

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

KONCEPTUÁLNÍ TESTY VE VÝUCE FYZIKY
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kristýna Bernklauová
Přírodovědná studia

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Kohout, Ph.D.

Plzeň 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 29. dubna 2019

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Tato práce by nevznikla bez trpělivosti, času, cenných informací, ochoty, podpory a podmětných připomínek Mgr. Jiřího Kohouta, Ph.D., kterému tímto děkuji.

Dále děkuji své rodině za podporu po celou dobu studia.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	KONCEPTY, PREKONCEPTY A KONCEPTUÁLNÍ FYZIKA.....	3
2.1	KONCEPT, PREKONCEPT A POJEM.....	3
2.2	PŘÍČINY A SOUVISLOSTI VZNIKU KONCEPTUÁLNÍ FYZIKY.....	3
2.3	MOŽNOSTI HIERARCHIZACE KONCEPTŮ VE FYZICE	4
3	PREKONCEPCE A MISKONCEPCE VE VÝUCE FYZIKY A MOŽNOSTI JEJICH ŘEŠENÍ.....	5
3.1	PŘÍKLADY JEDNOTLIVÝCH MISKONCEPCÍ VE VÝUCE FYZIKY.....	6
4	KONCEPTUÁLNÍ TESTY VE FYZICE.....	8
4.1	CO JE KONCEPTUÁLNÍ TEST?	8
4.2	ONE-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY.....	8
4.2.1	Příklady některých one-tier multiple-choice tests ve fyzice.....	10
4.3	TWO-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY.....	11
4.3.1	Příklady některých two-tier multiple-choice tests ve fyzice	12
4.4	THREE-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY	12
4.4.1	Příklady některých Three-tier multiple-choice tests ve fyzice	13
4.5	FOUR-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY	13
4.5.1	Příklady některých Four-tier multiple-choice tests ve fyzice.....	14
4.6	KONCEPTUÁLNÍ TESTY V ČR.....	14
4.6.1	FCI test.....	14
4.6.2	TUG-K test.....	15
4.6.3	CTCE test.....	16
4.6.4	KTEM test.....	16
5	METODA PEER INSTRUCTION.....	18
6	CÍL A FORMA PRŮZKUMU.....	20
7	METODIKA PRŮZKUMU, SOUBOR RESPONDENTŮ	21
8	VÝSLEDKY PRŮZKUMU	23
9	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	35
10	ZÁVĚR.....	37
	RESUMÉ.....	38
	SEZNAM LITERATURY.....	39
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ	42
	PŘÍLOHY	I

1 ÚVOD

Myslím si, že v dnešní době není populární přírodovědecké studium, tedy ani matematika či fyzika. Často se už na základních školách setkáváme s tím, že právě matematika a fyzika nepatří mezi oblíbené předměty. Řada studentů/žáků je schopna se naučit jednotlivé poučky nazpaměť a poté, když se zeptáte na vysvětlení, tak nejsou schopni poučku správně vysvětlit. Mám zkušenosti s tím, že hodně lidí přistupuje k fyzice jako k nepříteli. Domnívám se, že je to z toho důvodu, že dané problematice nerozumí. A to má za následek to, že se studenti/žáci neradi tento předmět učí.

Konceptuální fyzika může pomoci k lepšímu pochopení daného problému a omezení formálních matematických výpočtů. Myslím si, že právě konceptuální fyzika je důležitá pro didaktiku fyziky. Svoji práci jsem proto zaměřila právě na konceptuální fyziku od jejího vzniku až po rozvoj různých testovacích metod jako jsou konceptuální testy a s nimi úzce související metoda Peer instruction. Zmiňuji zde i problematiku prekonceptů a miskonceptů, jejichž efektivní překonání je hlavním cílem konceptuální fyziky.

V České republice už bylo realizováno větší množství výzkumů spojených s konceptuálními testy. Ve své praktické části jsem se zaměřila na průzkum žáků na středních školách, kterým jsem zadávala pilotní verzi jednoho z (v českém prostředí dosud neřešených) vícekrokových konceptuálních testů. Následně jsem výsledky žáků vyhodnotila a zpracovala.

2 KONCEPTY, PREKONCEPTY A KONCEPTUÁLNÍ FYZIKA

Pojmem konceptuální fyzika rozumíme fyziku, kde je kladen důraz na pochopení problematiky nikoliv na doslovné naučení. Konceptuální fyzika se snaží především v prvních letech studia omezit formální matematické výpočty a soustředit se na fyzikální podstatu věci (Kohout et al., 2018).

2.1 KONCEPT, PREKONCEPT A POJEM

Ve výuce fyziky, stejně jako v obecné didaktice a pedagogice, nemůžeme chápat koncept jako ekvivalent pojmu, jak by se mohlo zdát na základě překladu z anglického jazyka (slovo *concept* odpovídá pojmu i konceptu). Když budeme překládat *conceptual map* do češtiny, častěji se setkáme s překladem „pojmová mapa“ než „konceptuální mapa“. Je vidět, že v některých případech je uvedený překlad správný a pochopitelný. Když však přeložíme termín *conceptual physics*, vždy se setkáme s tím, že hovoříme o konceptuální fyzice. Nikdy se nebavíme o pojmové fyzice. Tento překlad není možný z důvodu toho, že bezpojmová fyzika není reálná (Kohout et al., 2018).

„Koncept v rámci metodiky chápeme nejenom jako pojem v lingvistickém pojetí, ale především s ohledem na dynamiku jeho socio-kulturního utváření v procesu společenských činností a komunikace a na jeho individuální vývoj reprezentovaný pojmem prekoncept“ (Slavík et al., 2017)

2.2 PŘÍČINY A SOUVISLOSTI VZNIKU KONCEPTUÁLNÍ FYZIKY

Před více než čtyřiceti lety Paul G. Hewitt přišel na konceptuální přístup k výuce fyziky a vydal knihu s názvem *Conceptual physics*, jež už má za sebou několik revidovaných vydání ve Spojených státech a rovněž překlady do řady evropských jazyků. Paul G. Hewitt byl bývalý boxer, prospektor a autor komiksů. Prostřednictvím této knihy se snaží o přístup, který omezuje formální matematické výpočty a klade důraz na fyzikální koncepty (Kohout et al., 2018).

K ověřování toho, jak studenti zvládají konceptuální fyziku, vznikaly postupně tzv. konceptuální testy, jimiž se budeme v této práci detailně zabývat. První konceptuální test byl tzv. Force Concept Inventory (FCI), tedy test zaměřený na porozumění síle. Pochází z roku 1992 a byl určený pro studenty vysokých škol. Následovala celá řada dalších testů. Vedle testů vznikla i neméně významná teorie

konceptuální změny, vznikaly konceptuální komiksy (v češtině uváděny jako bublinové úlohy), jež nacházely praktické uplatnění ve výuce (Kohout et al., 2018).

2.3 MOŽNOSTI HIERARCHIZACE KONCEPTŮ VE FYZICE

V didaktice fyziky dosud nebyl kladen důraz na hierarchizaci konceptů. Je přitom přirozené, že některé koncepty hrají v edukačním procesu významnější roli než jiné a jejich nesprávné uchopení má dalekosáhlejší dopady. Nezvládnutí Newtonových zákonů má například z hlediska dalších návazností ve fyzice jako celku závažnější dopady než to, když žák nepochopí přesně rozdíl mezi magneticky měkkými a tvrdými materiály. Hierarchizace vychází z obecného rámce pro přírodovědné obory diskutované ve studii Mentlíka et al. (2018), dále jej však rozvíjí a upravuje pro potřeby fyziky. V prvním přiblížení je tak možné uvést následující hierarchizaci:

Klíčové koncepty jsou základní pro přírodovědné obory. Výzkumy, které se provádějí, označují tyto koncepty jako průřezové. Jsou definovány následující koncepty, které spadají do této kategorie: tvar, velikost, mechanismus a vysvětlení, systém a model systému, příčina a následek, struktura a funkce, hmota a energie, stabilita a změna. Je možné do této kategorie zařadit i koncepty týkající se geometrie a prostoru (Kohout et al., 2018).

Substantivní koncepty jsou obsahové složky oboru, které jsou kotveny v objektivní realitě. Ve fyzice substantivním konceptům odpovídají fyzikální veličiny (Kohout et al., 2018).

Organizační koncepty jsou vztahy mezi klíčovými a substantivními koncepty. Ve fyzice označujeme organizační koncepty fyzikální zákony nebo obecně vztahy mezi veličinami. Příkladem můžou být Newtonovy zákony (Kohout et al., 2018).

Aplikační koncepty - můžeme se domnívat, že mnohdy není problém ani tak ve fyzikální veličině nebo zákonu, ale ve správné aplikaci na konkrétní případ (Kohout et al., 2018).

3 PREKONCEPCE A MISKONCEPCE VE VÝUCE FYZIKY A MOŽNOSTI JEJICH ŘEŠENÍ

Dítě vnímá okolní svět svými smysly, vytváří si představy o různých jevech, hraje si s různými předměty. Vytváří si různé pohledy na okolní svět a podle vzájemných interakcí je spojuje do celků. Představy a interpretace, které si člověk vytváří během života, jsou označovány jako prekoncepce¹. Prekoncepce člověk získává v raném, školním i dospělém věku. Žák/student přináší do školy své získané zkušenosti o okolním světě na základě pozorování a zkoumání, která prováděl od svého narození. Ve výuce se tyto zkušenosti odráží ve formě postojů, návyků a vědomostí. V češtině není tato terminologie pojmu ucelená a totéž platí i v zahraniční literatuře, kde se setkáme s mnoha různými názvy (Mandíková a Trna, 2011).

Odolnost a trvalost prekonceptů je velmi vysoká. Většinou trvají i přes různé přeškolení, jak na základních, tak i na středních školách. Jsou totiž pevně vázány k různým situacím a jevům z běžného života. Vůbec nezáleží z jakého typu škol studenti/žáci jsou, prekoncepce jsou podobné. Je zajímavé, že některé prekoncepce jsou skoro totožné s poznatky, které se objevily ve fyzice v rámci jejího historického vývoje². Je zřejmé, že prekoncepce svědčí o přirozeném poznávání světa lidským okem. Jako učitelé bychom neměli odsuzovat prekoncepce studentů/žáků, které si přinesou do školy. Prekoncepce trvají dlouhou dobu a jsou odolné vůči změnám, což je pravděpodobně dáno tím, že prekoncepce jsou spjaté s individuálním přístupem (Mandíková a Trna, 2011).

Miskoncepce jsou často definovány jako chybné prekoncepce studenta/žáka (Mandíková a Trna, 2011). Jsou známé časté miskoncepce na jednotlivá témata z oboru fyziky. Různými druhy miskonceptů ve fyzice se u nás zabývali autoři Dana Mandíková a Josef Trna ve své publikaci Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky.

¹ V didaktice fyziky se častěji používá pojem prekoncepce, zatímco v obecné didaktice pojem prekoncept uvedený v kapitole 2.1. Oba výrazy je však třeba chápat jako ekvivalentní.

² Klasickým příkladem je problematika Newtonových zákonů, kde žáci velmi často předpokládají v souladu s pohledem Aristotela, že k udržení pohybu je třeba síla. Bez překonání této chybné úvahy však nemají šanci porozumět dobře klasické (Newtonovské) mechanice.

