

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA EXPERIMENTÁLNÍ FYZIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Lawsonův test vědeckého myšlení u studentů
přírodovědecké fakulty UP



Autorka:	Bc. Tereza Hrouzková
Studijní program:	Učitelství fyziky pro střední školy
Studijní obor:	Učitelství fyziky pro střední školy maior Učitelství matematiky pro střední školy minor
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
Termín odevzdání práce:	duben 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lukáše Richterka, Ph.D. a že jsem použila výhradně zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použitých pramenů.

V Olomouci dne 11. srpna 2022

.....
Bc. Tereza Hrouzková

Poděkování

Ráda bych upřímně poděkovala Mgr. Lukáši Richterkovi, Ph.D. za odborné vedení, za čas, ochotu a poskytnutí cenných rad, nápadů a připomínek, díky nimž mohla vzniknout tato diplomová práce. Dále děkuji RNDr. Ireně Dvořákové, Ph.D. za poskytnutí české verze testu, návodu a dat z testování na jiných školách ČR. Mé poděkování patří také Mgr. Elišce Beránkové, RNDr. Renatě Holubové, CSc., doc. RNDr. Martě Klečkové, CSs., Mgr. Jiřímu Jaroslavu Kratochvílovi, Ph.D., doc. RNDr. Romanu Kubínkovi, CSs., Mgr. Zbyňku Kuračovi, Ph.D., Mgr. Monice Prokešové, Ph.D., Mgr. Zdeňku Pucholtovi, Ph.D., Mgr. Tomáši Riemelovi, Mgr. Janu Říhovi, Ph.D., Mgr. Davidu Smrčkovi, Ph.D., a Mgr. Vlastimilu Vrbovi, Ph.D. za umožnění testování studentů PřF UPOL. Touto cestou také děkuji RNDr. Stanislavu Popelkovi, Ph.D. za pomoc při práci s eye-trackerem. Dále také děkuji Bc. Kláře Badankové, Mgr. Patriku Potyšovi a Mgr. Kláře Sadílkové za pomoc při eye-trackingovém testování. Poděkování patří také Bc. Radku Schollerovi za poskytnutí informací o dokončení studia.

V neposlední řadě také děkuji všem respondentům, kteří se testování zúčastnili.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Bc. Tereza Hrouzková
Název práce	Lawsonův test vědeckého myšlení u studentů přírodovědecké fakulty UP
Typ práce	Diplomová
Pracoviště	Katedra experimentální fyziky
Vedoucí práce	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2022
Abstrakt	<p>Předložená diplomová práce se zabývá úrovní vědeckého myšlení studentů zjišťovanou pomocí Lawsonova testu vědeckého myšlení. Byla provedena literární rešerše dané problematiky a stanovili jsme výzkumné otázky. Lawsonův test vědeckého myšlení byl zadán 660 studentům. Provedli jsme detailní analýzu získaných dat a následnou komparaci výsledků výzkumu se závěry českých i zahraničních studií. Mimo jiné jsme se zabývali konzistencí odpovědí na dvojúrovňové otázky a možnostmi zkreslení výsledků. Dále bylo využito technologie eye-tracking, pomocí níž byly blíže zkoumány dvojice otázek, jejichž výsledky nejvíce korelují s celkovým skóre v testu.</p>
Klíčová slova	vědecké myšlení, interpretace výsledků, kontrola proměnné, eye-tracking, metakognitivní monitoring
Počet stran	97
Počet příloh	3
Jazyk	český

Bibliographical identification

Autor's first name and surname	Bc. Tereza Hrouzková
Title	Lawson classroom test of scientific reasoning for Faculty of Science UP students
Type of thesis	Master
Department	Department of Experimental Physics
Supervisor	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
The year of presentation	2022
Abstract	The thesis deals with level of scientific reasoning of students testing by Lawson's classroom test of scientific reasoning. A literature search of the given issue was performed and determined research questions. Lawson's classroom test of scientific reasoning was assigned to 660 students. We performed a detailed analysis of the obtained data and subsequent comparison of the research results with the conclusions of Czech and foreign studies. Among other things, we dealt with the consistency answers to two-tier design of questions and the possibilities of skewing the results. Furthermore, eye-tracking technology was used, which was used to examine the pairs of questions, the results of which correlate most with the overall score in the test.
Keywords	scientific reasoning, interpretation of results, control of variable, eye-tracking, metacognitive monitoring
Number of pages	97
Number of appendices	3
Language	czech

Obsah

Úvod	8
Cíle diplomové práce	9
1 Vědecké myšlení	11
1.1 Vědecké myšlení ve vzdělávání	11
1.2 Nástroje pro posouzení úrovně kognitivního myšlení	13
1.2.1 Test skupinového hodnocení logického myšlení (GALT)	15
1.2.2 Test logického uvažování (TOLT)	15
2 Lawsonův test vědeckého myšlení	17
2.1 Historie testu	18
2.2 Charakteristika testu	19
2.3 Výsledky českých a zahraničních studií	21
3 Výsledky testování na PřF UPOL	24
3.1 Interpretace výsledků v závislosti na oboru studia	31
3.2 Interpretace výsledků podle pohlaví respondenta	37
3.3 Interpretace výsledků podle roku testování	40
3.4 Vliv vědeckého myšlení na studium	45
3.5 Metakognitivní monitorování	47
3.6 Strategie řešení úloh zjišťovaná metodou eye-trackingu	51
3.6.1 Design výzkumu	51
3.6.2 Výsledky testování pomocí eye-trackeru	53
Shrnutí výsledků	65
Závěr	70
Literatura	72
Seznam obrázků	76
Seznam tabulek	78

Přílohy A	I
Nástroje měření úrovně vědeckého myšlení	I
Lawsonův test vědeckého myšlení	IV
Přílohy B	V
Tabulky výsledků	V
Přílohy C	XI
Výsledky z eye-trackingu	XI

Úvod

S nezastavitelným rozvoje techniky a vědy je úzce spjata změna požadavků pracovního trhu kladených na absolventy. Kompetence a dovednosti potřebné pro konkurenci schopnost jsou v odborné literatuře označovány jako dovednosti pro 21. století a jsou klíčové pro vzdělávací strategie nejen České republiky, ale také mnoha dalších zemí. Na vzdělávání v oblasti přírodovědných, technických a matematických disciplín (STEM) je klade zvýšený důraz a je požadováno, aby výuka byla orientována nejen na osvojování poznatků dané oblasti, ale i na rozvoj dovedností potřebných pro praktickou vědu. Snahou je u žáků a studentů rozvíjet přírodovědnou gramotnost, jejíž důležitou součástí je také schopnost vědeckého uvažování. Tato oblast si získává stále větší pozornost ze strany výzkumníků a vědeckých pedagogů, jelikož právě úroveň vědeckého myšlení a způsob vědeckého uvažování může hrát významnou roli v porozumění problematice i při vytváření nových konceptuálních znalostí studentů. Žáci po absolvování SŠ respektive gymnázií dosahují rozdílné úrovně kognitivního myšlení, jehož rozvoj je ovlivněn geneticky, ale také závisí na zájmech a motivaci žáka. Významnou roli při osvojování zásad samostatného bádání, uvažování a vyvozování závěrů, hraje také prostředí, ve kterém jedinec vyrůstá a je vzděláván. Kognitivní vývoj můžeme pozitivně ovlivnit volbou vhodných metod a podnětů pro vědeckou práci.

Mapování úrovně vědeckého myšlení u studentů na počátku studia na VŠ může přinést důležité informace jak pro vědecké pracovníky zabývajícími se zkvalitnění výuky na VŠ, ale také právě vyučujícím STEM předměty a samotným studentům. Výsledky rozsáhlejšího výzkumu nám mohou poskytnout komplexnější informace o způsobu uvažování studentů na počátku studia přírodních věd. Dostatečný počet respondentů také může poukázat na skryté proměnné, které mají důležitou roli při porozumění a úspěšném absolvování studia. Nalezení těchto determinujících faktorů, ale také vytyčení problematických oblastí vědeckého myšlení u studentů PřF UPOL, může vyučujícímu napomoci k vytvoření vhodného prostředí pro rozvoj studentů i s výběrem úloh do výuky a předkládáním vědeckých problémů.

Existuje mnoho metod, kterými lze zjišťovat úroveň vědeckého myšlení. My jsme využili Lawsonova testu vědeckého myšlení, který je při kvantitativně zaměřených výzkumech mezi odborníky velmi oblíbený. Tato hlavní část výzkumu navazuje na

bakalářskou práci autorky [12]. Pro analýzu strategie řešení vybraných úloh testu jsme využili eye-tracking.

