



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Iva Jakubská

**Strategie žáků při řešení úloh z mechaniky zkoumané
metodou oční kamery**

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Martina Kekule, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Učitelství fyziky – Učitelství matematiky

Praha 2018

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce RNDr. Martině Kekuli, Ph.D, za cenné rady a podporu, které mi při psaní této práce poskytla. Děkuji také za ochotu, trpělivost a velkou dávku pochopení, bez nichž bych práci nejspíš nedokončila.

Dík samozřejmě patří i mé rodině, která mě během celé délky studia morálně i finančně podporovala. Víím, že to pro ně nebylo jednoduché a nikdy jim to nezapomenu.

Na konec bych ráda poděkovala svému příteli za oporu, kterou jsem v něm během těžkých momentů svého studia měla.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Dobrušce dne.....

Iva Jakubská

Název práce: Strategie žáků při řešení úloh z mechaniky zkoumané metodou oční kamery

Autor: Iva Jakubská

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Martina Kekule, Ph.D. , Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: Náplní diplomové práce je zkoumání strategií, které užívají studenti během řešení úloh. Pro výzkum byly použity úlohy z R-FCI testu. Výzkumu se účastnilo 35 studentů. Během řešení úloh byly oční pohyby studentů zaznamenávány oční kamerou Tobii TX300. Na základě získaných dat byla provedena kvalitativní analýza strategií pro úspěšné a neúspěšné řešitele úloh. Studenti, kteří nakonec vyřeší úlohu úspěšně, postupují obecně rychleji než neúspěšní řešitelé, v úloze se lépe orientují, fixují relevantní informace, z nabízených možností snadněji vyberou tu správnou. Dále byli vytipováni někteří účastníci, jejichž strategie byla zkoumána detailněji. V přílohách jsou uvedeny materiály, na jejichž základě byla analýza provedena. Materiály byly vygenerovány programem Tobii Studio 3.2.

Klíčová slova: mechanika, oční kamera, vzdělávání, strategie

Title: Students' problem solving strategies explored by eye-tracking method

Author: Iva Jakubská

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Martina Kekule, Ph.D., Department of Physics Education

Abstract: This diploma thesis is focused on exploring students' problem solving strategies. The tasks used in the research included tasks from the R-FCI test. 35 students participated in the research that was based on the eye-tracking method. Students' eye movements were tracked by camera Tobii TX300 during the problem solving periods. Qualitative analysis was then performed based on the data obtained

by the research. Comparison between students who provided the correct and incorrect answers was carried out. Correctly answering students solved tasks faster than incorrectly answering students. Also they focused on relevant information in the tasks and the choice of correct answers was easier for them. Another step of the research was to analyze some students' problem solving strategies in depth. All materials that were used for the analysis were generated by the program Tobii Studio 3.2., and are enclosed in the appendix.

Keywords: mechanics, eye-tracking, education, strategies

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1. Motivace.....	1
1.2. Cíle práce.....	1
1.3. Struktura práce	2
2. Teorie	3
2.1. Princip funkce oční kamery.....	3
2.2. Využití oční kamery ve výzkumech zaměřených na přírodovědné vzdělávání.....	6
2.3. R-FCI test	8
3. Metoda výzkumu.....	9
3.1. Úlohy.....	9
3.2. Dotazník	11
3.3. Účastníci.....	11
3.4. Průběh sběru dat	11
3.5. Možnosti zpracování dat	12
4. Výsledky výzkumu	15
4.1. Rozdíly v přístupech řešení studentů podle správnosti řešení úlohy.....	19
4.2. Analýza strategií řešení úloh pro vybrané účastníky.....	28
Varianta 1	29
Varianta 3	35
Příklady dobré praxe aneb strategie řešení expertů.....	42
Závěr	46
Seznam použité literatury.....	48
Seznam obrázků	50
Seznam tabulek	52
Přílohy	53
Příloha 1.....	53
Příloha 2.....	59
Příloha 3.....	61
Příloha 4.....	70

1. Úvod

1.1. Motivace

Jako studentku učitelství mě vždy zajímalo, jak studenti nad danými problémy a úlohami přemýšlejí, co jim činí potíže v konkrétní dané úloze. Bohužel během výuky ve škole nemá člověk moc možností se tím zabývat. Když se mi naskytl možnost podívat se do mysli žáků aspoň pomocí oční kamery, neváhala jsem a rozhodla jsem se na toto téma zaměřit svoji diplomovou práci.

Proč zrovna oční kamera? Je to nástroj, který umožní sledovat, kam se student díval a na základě toho můžeme nepřímo pozorovat a odhadovat strategie řešení. Několik předešlých výzkumů, kde se se studenty po testu realizoval rozhovor na téma, jak úlohy řešili, ukazuje, že metoda oční kamery je pro tento výzkum vhodná. Naproti tomu tzv. přemýšlení nahlas je pro pokusnou osobu náročné a vyžaduje navíc zapojení kognitivních funkcí pro popis probíhajícího řešení a tak to neodpovídá reálné situaci.

Dále se nabízí otázka, proč vlastně chceme vědět, jak student během řešení úlohy přemýšlí a nestačí nám pouhá odpověď, jako z papírových dotazníků a testů. Zaznamenat oční kamerou proces řešení úloh, výběr nabízených alternativ, nám může poodhalit jejich konceptuální porozumění danému problému.

1.2. Cíle práce

Problematika toho, jak studenti řeší fyzikální úlohy, s jakými obtížemi se přitom potýkají, případně jakými miskoncepce jsou ovlivněni je v popředí zájmu výzkumníků už desetiletí. Prvním odvětvím, na které se soustředil zájem, byla mechanika. Nejvíce se zabývali tím, jak studenti rozumí prvnímu a druhému Newtonovu zákonu, na základě toho vznikl FCI test (angl. The Force Concept Inventory test) (Hestenes et al., 1992).

V této práci je prezentován výzkum, který byl realizovaný pomocí oční kamery, na jejíž obrazovce byly účastníkům promítány úlohy z tzv. R-FCI testu.

Hlavním cílem práce je sledování přístupů, které studenti během řešení úloh používají. Výzkum se zaměřuje hlavně na rozdíly mezi studenty, kteří vyřešili úlohy správně a studenty, kteří vyřešili úlohu špatně. Dále je zkoumáno, jaký vliv má při řešení rozdílný způsob zápisu odpovědí. V R-FCI testu se nabízejí studentům

alternativy v různých reprezentacích, například slovní forma, forma grafu, či tzv. diagramu (angl. motion map).

1.3. Struktura práce

Práce je rozčleněna do pěti kapitol.

Náplní první kapitoly je uvedení cílů práce, důvodu proč jsem si práci vybrala a struktury práce.

V druhé kapitole jsou informace o oční kameře, výzkumech, které byly pomocí ní v oblasti přírodovědného vzdělávání realizovány, a R-FCI testu.

Třetí kapitola je zaměřená na popis účastníků, průběhu sběru a možnostech zpracování dat.

Ve čtvrté kapitole se nacházejí výsledky výzkumu, jehož hlavní závěr je stručně shrnut v páté kapitole.

V Příloze 1 jsou úlohy v podobě, ve které byly respondentům promítány. Příloha 2 obsahuje dotazník, který účastníci před testem vyplňovali. V Příloze 3 jsou gaze ploty vybraných účastníků, ze kterých vycházejí popisy uvedené ve čtvrté kapitole této práce. Poslední přílohou je DVD, kde jsou videa s gaze ploty, která sloužila jako další podklad pro popisy ze čtvrté kapitoly. Na DVD je také text práce.

2. Teorie

2.1. Princip funkce oční kamery

Co to je a jak vypadá oční kamera:

Oční kamera je zařízení, které umí poměrně přesně zjistit na jaké místo se právě díváme. Může mít například podobu brýlí či být připojené k obrazovce počítače (viz Obrázek 1 a 2). Brýle se používají tam, kde je potřeba, aby sledovaná osoba byla v terénu. Například v marketingu se sleduje, kam se díváme při pohybu po obchodě. Ve výzkumu vzdělávání, kam zaměřují studenti nebo vyučující pozornost ve třídě. Oproti tomu stojací zařízení se používá k promítání obrázků, videí, webových stránek, úloh a sleduje se zaměření pozornosti na jednotlivé části materiálů.



zdroj: <https://www.tobiipro.com/>

Obrázek 1: Oční kamera připojená k obrazovce počítače

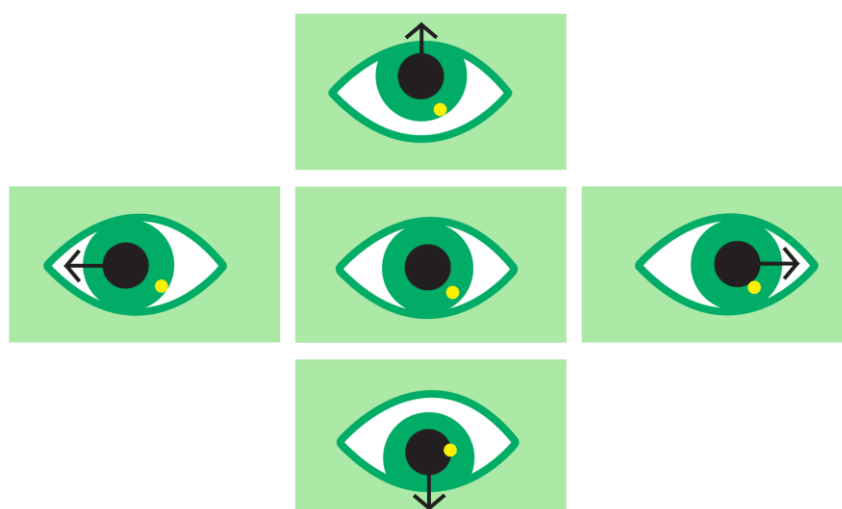


zdroj: <https://www.tobii.com>

Obrázek 2: Oční kamera v podobě brýlí

Na jakém principu zařízení funguje:

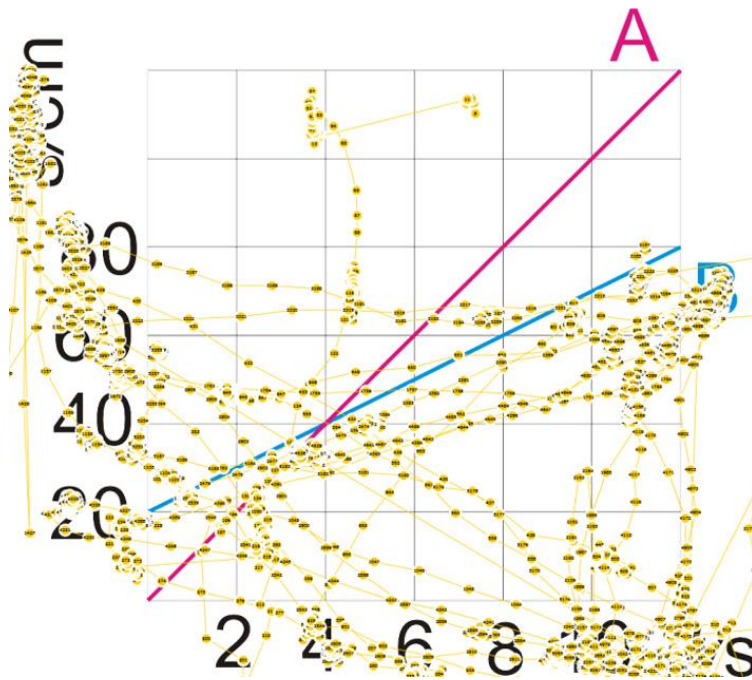
Kamera je zkonstruovaná tak, aby k našemu oku vysílala infračervené záření, které se od oka odráží. Odraz na oku jiná část kamery zaznamenává. Pro určení toho kam se díváme, potřebujeme ještě vědět pozici zornice v našem oku. Během pohybu očí mění zornice pozici vůči tomuto odrazu a na základě této změny a předchozí kalibrace můžeme určit, kam se díváme. Na Obrázku 3 vidíme to, co snímá kamera.



zdroj: <https://www.tobiidynavox.com>

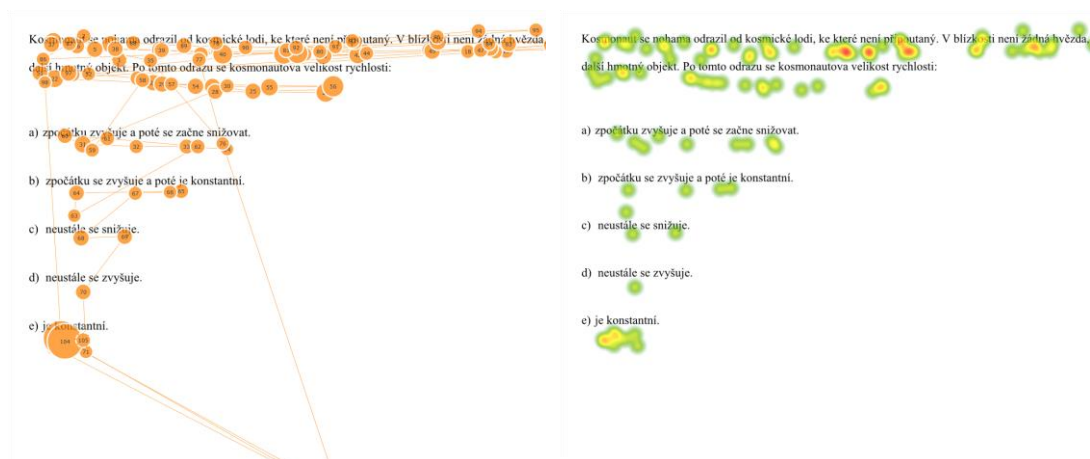
Obrázek 3: Odraz infračerveného záření na oku zkoumané osoby, žlutá tečka znázorňuje místo odrazu

Záznam toho, kam se díváme je vidět na Obrázku 4. Další součástí kamery je software, který data z obrázku zpracuje do výzkumníkem požadované formy. Velmi často se používá tzv. gaze plot či mapa pozornosti (angl. attention map, heat map). Ukázka je na Obrázku 5.



zdroj: M. Kekule (2014)

Obrázek 4: Tzv. hrubá data - záznam pozice očí pokusné osoby snímaný s frekvencí 300 Hz (tj. každé 3,3 ms)



Obrázek 5: Ukázka gaze plotu (čím větší poloměr kruhu, tím delší fixace na dané místo) a mapy pozornosti (červeně jsou znázorněna místa, ve kterých bylo zaznamenáno nejvíce fixací)

Biologický aspekt vidění a pozornosti:

Tím, že sledujeme pohyb našeho oka, chceme určit, čemu věnujeme při prohlížení materiálu pozornost. Typické prohlížení statického obrázku se děje v takzvaných fixacích a sakádách. Podle Kekule (2014) by fixace měla trvat nejméně 50 ms, aby mohlo dojít k získání informace. Fixace se většinou pohybují mezi 150 - 600 ms. Fixace je zacílení pozornosti na jedno místo. Protože dochází k mikrotřesu očí nejedná se přesně o bod. Sakáda je doba mezi fixacemi, tedy doba, kdy přesouváme svoji pozornost z jednoho místa na druhé. Doba trvání sakád se pohybuje mezi 10 - 100 ms.