Pokud učitel odhalí u svých studentů/žáků některé miskoncepce, může se je snažit odstranit díky lepšímu výkladu dané problematiky. U některých studentů/žáků trvají miskoncepce i do období dospívání či úplné dospělosti.

K odhalování miskoncepce můžeme využít písemné testy, u kterých je výhodou časová nenáročnost. Další, co můžeme využít, jsou rozhovory, které často zjišťují daný problém do hloubky, avšak zaberou větší množství času než testy a jsou náročnější z hlediska interpretace³. Můžeme provádět rozhovory o dané problematice, ale také o konkrétních příkladech či jevech, nebo nechat dítě, aby daný příklad spočítalo nahlas (Mandíková a Trna, 2011).

3.1 PŘÍKLADY JEDNOTLIVÝCH Miskoncepce VE VÝUCE FYZIKY

Jako první bych chtěla uvést miskoncepce v oblasti mechaniky. Často se miskoncepce týkají veličin rychlost a zrychlení. Rychlost je brána jen jako velikost, ale už není zohledněn její vektorový charakter. Studenti/žáci nerozlišují pojem okamžitá a průměrná rychlost. Zrychlení je chápáno jen jako snižování (zvyšování) rychlosti, opět je ignorován vektorový charakter a souvislost se změnou směru rychlosti⁴. Dále existence klidu a pohybu, kde jde o úplně dva odlišné jevy a užívání vztažných soustav. Miskoncepce jsou časté u pohybu po kružnici, vztahu pohybu a síly apod. Již výše byl uveden příklad miskoncepce u zákona setrvačnosti. I v oblasti gravitace a astronomie se setkáváme s miskoncepce. Například gravitace dle žáků souvisí s rotací Země nebo se zemským magnetismem, gravitace je vázaná na vzduch. Gravitace není považována za sílu, pouze může za to, že věci padají k zemi. Čím vyšší objekt, tím na něj působí větší gravitace. Další miskoncepce, kterou uvedu, se objevuje nejenom u dětí, ale i většiny dospělých. Je to úvaha, že čím je těžší těleso, tím padá rychleji dolů. Detailně se problematikou nekoncepcí a miskoncepce v oblasti gravitačního působení zabývá Hejnová (2017). V oblasti termiky děti často zaměňují pojmy teplo a teplota⁵, teplotu označují jako vnitřní energii částic a další. V oblasti

³ To je ostatně klasický rozdíl mezi kvalitativním a kvantitativním výzkumem.

⁴ Klasickým příkladem je otázka, zda máme zrychlení, když se točíme na kolotoči stále stejnou úhlovou rychlostí. Velmi vysoké procento žáků odpoví, že nikoliv, protože si neuvědomí, že se mění směr rychlosti (ačkoliv velikost zůstává stejná). Nepochopení konceptu dostředivého zrychlení pak představuje zásadní problém v celé mechanice a i v dalších pasážích fyziky.

⁵ To se týká obecně mezi stavovými a dějovými veličinami.

elektřiny a magnetismu se často setkáváme s tím, že žárovka spotřebovává úplně nebo částečně elektrický proud. Elektrický proud a napětí existují pouze společně a další (Mandíková a Trna, 2011).

Jako poslední se chci zaměřit na miskoncepce vznikající v optice, jelikož test, který jsem zadávala a vyhodnotila je právě z této oblasti. Musím uvést jednu miskoncepti, která se ve vyhodnocení potvrdila a to, že k tomu abychom se viděli v zrcadle celí, musíme jít dále od zrcadla. Ekvivalentně musíme mít stejně velké zrcadlo, jako jsme my (Mandíková a Trna, 2011).

4 KONCEPTUÁLNÍ TESTY VE FYZICE

Konceptuální testy vznikly z důvodu odhalení miskoncepcí u studentů/žáků a jsou určeny primárně pro přírodovědné obory. V této kapitole se budu zabývat jednotlivými typy testů, které doposud byly vytvořeny.

4.1 CO JE KONCEPTUÁLNÍ TEST?

Konceptuální test diagnostikuje miskoncepce žáků/studentů. Díky tomu se může učitel ve výuce na dané téma zaměřit tak, aby užitím vhodných výukových metod přiměl žáky svůj postoj k danému konceptu změnit. Testy obsahují různé množství typicky kvalitativních⁶ otázek na dané téma a studenti/žáci mají na výběr z několika (nejčastěji pěti) odpovědí. Zaměřují se na porozumění dané problematice, nikoliv na mechanické naučení. Pro učitele jsou testy snadno zadavatelné a umožňují, aby efektivně posoudili pochopení daného problému studenty.

Nejsou časově náročné, u většiny testů se doporučuje zkušební čas okolo třiceti minut a lze je (případně jejich části) použít na základní škole, střední škole i vysoké škole. První konceptuální testy se objevily kolem roku 1991. Testy se vyvíjejí dlouho a jsou podloženy vědeckým výzkumem. Jsou vhodné pro použití většího množství studentů. Podle komplexnosti a počtu kroků můžeme rozdělit konceptuální testy na celkem čtyři kategorie (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015), jimiž se budu dále zabývat.

4.2 ONE-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY

Před konceptuálními testy sloužily k odhalení miskoncepcí rozhovory a tzv. *open-ended tests*. Rozhovory jsou velmi dobré při zjišťování informací do hloubky, ale jsou velmi časově náročné pro větší skupinu lidí. Navíc nejsou objektivní, může totiž dojít k zaujatosti tazatele. *Open-ended tests* se obtížně hodnotí, navíc studenti/žáci nejsou mnohdy ochotni psát souvislé věty. *One-tier multiple-choice tests*⁷ vznikly

⁶ To je v souladu se samotnou podstatou konceptuální fyziky, která klade důraz na kvalitní pochopení dané problematiky.

⁷ Do češtiny bychom přeložili jako jednokrokové testy s nabídkou možných odpovědí, používat však budeme anglické vyjádření. Jednokrokovost zde spočívá v tom, že u každé otázky je nabídka odpovědí,

právě z důvodu nevýhod rozhovorů a *open-ended testů*. Tyto testy měly přinést učitelům výsledky mylných představ studentů/žáků. Když učitelé vyhodnotí testy a zjistí některé mylné představy studentů/žáků, mohou pracovat na nápravě mylných představ (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015).

Výhody uvedeného typu testů lze shrnout následovně (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015):

- umožňují použití na širokou škálu témat (např. z oblasti kinematiky, magnetismu, optiky a dalších kurzů fyziky);
- jsou univerzální a mohou být užity k různým úrovním učení a skupinovým dovednostem;
- jsou objektivní;
- jsou snadno a rychle administrovatelné a zpracovatelné;
- jsou vhodné pro studenty, kteří rozumí danému problému, ale neumí psát dlouhý souvislý text;
- poskytují cenné informace a jsou dobrými alternativy k rozhovorům a testům a *open-ended tests*.

Uvedené testy však mají i určité nevýhody, k nimž patří především následující (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015):

- někteří studenti tipují správnost otázek, což přispívá k rozptylu chyb a snižování spolehlivosti testu;
- není patrné, jakým způsobem se student k dané odpovědi dopracoval a je klidně možné, že odpověděl správně na základě fyzikálně zcela nesprávné úvahy;
- studenti jsou nuceni zvolit si odpověď z velmi omezeného seznamu možností;
- je velmi obtížné pokládat otázky s vhodně zvolenými distraktory.

Významnou nevýhodou *one-tier multiple-choice testu* je právě to, že studenti/žáci zakroužkují správnou odpověď, ale poté už nevíme, jestli znají správné fyzikální odůvodnění. Učitelé tudíž mnohdy nevědí, zda studenti/žáci rozumí dané

z nichž s student vybere právě jednu. Následně jde na další otázku bez toho, aby se zabýval například mírou jistoty své odpovědi nebo fyzikálním odůvodněním.

problematice, nebo jen tipovali odpovědi. Existují sice statistické nástroje umožňující například na základě korelací mezi jednotlivými položkami testu a celkové úspěšnosti rámcově odhadnout, kolik procent správných odpovědí je výsledkem tipu, pro běžného uživatele je však užití těchto technik nereálné. Právě kvůli výše uvedeným nevýhodám vznikly další typy *multiple-choice tests*, jimiž se budeme věnovat dále. Nyní se však zaměříme na některé příklady uvedeného typu testů.

4.2.1 PŘÍKLADY NĚKTERÝCH ONE-TIER MULTIPLE-CHOICE TESTS VE FYZICE

One-tier multiple-choice tests je velké množství. Zabývají se různými odvětvími fyziky. Najdeme testy zaměřené na mechaniku, elektřinu, magnetismus, optiku a další.

Vůbec první takto pojatý test, který se soustředil na konceptuální pochopení základů newtonovské fyziky, byl test Force Concept Inventory označovaný jako FCI test. Někomu se může zdát, že otázky zadávané v testech jsou triviální a neodhalí žádnou miskoncepci. Všichni učitelé, kteří tento typ testu zadali svým studentům/žákům, zjistili, jak špatně studenti/žáci chápou pojetí newtonovské fyziky. Test je jedním z nejpoužívanějších, obsahuje třicet kvalitativních otázek, na každou otázku je na výběr z pěti odpovědí (Hestenes, Wells a Swackhamer, 1992). Právě tento test stál u zrodu metody Peer Instruction, již se budeme zabývat dále.

Další test, který řadíme mezi první konceptuální testy, byl Mechanic Baseline Test. Zabývá se pochopením mechaniky, té nejzákladnější, probírané v úvodních kurzech fyziky. (Hestenes a Wells, 1992).

V roce 1993 vyšel další z konceptuálních testů, tzv. Electric Circuits Conceptual Evaluation. Jedná se o test, který se zabývá porozuměním problematice elektrických obvodů (Sokoloff, 1993).

V základním kurzu mechaniky na středních i vysokých školách je oblíbený konceptuální test k porozumění kinematických grafů *Test of Understanding Graphs in Kinematic*. Tento test obsahuje celkem 21 pomocí grafů zadaných otázek s možností výběrů z pěti možností. Zabývá se porozuměním kinematických grafů, které jsou pro řadu studentů/žáků problematické k pochopení (Beichner, 1994).

Conceptual Survey in Electricity and Magnetism byl publikován v roce 2001. Je často používaným testem při kurzech elektřiny a magnetismu (Maloney, O’Kuma, Heiggelke a Van Heuvelen 2001). S tématem elektřiny a magnetismu se setkáme

i u dalšího konceptuálního testu *Brief Electricity and Magnetism Assessment Tool* (Ding, Chabay, Sherwood a Beichner, 2006).

Na závěr této části uvedme příklad otázky a nabízených odpovědí z testu FCI (Hestenes, Wells a Swackhamer, 1992).

Otázka: Dvě stejně velké kovové kuličky jsou puštěny z vrcholu budovy ve stejném okamžiku. Jedna kulička váží dvakrát více než ta druhá. Která z těchto kuliček dopadne dříve na zem?

- A) Těžší kovová kulička dopadne o polovinu času dříve než ta lehčí.
- B) Lehčí kovová kulička dopadne o polovinu času dříve než ta těžší.
- C) Obě dvě dopadnou ve stejný čas.
- D) Těžší kovová kulička dopadne dříve na zem.
- E) Lehčí kovová kulička dopadne dříve na zem.

