UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ

Pedagogická fakulta

Katedra chemie Přírodovědecké fakulty

Strategie řešení úloh s podporou periodické tabulky prvků u žáků střední školy

Diplomová práce

Autor: Bc. Denisa Jirásková

Studijní program: N0114A300053 / Učitelství pro střední školy

Studijní obor: 7504T260 / Chemie

7504T262 / Matematika

7504T / Společný základ

Vedoucí práce: RNDr. Veronika Machková, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Katarína Chalupová, Ph.D.

Hradec Králové 2023

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta

Zadání diplomové práce

Autor: **Denisa Jirásková**

Studium: P20P0469

Studijní program: N0114A300053 Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Chemie, Matematika

Název diplomové práce: **Strategie řešení úloh s podporou periodické tabulky prvků u žáků střední školy**

Název diplomové práce AJ: Strategies of upper secondary school students in solving tasks based on the periodic table

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Práce se zaměřuje na strategie řešení úloh s podporou periodické tabulky prvků u žáků střední školy. V teoretické části bude představena periodická tabulka prvků jako téma a prostředek výuky chemie na střední škole a charakterizovány zvolené metody sběru dat. Cílem praktické části je nastavit a pilotovat metodu, která by umožnila analyzovat strategie žáků při řešení úloh s podporou periodické tabulky. Pomocí této metody identifikovat používané strategie řešení typových úloh u žáků vybrané střední školy.

Scerri, E. R. (2006). The Periodic Table: Its Story and Its Significance; New York City, New York; Oxford University Press.

Someren, Maarten & Barnard, Yvonne & Sandberg, Jacobijn. (1994). The Think Aloud Method - A Practical Guide to Modelling CognitiveProcesses.

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. Cognitive Psychology, 8, 441-480.

Další zdroje na základě rešerše.

Zadávající pracoviště: Katedra chemie, Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Veronika Machková, Ph.D.

Oponent: Mgr. Katarína Chalupová, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 20.7.2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou závěrečnou práci Strategie řešení úloh s podporou periodické tabulky prvků u žáků střední školy vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce RNDr. Veronikou Machkovou, Ph.D, že v ní řádně cituji všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne .....

podpis autora práce

Poděkování

Diplomová práce vznikla díky institucionální podpoře Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové.

Ráda bych tímto poděkovala RNDr. Veronice Machkové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost, díky které jsem byla schopna tuto práci zkompletovat a odevzdat v této podobě.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá zkoumáním strategií studentů, které si volí při řešení vybraných úloh, jež mají souvislost s periodickou tabulkou prvků. První část diplomové práce se zabývá teoretickým rozborem právě těchto vybraných úloh. Zároveň jsou zde představeny metody využívané v praktické části ke sběru dat. Jmenovitě jde o sledování očních pohybů při řešení úlohy (metoda eye tracking) a synchronní sledování přemýšlení studenta o úloze (metoda think-aloud). Ve druhé, praktické části této diplomové práce je popsána realizace výzkumného šetření zaměřeného na detekci využívaných strategií při řešení vybraných úloh s periodickou tabulkou prvků studentů vybraného gymnázia. Na základě naměřených dat bylo vymezeno několik strategií, které využívali respondenti při řešení předložených úloh. Zároveň byla odhalena úskalí, která použité strategie při řešení úloh nesou.

Klíčová slova: periodická tabulka prvků, strategie řešení úloh, eye tracking, think-aloud, výuka chemie na střední škole

Annotation

This thesis investigates the strategies students choose when solving selected problems related to the periodic table of elements. The first part of the thesis deals with the theoretical analysis of these selected problems. At the same time, the methods used in the practical part to collect data are presented. Namely, the eye movements during solving the task (eye tracking method) and the synchronous tracking of the student's thinking about the task (think-aloud method). The second, practical part of this thesis describes the implementation of a research investigation aimed at detecting the strategies used in solving selected problems with the periodic table of elements by students of a selected high school. The measured data clearly defined the strategies used by successful students and the strategies used by less successful students. It revealed to us a number of pitfalls that the strategies used carry.

Key words: the periodic table of elements, problem solving strategies, eye tracking, think-aloud, teaching chemistry in high school

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomová závěrečná práce je uložena v souladu s rektorským výnosem č. 13/2017 (Řád pro nakládání s bakalářskými, diplomovými, rigorózními, dizertačními a habilitačními pracemi na UHK).

Obsah

Úvod **9**
TEORETICKÁ ČÁST **11**
1 Periodická tabulka prvků ve výuce chemie na střední škole **11**
1.1 Historie vzniku periodické tabulky prvků 11
1.2 Význam periodické tabulky prvků ve výuce chemie na střední škole 13
2 Metody pozorování strategií využívaných studenty při řešení úloh **14**
2.1 Řešení problémů 14
2.1.1 Strategie řešení problémů 15
2.2 Eye tracking 17
2.2.1 Historie eye trackingu 17
2.2.2 Princip eye trackingu 18
2.2.3 Retrospekce 19
2.2.4 Introspekce 20
2.3 Think-aloud 20
2.4 Principy, podmínky a limity použití metod pozorování 21
PRAKTICKÁ ČÁST **25**
3 Cíle práce **25**
3.1 Výzkumné otázky 26
4 Průběh výzkumu **27**
4.1 Použité metody sběru a analýzy dat 27
4.2 Technické zabezpečení sběru a analýzy dat 27
4.2.1 Eye tracker 27
4.2.2 Záznam zvuku 28
4.2.3 Přepis zvukového záznamu 28
4.2.4 Nástroje použité pro sběr dat 28
4.3 Výběr vzorku respondentů 32
4.3.1 Charakteristika respondentů 34
5 Výsledky výzkumného měření **36**
5.1 Správnost řešení úloh 36
5.2 Analýza použitých strategií 37
5.2.1 Sada 1 37
5.2.2 Sada 2 41
6 Diskuze výsledků **45**
6.1 Vztah volby strategie a správnosti řešení úloh v sadě 1 45
6.2 Vztah volby strategie a správnosti řešení úloh v sadě 2 47
6.3 Další identifikované faktory ovlivňující úspěšnost řešení úloh 50
6.3.1 Čtení zadání 50
6.3.2 Kognitivní zkreslení 52
6.3.3 Neznalost polohy prvku v PTP 54
6.3.4 Neznámé prostředí a nestandartní podmínky 56
ZÁVĚR **57**
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY **59**
SEZNAM TABULEK **63**
SEZNAM OBRÁZKŮ **64**

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá různými strategiemi řešení vybraných úloh, které lze vyřešit pomocí periodické tabulky prvků. Proč právě periodická tabulka prvků? Důvodů je hned několik. Jeden z hlavních motivů je však ten, že periodická tabulka prvků je základním stavebním kamenem ve výuce chemie, nemluvě o důležitých funkcích, které má.

Příčin, proč se periodická tabulka prvků využívá v chemii jako základní nástroj, je celá škála. Mezi nejvýznamnější můžeme zařadit například *organizaci prvků* – periodická tabulka prvků je důležitá, protože je uspořádána tak, aby poskytovala velké množství informací o prvcích a jejich vzájemných vztazích v jednom přehledném odkazu. Dále *vztahy mezi prvky* – sloupce (skupiny) a řádky (periody) v tabulce označují prvky s podobnými parametry. *Predikce vlastností* – pomocí tabulky lze prognózovat charakteristiky prvků, včetně těch, které dosud nebyly objeveny. Sloupce (skupiny) a řádky (periody) v tabulce označují prvky s podobnými atributy. Díky tabulce jsou vlastnosti prvků patrné, srozumitelné a snadno odvoditelné. *Výuka* – poskytuje studentům a učitelům pomůcku, která pomáhá rozvíjet základní chemické myšlení. [16]

Pro označení periodické tabulky prvků je hojně používaná zkratka PTP. Dále v této diplomové práci budeme chápat pod zkratkou PTP právě již zmiňovanou periodickou tabulku prvků.

Podnětem pro výběr tohoto tématu mi byla vlastní zkušenost, která mi pomohla pochopit důležitost periodické tabulky prvků. Pokud dojde k pochopení uspořádání prvků v PTP a propojení jednotlivých souvislostí s ní spjatých, uchrání to studenty před pouhým memorováním informací z oblasti obecné, anorganické a organické chemie. Jestli dojde k pochopení a propojení informací, tyto informace se nám vybaví i po delší době jejich nevyužívání. Oproti tomu informace, které jsme pouze memorovali, se nám z paměti bez ustavičného opakování vytratí.

Paměťový proces je složen ze tří fází: vštípení, retence a reprodukce. Pro nás je důležitá druhá fáze retence, jinak též úchovnost. Informace, které se týkají osobních zkušeností a hodnot, jsou v paměti často lépe uchovávány. Pozitivní zážitky, které rezonují s našimi osobními přesvědčeními a důležitými událostmi, mají tendenci zůstávat v paměti.

Opakování a hluboké pochopení získaných informací mohou pomoci udržet informaci v paměti. [17]

Do dlouhodobé paměti se nám ukládají znalosti prakticky natrvalo. Uložení informací do dlouhodobé paměti nějakou dobu trvá, avšak i při dlouhodobém nepoužívání těchto uložených informací se tyto znalosti nevytrácí a lze je později načíst a znovu použít.

Pokud ve výuce chemie převládá výuka, která sděluje informace jako fakta a nedochází k propojování souvislostí, studenti chemii zkrátka nebudou rozumět. Pokud něčemu nerozumíme, automaticky nás to i nebaví. Pokud k nepochopení dojde již na začátku studia chemie, nové informace se nemají na co nabalovat a dochází k začarovanému kruhu, ze kterého se lze dostat jen těžko. To je jeden z důvodů, proč slýcháme od mnoha studentů, že chemie se řadí do kategorie jejich neoblíbených předmětů.

Periodická tabulka prvků je jedno z prvních témat v chemii, se kterými se studenti setkají. Proto je důležité, na základě výše zmíněných důvodů, aby se výuka PTP nepodceňovala. Další z mých cílů, které bych ráda naplnila, je za pomoci získaných informací vygenerovat strategii k výkladu, která by napomohla studentům, ale také pedagogům základních a středních škol na straně druhé k porozumění PTP.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PERIODICKÁ TABULKA PRVKŮ VE VÝUCE CHEMIE NA STŘEDNÍ ŠKOLE

Periodická tabulka představuje souhrn všech chemických prvků, které jsou uspořádané podle vzrůstajícího protonového čísla.

1.1 Historie vzniku periodické tabulky prvků

První myšlenka týkající se existence prvků přišla již roku 300 př. n. l. z hlavy velkého řeckého filosofa Aristotela. Jeho myšlenka spočívala v tom, že vše na zemi je tvořeno prvky. Nicméně co se skrývalo pod pojmem „prvek“ tehdy a dnes je obrovský rozdíl. Velký krok v lidském poznání nastal roku 1669, kdy Hennig Brand jako první objevil nový prvek, který známe pod názvem fosfor. Hennig Brand nebyl vědcem, nýbrž alchymistou, který se snažil vytvořit kámen mudrců (Stone of the Wise), což byl mýtický předmět, který měl přeměňovat obyčejné kovy ve vzácné. [1] S přibývajícími roky přibývaly další nově objevené prvky a vědcům vyvstal problém s nesystematičností. Při snaze zpřehlednit sady nově objevených prvků, vědci začali usilovat o nějaký způsob uspořádání. [1]

První takový pokus byl tzv. *Zákon triád*, který kolem roku 1829 sestavil Johann Wolfgang Döbereiner. Seskupil tři prvky, které mají obdobné vlastnosti, a to v takovém pořadí, kdy prostřední je průměrem postranních dvou. [2] Jinak řečeno: průměr atomových hmotností dvou postranních prvků se blíží atomové hmotnosti prvku prostředního. [3] Mezi pokusy o seskupení prvků, které se snažilo prvky uskupit graficky podle elektronegativity, je seřazení prvků do půl-elipsy. Autorem tohoto uskupení je český pedagog Karl Slavoj Amerling, hovoříme o tzv. *Mlunním uspořádání prvků*. [2] Mezi další grafické uspořádání prvků řadíme tzv. *Tellurický šroub*. Prvky jsou uskupeny podle rostoucí atomové hmotnosti. Uprostřed šroubovice se nachází tellur, právě z toho důvodu ji Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois kolem roku 1869 pojmenoval *Tellurický šroub*. Můžeme říci, že se jednalo o prvního vědce, který viděl, že se podobné prvky vyskytují v určitých pravidelných intervalech. [4]

Dále můžeme číst o dalších významných jménech, jako je Johnem Alexander Reinem Newlands, který se domníval, že hmotnost by mohla být úzce spjatá s chemickými vlastnostmi prvků. Proto seřadil známé prvky podle rostoucí atomové hmotnosti a vytvořil tzv. *Zákon oktáv*. To vše kolem roku 1865. [5]

Nicméně veškeré tyto pokusy byly zastíněny dvojicí chemiků, a to Julia Lothar Meyera, který byl německého původu a Rusa Dmitrije Ivanoviče Mendělejeva. Tito dva se nezávisle na sobě zaměřili na spojitosti mezi atomovou hmotností a fyzikálními a chemickými vlastnostmi a v roce 1869 nastínili v podstatě shodné uskupení prvků. Zásadní rozdíl mezi Meyerovou a Mendělejevovou tabulkou spočíval v tom, že Mendělejev předpokládal, že doposud nebyly objeveny veškeré prvky. Nemýlil se, v té době byly objeveny zhruba pouhé 2/3 prvků. Vynechal místa v domnění, že časem dojde k objevení těchto prvků a doplnění do tabulky. Například Sir William Ramsay doplnil do tabulky vzácné plyny. [5]

Dmitrij Ivanovič Mendělejev, též nazýván otec chemie, se narodil 8. února 1834 v Rusku. V roce 1865 byl jmenován profesorem na Petrohradské státní univerzitě. [10]

Historie praví, že veškeré úsilí započalo, když Mendělejev nemohl nalézt vhodnou učebnici anorganické chemie, která by obsahovala vše nezbytné. Jako již zkušený autor jedné učebnice, která dokonce získala ocenění, se rozhodl napsat další. Když skládal jednotlivé kapitoly, které pojednávaly o prvcích, povšimnul si jistých podobností mezi jednotlivými prvky. Po hlubším zkoumání objevil, že jednotlivé prvky i skupiny lze uspořádat na základě atomových hmotností. To vše položilo základ formulace periodického zákonu: „*Vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich atomových hmotností.*“ Poprvé tento zákon přednesl roku 1869, avšak se nesetkal s velkým zájmem z řad odborníků. Nicméně Mendělejev důvěřoval svému zákonu natolik, že kromě 70 tehdy známých prvků, které uspořádal do tabulky, předpověděl objevení dalších prvků a vynechal pro ně v tabulce místo. Objevením galia v roce 1875 a skandia v roce 1879, které Mendělejev předpověděl, se zájem o periodický zákon zvýšil a dostalo se mu širokého přijetí. Periodický zákon se společně s tabulkou staly postupem času nedílnou součástí řady chemických teorií. Znění periodického zákona se časem pozměnilo do této podoby: „*Vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich protonového čísla.*“ [10]

Při pohybu zleva doprava v periodické tabulce prvků klesá atomový poloměr. Ionizační energie, elektronová afinita a elektronegativita obvykle roste. V případě posunu shora dolů ve skupině naopak atomový poloměr roste. Ionizační energie, elektronová afinita a elektronegativita obvykle klesá.