Předložená práce se sestává ze dvou částí - rešeršní a výzkumné. V teoretické části práce jsou objasněny diskutované pojmy, aktuálnost zkoumané problematiky a její začlenění do vzdělávacího procesu. Tato část také obsahuje stručný přehled metod určování úrovně vědeckého myšlení a analýzu jejich výhod a nevýhod a jejich vzájemné porovnání. Zároveň je čtenáři poskytnuto bližší seznámení s Lawsonovým testem vědeckého myšlení, od historie testu, přes validitu, způsob hodnocení až po výsledky tuzemských a zahraničních studií, které byly pomocí testu realizovány. Výzkumná část obsahuje podrobnou analýzu získaných dat. Autorka se v této části výzkumu zaměřila především na zodpovězení otázek, které vyvstaly při diskusích s odbornou veřejností nad závěry výzkumu realizovaného v rámci bakalářské práce. Na základě výše zmíněného byly formulovány cíle výzkumu.

Cíle diplomové práce

Cílem této diplomové práce je analyzovat výsledky studentů PŘF UPOL v Lawsonově testu vědeckého myšlení a volně navázat na bakalářskou práci autorky. Cíle práce byly stanoveny na základě snahy o hlubší vhled do dané problematiky a po diskusi nad výsledky bakalářské práce s odbornou veřejností.

Rešeršní část práce je zaměřena na metody zjišťování úrovně vědeckého myšlení a jejich srovnání včetně Lawsonova testu. Cílem této části je poskytnout informace o klíčových pojmech a jejich význam pro vzdělávání, seznámit čtenáře s Lawsonovým testem a s výsledky vybraných českých a zahraničních studií zabývajících se danou problematikou.

Výzkumná část práce se věnuje statistické analýze získaných výsledků a má za cíl zodpovědět stanovené výzkumné otázky. Celkové skóre v Lawsonově testu vědeckého myšlení je analyzováno vzhledem k několika parametrům (pohlaví respondenta, obor studia, rok počátku studia). Dalším předmětem výzkumu byla korelace výsledků testu se sebedůvěrou studentů a úspěšnému absolvování studia. Experimentální část je také doplněna o výsledky testování studentů prostřednictvím eye-trackeru.

Hlavní cíle práce:

- Porovnání jednotlivých metod určování úrovně vědeckého myšlení na základě rešerše.
- Popis Lawsonova testu vědeckého myšlení a způsobu vyhodnocení.
- Statistické zpracování dat včetně popisu korelace mezi celkovými výsledky v testu a výše zmíněnými parametry, dokončením studia a sebedůvěrou.

- Zpracování a interpretace dat získaných eye-trackingovým testováním.
- Porovnání výsledků se závěry zahraničních a českých studií.

V souvislosti se stanovenými cíli byly položeny následující **výzkumné otázky**:

- *Jaké jsou výhody a nevýhody Lawsonova testu vědeckého myšlení ve srovnání s dalšími nástroji pro měření úrovně vědeckého myšlení?*
- *Existuje statisticky významný rozdíl mezi výsledky v testu u mužů a žen, studentů učitelských a odborných neučitelských oborů či jednotlivými lety počátku studia?*
- *Do jaké míry spolu souvisejí celkové skóre v testu a sebedůvěra studentů?*
- *Existuje statisticky významný rozdíl mezi výsledky testu studentů, kteří úspěšně absolvovali studium, a studentů, jejichž studium bylo ukončeno v prvních dvou ročnících?*
- *Jaký byl postup řešení jednotlivých dvojúloh z oblasti pravděpodobnostní myšlení a identifikace a kontroly změny?*

Kapitola 1

Vědecké myšlení

Pojem vědecké myšlení je v literatuře definován mnoha způsoby. Pro tyto definice je společné, že vědecké myšlení je chápáno jako soubor dovedností, které nám umožňují systematicky postupovat při řešení vědeckého problému. Mezi ně řadíme např. schopnost klást otázky, které lze zodpovědět pomocí vědeckého zkoumání, formulovat a testovat hypotézy, manipulovat s proměnnými, kriticky uvažovat, argumentovat získané výsledky, ale také kreativně myslet aj. Zmíněné dovednosti, které jsou velmi často zdůrazňovány ve vzdělávacích strategiích pro 21. století, jsou úzce spjaty s kognitivními schopnostmi žáků a studentů [4, 9, 10]. Patrně z tohoto důvodu se v české literatuře více využívá pojmu kognitivní myšlení nebo se tyto dva termíny ztotožňují. Teorii kognitivního vývoje jedince se ve 20. století proslavil švýcarský vývojový psycholog Jean Piaget, který soubor výše zmíněných dovedností označoval jako „formální uvažování“ [9].

V literatuře je vědecké myšlení také spojováno s kritickým myšlením, které je definováno jako souhrn kognitivních znalostí a strategií, které se zaměřují na důkazy a podporují rozhodování. Kritické a vědecké myšlení mají velké množství společných znaků, neboť obojí je založeno na důkazech, rozhodování a multivariabilních kauzálních podmínkách [4].

V širším pojetí vědecké myšlení zahrnuje myšlení a uvažování potřebné k dotazování, experimentování, vyhodnocování dat, vyvozování a argumentaci závěrů v oblasti přírodních a sociálních věd [13]. V práci je pojem vědecké myšlení používán v tomto smyslu.

1.1 Vědecké myšlení ve vzdělávání

Počátky výzkumu vědeckého myšlení jsou spojovány s výzkumem konstruktivistického uvažování ve druhé polovině 20. století. Podle Vygotského se jedinec učí konstruktivisticky, pokud jsou mu zadávány úlohy z jeho proximální zóny vývoje, tedy takové úlohy, které je jedinec schopen řešit s výpomocí dospělých, ale v blízké době bude

schopen vyřešit úlohy sám. Tato teorie reflektuje Inhelderův a Piagetův model, že žáci a studenti staví na stávajících znalostech a zkušenostech a postupují od narození, tedy od senzomotorického stádia, až po dospělost k nejvyšší formě formálního uvažování [9].

Z těchto psychologických teorií je patrné, že dovednostem potřebným pro vědecké bádání se děti postupně učí a své schopnosti zdokonalují na základě zkušeností. Celý proces lze rozdělit na dva odlišné přístupy a to kognitivní konflikt a tzv. lešení. Zatímco metoda kognitivního konfliktu je založena na rozbití dosavadních nevědeckých přesvědčení, metoda lešení využívá dílčích na sebe navazujících úloh. Předpokladem kognitivního konfliktu je rozpor mezi stávajícími zažitými a nově získanými informacemi. To vede k vnitřní nespokojenosti a pokud současně student vidí ve změně koncepce srozumitelnost a věrohodnost, může dojít ke konstruktivistickému učení. Tento přístup vede k rychlým změnám ve studentových konceptech. Oproti tomu metoda lešení postupuje velmi pomalu a v malých fázích. Celá úloha je rozdělena na několik dílčích podúkolů, které student může vyřešit sám. Při této metodě je však potřeba na proces i úspěch studenta upozornit, jinak může dojít k rychlé ztrátě nabitých dovedností. Student plynule navazuje na své dosavadní znalosti a není nucen čelit vnitřním konfliktům [9]. Oba přístupy hrají důležitou roli v současném vzdělávacím systému orientovanému na rozvoj schopností vědeckého bádání u studentů.

Vědecké bádání by ve výuce mělo kopírovat skutečnou práci vědců, což je cyklický proces skládající se z identifikace proměnných, stanovení hypotézy, návržení vhodného experimentu, sběru dat, analýze výsledků a vyvozování závěrů. Jakmile je stanoven určitý závěr, může být revidována hypotéza, což vede k návržení dalšího experimentu. Všechny fáze vědeckého bádání jsou úzce spjaty s rozvojem komunikačních kompetencí žáků a studentů. Důraz je kladen na schopnost prezentace vlastních myšlenek a závěrů.

Kompetence a schopnosti vědeckého myšlení jsou zdůrazňovány jako klíčové oblasti vzdělávání nové generace. Bao a kol. ve své práci zmiňuje College Board Standards pro úspěch na vysokých školách, které právě schopnost vědeckého uvažování zdůrazňují jako dovednost, která bude od studentů v budoucnu vyžadována [4]. Pro novou generaci není důležitá jen znalost obsahu, ale vzdělávání v oblasti vědy, techniky, technologie a matematiky (STEM) se orientuje na myšlení, kreativitu a otevřenost k řešení problémů. A přestože rozvoj klíčových kompetencí a dovedností pro 21. století je nejen v českých vzdělávacích strategiích chápáno jako velmi důležité, v některých zemích dokonce i jako primární cíle vzdělávání, žáci a studenti jsou velmi často hodnoceni pouze za zvládnutí obsahové složky a na rozvoj kompetencí a dovedností mnoho učitelů ve svém hodnocení zapomíná [8]. Kromě metody STEM Han ve své práci popisuje také badatelskou výuku a její pozitivní vliv na rozvoj vědeckého myšlení. Učitelé by měli zastávat roli průvodce a studentům poskytnout dostatek času na diskusi, přemýšlení a vědeckou úvahu. Zároveň také zmiňuje pozitivní korelaci mezi úrovní vědeckého myšlení učitele a efektivitou při používání tazatelských metod [9]. Stejně závěry popisují

mimo jiné i Koenig a kol. a zdůrazňují pozitivní vliv vyšší úrovně vědeckého myšlení učitelů na zapojení modernějších metod výuky v praxi [16].