4.3 TWO-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY

I když jsou *one-tier multi-choice tests* tak populární a používají se na řadě škol k testování studentů/žáků, mají mnoho nedostatků, jak bylo uvedeno výše. A proto se objevuje nový typ testu, který se označuje jako *two-tier multiple-choice*. Narozdíl od *one-tier multiple-choice tests* u tohoto konceptuálního testu přibylo zdůvodnění dané odpovědi na otázku. Student zvolí správnou odpověď z několika možností výběru a musí (opět z několika nabízených možností) vybrat zdůvodnění, proč takto odpověděl. Pro učitele je to velký přínos, protože má lepší šanci zjistit, zda student/žák chápe fyzikální podstatu. Za správnou odpověď studentů/žáků v testu je považována nejen správná odpověď na danou otázku, ale také správné zdůvodnění odpovědi (Gurel, Eryılmaz a McDermott, 2015).

I tento typ testů má však svoje nedostatky. Studii, která kritizovala *two-tier multiple-choice tests*, provedli Griffard a Wandersee (2001) v oboru biologie. Závěry studie vyvolaly obavy, zda tento typ testu může skutečně validně diagnostikovat případnou miskoncepci. Není totiž vždy jisté, že chyby studentů vyplývají přímo z neznalosti daného problému, příčinou může být například to, že student by zdůvodnění zformuloval správným způsobem, které v omezené nabídce možných zdůvodnění nenašel. V důsledku toho označil nesprávnou odpověď, ačkoliv podstatě

věci vlastně rozuměl. Tyto problémy odhalily i další provedené studie, a proto vznikly další typy *multiple-choice tests*, které tyto nedostatky měly do určité míry omezit (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015).

4.3.1 PŘÍKLADY NĚKTERÝCH TWO-TIER MULTIPLE-CHOICE TESTS VE FYZICE

Uvedených testů je především v oblasti biologie a chemie poměrně značné množství. Zde se omezíme pouze na nejvýznamnější tyto testy patřící do fyziky. Nejstarším konceptuálním testem tohoto typu v oblasti fyziky⁸ je *Student Understanding of Light and Its Properties* (Fetherstonhaugh a Treagust, 1992). Dalším z testů tohoto typu byl *The Test of Image Formation by Optical Reflection*, nazýván také jako TIFOR, který byl publikován v roce 2002. Tento test se zabýval vznikem obrazu na základě odrazu světla, což je klasická náplň základních kurzů optiky. (Chen, Lin a Lin, 2002).

Další test, publikovaný v roce 2009, byl *Light Propagation Diagnostic Instrument*, známý taky jako LPDI. Tento test je opět zaměřený na koncepty spadající do oblasti geometrické optiky (Chu, Treagust a Chandrasegaran, 2009).

4.4 THREE-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY

Omezení, která byla typická pro two-tier multiple-choice tests, měla být do určité míry kompenzována pomocí three-tier multiple-choice tests. Struktura testu byla podobná jako u předchozího. Opět byla studentům/žákům položena otázka, na kterou museli vybrat z několika možností správnou odpověď, a k této otázce bylo nutné přidat na základě výběru z několika možností fyzikální zdůvodnění. Novinkou pro *three-tier multiple-choice test* je požadavek na uvedení toho, jak moc jsou si jisti v odpovědi na původní otázku (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015).

Za správnou odpověď se přitom považovalo, pokud odpověď na otázku byla správně, stejně jako zdůvodnění a míra jistoty musela být dostatečně vysoká. Naopak za zásadně špatnou odpověď na otázku ukazující na vysokou úroveň miskonceptí bylo uvažováno, když odpověď na otázku byla špatně, zdůvodnění také, ale míra jistoty byla přesto vysoká. Uvedený typ testů je vzhledem ke své konstrukci pokládán za přesnější z hlediska zjištění miskonceptí u studentů/žáků, a to právě díky uváděné

⁸ V biologii vznikly testy tohoto typu již na konci 80. let 20. století.

míře jistoty odpovědi. Umožňuje totiž odfiltrovat odpovědi, které vznikly čistým tipováním bez jakékoliv znalosti dané problematiky (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015).

4.4.1 PŘÍKLADY NĚKTERÝCH THREE-TIER MULTIPLE-CHOICE TESTS VE FYZICE

Těchto typů testů je již daleko méně, než výše popsaných *two-tier multiple-choice tests* a *one-tier multi-choice tests*. Vyskytují se přitom především ve fyzice, v dalších přírodovědných disciplínách jsou zcela výjimečné. Nejstarším testem tohoto typu byl ve fyzice test publikovaný v roce 2007 tzv. *Gravity Concept Test* (Kaltakci a Didis, 2007).

Dalšími testy byly:

- Three Tier Heat and Temperature Test (Eryilmaz, 2010);
- Simple Electric Circuit Diagnostic Test (Peşman a Eryilmaz, 2010);
- The Wave Diagnostic Instrument (Caleon a Subramaniam, 2010);
- Three Tier Circular Motion Test (Kızılcık a Güneş, 2011);
- Electricity Concept Test (Aykutlu a Şen, 2012).

4.5 FOUR-TIER KONCEPTUÁLNÍ TESTY

I když *three-tier multiple-choice tests* byly považovány za velmi dobré pro odhalení miskoncepcí u studentů, přece jen jim chyběla míra jistoty zdůvodnění, která může být pro komplexní pochopení toho, jak žák dospěl ke svým odpovědím, relevantní. Tento nedostatek byl překonán pomocí *four-tier multiple-choice tests*, u kterých právě přibyla míra jistoty zdůvodnění. Přestože se zdá, *four-tier multiple-choice tests* odstraňují mnoho problémů spojených s výše uvedenými testy, objevují se některá další omezení, jako je větší časová náročnost na administraci a vyhodnocení ve srovnání s předchozími testy. Ve srovnání s rozhovory nebo *open-ended tests* však stále potřebujeme podstatně méně času a můžeme testovat více studentů zároveň. (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015).

4.5.1 PŘÍKLADY NĚKTERÝCH FOUR-TIER MULTIPLE-CHOICE TESTS VE FYZICE

Těchto typů testů je velmi malé množství. První vznikl teprve před osmi lety, na rozdíl od prvního z *one-tier multiple-choice tests*, který vznikl přibližně před dvaceti pěti lety.

Existují pouze dva testy (Gurel, Eryilmaz a McDermott, 2015):

- Four Tier Wave Diagnostic Instrument (Caleon a Subramaniam, 2010);
- Four Tier Geometrical Optics Test (Gurel, 2012).

Druhým z uvedených nástrojů se budeme zabývat v praktické části této práce.

4.6 KONCEPTUÁLNÍ TESTY V ČR

V České republice byly dosud realizovány výzkumy pouze vybraných *one-tier multiple-choice testů*, víceřadovým testům dosud nebyla věnována žádná pozornost. Většinou byly použity testy, které jsou populární i ve světě. Uvedenou problematikou se přitom u nás zabývá především Katedra didaktiky fyzika MFF UK. V následující odstavcích stručně představím české verze testů a výzkumy s jejich pomocí realizované.

4.6.1 FCI TEST

V roce 2009 se Dita Čížková zabývala ve své diplomové práci problematikou prekonceptí studentů o síle a pohybu. V první části své práce se zaměřila na zadání jednoduchých úloh o pohybu a zajímalo ji, zda studenti/žáci, kteří tyto informace měli získat během kurzu mechaniky, je umí aplikovat v základních konceptuálních otázkách. Test, který obsahoval šest úloh, zadávala na vysoké škole a na střední škole. Výsledky srovnávala zvláště na škole střední a zvláště na vysoké škole.

Bylo zjištěno, že přestože problematika prekonceptí je již delší dobu známá, stále se nedaří, zejména na středních školách, vyrovnávat se s nesprávnými představami studentů (Čížková, 2009).

V další části se zabývala právě FCI testem, jako validovaným nástrojem zjišťujícím prekoncepte u studentů v oblasti síly a pohybu. Test byl přeložen do češtiny a k pilotnímu ověření předložen studentům středních a vysokých škol. Byl

rovněž realizován přehled zahraniční literatury týkající se této problematiky. Cílem vlastního výzkumu bylo zjistit, zda studenti, kteří byli součástí výzkumu, rozumí dané problematice síly a pohybu. Následně zjistit případné miskoncepce u studentů. První testy zadávala před absolvováním kurzu na vysoké škole, druhé testy zadávala po absolvování kurzu tak, aby zjistila, zda došlo ke zlepšení, nebo nikoliv. V závěru bylo zjištěno, že ve srovnání testu před absolvováním kurzu a testu po absolvování došlo ke zlepšení úspěšnosti v řešení testu, mnohé nesprávné prekoncepce však přetrvávaly i po absolvování kurzu (Čížková, 2009).

4.6.2 TUG-K TEST

Další, kdo provedl výzkum pomocí konceptuálních testů, byla Blanka Truhliková ve své bakalářské práci Miskoncepce žáků a studentů při interpretaci kinematických grafů.

Cílem tohoto výzkumu bylo pomocí konceptuálního testu zjišťovat grafickou gramotnost u studentů. Test byl zadán nejen žákům ze střední školy, ale také studentům prvních ročníků na vysoké škole. K tomuto účelu byl přeložený z anglického jazyka konceptuální test: Test of Understanding Graphs in Kinematic (TUG-K). Tento test zkoumá porozumění kinematickým grafům (Truhliková, 2010).

Test byl v originální stejně jako v české verzi složen z dvaceti jedna otázek. Každá otázka je graficky znázorněna, přičemž kinematické veličiny u těchto grafů jsou různé (např. grafy závislosti rychlosti na čase, zrychlení na čase, dráhy na čase a souřadnice polohového vektoru pohybujícího se tělesa na čase). Test je stejně jako všechny konceptuální testy uzavřený, studenti vybírají právě jednu odpověď z pěti možností (Truhliková, 2010).

Výsledkem výzkumu bylo zjištění, že studenti vysoké školy odpovídali častěji pravdivě než studenti středních škol. Hlavním cílem výzkumu bylo odhalení miskonceptů. K těmto miskonceptům došlo hned v několika úlohách (Truhliková, 2010), přičemž největší problémy dělaly úkoly týkající se určení změny rychlosti z grafu závislosti zrychlení na čase. Tuto změnu je možné odečíst jako obsah plochy pod křivkou, což je stejný princip jako u určení uražené dráhy z grafu závislosti rychlosti na čase. Přejít mezi zrychlením a rychlostí je však pro studenty hůře uchopitelný než přechod mezi rychlostí a dráhou.

4.6.3 CTCE TEST

V roce 2016 prováděl dalším výzkum pomocí konceptuálního testu Petr Kácovský ve své dizertační práci Experimenty podporující výuky termodynamiky na středoškolské úrovni.

Cílem výzkumu bylo odhalit miskoncepce studentů v termodynamice na středoškolské úrovni. K tomuto výzkumu byl použit konceptuální test *Thermal Concept Evaluation*, který byl v originále vyvinut v roce 2001. Test se skládá z dvaceti šesti otázek s výběrem právě jedné správné odpovědi z celkem pěti možností (Kácovský, 2016).

Testy byly zadávány na různých středních školách v České republice. Studentům byl zadáván pretest (test před probíráním odpovídající látky) i posttest (test, který se zadává po probrání látky). Hlavním úkolem výzkum bylo sice odhalit miskoncepce v termodynamice, součástí byl vedlejší výzkum, který se týkal propojení výkonů studentů/žáků v tomto testu s jejich postoji vůči fyzice (Kácovský, 2016).