1.2 Význam periodické tabulky prvků ve výuce chemie na střední škole

Rámcově vzdělávací program neboli RVP, definuje obsah vzdělávání, cíle vzdělávání, metody výuky a v neposlední řadě i hodnocení, kterými by studenti měli být hodnoceni v dané zemi. Na základě rámcově vzdělávacího programu si vytváří každá škola svůj vlastní školní vzdělávací program, zkráceně ŠVP. Očekávané výstupy týkající se periodické tabulky prvků, které jsou uvedeny v RVP a kterých má student v průběhu studia na střední škole dosáhnout, jsou následující: [26]

1) *„Žák předvídá vlastnosti prvků a jejich chování v chemických procesech na základě poznatků o periodické soustavě prvků. "* [26]

2) *„Žák využívá názvosloví anorganické chemie při popisu sloučenin."* [26]

3) *„Žák charakterizuje významné zástupce prvků a jejich sloučeniny."* [26]

4) *„Žák využívá znalosti o částicové struktuře látek a chemických vazbách k předvídání některých fyzikálně-chemických vlastností látek a jejich chování v chemických reakcích."* [26]

Jestli nedojde k pochopení jednotlivých principů periodické tabulky prvků, nelze těchto výše zmíněných výstupů dosáhnout. To je jeden z mnoha důvodů, proč je důležité věnovat práci s PTP a jejímu praktickému používání v různých kontextech zvýšenou pozornost během hodin chemie.

2 METODY POZOROVÁNÍ STRATEGIÍ VYUŽÍVANÝCH STUDENTY PŘI ŘEŠENÍ ÚLOH

Umět řešit problémy můžeme vnímat jako schopnost odpovědět na otázky, na které není přímo dostupná odpověď. Někdy není možné odpověď vytáhnout přímo z paměti, ale je třeba poskládat jednotlivé dílky informací, které byly do paměti uloženy. Je třeba učinit několik mezikroků v našem uvažování, nicméně některé z nich se mohou později jevit jako zbytečné či nesprávné.

2.1 Řešení problémů

Schopnost řešit problémy je silně ovlivněna množstvím zkušeností, které v jednotlivých oblastech jedinci získali. Pokud hodnotíme schopnost jedinců řešit problémy, je důležité nahlížet na to, zda se jedná o problém pro daného řešitele rutinní nebo nerutinní. Podle mnohých je podmínka nerutinnosti klíčová, aby se jednalo o problém. Pokud je člověku znám způsob řešení, jedná se již pouze o cvičení, nikoliv o problém. [18]

Většina lidí, která řeší problém v oblasti chemie, u kterého se mu okamžitě nezjeví v hlavě odpověď, považuje problém za obtížný. Pak je pro dotyčného jednodušší opustit problém a věnovat se problému, resp. cvičení, které je spojeno s větší pravděpodobností úspěchu. Postupem času tento přístup může vést až k přesvědčení, že nemají žádné schopnosti řešit problémy spjaté s chemií. Tito jedinci získávají v oblasti chemie málo praxe, protože se ji vyhýbají. Tím se kruh uzavře a jejich hypotéza o neschopnosti řešit problémy spjaté s chemií se s velkou pravděpodobností naplní. [18]

Představme si, že máme vyřešit úkol, který je chemického charakteru. Pokud naše odpověď zní: „Netuším, já o chemii nic nevím.“ Předem předpokládáme, že daný problém nejsme schopni vyřešit. Pokud bychom se ale nad daným problémem zamysleli, je dost velká šance, že zjistíme, že o dané věcí víme více, než jsme si sami uvědomovali. Negativní reakce brání nejen ve vyřešení problému, ale také nám brání v rozvíjení možného potenciálu, který se v každém člověku skrývá. [18]

Dalším úskalím může být nedostatečná pozornost během řešení problému. Nedostatečná pozornost nemusí být nutně důsledkem lenosti nebo nezájmu. Pozornost může být

ovlivněna také strachem či osobními problémy. Například může být obtížné soustředit se pozorně na problém, když se zabýváme komplikovanými myšlenkami nad osobními problémy nebo obavami, že bychom mohli selhat. [18]

Řešení problémů vyžaduje využívat vyšší myšlenkové operace. Teorií o vzdělávacích cílech zpracovává Bloomova taxonomie. Jedná se o šest kategorií, které jsou uspořádány vzestupně podle vzrůstající náročnosti. Bez zvládnutí nižších kategorií nelze dosáhnout vyšších kategorií. Aby se dalo lépe vymezit danou kategorii a zjistit, zda byl úspěšně zvládnut obsah, byly ke každé kategorii přiřazena aktivní slovesa. [20]

Tabulka 1: Bloomova taxonomie výukových cílů (převzato z [20])

CÍLOVÁ KATEGORIE	AKTIVNÍ SLOVESO
1. ZAPAMATOVÁNÍ	Definovat, napsat, opakovat, pojmenovat, popsat
2. POROZUMĚNÍ	Dokázat, interpretovat, ilustrovat, objasnit, odhadnout, opravit
3. APLIKACE	Aplikovat, demonstrovat, diskutovat, interpretovat, načrtnout, navrhnout, plánovat, použít
4. ANALÝZA	Analyzovat, provést rozbor, rozhodnout, rozlišit, rozčlenit, specifikovat
5. SYNTÉZA	Kategorizovat, klasifikovat, zkombinovat, modifikovat, navrhnout
6. HODNOTÍCÍ POSOUZENÍ	Argumentovat, obhájit, ocenit, oponovat, porovnat, posoudit, prověřit, vybrat, vyvrátit

2.1.1 Strategie řešení problémů

Většina studentů přistupuje k řešení problémů impulzivně. Cílem studenta je něco udělat, cokoliv, místo aby se nad problémem hluboce zamyslel a pronikl do hloubky

problému. Jedno z mnoha vysvětlení, proč tomu tak je, že studenti vidí v problémové úloze pouze školní úkol, který je pro ně nezajímavý. [19]

Existuje řada definic pojmu problém. Jedno z možných chápání problému můžeme rozumět situaci, která způsobuje zvídavý postoj subjektu a vede ho k obohacení. [23]

Strategii řešení problému lze charakterizovat jako posloupnost jednotlivých kroků, které vykonáváme pomocí vhodných metod a prostředků, jež nás vedou k úspěšnému řešení problému. Odlišnosti problémů se promítají do strategií, které jednotlivec využívá. Na základě zvolené strategie si jedinec volí kroky. Pokud se některý z kroků neosvědčil, dále je již v podobných situacích s největší pravděpodobností nepoužije. [23]

V literatuře nalezneme řadu strategií, některé z nich uvádím níže.

1) Strategie pokusu a omylu – Jedná se o strategii, kdy jedinec postupuje bez jakéhokoliv uvážení, bez hlubšího promyšlení jednotlivých možností zkouší jednu možnost za druhou. Tento proces aplikuje až do té doby, než mu dané možnosti dojdou nebo v lepším případě dospěje ke správné odpovědi. [24]

2) Strategie aplikace známého způsobu řešení – Jedinec aplikuje postup, který využil u řešení podobného problému. Jedná se o strategii, kdy naučené postupy se pokoušíme aplikovat na nové situace. Dalo by se říci, že jedinec vyhledává společné znaky mezi jednotlivými problémy. [24]

3) Strategie heuristiky – Pokud jedinci není znám žádný vzorec, podle kterého by mohl postupovat, snaží se vytvořit svůj vlastní vzorec, který by ho mohl dovést ke správnému řešení. Tato strategie může zkrátit čas, který věnujeme procesu řešení, nicméně nejedná se o ověřenou strategii. I přesto může být dosti účinná. [24]

4) Strategie vhledu – Pokud se setkáme s problémem, který není jasně specifikovaný, v důsledku toho nemůžeme očekávat, že existuje vzorec pro vyřešení daného problému. Je důležité se podívat na problém z jiného úhlu,

než se běžně dívá. To nám přinese porozumění a jsme schopni sestavit novou strategii pro řešení. [24]

2.2 Eye tracking

Eye tracker je zařízení, které snímá jednotlivé pohyby očí pomocí světelného zdroje, který osvětluje oko, čímž způsobuje viditelné odrazy. K zachycení se používá kamera s vysokým rozlišením, která tyto odrazy zobrazuje. Následně dochází k vypočtu směru pohledu z vektoru tvořeného úhlem mezi odrazy od rohovky a zornice. [21]

2.2.1 Historie eye trackingu

Studium očních pohybů lze vysledovat až do roku 1792, kdy byla první pozorování prováděna pouze na základě vizuálních podnětů. [5]

Další vývoj v této oblasti přinesly studie čtení, které v roce 1878 provedl francouzský psycholog Louis Emile Javal. Tyto studie však zahrnovaly metody, které vyžadovaly přímý mechanický kontakt s rohovkou, například použití gumiček k mechanickému spojení očí s ušima, aby se zvětšil zvuk očních pohybů. [5]

Další pokus o pozorování očních pohybů bylo za použití zrcadla při čtení, kdy Javal vnímal oční pohyby jako sérii „trhnutí“. Tyto trhavé pohyby byly počítány přiložením mikrofonu na zavřené víčko subjektu, který četl jedním okem. Rychlé pohyby očí se počítaly pokaždé, když rohovka při pohybu narazila na mikrofon. Tato metoda měla řadu omezení. Například poloha bodu, kde se oko nacházelo nehybně, se pouze odhadovala a odhad závisel na paměti pozorovatele. [7]

V roce 1901 Dodge a Cline provedli první měření pomocí fotografické metody. Odrazů světla od očí, přičemž zaznamenávali pouze horizontální pohyby očí. Miles Tinker metodu vylepšil a pomocí elektrod, které byly nalepeny v blízkosti očí, dokázal měřit jak horizontální, tak i vertikální pohyby očí současně. Tuto metodu můžeme nyní znát pod zkratkou EOG. Jednalo se o první metodu, která byla schopna zpracovat údaje o pohybu očí v reálném čase. [8]

V roce 1947 Paul Fitts použil filmové kamery k záznamu pohybů očí pilotů letectva při přistávání letadel. Na scéně byla první studie, která využívala sledování očí. Následující

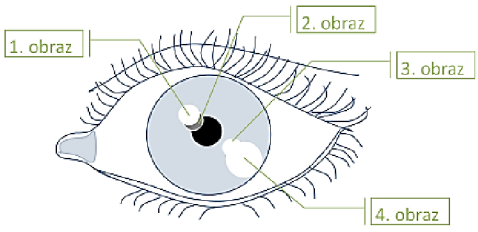
roky došlo k vývoji prvních zařízení pro sledování pohybu očí, které umožnovalo volné pohyby hlavou. [8]

Velký skok nastal v 70. letech 20. století, kdy technologie pro sledování pohybů očí zaznamenaly obrovský pokrok. Eye trackery poskytovaly větší přesnost, oddělovaly pohyby očí od pohybů hlavy pomocí vícenásobných odrazů. Počítače se staly natolik výkonné, že bylo umožněno sledovat pohyby očí v reálném čase. Eye trackery začaly být využívány v interakci člověka s počítačem. Dochází k neustálému nárůstu používání eye trackerů, přičemž díky klesajícím cenám se staly dostupnějšími pro marketingové výzkumy a zároveň studie použitelnosti. [8]

2.2.2 Princip eye trackingu

Komplet, který se využívá k zaznamenávání pohybů očí je obvykle složený ze stolního počítače, infračervené kamery a softwaru, který analyzuje naměřená data. [21]

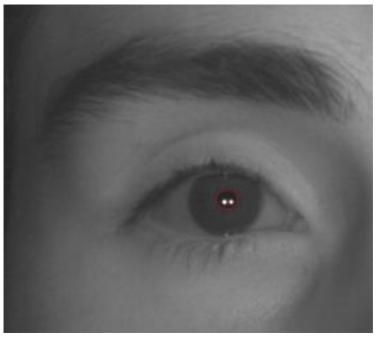
Převážná část přístrojů pro sledování pohybů očí využívá metodu odrazu. Infračervené světlo je namířeno do oka, kdy se pomocí něj snažíme vyvolat odrazy v určitých bodech zornice. Menší část světla je pohlcena, ta větší část světla se odráží zpět a tím dochází k tzv. jevu „bright pupil“. Další jev, který je možný pomocí infračerveného světla zachytit, jsou tzv. „Purkyňovy obrazy“. Lze je detekovat jako malou výraznou záři, viz obrázek 1. Druhý a třetí obraz nemusí být vždy vidět.



Obrázek 1: Purkyňovy obrazy [25]

Nejprve software nalezne střed zornice, polohu prvního Purkyňova obrazu a následně pomocí různých trigonometrických výpočtů se stanoví místo, kam subjekt zaměřuje svůj pohled. Na obrázku dva můžeme vidět snímek obrazovky, na kterém lze vidět oko

jednoho z respondentů spolu s nalezeným středem zornice. Každá osoba může mít osobité pohyby očí, proto je důležité před každým měřením kalibrovat systém. Kalibrace probíhá pomocí zobrazujících se bílých teček na obrazovce. [6]



Obrázek 2: Pohled namířený do středu monitoru

To, na co se díváme, je obvykle středem našeho zájmu. To nám může napovědět, co má v danou dobu nejvyšší prioritu v našich kognitivních procesech. [12]

2.2.3 Retrospekce

V případě retrospekce subjekt řeší problém a po vyřešení problému je dotazován na myšlenkové pochody, které během řešení problému vytvářel. Retrospekce se řadí mezi metody, které jsou náročné pro respondenta. Není v silách dotazovaného si přesně zapamatovat jednotlivé kroky, které učinil, zejména pokud uplynula delší doba od řešení zadaného problému. Dalším úskalím může být, že respondenti mají většinou tendenci prezentovat své myšlenkové procesy uspořádanější, více provázané a inteligentnější, než byly v průběhu řešení. Někdy se jedná o záměr, neboť lidskou přirozeností je se vykreslovat v tom nejlepším světle. Často si lidé nechtějí přiznat, natož okolí, že neví, jak vyřešit problém, který je považován za snadný. Raději tedy řeknou: *„Nejdřív jsem zíral na prohlášení o problému a položil jsem si několik otázek. Tušil jsem, že už jsem obdobný problém viděl a že musím znát postup, jak tento problém vyřešit“*. Tato reakce může vést k mylnému dojmu o naprosto dokonalém racionálním chování. [14]

V některých situacích se tento jev může projevit neúmyslně. Pokud bylo vaše chování na začátku spíše iracionální, nestrukturované, možná si to již neuvědomujete a nepamatujete. Lidé mají tendenci rekonstruovat události jako strukturovanější, než byly původně. Dalo by se říci, že se jejich paměť řídí zkrátka znalostí výsledku, nikoliv cestou,

kterou absolvovali. Psychologové v mnoha experimentech prokázali, že data získaná retrospekcí nejsou vždy platná. [14]

2.2.4 Introspekce

Místo metody retrospektivy lze subjekt instruovat, aby informoval o průběhu řešení problému v různých bodech, které si sám zvolí. Tento proces se nazývá introspekce.

