

metodami motivovat k poznávání nových fyzikálních zákonů či alternativních měřících postupů.

Literatura

- [1] *Kodejška, Č. a kol.*: Fyzikální experimenty se zvukovou kartou PC. MFI, 22 (2013), s. 343–350.
- [2] <http://audacity.sourceforge.net/?lang=cs>
- [3] <http://www.sigview.com/>
- [4] *Lepil, O.*: Fyzika pro gymnázia. Mechanické kmitání a vlnění. Prometheus, Praha, 2001.
- [5] *Brdička, M.*: Mechanika kontinua. Academia, Praha, 2005.
- [6] *Novák, P.*: Mechanické vlastnosti dřeva domácích dřevin. [online]. [cit. 12. 10. 2014] Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/mechanicke-vlastnosti-dreva-domacich-drevin>.
- [7] Plasty – mechanické vlastnosti. [online]. [cit. 12. 10. 2014] Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/plasty-mechanicke-vlastnosti>.
- [8] *Strouhal, Č. – Kučera, B.*: Mechanika. Sborník Jednoty českých matematiků, Praha, 1910, 2. vyd., 817 s.

Metoda oční kamery při výzkumu řešení úloh z fyziky žáky SŠ a VŠ

MARTINA KEKULE

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

Řešení úloh je nejen v současné době součástí fyzikálního vzdělávání v různých zemích světa. Jak pomoci žákům být úspěšní v této dovednosti je námětem nejen didaktického výzkumu u nás, ale i na mezinárodní úrovni. Jednou z možných metod, která se používá ke zkoumání žákových přístupů či přímo strategií při řešení úloh je metoda oční kamery. Tato metoda byla použita například ve výzkumu srovnání strategií začátečníků a expertů při vyhledávání chyby v zapojení schémat elektrických obvodů [1], nebo při zjišťování, jak žáci využívají konceptuální nápovědy

v řešených příkladech z mechaniky [2]. Madsen a kol. [3] se například zaměřili na zkoumání rozdílných druhů pozornosti a jejich vlivu na studenty při řešení úloh z mechaniky. Cílem článku je stručně představit metodu a prezentovat kvalitativní výstupy z výzkumu zaměřeného na zjišťování přístupů žáků, které používají při řešení úloh s grafy závislosti kinematických veličin na čase.

Metoda oční kamery

Oční kamera umožňuje sledovat, kam se zkoumaná osoba dívá během prohlížení prezentovaného materiálu (obrázku, textu, videa, v případě použití přenosné kamery upevněné na brýlích i reálnou scénu). Podle frekvence kamery (běžně se využívá 60 Hz, 300 Hz, při výzkumech čtení i 500 Hz) je pozice očí zaznamenána v pravidelných časových intervalech. Pozice očí nicméně nezaručuje, že pokusná osoba vnímala dané místo na obrázku. Podle teorie vidění rozlišujeme dva základní pohyby očí při sledování nepohybujícího se objektu: fixace a sakády. Zaměřenou oblast vnímáme pouze v období fixace, která trvá průměrně 250–300 ms [4]; sakáda je přesun oka k dalšímu fixovanému místu. Z hrubých dat je tedy nutné určit, které polohy očí příslušely fixacím a které sakádám.

Spolehlivost výstupů je tedy ovlivněna nejen přesností použité techniky, ale také základním statistickým zpracováním dat. Při interpretaci výsledků je dále nutné zohlednit mechanismus vidění člověka, kdy oblast nejostřejšího vidění odpovídá $1,3^\circ$ zorného pole [5], což při vzdálenosti pokusné osoby 65 cm od obrazovky odpovídá na monitoru plošce s průměrem zhruba 1,5 cm. Pokusná osoba tedy může při dané pozici očí pohodlně a ostře vnímat cokoliv zobrazené v této vzdálenosti od zaznamenané pozice očí. Předpoklad, že pokusná osoba zaměřuje pozornost právě do místa nejostřejšího vidění, nemusí být vždy správný. Jak naznačuje např. holistický model vnímání obrazového materiálu, experti nepotřebují klíčovou informaci zobrazit pomocí nejostřejší oblasti vidění, ale jsou schopni získat informaci i ze vzdálených oblastí neostrého vidění.