2.2. Využití oční kamery ve výzkumech zaměřených na přírodovědné vzdělávání

Podrobnější popisy výzkumů v oblasti přírodovědného vzdělávání do roku 2010 lze nalézt v článku (Kekule, 2014). Zde je uveden pouze stručný přehled.

Smith et al. (2010) zkoumali, jak studenti postupují při učení se z řešených úloh z mechaniky. Každá úloha byla rozčleněna na dva sloupce, v prvním bylo matematické řešení, ve druhém slovní komentář. Přesto, že se oproti předpokladu autorů výzkumu, studenti zaměřili na oba sloupce, test, který po studentech vyžadoval vybavení si toho, co četli, zjistil, že si slovní komentář téměř nevybavují.

Studie Madsena et al. (2012) se zaměřila na rozdíly ve vizuální pozornosti studentů, kteří řešili předložené fyzikální problémy správně či špatně. Závěr této studie je, že studenti, kteří vyřešili úlohu správně, věnovali více času relevantním informacím.

Studie Kozhevnikova (2007) zjišťuje rozdíly v prostorové představivosti studentů v závislosti na tom, jestli řešili předložené fyzikální problémy správně či nikoli. Výsledek studie ukazuje na korelaci mezi prostorovou představivostí studentů a správností jejich řešení fyzikálních problémů.

Další výzkum, který M. Kekule zmiňuje je studie Rosengranta (2009), která vychází z typického paradigmatu, že přístup odborníků a začátečníků k řešení problémů je rozdílný. Tato studie byla realizována na úlohách zaměřených na elektrické obvody. Ukázalo se, že experti se během řešení více přesouvají mezi zadáním a schématem a na konci svůj postup ještě reflektují.

Výzkum van Goga (2005) má stejnou tematiku jako předchozí. Rozdíl je v tom, že kromě metody oční kamery byla použita i tzv. metoda přemýšlení nahlas (angl. think aloud protocol). Výzkum se zaměřuje na průměrnou dobu fixace jednotlivých oblastí úloh.

Slykhuis at al. (2005) se ve své studii zaměřují na posouzení vhodnosti doprovodných fotografií v powerpointové prezentaci. Cílem studie bylo zjistit, zda existuje rozdíl v pozornosti mezi fotografiemi s rozdílnou mírou dekorativnosti. Bylo zjištěno, že rozdíl existuje.

Další výzkum realizovali Ohno at al. (2016). Autoři se pokoušejí objevit vztah mezi strategií řešení fyzikálních problémů a záznamem pohybu očí. K analýze pohybu očí používají tři indexy. Použitím těchto indexů se zjišťuje, zda-li má účastník nějakou ideu, jak úlohu řešit, nevádí, pokud je tato idea založena na miskoncepci, či jestli student vůbec netuší, jak úlohu řešit. Úlohy jsou z oblasti Newtonovské mechaniky. Pro výzkum byl použit FCI-test. Zjišťovalo se, jak studenti postupují během testu. Autoři použili metodu oční kamery a po absolvování testu byl se studenty veden strukturovaný rozhovor, zaměřený na strategii jejich řešení úloh. Výzkumu se účastnilo 10 humanitně zaměřených studentů, kteří měli fyziku pouze na střední škole. Ukázalo se, že pohyb očí je ovlivněn tím, jestli už student úlohu viděl nebo nikoliv. Pokud už student úlohu viděl, snaží se vybavit si její řešení, což je doprovázeno typickým pohybem očí. Autoři předpokládají, že u studentů, kteří studují fyziku, by tento pohyb očí dominoval.

Poslední v této práci prezentovaný výzkum realizovali Virri et al. (2017). Pro svůj výzkum použili, R-FCI test (popis testu je v následující podkapitole). Zajímalo je, jak ovlivňují řešení testu různé alternativy odpovědí (odpovědi jsou prezentovány formou textu, grafu a tzv. diagramu). Dále zkoumali, jak se liší studenti, kteří vyřešili úlohy správně od studentů, kteří vyřešili úlohy špatně. Ukázalo se, že pro studenty bylo nejobtížnější identifikovat správnou odpověď v úlohách s diagramem. Delší čas, tráví i u úloh s textovou podobou odpovědí, časově nejméně náročná je pro studenty odpověď formou grafu. Hlavní rozdíl mezi studenty, kteří odpovídali správně, a studenty, kteří odpovídali špatně, je v tom, že úspěšní řešitelé se v úlohách zaměřují hlavně na relevantní informace a mezi možnostmi snadněji identifikují tu správnou.

Tematika výzkumu realizovaného v rámci této práce je velmi úzce svázána právě s tímto výzkumem. Vychází se ze stejných úloh přeložených do češtiny, dokonce i výzkumné otázky se shodují.

2.3. R-FCI test

Jedná se o modifikaci FCI testu (Hestenes, 1992), což je soubor úloh zaměřených na Newtonovskou mechaniku (angl. The Force Concept Inventory test). Úloha nabízí vždy pět možných řešení. Úprava testu spočívá v tom, že se k úlohám z FCI testu vytvoří nabízené alternativy řešení v jiných reprezentacích. Nabízená odpověď je kromě textu formulována pomocí dalších reprezentací daného jevu, konkrétně grafu či diagramu (angl. motion map), kde zaznamenáváme polohu tělesa v čase. Modifikace testu byla vytvořena v roce 2006 ve Finsku (Nieminen et al., 2010) a sleduje, jestli se odpovědi pro odlišné reprezentace stejné úlohy pro daného člověka shodují či nikoliv. Ukázalo se, že úspěšné či neúspěšné vyřešení úlohy je někdy ovlivněno tím, jakou reprezentací student řešil. Úspěšnosti studentů v R-FCI testu a FCI si odpovídaly. Více informací lze nalézt například ve článku (Nieminen et al., 2010). Ukázka různých variant (text, graf, diagram) pro jednu konkrétní úlohu je uvedena v následující kapitole.

3. Metoda výzkumu

3.1. Úlohy

Pro výzkum byly použity 3 úlohy z R-FCI testu, které se zaměřují na porozumění prvnímu a druhému Newtonovu zákonu. K nim byla jedna úloha vytvořena nově v podobném duchu ostatních testových otázek. Jednalo se o úlohy se zadáním v textové podobě, odpovědi byly dány pomocí textu, grafu a diagramu. Úlohy byly přeloženy z anglické verze testu. Dále bylo nutné u všech alternativ (text, graf, diagram) seřadit možnosti ve stejném pořadí, aby se eliminoval rozdíl v zaměření pozornosti studentů, který by byl daný různým umístěním alternativ na obrazovce. Například poslední možnost je nejméně často prohlížena, protože je úplně vespuhu a na první možnost se může student podívat i jen mimochodem, když se bude vracet k zadání, přestože první i poslední možnost nebude student považovat za správnou. Úlohy dostaly pracovní krátký název. Ukázka všech alternativ úlohy „Jana a krabice“ je na Obrázku 6. Zbývající úlohy, „Kosmonaut“, „Raketa před vypnutím“ a „Raketa po vypnutí“, jsou uvedeny v Příloze 1. O tom, jaké alternativy úloh byly použity v jednotlivých variantách testu, informuje Tabulka 1.

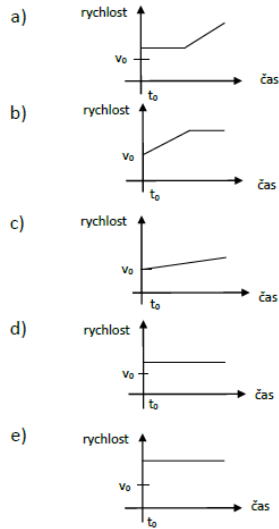
Alternativa text

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále opět po stejné podlaze. S jakou velikostí rychlosti se pak krabice dále pohybuje?

- a) zpočátku konstantní rychlostí, která je větší než v_0 , potom se zvětšující se rychlostí.
- b) zpočátku se vzrůstající rychlostí, poté s rychlostí konstantní.
- c) s neustále se zvětšující se rychlostí.
- d) s konstantní rychlostí, která je větší než v_0 , ale ne dvojnásobnou.
- e) s konstantní rychlostí, která je dvojnásobkem velikosti rychlosti v_0 .

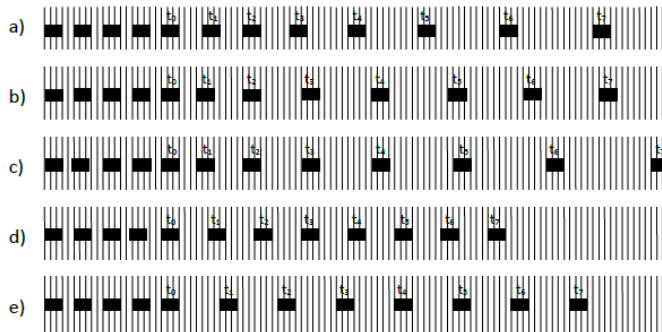
Alternativa graf

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále opět po stejné podlaze. Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti krabice na čase?



Alternativa diagram

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále opět po stejné podlaze. V časovém intervalu $t_0 - t_7$ jsou pravidelně pořizovány záznamy polohy krabice. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu krabice v intervalu $t_0 - t_7$?



Obrázek 6: Ukázka alternativ úlohy “Jana a krabice”

Tab. 1: Alternativy úloh použité v jednotlivých verzích testu

		<i>zaměření úlohy</i>			
		<i>první Newtonův zákon</i>		<i>druhý Newtonův zákon</i>	
<i>úloha</i>		<i>raketa po vypnutí</i>	<i>kosmonaut</i>	<i>raketa před vypnutím</i>	<i>Jana a krabice</i>
<i>varianta testu</i>					
1		graf	graf	text	diagram
2		diagram	text	graf	text
3		text	diagram	diagram	graf

3.2. Dotazník

V průběhu testování účastníci vyplňovali dotazník. Otázky zjišťovaly věk, pohlaví, třídu, školu, známky z fyziky a matematiky na posledním vysvědčení a preference účastníka při učení se. Pro tento výzkum se použil údaj o pohlaví a škole. Nicméně možnost zpracování dat metodou oční kamery není tímto výzkumem zdaleka vyčerpána, proto zůstal dotazník uchován pro možné další analýzy dat. Podoba dotazníku je k nahlédnutí v Příloze 2.

3.3. Účastníci

Výzkumu se účastnilo 46 osob. Jako data použitelná pro výzkum, byla brána ta, kde bylo zachyceno více jak 70 % pozic očí. Počet relevantních účastníků se tím redukoval na 35. Kvůli pozdějšímu zpracování dat byli rozděleni do 4 skupin: 12 studentů gymnázia se zájmem o přírodní vědy, 15 studentů běžného gymnázia, 6 studentů 1. ročníku učitelství fyziky a 2 učitelé fyziky.

3.4. Průběh sběru dat

Pro sběr dat byla použita oční kamera TX300 od firmy Tobii (Tobii, 2017) s frekvencí 300 Hz. V programu Tobii Studio 3.2 byly sestaveny 3 varianty testu (viz Tab. 1), ten byl respondentům promítán jako prezentace. Všechny varianty obsahovaly 4 rozdílné úlohy. V každé variantě byly zastoupeny úlohy s textem, grafem a diagramem. Mezi jednotlivé úlohy byly zařazeny instrukce s tím, že bude následovat další úloha. Účastníci byli instruováni, že během těchto vstupů mohou s očima relaxovat, není zde třeba velkého soustředění.

Na konci října 2016 proběhla pilotáž testu, kde se odhalilo, že s úlohou s diagramem se někteří studenti setkávají poprvé a této reprezentaci nerozumí. To nás dovedlo k tomu, že jsme v rámci ostrého testování studenty nejprve seznámili s tím, co reprezentace diagramem znamená. Konkrétně jsme jim prezentovali v diagramu zaznamenaný zrychlený, zpomalený a pohyb s rovnoměrnou rychlostí.

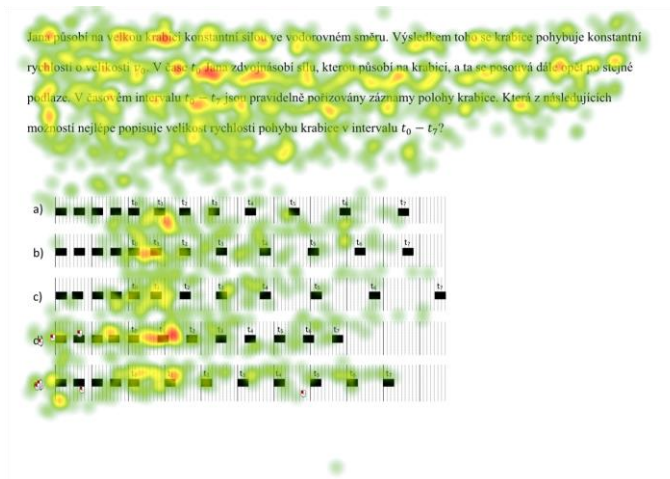
V listopadu 2016 proběhlo ostré testování. Testování probíhalo v klidné místnosti v komplexu trojských budov MFF UK. Před testem dostal každý účastník dotazník, který vyplnil. Poté mu/jí byla ukázána úloha s diagramem a zodpovězeny případné dotazy. Každý účastník byl poučen o tom, že nejprve bude spuštěna kalibrace, poté následuje ostrý test. Během testu se nedá k úlohám vracet, účastník si sám přepíná mezi jednotlivými slidy a doba testu není nijak omezena. Důležitá byla informace o tom, že od doby, co se spustí kalibrace, se nesmí účastník hýbat. Během testu používal účastník klávesnici a myš, proto si ještě před spuštěním kalibrace vše vyzkoušel a posadil se co nejvíce pohodlně. Poté proběhla kalibrace, v případě její neúspěšnosti se dala opakovat, po úspěšné kalibraci následoval samotný test. Respondenti byli požádáni, aby svoji odpověď označili myší a zároveň ji řekli nahlas. Celý test byl nahráván na kameru, kvůli případným nesrovnalostem v odpovědích a monitorování toho, jak moc se respondent hýbal. Testování jednoho člověka trvalo cca 15 minut. Varianty testu byly pravidelně střídány.