Subjekt je vybízen k tomu, aby podával, pokud možno co nejpřesnější a strukturovaně popis svého řešení problému, a to v určitých mezikrocích, které si sám zvolí. Nicméně tato metoda narušuje kognitivní proces respondenta a může dojít ke zkreslení nasbíraných dat. Dalším úskalím může být fakt, že po respondentovi se žádá, aby interpretoval svůj postup řešení strukturovaně, nicméně to nemusí odpovídat obsahu procesu, kterým respondent prošel. Jedná se tedy o další možný zdroj zkreslení a neplatnosti naměřených dat. [11]

2.3 Think-aloud

Řešení problému je kognitivní proces, a právě metodu think-aloud lze použít jako pomůcku při studiu míry schopnosti řešit problémy. Metoda zahrnuje i vliv různých faktorů na řešení problémů, jako například rozdílná obtížnost úkolu, druh výuky a podobně. Ve všech námi zmíněných možnostech nám jde zejména o proces, kterým se k výsledku dostaneme, než o cíl samotný. [11]

Principem metody Think-aloud je interpretace vlastních myšlenkových pochodů nahlas. Subjekt řeší zadaný problém a současně s tím vyslovuje nahlas své nápady, myšlenky. Tato metoda se zprvu může zdát náročná, nicméně během několika minut mluvení nahlas se interpretace vlastních myšlenek stane rutinou. Plnění úkolu není narušeno metodou think-aloud, neboť veškeré vědomé úsilí subjektu směřuje k vyřešení problému, kdy nezbývá žádný prostor pro osobní reflexi. Seskupováním dat nedochází k rozrušení koncentrace subjektu, neboť subjekt je již od začátku pobízen, aby popisoval své myšlenky soustavně. Nepřerušujeme myšlenkový pochod pobídkami nebo otázkami. [15]

Data shromážděna pomocí think-aloudu nesou vysokou výpovědní hodnotu, ke sběru dochází okamžitě bez časové prodlevy. Subjekt nemusí objasňovat jednotlivé

myšlenky, není po něm ani žádáno, aby myšlenky podával v předem definované formě. Jeho cílem je, aby je vykreslil přesně tak, jak mu zní v hlavě. Díky tomu nemusí subjekt využívat odborné termíny k interpretaci svých myšlenek, může vše popisovat svým „jazykem“, což činí metodu jednoduchou pro respondenty. Naopak metoda je složitější pro zadavatele, jehož úkolem je získané informace analyzovat, strukturovat a následně je vyhodnotit. [11]

Informace získané pomocí metody think-aloud nemusí být vždy úplné, neboť takřka nikdy nedokáže subjekt verbalizovat veškeré své myšlenky. Proto je často vhodné metody kombinovat. [11]

2.4 Principy, podmínky a limity použití metod pozorování

Obecným principem je, že ke sběru dat se využije jedna metoda a druhá metoda se využije pouze jako doplňková, a to k upřesnění získaných informací.

Lze vytvářet různé kombinace metod, jedna z možných kombinací je think-aloud a retrospekce. Metoda think-aloud je využita jako metoda hlavní, která slouží ke sběru dat. Retrospekci využíváme k upřesnění částí, které byly nesrozumitelné, neúplné nebo zvláštně formulované. Retrospekce by měla následovat bezprostředně po metodě think- aloud, aby došlo pokud možno k co nejmenšímu zkreslení dat. Není-li možno, lze subjektu ukázat písemný protokol, který napomůže rozpomenutí. Nicméně následně může docházet k chybě z důvodu zkreslení informací. [11]

Jedna z prvních věcí, které bychom měli zajistit pro hladký průběh měření, je příjemné prostředí, ve kterém nás nebude nic rušit. Je důležité, aby se respondent cítil příjemně, byl pohodlně usazen a měl po ruce sklenici vody. Pokud totiž měření probíhá delší dobu, může dojít k hlasové únavě. [11]

Druhá, neméně důležitá věc je, aby vyhodnocovatel co nejméně zasahoval do myšlenkového procesu respondenta, aby nedošlo k jeho ovlivnění a následně ke zkreslení výsledků.

Zda se na začátku experimentu vysvětlí účel výzkumu, je čistě na vyhodnocovateli. V některých případech tím lze předejít pochybnostem a strachu z možných skrytých

motivů. Vhodné je též zdůraznit, že se nám čistě jedná o způsob, jaký postup respondenti volí při řešení jednotlivých úloh, nikoliv o kontrolu znalostí. K omezení nervozity, která by mohla mít negativní vliv na metodu think-aloud je moudré zdůraznit, že veškerá nasbíraná data budou anonymní.

Pro některé respondenty může být náročné vypovídat o svých myšlenkových pochodech. Ne tak z důvodu náročnosti interpretace myšlenek, ale ze strachu z neúspěchu. Někteří respondenti k vyřešení problému využívají náhodné pokusy. I tak si dost pravděpodobně uvědomují, že problém má jasné a úhledné řešení, a to může vést k pocitu studu. Pro respondenta nemusí být snadné veřejně připustit, že vyřešení úkolu pro něj není snadné. To vše může být umocněno faktem, že mezi respondentem a vyhodnocovatelem je určitý pracovní vztah s odlišným hierarchickým uspořádáním. Proto je velmi důležité vytvořit přátelskou atmosféru, která zamezí zbytečné úzkosti respondenta, která by mohla mít negativní vliv na sběr dat. (Odlišné chování, vyhýbání se různým úvahám apod.). Zkrátka vše by se mělo řídit etickými zásadami, což by mělo vytvořit bezpečnou zónu pro respondenta. [11]

Instrukce k metodě think-aloud jsou poměrně snadné, i přesto je však vhodné si je předem zapsat a následně přečíst, abychom se vyvarovali možným zádrhelům. Příklad instruktáže, kterou použil Hamel ve své studii z roku 1990: *„Za chvíli obdržíte návrhový úkol. Požádáme vás, abyste tento úkol provedli způsobem, jakým jste zvyklí postupovat při zadávání zakázek ve své každodenní praxi. Je důležité, abyste nahlas říkali vše, co si myslíte nebo děláte při navrhování."* [13]

V instruktáži by se neměly vyskytovat fráze typu: *„Řekni mi, co si myslíš.“* Tyto fráze mohou být zavádějící, subjekt si může myslet, že se dotazujeme pouze na názor, který mají. Také může v respondentech vzbudit pocit, že mají hlásit pouze věcné a strukturované myšlenky. My naopak chceme vzbudit pocit svobody, hlásat své myšlenkové pochody tak, v jakém pořadí přicházejí. Pokyny by neměly být zdlouhavé, čím více informací respondent obdrží, tím se otevírá větší prostor pro vlastní interpretaci. [11]

Jestliže subjekt řeší problematickou úlohu, pozorovatel by měl být zdrženlivý. K vyrušení subjektu by mělo docházet pouze tehdy, pokud přestane hovořit. To je chvíle, kdy by měl pozorovatel zakročit a vyzvat subjekt, aby pokračoval v hlasitém přemýšlení. Pozorovatel může mít tendenci respondenta opravovat, nabádat, pokud se zasekl. To jsou činnosti, kterým je bezprostředně nutné se vyhnout. Došlo by ke zbytečnému rušení a zkreslení výsledků. [11]

Sběr dat probíhá obvykle pomocí záznamu audio. Audio nahrávka se následně přepíše do psané formy. Přepis audia je ve většině případů nevyhnutelné a důležité, aby bylo možné nasbíraná data analyzovat. Přepis by měl být doslovný. (Mělo by se zde objevit vše, počínaje pokyny, pobídkami, dotazy nebo například výroky, které nenesou žádnou výpovědní hodnotu.) Pokud je nahrávka v určitých pasážích nesrozumitelná, a to už z jakéhokoliv důvodu, je možné do výstupního protokolu napsat „nesrozumitelné“. [11]

Poznámky, které na první pohled vypadají, že nenesou žádnou výpovědní hodnotu, mohou naopak mnohé prozradit. Takové poznámky mohou značit uvíznutí. Každá slepá ulička v myšlenkovém procesu hraje důležitou roli a vyvolává řadu otázek: V jakých případech se řešitelé dostávají do této situace? Jak danou situaci vyřeší? Veškeré bručení a mumlání by mělo být tedy zaznamenávané, jak bylo již výše zmíněno. Delší odmlky v mluveném projevu nesou také důležitou informaci, proto je důležité i tyto odmlky zaznamenávat. Pro označení neobvyklé pauzy v projevu můžeme využívat tečky nebo jiné speciální symboly. Pokud se jedná o výrazně delší odmlčení, je možné jej zaznamenat jako „ticho“. [11]

Do gramatické stránky výsledných protokolů zcela jistě patří interpunkce. Pokud je věta vyřčena správně, není problém s jejím přepisem. Je zřejmé, kde použít čárku, kde naopak tečku. Nicméně může nastat situace, a tyto situace budou většinou převládat, že věta není zformulovaná přesně. V těchto případech je důležité využívat interpunkci obezřetně. Obzvláště v českém jazyce hrají čárky mezi větami velkou roli, kdy i jedna čárka dokáže změnit význam. V některých případech, aby se zamezilo pozměnění významu jednotlivých výpovědí, se čárky mezi větami nevyužívají a každá věta má svůj vlastní řádek. Co se týká otazníků, je lepší se jim vyhnout nebo jejich využití pečlivě zvážit.

Nemusí být vždy zřejmé, zda bylo tvrzení řečeno tázavě nebo se na změně intonace podílelo pouze nadšení či jiná emoce. [11]

Výše vypsané body popisují možné problematické situace a návody, jak jim předcházet, a tím se i vyhnout špatné interpretaci nasbíraných dat. Čím více se vyvarujeme veškerým úskalím, které v této podkapitole zmiňujeme, tím větší výpovědní hodnotu budou naměřená data mít.

PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍLE PRÁCE

Cílem praktické části je na vybraném vzorku studentů střední školy detekovat strategie řešení úloh, jež lze vyřešit pomocí periodické tabulky prvků, které využívají jednotliví respondenti. To vše pomocí metody eye tracking, doplňkových metod think-aloud a retrospektivního kladení otázek, které pomohou doplnit informace a nejasné pasáže měření. Pro naplnění hlavního cíle byly stanoveny tyto dílčí cíle:

Navrhnout sady úloh, které student řeší s podporou periodické tabulky.

Vytvořit z navržených úloh testovací sady pro eye tracking jako nástroj pro sběr dat.

Pilotovat nástroj sběru dat a vyhodnotit jeho použitelnost.

Pilotovat metodu sběru dat – kombinace eye tracking a think-aloud.

Sestavit a administrovat pretest.

Vybrat respondenty z dostupného vzorku studentů.

Detekovat používané strategie řešení úloh respondenty a jejich vztah k úspěšnosti vyřešení úlohy.

Identifikovat, zda jsou použité strategie řešení úloh založené na dříve získaných poznatcích o periodické tabulce.

Porovnat výsledky získané měřením s průběžnými výsledky respondentů ve škole.

3.1 Výzkumné otázky

Objevování různých strategií, které studenti využívají při řešení vybraných úloh spjatých s PTP, vyvolalo řadu otázek, které jsou níže formulovány.

O1: Jak přesně lze zachytit zvolené strategie studentů zvolenou kombinací metod sběru dat?

O2: Jaké strategie volí studenti při práci s PTP?

O3: Jaké faktory mají negativní vliv na řešení vybraných úloh?

O4: Využívají studenti dříve získané znalosti týkající se PTP?

O5: Jaké postupy volí studenti premianti, a naopak průměrní studenti?

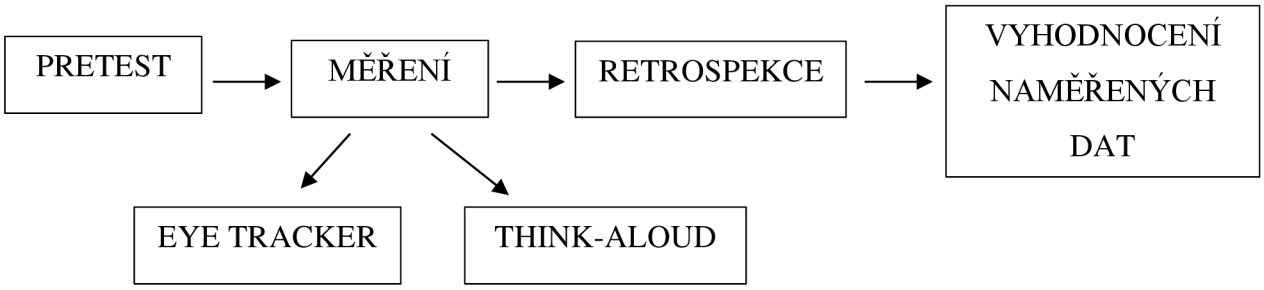
O6: Využívají studenti PTP k řešení vybraných úloh?

O7: Existuje spojitost mezi způsobem využití PTP a úspěšnými řešiteli?

O8: Jaký vliv mohou mít nepřirozené podmínky metody sběru dat?

4 PRŮBĚH VÝZKUMU

Měření se odehrávalo v prostorách Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové v období od 23. 6. 2023. Jednotlivé fáze výzkumu jsou znázorněny v následujícím schématu (obrázek 3). Blíže se jednotlivým fázím věnuji v následujících podkapitolách.



Obrázek 3: Schéma fází výzkumu

4.1 Použité metody sběru a analýzy dat

Pro realizaci výzkumu a hledání odpovědí na otázky, které jsme si formulovali, je třeba využít technologie, které nám pomohou zachytit volené strategie studentů. Hlavní metodou tohoto výzkumného měření při mapování strategií byl zvolen eye tracking. Data nasbíraná pomocí eye trackeru nemusí nést plnou výpovědní hodnotu, proto jako doplňková metoda byla zvolena metoda think-aloud, o které se zmiňuji v kapitole 2.3. Abychom docílili co nejpřesnějších výsledků, je dobré metodu think-aloud doplnit o metodu retrospekce, která nám doplní a objasní nejasné pasáže. Neboť, jak se píše v kapitole 2.4, respondent nedokáže verbalizovat veškeré své myšlenky, je třeba mu pomoci.

4.2 Technické zabezpečení sběru a analýzy dat

4.2.1 Eye tracker

V průběhu měření byl využit systém I4Tracking® Dist. Systém je složen z malé kamery, vzdálené od zdroje měření 40 až 80 centimetrů. Kamera využívá videookulografickou metodu k zaznamenání pohybů očí. Data následně putují přes USB 3.0 port do počítače. Data v počítači se následně zpracují do potřebné podoby. Aby se docílilo co nejpřesnějšího získání dat, kamera obsahuje infra diody, které rozjasní oko.

4.2.2 Záznam zvuku

Veškeré myšlenkové pochody respondentů, které byly verbalizovány, byly nahrány na diktafon, aby bylo možné se zpětně k těmto vyřčeným myšlenkám vrátit. Tyto nahrávky byly využity během kladení dodatečných otázek (retrospekce) respondentům, kdy cílem bylo dovysvětlit některé myšlenkové pochody.