Přístupy k řešení fyzikálních úloh žáky s lepším a žáky s horším výkonem

Typickým výzkumným námětem při použití této metody je srovnání přístupů/strategií odborníků nebo žáků, kteří dosahují ve fyzice/v testu dobrých výsledků s žáky, kteří dosahují spíše podprůměrných výkonů. [6]

uvádí přehled typických rozdílů mezi přístupem experta a začátečníka při řešení problémů. Experti například vycházejí z konceptuálního porozumění problému, často nejprve řeší problém kvalitativně na rozdíl od začátečníků, kteří se zaměřují na manipulaci se vzorečky. Experti při řešení divergují, zvažují různé možnosti, ověřují si získaný výsledek alternativním postupem apod. Z hlediska deklarativních znalostí se experti vyznačují zejména velkou provázaností vlastních znalostí a jejich dobrou strukturací. Jaké rozdíly v přístupu expertů/ různých skupin studentů ukázaly výzkumy pomocí oční kamery? Rosengrant a kol. [7] předložili studentům schémata elektrických obvodů obsahujících pouze baterii a různě zapojené rezistory. Úkolem studentů bylo určit např. celkový odpor v obvodu, proud v jednotlivých větvích, úbytek napětí na rezistorech apod. Pomocí oční kamery byly zjištěny následující rozdíly mezi experty (zde odborníky pracujícími na univerzitě) a studenty v jejich začátcích studia na VŠ:

- experti častěji střídali pozornost mezi schématem obvodu a jejich vlastní prací; tento přístup je možné interpretovat tak, že více reflektovali jejich proces řešení;
- po skončení práce experti ještě jednou přehlédli celé vlastní řešení;
- začátečníci fixovali jednotlivé značky rezistorů, zatímco u expertů byl zaznamenán pohyb očí sledující vždy celou smyčku obvodu; experti si tedy zřejmě při řešení úkolů představovali pohyb proudu v obvodu.

Na řešení problémů s elektrickými obvody byla zaměřena také práce [1]. V tomto případě bylo úkolem žáků odhalit problematickou část zapojení, která zapříčinila, že obvodem neprotékal proud. Studenti mohli manipulovat se simulací obvodu a získávat tedy zpětnou vazbu, zda jejich akce vede k úspěchu nebo ne. Celý proces řešení byl rozdělen do čtyř fází (které se mohly cyklicky opakovat) a byl posuzován rozdílný přístup řešení v jednotlivých fázích mezi studenty, kteří vyřešili celý test nejlépe a naopak. Prvně jmenovaní strávili více času ve fázi jedna – orientaci v problému – a ve fázi tři – zhodnocením výstupu, který provedená akce přinesla a fázi rozhodování pro případnou další akci, pokud tato nebyla úspěšná. Naopak ve fázi dvě – formulování problému a rozhodnutí se pro nějakou první akci – nebyly mezi skupinami studentů prokázány rozdíly.

Další dvě studie se zaměřily na úlohy z mechaniky. Smith a kol. [2] zkoumali, jak postupují studenti při studiu řešených úloh s cílem buďto posléze vyřešit podobný domácí úkol anebo se připravit na test obsahující podobné úlohy. Náповědné řešení výzkumníci uspořádali do dvou sloupců, z nichž jeden obsahoval text s popisem konceptuálního řešení problému,