Rozvoj vědeckého myšlení u mladé generace není důležitý jen pro oblast vědy, ale získané dovednosti mohou pozitivně ovlivňovat každodenní život a konkurenceschopnost na trhu práce. Zaměstnavatelé hledají zaměstnance, kteří jsou schopni samostatně řešit problémy, navrhovat vhodná řešení problémů i analyzovat výhody a nevýhody daných řešení. V každodenním životě běžně využíváme kritické myšlení při čtení zpráv a sledování reklam, které mají za cíl přesvědčit spotřebitele. Poměrového myšlení využijeme například při porovnávání cen v obchodě, při předpovědi počasí používáme deduktivního a pravděpodobnostního myšlení. I tvorba hypotéz a navrhování experimentů nám napomáhá v řešení běžných problémů. Příkladem z běžného života studenta může být například nefunkčnost nabíječky na mobil. Prvně by nás mohlo napadnout ověřit, zda-li je nabíječka správně zapojena do zásuvky tím, že ji vypojíme a opět zapojíme. Pokud se tím problém vyřeší, experiment je hotov. Pokud ne, navrhneme další hypotézu, kterou může být třeba nefunkčnost napájecího kabele. Tuto hypotézu ověříme jeho výměnou. Takhle postupujeme do vyřešení problému. Uvedená situace je příkladem využívání vědeckého myšlení v praxi.

Rychlý rozvoj vědy a technologií s sebou přináší potřebu osvojení výše zmíněných dovedností. Vědecké myšlení společně s metakognicí jsou v těchto souvislostech označovány jako dovednosti pro 21. století. Výuka by se měla orientovat na rozvoj těchto dovedností a maximálně přispět k jejich rozvoji [21]. Jak ukazují výsledky mezinárodního šetření PISA¹ z roku 2018, od roku 2015 pozorujeme u českých žáků mírné zlepšení. Do té doby měly výsledky devět let klesající tendenci [6]. Také šetření TIMSS² z roku 2019 ukazuje na mírné zlepšení mezi jednotlivými šetřeními [27]. Přesto výsledky České republiky patří mezi průměrné oproti dalším zapojeným zemím.

Podle Bao a kol. sice existuje velké množství literatury, která popisuje, jak tyto dovednosti u studentů rozvíjet, ale doposud nebylo dosaženo shody v definování ani vyhodnocování úrovně vědeckého myšlení [4].

1.2 Nástroje pro posouzení úrovně kognitivního myšlení

Aby bylo možné vědecké myšlení efektivně rozvíjet, je zapotřebí mít nástroj, který nám umožní zjistit aktuální úroveň a postupně sledovat změny.

¹Šetření PISA je zaměřeno mimo jiné na přírodovědnou gramotnost, která je definována: „*Schopnost přemýšlet a jednat ve věcech souvisejících s přírodními vědami a jejich principy jako aktivní občan.*“ [6] a tedy je velmi úzce spjata s vědeckým myšlením.

²Šetření TIMSS je zaměřeno na monitorování výsledků v oblastech přírodovědného a matematického vzdělávání.

Jako první nástroj, který se k měření úrovně vědeckého či kognitivního myšlení využíval, byl tradiční klinický rozhovor. Tato metoda byla velmi časově náročná. Zároveň vyžadovala velmi zkušeného tazatele. Piaget svůj rozhovor založil na verbální interakci s respondentem. Žákovi či studentovi byla položena otázka nebo představen nějaký problém a další otázky byly pokládány na základě předchozích odpovědí. Výhodou této metody je podrobné pochopení důvodů odpovědi studentů a žáků. Piagetovi tato metoda také umožnila lépe porozumět jednotlivým úrovním myšlení dětí [9]. Klinický rozhovor je i dnes chápán jako nejpřesnější metoda zjišťování úrovně vědeckého myšlení, při které se však musí brát zřetel na subjektivitu posuzujícího psychologa či vědce.

Piaget ve své práci uvádí, že vývoj kognitivního myšlení jedince lze rozdělit do čtyř hlavních stádií. Prvním z nich je senzomotorické, které trvá přibližně do dvou let věku dítěte. Následuje stádium předoperační a symbolické, jehož trvání popsal Piaget do sedmi let dítěte. Třetím obdobím je stádium konkrétních operací, pro které je typické provázání myšlení na konkrétní obsah, jedinec dokáže popsat vnější příčiny jevů, dochází k rozvoji empatie a principu konzervace - když změním tvar, nezmění se množství. Posledním stádiem trvajícím podle Piageta přibližně od 12 let dítěte, je období formálních operací. Toto stádium je charakterizováno abstraktním myšlením [17]. Jak však ukazují tuzemské i světové studie, zmíněné v dalších kapitolách, značná část studentů nejvyšší úrovně myšlení, tedy formálně operační, dosahuje mnohem později. Jednotlivá stadia navíc nejsou od sebe striktně oddělena a jedinec se v dané období může nacházet mezi dvěma stadii. Dokonce někteří jedinci nemusí nejvyšší úrovně myšlení dosáhnout.

Později se studentům zadávala sada předepsaných experimentů. I při této metodě bylo možné testovat pouze malé množství studentů, jelikož experimentování bylo opět časově náročné a zároveň bylo velmi materiálově nákladné. Vyhodnocení výsledků si také žádalo zkušeného tazatele [9, 7].

Piagetův klinický rozhovor se stal inspirací pro řadu výzkumníků a výzkumných skupin, které se snažily vytvořit validní a zároveň jednoduchý nástroj pro měření úrovně vědeckého myšlení, který umožní najednou testovat velké množství studentů. Na základech Piagetovi metody stojí např. Group Assessment of Logical Thinking (GALT), Test of Logical Thinking (TOLT), Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR) a další [9]. Níže popíšeme tyto tři zmíněné testy, které vycházejí z Piagetovy teorie kognitivního vývoje a jeho metod měření úrovně kognitivního vývoje, testují obdobné oblasti vědeckého myšlení, konstrukce těchto tří testů i vyhodnocování je velmi podobné, stejně jako jednotlivé položky.

Zatímco LCTSR a GALT testují kromě formálního uvažování také úroveň konkrétního myšlení, TOLT obsahuje otázky pouze na formální myšlení. Testy GALT a TOLT obsahují na rozdíl od LCTSR otevřené odpovědi na otázky z oblasti kom-

binatorického myšlení. I přes mírné rozdíly jsou si však testy poměrně podobné. Pro ilustraci podobnosti je v přílohách A1–A3 této práce uvedena dvojúloha z oblasti identifikace a kontroly změny. Zadání otázek, doplňující ilustrace i možnosti výběru jsou převzaty z [9] a přeloženy. Velmi podobné úlohy jsou potom také z oblasti korelačního, poměrového a pravděpodobnostního myšlení. Stejná úloha v obměněné podobě je na zachování hmotnosti v GALT a LCTSR. Jelikož je žádoucí chránit validitu testů, rozhodli jsme se další otázky nezveřejňovat.

1.2.1 Test skupinového hodnocení logického myšlení (GALT)

Test vytvořený v roce 1983 obsahuje 21 položek. 18 z nich je výběrových, kdy student volí jednu správnou odpověď z několika nabízených a následně vybírá vhodné zdůvodnění řešení opět z nabízených možností. Za správné řešení položky student získává bod v případě, že zvolí správné řešení problému i správné zdůvodnění. U posledních tří položek žáci a studenti předepisují určitý vzor, přičemž u položky 19 je přípustná jedna špatná odpověď či opomenutí a u položky 20 pak dvě. Úlohy s otevřenou odpovědí jsou hodnoceny samostatně a za správnou odpověď podle kritérií je žákovi udělen jeden bod. Maximální bodový zisk je tedy 12 bodů [9].

GALT obsahuje úlohy ze šesti oblastí vědeckého myšlení, kterými jsou oblast zachování hmotnosti, korelačního uvažování, identifikace a kontroly proměnné, pravděpodobnostního uvažování, kombinatorického uvažování a poměrového myšlení. První zmíněnou oblast řadíme do konkrétně operační úrovně, dalších pět oblastí jsou již na úrovni formálního uvažování [5, 9].

Test, jak již bylo zmíněno, vychází z Piagetových poznatků a rozlišuje tři úrovně jeho modelu. Nejnižší testovanou úrovní je úroveň konkrétních operací, nejvyšší je úroveň formálně operačního uvažování a mezi nimi je úroveň přechodná. Získá-li žák či student 0–4 body v testu GALT, jeho úroveň myšlení je konkrétně operační. 5–7 bodů odpovídá úrovni přechodné a 8–12 úrovni formálně operační [9].