4.2.3 Přepis zvukového záznamu

Myšlenky, které byly verbalizovány, byly následně z diktafonu přepsány do písemné formy. Přepis byl proveden pomocí funkce „diktafon“ v Microsoft Wordu. Tato funkce je jedna z novějších. To je jeden z možných důvodů, proč přepis v některých částech nebyl přesný. V důsledku toho byl veškerý přepsaný text upravován během poslechu nahrávky, aby přepis odpovídal realitě.

4.2.4 Nástroje použité pro sběr dat

Mezi nástroje použité pro sběr dat nám posloužil didaktický test, který byl zadán jako pretest a následně sady úloh zkonstruované tak, aby je bylo možné zobrazit na monitoru počítače, tzv. předlohy, které byly využity během měření eye trackerem.

Didaktický test

Test obsahoval 10 otevřených otázek. Za každou otázku bylo možné získat určitý počet bodů. Maximální počet bodů činil 100. V závorkách jsou uvedeny maximální počty bodů, které bylo možné za danou otázku získat. Otázky, které byly v didaktickém testu:

1) Co znamená PTP? (5)
2) Co určuje číslo periody v periodické tabulce prvků? (10)
3) Co určuje číslo hlavní skupiny v periodické tabulce prvků? (10)
4) Napiš zkrácenou elektronovou konfiguraci chloru. (20)
5) Jakých oxidačních čísel může nabývat kyslík? (15)
6) Napiš vzorec uhličitanu vápenatého. (5)

7) Který prvek má nejvyšší elektronegativitu? (5)

8) Napiš vzorec chloridu sodného. (5)

9) Kolik valenčních elektronů má síra? (15)

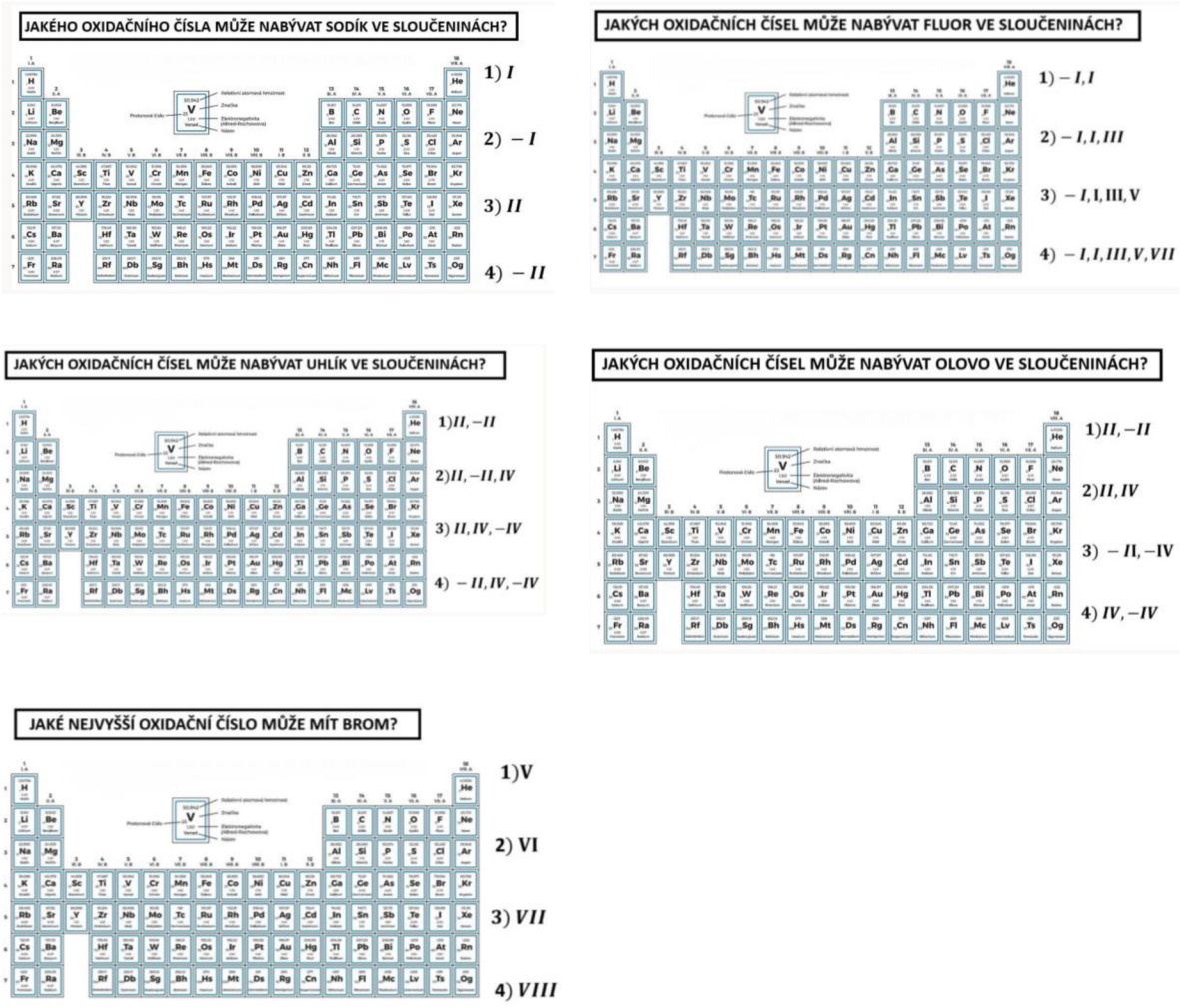
10) Která skupina obsahuje prvky, které v přírodě nevytvářejí žádné sloučeniny? (10)

Sady úloh

Jako předlohy pro měření eye trackerem byly vytvořeny 2 sady úloh, každá sada se tematicky zaměřovala na jinou oblast využití periodické tabulky.

Sada 1

První sada obsahuje 5 vybraných úloh, které jsou zaměřené na oxidační čísla, kterých mohou jednotlivé prvky nabývat. Snahou této sady je zjistit schopnost orientace v periodické tabulce prvků, a především schopnosti vyčíst oxidační čísla jednotlivých prvků (obrázek 4).



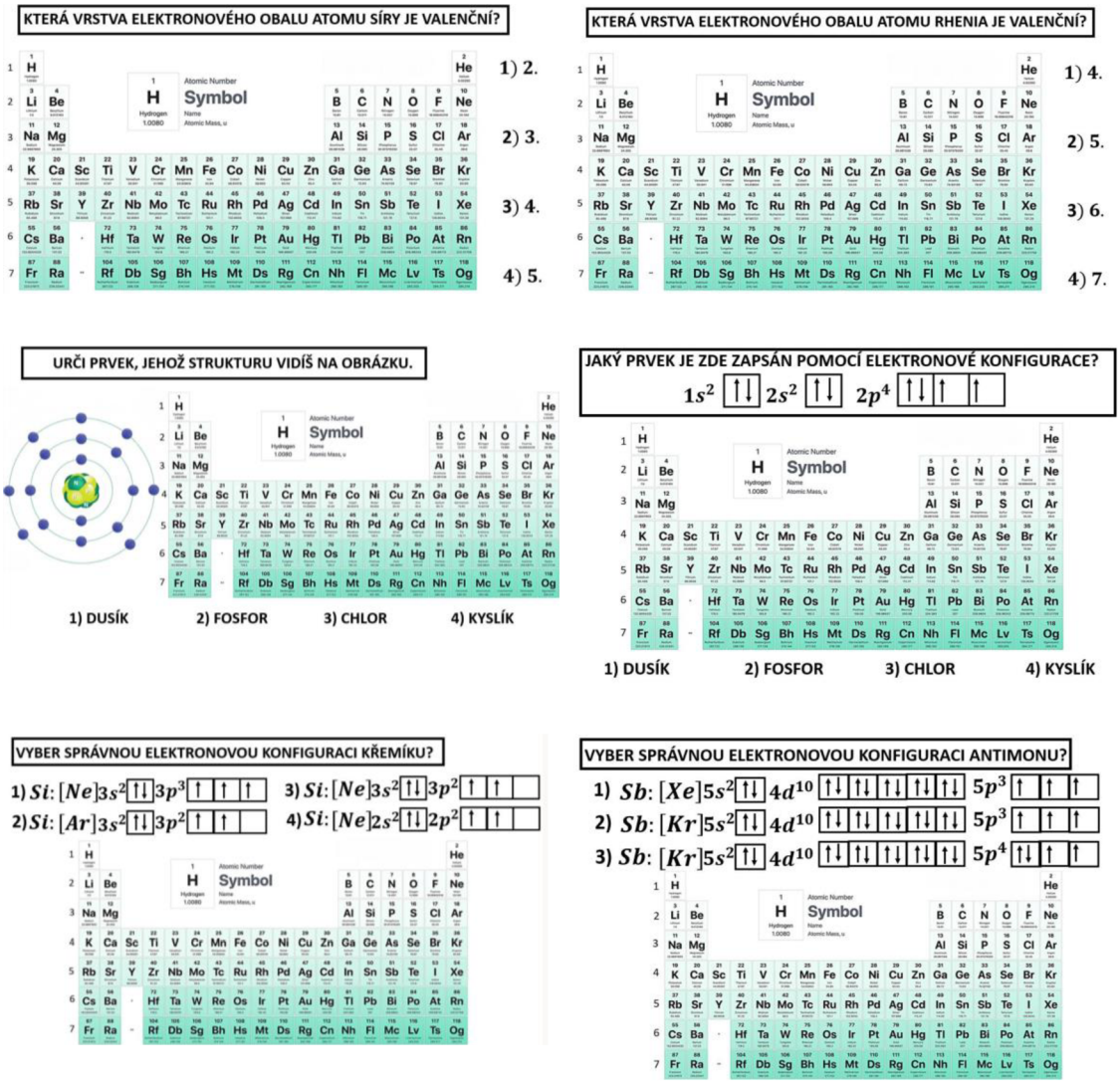
Obrázek 4: Sada 1

Úkolem první úlohy je vybrat, jakého oxidačního čísla může nabývat sodík ve sloučeninách. Správná odpověď je číslo jedna. Zadáním druhého úkolu je zjistit, jakých oxidačních čísel může nabývat fluor ve sloučeninách. Správným řešením je odpověď jedna. Třetí otázka: Jakých oxidačních čísel může nabývat uhlík ve sloučeninách? Správná odpověď je zde tři. Čtvrtá otázka se ptá, jakých oxidačních čísel může nabývat olovo ve sloučeninách, kdy správnou odpovědí je odpověď číslo dva. Poslední otázka se zabývá nejvyšším oxidačním číslem bromu. Správná odpověď je třetí.

Sada 2

Druhá sada obsahuje 6 vybraných úloh, které jsou zaměřeny na strukturu atomu. Snahou této sady je posoudit propojení znalostí mezi periodickou tabulkou prvků a strukturou atomu a v neposlední řadě znalost elektronové konfigurace.

Úkolem první úlohy je zjistit, která vrstva elektronového obalu atomu síry je valenční. Správné řešení se skrývá pod odpovědí dva. V úloze druhé je třeba ze strukturního modelu atomu zjistit, o jaký prvek se jedná. Strukturní model atomu představuje atom chloru. Ve třetí úloze je třeba zjistit z elektronové konfigurace, o jaký prvek se jedná. Prvek, který je znázorněn v dané úloze, je kyslík. Ve čtvrté úloze je třeba zjistit, která elektronová konfigurace je zapsaná správně. Správná konfigurace je zapsaná pod odpovědí tři. Úkolem v úloze číslo pět bylo vybrat správnou elektronovou konfiguraci křemíku. Správná odpověď je v této úloze hned ta prví. V šesté úloze měli respondenti opět určit elektronovou konfiguraci, avšak nyní se jednalo o antimon. Správnou odpovědí je odpověď číslo dva (obrázek 5).



Obrázek 5: Sada 2

4.3 Výběr vzorku respondentů

Respondenti, kteří byli vybráni pro tuto studii, navštěvují první ročník gymnázia. Studenti přišli z různých základních škol a nastoupili na čtyřleté studium.

Na každé základní škole vyučuje jiný pedagog. Co učitel, to jiný přístup, jiné metody a postupy, které praktikuje při výuce chemie. Každý učitel si vytváří svůj tematický plán, podle kterého se řídí v průběhu školního roku. Tematický plán musí odpovídat školnímu vzdělávacímu plánu, zkráceně ŠVP. Každá škola si vytváří svoje ŠVP, kterým je každý

pedagogický zaměstnanec dané školy povinen se řídit. ŠVP musí odpovídat rámcově vzdělávacímu plánu, zkráceně RVP. ŠVP nesmí být v žádném případě v rozporu s RVP.

Znalosti studentů, nadšení pro chemii, propojení jednotlivých souvislostí jsou z výše zmíněných důvodu různé.

V důsledku vysoké časové náročnosti jednotlivých měření na eye trackeru bylo zapotřebí vybrat pouze několik respondentů. Snahou bylo vybrat co nejpestřejší vzorek. Z tohoto důvodu byly vytvořeny 3 hlavní skupiny, do každé skupiny byli přiřazeni právě dva respondenti. Rozdělení proběhlo na základě pretestu.

Do první skupiny se zařadili studenti, kteří obdrželi celkový počet bodů v rozmezí 50-60 bodů. Do skupiny druhé se zařadili studenti, jejichž konečný počet bodů se pohyboval v rozpětí 70-80 bodů. Studenti, jejichž celkový počet přesahuje hranici 90 bodů, se zařadili do poslední třetí skupiny. Pro přehlednost je celkové rozdělení a charakteristika jednotlivých skupin uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2: Rozdělení vybraných respondentů podle výsledků pretestu

Celkový počet bodů	Počet studentů	Kód respondenta
90-100	2	PA1
		PA2
70-80	2	PB1
		PB2
50-60	2	PC1
		PC2

4.3.1 Charakteristika respondentů

Respondent PA1

Respondent PA1 v pretestu obdržel nejvyšší počet bodů. Z výsledků pretestu, měření a následného rozhovoru lze usoudit, že se jedná o studenta, který má obsáhlé znalosti, které jsou navíc propojené. Nepřemýšlí o chemii jako o izolovaných faktech, ale jako o souvislostech. Chemie se řadí mezi jeho oblíbené předměty a plánuje se chemii v budoucnu dále věnovat.

Respondent PA2

Respondent PA2 skončil v pretestu obdobně jako respondent PA1. Jedná se o studenta snaživého, který se rád pídí po informacích. Chemie se řadí opět mezi jeho oblíbené předměty, obdobně tomu je i u matematiky. Důvod, proč vybral chemii a matematiku jako oblíbené předměty je fakt, že v jeho očích mají oba předměty řád.

Respondent PB1

Respondent PB1 je student, který je vnímavý a bystrý. Uvědomuje si, že v chemii vychází jedna informace z druhé. Nicméně si je vědom, že některé tyto můstky mezi jednotlivými informacemi mu schází.