Výsledky testů, které zadával Petr Kácovský, ukázaly nejdůležitější miskoncepce se vztahují ke změnám teplot a skupenských přeměn. Další miskoncepce, na kterou poukazuje, brání veličiny tepla jako o stavovou veličinu. Zde zmíněné miskoncepce se ukázaly velmi odolné vůči změnám. Posttest, který byl zadáván, nezjistil jejich zásadní ustoupení. Obecně, ale došlo ke zlepšení po zadání posttestu. (Kácovský, 2016).

4.6.4 KTEM TEST

V roce 2016 prováděla výzkum podle dalšího konceptuálního testu Věra Koudelková ve své disertační práci Elektřina a magnetismus vlastníma rukama a hlavou.

Cílem výzkumu bylo odhalení konkrétních miskonceptů v oblasti elektřiny a magnetismu a srovnat je s miskoncepty, které jsou známé ve světě. Test, který použila na průzkum, vycházel z testu CSEM. Test byl zadáván žákům na středních školách, konkrétně na víceletých a čtyřletých gymnáziích (Koudelková, 2016).

Test obsahoval 18 otázek, jež byly zaměřeny na různá odvětví elektřiny a magnetismu. Autorka zpracovala jednotlivé otázky a snažila se odhalit miskoncepce a porovnat je. Opět zadávala jak pretest, tak post test. V post testu došlo skoro ve všech třídách ke zlepšení. Výsledky srovnávala i se studenty MFF UK, kterým oba dva

testy také zadala. Úspěšnost studentů MFF UK byla v souladu s očekáváním ve většině otázek vyšší (Koudelková, 2016).

5 METODA PEER INSTRUCTION

Eric Mazur, fyzik a pedagog na Harvardu, zadal na začátku 90. let 20. století svým studentům výše popsaný test FCI a byl si téměř jistý, že studenti uspějí (navzdory tomu, že v té době již byly známy neslavné výsledky z některých jiných amerických univerzit. Jenže poté, co vyhodnotil tyto testy, byl nemile překvapen, jak často studenti odpovídali špatně na otázky. Týkající se fundamentálního pochopení základů mechaniky. V reakci na to usoudil, že je třeba výrazně změnit výukové metody a začal vytvářet novou metodu nazvanou přízračně Peer Instruction. Podstatou této metody je přimět komunikovat studenty/žáky nejen s učitelem, ale i mezi sebou navzájem. Metoda Peer Instruction je mnoha významnými didaktiky označována za revoluční výkladovou výuku fyziky na školách (Crouch, 2001).

Vychází z toho, že tradiční výuka nepřináší studentům/žákům skutečné porozumění dané problematice. Často tradiční výuka bývá založena pouze na monologu vyučujícího a nikoliv na dialogu vedeném se studenty/žáky. Každý může výklad učitele pochopit úplně jinak. Někdo výklad pochopí správně a někdo nikoliv. Jak víme už z předchozích kapitol studenti/žáci mají své prekoncepce o určité problematice, ať už získané během raného věku života nebo získané ve škole (Crouch, 2001).

V rámci metody Peer Instruction se lekce rozdělí do několika částí. V první fázi jsou studentům položeny úvodní otázky. Poté vyučující vyloží ucelenou, ale nepřiliš rozsáhlou část učiva, které v závěru shrne. Dále se studentům zadává jednoduchá konceptuální otázka (tzv. koncepttest), která je zaměřena na odhalení případných miskoncepí u studentů. Studenti mají na rozmyšlení správné odpovědi jednu až dvě minuty. Následně odpoví prostřednictvím hlasovacích zařízení, jež mají v lavicích. Také se dají použít k hlasování karty. Díky hlasovacím zařízením či kartám má učitel okamžitou zpětnou vazbu, vidí správné odpovědi na kartách, nebo se mu výsledky ze zařízení zobrazí v počítači. Po této části následuje nejefektivnější část. Studenti mezi sebou diskutují o tom, která z odpovědí je správná a proč⁹. Následně je studentům položena konceptuální otázka znovu, a většinou je vidět výrazné zlepšení v odpovědi. Pokud ale není větší počet správných odpovědí, než při prvním testování celý cyklus

⁹ Právě z této části je odvozen samotný název metody.

se opakuje znovu. Pokud došlo k zlepšení, učitel se studenty probere správné odpovědi. Celé testování trvá zhruba jen pět minut (Hanč, 2008).

Otázka, která se studentům pokládá, musí být dobře zformulována a jasně zaměřena na jeden koncept. Nesmí být příliš těžká ani lehká vzhledem k probíranému učivu. Také zvolené distraktory k dané otázce musí být adekvátní (Hanč, 2008). Ačkoliv efektivita uvedené metody byla demonstrována v naprosté většině empirických studií (Vickrey et al., 2015), její realizaci na školách v České republice je zatím spíše výjimečná¹⁰. Je to dáno technickou a někdy i časovou náročností i určitým konzervativismem značné části učitelů fyziky.

¹⁰ V české didaktice fyziky se uvedenou metodou dlouhodobě zabývá Mgr. Jana Šestáková (Končelová).

6 CÍL A FORMA PRŮZKUMU

Cílem průzkumu bylo prostřednictvím kvalitativních otázek z konceptuálního testu zjistit, zda žáci jsou schopni využít získané vědomosti ve škole. Dalším cílem bylo odhalit odpovídající miskoncepce u jednotlivých úloh a poté tyto miskoncepce srovnat s již známými z odborné literatury. Průzkum jsem prováděla formou písemného testu, na který měli žáci přibližně 30 minut. Test obsahoval čtyři vybrané úlohy z Four Tier Geometrical Optics Test (Kaltakçı, 2012). Vybrala jsem úlohy typově odlišné a přeložila je pro účel testování. Všechny otázky se týkají geometrické optiky. Vybírala jsem úlohy, které by měli být žáci schopni zvládnout „pouze“ díky důslednému využití poznatků z hodin optiky na základní škole.

Testy jsem zadávala na Masarykově gymnáziu studentům kvarty, kteří prošli kurzem optiky. Dále jsem test zadávala na Bezpečnostně právní akademii, tedy na odborné střední škole a to ve druhém a třetím ročníku. Druhý ročník zrovna procházel středoškolským kurzem optiky a třetí ročník už měl optiku probranou z předchozího roku. Testy jsem zadávala na přelomu března a dubna 2018.

Žáci se tedy setkali s optikou nejméně jednou, někteří i dvakrát. Na základních školách se optika obvykle probírá v sedmé třídě ¹¹ (resp. v odpovídajícím ročníku víceletého gymnázia) a na středních školách záleží výrazně na tom, o jaký konkrétně obor se jedná a jak je koncipovaný Školní vzdělávací program (ŠVP) dané střední školy.

Vybrala jsem si test Four-tier konceptuální test (tj. čtyřkrokový test) z toho důvodu, že nebyl v České republice zatím přeložen a použit pro testování.

Zadání testu:

Žáci byli před zadáním testu upozorněni, aby test vyplňovali zodpovědně s tím, že výsledky z něj mohou být případně zahrnuty nějakou formou do celkové klasifikace. Zároveň byli i rozsazeni každý do samostatné lavice pouze s psacími potřebami. Vzor zadávaného testu je součástí přílohy.

¹¹ Záleží samozřejmě na konkrétní škole a ŠVP, někdy je optika zařazena až do devátého ročníku.

7 METODIKA PRŮZKUMU, SOUBOR RESPONDENTŮ

Testované žáky jsem rozdělila do dvou skupin a to podle toho, jakou navštěvují školu. Jedna skupina je tvořená žáky navštěvující gymnázium a druhá skupina žáků navštěvuje střední odbornou školu. Celkově se průzkumu zúčastnilo 90 žáků, z toho 50 dívek a 40 chlapců. Test nebyl studentům dopředu nahlášen, jeho vyplnění trvalo přibližně 30 minut.

V první fázi žáci odpovídali na danou otázku. Na výběr měli z několika možností odpovědí (ve dvou otázkách ze čtyř a v dalších dvou z pěti možností). Dále žáci určovali, jak moc jsou si jisti ve vybrané odpovědi.

Dalším krokem bylo přiřazení všech nabízených odpovědí (i distraktorů) k relevantnímu fyzikálnímu zdůvodnění¹², toto přiřazení jsem do testu přidávala sama, v původní znění studenti/žáci přiřazují pouze fyzikální odůvodnění ke své zvolené odpovědi. Jedná se tedy o určitou modifikaci resp. rozšíření čtyřkrokového testu. Ta byla učiněna s cílem lépe prozkoumat, jak žáci chápou vazby mezi nabízenými distraktory a potenciálně relevantními (ale v daném kontextu nesprávnými) fyzikálními zdůvodněními. Uvedený přístup by mohl ve svém důsledku umožnit získat psychodidaktický náhled na mentální schémata žáků uplatněná při řešení úlohy a rozvinout tak teorii tzv. sémanticko-logických sítí, které byly dosud řešeny pouze ontodidakticky s cílem umožnit nahlédnout do logické struktury směřující k výběru dané odpovědi u testové otázky (Kohout et al., 2019). V posledním kroku žáci odpovídali, jak jsou si jisti ve svých fyzikálních zdůvodněních.

Uveďme stručně charakteristiky tříd, které se do průzkumu zapojily:

1) kvarta Masarykova gymnázia v Plzni – jedná se o třídu osmiletého gymnázia navštěvovanou celkem 30 žáky (16 chlapců, 14 dívek). Výuka fyziky probíhá od primy postupně v rozsahu 2+2,33+2,33+2,5 hodiny týdně (vždy dvě hodiny s celou třídou, v sekundě a tercii půlené laboratorní cvičení jednou za tři týdny, v kvartě jednou za dva týdny). V polovině sekundy došlo ke změně vyučujícího fyziky. Optice byly věnovány měsíce květen a červen v sekundě, rozsah probíraného učiva byl dán rozsahem látky uvedené v učebnici fyziky od nakladatelství Fraus. Vzhledem ke konci školního roku žáci nepsali na optiku písemnou práci, jejich znalosti byly ověřovány

¹² Těch bylo stejně jako nabízených možností v první části otázky.

ústním zkoušením. Následně byly základy optického zobrazování jedním z témat opakovacího testu zadaného na počátku tercie. Ve třídě působí několik velmi talentovaných žáků umísťujících se na předních místech krajských kol fyzikální olympiády. Celkově jde dle vyjádření učitele fyziky o mírně nadprůměrnou třídu s dobře zvládnutými základy z matematiky (ty však v optice na nižším gymnáziu neměli žáci prakticky možnost využít, protože toto téma se probírá pouze kvalitativně). Ve třídě není žádný žák se speciálními vzdělávacími potřebami či individuálním studijním plánem.