druhý sloupec obsahoval vzorce a numerické řešení. Analýza očních pohybů ukázala, že se žáci během studia zajímali o oba typy náповěd a studovali je současně, tedy nevnímali je jako oddělené zdroje informací. Tento výsledek byl pro výzkumníci překvapivý, neboť na základě vlastní zkušenosti s vyučováním žáků očekávali spíše ignoraci kvalitativní části řešení. Madsen a kol. [3] zkoumali, kam zaměřují pozornost studenti prvního ročníku VŠ při řešení úloh, kde byly identifikovány typické žákovské miskoncepce. Nepřekvapivě, žáci, kteří danou úlohu vyřešili správně, strávili více času pozorností na oblastech relevantních pro vyřešení problému. Dalšími oblastmi zájmu výzkumníků byly jednak oblasti odpovídající typickému miskoncepčnímu uvažování a jednak oblasti přitahující svoji pozornost na základě nějaké percepční výraznosti (např. prvky blízko u sebe, velký kontrast apod.). I žáci, kteří vyřešili úlohu nesprávně, nebyli více méně ovlivněni těmito percepčně výraznými oblastmi, ale směřovali svoji pozornost do míst, která ukazují na chybné konceptuální uvažování o daném problému.

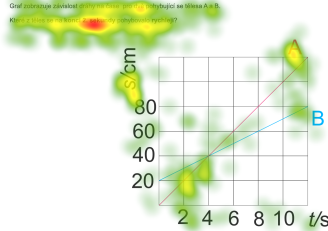
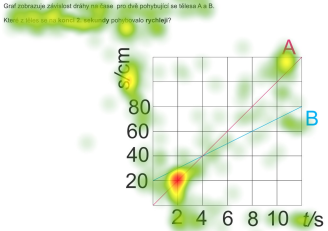
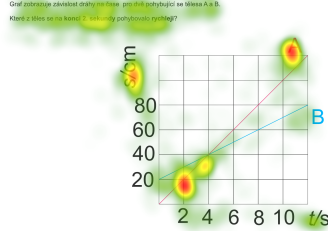
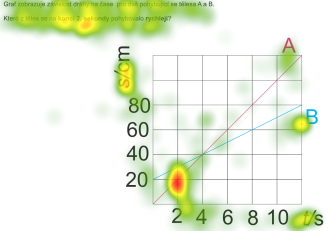
Přístupy k řešení úloh s kinematickými grafy

Dále jsou prezentovány výsledky původního výzkumu zaměřeného na řešení úloh SŠ/VŠ studentů s kinematickými grafy. Úlohy byly převzaty zejména z testu „Test of Understanding Graphs in Kinematics“ [8], český překlad viz [9]. Celkem účastníci výzkumu řešili 10 úloh, z nichž do analýzy bylo zahrnuto 7. Experiment byl proveden pomocí oční kamery (*eye-trackeru*) Tobii TX300 s frekvencí snímání 300 Hz. Prezentována je zde kvalitativní analýza provedená pomocí tzv. *heat map*. Tyto mapy zohledňují počet (nikoliv dobu trvání) fixací v dané oblasti. Počet fixací ukazuje na zájem žáka o danou oblast, doba trvání fixace pak zohledňuje zaujetí, které může signalizovat i obtížnost extrakce informace. Pro každou *heat mapu* je vytvořena vlastní škála tak, že nejčtetněji fixovaným místům je přiřazena červená barva, nejméně čtetně fixovaná místa jsou zbarvena zeleně resp. vůbec. Při porovnání *heat map* pro jednotlivé skupiny (viz dále) tedy srovnáváme relativní rozložení počtu fixací. Celkem se výzkumu zúčastnilo 26 studentů z jedné pražské střední školy a z přírodovědně zaměřených fakult UK. Cílem analýzy bylo srovnání přístupu řešení předložených úloh čtyřmi skupinami studentů, kteří:

1. vyřešili úlohu správně a navíc řešili celý test s alespoň 80 % úspěšností,
2. řešili celý test s úspěšností nižší než 30 %,