Existuje také zkrácená verze testu GALT, která obsahuje 12 úloh, z čehož 10 položek je opět dvojúrovňových otázek s výběrem odpovědí a poslední dvě jsou otevřené a vyžadují vlastní studentovo uvažování a zdůvodnění [5].

Otázky v GALT jsou podobné úlohám v testech, které také vychází z Piagetových výzkumných metod a jeho modelu kognitivního vývoje. GALT je považován za validní a spolehlivý nástroj. Cronbachův koeficient vnitřní homogenity pro test je v literatuře udáván $\alpha \in < 0,60; 0,73 >$ [5, 9].

1.2.2 Test logického uvažování (TOLT)

Test logického uvažování je desetipoložkový test z roku 1981. Většina položek je opět podobná testům tvořených na základě Piagetových výzkumů. Prvních osm položek

je tvořeno dvojúrovňovými otázkami s výběrem možných odpovědí. Poslední dvě položky jsou otevřené otázky. Položky obsahující dvojúrovňové otázky jsou považovány za správně vyřešené, stejně jako v GALT, pouze pokud student označí správné řešení problému i vhodné zdůvodnění. Studenti mohou získat v testu maximálně deset bodů, jeden za každou dvojúrovňovou otázku a jeden za zaznamenání správné odpovědi u každé z otevřených otázek [26].

Otázky v TOLT jsou zaměřeny na poměrové myšlení, kontrolu a identifikaci proměnných, pravděpodobnostní myšlení, korelační myšlení a kombinatorické myšlení. Všechny oblasti vědeckého myšlení jsou v testu rovnoměrně zastoupeny. Tento test je oproti GALT zaměřen pouze na formálně operační myšlení.

Test logického uvažování je sestaven z otázek, které byly využívány v jiných nástrojích měření úrovně vědeckého myšlení a díky tomu je považován také za velmi validní nástroj. Cronbachův koeficient spolehlivosti pro test je v literatuře udáván $\alpha = 0,85$ [9, 26].

Kapitola 2

Lawsonův test vědeckého myšlení

Lawsonův test vědeckého myšlení (LCTSR) vychází stejně jako GALT a TOLT z Piagetových úloh. Tato metoda umožňující určení úrovně vědeckého myšlení se stala jednou z nejpobulárnějších metod, které odborníci při výzkumech využívají [10].

Jeho výhodou je časová nenáročnost, možnost testovat několik studentů najednou, velmi jednoduché, objektivní a administrativně nenáročné vyhodnocování. Přestože studie dokazující validitu tohoto testu byly realizovány na přelomu 70. a 80. let minulého století, bylo prokázáno, že výsledky LCTSR se většinou shodují s výsledky klinického rozhovoru. Odborníci však upozorňují na to, že více než 20 let neproběhla studie, která by potvrdila spolehlivost tohoto velmi často užívaného nástroje a zároveň by mohla odhalit případné nedostatky či chyby.

Jednou z nejdiskutovanějších nevýhod papírových testů je klesající čtenářská gramotnost nové generace. Při zadávání otázek formou „tužka a papír“ se může stát, že testujeme spíše schopnost čtení s porozuměním než samotné přemýšlení a způsob uvažování studenta. Han ve své práci také upozorňuje na fakt, že Lawsonův test obsahuje úlohy a situace, které jsou ve výuce přírodovědných předmětů diskutovány a řešeny. Příkladem může být úloha z oblasti a identifikace změny (viz příloha A3 na str. IV). Studenti na úrovni středních a vysokých škol jsou si většinou vědomi existující závislosti doby kmitu na délce závěsu matematického kyvadla. Ve výuce se také tato závislost často demonstruje experimentem, který je v testu uveden. Proto se může stát, že si student na situaci z výuky vzpomene a důsledkem toho úloha již neověřuje úroveň myšlení studenta, ale stane se pouze otázkou ověřující znalosti studenta. Na tyto situace může pružně reagovat tazatel při rozhovoru, při použití testu však není možné tuto skutečnost zjistit [9]. I přes nesporné výhody tohoto nástroje je nutné také upozornit na další faktor, který může negativně ovlivnit spolehlivost testu, a tím je překlad testu do jiných jazyků. LCTSR stejně jako GALT a TOLT byly vytvořeny v USA, tedy původní verze jsou v angličtině. Překlad testů do dalších jazyků vyžaduje zkušenosti překladatele a je potřeba překlad testu ověřit před samotným výzkumem.

Hejnová ve svém článku zmiňuje, že původní česká verze byla v otázce 8 poupravena na základě prvních výzkumů [10].

2.1 Historie testu

A. E. Lawson byl vysokoškolským pedagogem působícím na univerzitě v Kalifornii. V šedesátých a sedmdesátých letech minulého století se snažil vytvořit nástroj pro měření úrovně vědeckého myšlení, který by byl dostatečně spolehlivý, ale zároveň by neměl nedostatky, které byly vnímány v Piagetově klinickém rozhovoru. Rozhovor byl do té doby jediným nástrojem, kterým bylo možné úroveň myšlení stanovit [7, 9, 13]. Lawson v roce 1978 navrhl nástroj, který umožňoval spolehlivě určit úroveň vědeckého myšlení, ale zároveň byl díky testové podobě (papír a tužka) administrativně jednoduchý. Pomocí Lawsonova testu formálního uvažování (Lawson's classroom test of formal reasoning; LCTFR-78) bylo možné měřit úroveň vědeckého myšlení více studentů najednou, což byla další výhoda, kterou s sebou nová metoda přinesla [3, 9].

Lawson rozdělil vědecké myšlení na oblasti pravděpodobnostního myšlení (PR), poměrového uvažování (PO), identifikaci a kontrolu proměnných (IZ), kombinatorické uvažování (KB) a zachování (ZH, ZO). Testové otázky poté stavěl na Piagetových úlohách z těchto oblastí [3, 9, 18].

Původní verze testu byla založena na demonstraci určitého jevu, kterou učitel či výzkumník předvedl před třídou. Poté byla studentům položena otázka. Jejich úkolem bylo v záznamovém archu vybrat jednu z nabízených odpovědí a napsat odpovídající zdůvodnění svého výběru. Pokud student vybral správnou odpověď a poskytl přiměřené vysvětlení, byl mu udělen bod. LCTFR-78 obsahoval 15 úloh z výše zmíněných oblastí. Konkrétně úloha 1 a 2 byly z oblasti zachování, a to otázka jedna z oblasti zachování hmotnosti, kdy studenti rozhodovali o změně hmotnosti jílové kuličky při změně jejího tvaru, a zachování vytlačeného objemu dvěma stejnými kuličkami o různých hustotách (z různých materiálů). Další čtyři úlohy byly zaměřené na poměrové myšlení. První dvě z nich na předpovídání výšky hladiny kapaliny při jejím přelévání mezi užším a širším válce. Druhé dvě úlohy z této oblasti testovali schopnost studenta předpovědět rovnovážné polohy pohybujícího se závaží. Taktéž čtyři úlohy byly z oblasti identifikace a kontroly změny. První dvě úlohy z této oblasti ověřovali schopnost studentů navrhnout vhodný experiment pro testování závislosti doby kmitu kyvadla na délce závěsu a hmotnosti kyvadla. Další dvě úlohy byly zaměřené na navržení pokusu pro ověření vlivu hmotností či počátečních poloh kuliček na rampě při jejich srážkách. Z oblasti kombinatorického myšlení byly v testu dvě úlohy, ve kterých bylo cílem vypočítat počet kombinací a počet možných lineárních uspořádání. Z poslední testované oblasti, pravděpodobnostního myšlení, byly tři testové úlohy. Ve všech třech studenti na různých úrovních obtížnosti stanovovali pravděpodobnost

vytažení určitých tvarů či barev z pytlíku. Celkové možné skóre v tomto testu bylo 15 bodů [3, 7, 9, 18].

LCTFR-78 rozlišuje tři úrovně myšlení konkrétně operační (0–5 bodů), formálně operační (12–15 bodů) a přechodnou (6–11 bodů). Aby Lawson potvrdil validitu svého testu, u studentů provedl měření jak pomocí rozhovoru, tak také pomocí testu. Prokázal, že většině studentů byla oběma metodami stanovena stejná úroveň myšlení [9]. Dále validitu testu také prokázal rozsáhlým výzkumem s 513 studenty z 8.–10. ročníku amerického vzdělávacího systému. Průměrný věk studentů v této studii byl 14,1 let. Průměrný bodový zisk v tomto výzkumu byl 7,41 bodu [7]. Spolehlivost testu poté byla také ověřena dalšími výzkumníky. Vnitřní konzistence testu byla pomocí Crombachova alfa stanovena $\alpha \in < 0,61; 0,78 >$. Nicméně bylo také zjištěno, že test oproti rozhovorům, má tendenci úroveň vědeckého myšlení studenta mírně podceňovat [3, 7, 9].