2) druhý ročník Bezpečnostně právní akademie v Plzni – jedná se o dvě třídy střední odborné školy. Obě dvě třídy se skládají z 31 žáků. V jedné třídě je 16 dívek a 15 chlapců a ve druhé 14 chlapců a 17 dívek. Výuka fyziky probíhá od prvního ročníku postupně v rozsahu 2 + 1 (v prvním ročníku mají dvě hodiny týdně fyziky, ve druhém ročníku pouze jednu). Optice jsou věnovány měsíce leden a únor ve druhém ročníku, rozsah probíraného učiva byl dán Elektronickou knihovnou, kterou má tato škola na všechny předměty. Žáci psali jeden písemný test na optiku. Celé dva roky vyučoval v obou třídách stejný učitel. Celkově jde dle vyjádření učitele o průměrné třídy. Ve třídách není žádný žák se speciálními vzdělávacími potřebami či individuálním studijním plánem.

Získaná data byla z papírových dotazníků přepsána do tabulek v programu MS Excel, v němž bylo následně pomocí filtrů a základních analytických a statistických nástrojů provedeno vyhodnocení. Vzhledem k tomu, že jde o pilotní testování s velmi omezeným počtem položek, nebudou analyzovány celkové výsledky, zaměříme se na jednotlivé úlohy. Rovněž nebudeme uvádět detailní statistické údaje týkající se například významnosti případných zjištěných rozdílů apod.

8 VÝSLEDKY PRŮZKUMU

Pro vyhodnocení jsem po konzultaci s vedoucím práce a v souladu s jejími cíli zvolila jednotlivé kategorie, jež byly pro každou úlohu z testu stejné.

Rozřazené kategorie:

- a) Počty a podíly žáků dle zvolených odpovědí na základní otázku.
- b) Počty žáků, kteří si byli úplně jistí nebo jistí u jednotlivých odpovědí.
- c) Počty žáků, kteří dokázali správně přiřadit relevantní fyzikální odůvodnění k jednotlivým odpovědím (bez ohledu na to, zda byla správně samotná odpověď na testovanou otázku).
- d) Počet žáků, kteří ke správné odpovědi přiřadili správné fyzikální odůvodnění, přičemž u ostatních odpovědí přiřazené fyzikální zdůvodnění nemusí být správné.

Následně bude v daných kategoriích vyhodnocena každá úloha zvlášť, bude rovněž provedeno shrnutí výsledků dané úlohy. U každé z úloh navíc srovnám výsledky žáků ze střední odborné školy a žáků navštěvující kvartu víceletého gymnázia. Zároveň porovnáím úspěšnost mezi dívkami a chlapci. V následující části se omezíme na prosté konstatování zjištěných výsledků, jejich diskuze a interpretace bude následně provedena v samostatné kapitole.

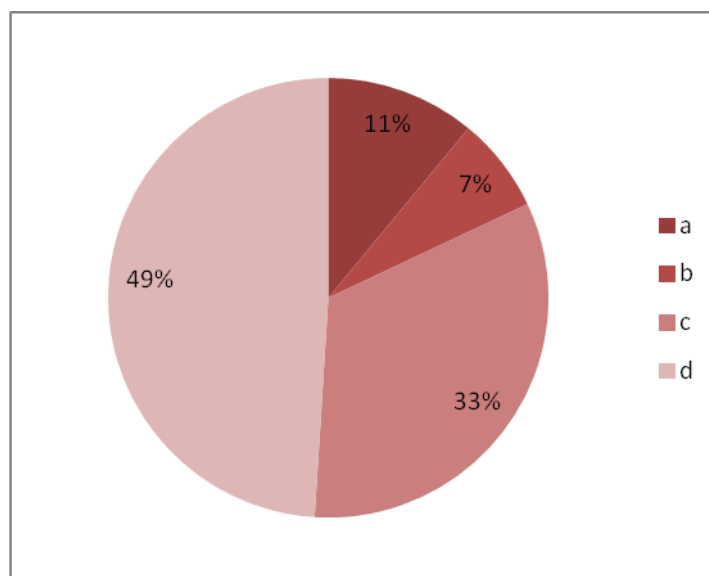
Úloha č. 1

Tato úloha byla zaměřena na základní aplikaci zákona odrazu na rovinném zrcadle zavěšeném v místnosti (viz příloha). Žáci měli na výběr ze čtyř možných odpovědí na položenou otázku.

a) Úspěšnost správných odpovědí.

Správnou odpovědí je zde možnost d, přičemž tuto možnost zvolila téměř polovina žáků, jak na gymnáziu, tak i na odborné střední škole. Dále odpověděla poměrně velká část studentů odpověď za c. Zdá se, že úspěšnost této úlohy byla největší, ze všech úloh v pilotním testu.

Z dívek zvolilo správnou odpověď 20 tázaných (tj. 40 % z celkového počtu), zatímco z chlapců uvedlo správnou odpověď 24 respondentů (60 %). V této úloze tedy byli více úspěšní chlapci než dívky.



Graf 1 – Procentuální úspěšnost odpovědí v první úloze pilotního testu.

b) Míra jistoty

Jedná se o míru jistoty, která se vztahuje ke zvoleným odpovědím. Žáků, kteří si byli jisti stoprocentně svojí odpovědí, bylo pouze sedm. Dále dvacet žáků si byli svoji odpovědí jisti. U 58 žáků panovala v odpovědi značná nejistota a pět žáků si nebylo vůbec jisto se svojí odpovědí.

Míra jistoty, která se vztahuje ke správnému přiřazení, je rovněž poměrně malá. Pouze 21 žáků prokázalo u zvoleného přiřazení fyzikálních zdůvodnění

dostatečnou míru jistoty (nejvyšší či druhá kategorie). Zbývající část žáků si nebyla jistá ve svých přiřazeních.

c) Správné přiřazení fyzikálního odůvodnění k možnostem odpovědí.

Správně odůvodnění k odpovědím přiřadilo 26 žáků z celkem 90 testovaných. Na gymnázium zvolilo správné přiřazení odpověď více žáků než na odborné střední škole. V této oblasti měla tato úloha největší úspěšnost oproti ostatním úlohám.

Z žáků, kteří zvolili odpověď a, byl pouze 1, jež měl správné fyzikální odůvodnění. Z těch, kteří odpověděli za b, nebyl vůbec nikdo, kdo by zvládl správně přiřadit odůvodnění. Žáci, jež zvolili odpověď c, což byla nejčastější odpověď po správné odpovědi, 20 % dokázalo správně přiřadit fyzikální odůvodnění. Správné fyzikální odůvodnění poté zvolilo 48 % žáků, kteří měli správnou odpověď (d).

d) Vyhodnocení úlohy č. 1

Níže uvádíme celkové vyhodnocení úlohy jedna dle čtyř kategorií uvedených na začátku kapitoly Výsledky. Toto vyhodnocení nám zároveň dává šanci nahlédnout do toho, jak zvolená správná odpověď či distraktor koreluje s deklarovanou mírou jistoty a schopností přiřadit správně relevantní odůvodnění k příslušným možnostem. Zároveň ukazuje, že jen malá část z těch, kteří uvedou správnou odpověď, si je ve své volbě jistá a umí ji i řádně zdůvodnit.

Tabulka 1 - Vyhodnocení první úlohy v pilotním testu.

Kategorie Odpovědi	počet žáků, kteří uvedli danou odpověď (kat. a)	počet žáků, kteří si byli v odpovědi zcela jisti nebo jisti (kat. b)	počet žáků, kteří si byli jisti a navíc správně přiřadili zdůvodnění (kat. c)	počet žáků, kteří přiřadili relevantní zdůvodnění ke správné odpovědi (kat. d)
A	10	2	0	1
B	6	1	0	0
C	30	6	1	1
D	44	18	10	14
Celkem	90	27	11	16

Celkový počet žáků byl 90, z těchto žáků odpovědělo pouze 10 zcela správně na první otázku, když za zcela správnou odpověď byla považována správná odpověď na základní otázku spojená s vysokou mírou jistoty v této odpovědi (první nebo druhá kategorie) a zároveň správné přiřazení všech fyzikálních odůvodnění. Je vidět, že žáci měli relativně nejvyšší míru jistoty u správné odpovědi, i tam si však bylo jist pouze 18 žáků ze 44 a osm z nich navíc neuspělo ve správném přiřazení zdůvodnění.

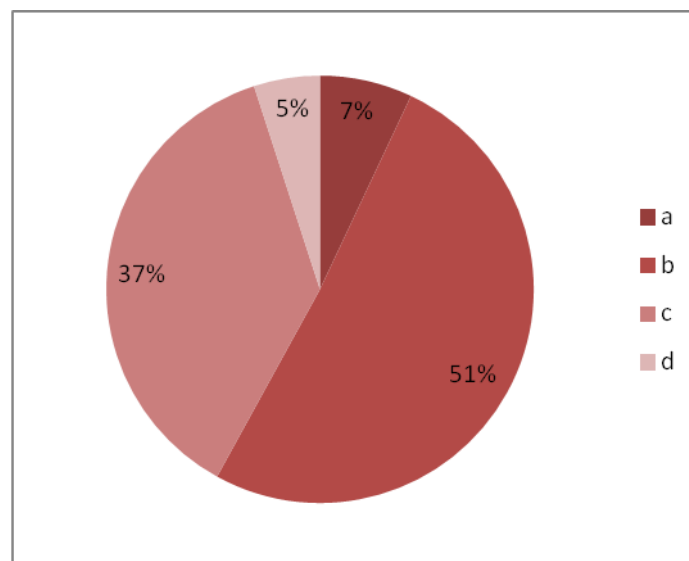
Úloha č. 2

Tato úloha stejně jako předchozí byla zaměřena na zákon odrazu a lomu na rovinném zrcadle v místnosti. Asi bychom očekávali podobně vysokou úspěšnost jako v předchozí úloze, ale opak byl pravdou. Žáci měli na výběr ze čtyř možných odpovědí.

a) Úspěšnost správných odpovědí.

V této úloze je správná odpověď c. Jak vidíme (Graf 2), u testovaných žáků převažovala odpověď b, když více než polovina zvolila tuto odpověď. U žáků z gymnázia převažovala také odpověď b, zatímco u žáků z odborné školy nepřevažovala ani jedna odpověď. Obě dvě odpovědi měly úspěšnost poměrně vysokou úspěšnost.

Ze všech dívek, jenž se účastnily testování, správně odpovědělo 21 dívek (tj. 42 % z celkového počtu), zatímco chlapců, kteří správně odpověděli, bylo 12 (30 %) V této úloze tedy byly více úspěšné dívky než chlapci.



Graf 2 – Procentuální úspěšnost odpovědí ve druhé úloze pilotního testu.

b) Míra jistoty

V této úloze je míra jistoty velmi zajímavý ukazatel, protože 74 testovaných žáků si bylo zcela jisto nebo jisto zvolenou odpovědí a pouze 16 nikoliv. Přestože si tolik žáků ve svých odpovědích věřilo, převažovala chybná odpověď nad správnou.

Míra jistoty, která se vztahuje k fyzikálnímu odůvodnění, už nebyla tak vysoká jako míra jistoty u otázky. Pouze 8 žáků, kteří měli správné fyzikální odůvodnění, si byli zcela jisto nebo jisto svým přiřazením.

c) Správné přiřazení fyzikální odůvodnění k možnostem odpovědí.

Správné fyzikální odůvodnění zvládlo přiřadit pouze 21 z tázaných žáků. Na odborné střední škole byla úspěšnost fyzikálního odůvodnění nižší než na gymnáziu.

d) Vyhodnocení úlohy č. 2

Dále uvádím vyhodnocení úlohy podle kategorií uvedených na začátku kapitoly Výsledky.