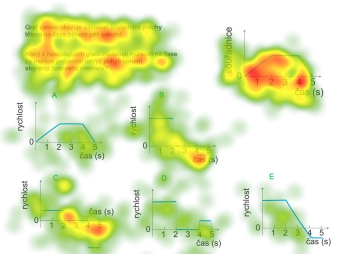
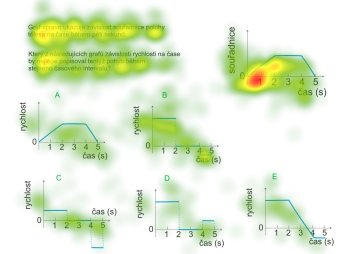
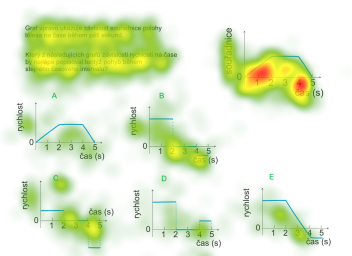
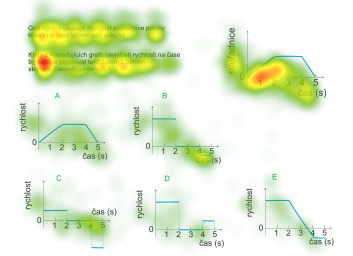
3. vyřešili danou úlohu správně,
4. vyřešili danou úlohu nesprávně.

Analýza ukazuje na možné rozdílné přístupy jak mezi studenty skupiny 1 a 2 nebo 4, tak také mezi studenty skupiny 1 a 3. Výrazné rozdíly v prvním případě byly identifikovány u 6 úloh; v druhém případě se jednalo o 4 úlohy. Například v případě úlohy 1, kdy měli žáci rozhodnout, který z objektů A a B, jehož závislost dráhy na čase je uvedena v daném grafu, se pohyboval na konci 2. sekundy rychleji, můžeme identifikovat zejména rozdíl mezi žáky skupiny 1 a 3, kdy žáci z první skupiny nejčastěji fixovali klíčovou informaci v zadání, zatímco žáci ostatních skupin se více zaměřili na hodnotu křivek (zejména křivky A) v požadovaném čase. Viz obrázky v tab. 1.

<p>Skupina 1: vyřešili úlohu správně a navíc řešili celý test s aspoň 80 % úspěšností</p>	<p>Skupina 2: řešili celý test s úspěšností nižší než je 30 %</p>
	
<p>Skupina 3: vyřešili danou úlohu správně</p>	<p>Skupina 4: vyřešili danou úlohu nesprávně</p>
	

Tab. 1 Heat mapy zobrazující distribuci počtu fixací na úlohu 1 souhrnně pro čtyři skupiny studentů. Nejčastěji fixované místo/místa v rámci každé skupiny studentů je zbarveno červeně.

Studenti, kteří celkově vyřešili test nejlépe, mají tendenci se nejvíce zaměřit na zadání úlohy. Ve srovnání s výsledky žáků ze skupiny 3, projevili tento přístup ve čtyřech úlohách ze sedmi. Zbývající úlohy můžeme z hlediska zadání považovat za spíše typické pro české prostředí (určit okamžitou rychlost pohybujícího se tělesa z grafu závislosti dráhy, resp. x -ové souřadnice na čase v daném čase). Žáci skupiny 1 nepotřebují tak často fixovat oblasti, kde vyhledávají klíčové informace pro řešení. Tento přístup můžeme interpretovat např. jako projev větší sebedůvěry při řešení úlohy. Naopak žáci, kteří řešili celou sérii testů nejhůře, vykazovali častěji počet fixací na jedno místo v celé úloze. Celkem se jednalo o 7 úloh, zatímco žáci ze skupiny nejlépe řešících test tento přístup ukázali ve 4 úlohách. Typickou ilustrací, kdy tento přístup není produktivní, jsou obrázky v tab. 2.

Skupina 1: vyřešili úlohu správně a navíc řešili celý test s aspoň 80 % úspěšností	Skupina 2: řešili celý test s úspěšností nižší než je 30 %
	
Skupina 3: vyřešili danou úlohu správně	Skupina 4: vyřešili danou úlohu nesprávně
	

Tab. 2 Heat mapy zobrazující distribuci počtu fixací na úlohu 3 souhrnně pro čtyři skupiny studentů. Nejčteněji fixované místo/místa v rámci každé skupiny studentů je zbarveno červeně.