Tato podoba testu měla také svá omezení. Patrně nejvýznamnějším z nich bylo opět materiálové vybavení a zkušenosti a schopnosti výzkumníka předvádět dané úlohy. Dále také bylo poměrně časově náročné vyhodnocení otevřených odpovědí a i nadále si vyhodnocení testu žádalo určité zkušenosti výzkumníka. Také otevřené odpovědi nemohou poskytnout takovou objektivitu při vyhodnocení jako otázky s výběrem odpovědí.

V roce 2000 byla zveřejněna nová verze testu (Lawson's classroom test of scientific reasoning-LCTSR), která tentokrát obsahuje pouze otázky s výběrem odpovědi a nevyžaduje demonstraci úloh učitelem či výzkumníkem [3].

2.2 Charakteristika testu

Lawsonův test vědeckého myšlení z roku 2000 se sestává z 24 úloh, z čehož 22 tvoří dvojice, tzv. dvouúrovňové otázky. První z dvojice úloh je zaměřena na řešení určitého vědeckého problému a druhá je obvykle uvedena slovem „protože“ a vyžaduje zdůvodnění řešení první úlohy. Všech 24 úloh je výběrových a respondent se vždy rozhoduje mezi třemi až pěti možnostmi, z čehož je právě jedna správná.

Dvojice úloh je vždy hodnocena společně, to znamená že za správné zodpovězení obou otázek získá student dva body, za obě špatné odpovědi, případně jednu špatnou a jednu správnou odpověď student nezískává žádný bod. Poslední dvě úlohy jsou hodnoceny každá zvlášť a respondent za správné řešení získává jeden bod. Celkově tedy student může dosáhnout 24 bodů. Jelikož se za špatnou odpověď nestrhává žádný bod, minimální možný bodový zisk je nula bodů.

Bodové hodnocení je stejně jako GALT, TOLT a LCTFR-78 založeno na Piagetově teorii kognitivního vývoje dítěte. Lawsonův test rozlišuje úroveň formálně operační, konkrétně operační a tzv. přechodnou fázi. Bodový zisk 0–8 bodů odpovídá

nejnižší testované úrovni, tedy konkrétně operační. Celkové skóre 9–16 bodů vypovídá o přechodné fázi myšlení. Student, jehož myšlení je již v nejvyšším stádiu, formálně operačním, má výsledek minimálně 17 bodů.

Tabulka 2.1: Porovnání zastoupení otázek a oblastí vědeckého myšlení v LCTSR a LCTFR-78, citováno z: [3]

Oblast	LCTFR-78	LCTSR	Zaměření úlohy
ZH	1	1, 2	Předpověď změny hmotnosti kuličky při změně jejího tvaru.
ZO	2	3, 4	Zkoumání změny výšky hladiny při ponoření kuliček z různých materiálů.
PO	3, 4	5, 6, 7, 8	Předpověď výšky hladiny při přelévání kapaliny mezi širokým a úzkým válcem.
PO	5, 6		Předpověď rovnovážných poloh pohybujícího se tělesa.
IZ	7 a 8	9, 10	Navržení experimentu na ověření závislosti doby kmitu kyvadla na délce závěsu (a hmotnosti kyvadla).
IZ		11, 12, 13, 14	Rozhodování o tom, zda-li mušky reagují či nereagují na některý druh světla a gravitaci.
KB	11		Výpočet počtu kombinací čtyř spínačů.
KB	12		Výpis lineárních uspořádání čtyř objektů.
PR	13, 14, 15	15, 16, 17, 18	Předpovídání šance vytažení některých barev či tvarů dřevěných kousků z pytlíku.
KO		19, 20	Zjištění korelace mezi velikostí myši a barvou ocasu pomocí uvedených dat.
KM		21, 22	Navržení experimentu pro zjištění, proč se svíčka stojící ve vodě a zakrytá sklenicí zhasla a voda se nahnala do sklenice.
KM		23, 24	Navržení experimentu pro zjištění, proč červené krvinky mění svoji velikost při kontaktu se solným roztokem.

Úlohy v LCTSR jsou ze sedmi oblastí vědeckého myšlení. Nejvíce zastoupenými oblastmi jsou identifikace a kontrola změny (tři úlohy) a kombinační myšlení (jedna úloha a dvě samostatné otázky). Dále jsou potom testovány oblasti poměrového myšlení (dvě úlohy), pravděpodobnostní myšlení (dvě úlohy), zachování hmotnosti (jedna úloha), zachování vytlačeného objemu (jedna úloha) a korelační myšlení (jedna úloha).

ha). Úlohy jsou v testu řazeny podle jednotlivých testovaných oblastí od těch, které by měly být pro studenta nejjednodušší, jako je zachování hmotnosti nebo zachování vytlačeného objemu, až po ty nejnáročnější, což jsou oblasti korelačního a kombinačního myšlení. Test tedy obsahuje úlohy na úrovni operačního myšlení (zachování hmotnosti a objemu) a formálního myšlení (zbylé úlohy).

Oproti původní verzi LCTSR obsahuje úlohy z oblasti kombinačního myšlení (KM), v anglické literatuře označováno jako hypoteticko-deduktivní myšlení, a korelačního myšlení (KO) a neobsahuje otázky z oblasti kombinatorického myšlení. Některé otázky z LCTFR-78 byly zachovány i v LCTSR. Srovnání zastoupení jednotlivých oblastí i otázek v dvou verzích testu je uvedeno v tabulce 2.1.

Z důvodu ochrany spolehlivosti testu se autorka práce rozhodla nezveřejňovat celý test. Pro ilustraci uvádí autorka v příloze A jednu dvojici otázek z oblasti identifikace.

2.3 Výsledky českých a zahraničních studií

Lawsonův test získal oblibu a byl použit při mnoha výzkumech orientovaných na měření úrovně vědeckého myšlení. Přestože jsou vzdělávací systémy odlišné, LCTSR našel své uplatnění po celém světě.

Rozsáhlou studii, do které se zapojilo 646 studentů z USA a 206 studentů z Číny při nástupu na univerzitu, publikoval v roce 2009 Bao a kol. Cílem výzkumu bylo zjistit do jaké míry spolu souvisí obsahové znalosti z fyziky a vývoj vědeckého myšlení. Zároveň také byly porovnány výsledky žáků z USA a Číny. Ve Spojených státech si žáci volí, zda-li se chtějí vzdělávat v oblasti fyziky a zároveň si volí svoji úroveň, jelikož si mohou sami určit, kolik semestrů se budou fyziku učit. Oproti tomu v Číně je vzdělávání v oblasti fyziky na středních školách povinné po dobu 5 let. Rozdíly jsou také v povolání učitele. Zatímco v USA učitelé učí několik předmětů (fyzika bývá studována s rámci science), v Číně jsou učitelé specializováni pouze na jeden předmět a zcela výjimečně vyučují dva předměty. Podle závěrů této studie uveřejněné v American Journal of Physics jsou výsledky čínských a amerických studentů téměř totožné [1]. Výsledky naznačují, že by velký rozdíl ve vzdělávacích systémech těchto zemí nemusel mít vliv na úroveň vědeckého myšlení žáků a studentů. Američtí studenti měli průměrné skóre 18,3 bodu, medián 19,0 bodu a směrodatná odchylka souboru byla 4,2. Studenti z čínské univerzity průměrně získali 17,9 bodu, medián byl taktéž 19,0 bodů a směrodatná odchylka 3,8. Analýza výsledků také ukázala, že mezi úrovní vědeckého myšlení měřenou pomocí LCTSR a výsledky ve znalostních testech FCI a BEMA je korelace velmi volná. Lze tedy konstatovat, že obsahové vzdělávání nemá velký vliv na rozvoj vědeckého myšlení žáků a studentů a proto je nezbytně nutné zařadit do výuky také rozvoj dovedností [1]. Tato studie by také mohla potvrzovat tvrzení Han, že na úroveň vědeckého myšlení má větší vliv úroveň myšlení učitele,

nikoliv jeho obsahové znalosti [9]. Vědecký tým okolo L. Bao zveřejnil mimo jiné výsledky podobné studie, do které bylo zapojeno 370 čínských a 1061 amerických studentů. I v tomto výzkumu bylo potvrzeno, že mezi úspěšností amerických studentů (74,2 %) a studentů čínských univerzit (74,7 %) není téměř žádný rozdíl [2]. Průměrné výsledky odpovídají nejvyšší úrovni vědeckého myšlení.

Na katedře didaktiky fyziky Národní pedagogické univerzity v Indonésii proběhl výzkum zaměřený na korelaci mezi vědeckým myšlením a třemi proměnnými: konceptuální chápání, reprezentační a vědecká konzistence. Vědecké myšlení bylo měřeno pomocí LCTSR. Výzkumu se zúčastnilo 29 studentů univerzity. Jak je uvedeno v [23], žádný ze studentů nedosahoval nejvyšší formálně operační úrovně, 69 % studentů se nacházelo na přechodné úrovni a 31 % studentů mělo konkrétně operační úroveň myšlení. V tomto výzkumu byla nejúspěšnější oblast zachování a poměrového myšlení, naopak nejméně bodů získali studenti z oblasti identifikace a kontroly změny a korelačního myšlení [23].