Tabulka 2 - Vyhodnocení druhé úlohy pilotního testu.

Kategorie Odpovědi	počet žáků, kteří uvedli danou odpověď (kat. a)	počet žáků, kteří si byli v odpovědi zcela jisti nebo jisti (kat. b)	počet žáků, kteří si byli jisti a navíc správně přiřadili zdůvodnění (kat. c)	počet žáků, kteří přiřadili relevantní zdůvodnění ke správné odpovědi (kat. d)
A	6	3	0	0
B	46	37	9	19
C	33	29	4	15
D	5	5	3	4
Celkem	90	74	16	38

Z celkového počtu testovaných odpověděli zcela správně (ve smyslu definice uvedené u vyhodnocení úlohy 1) pouze 4 žáci. Jak už bylo výše řečeno, je vidět, že ti, kteří odpověděli za b, si byli často jisti svojí odpovědí, dokonce 9 z nich dokázalo i dobře přiřadit fyzikální odůvodnění.

Nikdo z těch, kdo zvolili odpověď za a, nedokázal zdůvodnění správně přiřadit. Ti, kteří zvolili odpověď za b, měli naopak největší úspěšnost přiřazení.

Zadání této úlohy se může zdát jednoduché a triviální, ale jak se ukázalo ve vyhodnocení výsledků, vůbec tomu tak není. Právě na tuto úlohu se vztahuje

miskoncepce, o které jsem se zmiňovala v kapitole č. 3 Prekoncepce a miskoncepce ve výuce fyziky a možnosti jejich řešení. Více tuto miskoncepci rozvedu v kapitole č. 8 Diskuze výsledků.

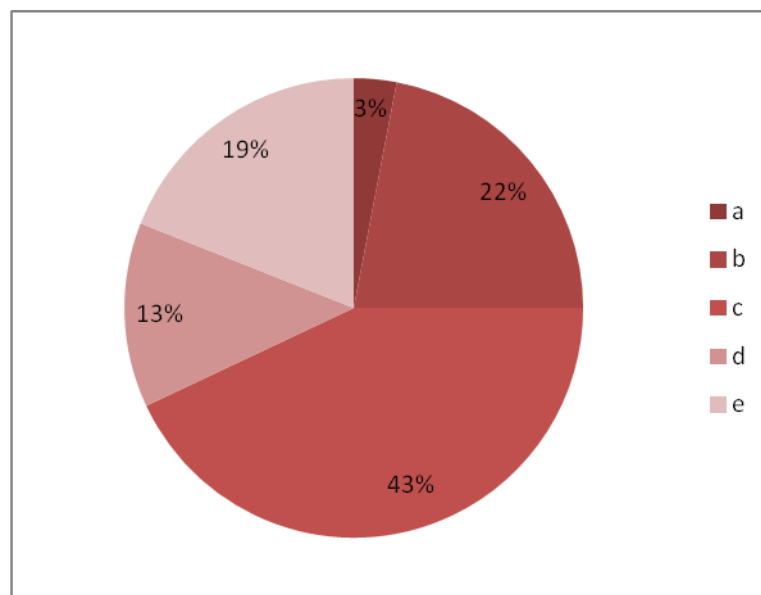
Úloha č. 3

Třetí úloha v pilotním testu je zaměřena na vypuklé zrcadlo. Žáci mohli vybírat svoji odpověď na uvedenou otázku z pěti odpovědí.

a) Úspěšnost správných odpovědí.

Správná odpověď na otázku v této úloze byla odpověď d. Vidíme zde, že tuto odpověď zvolila jen velmi malá část testovaných žáků. Nejčteněji byla zastoupena odpověď za c. Ve srovnání gymnázia a střední odborné školy v této úloze lépe vyšla střední odborná škola, kde správnou odpověď zvolilo právě 11 žáků, zatímco na gymnáziu nikdo správně neodpověděl. Myslím si, že tato a i úloha č. 4, jsou těžce představitelné pro žáky střední školy i kvarty gymnázia. Více o vyhodnocení jmenované úlohy a úlohy č. 4 uvedu také v kapitole č. 8 Diskuze výsledků.

Ve zmiňované úloze neodpověděla dobře žádná dívka, zatímco u chlapců zodpovědělo dobře 11 ze všech, kteří psali test (tj. 28 % z celkového počtu). Je tedy patrné, že větší úspěšnost měli chlapci než dívky.



Graf 3 – Procentuální úspěšnost odpovědí na otázku ze třetí úlohy pilotního testu.

b) Míra jistoty.

V této úloze se setkáváme s velkou mírou nejistoty v odpovědi na otázku, protože 73 tázaných žáků si uvedlo nízkou či žádnou míru jistoty u svých odpovědí. Pouze 15 žáků poté označilo možnost, že jsou si zcela jisti nebo jisti ve své odpovědi

na otázku. Myslím, že uvedené z míry jistoty patrné, jak daná otázka byla pro žáky těžká a jak si nebyli vůbec jisti svými odpověďmi.

c) Správné přiřazení fyzikální odůvodnění k možnostem odpovědí.

Žádný žák, ani z gymnázia, ani z odborné školy, nepřihradil zcela správně fyzikální odůvodnění k nabízeným možnostem¹³. Opět se zde potvrdilo, že žáci, neví, proč danou odpověď na tázanou otázku zvolili. Ve vyhodnocení výsledků nebudu rozebírat fyzikální odůvodnění k možnostem odpovědi. To, že nikdo nepřihradil správně odůvodnění, poznáme i na tom, když se podíváme na míru jistoty u odůvodnění. Vysokou míru jistoty uvedlo pouze pět žáků z celkově testovaných, zbylí žáci si nebyli vůbec jisti ve své odpovědi.

d) Vyhodnocení úlohy č. 3

U této úlohy uvádím pouze dvě kategorie (ze čtyř, které jsou uvedené v kapitole Výsledky). Jelikož nikdo nepřihradil správně fyzikální odůvodnění, další výše uvažované kategorie nejsou pro nás v této úloze podstatné.

Tabulka 3 - Vyhodnocení třetí úlohy pilotního testu.

Kategorie Odpovědi	počet žáků, kteří uvedli danou odpověď (kat. a)	počet žáků, kteří si byli v odpovědi zcela jisti nebo jisti (kat. b)
a	2	1
b	20	2
c	38	3
d	11	4
e	17	5
Celkem	90	15

¹³ To zní na první pohled překvapivě, protože by se dalo očekávat, že někdo správně přiřazení téměř jistě náhodně uhodne. Je však třeba si uvědomit, že existuje při pěti možnostech odpovědí celkem 120 možností přiřazení a do výzkumu bylo zapojeno 90 žáků.

Pouze 4 žáci zvolili správnou odpověď a ještě si byli ve své odpovědi zcela jisti nebo jisti. Všichni tito studenti navštěvují odbornou střední školu. Na vyhodnocení je vidět, že si studenti nedokázali poradit s položenou otázkou. Nikdo z žáků nedokázal ani správně přiřadit fyzikální odůvodnění k odpovědím.

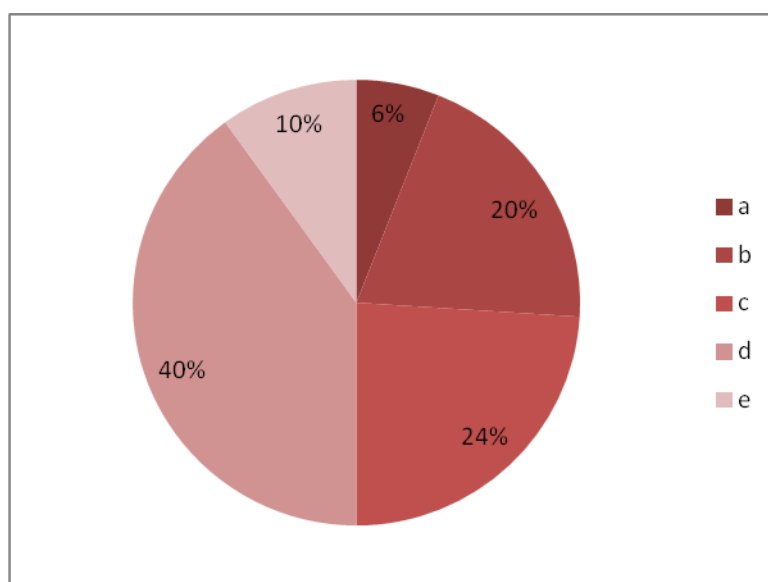
Úloha č. 4

Poslední úloha zadávaného testu byla zaměřena na rozptylku. Jako v předchozí úloze žáci vybírali správnou odpověď z pěti možností.

a) Úspěšnost správných odpovědí.

Správná odpověď v této úloze je odpověď za d, přičemž tuto odpověď zvolili dvě pětiny tázaných žáků. Z výsledků (Graf 4) je vidět, že tato úloha dělala žákům menší problém než úloha předchozí. Druhou nejčastější odpovědí byla odpověď za c.

V této úloze si poradilo s položenou otázkou 21 dívek (42 % z celkového počtu) a 15 chlapců (38 %). Nepatrně úspěšnější tak byly dívky než chlapci. Zároveň si s touto úlohou lépe poradili žáci ze střední odborné školy než žáci, kteří navštěvují kvartu víceletého gymnázia.



Graf 4 – Procentuální úspěšnost správných odpovědí v pilotním testu.

b) Míra jistoty.

I když úspěšnost v této úloze byla větší než v té předchozí, u míry jistoty to neplatí. Pouze 13 žáků uvedlo vysokou míru jistoty ve svých odpovědích na položenou otázku. Zbýlých 77 žáků naopak uvedlo, že si ve svých odpovědích nejsou jistí. Myslím si, že obecně v úlohách tohoto typu si žáci nejsou moc jistí.

Nízká je i míra jistoty, co se týká fyzikálního zdůvodnění. Pouze 8 žáků si bylo zcela jisto nebo jisto v přiřazení fyzikálních odůvodnění. A ani jeden žák z těch, kteří uvedli vysokou míru jistoty, nemá příslušné přiřazení uvedeno správně. Naopak ti, kteří mají odůvodnění přiřazena správně, si nebyli svým přiřazením jistí.

c) Správné přiřazení fyzikální odůvodnění k možnostem odpovědí.

Na rozdíl od předchozí úlohy, kde byla úspěšnost nulová, zde správně přiřadili k možnostem odpovědí příslušná fyzikální zdůvodnění čtyři žáci, jenž se zúčastnili testování. Vidíme, že pro žáky bylo opět velmi obtížné vybrat správně odpovídající si dvojice zdůvodnění a možností v základní otázce.

d) Vyhodnocení úlohy č. 4

Tabulka 4 - Vyhodnocení čtvrté úlohy zadávaného testu.

Kategorie Odpovědi	počet žáků, kteří uvedli danou odpověď (kat. a)	počet žáků, kteří si byli v odpovědi zcela jisti nebo jisti (kat. b)	počet žáků, kteří si byli jisti a navíc správně přiřadili zdůvodnění (kat. c)	počet žáků, kteří přiřadili relevantní zdůvodnění ke správné odpovědi (kat. d)
A	5	1	0	0
B	18	2	0	11
C	22	1	0	5
D	36	8	0	8
E	9	1	0	2
Celkem	90	13	0	26

Ani jeden žák ze všech tázaných nedokázal zcela správně odpovědět na položenou otázku. Za správnou odpověď považujeme odpověď za d, vysokou míru jistoty a správné přiřazení fyzikálních odůvodnění k možnostem odpovědí. Pokud se podíváme na kategorii d, nejvíce žáků dokázalo přiřadit relevantní zdůvodnění ke správné odpovědi u možnosti b.