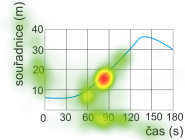
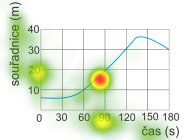
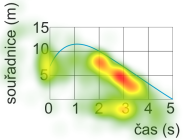
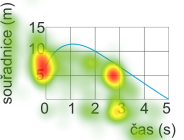
Zde měli žáci za úkol k danému grafu závislosti x -ové souřadnice na čase (vpravo) vybrat z nabízených grafů závislosti rychlosti na čase ten, který zobrazuje stejný pohyb (pozn. v souladu s původním americkým testem zde není rozlišena velikost nebo souřadnice rychlosti, což vzhledem k nabízeným distraktorům nevádí).

Jak je z heat map patrné, žáci ze skupiny 1 fixovali poměrně rovnoměrně celou oblast původního grafu, naproti tomu žáci skupiny 2 neustále fixovali pouze oblast počátku. Podobný výsledek, kdy žáci s horším výkonem nevěnují pozornost celé křivce grafu, uvádí i [10]. Tento přístup může ukazovat na typickou miskoncepci vnímání grafu jako obrázku ve srovnání s přístupem žáků s lepšími výsledky, kteří jsou schopni separovat a posléze interpretovat jednotlivé části křivky grafu.

V případě již zmíněných úloh určení okamžité rychlosti žáci ať už ze skupiny 1 či 3 fixovali pohledem křivku grafu podél intervalu s konstantní směrnici, který jim pomohl určit rychlost v daném čase. Velmi zřetelná byla tato fixace zejména v případě intervalu, kde měla křivka zápornou směrnici (viz obrázky v posledním řádku tab. 3). Žáci ze skupiny 2 a 4 vykázali typickou miskoncepci, kdy pro výpočet požadované okamžité rychlosti odečetli pouze příslušející hodnotu dráhy, resp. souřadnice v daném čase. Tomu také odpovídají fixace pouze bodu křivky v požadovaném čase.

Závěr

Jak ukazují ilustrace v článku, metodu oční kamery je možné využít i pro výzkumné účely v didaktice fyziky, například při potřebě získat hlubší vhléd do procesů řešení úloh žáky. Jak naznačuje prezentovaná analýza, žáci, kteří vyřešili celý test nejlépe, mohou k řešení konkrétních úloh přistupovat jinak, než ukazují souhrnné výsledky pro všechny žáky, kteří konkrétní úlohu vyřešili správně. Dle očekávání rozdíl v prohlížení úlohy při jejím řešení vykazují studenti, kteří řešili celý test nejlépe oproti studentům, kteří řešili celý test nejhůře. Kromě teoretických výzkumů mohou být tyto heat mapy využity jako podklady pro výuku, která by byla zaměřena na diskuzi žákovské strategie při řešení úloh. Další možností využití v učitelské praxi je tvorba řešených úloh formou „apletů“, které budou obsahovat percepčně výrazné nápovědy odvádějící pozornost od míst, která typicky fixují žáci s nejhůřšími výsledky v testu a naopak přivádějí pozornost ke klíčovým informacím, které je třeba pro správné řešení úlohy vyhledat.