Na Tadulako University v Palu v Indonésii proběhl výzkum zaměřený na korelaci úrovně vědeckého myšlení studentů s pohlavím studenta či věkem. Test byl zadán studentům prvního ročníku fyziky ve věku 18–20 let. Do výzkumu bylo zapojeno 100 žen a 100 mužů. Analýza výsledků neprokázala žádnou spojitost mezi celkovým skóre a pohlavím respondenta. Stejně tak nebyla prokázána korelace mezi věkem a celkovým skóre, přičemž autoři článku upozorňují na fakt, že LCTSR je nepřesnější pro žáky ve věku 15–17 let [22].

Neexistující spojitost mezi pohlavím respondentů a jejich celkovým skóre v LCTSR potvrzuje také studie z Thajska, které se zúčastnilo 400 žáků v 11. ročníku studia. Do výzkumu byly zahrnuty jak velmi malé školy tak i středněvelké a velké školy ze severního Thajska. Test byl zadán 127 mužům a 273 ženám. Výzkum mimo jiné ukázal, že nejvíce bodů studenti získali v oblastech zachování. Ženy dosáhly vyšší úspěšnosti v oblastech poměrového myšlení a identifikace a kontroly změny, v ostatních oblastech uspělo více mužů [24].

V České republice se měřením úrovně vědeckého myšlení zabývala např. vědecká skupina Nováková, Chytrý a Říčan, kteří prezentovali výsledky z roku 2017 v *Scientia in educatione*. Tohoto výzkumu se zúčastnilo 125 studentů oboru učitelství pro 1. stupeň v různých ročnících studia. Průměrná úspěšnost v testu byla 30 %, což odpovídá konkrétně operační úrovni myšlení. Konkrétní operace testují úlohy 1–4, které také podle výzkumu byly nejúspěšnější a úlohy správně vyřešilo více než 40 % studentů. Úspěšnost v oblastech formálního myšlení byla nižší než 30 %. Nejméně uspěli studenti v oblasti poměrového myšlení, identifikace a kontroly změny či v pravděpodobnostním myšlení. Autoři výzkumu také zjistili, že existuje statisticky významný rozdíl mezi absolventy gymnázií a jiných středních škol, přičemž absolventi gymnázií dosahují vyšších výsledků. Ověření hypotézy bylo provedeno pomocí Mann-Whitney-

ho U testu na 1% hladině významnosti. Studie se také zaměřila na závislost celkového skóre na věku studenta, avšak tato hypotéza nebyla verifikována. Výzkum se mimo jiné zabýval metakognitivním monitorováním, což je proces, při kterém si student uvědomuje kvalitu svého porozumění [21]. Bylo ukázáno, že existuje korelace mezi výkonem studenta a hodnotou přesnosti metakognitivního monitorování. Dále bylo prokázáno, že studenti se nadhodnocují a byl potvrzen obecně míněný předpoklad, že ani dospělí nejsou schopni adekvátní míry sebehodnocení [21].

Hejnova v roce 2017 realizovala výzkum, do kterého bylo zapojeno 165 žáků ve věku 14–15 let. Autorka výzkumu uvádí, že např. v oblasti identifikace a kontroly změny nebo pravděpodobnostního myšlení více než polovina žáků nezískala žádný bod. Pouze v oblasti zachování a pravděpodobnostního myšlení žáci základních škol a nižšího gymnázia měli úspěšnost vyšší než 30 %. V ostatních oblastech se úspěšnost pohybovala mezi 20–30 % [10]. I přestože autorka výzkumu upozorňuje na fakt, že tyto výsledky jsou ve srovnání se zahraničními studii podprůměrné, žáci dosáhli lepších výsledků než studenti pedagogické fakulty ve výše zmíněném výzkumu. S přihlédnutím k faktu, že zahraniční studie prokázali pozitivní vliv úrovně vědeckého myšlení učitele na rozvoj myšlení žáka, je tato skutečnost znepokojující. Velmi dobrých výsledků dosáhli žáci ve výzkumu vedeném Dvořákovou, kdy průměrný bodový zisk žáků dokončujících základní vzdělávání byl 14,8 bodu [10]. Tento úspěch autorka připisuje především badatelskému a konstruktivistickému vedení výuky.

Výsledky studentů bakalářského studia MFF UK nám byly poskytnuty RNDr. Irenou Dvořákovou, Ph.D a byly analyzovány v [12]. V průběhu testování v letech 2011–2018 bylo zaznamenáno 9,3 % studentů na úrovni konkrétních operací a to pouze v prvním ročníku studia. 50 % a více studentů daného ročníku MFF UK již dosáhlo formálně operačního myšlení. V žádném ročníku studia nebyla úspěšnost v některé oblasti nižší než 50 %. Nejnižší skóre na MFF bylo 6 bodů, sedm studentů z 81 zúčastněných získalo maximální počet bodů, z toho čtyři studenti 1. ročníku. Medián i modus 1. ročníku MFF UK je 18 bodů.

RNDr. Irena Dvořáková, Ph.D. také centrálně shromažďuje výsledky výzkumů, při kterých byl LCTSR žákům a studentům v ČR zadán. Databáze je vedena od roku 2011, kdy byl test poprvé v České republice zadán [7].

Kapitola 3

Výsledky testování na PřF UPOL

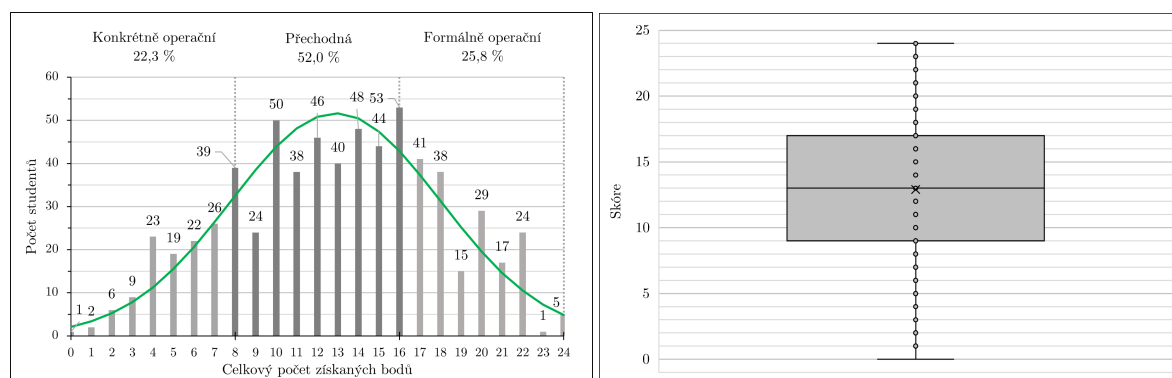
Lawsonův test vědeckého myšlení byl v letech 2018–2021 zadáván na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci studentům bakalářských studijních programů. Výzkumu se zúčastnilo celkem 660 respondentů oborů z oblasti chemie (376), fyziky (16) a informatiky (54) a oborů zaměřených na přípravu budoucích učitelů přírodních věd (212)¹. Respondenti byli většinou studenti 1. ročníku (644). Test byl studentům zadán zpravidla v prvních týdnech zimního semestru, tak aby výsledky nebyly ovlivněny jejich zkušenostmi se studiem na vysoké škole a odpovídaly způsobu uvažování žáků na konci středoškolského studia. Pouze 16 studentů zapojených do výzkumu bylo ve vyšším ročníku, tedy měli zkušenosti s vysokoškolským studiem. Výzkum probíhal v souladu s etickými zvyklostmi, studenti se výzkumu zúčastnili dobrovolně. Pro účely tohoto výzkumu jsme použili českou verzi testu (překlad doc. RNDr. L. Dvořák, CSc.), kterou nám poskytla RNDr. Irena Dvořáková, Ph.D.