9 DISKUZE VÝSLEDKŮ

První úloha v prováděném testu měla nejlepší úspěšnost správných odpovědí na položenou otázku. Dalo by se říci, že tato úloha podle výsledků byla pro žáky nejjednodušší. Když však připojíme k odpovědi i míru jistoty, tak si žáci byli daleko méně jisti svými odpověďmi než ve druhé úloze. Domnívám se, že jak první, tak i druhá úloha se zdála být pro studenty jasnější, než další dvě, které se vyskytovaly v testu.

Druhá úloha je velmi zajímavá z hlediska hledání miskoncepce. Větší procentuální zastoupení má špatná odpověď než ta správná, ačkoliv míra jistoty byla vysoká. Jedná se o úlohu, kde je zavěšené zrcadlo na stěně a pozorovatel, který se vidí v zrcadle, má udělat určitý krok, aby se v zrcadle viděl celý. Je zajímavé, že i když šlo o špatnou odpověď, žáci si tou odpovědí byli z velké části jisti a vůbec nepochybovali o tom, že by odpověď za b (poodstoupení od zrcadla) mohla být špatně. I u přiřazení fyzikálních zdůvodnění bylo zajímavé zjistit, jak žáci uvažují o této úloze. Příčiny vysokého procenta nesprávných odpovědí je třeba hledat ve střetu běžné zkušenosti žáka s rovinnými zrcadly se zákonitostmi platnými pro šíření světla, tj. s instrumentální zkušeností daného oboru (Slavík et al., 2017). Většina žáků vychází z toho, že pokud odstoupí dále od zrcadla, obraz se zmenší, a proto se do něj vejdou snáze. Nenapadne je si danou situaci zakreslit a pečlivě promyslet to, jak se v tomto případě uplatní zákon odrazu. Podle mého názoru by k překonání této miskoncepce mohlo pomoci např. vytvoření interaktivního exponátu v science muzeu, kde by si mohli žáci přímo vyzkoušet, že změna vzdálenosti není v tomto případě řešením a je třeba upravit výšku zrcadla.

Třetí úloha byla podle výsledků pro žáky nejtěžší ze všech čtyř úloh. Byla zaznamenána velmi malá úspěšnost odpovědí na otázku a zároveň minimální míra jistoty, jak v odpovědi na otázku, tak ve fyzikálních přiřazení. V této úloze byli více úspěšní žáci z odborné střední školy než z víceletého gymnázia. Myslím si, že tomu bylo tak z toho důvodu, že žáci, kteří navštěvují kvartu víceletého gymnázia, neprobírali optiku tak podrobně. Celkově však tato úloha ukazuje, jak obtížné je pro žáky při standardní výuce geometrické optiky řešit úlohy, kdy vedle dvojice předmět-obraz vstupuje do hry i pozorovatel (který je v této úloze zároveň v roli předmětu). K překonání miskoncepce by opět byla vhodná interaktivní pomůcka, která by umožnila si uvedený problém přímo vyzkoušet. Inspirativní je v tomto ohledu

například video dostupné na <https://www.youtube.com/watch?v=7zv-4Zh-9R4>, kde je však pozorována situace z pohledu kamery umístěné v pevném bodě za ohniskem. Vhodnější z hlediska naší úlohy by bylo, kdyby demonstrátor měl kameru přímo umístěnou na hlavě.

Čtvrtá úloha měla o poznání lepší úspěšnost než předchozí úloha. A to jak v odpovědi na otázku, tak i ve správném fyzikálním přiřazení. Domnívám se, že větší úspěšnost byla způsobená tím, že žáci lépe dokázali číst z obrázku než v předchozí úloze. V této úloze byly totiž v obrázku zakresleny paprsky (na rozdíl od předchozí úlohy). I tak však byla úspěšnost poměrně nízká, což opět souvisí s tím, že do klasického schématu předmět-obraz bylo třeba zkomponovat vnějšího pozorovatele.

První dvě úlohy se zdají být jednoduché a zdá se, že není těžké na ně odpovědět. Byly to otázky týkající se rovinného zrcadla. Bylo však zjištěno, že žáci měli problém i s těmito otázkami. Dle mého názoru jim dělalo velký problém rozestavení koček v místnosti v první úloze. Někteří z nich si nedokázali představit, jak tyto kočky uvidí před zrcadlem, když nestojí před ním. Druhý úkol se zdál pro hodně žáků snadný, ale opak byl pravdou. Nedokázali si představit, že i když odstoupí od zrcadla, tak stále neuvidí celou svoji postavu.

10 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce je jednak shrnout historii a současnost konceptuálních testů ve fyzice od samého vzniku až po testování v České republice. Další cíl byl pilotně vyzkoušet část jednoho z konceptuálních testů a zkusit originálním způsobem analyzovat nějaké miskoncepce, které jsou již známé z literatury.

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabývala konceptem, prekonceptem a následně vznikem miskonceptů. Poté jsem se zaměřila na konceptuální testy. Rozebrala jsem všechny známé testy, které byly prostřednictvím různých prací ověřovány v České republice.

V praktické části jsem si vybrala test zaměřený na optiku. Tento test je ze skupiny tzv. vícekrokových, vybrala jsem tedy několik otázek a přeložila je. Tyto otázky jsem následně uspořádala do pilotního testu a začala s testováním na školách.

Všechny výsledky týkající se daných otázek ukazují, kde konkrétně žáci nerozumí dané problematice. Myslím si, že v tomto ohledu bylo přínosné, když žáci měli přiřazovat možnosti odpovědi ke správnému fyzikálnímu odůvodnění. V této fázi můžeme vidět, jak žák o dané odpovědi přemýšlel.

Za zmínku stojí druhá úloha, která poukazuje právě na již známou miskoncepci, přičemž tuto miskoncepci potvrdily i výsledky získané v tomto pilotním testu. Většina žáků si totiž myslí, že stačí pouze poodejít od zrcadla a uvidí celou postavu v zrcadle. Třetí i čtvrtá úloha poukazuje na problém se zobrazením pomocí vypuklého zrcadla a rozptylky ve chvíli, kdy je uvaženo, co skutečně uvidí vnější pozorovatel. Obecně si myslím, že žáci jsou schopni namalovat kudy jaký paprsek jde a jak se následně odráží, ale už vůbec nejsou schopni zakomponovat vnějšího pozorovatele, což souvisí se způsobem výuky tohoto tématu na školách.

Myslím si, že jsem danou problematiku pouze otevřela a určitě bude vhodné na ní navázat v další práci. Dle mého názoru je důležité, aby většina učitelů byla obeznámena s využitím konceptuálních testů. Díky těmto testům se může stát výuka atraktivnější a navíc, což je dle mého názoru nejdůležitější, učitel získá zpětnou vazbu od svých studentů/žáků a může následně provést alterace ve výuce tak, aby napomohl překonání miskonceptů žáků.

RESUMÉ

Tato bakalářská práce se zabývá konceptuálními testy ve výuce fyziky. Je rozdělena do dvou částí – praktické a teoretické. Teoretická část se zabývá vznikem konceptuálních testů a jejich typy. Jsou zde vysvětleny pojmy spojené s konceptuální fyzikou. Jsou zmíněny testy, které byly v České republice verifikovány, a byl jejich pomocí realizován výzkum.

V praktické části jsem použila část jednoho z konceptuálních testů a otestovala ji na školách. Praktická část obsahuje výsledky dat a celkové vyhodnocení průzkumu.

Klíčová slova: konceptuální fyzika, koncept, miskoncepce, prekoncepce

Summary

This bachelor work deals with conceptual tests in the teaching of physics. It is divided into two parts – practical and theoretical. The theoretical part deals with the origin of conceptual tests and their typology. The terms linked with conceptual physics are explained in this part. The tests, which were verified in the Czech Republic as a part of the research, are also mentioned here. In the practical part, I used a part of one of conceptual tests and applied it at schools. The results of this preliminary research and its evaluation are presented in the final chapters of the thesis.

Key words: conceptual physics, concept, misconception, preconception

SEZNAM LITERATURY

BEICHNER, Robert J. Testing student interpretation of kinematics graphs. *American journal of Physics*, 1994, 62.8: 750-762.

CALEON, Imelda; SUBRAMANIAM, R. Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International journal of science education*, 2010, 32.7: 939-961.

CROUCH, Catherine H.; MAZUR, Eric. Peer instruction: Ten years of experience and results. *American journal of physics*, 2001, 69.9: 970-977.

ČÍŽKOVÁ, Dita. Prekonceptce studentů o síle a pohybu. 2009.

DING, Lin, et al. Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical review special Topics-Physics education research*, 2006, 2.1: 010105.

ERYILMAZ, Ali. Development and Application of Three-Tier Heat and Temperature Test: Sample of Bachelor and Graduate Students. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, 2010, 40.

FETHERSTONHAUGH, Tony; TREAGUST, David F. Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 1992, 76.6: 653-672.

GUREL, Derya Kaltakci; ERYILMAZ, Ali; MCDERMOTT, Lillian Christie. A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2015, 11.5.

HANČ, Jozef. Aktívne poznávanie študentov pomocou metódy Peer Instruction. *Zborník z DIFYZ*, 2008, 15-18.10.

HESTENES, David; WELLS, Malcolm. A mechanics baseline test. *The physics teacher*, 1992, 30.3: 159-166.

HESTENES, David; WELLS, Malcolm; SWACKHAMER, Gregg. Force concept inventory. *The physics teacher*, 1992, 30.3: 141-158.

CHU, Hye-Eun; TREAGUST, David F.; CHANDRASEGARAN, A. L. A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Research in Science & Technological Education*, 2009, 27.3: 253-265.

KÁCOVSKÝ, Petr. Experimenty podporující výuku termodynamiky na středoškolské úrovni. 2016.

Kaltakçı, D. Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics. Unpublished PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey. 2012.

KALTAKÇI, Derya; DIDIŞ, Nilüfer. Identification of Pre-Service Physics Teachers' Misconceptions on Gravity Concept: A Study with a 3-Tier Misconception Test. In: *AIP Conference Proceedings*. AIP, 2007. p. 499-500.

KOHOUT, Jiří, et al. Kritická místa kurikula na základní škole pohledem mezinárodního šetření TIMSS a českých učitelů – poznatky z fyziky. Přijato k publikaci v časopise Pedagogická orientace. 2019.

KOHOUT, Jiří, et al. Kritická místa ve výuce fyziky na ZŠ–úvod do problematiky a možnosti výzkumu. *Arnica* 2018, 9: 26-34.

KOUDELKOVÁ, Věra. Elektřina a magnetismus vlastníma rukama a hlavou. 2016.

MALONEY, David P., et al. Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 2001, 69.S1: S12-S23.

MANDÍKOVÁ, Dana; TRNA, Josef. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido, 2011.

MENTLÍK, Pavel; SLAVÍK, Jan; COUFALOVÁ, Jana. Kritická místa kurikula, organizační a klíčové koncepty– konceptuální vymezení a příklady z výuky geověd. *Arnica* 2018, 9, 9-18.