3.5. Možnosti zpracování dat

Při výzkumu, který popisuje tato diplomová práce, byly použity tzv. mapy pozornosti (angl. attention map or heat map) a tzv. gaze ploty.

Mapa pozornosti

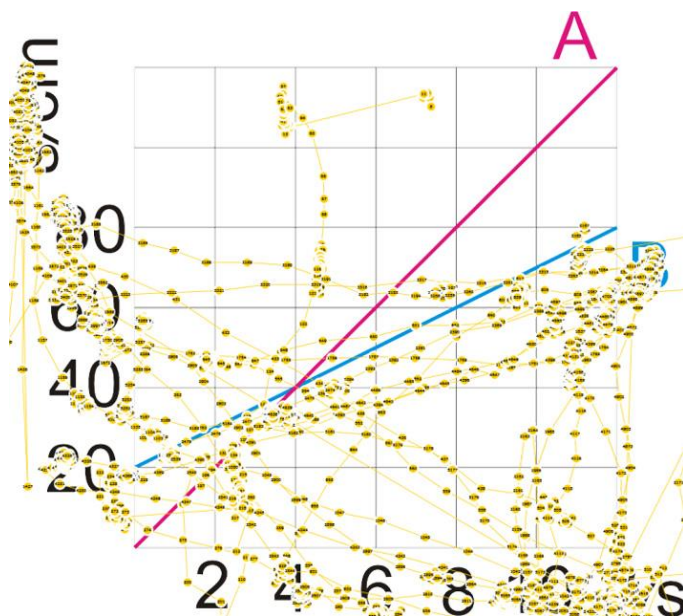
Ukázku mapy pozornosti je možné vidět na Obrázku 7. Ze surových dat ji vytváří software. Typicky jsou založené na počtu nebo době trvání fixací. Červeně jsou znázorněna místa, která byla fixována nejvíce.



Obrázek 7: Mapa pozornosti (červeně jsou označena místa s největším počtem fixací)

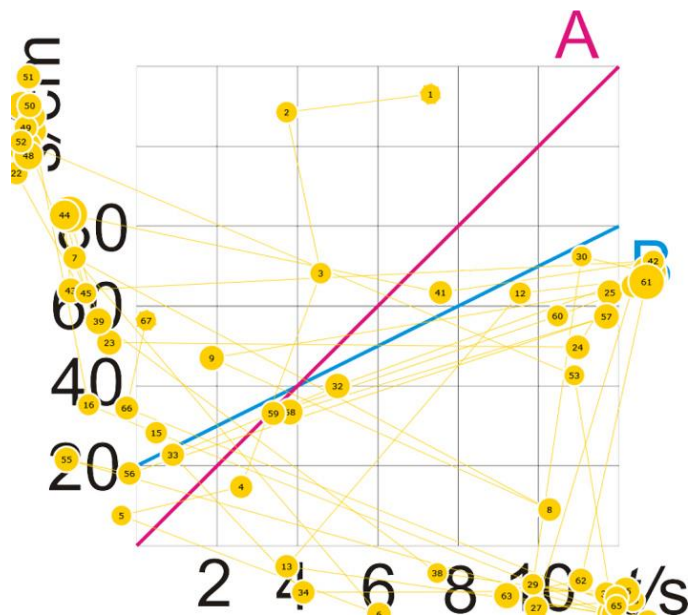
Gaze plot

Ukázka gaze plotu je na Obrázku 8 a Obrázku 9. Obrázek 8 ukazuje hrubá data, kde kolečka znázorňují pozice očí. Při frekvenci 300 Hz to znamená záznam každé 3,3 ms. Na Obrázku 9 byl na hrubá data použit IVT filtr na fixace, pomocí kterého z hrubých dat identifikujeme fixace a sakády. Průměr kruhu zohledňuje dobu fixace daného místa, čáry znázorňují sakády.



zdroj: M. Kekule (2014)

Obrázek 8: Hrubá data



zdroj: M. Kekule (2014)

Obrázek 9: Stejná data jako v Obr. 8 po použití IVT filtru

4. Výsledky výzkumu

Na začátek této kapitoly je zařazena Tabulka 2, kde jsou uvedeny jednotlivé charakteristiky účastníků.

Tab. 2: Charakteristika účastníků výzkumu

<i>označení účastníka</i>	<i>pohlaví</i>	<i>statut</i>	<i>počet správných odpovědí</i>	<i>varianta testu</i>
P09	žena	student PŘV*	1	1
P10	muž	student PŘV	3	2
P11	žena	student PŘV	0	3
P12	žena	student PŘV	0	1
P17	žena	student PŘV	0	1
P19	žena	student PŘV	1	2
P20	muž	student PŘV	2	3
P21	muž	student PŘV	1	1
P22	muž	student PŘV	3	2
P23	muž	student PŘV	4	3
P24	muž	student PŘV	1	1
P25	muž	student PŘV	3	2
P26	muž	student	2	3
P27	muž	student	1	2
P28	žena	student	2	1
P29	muž	student	3	3
P30	žena	student	2	2
P31	muž	vyučující SŠ	4	3
P32	žena	student	1	1
P33	muž	student	3	2
P34	žena	student	2	3
P35	žena	student	0	1
P37	muž	student	2	2
P38	žena	student	3	3
P39	žena	student	0	1
P40	muž	student	3	2
P43	žena	student	1	2
P44	žena	student	1	3
P45	žena	vyučující SŠ	1	1
P46	muž	učitelství MF**	1	1
P47	žena	učitelství MF	4	2
P51	žena	učitelství MF	3	3
P52	žena	učitelství MF	3	3
P53	muž	učitelství MF	3	1
P54	žena	učitelství MF	4	3

* student se zájmem o přírodní vědy

** student 1. ročníku učitelství M-F na MFF UK

Relativní a absolutní počet správných odpovědí je ukázán v Tabulce 3. Úloha „Jana a krabice“ byla pro studenty nejobtížnější. Je zajímavé, že textová reprezentace úlohy „Raketa před vypnutím“ má nejnižší úspěšnost z ostatních možností, oproti tomu u grafické reprezentace téže úlohy je úspěšnost nejvyšší.

Tab. 3: Relativní a absolutní počet správných odpovědí

úlohy zaměřené na 1. Newtonův zákon

varianta testu	<i>raketa po vypnutí</i>			<i>kosmonaut</i>		
	reprezentace	počet		reprezentace	počet	procento
		absolutní	relativní/%			
1	graf	4	33,3	graf	6	50,0
2	diagram	7	63,6	text	7	36,3
3	text	8	72,7	diagram	9	75,0

úlohy zaměřené na 2. Newtonův zákon

varianta testu	<i>raketa před vypnutím</i>			<i>Jana a krabice</i>		
	reprezentace	počet	procento	reprezentace	počet	procento
1	text	1	9,1	diagram	0	0
2	graf	9	81,8	text	3	27,2
3	diagram	7	58,3	graf	6	50,0

Časovou náročnost jednotlivých alternativ a verzí testu zobrazují následující tabulky a dále Obrázky 10 - 12.

Tab. 4: Doba řešení pro jednotlivé účastníky testu varianty 1

čas/ s

Číslo účastníka	<i>raketa před vypnutím, text</i>	<i>kosmonaut, graf</i>	<i>raketa po vypnutí graf</i>	<i>Jana a krabice, diagram</i>	<i>celkový čas/min</i>	<i>správné odpovědi/ %</i>
9	85,42	29,44	37,34	52,04	3:24	25
12	109,28	54,57	53,87	81,12	4:59	0
17	101,89	82,41	97,16	47,09	5:29	0
21	35,70	26,72	31,99	62,59	2:37	25
24	24,95	23,24	13,14	37,62	1:39	25
28	47,16	22,39	23,38	67,40	2:40	50
32	71,72	65,23	31,32	64,30	3:53	25
35	59,46	40,21	35,04	46,02	3:01	0
39	56,00	68,27	33,25	63,43	3:41	0
45	25,75	81,67	30,61	53,41	3:11	25

46	84,35	57,10	55,69	90,53	4:48	25
53	31,94	17,35	28,09	70,74	2:28	75

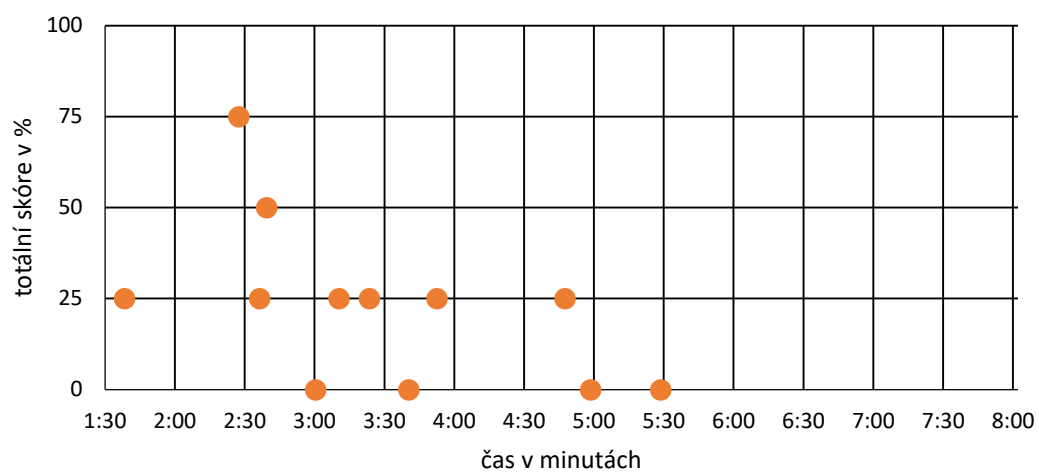
Tab. 5: Doba řešení pro jednotlivé účastníky testu varianty 2

<i>čas/ s</i>						
<i>Číslo účastníka</i>	<i>kosmonaut, text</i>	<i>raketa před vypnutím graf</i>	<i>raketa po vypnutí diagram</i>	<i>Jana a krabice, text</i>	<i>celkový čas/min</i>	<i>správné odpovědi/ %</i>
10	25,12	76,55	76,11	184,70	6:02	75
19	88,59	58,00	85,22	66,68	4:58	25
22	29,33	45,33	50,66	92,08	3:37	75
25	18,92	33,09	69,14	52,19	2:53	75
27	48,48	67,90	160,48	60,64	5:37	25
30	23,75	34,44	39,36	30,56	2:08	50
33	58,86	114,42	49,98	67,15	4:50	75
37	20,62	88,38	48,88	102,82	4:21	50
40	26,05	64,23	55,70	66,74	3:33	75
43	74,51	52,86	43,37	78,76	4:09	25
47	34,15	48,09	62,79	42,88	3:08	100

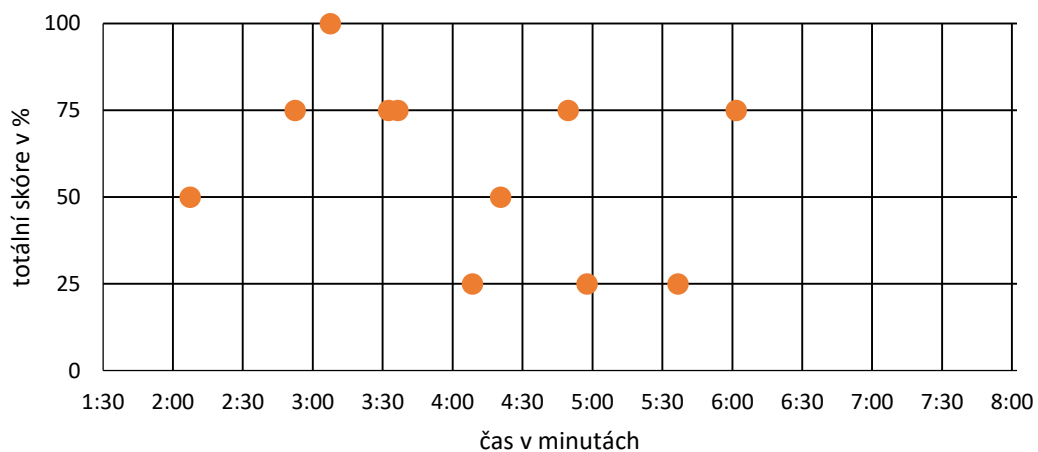
Tab. 6: Doba řešení pro jednotlivé účastníky testu varianty 3

<i>čas/ s</i>						
<i>Číslo účastníka</i>	<i>raketa po vypnutí, text</i>	<i>kosmonaut, diagram</i>	<i>raketa před vypnutím, diagram</i>	<i>Jana a krabice graf</i>	<i>celkový čas/min</i>	<i>správné odpovědi/ %</i>
11	44,13	66,21	53,35	68,08	3:52	0
20	43,68	42,27	35,91	60,04	3:02	50
23	37,04	31,30	48,11	66,91	3:03	100
26	35,19	37,99	53,50	35,35	2:42	50
29	67,25	57,74	63,06	91,07	4:39	75
31	54,25	92,48	151,60	71,80	6:10	100
34	50,63	54,58	33,53	56,43	3:15	50
38		62,91	87,78	73,45	3:44	75
44	98,50	38,03	43,05	52,22	3:52	25
51	25,96	34,23	61,14	89,39	3:31	75
52	33,26	114,01	29,88	35,39	3:33	75
54	59,76	144,43	91,33	116,23	6:52	100

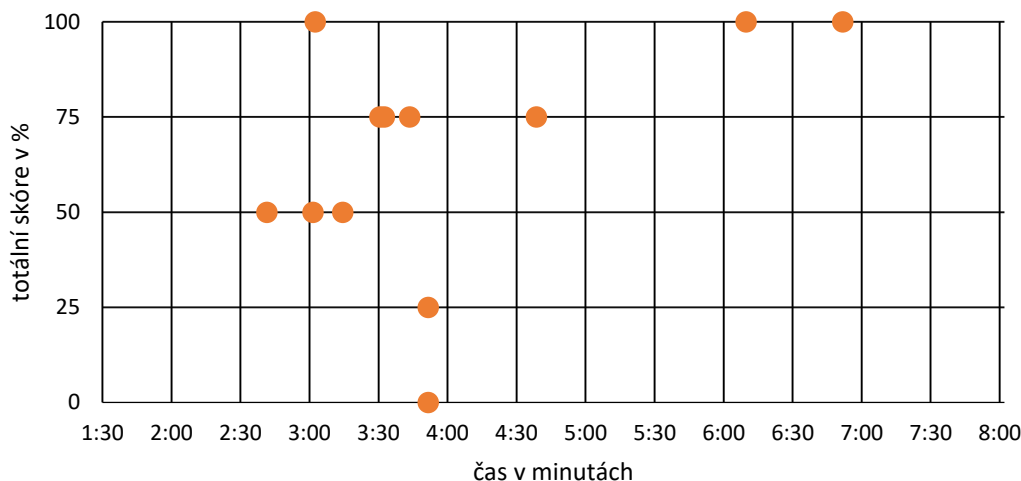
Dále následují obrázky č. 10 - 12, kde je pro jednotlivé varianty zobrazena časová náročnost řešení úloh v závislosti na úspěšnosti řešení testu každého účastníka.