Respondent PB2

Respondent PB2 je nadprůměrný student v předmětech jako je dějepis, biologie apod. Je zvyklý si většinu informací osvojit zpaměti. K chemii se staví neutrálně, doposud nenašel hlubší podnět, který by ho motivoval, aby se zabýval chemií nejen povrchově.

Respondent PC1

Tento respondent prokázal v pretestu, že nějaké znalosti má, nicméně nedokáže je řádně aplikovat a použít ve správný okamžik. Ve většině případů se jedná o informace, které byly naučené zpaměti bez určitých souvislostí. Jedná se o studenta, který se věnuje vrcholovému sportu. V důsledku časté absence postrádá řadu spojitostí.

Respondent PC2

Respondent PC2 obdržel v pretestu nejnižší počet bodů z užšího výběru respondentů. Obdobně jako respondent PC1 má určité znalosti, avšak nedokáže je v pravý okamžik aplikovat. Chemii bere jako „nutné zlo“ k úspěšnému završení středoškolského vzdělání.

5 VÝSLEDKY VÝZKUMNÉHO MĚŘENÍ

Sady úloh a použití kombinace metod včetně technických prostředků na záznam dat byly pilotovány.

5.1 Správnost řešení úloh

Výkony jednotlivých studentů se mnohdy lišily, pro přehlednost jsou v tabulce 3 a v tabulce 4 shrnuté volené odpovědi studentů. Oranžově vyznačené odpovědi jsou špatné a zeleně vyznačené odpovědi jsou správné.

Tabulka 3: Odpovědi jednotlivých respondentů ze Sady 1

SADA 1	Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5
PA1	1	1	3	2	3
PA2	1	1	3	1	3
PB1	1	4	3	1	3
PB2	1	1	2	1	3
PC1	1	3	2	2	4
PC2	1	4	3	4	3

Tabulka 3: Odpovědi jednotlivých respondentů ze Sady 2

SADA 2	Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5	Úloha 6
PA1	2	2	3	4	3	2

PA2	2	3	3	4	3	2
PB1	2	3	3	3	3	2
PB2	2	3	1	4	3	2
PC1	2	3	2	4	3	2
PC2	1	3	3	3	4	3

Všichni studenti prokázali v pretestu, že mají znalosti na to, aby vyřešili jednotlivé úlohy. Nicméně někteří studenti mají informace ukotvené více než jiní. Rozdíl mezi jednotlivými studenty byla schopnost aplikovat dříve získané informace. Strategie, které studenti během řešení úloh využívaly, se lišily.

5.2 Analýza použitých strategií

5.2.1 Sada 1

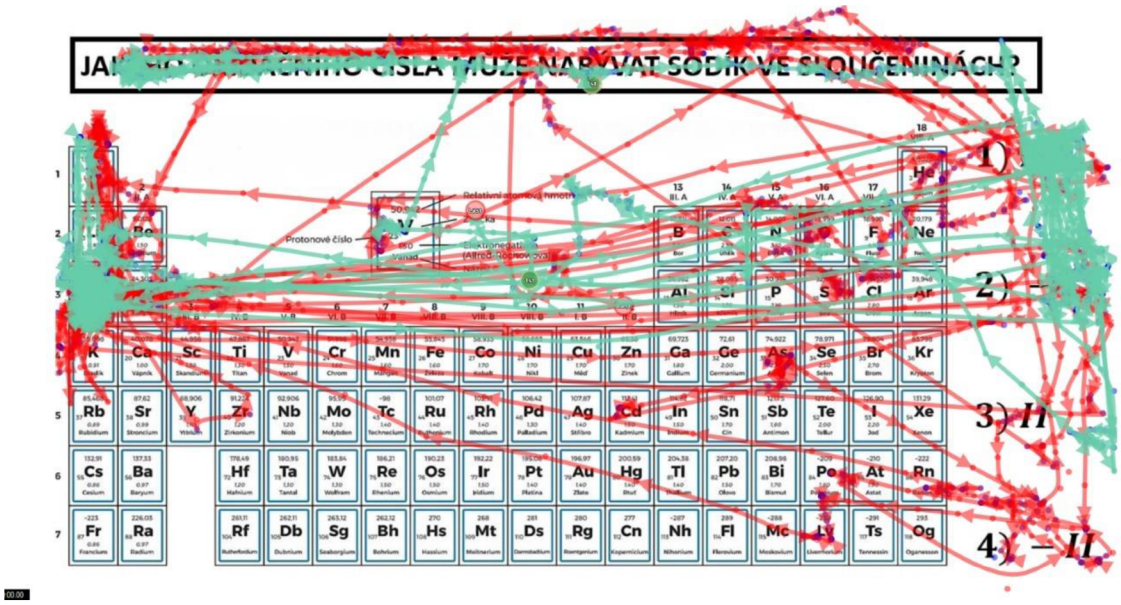
Ze získaných dat byly zachyceny tři hlavní strategie řešení, které studenti využívali během řešení vybraných úloh zaměřených na oxidační stavy pomocí periodické tabulky prvků.

Jedna strategie spočívala v rozebrání zadaného úkolu na dílčí části. Řešením dílčích částí a jejich následným logickým spojováním dojde student k řešení. Tato strategie je poněkud náročnější, neboť student musí podstoupit celý myšlenkový proces od začátku až do konce, aby přišel na správný výsledek. Aby student mohl tuto strategii využít a dobral se ke správnému výsledku, musí již některé znalosti mít. Pokud znalosti student má, musí je ještě umět aplikovat, což může být pro některé studenty velmi náročný úkol. Tuto strategii budeme dále nazývat jako ST1.

Další strategie, která byla zaznamenána: Student se snaží vybrat správnou odpověď na základě své zkušenosti. Student spoléhá na prvotní myšlenku, která může plynout

ze vzpomínek, nebo jak bylo již výše napsáno, na osobní zkušenost. Přeříkává si jednotlivé odpovědi. Odpověď, která mu přijde povědomá či známá, je ve většině případech vyhodnocena jako ta správná. Tuto strategii budeme dále nazývat jako ST2.

Třetí strategie, jistým způsobem podobná strategii, která se skrývá pod číslem dva. Principem se od sebe ale zcela liší. Student přeskakuje složitý myšlenkový proces, kdy na základě dříve získaných informací, vyvozuje jednotlivé mezikroky, až dojde ke správné odpovědi. Nicméně nepřeskakuje ho z důvodu neschopnosti aplikovat získané znalosti, ale z důvodu automatizace. Některé procesy má student natolik zautomatizované, že nad nimi nemusí přemýšlet. Informace jsou natolik vštípené do paměti, že se nám správná odpověď vybaví neprodleně po přečtení zadání. Tuto strategii budeme dále nazývat ST3.



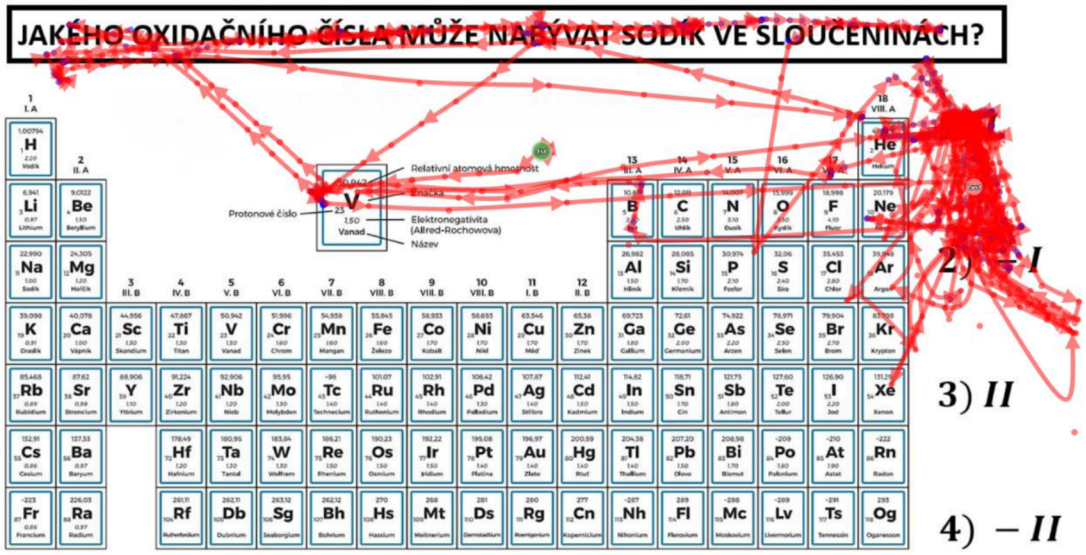
Obrázek 6: Naměřená data – porovnání strategií ST1 a ST2

Na obrázku výše můžeme vidět porovnání prvních dvou strategií. Červená křivka představuje strategii, kdy student vybírá správnou odpověď na základě osobní zkušenosti (ST2). Student vybírá odpověď, která mu přijde povědomá, nepodstupuje myšlenkový proces, který by ho dovedl ke správné odpovědi.

Student přečetl zadání, následně si pročte odpovědi, pak vyhledá sodík v periodické tabulce prvků. Nicméně i přesto, že následující krok studenta spočíval v nalezení čísla skupiny, ve které se sodík nachází, tuto informaci dále však nepoužil. Pohled se následně upřel opět k sodíku. Dále následoval sled pohledů z odpovědí napravo zpět k sodíku nalevo. Každá přečtená odpověď byla doplněna komentářem: „Oxidační číslo jedna, …hm sodný, jo, to jsem slyšel, to existuje." Obdobným způsobem byly okomentované i následující odpovědi.

Zelená křivka představuje strategii, kdy student aplikuje a propojuje dříve získané odpovědi (ST1). Student přečetl zadání, následně vyhledal sodík v periodické tabulce prvků, nalezl číslo skupiny, ve které se sodík nachází. Následovalo vyvození informace, že číslo skupiny představuje nejvyšší oxidační číslo, které může daný prvek nabýt. Pohled se přesunul na odpovědi. Vyvozená informace pomohla zúžit výběr na pouhé dvě možné správné odpovědi. A obdobně vypadal i následující proces, který nám zúžil možnosti na pouze jednu možnou správnou odpověď v očích respondenta.

Na obrázku níže můžeme vidět poslední popsanou strategii (ST3). Student si pročetl zadání, pohled nasměřoval k odpovědím, pročetl si pouze první dvě odpovědi, když byl student dotázán, proč nepřečetl i další odpovědi odvětil: „Sodík leží v I.A, tzn., že nejvyšší oxidační čísla mohou být teoreticky pouze I a -I. Následovalo znovu přečtení zadání a vyřknutí správné odpovědi. Když jsem se opět dotázala, proč sodík nemůže mít – I, tak mi bylo odpovězeno, že má příliš nízkou elektronegativitu na to, aby měl záporné oxidační číslo. Znalosti studenta jsou natolik vštípené do paměti, že nevyužívá periodickou tabulku prvků k vyřešení daného úkolu.



Obrázek 7: Zobrazení strategie ST3

Strategie, které někteří studenti využívali se v průběhu měření měnily. V následující tabulce nalezneme přehled o tom, jaké strategie jednotliví studenti volili při řešení jednotlivých úloh. Pro přehlednost bude buňka zabarvena růžově pokud se jednalo o ST1, modře pokud se jednalo o ST2 a zeleně pokud se jednalo o ST3.

Tabulka 4: Zvolené strategie u jednotlivých úloh v Sadě 1

SADA 1	Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5
PA1	1	1	3	2	3
PA2	1	1	3	1	3
PB1	1	4	3	1	3
PB2	1	1	2	1	3

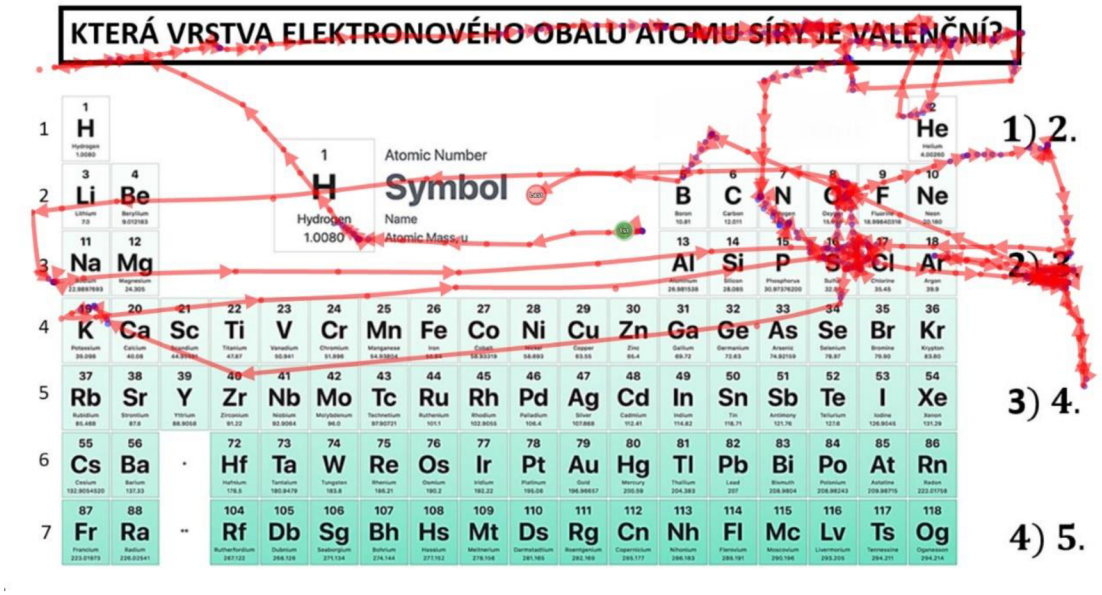
PC1	1	3	2	2	4
PC2	1	4	3	4	3

Žák PA1 v prvních třech úlohách měření využil strategii, která je výše specifikována jako ST3. U čtvrté úlohy se strategie pozměnila na ST1 a následně se u poslední úlohy vrátil k ST3. **Respondent PA2** skončil v pretestu obdobně jako respondent PA1. V prvních dvou úlohách byla strategie totožná se strategií jako u respondenta PA1, nicméně již během úlohy tři se strategie změnila na ST2. Pomocí této strategie byly řešené i zbylé úlohy. Respondent, kterého pro naše účely nazýváme „**Žák PB1**“. U prvních dvou úloh volí strategii vyvození oxidačních čísel na základě čísla skupiny, ve které se daný prvek vyskytuje, tzn., že respondent využíval ST1. U úlohy číslo tři se strategie změnila na strategii, kdy spoléhal na vlastní zkušenost – snaha vzpomenout si na sloučeniny daného prvku, tzn. využíval ST2. Tato pozměněná strategie přetrvávala i při řešení úlohy čtyři. V úloze číslo pět se opět vrací ke strategii ST1. Respondent nazýván „**Žák PB2**“ využil při řešení ve většině úloh strategii nazývanou ST1. U posledních dvou úloh využil strategii ST2. **Žák PC1** při řešení všech úloh využil strategii, kterou nazýváme ST2. Respondent se jménem „**Žák PC2**“ obdržel v pretestu nejnižší počet bodů z užšího výběru respondentů. Úlohu jedna a tři vyřešil pomocí strategie ST1. Úlohu dva, čtyři a pět vyřešil pomocí strategie ST2.