PEŞMAN, Haki; ERYILMAZ, Ali. Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of educational research*, 2010, 103.3: 208-222.

SLAVÍK, J.; JANÍK, T.; NAJVAR, P; KNECHT, P. *Transdisciplinární didaktika: o učitelském sdílení znalostí a zvyšování kvality výuky napříč obory*. Brno: Masarykova univerzita. 2017.

TRUHLÍKOVÁ, Blanka. Miskoncepce žáků a žáků a studentů při interpretaci kinematických grafů. 2010.

VICKREY, Trisha, et al. Research-based implementation of peer instruction: A literature review. *CBE—Life Sciences Education*, 2015, 14.1: es3.

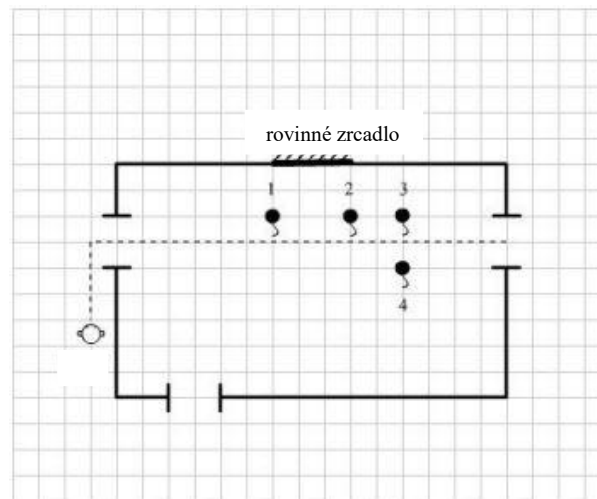
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

Tabulka 1 - Vyhodnocení první úlohy v pilotním testu.....	25
Tabulka 2 - Vyhodnocení druhé úlohy pilotního testu.....	28
Tabulka 3 - Vyhodnocení třetí úlohy pilotního testu.....	31
Tabulka 4 - Vyhodnocení čtvrté úlohy zadávaného testu.....	34
Graf 1 – Procentuální úspěšnost odpovědí v první úloze pilotního testu.....	24
Graf 2 – Procentuální úspěšnost odpovědí ve druhé úloze pilotního testu.....	27
Graf 3 – Procentuální úspěšnost odpovědí na otázku ze třetí úlohy pilotního testu....	30
Graf 4 – Procentuální úspěšnost správných odpovědí v pilotním testu.....	33

PŘÍLOHY

1) ROVINNÉ ZRCADLO

1.1 Na obrázku je pohled shora na homogenně osvětlenou místnost. Chlapec vstoupí do místnosti ze dveří nalevo a při cestě vyznačené přerušovanou čarou se snaží pozorovat obrazy koček očíslovaných 1, 2, 3, 4. **Které z koček uvidí v některém okamžiku v rovinném zrcadle?**



- a) 1 a 2 b) 1, 2 a 3 c) 1, 2 a 4 d) 1, 2, 3 a 4

1.2 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (1.1)?

- a) úplně jistý/á b) jistý/á c) nejste si příliš jistý/á d) úplně nejistý

1.3 Přiřaďte zdůvodnění k jednotlivým možnostem ze zadání otázky (1.1)?

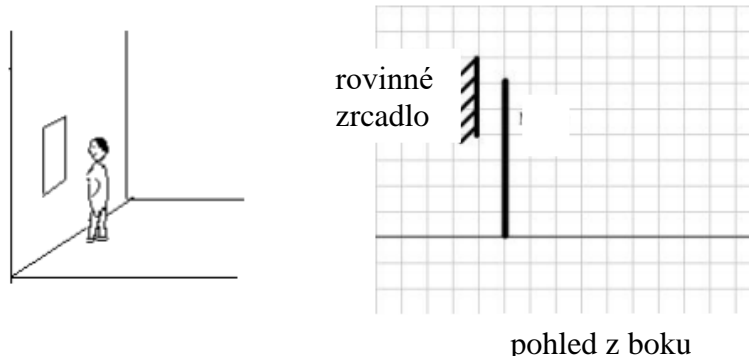
- a) Pozorovatelné obrazy koček vzniknou, jen když jsou přímo před rovinným zrcadlem či alespoň na jeho kraji.
b) Pozorovatelné obrazy koček vzniknou, jen když před nimi nestojí žádná další kočka.
c) Pozorovatelné obrazy koček vzniknou, jen když jsou v zorném poli zrcadla vymezeném spojnicemi krajů zrcadla a protějších rohů místnosti.
d) Pozorovatelné obrazy koček vzniknou, jen když paprsek vycházející z kočky a dopadající na zrcadlo, se odráží k chlapci.

1.4 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (1.3)?

- a) úplně jistý/á b) jistý/á c) nejste si příliš jistý/á d) úplně nejistý

2) OBRAZ V ROVINNÉM ZRCADLE

2.1 Chlapec se dívá na svůj obraz v rovinném zrcadle, jenž je zavěšeno na stěně a jeho výška je rovna polovině výšky chlapce. Zrcadlo je zavěšeno dle obrázku. **Co musí chlapec udělat, aby se viděl v zrcadle celý?**



- a) půjde blíž k zrcadlu
- b) půjde dál od zrcadla
- c) posune rovinné zrcadlo směrem dolů
- d) není třeba udělat nic, již v zrcadle vidí celé své tělo

2.2 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (2.1)?

- a) úplně jistý/á
- b) jistý/á
- c) nejste si příliš jistý/á
- d) úplně nejistý

2.3 Přiřaďte zdůvodnění k jednotlivým možnostem ze zadání otázky (2.1)?

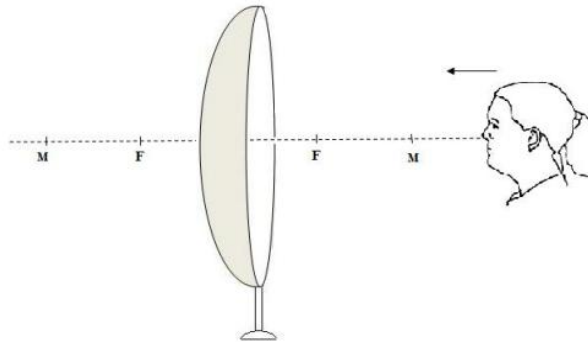
- a) Výška obrazu chlapce se zmenší a celý obraz se vejde do zrcadla.
- b) Vzhledem k tomu, že zorný úhel chlapce, pod kterým vidí zrcadlo, bude větší, uvidí celé své tělo.
- c) Stačí mít libovolně zavěšené zrcadlo o velikosti poloviny výšky těla, aby chlapec viděl celé tělo.
- d) Poloha zrcadla na stěně je dle zákona odrazu stejně důležitá jako velikost zrcadla, která by měla být alespoň polovina výšky chlapce.

2.4 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (2.3)?

- a) úplně jistý/á
- b) jistý/á
- c) nejste si příliš jistý/á
- d) úplně nejistý

3) DUTÉ ZRCADLO

3.1 Dívka se snaží pozorovat svojí tvář ve velkém dutém zrcadle ze vzdálenosti znázorněné na obrázku. Bod M představuje střed a bod F ohnisko dutého zrcadla. V jakých polohách uvidí dívka v zrcadle obraz své tváře, **když se k zrcadlu bude postupně přibližovat a bude se dívat stále směrem k němu?**



- I. za středem (za bodem M)
- II. ve středu (v bodě M)
- III. mezi ohniskem a středem (mezi F a M)
- IV. v ohnisku (v bodě F)
- V. mezi ohniskem a zrcadlem (mezi bodem F a zrcadlem)

a) jen I b) I, II, III, V c) I, II, III d) I, V e) jen V

3.2 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (3.1)?

a) úplně jistý/á b) jistý/á c) nejste si příliš jistý/á d) úplně nejistý

3.3 Přiřaďte zdůvodnění k jednotlivým možnostem ze zadání otázky (3.1)?

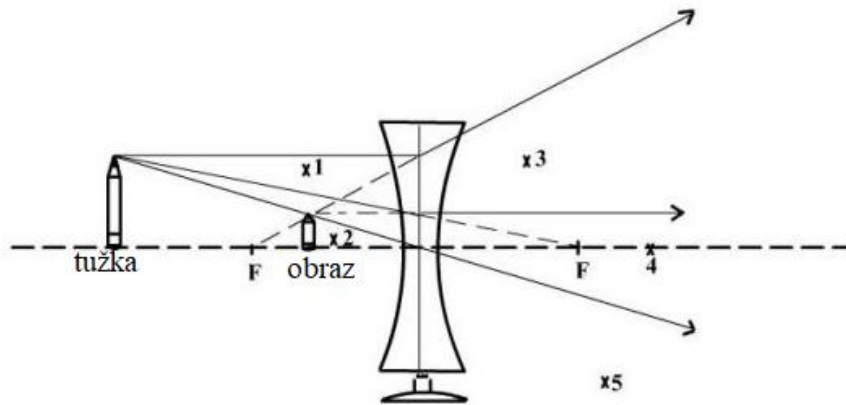
- a) Obraz v zrcadle je viditelný bez ohledu na to, zda je skutečný či zdánlivý, vždy když nevznikne v nekonečnu.
- b) Skutečný obraz je vždy vidět pouze na stínítku.
- c) Na rozdíl od skutečného obrazu není možné vidět obraz zdánlivý.
- d) Obraz má šanci dívka vidět, když vznikne před ní (bez ohledu na to, zda je skutečný či zdánlivý).
- e) Obraz je vidět jen, když je skutečný a zmenšený.

3.4 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (3.3)?

a) úplně jistý/á b) jistý/á c) nejste si příliš jistý/á d) úplně nejistý

4) ROZPTYLKA

4.1 Níže vidíte obrázek, na kterém je zobrazena tužka před rozptylkou. Na obrázku je zakreslena cesta tří paprsků a konstrukce obrazu. **Kde se musí nacházet pozorovatel (pozice: 1, 2, 3, 4, a 5 v obrázku), aby viděl celý obraz tužky?**



- a) pouze 2 b) 1 a 2 c) 3 a 4 d) 3, 4 a 5 e) 1, 3 a 4

4.2 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (4.1)?

- a) úplně jistý/á b) jistý/á c) nejste si příliš jistý/á d) úplně nejistý

4.3 Přiřad'te zdůvodnění k jednotlivým možnostem ze zadání otázky (4.1)?

- a) Celý obraz tužky by byl vidět pouze z oblasti mezi tužkou a rozptylkou.
 b) Celý obraz bude vidět pouze při pohledu z druhé strany, než je předmět, a z oblasti vodorovně omezené rozptylkou.
 c) Vzhledem k tomu, že rozbíhavé paprsky se na pravé straně neprotínají, pozorovatel z této strany nemůže vidět vzniklý obraz.
 d) Aby pozorovatel mohl vidět celý obraz tužky, musí se nacházet v oblasti vymezené paprskem rovnoběžným s optickou osou a paprskem procházejícím středem čočky.
 e) Obraz je třeba pozorovat z oblasti, kde se nacházejí paprsky přicházející z jednotlivých bodů tužky zalomené čočkou.

4.4 Jak jste si jistý/á ve Vaší odpovědi na výše uvedenou otázku (4.3)?

- a) úplně jistý/á b) jistý/á c) nejste si příliš jistý/á d) úplně nejistý