Obrázek 10: Doba řešení testu a získané totální skóre pro jednotlivé účastníky varianty testu 1



Obrázek 11: Doba řešení testu a získané totální skóre pro jednotlivé účastníky varianty testu 2



Obrázek 12: Doba řešení testu a získané totální skóre pro jednotlivé účastníky varianty testu 3

Za nejobtížnější variantu můžeme označit variantu 1, žádný účastník neodpověděl na všechny otázky správně. Čím déle účastníci tuto úlohu řešili, tím spíše bylo jejich skóre nižší. Méně obtížnou variantou byla varianta 2, kde každý účastník odpověděl alespoň na jednu otázku správně. Pro úspěšnost a časovou náročnost zde obecně neexistují rozdíly. U varianty 3 pozorujeme nejvyšší časovou náročnost, která nakonec vede ke správnému řešení. V obtížnosti by se dala zařadit na poslední místo, tedy nejméně obtížná varianta. Většina účastníků až na dva odpověděla správně alespoň na dvě otázky. Nicméně rozdíl mezi variantou 2 a 3 není velký.

4.1. Rozdíly v přístupech řešení studentů podle správnosti řešení úlohy

Rozdíly v přístupech budou identifikovány kvalitativně podle map pozornosti, které byly vytvořeny programem Tobii Studio 3.2 na základě počtu fixací.

Jana a krabice

Celkově tuto úlohu vyřešilo správně 9 respondentů a špatně 26 respondentů, což je nejhorší výsledek ze všech úloh. Nejméně úspěšná byla verze úlohy s diagramem, kterou správně nevyřešil ani jeden z 12 respondentů. Nejlépe dopadla verze úlohy

s grafem, kde správně i špatně odpovědělo 6 respondentů. Úloha v textové verzi byla správně vyřešena třemi respondenty, špatně ji řešilo 8 účastníků výzkumu.

Následuje Obrázek 13, kde jsou uvedeny mapy pozornosti zvlášť pro studenty, kteří řešili úlohu správně a zvlášť pro studenty, kteří uvedli nesprávné řešení.

text
správně 3

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále po stejné podlaze. Která z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti krabice na čase?

- a) zpočátku konstantní rychlosti, která je větší než v_0 , potom se zvyšující se rychlosti.
- b) zpočátku se vzrůstající rychlosti, poté s rychlosti konstantní.
- c) s neustálou rychlostí, která je větší než v_0 .
- d) s konstantní rychlosti, která je větší než v_0 , ale ne dvojnásobnou.
- e) s konstantní rychlosti, která je dvojnásobkem velikosti rychlosti v_0 .

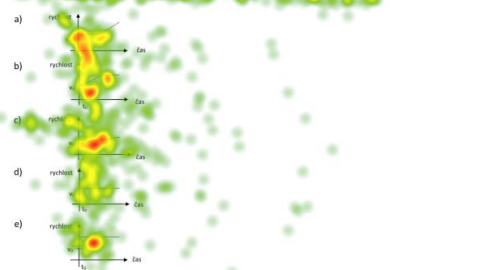
špatně 8

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále po stejné podlaze. Která z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti krabice na čase?

- a) zpočátku konstantní rychlosti, která je větší než v_0 , potom se zvyšující se rychlosti.
- b) zpočátku se vzrůstající rychlosti, poté s rychlosti konstantní.
- c) s neustálou se zvyšující se rychlosti.
- d) s konstantní rychlosti, která je větší než v_0 , ale ne dvojnásobnou.
- e) s konstantní rychlosti, která je dvojnásobkem velikosti rychlosti v_0 .

graf
správně 6

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále po stejné podlaze. Která z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti krabice na čase?



špatně 6

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále po stejné podlaze. Která z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti krabice na čase?

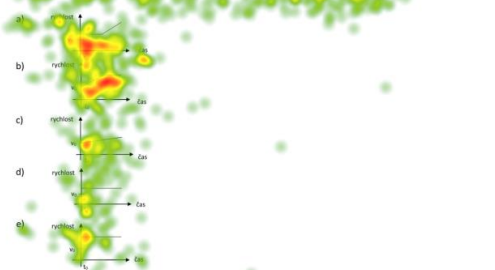
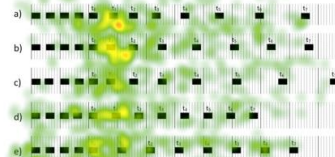


diagram
správně 0

špatně 12 (6 možností e)

Jana působí na velkou krabici konstantní silou ve vodorovném směru. Výsledkem toho se krabice pohybuje konstantní rychlostí o velikosti v_0 . V čase t_0 Jana zdvojnásobí sílu, kterou působí na krabici, a ta se posouvá dále po stejné podlaze. V čase t_1 Jana znovu pravidelně polozovaný zaznamy polohy krabice. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu krabice v intervalu $t_0 - t_1$?



Obrázek 13: Mapy pozornosti úloha „Jana krabice“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)

Verze úlohy s alternativami v slovní/textové reprezentaci: Všichni studenti se v zadání věnovali relevantním informacím tj. kdy a že Jana zdvojnásobila sílu, kterou působila na krabici, a že se krabice dále posouvá po stejné podlaze. Rozdíl mezi těmi, kteří řešili úlohu správně a špatně nalezneme v tom, jak se rozhodovali o správné

odpovědi. Vypadá to, že studenti, co úlohu vyřešili správně, po přečtení zadání znali správnou odpověď a tu vyhledali. Naproti tomu u studentů, kteří vyřešili úlohu špatně, sledujeme rovnoměrné rozložení pozornosti na alternativy c), d) a e). Přestože se správnou odpovědí zabývali, nakonec zvolili špatnou možnost.

Verze úlohy s alternativami v grafické reprezentaci: Úspěšní řešitelé věnovali pozornost poměrně rovnoměrně všem možnostem. Vypadá to, že nakonec se rozhodovali mezi správnou variantou c) a nesprávnou variantou e). Naopak téměř žádnou pozornost nevěnovali variantě d), která se od varianty e) lišila pouze nepatrně: v obou grafech je znázorněna konstantní funkce, liší se v tom, kde přímka grafu protíná osu y . Neúspěšní řešitelé věnovali pozornost hlavně dvěma nesprávným variantám a) a b), část pozornosti věnovali i variantám c) a e), možnosti d) se ve shodě s úspěšnými řešiteli nevěnovali téměř vůbec.

Kosmonaut

Tuto úlohu vyřešilo správně celkem 22 respondentů, což bylo nejvíce ze všech úloh. Chybné řešení uvedlo 13 účastníků. Potvrdilo to domněnku, že tato úloha bude pro studenty nejméně obtížná. Nejlépe dopadla úloha s diagramem, kterou vyřešilo správně 9 studentů, pouze 3 studenti zvolili špatnou odpověď. Formu úlohy s alternativami v textové reprezentaci vyřešilo správně 7 a špatně 4 účastníci. Nejvíce problematická byla úloha v grafické reprezentaci, kde je počet úspěšných i neúspěšných řešitelů stejný, tj. 6.

Následuje Obrázek 14, kde jsou uvedeny mapy pozornosti pro správně a špatně řešící studenty.

text
správně 7

Kosmonaut se v čase t_0 pohybuje od kosmické lodi, ke které není připoután. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. Po tomto odrazu se kosmonautova velikost rychlosti:

- a) zpočátku zvyšuje a poté se začne snižovat.
- b) zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- c) neustále se snižuje.
- d) neustále se zvyšuje.
- e) je konstantní.

špatně 4

Kosmonaut se v čase t_0 pohybuje od kosmické lodi, ke které není připoután. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. Po tomto odrazu se kosmonautova velikost rychlosti:

- a) zpočátku zvyšuje a poté se začne snižovat.
- b) zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- c) neustále se snižuje.
- d) neustále se zvyšuje.
- e) je konstantní.

graf
správně 6

Kosmonaut se v čase t_0 pohybuje od kosmické lodi, ke které není připoután. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti kosmonauta po odrazu na čas?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

špatně 6 (4 možnosti b)

Kosmonaut se v čase t_0 pohybuje od kosmické lodi, ke které není připoután. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti kosmonauta po odrazu na čas?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

diagram
správně 9

Kosmonaut se v čase t_0 pohybuje od kosmické lodi, ke které není připoután. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy polohy kosmonauta.

Který z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu kosmonauta po odrazu, tj. od okamžiku t_0 ?

- a)
- b)
- c)
- d)

špatně 3

Kosmonaut se v čase t_0 pohybuje od kosmické lodi, ke které není připoután. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy polohy kosmonauta.

Který z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu kosmonauta po odrazu, tj. od okamžiku t_0 ?

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

Obrázek 14: Mapy pozornosti úloha „Kosmonaut“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)

Verze úlohy s alternativami v slovní/textové reprezentaci: Úspěšní i neúspěšní řešitelé v zadání fixují potřebnou informaci, že kosmonaut není k lodi připoután. Z map pozornosti je patrné, že obě skupiny řešitelů po přečtení možností určily svoji odpověď téměř hned.

Verze úlohy s alternativami v grafické reprezentaci: Studenti, kteří vyřešili úlohu správně, se v zadání věnují nejvíce informaci, že kosmonaut není k lodi připoutaný, naproti tomu studenti, kteří nakonec zvolili špatnou odpověď, se více zaměřují na informaci, co vlastně mají určit a na vysvětlení v grafu označené veličiny. Domnívám se, že je to způsobeno tím, že se při čtení alternativ potřebovali ujist'ovat, že správně chápou zadání úlohy. Úspěšní řešitelé prošli všechny varianty, a pak zvolili tu správnou. Neúspěšní řešitelé se rozhodovali mezi dvěma nesprávnými variantami a) a b). Správná varianta e) zůstala téměř bez povšimnutí.

Verze úlohy s alternativami s tzv. diagramem: Není překvapením, že úspěšní řešitelé nejvíce fixovali dvě varianty a) a e). Jednalo se totiž o vizuálně velmi podobné záznamy polohy. U neúspěšných řešitelů opět pozorujeme, že správně variantě nevěnovali příliš pozornosti. Nejvíce pozornosti zaměřili na začátek varianty d).

Raketa před vypnutím

Správně tuto úlohu vyřešilo 17 a špatně 18 účastníků. Je zajímavé, že textovou variantu vyřešil správně pouze 1 účastník, neúspěšných řešitelů bylo 7. Naproti tomu grafickou alternativu úspěšně vyřešilo 9 a neúspěšně pouze 2 studenti. Počet správných a špatných odpovědí u verze s diagramem je podobný; správně úlohu řešilo 7 a špatně 5 respondentů.

Následuje Obrázek 15, kde jsou mapy uvedeny mapy pozornosti pro studenty, kteří vyřešili úlohu správně a pro studenty, kteří uvedli řešení chybné.

text
správně 1

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Během časového intervalu $t_0 - t_1$ je velikost rychlosti rakety:



- a) zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- b) zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- c) neustále se snižuje.
- d) neustále se zvyšuje.
- e) konstantní.

špatně 11

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Během časového intervalu $t_0 - t_1$ je velikost rychlosti rakety:



- a) zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- b) zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- c) neustále se snižuje.
- d) neustále se zvyšuje.
- e) konstantní.

graf
správně 9

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti rakety v čase v intervalu $t_0 - t_1$?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

špatně 2

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Který z následujících grafů nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti rakety v intervalu $t_0 - t_1$?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

diagram
správně 7

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. V čase v intervalu $t_0 - t_1$ je správně dle pořizování záznamy pohybu rakety. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu rakety v intervalu $t_0 - t_1$?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

špatně 5

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. V čase v intervalu $t_0 - t_1$ je správně dle pořizování záznamy pohybu rakety. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu rakety v intervalu $t_0 - t_1$?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

Obrázek 15: Mapy pozornosti úloha „Raketa před vypnutím“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)

Verze úlohy s alternativami v slovní/textové reprezentaci: Úspěšní i neúspěšní řešitelé této verze v zadání fixují relevantní informaci, kdy byl motor rakety vypnut. Vypadá to, že úspěšný řešitel prošel všechny možné odpovědi, a pak se zaměřil na tu správnou. V kontrastu s tím neúspěšní řešitelé správnou odpověď téměř vůbec

nefixují. Vypadá to, že neměli tušení, jaká odpověď je správná, a proto se více věnovali zadání. Z možností věnovali nejvíce pozornost nesprávným variantám a), b) a c).

Verze úlohy s alternativami v grafické reprezentaci: U úlohy s alternativami v této reprezentaci uvedli studenti nejvíce správných odpovědí. Respondenti, kteří zvolili správnou odpověď, se v zadání věnují podstatným informacím, oproti tomu neúspěšní řešitelé věnovali nejvíce pozornosti obrázku rakety a označení fyzikálních veličin. Úspěšní řešitelé věnovali nejvíce pozornosti mezi nesprávnou variantu b) a správnou variantu d). Tento fakt není nijak překvapivý, v obou grafech je znázorněna rostoucí funkce, která se u nesprávné varianty nakonec změní v konstantní. Studenti, kteří odpověděli špatně, zvolili variantu c), kde byl znázorněn graf s klesající funkcí.

Verze úlohy s alternativami s tzv. diagramem: Obě skupiny řešitelů se v zadání věnují potřebným informacím. Zatímco úspěšní účastníci ihned vyloučí tři nesprávné varianty a rozhodují se mezi dvěma velmi podobnými alternativami, ze kterých nakonec vyberou tu správnou, neúspěšní řešitelé se věnují třem vizuálně odlišným možnostem. I když mezi nimi je správná odpověď, zvolí tito studenti nakonec chybnou.

Raketa po vypnutí

Chybné řešení uvedlo 15 respondentů, správně úlohu vyřešilo 20 respondentů. Textovou alternativu řešilo správně 9 účastníků, špatně 3. Úlohu s grafem úspěšně vyřešili 4 studenti, 5 účastníků bylo neúspěšných. Úloha s diagramem stojí v porovnání s ostatními reprezentacemi uprostřed. Správné řešení mělo 7 studentů, 4 vyřešili úlohu špatně.

Následuje Obrázek 16, kde jsou mapy pozornosti.

text
správně 9

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut.

Jaká je velikost rychlosti rakety po vypnutí motoru?

- zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- neustále se snižuje.
- neustále se zvyšuje.

špatně 3

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut.