Na histogramu získaných bodů v LCTSR (viz obr. 3.1(a)) můžeme vidět, že maximálního počtu bodů dosáhlo 5 respondentů a naopak že nejnižšího možného skóre dosáhl jeden student. Výsledky 147 studentů (22,3 %) odpovídají nejnižší testované úrovni, tedy konkrétně operační. Přibližně jedna čtvrtina testovaných studentů (25,8 %) dosáhla nejvyšší formálně operační úrovně. Zbýlých 343 studentů (52,0 %) má přechodnou úroveň vědeckého myšlení. Vysoká četnost v nejnižší úrovni vědeckého myšlení společně se základními charakteristickými veličinami souboru, jako je průměrný počet získaných bodů v testu 12,9, první kvartil 9, třetí kvartil 17, medián 13 (viz obr. 3.1(b)) a směrodatná odchylka 5,1, mohou naznačovat, že by někteří studenti mohli mít během studia problémy při řešení vědeckých úloh a s porozuměním učivu. Nejčastější výsledek v testu byl 16 bodů, kterého dosáhlo 53 studentů. Míra reliability testu určená pomocí Crombachova $\alpha_{24} = 0,85$ pro hodnocení na základě samostatně hodnocených otázek a $\alpha_{12} = 0,98$ určená na základě dvojúrovňově hodnocených otázek značí homogenitu testu. Stejně hodnoty také dosahuje Kunder-Richarsonův index re-

¹Odborné technické studijní programy budeme v textu označovat jako **neučitelské**. Obory zaměřené na přípravu učitelů budeme nazývat **učitelské**.

liability, který je $r_{21} = 0,85$. V porovnání např. se studií uvedenou v [3] ($\alpha_{12} = 0,76$, $\alpha_{24} = 0,85$) je vnitřní konzistence testu vypočítaná na základě našeho výzkumu vyšší. Na základě výsledků byla také určena hodnota Fergusonovy delty, která měří diskriminační sílu celého testu. Určuje, jak široce je rozloženo celkové skóre vzorku. Pokud test dobře rozlišuje mezi studenty, pak je distribuce celkového skóre široká a Fergusonova delta nabývá hodnoty alespoň 0,9. Hodnota Fergusonovy delty padne do intervalu $< 0; 1 >$. V našem případě je hodnota Fergusonovy delty 0,98, což ukazuje na velkou diskriminační sílu testu.

Levostranně sešikmená křivka hustoty rozdělení ($\gamma_3 = -0,1028$) ukazuje, že většina studentů (53,8 %) dosáhla vyššího výsledku než je průměr. Záporný koeficient špičatosti ($\gamma_4 = -0,6919$) ukazuje, že rozdělení je platykurtické oproti normálnímu rozdělení se stejným průměrem a směrodatnou odchylkou.



(a) Histogram s vyznačenými úrovněmi vědeckého (b) Krabicový graf znázorňující rozložení výsledků myšlení

Obrázek 3.1: Celkové skóre v LCTSR

Oproti studentům pražské univerzity vykazují studenti PŘF nižší úroveň vědeckého myšlení. Nižší celkové skóre v testu mají také respondenti zapojeni do tohoto výzkumu oproti studentům v USA a Číně [1]. Naopak lepších výsledků bylo dosaženo ve srovnání s výsledky publikovanými např. v [21] z českých studií nebo v [23] z Indonésie.

Tabulka 3.1: Srovnání výsledků studentů 1. a vyšších ročníků

	N	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	Ú-KO	Ú-P	Ú-FO
Celkový soubor	660	12,9	5,1	13	9	17	22,3 %	52,0 %	25,8 %
1. ročník	644	12,9	5,1	13	9	17	22,5 %	51,7 %	25,8 %
Vyšší ročníky	16	14,7	3,8	16	12	17	12,5 %	56,3 %	31,5 %

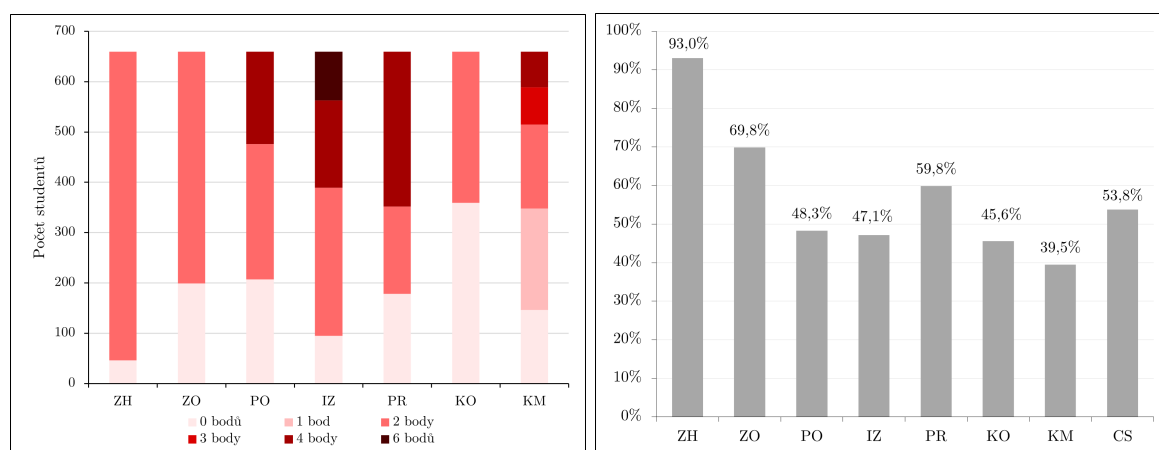
Z analýzy dat vyplývá, že úroveň vědeckého myšlení studentů na počátku studia je nižší, než po zkušenostech s vysokoškolským studiem. V tabulce 3.1 jsou uvedeny základní charakteristické veličiny výsledků studentů 1. ročníku a studentů ve vyšším

ročníku. Stejná rostoucí tendence byla zaznamenána na MFF UK [12]. Podle Dvořákové [10] studenti vyšších ročníků PřF UPOL dosahují podobných výsledků jako žáci 9. třídy, kteří jsou vzdělávání badatelským a konstruktivistickým přístupem.

V závislosti na způsobu hodnocení testu (viz kapitola 2.2) a počtu otázek z dané oblasti, bylo možné dosáhnout v testovaných oblastech myšlení různého počtu bodů. V tabulce 3.2 a na obrázku 3.2(a) jsou uvedeny četnosti bodových zisků. V oblastech zachování hmotnosti a zachování vytlačeného objemu nejčastěji studenti dosahovali maximálního počtu bodů, tedy dvou. Také v oblasti poměrového myšlení a identifikace a kontroly změny byl medián dva body. Naopak v oblasti pravděpodobnostního myšlení bylo dosaženo nejčastěji maximálních čtyř bodů. Vysoká četnost studentů, kteří nezískali v oblasti korelačního myšlení žádný bod, je pravděpodobně odrazem faktu, že tato oblast byla testována pouze jedinou dvojicí úloh. V oblasti kombinačního myšlení byly dvě poslední otázky hodnoceny samostatně, což je příčinou toho, že v této oblasti studenti získali i liché počty bodů. Nejčastější bodový zisk je jeden bod.

Tabulka 3.2: Získané počty bodů v jednotlivých oblastech myšlení

	ZH	ZO	PO	IZ	PR	KO	KM
0	46	199	207	95	178	359	146
1	-	-	-	-	-	-	202
2	641	461	269	294	174	301	167
3	-	-	-	-	-	-	74
4	-	-	184	174	308	-	71
6	-	-	-	97	-	-	-



(a) Získané počty bodů v jednotlivých oblastech (b) Úspěšnost v jednotlivých testovaných oblastech

Obrázek 3.2: Výsledky v jednotlivých oblastech

V předešlých kapitolách již bylo zmíněno, že LCTSR testuje sedm oblastí vědeckého myšlení. Nejvyšší úspěšnosti dosahovali studenti v oblastech zachování hmotnosti (úspěšnost 93 %) a zachování vytlačeného objemu (úspěšnost 69,8 %). Jako nejnáročnější se jeví oblasti kombinačního myšlení (úspěšnost 39,5 %) a oblast korelačního myšlení s úspěšností 45,6 % (viz obr. 3.2(b)). Jako úspěšnost v dané oblasti považujeme poměr průměrného počtu získaných bodů v oblasti ku počtu maximálního bodového zisku za úlohy testující konkrétní oblast vědeckého myšlení.

Pro zjištění do jaké míry spolu výsledky v jednotlivých oblastech souvisí a do jaké míry souvisí s celkovým skóre v testu jsme vypočítali Pearsonův korelační koeficient (viz obr. 3.3). Nejvíce s celkovým skóre korelují výsledky z oblastí identifikace a kontroly změny a pravděpodobnostního myšlení. Naopak nejmenší vztah s celkovým skóre mají výsledky z oblasti zachování hmotnosti a korelačního myšlení. Nejmenší korelace celkového skóre je většinou s oblastmi, které byly testovány jen jednou otázkou (ZH, ZO, KO). Mezi jednotlivými oblastmi je korelace volná (korelační koeficient $< 0,5$).