5.2.2 Sada 2

Ze získaných dat byly zachyceny dvě hlavní strategie řešení, které studenti využívali během řešení vybraných úloh zaměřených na periodickou tabulku prvků.

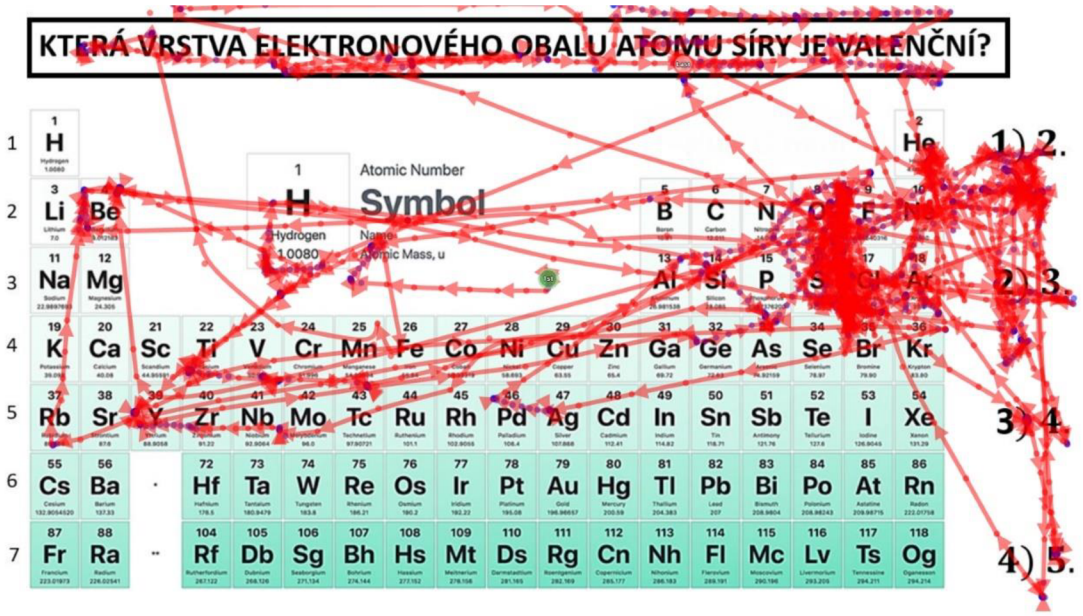
První strategie spočívala v uvědomění, co znamená pojem valenční vrstva. Zároveň student ovládá mechanismus, jak tuto informaci vyvodit z periodické tabulky prvků. Tato strategie vyžaduje, aby měl student určité znalosti uložené v paměti. A to studenti, kteří tuto strategii využívají, mají. Tuto strategii budeme nazývat SR1, která je zobrazena na obrázku 8.



Obrázek 8: Zobrazení strategie SR1

Pokud sledujeme směr červené křivky, tak vidíme, že v prvním kroku dochází k analyzování zadání. Uvědomění si, co znamenají jednotlivé pojmy. Vyhledání prvku, u něhož se má určit valenční vrstva. Následně se přesunujeme na číslo periody, ve které se daný prvek nalézá. Dochází ke zpracování informací a vyhledání odpovídající odpovědi.

Druhá strategie je pravým opakem předchozí strategie. Studentům využívajícím tuto strategii chybí informace, které by měl mít zafixované v paměti. V důsledku toho není schopen dílčími kroky dojít ke správné odpovědi. V tento okamžik nemá student jinou možnost než se spolehnout pouze na svoji osobní zkušenost. Dalo by se říci, že student spoléhá na prvotní myšlenku, která může plynout ze vzpomínek. Obdobně tomu tak bylo i u strategie ST2. Dochází k přeříkávání jednotlivých odpovědí. Odpověď, která mu přijde povědomá či známá, je ve většině případech vyhodnocena jako ta správná. Tuto strategii budeme nazývat SR2. Na obrázku 9 můžeme vidět strategii SR2 v praxi.



Obrázek 9: Ukázka strategie SR2

Strategie, které někteří studenti využívali se v průběhu měření měnili. V následující tabulce nalezneme přehled o tom, jaké strategie jednotliví studenti volili při řešení jednotlivých úloh. Pro přehlednost bude buňka zabarvena růžově, pokud se jednalo o SR1 a modře, pokud se jednalo o SR2.

Tabulka 5: Zvolené strategie u jednotlivých úloh v Sadě 2

SADA 2	Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5	Úloha 6
PA1	2	2	3	4	3	2
PA2	2	3	3	4	3	2
PB1	2	3	3	3	3	2
PB2	2	3	1	4	3	2
PC1	2	3	2	4	3	2

PC2	1	3	3	3	4	3

Žák PA1 ve všech šesti úlohách využívá strategii SR1. U žádného zadání neváhal nad odpovědí. Jedná se o studenta, který obdržel v pretestu nejvyšší počet bodů. Nicméně v druhém měření měl správně pouze pět odpovědí ze šesti. Nicméně tato chyba neplynula z neznalosti, ale pouze z nepozornosti, kdy si respondent zaměnil značky dvou prvků. Při procházení výsledků měření si student okamžitě uvědomil svoji chybu. **Žák PA2** obdobně jako předchozí respondent využil ve všech úlohách strategii SR1. Během měření se nedopustil žádné chyby. Řešení mu trvalo o něco déle než studentovi PA1, neboť než vyřknul odpověď, 2x si ji ověřil. **Žák PB1** v prvních dvou úlohách zvolil strategii SR1, nicméně již u třetí úlohy nedokázal aplikovat svoje poznatky a byl donucený využít strategii SR2. Pomocí této strategie dořešil i zbylé úlohy. **Žák PB2** využil během řešení prvních dvou úloh strategii SR1, v úloze tři si nedokázal spojit pojem valenční vrstvy s Bohrovým modelem a musel změnit svoji původní strategii na SR2. Při řešení úlohy čtyři a pět se vrátil ke své původní strategii, a to je SR1. **Žák PC1** při řešení první úlohy zvolil strategii SR2. Bylo očividné, že v důsledku nervozity nebyl schopný se hlouběji zamýšlet. Jeho nervozita byla tak veliká, že přestal verbalizovat své myšlenky, v důsledku toho jsem byla nucená do měření zasáhnout, uklidnit studenta, připomenout mu, že výsledky budou anonymní. Student se uklidnil a strategii SR2 pak využil již jen u úlohy tři. Zbylé úlohy vyřešil pomocí SR1. **Žák PC2** veškeré úlohy vyřešil pomocí strategie SR2. Úspěšnost studenta byla oproti ostatním respondentům výrazně nižší.

6 DISKUZE VÝSLEDKŮ

V práci jsme se zaměřili na strategie řešení úloh spjatých s periodickou tabulkou, konkrétně šlo o úlohy zaměřené na oxidační čísla, kterých mohou jednotlivé prvky nabývat a na strukturu atomu. Pro úspěšné vyřešení těchto úloh je třeba porozumění studentů a schopnost aplikace poznatků o periodické tabulce a uspořádání prvků v ní, o významu pozic jednotlivých prvků v periodické tabulce, ale také o struktuře jejich atomů.

Mnoho studentů je zvyklých si věci memorovat zpaměti a nepropojovat si jednotlivé spojitosti. V této kapitole probereme jednotlivé aspekty, které měli vliv na výsledky, které jsme získali měřením.

Pro výběr respondentů byl administrován pretest. Výsledky, které vybraní respondenti získali v pretestu, se shodovaly s výsledky, které získali v měření. Měření tak dokreslilo důvody úspěchu a neúspěchu studentů v pretestu.

6.1 Vztah volby strategie a správnosti řešení úloh v sadě 1

Valná většina respondentů u první úlohy zvolila náročnější, ale spolehlivou strategii číslo jedna – ST1. Studenti, kteří si svými znalostmi nebyli zcela jistí nebo je neuměli aplikovat, se uchýlili ve většině případech ke strategii číslo dva, která je založena na vlastní zkušenosti. Naopak studenti, kteří měli dostatečné znalosti, kterým rozuměli a dokázali je aplikovat a vyvozovat z nich další informace využívali ST1 nebo ST3.

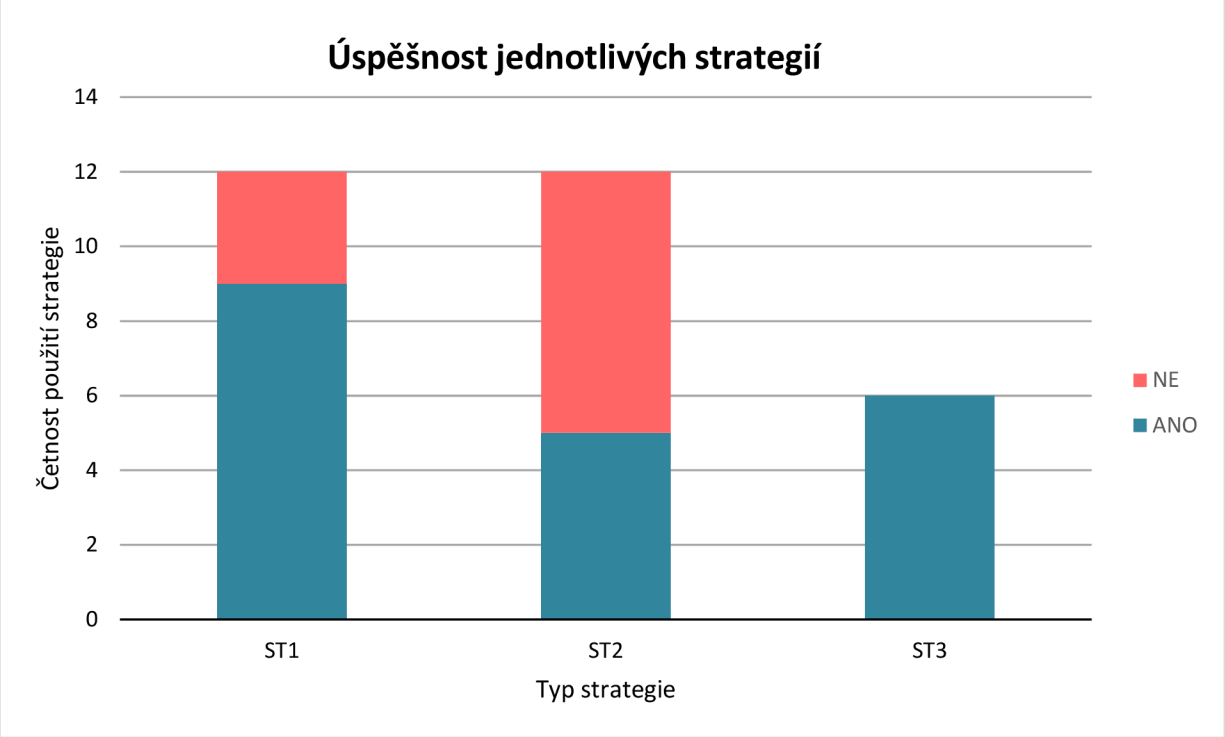
Zajímavým zjištěním bylo, že se našel pouze jeden respondent, který v průběhu celého měření využíval pouze jednu strategii. U ostatních respondentů byla volba strategií řešení proměnlivá – na čem to záviselo? Na obtížnosti úlohy, dá se to pravděpodobně říct?

V tabulce číslo 6 nalezneme přehled jednotlivých strategií, které studenti během řešení využívali. Aby se nám lépe porovnávala funkčnost jednotlivých strategií, místo zvolených odpovědí se v buňkách nachází ANO, pokud odpověď byla správná. V buňce se vyskytuje NE, pokud student odpověděl špatně. Pro přehlednost bude buňka zbarvená do růžova, pokud se jednalo o ST1, modře pokud se jednalo o ST2 a zeleně pokud se jednalo o ST3, obdobně jak tomu bylo v předešlé tabulce číslo 5.

Tabulka 6: Správnost odpovědí a volba strategie - Sada 1

SADA 1	Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5
PA1	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
PA2	ANO	ANO	ANO	NE	ANO
PB1	ANO	NE	ANO	NE	ANO
PB2	ANO	ANO	NE	NE	ANO
PC1	ANO	NE	NE	ANO	NE
PC2	ANO	NE	ANO	NE	ANO

Pokud nás zajímá, jakou úspěšnost nám každá strategie propůjčuje, zaneseme jednotlivé výsledky do diagramu. Na ose x vidíme jednotlivé strategie, které studenti využívali. Na ose y vidíme, kolik odpovědí bylo pomocí dané strategie zodpovězeno správně a kolik špatně. Červeně znázorněna část diagramu představuje odpovědi, které byly zodpovězeny špatně.



Obrázek 10 Úspěšnost jednotlivých strategií v Sadě 1

Můžeme si povšimnout, že využití strategie ST1 a ST2 byla stejná. Nicméně úspěšnost strategie ST1 značně převyšuje strategii ST2. Co se týče strategie ST3, její úspěšnost je 100 %, avšak její využití si žádá hlubší znalosti, proto její využití není tak rozšířené.

Respondenti PA volili většinou strategii ST1. Oproti tomu respondenti PC většinou volili strategii ST2.

6.2 Vztah volby strategie a správnosti řešení úloh v sadě 2

Respondenti při řešení úloh v sadě 2 častěji použili strategii SR1. To, že studenti využili tuto strategii na první dvě úlohy, nám poskytuje informaci, že studenti mají některé informace upevněné v paměti a dokáží si je propojit s periodickou tabulkou prvků.

Nicméně je také důležité, aby měli i určitou představu, co daný pojem představuje. Pokud znají definici daného pojmu, umějí si pojem spojit s periodickou tabulkou prvků a v neposlední řadě mají představu, co daný pojem představuje, tak jsou splněny veškeré cíle formulované dle Bloomovy taxonomie, o které se blíže zmiňuji v kapitole 2.

Během řešení prvních dvou úloh v Sadě 2 ověřujeme pouze, zda daný student zná definici daného pojmu a zároveň tuto informaci umí vyhledat v periodické tabulce prvků. Zbylé úlohy jsou koncipované tak, aby ověřily, zda má student i představu o tom, co dané pojmy znamenají a nemají významy naučené pouze zpaměti.

Pokud student odpověděl na zbylé otázky správně a využil u toho SR1, nejenže zná definici, umí informaci vyhledat v periodické tabulce prvků, ale dokonce i ví, co daný pojem vyjadřuje.