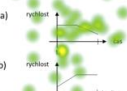
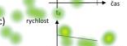

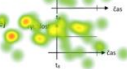
Jaká je velikost rychlosti rakety po vypnutí motoru?

- zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- neustále se snižuje.
- neustále se zvyšuje.
- konstantní.

graf
správně 4

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut.

Která z následujících grafů nejlépe popisuje závislost rychlosti rakety na čase po okamžiku t_0 ?

- 
- 
- 
- 

špatně 8 (5 možností c)

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut.

Která z následujících grafů nejlépe popisuje závislost rychlosti rakety na čase po okamžiku t_0 ?

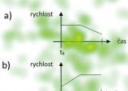




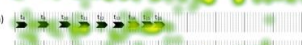




- 
- 
- 
- 
- 

diagram
správně 7

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut.






V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy polohy rakety. Která z následujících možností nejlépe popisuje závislost velikosti rychlosti pohybu rakety po vypnutí motoru od okamžiku t_0 ?

- 
- 
- 
- 
- 

špatně 4

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut.

V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy polohy rakety. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu rakety poté, co je motor vypnut, tj. od okamžiku t_0 ?

- 
- 
- 
- 
- 

Obrázek 16: Mapy pozornosti úloha „Raketa po vypnutí“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)

Verze úlohy s alternativami v slovní/textové reprezentaci: Zaměříme-li se na zadání, pozorujeme, že úspěšní řešitelé věnují pozornost relevantní informaci o tom, kdy byl motor rakety vypnut. Neúspěšní řešitelé věnují více pozornosti tomu, na co se úloha vlastně ptá. Z mapy pozornosti studentů, co vyřešili úlohu správně, soudím,

že po přečtení zadání už pouze vyhledali správnou odpověď a na tu zaměřili svoji pozornost. Chybně odpovídající respondenti věnovali pozornost všem nabízeným alternativám.

Verze úlohy s alternativami v grafické reprezentaci: U úspěšných řešitelů pozorujeme stejný jev jako u textové/slovní reprezentace. Po přečtení zadání ihned hledali správnou odpověď. U studentů, kteří úlohu řešili neúspěšně, pozorujeme nadměrnou fixaci na otázku, zbytku zadání úlohy byla v porovnání s otázkou věnována minimální pozornost. To ukazuje na to, že studenti nevěděli jakou možnost zvolit, proto se snažili „najít“ odpověď v zadání otázky.

Verze úlohy s alternativami s tzv. diagramem: Úspěšní řešitelé směřují svou pozornost nejvíce na informaci, kdy byl motor rakety vypnut, kterou potřebují k vyřešení úlohy. Při volbě odpovědi zvažují dvě možnosti správnou variantu e) a chybnou variantu b) (zpočátku rostoucí a poté konstantní závislost). Je zajímavé, že právě variantě b) věnovali svoji pozornost nejvíce neúspěšní řešitelé. V zadání se i respondenti s chybnou odpovědí věnují nejvíce oblasti, která dává důležitou informaci o čase vypnutí motoru rakety, největší část své pozornosti však zaměřují na chybnou variantu b).

4.2. Analýza strategií řešení úloh pro vybrané účastníky

Tato podkapitola je věnována popisu strategií a přístupů k řešení úloh pro celkem osm účastníků výzkumu. Tři z nich řešili variantu testu 1, čtyři z nich variantu testu 3 a jeden variantu testu 2.

Kvalitativní popis přístupů řešení vychází z metodologie kvalitativního výzkumu tzv. případových studií. Tomu také odpovídá výběr vzorku, kdy v rámci každé varianty byli vybráni účastníci s rozdílnými charakteristikami výkonu řešení úloh, zájmu o přírodní vědy a stupněm vzdělávání, který v době výzkumu absolvovali.

Varianta 1

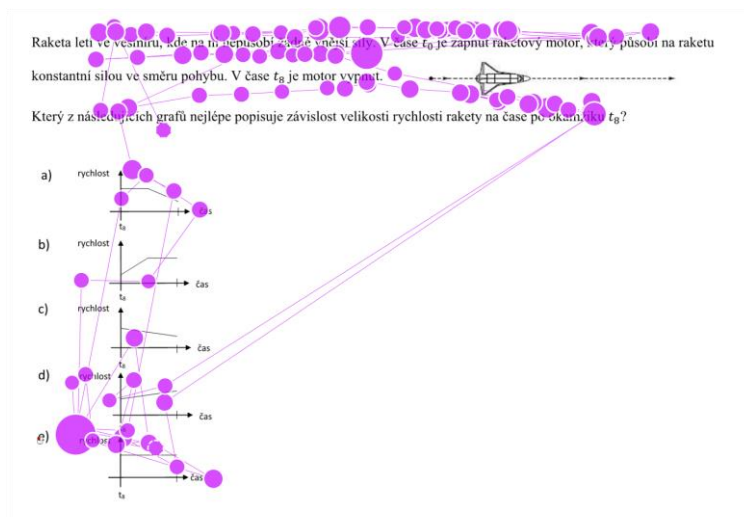
Detailněji se zaměříme na gaze ploty tří řešitelů. Nejprve bude uvedena stručná charakteristika jednotlivých řešitelů. Poté se zaměříme na zajímavosti a neobvyklosti, které se u vybraných řešitelů vyskytly.

Varianta 1 – charakteristika účastníků

Účastník P12 je student gymnázia se zájmem o přírodní vědy, který zodpověděl všechny otázky špatně. U všech úloh stráví minimálně 1 minutu.

Další vybranou osobou je *P39*, student gymnázia, který také odpověděl na všechny otázky špatně. Od výše zmíněného P12 se liší hlavně tím, že odpovídá rychleji. Nejkratší čas věnoval úloze „Raketa po vypnutí“ (33 sekund), nejdéle se věnoval úloze „Kosmonaut“ (1 minutu 8 sekund). Obě úlohy nabízely možnosti ve formě grafu.

Účastník P53 je studentem 1. ročníku učitelství matematiky a fyziky, který měl 3 správné odpovědi, což je nejvyšší skóre u této/první varianty testu. Úlohy řeší v rekordním čase: úlohu „Kosmonaut“ za 17 sekund; úlohy o raketách mu trvaly cca 30 sekund. Nejdéle řešil úlohu „Jana a krabice“ (1 minutu a 10 sekund), kterou nevyřešil správně. Zajímavostí tohoto účastníka je, že vždy fixuje zadání až od druhého slova, také poslední slovo řádku je bez zjevné pozornosti. Svědčí o tom gaze plot na Obrázku 17. Osobně to přisuzuji tomu, že je vybraný student schopen tyto informace vnímat periferně, proto na ně nemusí cílit pozornost.



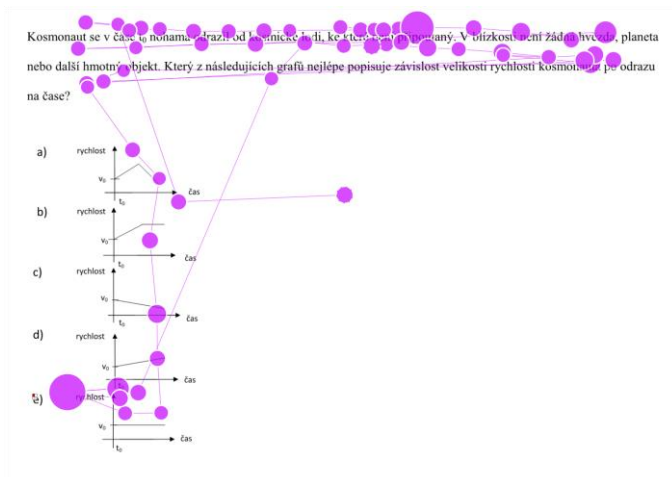
Obrázek 17: Úloha „Raketa po vypnutí“ gaze plot pro účastníka P53

Varianta 1 – strategie řešení úloh jednotlivých účastníků

Účastník P53

Při řešení úloh postupuje rychle, přesto je chybovost minimální, to ukazuje na dobrou orientaci v dané problematice. V případě úloh s textovou/slovní a grafickou reprezentací P53 zřejmě již po přečtení zadání ví správnou odpověď a pouze ji v nabízených odpovědích snadno vyhledá, o čemž svědčí vždy jedna maximálně dvě fixace na všechny alternativy. Po vyhledání správné alternativy následuje ještě pohled na zadání a kontrola, zda odpovídá na správnou otázku, uvažuje dané předpoklady, apod. (viz Obrázek 18).

Naproti tomu účastníci P12 a P39 věnují jednotlivým možnostem více pozornosti.



Obrázek 18: Obrázek gaze plotu účastníka P53 úloha „Kosmonaut“. Dlouhá sakáda ukazuje, jak se účastník vrací k informaci v zadání, že kosmonaut není k lodi připoutaný).

Účastníci P39 a P12

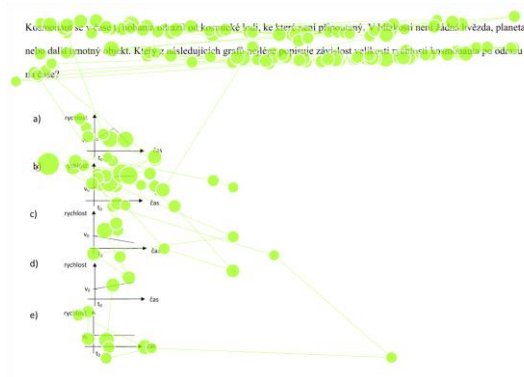
Účastník P12 hodně času a pozornosti věnuje zadání a zejména konkrétní otázce, na kterou je třeba odpovědět. Celkově to vypadá, že neví, která z možností by mohla být správná, ale nevzdává to a úlohu znovu pročítá. Účastník P39 při řešení úlohy postupuje systematicky, přečte zadání, podívá se na nabízené možnosti a poté se rozhoduje.

V případě úloh se slovní/textovou a grafickou reprezentací věnují více pozornosti jednotlivým alternativám. V případě úlohy „Kosmonaut“/ alternativy ve formě grafu věnují nejvíce času alternativě b, kterou také volí za správnou odpověď, tj. že rychlost se bude zpočátku zvětšovat a poté bude konstantní.

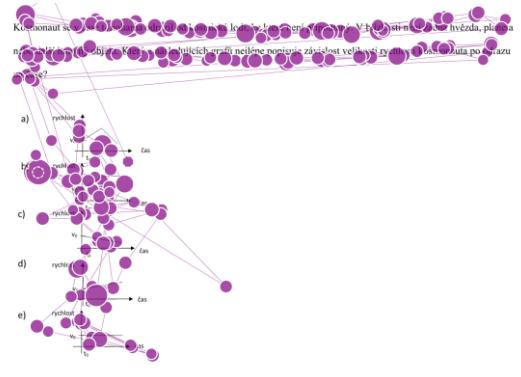
V případě analogické úlohy s raketou Úloha „Raketa po vypnutí“/ alternativy ve formě grafu student P39 volí nakonec špatnou možnost c), ale nejvíce pozornosti věnuje správné možnosti e).

Student P12 také volí špatnou alternativu c), ale i v případě úlohy s kosmonautem věnuje posledním dvěma alternativám d) a e) minimum pozornosti. Tedy věnuje minimum pozornosti i správné variantě. Přestože oba studenti uvedli v obou analogických úlohách stejné a typickým miskoncepcím odpovídající odpovědi, jejich konceptuální představy mohou být různě zakořeněné (viz Obrázek 19).

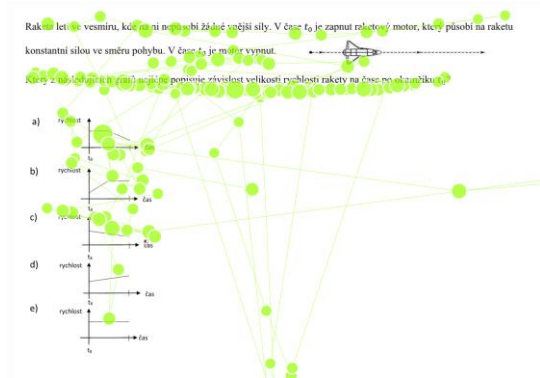
P12 – úloha „Kosmonaut“



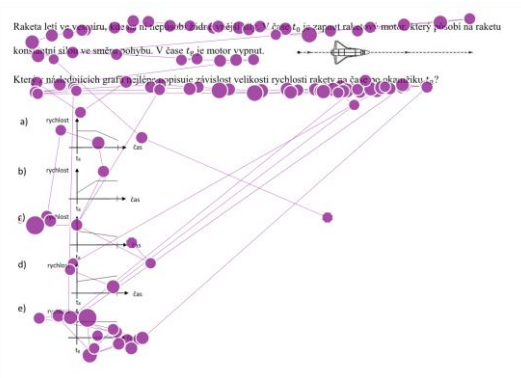
P39 – úloha „Kosmonaut“



P12 – úloha „Raketa po vypnutí“



P39 – úloha „Raketa po vypnutí“



Obrázek 19: Gaze ploty účastníků P12 a P39 pro úlohy s alternativami ve formě grafu

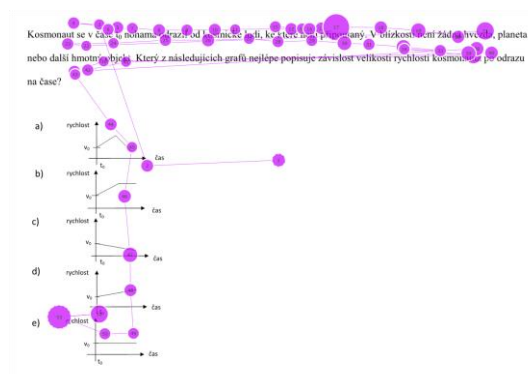
Úloha „Raketa před vypnutím“/ alternativy ve slovní/textové formě. Student P12 po přečtení zadání projde všechny nabízené varianty, dále se vrací k zadání a několikrát prochází alternativy. Nepreferuje či nevylučuje žádnou z nabízených možností, což ukazuje i souhrnný gaze plot.