Skupina 3: vyřešili úlohu 4 správně	Skupina 4: vyřešili úlohu 4 nesprávně
<p>Náhodný graf znázorňuje souřadnice pohybu automobilu jako funkci času. Jaká byla okamžitá rychlost automobilu na číselu 90, sekund?</p> <p>a) 20 m / 90 s = 0,22 m/s b) 20 m / 60 s = 0,33 m/s c) 90 m/s d) 90 s / 20 m = 4,5 m/s e) 20 m/s</p> 	<p>Náhodný graf znázorňuje souřadnice pohybu automobilu jako funkci času. Jaká byla okamžitá rychlost automobilu na číselu 90, sekund?</p> <p>a) 20 m / 90 s = 0,22 m/s b) 20 m / 60 s = 0,33 m/s c) 90 m/s d) 90 s / 20 m = 4,5 m/s e) 20 m/s</p> 
Skupina 3: vyřešili úlohu 6 správně	Skupina 4: vyřešili úlohu 6 nesprávně
<p>Okamžitá rychlost Měsíce na konci 3. sekundy je přibližně:</p> <p>a) - 5 m / 3 s = - 1,7 m/s b) - 7 m / 3 s = - 2,3 m/s c) - 10 m / 3 s = - 3,3 m/s d) 5 m/s e) 7 m/s</p> 	<p>Okamžitá rychlost Měsíce na konci 3. sekundy je přibližně:</p> <p>a) - 5 m / 3 s = - 1,7 m/s b) - 7 m / 3 s = - 2,3 m/s c) - 10 m / 3 s = - 3,3 m/s d) 5 m/s e) 7 m/s</p> 

Tab. 3 Heat mapy zobrazující distribuci počtu fixací na úlohu 4 a 6 souhrnně pro dvě skupiny studentů. Nejčteněji fixované místo/místa v rámci každé skupiny studentů je zbarveno červeně.

Literatura

- [1] Van Gog, T., Paas, F., Van Merriënboer, J.: Uncovering Expertise-Related Differences in Troubleshooting Performance: Combining Eye Movement and Concurrent Verbal Protocol Data. *Applied Cognitive Psychology*, 19 (2005), 205–221.
- [2] Smith, A., Mestre, J., Ross, B.: Eye-gaze patterns as students study worked-out examples in mechanics. *Physical Review Special Topics – PER*, 6 (2010), DOI 10.1103/PhysRevSTPER.6.020118.
- [3] Madsen, A. M. et al.: Difference in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 8 (2012), DOI 10.1103/PhysRevSTPER.8.010122.
- [4] Lukavský, J.: Sledování očních pohybů. Bakalářská práce. MFF UK, Praha, 2005.

- [5] *Duchowski, A.*: Eye Tracking Methodology. Theory and Practice. 2nd edition, Springer, 2006.
- [6] *Gerace, W. J.*: Problem Solving and Conceptual Understanding. Proceedings PERC 2001. Dostupné z <http://umperg.physics.umass.edu/writings/online>.
- [7] *Rosengrant, D., Thomson, C., Mzoughi, T.*: Comparing Experts and Novices in Solving Electrical Circuit Problems with the Help of Eye-Tracking. Sabella, M. Henderson, C., Singh, C (eds.): Proceedings of the 2009 Physics Education Research Conference, American Institute of Physics, New York, Mellville, 2009, 249–252.
- [8] *Beichner, R., J.*: Testing student interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics, 62 (1994), 750–762.
- [9] *Trulíkova, B.*: Miskoncepce žáků a studentů při interpretaci kinematických grafů. Bakalářská práce. Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha, 2010.
- [10] *Kozhevnikov, M., Motes, M., Hegarthy, M.*: Spatial Visualization in Physics Problem Solving. Cognitive Science, 31 (2007), 549–579.

PRÆMIUM BOHEMIÆ 2014 za medaile na olympiádách

BOHUMIL VYBÍRAL

Univerzita Hradec Králové



Již po čtrnácté se dne 4. prosince 2014 na státním zámku Sychrov udělovaly nadační ceny PRÆMIUM BOHEMIÆ. Tohoto dne se laureáty nadačních cen stali studenti, medailisté ze světových středoškolských přírodovědných olympiád, konaných v roce 2014. Ceny od roku 2001 uděluje *Nadace Bohuslava Jana Horáčka Českému ráji* v den výročí narození svého zřizovatele mecenáše Bohuslava Jana Horáčka. Oceněno bylo 20 medailistů a medailistek (17 chlapců a 3 dívky), kteří na mezinárodních (de facto světových) olympiádách ve fyzice, chemii, biologii, matematice, informatice a astronomii s astrofyzikou získali v roce 2014 celkem 21 medailí,