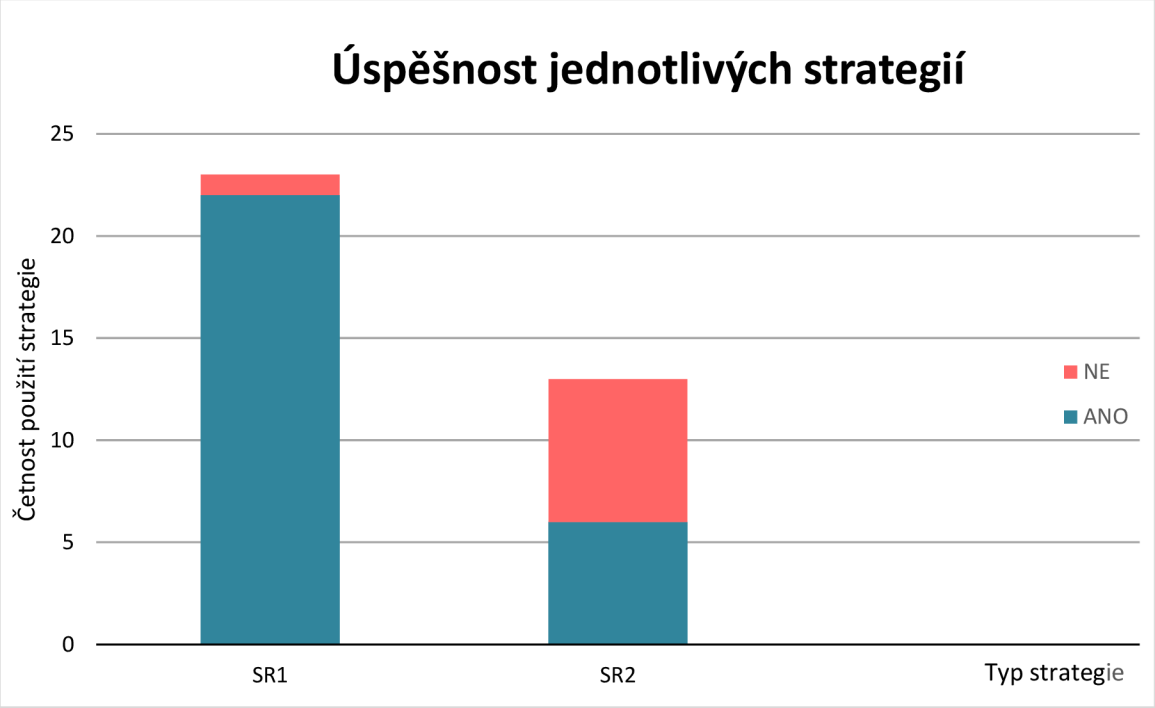
V tabulce číslo 7 nalezneme přehled jednotlivých strategií, které studenti během řešení využívali. Aby se nám lépe porovnávala funkčnost jednotlivých strategií, místo odpovědí se v buňkách nachází ANO, pokud odpověď byla správná. V buňce se vyskytuje NE, pokud student odpověděl špatně. Pro přehlednost bude buňka zbarvená do růžova, pokud se jednalo o SR1, modře pokud se jednalo o SR2.

Tabulka 7: Správnost odpovědí a volba strategie – Sada 2

SADA 2	Úloha 1	Úloha 2	Úloha 3	Úloha 4	Úloha 5	Úloha 6
PB1	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO
PB2	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
PC1	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO
PC2	NE	ANO	ANO	NE	NE	NE
PA2	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
PA1	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO

Z tabulky 7 vyčteme, že pouze u studentů PA1 a PA2 jsou splněny všechny cíle tématu formulované dle Bloomovy taxonomie. Oproti ostatním respondentům nemají informace naučené pouze zpaměti, ale rozumí jim. Nevnímají jednotlivé informace jako oddělené celky, nýbrž jako jeden celek.

Abychom porovnali úspěšnost jednotlivých strategií, zaneseme získané hodnoty do grafu. Červeně znázorněna část diagramu představuje odpovědi, které byly zodpovězeny špatně. Výsledek, který nám diagram 2 přinesl, není překvapující. Využití strategie SR1 výrazně přesahuje využití strategie SR2. Úspěšnost strategie SR1 je téměř 100 %. Pouze jedna odpověď byla odpovězena špatně za použití této strategie. Nicméně v tomto konkrétním případě došlo pouze k nepozornosti. A to konkrétně k záměně prvku rhenia za rhodium.



Obrázek 11 Úspěšnost jednotlivých strategií v Sadě 2

Můžeme si povšimnout, že úspěšnost v této sadě byla výrazně vyšší než v sadě 1. Jeden z možných důvodů, který mohl zapříčinit rozdíl v úspěšnosti byla náročnost jednotlivých sad. V sadě 1 bylo potřeba mít naučené konkrétní informace, dále bylo důležité těmto informacím rozumět, abychom byli schopni je aplikovat. Mimo jiné studentu museli

rozpoznat, které informace potřebují a které naopak ne. Sada 2 byla v tomhle jednodušší, ve většině úloh stačilo mít naučené informace zpaměti bez hlubšího pochopení.

6.3 Další identifikované faktory ovlivňující úspěšnost řešení úloh

V průběhu měření byly zjištěny následující faktory, které budou postupně v textu představeny. Jedná se o čtení zadání, kognitivní zkreslení, neznalost polohy prvku v PTP, neznámé prostředí a nestandartní podmínky,

6.3.1 Čtení zadání

U řady úloh studenti nerozuměli zadání, několikrát se sami sebe dotazovali otázkami: „To mám udělat tohle?“ „Cože?“ Zprvu pro mě nepochopitelné, neboť se jednalo o zadání, která byla podobná předcházejícím úlohám a u nich podobné dotazy nekladli.

Při analýze naměřených dat pomocí eye trackeru lze vidět, že řada studentů si zadání nepřečetlo celé, což jim bránilo v porozumění. V řadě případů se jedná o vynechání podstatných informací, které studentovi sdělují, co se po něm žádá.

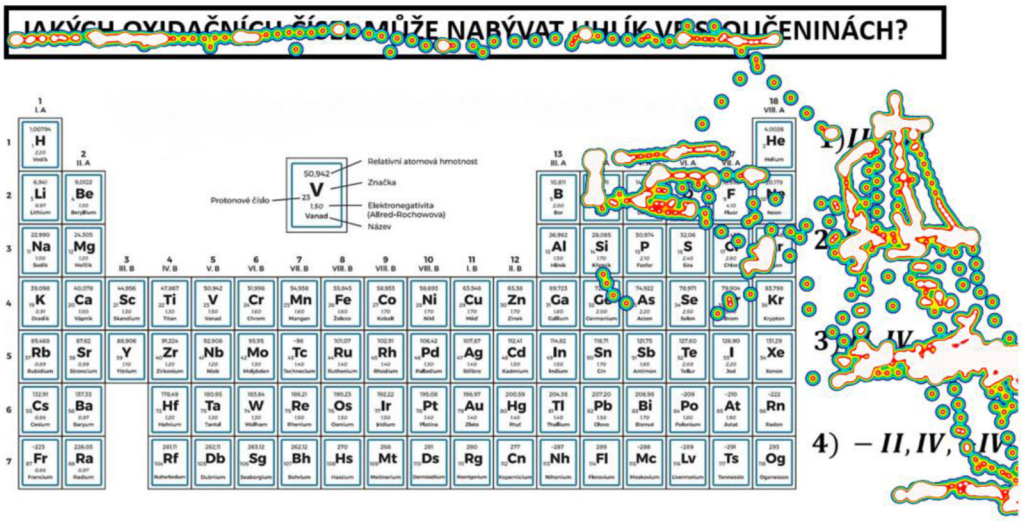
Na obr.12 lze vidět záznam z eye trackeru. Jedná se o jednu z forem výstupu z eye trackerů, která zobrazuje pouze tu část předlohy, na kterou se oko přímo zaměřilo.

Rozostřená část předlohy je pouze v periferním vidění. Můžeme si povšimnout, že se jedná o případ výše popisovaný, kdy studenti nečtou zadání a tím brání i jeho porozumění.

Obrázek 12 Naměřená data – pozornost čtení zadání

Studenti předpokládají, že vědí, co se po nich chce na základě předcházejících cvičení. Nicméně jejich interpretace zadání je nepostačující v důsledku nedostatečného čtení zadání.

Další z možných aspektů, který brání studentům porozumět zadání, je následující. Na základě 3-4 přečtených písmen vyvodí, jaké slovo právě čtou a zbylá písmena úplně vynechají.



Obrázek 13 Heat mapa úlohy s uhlíkem

Na obr.13 můžeme vidět jeden z dalších výstupů z eye trackeru, konkrétně se jedná o teplotní mapu – to by chtělo připomenout, co zobrazuje. Z těchto nasbíraných dat lze vidět výše zmiňovaný problém, kdy studenti po přečtení několika prvních písmen slovo opustí s domněním, že vědí, která písmena budou následovat.

Studenti, kteří zadání dočtou do konce, mají mnohem větší pravděpodobnost na úspěšné vyřešení zadaného úkolu než studenti, kteří zadání nedočtou. Ideální strategie, kterou využívali především studenti nadprůměrní, spočívala v přečtení celého zadání. Následně se pozornost přesunula směrem k odpovědím, které si všechny pročetli. Po dočtení poslední odpovědi se zrak upírá opět k zadání, které si znovu pročítá a ověřuje si, zda zobrazené zadání pochopil správně.

6.3.2 Kognitivní zkreslení

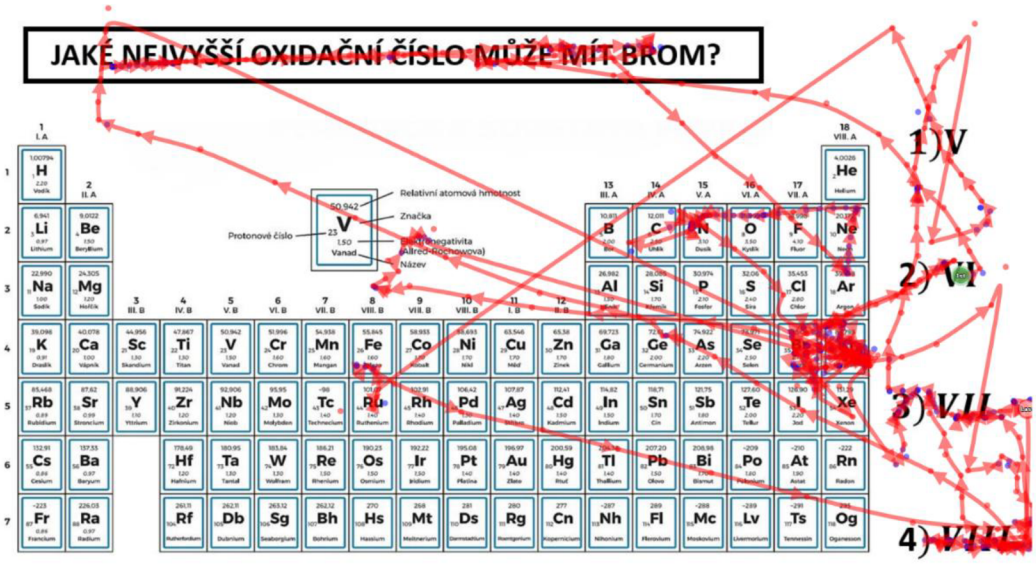
Kognitivní zkreslení je psychologický pojem, do této skupiny můžeme zařadit podpojem The Availabillity Bias. Volně přeloženo do češtiny Klam dostupnosti. V případě, že řešíme nějaký úkol a vyskytujeme se pod určitým tlakem, spoléháme často na první myšlenku, která nás napadne. Prvotní myšlenka většinou obsahuje informace, které jsou vyvozeny z osobní zkušenosti, vzpomínek či externích zdrojů. Tím, že se spolehneme na prvotní myšlenku a vyhneme se procesu analýzy daného úkolu a následnému vyvození

správné odpovědi, nám značně roste pravděpodobnost, že naše konečná odpověď bude mylná. [27]

V praxi se můžeme setkat se dvěma přístupy při procvičování názvosloví v chemii. Jeden přístup nehledí na oxidační čísla, kterých může daný prvek nabývat. Jde jim pouze o aplikaci křížového pravidla a přiřazení ke koncovce správné oxidační číslo. V tomto přístupu se tedy můžeme setkat i se sloučeninami, které v reálném světě neexistují. Prvky nabývají oxidačních čísel, kterých v důsledku své elektronové konfigurace nemohou nabývat. Příkladem takové sloučeniny pak může být třeba oxid sodnatý.

Druhý přístup zohledňuje reálné vazebné možnosti atomů a oxidační čísla, kterých může každý prvek nabývat. Sloučeniny, které studentům diktujeme, jdou v souladu s jejich elektronovou konfigurací a umístěním v PTP. Tento přístup je v důsledku kognitivního zkreslení žádaný.

U respondenta PA4 byla jedna z doplňujících otázek: Z jakého důvodu odpověděl v Sadě 1 na úlohu číslo 5, že nejvyšší oxidační číslo bromu je VIII. Jeho odpověď byla, že si pamatuje, jak s paní učitelkou na základní škole hojně využívali tuto koncovku s daným prvkem. Na obrázku níže lze vidět, že se respondent PA4 rozhodoval mezi odpovědí číslo tři a odpovědí číslo 4. Nakonec vyhrála osobní zkušenost nad myšlenkovým procesem.



Obrázek 14 Trajektorie pohybu očí úlohy s bromem

To jen potvrzuje slabé stránky prvního přístupu, se kterým se můžeme v praxi setkat.

Studenti, kteří nemají naučené základní informace, ze kterých by mohli postupnými kroky vyvodit správnou odpověď, nebo jim chybí propojenost jednotlivých pojmů, a tím pádem nejsou schopni z naučených informací vyvodit správnou odpověď, tak se uchyluje ke strategii, kdy spoléhá na osobní zkušenost. Zjednodušeně to, co mu přijde povědomé, to bude správná odpověď.

Studenti, kteří si se svými znalostmi nejsou jistí, využívají převážně strategii, kdy se snaží vybrat správnou odpověď na základě své zkušenosti. Student spoléhá na prvotní myšlenku, která může plynout ze vzpomínek, nebo jak bylo již výše napsáno, na osobní zkušenost. Přeříkává si jednotlivé odpovědi. Odpověď, která mu přijde povědomá či známá, je ve většině případech vyhodnocena jako ta správná.

6.3.3 Neznalost polohy prvku v PTP

Během řešení některých úloh, zejména úlohy, kde měli respondenti odpovědět na otázku: „Jakých oxidačních čísel může nabývat olovo ve sloučeninách?“, nastal problém, že nedokázali určit polohu olova v periodické tabulce prvků. Rázem se zadání úlohy změnilo na: „Najdi olovo v periodické tabulce prvků.“ Strategie nalezení olova v tabulce u respondentů, kteří nevěděli přesnou polohu olova, se rozpadla na tři strategie. První dvě strategie se odvíjeli od toho, že respondenti neměli nejmenší tušení, kde se olovo v tabulce nachází. Na obrázku níže můžeme vidět první strategii, kterou bychom mohli nazvat chaotické hledání olova. Respondent nepromyšlenými, nahodilými pohyby očí putuje po tabulce až do té doby, dokud čistou náhodou nenarazí na již zmiňovaný prvek.

Obrázek 15 Trajektorie pohybu očí úlohy s olovem

Druhá strategie spočívá v promyšlených, nenahodilých pohybech očí po periodické tabulce prvků. Respondenti využívající tuto strategii si vybrali počáteční bod, který se nacházel na jednom z rohů tabulky. Následně plynulými pohyby projížděli periodu po periodě, dokud nenarazili pohledem na olovo.

Třetí strategii využívali studenti, kteří měli hlubší znalosti. Uvědomili si, že olovo řadíme mezi kovy. Na základě této informace věděli, kde se bude zhruba daný prvek nacházet.