Naproti tomu student P39 po přečtení zadání přečte možnost a), poté opět ještě jednou rychle projde zadání a přečte všechny zbývající možnosti. Věnuje několik fixací možnosti e), více než je třeba k pouhému přečtení. Ještě jednou projde všechny možnosti, vrací se k zadání a opět několikrát fixuje možnost e). Na chvíli ztratíme jeho signál a opět se vrací k možnosti e), což ukazuje důkladné přemýšlení nad touto variantou. Během tohoto přemýšlení se vrací k informaci v zadání „V čase t_8 je motor vypnut.“

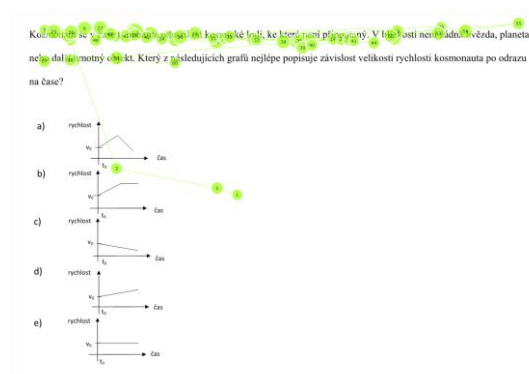
Varianta 1 – Porovnání účastníků mezi sebou

Úloha „Kosmonaut“/ alternativy ve formě grafu. Student P53, který vyřešil tuto úlohu správně, řešil tuto úlohu pouhých 17 sekund. Na Obrázku 20 jsou gaze ploty v čase 15 sekund, pro všechny vybrané účastníky. Jak ukazuje obrázek, zbývající vybraní řešitelé se za tuto dobu dostali pouze k zadání úloh.

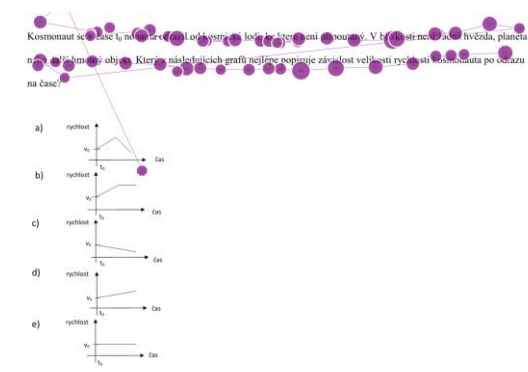
P53



P12



P39



Obrázek 20: Úloha „Kosmonaut“ gaze ploty v čase 0:15

Úloha „Raketa před vypnutím“/ alternativy ve slovní/textové formě. Zde se zaměříme na gaze ploty v čase, kdy P53 vyřešil danou úlohu, tedy 31 sekund od zobrazení úlohy. Záznamy jsou na Obrázku 21. Vidíme, že P12 a P39 jsou už také ve fázi, kdy si přečetli zadání a téměř všechny možnosti. Z toho se dá usuzovat, že P53 ví správnou odpověď hned po přečtení zadání. Zbývající studenti však ještě potřebují nad svou odpovědí přemýšlet.

P53

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je vypnut rakety motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Během časového intervalu $t_0 - t_1$ je velikost rychlosti rakety:

- zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- neustále se snižuje.
- neustále se zvyšuje.
- konstantní.

P12

Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je vypnut rakety motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Během časového intervalu $t_0 - t_1$ je velikost rychlosti rakety:

- zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- neustále se snižuje.
- neustále se zvyšuje.
- konstantní.

P39

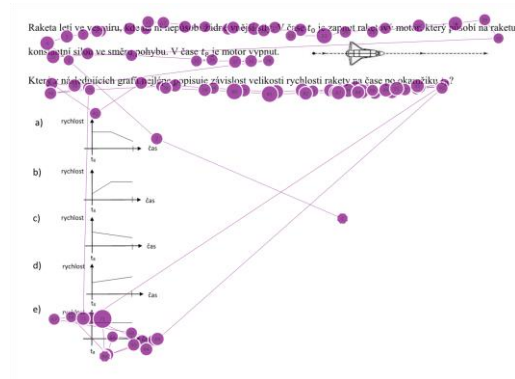
Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase t_0 je vypnut rakety motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase t_1 je motor vypnut. Během časového intervalu $t_0 - t_1$ je velikost rychlosti rakety:

- zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- neustále se snižuje.
- neustále se zvyšuje.
- konstantní.

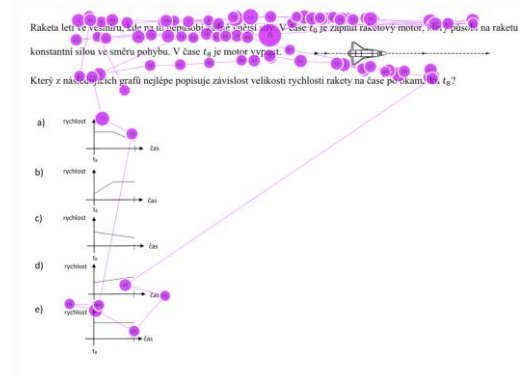
Obrázek 21: Úloha „Raketa před vypnutím“ gaze ploty v čase 0:31

Úloha „Raketa po vypnutí“/ alternativy ve formě grafu. Účastník P39 má na začátku stejný postup jako P53, který vyřešil úlohu správně. Oba přečtou zadání a pak zaměří svoji pozornost na správnou variantu e). Student P53 se pak ještě podívá na ostatní možnosti a utvrdí se v tom, že správná je varianta e). P39 se nakonec rozhodne pro chybnou variantu c), která odpovídá naší zkušenosti z běžného života, že pokud vypneme motor auta, začne auto vlivem odporu vzduchu a tření zpomalovat. To však pro raketu ve vesmíru neplatí. Ta se bude dále pohybovat stejnou rychlostí, jakou měla v čase vypnutí motoru. Ukázky gaze plotů jsou na Obrázku 22.

P39 v čase 0:25



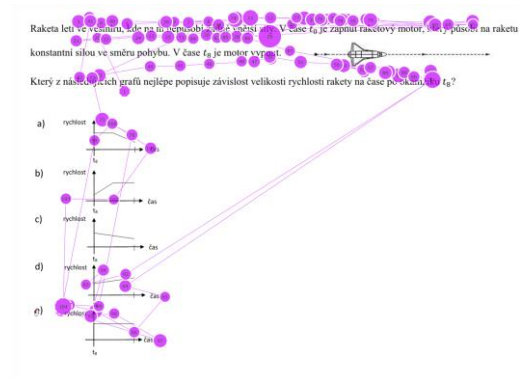
P53 v čase 0:21



P39 v čase 0:32



P53 v čase 0:25



Obrázek 22: Porovnání řešení úlohy „Raketa po vypnutí“ pro účastníky P39 a P53

Varianta 3

Zaměříme se na porovnání gaze plotů účastníků P11, P23, P31 a P54. Nejprve se podíváme na to, co je pro jednotlivé účastníky typické při řešení úloh, poté porovnáme, jak se mezi sebou liší v některých úlohách této varianty testu.

Varianta 3 – charakteristika účastníků

Účastník P11 je studentem gymnázia se zájmem o přírodní vědy, který ani jednu z úloh nevyřešil dobře. Celkově vyřeší úlohy rychle, řešení mu trvá cca 1 minutu.

Respondent P23 je také student gymnázia se zájmem o přírodní vědy, ale všechny 4 úlohy vyřešil správně. Celkově řeší úlohy rychle, dokonce nejrychleji z vybraných.

Nejdéle řešil úlohu „Jana a krabice“ (1 minutu a 6 vteřin). Nejkratší dobu úlohu „Kosmonaut“ (31 vteřin).

Účastník P31 je vyučující fyziky na SŠ, který vyřešil všechny úlohy správně. Nejobtížnější pro něj byla úloha „Raketa před vypnutím“ s alternativami formou diagramu, řešil ji 2 minuty a 31 vteřin.

Respondent P54 je studentem 1. ročníku učitelství matematiky a fyziky na MFF UK, který vyřešil všechny úlohy správně. Nejvíce času strávil při řešení úlohy „Kosmonaut“ s alternativami ve formě diagramu (2 minuty 24 sekund).

Varianta 3 – strategie řešení úloh jednotlivých účastníků

Účastník P11

Při řešení se nejprve seznámí se zadáním a nabízenými možnostmi, poté zvažuje správnou možnost. Gaze plot působí na první pohled trochu chaoticky, soudím, že je to způsobeno nezvyklým návykem při čtení. Ostatní drží při čtení linii řádku, P11 přeskakuje mezi jednotlivými řádky i informacemi.

Respondent P23

Většinu času věnuje pečlivému přečtení a pochopení zadání, pokud si při čtení možností uvědomí, že ještě přesně neví, o co jde, vrátí se k zadání. Teprve potom projde všechny možnosti a vybere odpověď.

Účastník P31

Při řešení úloh uplatňuje rozvážnost, nejprve pozorně přečte zadání, poté se seznámí s možnostmi a nakonec pečlivě zvažuje odpověď, vrací se k informacím ze zadání a porovnává je s nabízenými možnostmi.

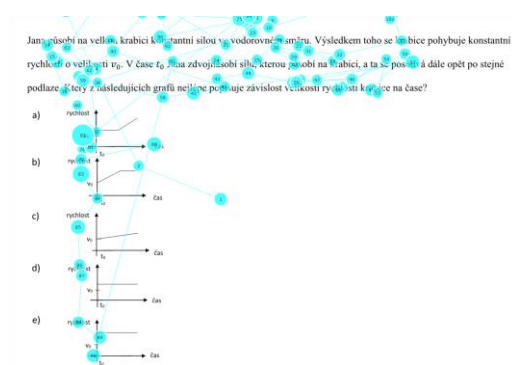
Respondent P54

Nejprve se obvykle seznámí se zadáním i nabízenými odpověďmi, a pak se rozhoduje. Stejně jako pro P31 je i pro něj charakteristická rozvážnost při hledání správné odpovědi.

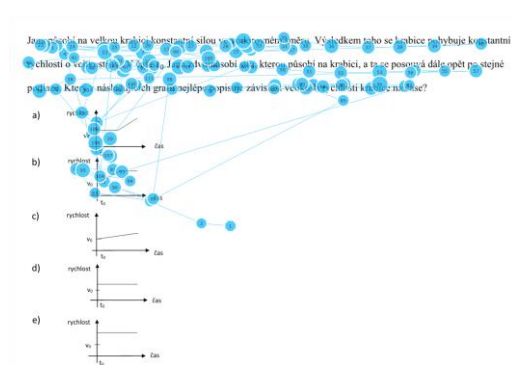
Varianta 3 – Porovnání účastníků mezi sebou

Úloha „Jana a krabice“ /alternativy ve formě grafu. Účastník P54 řešil tuto úlohu cca 2 minuty, ostatním vybraným řešení trvalo cca 1 minutu. Na Obrázku 23 vidíme gaze ploty účastníků po 30 vteřinách, co řešili úlohu. Zatímco neúspěšný řešitel P11 prošel zadání i všechny možnosti, úspěšní řešitelé se v tuto dobu věnují zadání, případně začínají věnovat pozornost alternativám. Účastník P54, který řešil úlohu nejdéle, už v tomto čase pročítá možnosti. Vlastní řešení úlohy mu tedy trvalo opravdu nejdéle.

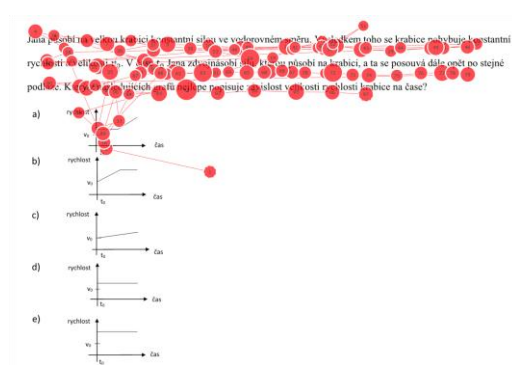
P11



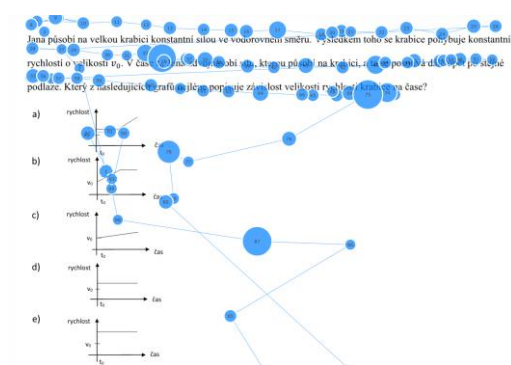
P23



P31



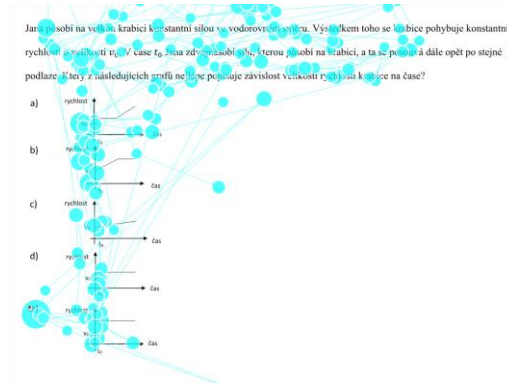
P54



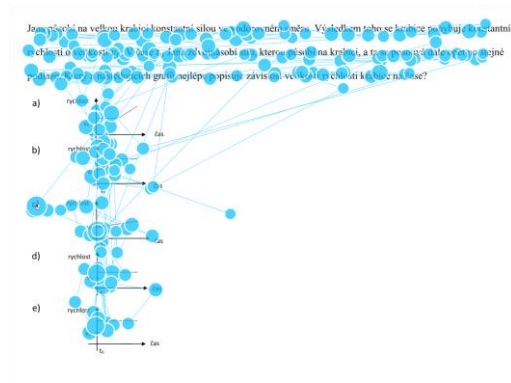
Obrázek 23: Úloha „Jana a krabice“ gaze ploty v čase 0:30

Na Obrázku 24 pozorujeme, že u správně řešících účastníků je patrné prohlížení celých grafů. Naproti tomu účastník P11 prohlíží grafy zejména podél jejich svislé osy. Správně řešící účastníci věnují nejméně pozornosti variantám d) a e), tj. vylučují možnost „konstantní“ závislosti. Tuto variantu naopak P11 zvolí jako správnou odpověď.

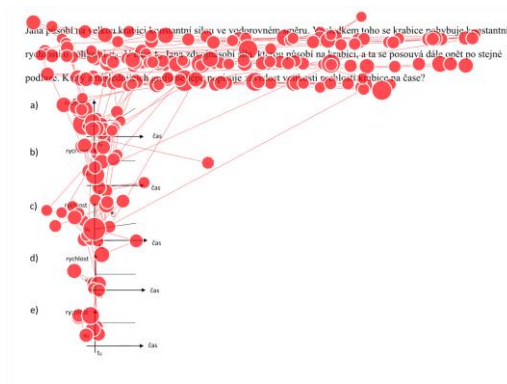
P11



P23



P31



Obrázek 24: Gaze ploty úlohy „Jana a krabice“ alternativy ve formě grafu

Úloha „Kosmonaut“/ alternativy ve formě tzv. diagramu. Na Obrázku 25 jsou gaze ploty vybraných účastníků po 30 sekundách řešení úlohy. Podívejme se na úspěšné řešitele, P23 už má tuto úlohu přečtenou a vyřešenou, řešitelé P31 a P54 se s úlohou zatím seznamují. Tady nastává shoda úspěšných řešitelů P31 a P54 s neúspěšným řešitelem P11, který se v tomto čase také věnuje pročítání zadání úlohy.

