomiarze utajonych determinant zachowań zakupowych nabywców. *Ekonometria*, 3(53), 54–71.
- Opach, T. (2011). Zastosowanie okulografii (techniki eye-tracking) w kartografii. *Polski Przegląd Kartograficzny*, 43(2), 155–169.
- Paśko, J.R. (2016). Badania eyetrackingowe w dydaktyce chemii. W: W. Błasiak (red.). *Neuronauka i eyetracking. Badania i aplikacje* (s. 123–136). Kraków: Wydawnictwo Libron – Filip Lohner.
- Paśko, J.R., Nodzyńska, M. (2009). *Moja chemia. Podręcznik dla gimnazjum*. Cz. 1. Krzeszowice: Wydawnictwo Kubajak.
- Rosiek, R., Sajka, M. (2014). Reakcja źrenicy jako wskaźnik przetwarzania informacji podczas rozwiązywania zadań testowych z zakresu nauk ścisłych. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 5(2), 368–374.
- Rożek, B. (2014). Wykorzystanie badań eye-trackingowych do analizy procesu rozwiązywania testowego zadania matematycznego jednokrotnego wyboru. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 5, 384–390.
- Rożek, B., Błasiak, W., Andrzejewska, M., Godlewska, M., Kozubowski, P., Rosiek, R., Sajka, M., Stolińska, A., Wcisło, D. (2015). Neurodydaktyczne aspekty procesu rozwiązywania testowego zadania matematycznego na podstawie badań eyetrackingowych. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 6(3), 202–208.

- Sałat, J. (2016) Widzenie kontrolowane, czyli kiedy technika wkracza w pole patrzenia. Eyetracking. W: J. Dziewit, M. Kołodziej, A. Pisarek (red.). *Patrzenie i widzenie w kontekstach kulturoznawczych*. Katowice: Wydawnictwo Grupakulturalna.pl – Uniwersytet Śląski.
- Sikora, M., Stolińska, A. (2016). Zastosowanie okulografii w badaniach interfejsów użytkownika. W: W. Błasiak (red.). *Neuronauka i eyetracking. Badania i aplikacje* (s. 15–41). Kraków: Wydawnictwo Libron – Filip Lohner.
- Stolecka-Makowska, A., Wolny, R. (2014). Możliwości zastosowania techniki okulograficznej w ilościowych badaniach marketingowych. *Studia Ekonomiczne*, 195, 195–205.
- Stolińska, A., Andrzejewska, M. (2017). Metodologiczne aspekty stosowania techniki eye trackingowej w badaniach edukacyjnych. *Przegląd Badań Edukacyjnych*, 24, 259–276.
- Świda, J., Kabaja, B. (2013). Wykorzystanie technik neuromarketingowych do badań przestrzegania opakowań produktów. *Marketing i Rynek*, 11, 26–30.

## Visual analysis of the periodic table of chemical elements during the search for their symbols (eyetracker research)

---

**A b s t r a c t:** In the era of rapid development of new technologies and easy access to a variety of measurement tools, the possibility of using new methods in didactic research can be noticed. They can serve as an enrichment of conventional methods, while being a guarantee of greater reliability and objectivity of the conducted research. One type of such a research is known as eyetracking. At the beginning of the article the basic information on eyetracking is presented together with a brief historical outline of its use in general and in pedagogy. Attention was paid to the benefits the eyetracking research can bring to the education process. The hypothesis was formulated that the method of searching for the element's symbol in the periodic table is the student's individual feature. The research was carried out in the group of 7th grade primary school male and female students. As a result of the research, the hypothesis was positively verified. The test results are presented in the form of thermal maps, eye movement paths and the data summarizing tables.

It was found, that the method of analyzing the image depicting the periodic table of chemical elements, is chaotic. The time required to complete the task is very diverse and depends on the student. Basing on the analysis of research results, it can be stated that in order to improve the efficiency of education, the individualization of teaching should be increased upon the results of eyetracking research.

**Key words:** eyetracking, oculography, image analysis, heat maps, fixations, periodic table of chemical elements

---