Co se týká porovnání efektivity těchto tří strategii, tak nejlépe z toho vyšla strategie třetí. Studenti využívající tuto strategii nalezli olovo v průměru za nejkratší čas. Dále v pořadí byla strategie druhá a v neposlední řadě strategie první.

Dalším zajímavým zjištěním bylo, že někteří respondenti, kteří došli k této úloze s olovem, tzn. k úloze, ve které se nachází prvek, který není hojně při studiu chemického názvosloví využíván, změnili strategii řešení úloh. Studenti, kteří využívali ST1 při řešení předešlých úloh, u této úlohy strategii změnili, aniž by si to sami uvědomili, na ST2. Studenti využívající ST3 si tuto strategii zachovali v průběhu celého měření.

6.3.4 Neznámé prostředí a nestandartní podmínky

Převážná část naměřených dat tohoto výzkumu byla získána pomocí Eye trackeru. Podrobnější princip eye trackingu je popsán v kapitole 2.3.1. Měření probíhá pomocí kamery, která snímá pohyby očí.

Před zahájením měření je důležité přístroj zkalibrovat. Po kalibraci přístroje je nesmírně důležité, aby respondent neuhnul pohledem mimo monitor (snímací pole). Pokud by se tak stalo, data by byla zkreslená a nenesly by velkou výpovědní hodnotu. To bylo pro řadu respondentů velmi svazující. Jeden z respondentů komentoval zpětně své výsledky se slovy: „Kdybych si to mohl rozepsat na papír, tak bych na to přišel, takhle jsem prostě nevěděl.“ Další respondent: „Když se zamýšlím, tak koukám do stropu, představuji si tam jednotlivé kroky a pomáhá mě to, bohužel tady to nešlo.“

Dalším negativním aspektem, který se mohl projevit negativně na výsledcích a mohlo způsobit zkreslení naměřených hodnot je odlišné prostředí, ve kterém měření probíhalo. Měření probíhalo mimo školu, dalo by se říci, že probíhalo v „laboratoři“, což je pro studenta nepřirozené prostředí.

ZÁVĚR

V úvodu jsem zmiňovala, že chemie se neřadí mezi oblíbené předměty, které studenti mají. Jeden z možných důvodů je zřejmý, pokud něčemu nerozumíme, zkrátka nás to nebaví. Abychom něčemu rozuměli, potřebujeme mít určité informace uložené v paměti. Nicméně jen toto nestačí, ostatně jak nám ukázalo samotné měření. Studenti, kteří řadí chemii mezi své oblíbené předměty mají výrazně lepší výsledky než studenti, kteří chemii mezi své oblíbené předměty neřadí. Je důležité, aby jednotlivé informace byly pospojované v logické celky.

Je důležité ověřit, zda má student jednotlivé informace propojené a umí je aplikovat ve vhodný okamžik. Z výsledků měření nám plyne, že pokud znalosti budeme ověřovat pouze na prvcích, které jsou v hodinách hojně využívané, nemáme jistotu, že student nevykonává jednotlivé kroky pouze proto, že si pamatuje určitý algoritmus, který mu byl předveden. Nicméně nerozumí posloupnosti jednotlivých úkonů a jejich významu.

Dalším úskalím, které má opakované využívání stejných prvků či sloučenin je, že studenti si mohou zafixovat správné odpovědi. Stěží poté ověříme, zda správná odpověď plyne z pochopení problematiky nebo z pouhého namemorování. Proto je vhodné do výuky zařadit i prvky méně používané, u kterých nemají studenti zafixované odpovědi. Tím budou nuceni využívat periodickou tabulku prvků.

Díky naměřeným datům jsme byli schopni odpovědět na otázku O3 a určit některé faktory, který mají negativní vliv na řešení vybraných úloh. Ve výkladu a procvičování anorganického názvosloví existují dva možné přístupy. Jeden z přístupů využívá pouze sloučeniny, které opravdu existují. Druhý přístup využívá krom sloučenin, které existují i sloučeniny, v nichž prvky nabývají oxidačních čísel, kterých nabývat nemohou. Z výsledku měření vyplývá, že tento přístup by se měl vyškrtnout ze všech didaktických příruček učitelů. Pokud učitel využívá sloučeniny, které neexistují a u studenta dojde k zafixování této sloučeniny do paměti, brání mu tato informace v určitých strategiích, které jsou mezi studenty hojně využívané, dojít ke správné odpovědi. Další faktory, které měli negativní vliv na řešení vybraných úloh zmiňuji i v odstavci, kde zodpovídáme

otázku: Jak přesně lze zachytit zvolené strategie studentů zvolenou kombinací metod sběru dat?

Z nasbíraných dat jsme určili několik strategií, které studenti využívají. Tím jsme i nalezli odpověď na otázku O2. Studenti, kteří využívají strategii, při které spoléhají na osobní zkušenost či na prvotní myšlenku, která většinou bývá vyvolána právě již zmiňovanou osobní zkušeností, jsou ve většině případů studenti průměrní až podprůměrní. Tato strategie, jak z měření plyne, není příliš funkční. Oproti tomu studenti premianti používají strategii zcela odlišnou. Využívají periodickou tabulku prvků k řešení úloh. (Tím jsme si i odpověděli na otázku O6.) Úkol si rozdělí na dílčí části a postupnými kroky dojdou ke správné odpovědi. Tato strategie je velmi funkční. V porovnání se strategií, kterou využívají průměrní/podprůměrní studenti, ji výrazně převyšuje. Proto na otázku O7, zda existuje spojitost mezi způsobem využití PTP a úspěšnými řešiteli, můžeme odpovědět, že pravděpodobně ano.

Další otázku O1, kterou jsme si položili byla následující: Jak přesně lze zachytit zvolené strategie studentů zvolenou kombinací metod sběru dat? Metoda eye-trackingu má veliký potenciál, nicméně i tato metoda má některá úskalí, která se v průběhu měření projevila. Pro respondenty bylo nestandartní řešit úlohy bez papíru a tužky prostřednictvím monitoru. Pro některé respondenty to byl natolik ovlivňující aspekt, že úlohy, které v didaktickém testu zodpověděli správně, tak při řešení obdobné úlohy prostřednictvím monitoru již správně nezodpověděli. Veškeré měření probíhalo v budovách Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové. I tento fakt, že se nachází v prostorách jiné školy, mohl způsobit jistý druh nervozity, a tím ovlivnit jejich úsudek při řešení vybraných úloh. Proto můžeme s jistotou říci, že nasbíraná data nemají 100% výpovědní hodnotu. Toto zjištění nám poskytlo částečnou odpověď na otázku O8.

V posledních letech se apeluje na školy a učitele, kteří v nich vyučují, aby u studentů rozvíjeli čtenářskou gramotnost. Aby se tato schopnost nerozvíjela pouze v předmětu český jazyk, ale i v předmětech jako je matematika, fyzika, chemie apod. Jak z výsledku měření plyne, někteří studenti měli problém porozumět zadání. Pokud student neporozumí zadání, je tím odsouzený k neúspěchu již na začátku celého procesu. Proto je velice přínosné, že se apeluje u studentů na rozvoj této kompetence.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. SCERRI, E. R. *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. 1. vyd. New York City, New York, Oxford University Press, 2006, 416 s. ISBN 9780190914370.
2. BŘÍŽĎALA, J. *Historie uspořádávání prvků.* [on-line]. E-chembook. Praha: Národní knihovna ČR, 2022 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://e-chembook.eu/historie-usporadavani-prvku.
3. *Triad*. [on-line]. In: Britannica. [cit. 2023-07-07]. Dostupné z: https://www.britannica.com/science/triad-chemistry.
4. BÉGUYER DE CHANCOURTOIS, A. E. *Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois and the Order of the Chemical Elements.* [on-line]. SciHi Blog. [Cit. 2023-07-06] Dostupné z: http://scihi.org/alexandre-emile-beguyer-de-chancourtois/. Napsáno: [2023-01-20].
5. PLŰŻYCZKA, M. *Applied Linguistics Papers.* [on-line]. 27. 12. 2018. *The First Hundred Years: a History of Eye Tracking as a Research Method* Roč. 2018, č. 4, s. 101-116. ISSN 2544-9354. [cit. 2023-08-13]. Dostupné z: http://dx.doi.org/10.32612/uw.25449354.2018.4.pp.101-116. .
6. POOLE, A.; BALL, L. *Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Current status and future prospects.* [on-line]. Encyclopedia of Human Computer Interaction, 2006. [Cit. 2023-09-20] Dostupné z: www.alexpoole.info/blog/wp-content/uploads/2010/02/PooleBall-EyeTracking.pdf
7. WIPFLI, R. *Eye Tracking and its application in educational multimedia.* [on-line]. [cit. 2023-10-08].Dostupné z: Eye Tracking and its application in educational multimedia (unige.ch).
8. RICHARDSON, D.; SPIVEY, M. *Eye-Tracking: Characteristics and Methods.* [on-line]. In: Researchgate. 28. 5. 2008. DOI: https://doi.org/10.1201/b18990-101 . [cit. 2023-07-07]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/246156704_Eye-Tracking_Characteristics_and_Methods.

9. DREWES, H. Eye Gaze Tracking for Human Computer Interaction. [on-line]. Disertace. Mnichov: LFE Medien-Informatik der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2010. [cit. 2023-08-05] Dostupné z: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/11591/1/Drewes_Heiko.pdf. Disertace..
10. BENSAUDE-VINCENT, B. *Dmitri Mendeleev*. [on-line]. In: Britannica. Stránka byla naposledy editována 14. 9. 2023. [cit. 2023-08-26] Dostupné z: https://www.britannica.com/biography/Dmitri-Mendeleev.
11. SOMEREN, M., BARNARD, Y., SANDBERG, J. The Think Aloud Method - A Practical Guide to Modelling CognitiveProcesses. [on-line]. 01.1994. ISBN 0-12-714270-3. [cit. 2023-10-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/215439100_The_Think_Aloud_Method_-_A_Practical_Guide_to_Modelling_CognitiveProcesses.
12. JUST, Marcel Adam a Patricia A. CARPENTER. Eye Fixations and Cognitive Processes. [on-line]. Cognitive Psychology 8. 1976. s. 441-480. [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: http://wexler.free.fr/library/files/just%20(1976)%20eye%20fixations%20and%20cognitive%20processes.pdf.
13. OXMAN, R. M., BAX, M. F. T., ACHTEN, H. H. Design research in the Netherlands: symposium preprints. Technische Universiteit Eindhoven. [on-line]. 1995. [cit. 2023-10-17]. Dostupné z: https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/2018304/434076.pdf.
14. NISBETT, R. E. & WILSON, T. D. . Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. [on-line]. Psychological Review, 1977, vol. 84, no. 3 s. 231–259. [Cit. 2023-07-06] Dostupné z: https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.3.231.
15. ERICSSON, K. A. & Simon, H. A. *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* (revised edition). [on-line]. 1993, s. MIT Press, Cambridge, Mass. [Cit. 2023-07-08]Dostupné z: https://doi.org/10.7551/mitpress/5657.001.0001
16. HELMENSTINE, A. M. *Why Is the Periodic Table Important?* [on-line]. ThoughtCo, 5. dubna 2023. [cit. 2023-11-05]. Dostupné z: https://www.thoughtco.com/why-is-the-periodic-table-important-608829.

17. SILLAMY, N.. *Psychologický slovník.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 2001. ISBN 80-244-0249-1.
18. BRANSFORD, J. D. a STEIN, B. S. *The Ideal Problem Solver: A Guide for Improving Thinking, Learning, and Creativity.* New York: W. H. Freeman and Company, 1993. ISBN 0-7167-2204-6.
19. ELÇIN, E. a ZIYA, A. Instructional design-based research on problem solving strategies. *Acta Didactica Napocensia*, 2016, vol. 9, no. 4, s. . ISSN 2065-1430. [cit. 2023-09-21]
20. MASARYKOVA UNIVERZITA, *Bloomova taxonomie výukových cílů v kognitivní oblasti.* [on-line]. [cit. 2023-10-30]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1441/jaro2007/ZS1BP_SP2/Bloomova_taxonomie.tab..pdf.
21. PUNDE, P. A., JADHAV, M. E., MANZA, R. R. *A study of eye tracking technology and its applications*. [on-line]. s. 86-90. [cit. 2023-09-24] Dostupné z: https://doi.org/10.1109/ICISIM.2017.8122153.
22. POOLE, A., and BALL, L. *Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects.* [on-line]. alexpool.info, 2004. [cit. 2023-10-22]_ Dostupné z: www.alexpoole.info/blog/wp-content/uploads/2010/02/PooleBall-EyeTracking.pdf.
23. DOSTÁL, J. *Theory of Problem Solving*. In: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2015, vol. 174, s. 2798-2805. ISSN 1877-0428. [cit. 2023-09-16] Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815010290.
24. DUMPER, K., JENKINS, W., LACOMBE A., LOVETT M. a Marison PERIMUTTER, M. *Introductory Psychology.* [on-line]. Pressbooks.com, 2019. [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: Pressbooks.com, https://opentext.wsu.edu/psych105/.
25. MASARYKOVA UNIVERZITA, *Fyziologie – teorie k praktickým cvičením.* [on-line]. Informační systém Masarykovy univerzity, © 2021. [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js21/fyziologie/web/pages/27_astigmatismus.html?lang=EN.

26. BALADA, J. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. ISBN 978-80-87000-11-3.
27. GILLIS, S.A., *Cognitive bias*. [on-line]. In:TechTarget. Stránka byla naposledy upravena v dubnu 2023. [cit. 2023-11-09]. Dostupné z: https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/cognitive-bias

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Bloomova taxonomie výukových cílů (převzato z [20]) 15

Tabulka 2: Rozdělení vybraných respondentů podle výsledků pretestu 33

Tabulka 4: Odpovědi jednotlivých respondentů ze Sady 2 36

Tabulka 5: Zvolené strategie u jednotlivých úloh v Sadě 1 40

Tabulka 6: Zvolené strategie u jednotlivých úloh v Sadě 2 43

Tabulka 7: Správnost odpovědí a volba strategie - Sada 1 46

Tabulka 8: Správnost odpovědí a volba strategie – Sada 2 48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Purkyňovy obrazy [25] 18

Obrázek 2: Pohled namířený do středu monitoru 19

Obrázek 3: Schéma fází výzkumu 27

Obrázek 4: Sada 1 30

Obrázek 5: Sada 2 32

Obrázek 6: Naměřená data – porovnání strategií ST1 a ST2 38

Obrázek 7: Zobrazení strategie ST3 40

Obrázek 8: Zobrazení strategie SR1 42

Obrázek 9: Ukázka strategie SR2 43

Obrázek 10 Úspěšnost jednotlivých strategií v Sadě 1 47

Obrázek 11 Úspěšnost jednotlivých strategií v Sadě 2 49

Obrázek 12 Naměřená data – pozornost čtení zadání 51

Obrázek 13 Heat mapa úlohy s uhlíkem 52

Obrázek 14 Trajektorie pohybu očí úlohy s bromem 53

Obrázek 15 Trajektorie pohybu očí úlohy s olovem 55