P11

Kosmonaut se v čase t_0 natolma odrazil od kosmické lodi, ke které není připojován. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy pohybu kosmonauta. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu kosmonauta po odrazu, tj. od okamžiku t_0 ?

a)

b)

c)

d)

e)

P23

Kosmonaut se v čase t_0 natolma odrazil od kosmické lodi, ke které není připojován. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy pohybu kosmonauta. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu kosmonauta po odrazu, tj. od okamžiku t_0 ?

a)

b)

c)

d)

e)

P31

Kosmonaut se v čase t_0 natolma odrazil od kosmické lodi, ke které není připojován. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy pohybu kosmonauta. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu kosmonauta po odrazu, tj. od okamžiku t_0 ?

a)

b)

c)

d)

e)

P54

Kosmonaut se v čase t_0 natolma odrazil od kosmické lodi, ke které není připojován. V blízkosti není žádná hvězda, planeta nebo další hmotný objekt. V časovém intervalu $t_0 - t_1$ jsou pravidelně pořizovány záznamy pohybu kosmonauta. Která z následujících možností nejlépe popisuje velikost rychlosti pohybu kosmonauta po odrazu, tj. od okamžiku t_0 ?

a)

b)

c)

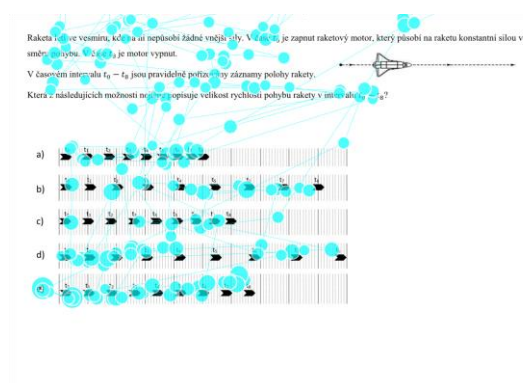
d)

e)

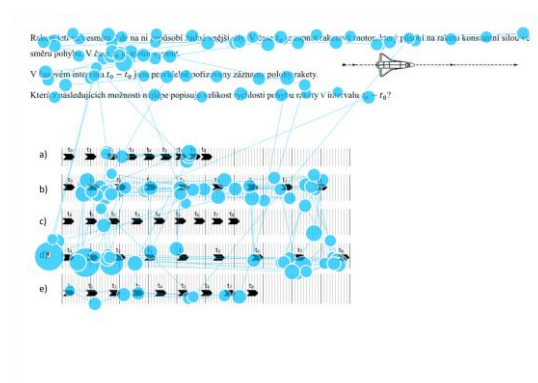
Obrázek 25: Úloha „Kosmonaut“ gaze ploty v čase 0:30

Úloha „Raketa před vypnutím“/ alternativy ve formě tzv. diagramu. Ti, co řešili úlohu správně, se rozhodují mezi variantami b) a d). Na obou diagramech je znázorněn zpočátku zrychlený pohyb, který se u varianty b) mění na konstantní, u d) zrychlování zůstává. Víceméně ihned vyloučí varianty zobrazující zpomalený pohyb. Naproti tomu účastník P11 věnuje poměrně dost pozornosti všem variantám. Největší počet fixací je na alternativy a), d) a e). Alternativa a) znázorňuje zpočátku konstantní poté zpomalený pohyb, možnost d) zrychlený pohyb a u e) je pohyb konstantní (viz Obrázek 26).

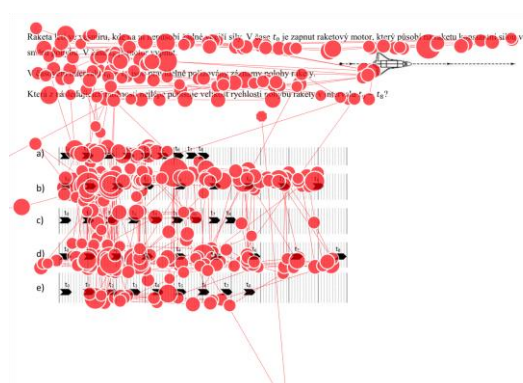
P11



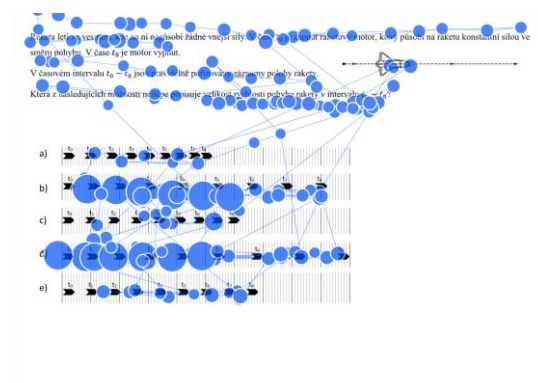
P23



P31

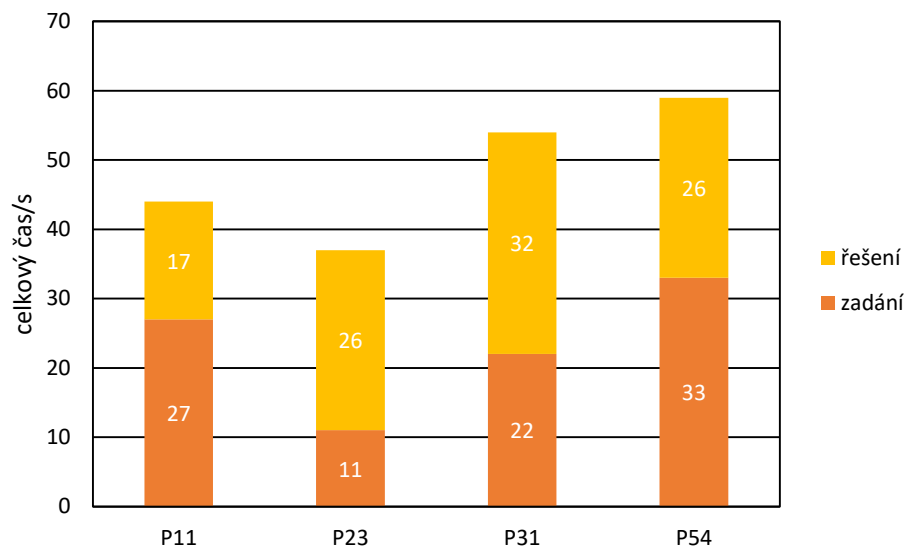


P54



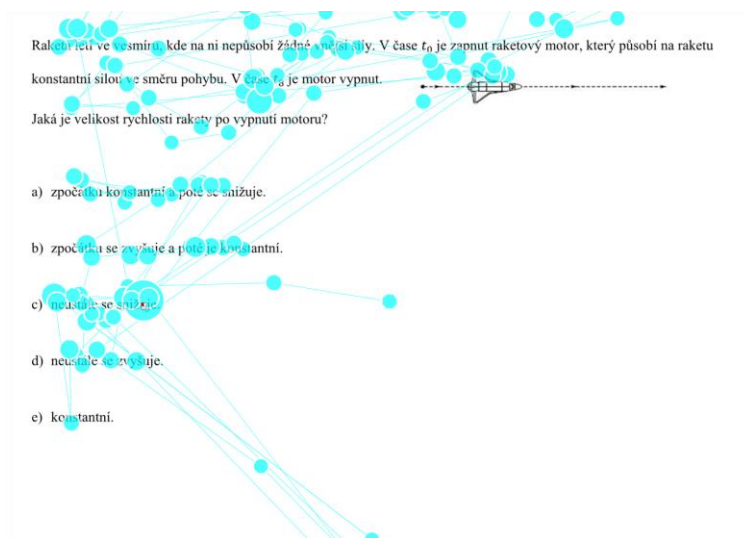
Obrázek 26: Gaze ploty úlohy „Raketa před vypnutím“ alternativy ve formě tzv. diagramu

Úloha „Raketa po vypnutí“/ alternativy ve slovní/textové formě. Pozorujeme shodu v době řešení, která se pohybuje od 37 do 59 sekund. Neúspěšný řešitel P11 věnuje 27 sekund svého času zadání, úlohu vyřeší za 44 sekund. P23 se zadání věnuje 11 sekund z celkových 37 sekund. P31 22 sekund z celkových 54 a P54 33 sekund z celkových 59. Data jsou vynesena do grafu na Obrázku 27.



Obrázek 27: Graf znázorňující, kolik času vybraní účastníci věnovali zadání a následně řešení úlohy

Krátká doba řešení a gaze plot pro všechny účastníky ukazuje, že si jak úspěšní, tak neúspěšní řešitelé byli rychle jisti, kterou odpověď chtějí vybrat a označit jako správnou. Na zřejmě zakořeněnou miskoncepci účastníka P11 ukazuje to, že správné možnosti e) věnoval pouze jednu fixaci (viz Obrázek 28).



Obrázek 28: Gaze plot účastníka P11

Příklady dobré praxe aneb strategie řešení expertů

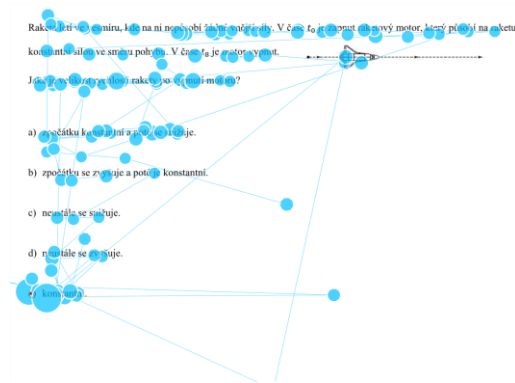
Nyní se budeme věnovat popisu gaze plotů od účastníků P23, P47, P53 a P54. Jedná se o nejlépe skórující řešitele, které pro naše účely budeme považovat za experty. Všichni, až na P23, jsou studenti 1. ročníku učitelství matematiky a fyziky na MFF UK. Účastník P23 je student gymnázia se zaměřením na přírodní vědy. Stručné charakteristiky strategií P23, P53 a P54 naleznete výše. Analýzu způsobu řešení pro P47 si uvedeme zde. Poté porovnáme jednotlivé experty mezi sebou. P53 a P23 řešili úlohy ve variantě 3, P47 ve variantě 2 a P54 ve variantě 1.

Účastník P47 je studentem 1. ročníku učitelství matematiky a fyziky na MFF UK, který řešil test ve variantě 2. Úlohy řeší rychle, nejvíce času mu zabrala úloha s diagramem (1 minuta 2 sekundy). Při řešení si pozorně projde zadání, během pročitání možností se vrací k zadání a zvažuje, zda by uvedená možnost mohla být správná. Nejkratší dobu řešil úlohu s alternativami v textové/slovní formě.

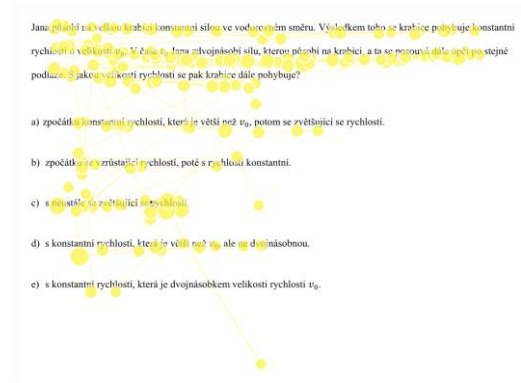
Až na P54 jsou všichni experti velmi rychlí řešitelé. Pro účastníky P47 a P54 jsou nejnárodnější úlohy v textové/slovní formě, které řeší nejrychleji. Účastník P23 vyřešil nejrychleji úlohu s diagramem a P53 nejrychleji vyřešil úlohy s grafem.

Na Obrázku 29 pozorujeme u dvou řešitelů, že část textu vnímají pouze periferně, nepotřebují na něj přímo zacílit pozornost.

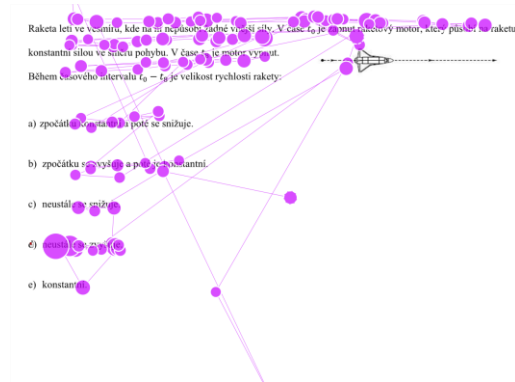
P23, varianta 3, student gymnázia



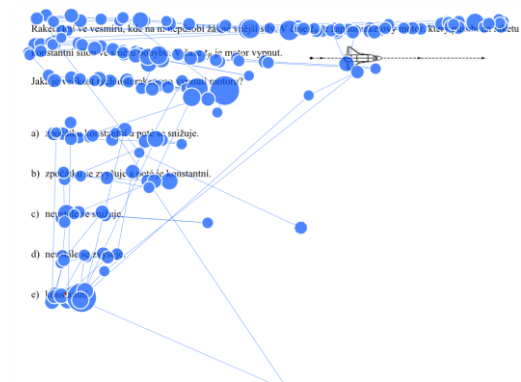
P47, varianta 2



P53 varianta 1



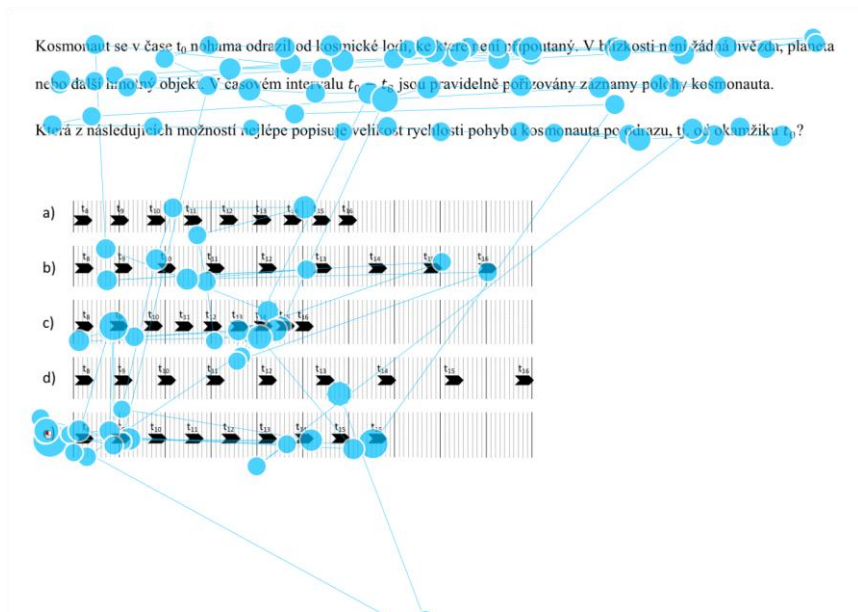
P54 varianta 3



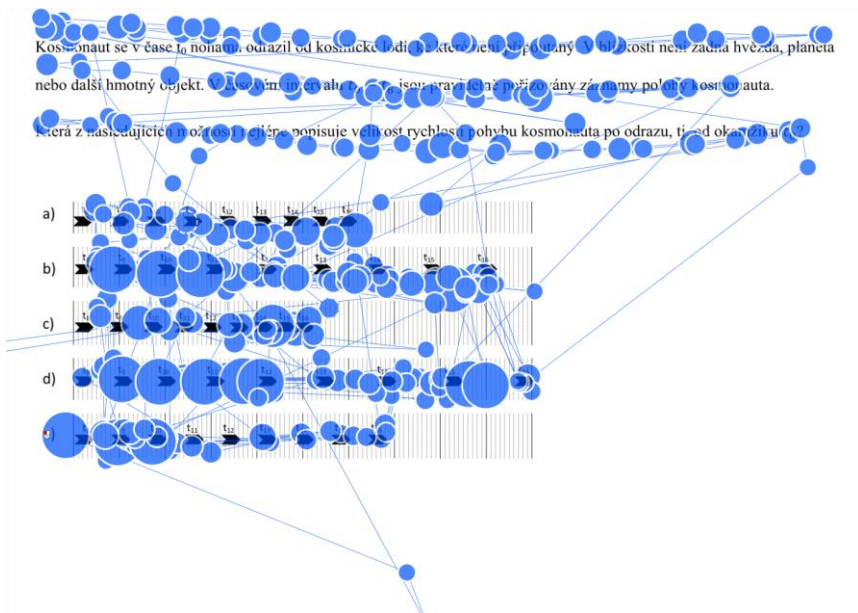
Obrázek 29: Gaze ploty pro textové alternativy úloh účastníků P23, P47, P53 a P54

Nejnáročnější pro ně jsou úlohy s diagramem, které řeší, až na P23, nejdéle ze všech úloh. Na Obrázku 30 jsou ukázky gaze plotů pro úlohu ve formě diagramu pro dva vybrané účastníky, oba řešili úlohu „Kosmonaut“.

P23



P54



Obrázek 30: Gaze ploty úloh s alternativami ve formě diagramu pro účastník P23 a P54

Z Obrázku 31 je zřejmé, že P23 nehádá, ale porovnává dvě možnosti, jak ukazují sakády např. mezi možnostmi b) a c) úlohy „Raketa před vypnutím“.

U P54 pozorujeme tyto sakády také a navíc delší doba fixací (větší kruh) ukazuje na potřebu soustředěně odečítat dílky v diagramu.

P23

Raketa letí v smereu, do na ni neapôsobí žiadne vnější sily. V čase t_0 zapne raketový motor, ktorý pôsobí na raketu konštantní silou v smereu pohybu. V čase t_g je motor vypnutý.

V časovom intervale $t_0 - t_g$ jsou pravidelne porizované záznamy polohy rakety.

Která z nasledujících možností najlepšie popisuje veľkosť rýchlosti pohybu rakety v intervale $t_0 - t_g$?

a)

b)

c)

d)

e)

P54

Raketa letí v smereu, do na ni neapôsobí žiadne vnější sily. V čase t_0 zapne raketový motor, ktorý pôsobí na raketu konštantní silou v smereu pohybu. V čase t_g je motor vypnutý.

V časovom intervale $t_0 - t_g$ jsou pravidelne porizované záznamy polohy rakety.

Která z nasledujících možností najlepšie popisuje veľkosť rýchlosti pohybu rakety v intervale $t_0 - t_g$?

a)

b)

c)

d)

e)

Obrázek 31: Gaze ploty úlohy „Raketa před vypnutím“

Závěr

Během výzkumu bylo zjištěno, že studenti, kteří odpovídají na otázky správně, věnují pozornost klíčovým informacím. U dvou vybraných „expertů“ bylo zjištěno, že při čtení jsou schopni některé informace vnímat periferně tzn. nezaměřují na ně svoji pozornost přímo. Většina úspěšných řešitelů byla při svých řešeních rychlá.

Nejobtížnější úlohou byla úloha „Jana a krabice“, která je zaměřena na porozumění druhému Newtonovu zákonu. Naopak nejsnadnější pro studenty byla úloha „Kosmonaut“ zkoumající porozumění prvnímu Newtonovu zákonu.

Podíváme-li se na strategie obecněji, můžeme identifikovat dva přístupy k řešení úloh. Jeden přístup je, že celou úlohu včetně možností student projde a poté se teprve zamýšlí, zaměřuje se na klíčové informace a porovnává nabízené možnosti. Druhý přístup spočívá v tom, že největší část času student věnuje pochopení zadání a teprve poté se podívá na nabízené možnosti, které mezi sebou porovnává, případně se vrací ke klíčovým informacím v zadání.

Při rozhodování o správné možnosti mnohdy pozorujeme, že v nabízených možnostech ihned po přečtení zadání vyhledají správnou. Neúspěšní řešitelé věnují více pozornosti zadání, hlavně otázce, na kterou mají odpovídat. Většinou identifikují, jaká informace je pro správné vyřešení úlohy důležitá, ale neumějí ji vhodně využít. Při pročítání možností věnují pozornost rovnoměrně mezi několik z nich, někdy je mezi nimi i správná odpověď. Jindy správnou odpověď vynechávají téměř úplně. Přestože tedy byly zvolené odpovědi u některých řešících účastníků stejné a chybné, přemýšlení nad rozdílnými alternativami ukazuje, na jejich rozdílné konceptuální představy či rozdílně hluboké přesvědčení o typické miskonceptuální představě.

Zaměříme-li se na to, zda forma nabízených alternativ má vliv na správnost, zjišťujeme, že nikoli. Její vliv spočívá hlavně v časové náročnosti úlohy. Celkově se dá říci, že pro úspěšné účastníky byly (časově) nejnáročnější úlohy s alternativami ve formě tzv. diagramu, dále úlohy se slovní/textovou formou a na posledním místě jsou úlohy ve formě grafu. Přisuzuji to tomu, že pokud umíme z grafu správně „číst“, je jeho interpretace jasná ihned po prvním pohledu, zejména v případě zobrazení jednoduchých závislostí, jako tomu bylo v případě testovaných úloh. Naproti tomu text je potřeba přečíst a na to pouhé kouknutí nestačí. U neúspěšných řešitelů tento časový vývoj pro různé formy možností nepozorujeme.

Úspěšní řešitelé se také v případě tzv. diagramu nejčastěji rozhodovali mezi dvěma možnostmi, které detailně porovnávali. Naopak neúspěšní řešitelé většinou nevyloučili na první pohled jasné distraktory a na základě směru sakád se zdá, že volbu správné možnosti spíše odhadovali, než aby vybrané možnosti mezi sebou porovnali.

Na základě detailně analyzovaných výstupů pro úspěšné a neúspěšné řešitele úloh s možnostmi v grafické reprezentaci se ukázalo, že úspěšní řešitelé věnují pozornost celé ploše a tedy i křivce grafu. Naproti tomu někteří neúspěšní řešitelé měli tendenci fixovat očima pouze svislou osu grafu a vnímání křivky závislosti se dělo pouze prostřednictvím méně ostré oblasti vidění.

Seznam použité literatury

Hestenes, D., Wells, M. & Swaxkhamer, G. (1992). Force concept inventory. *American Journal of Physics*, 30, 141-154.

Kekule, M. (2014) Výzkum pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání *Scienta in educatione* 5(2), ISSN 1804-7106, 58-73.

Kekule, M. (2014). Students' approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method. *Special issue of European Journal of Science and Mathematics Education*, ISSN 2301-251X, 108-117.

Kekule, M. (2015) Metoda oční kamery (eye-trackeru) při výzkumu řešení úloh z fyziky žáky SŠ a VŠ *Matematika-fyzika-informatika* 24(2), ISSN 1210-1761 (Print).

Kozhevnikov, M., Motes, M., & Hegarthy, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving. *Cognitive Science*, 31, 549–579.

Madsen, A. M., Larson, A. M., Loschky, L. C., & Sanjay Rebello, N. (2012). Difference in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems. *Phys. Rev. Special Topics – Phys. Ed. Research*, 8, 010122.

Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 6, 020109.

Ohno, E., Shimojo, A., & Iwata, Mi. (2016). Analysis of Problem Solving Processes in Physics Based on Eye-Movement Data. In *Proceedings of GIREP 2015*, University of Wroclav, 64-70.

Rosengrant, D., Thomson, C. & Mzoughi, T. (2009). Comparing experts and novices in solving electrical circuit problems with the help of eye-tracking. In Sabella, M., Henderson, C. & Singh, C. (Eds.), *Proceedings of the 2009 Physics Education Research Conference*. New York: American Institute of physics. Mellville, 249–252.

Slykhuis, D. A., Wiebe, E. N. & Annetta, L. A. (2005). Eye-tracking students' attention to PowerPoint photographs in a science education setting. *Journal of Science Education and Technology*, 14 (5/6). DOI:10.1007/s10956-005-0225-z

Smith, A., Mestre, J. & Ross, B. (2010). Eye-gaze patterns as students study worked-out examples in mechanics. *Physical Review Special Topics – PER*, 6, DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.6.020118

Firma Tobii - webové stránky, <https://www.tobii.com/>, 14. 12. 2017

Van Gog, T., Paas, F. & Van Merriënboer, J. (2005). Uncovering expertise-related differences in troubleshooting performance: Combining eye movement and concurrent verbal protocol data. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 205–221.

Viiiri, J., Kekule, M., Isoniemi J., Hautala, J. (2017) Eye-tracking the effect of representation on students' problem solving approaches in *Proceedings of the annual symposium of the FMSERA 2016*, The Finnish Mathematics and Science Education Research Association. ISSN 2489-4583, 88-98.

Seznam obrázků

Pokud není uvedeno jinak, obrázky byly vygenerovány programem Tobii Studio 3.2.

Obrázek 1:	Oční kamera připojená k obrazovce počítače	3
	zdroj: https://www.tobii.com	
Obrázek 2:	Oční kamera v podobě brýlí.....	4
	zdroj: https://www.tobii.com	
Obrázek 3:	Odraz infračerveného záření na oku zkoumané osoby, žlutá tečka znázorňuje místo odrazu.....	4
	zdroj: https://www.tobiidynavox.com	
Obrázek 4:	Tzv. hrubá data - záznam pozice očí pokusné osoby snímány s frekvencí 300 Hz (tj. každé 3,3 ms)	5
	zdroj: M. Kekule (2014)	
Obrázek 5:	Ukázka gaze plotu (čím větší poloměr kruhu, tím delší fixace na dané místo) a mapy pozornosti (červeně jsou znázorněna místa, ve kterých bylo zaznamenáno nejvíce fixací)	5
Obrázek 6:	Ukázka alternativ úlohy „Jana a krabice“	10
Obrázek 7:	Mapa pozornosti (červeně jsou označena místa s největším počtem fixací) ..	13
Obrázek 8:	Hrubá data	13
	zdroj: M. Kekule (2014)	
Obrázek 9:	Stejná data jako v Obr. 8 po použití IVT filtru	14
	zdroj: M. Kekule (2014)	
Obrázek 10:	Doba řešení testu a získané totální skóre pro jednotlivé účastníky varianty testu 1	18
Obrázek 11:	Doba řešení testu a získané totální skóre pro jednotlivé účastníky varianty testu 2	18
Obrázek 12:	Doba řešení testu a získané totální skóre pro jednotlivé účastníky varianty testu 3	19
Obrázek 13:	Mapy pozornosti úloha „Jana krabice“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)	21
Obrázek 14:	Mapy pozornosti úloha „Kosmonaut“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)	23

Obrázek 15:	Mapy pozornosti úloha „Raketa před vypnutím“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)	25
Obrázek 16:	Mapy pozornosti úloha „Raketa po vypnutí“ (Červená barva znamená největší počet fixací na danou oblast pro danou skupinu studentů. Mezi jednotlivými skupinami studentů se může tento počet fixací lišit.)	27
Obrázek 17:	Úloha „Raketa po vypnutí“ gaze plot pro účastníka P53	30
Obrázek 18:	Obrázek gaze plotu účastníka P53 úloha „Kosmonaut“. Dlouhá sakáda ukazuje, jak se účastník vrací k informaci v zadání, že kosmonaut není k lodi připoutaný).....	31
Obrázek 19:	Gaze ploty účastníků P12 a P39 pro úlohy s alternativami ve formě grafu ...	32
Obrázek 20:	Úloha „Kosmonaut“ gaze ploty v čase 0:15	33
Obrázek 21:	Úloha „Raketa před vypnutím“ gaze ploty v čase 0:31	34
Obrázek 22:	Porovnání řešení úlohy „Raketa po vypnutí“ pro účastníky P39 a P53	35
Obrázek 23:	Úloha „Jana a krabice“ gaze ploty v čase 0:30	37
Obrázek 24:	Gaze ploty úlohy „Jana a krabice“ alternativy ve formě grafu	38
Obrázek 25:	Úloha „Kosmonaut“ gaze ploty v čase 0:30	39
Obrázek 26:	Gaze ploty úlohy „Raketa před vypnutím“ alternativy ve formě tzv. diagramu	40
Obrázek 27:	Graf znázorňující, kolik času vybraní účastníci věnovali zadání a následně řešení úlohy	41
Obrázek 28:	Gaze plot účastníka P11	41
Obrázek 29:	Gaze ploty pro textové alternativy úloh účastníků P23, P47, P53 a P54	43
Obrázek 30:	Gaze ploty úloh s alternativami ve formě diagramu pro účastník P23 a P54	44
Obrázek 31:	Gaze ploty úlohy „Raketa před vypnutím“	45

Seznam tabulek

Tab. 1:	Alternativy úloh použité v jednotlivých verzích testu	11
Tab. 2:	Charakteristika účastníků výzkumu	15
Tab. 3:	Relativní a absolutní počet správných odpovědí.....	16
Tab. 4:	Doba řešení pro jednotlivé účastníky testu varianty 1	16
Tab. 5:	Doba řešení pro jednotlivé účastníky testu varianty 2	17
Tab. 6:	Doba řešení pro jednotlivé účastníky testu varianty 3	17