	ZH	ZO	PO	IZ	PR	KO	KM	CS
ZH	1	0,079	0,05	0,12	0,065	0,012	0,1	0,22
ZO	0,079	1	0,28	0,27	0,25	0,18	0,19	0,53
PO	0,05	0,28	1	0,27	0,34	0,16	0,14	0,63
IZ	0,12	0,27	0,27	1	0,29	0,25	0,24	0,70
PR	0,065	0,25	0,34	0,29	1	0,22	0,23	0,68
KO	0,012	0,18	0,16	0,25	0,22	1	0,17	0,48
KM	0,1	0,19	0,14	0,24	0,23	0,17	1	0,52
CS	0,22	0,53	0,63	0,70	0,68	0,48	0,52	1

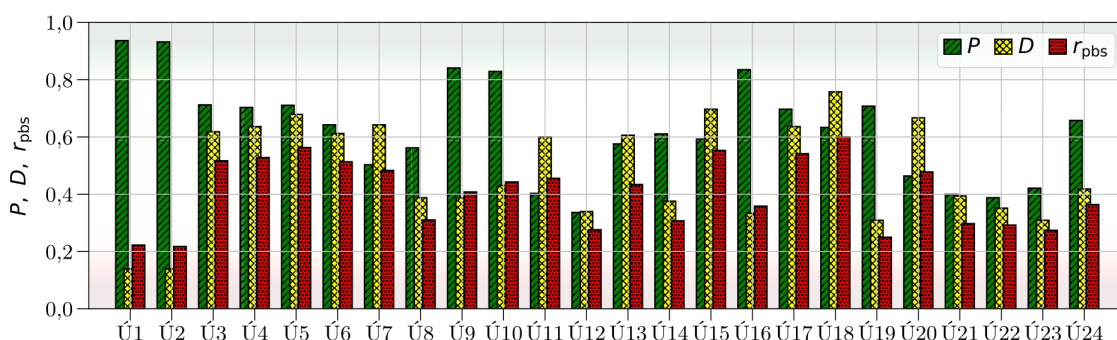
Obrázek 3.3: Korelace mezi jednotlivými oblastmi vědeckého myšlení a celkovým skóre v LCTSR

(ZH-zachování hmotnosti, ZO-zachování vytlačeného objemu, PO-poměrové myšlení, IZ-identifikace a kontrola změny, PR-pravděpodobnostní myšlení, KO-korelační myšlení, KM-kombinační myšlení, CS-celkové skóre)

Jednou ze základních charakteristik jednotlivých testových otázek je index obtížnosti P , který v procentech udává poměr mezi počtem studentů, kteří zodpověděli otázku správně, a celkovým počtem studentů. Za otázku s velmi nízkou obtížností považujeme tu, jejíž index obtížnosti je vyšší než 80 %. Naopak index obtížnosti nižší než 20 % vypovídá o vysoké obtížnosti otázky. Nejvhodnější vlastnosti pak mají otázky s indexem obtížnosti kolem 50 % [14]. Nejvyšší index obtížnosti jsme zaznamenali u otázek 1 ($P_1 = 94\%$) a 2 ($P_2 = 93\%$). Tyto otázky lze tedy považovat za velmi jednoduché. Výše zmíněné kritérium jednoduchých otázek dále splňují otázky 9 ($P_9 = 84\%$), 10 ($P_{10} = 83\%$) a 16 ($P_{16} = 83\%$). Na obrázku 3.4 je vidět, že ostatní otázky nejsou ani příliš snadné ani příliš náročné ($P_i \in \langle 20; 80 \rangle$, $\bar{P} = 0,63$).

Otázka s nejnižším indexem obtížnosti, tedy otázka s nejnižším podílem správných odpovědí, je úloha číslo 12 ($P_{12} = 34\%$). Otázky s indexem obtížnosti přibližně 50 % jsou otázky 7 ($P_7 = 50\%$) a 20 ($P_{20} = 0,46\%$).

Bodový biseriální koeficient r_{pbs} , označovaný též jako index spolehlivosti, popisuje míru konzistence testové otázky s celým testem. V podstatě se jedná o korelační koeficient mezi celkovým skóre v testu a úspěšností řešení dané položky. Bodový biseriální koeficient nabývá hodnot $r_{\text{pbs}} \in \langle -1; 1 \rangle$, a položka je považována za spolehlivou, je-li $r_{\text{pbs}} \geq 0,2$ [13]. V našem výzkumu nebyla nalezena otázka s indexem spolehlivosti nižším než je tato doporučená hodnota (viz obr. 3.4). Průměrná hodnota bodového biseriálního koeficientu je $\bar{r}_{\text{pbs}} = 0,40$.



Obrázek 3.4: Index obtížnosti položky P , Diskriminační index D a bodový biseriální koeficient r_{pbs}

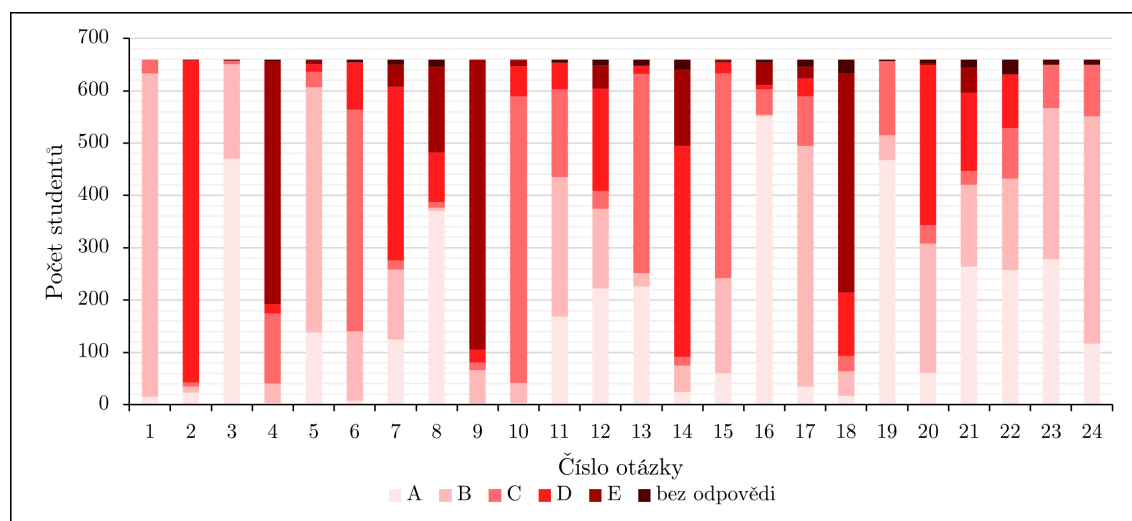
Míru síly diskriminace testové položky, tedy schopnost odlišit studenty s lepším celkovým skóre od studentů s nižším, popisuje index diskriminace D . Hodnota indexu se pohybuje v intervalu $D \in \langle -1; 1 \rangle$ Rozdělení skupin na studenty s vyšším a nižším skóre jsme udělali na základě kvartilů. Množina H (vyšší skóre) a množina L (nižší skóre) mají stejnou mohutnost a jde o 25 % studentů s nejvyšším resp. nejnižším dosaženým skóre. Diskriminační index je pak dán vztahem $D = \frac{N_H - N_L}{N/4}$, kde N je celkový počet respondentů. Položka je obvykle považována za úlohu s dobrou diskriminační schopností, pokud $D \geq 0,3$ [13]. V našem případě nejnižší diskriminační koeficient mají položky 1, 2, 19, 23. Naopak vysoký diskriminační koeficient mají položky 3, 4, 5, 15, 18 a 20 (viz obr. 3.4). Průměrný diskriminační koeficient je $\bar{D} = 0,48$.

Četnosti odpovědí na každou z nabízených možností v jednotlivých úlohách jsou zaznamenány v tabulce 3.3 a na obrázku 3.5, z nichž je patrné jaké distraktory byly studenty voleny nejčastěji. U jediné otázky (úloha č. 23) označilo za správnou odpověď jeden z distraktorů více studentů než byl počet zaznamenaných správných odpovědí. Počet studentů, kteří neoznámili žádnou z nabízených odpovědí je vždy více u druhé otázky z dvojice úloh. Tento fakt společně s horší úspěšností ve druhé z dvojice otázek, s výjimkou dvojic 7 a 8, 13 a 14 i 15 a 16, by mohl poukazovat na to, že studenti mají

větší problém svoje tvrzení zdůvodnit a obhájit si svůj úsudek než vyřešit danou problémovou úlohu, případně naznačuje, že mohou tipovat.

Tabulka 3.3: Četnosti jednotlivých odpovědí (zeleně zaznačené správné odpovědi, červeně označeny nejčastější chybné odpovědi)

	A	B	C	D	E	b.o.		A	B	C	D	E	b.o.
1	15	618	27	-	-	0	13	226	26	380	16	-	12
2	23	12	8	615	2	0	14	24	51	17	403	145	20
3	470	181	7	-	-	2	15	60	182	391	21	4	2
4	4	37	134	17	464	4	16	551	3	49	8	43	6
5	138	469	29	15	7	2	17	35	460	94	34	23	14
6	8	132	424	90	1	5	18	17	47	30	121	418	27
7	125	133	18	332	42	10	19	467	48	124	-	-	3
8	371	6	10	95	164	14	20	61	247	35	306	3	8
9	3	63	15	24	555	0	21	264	156	27	149	48	16
10	4	38	547	58	12	1	22	257	175	97	102	-	29
11	169	266	168	51	-	6	23	278	289	83	-	-	10
12	222	153	34	195	45	11	24	117	434	99	-	-	10



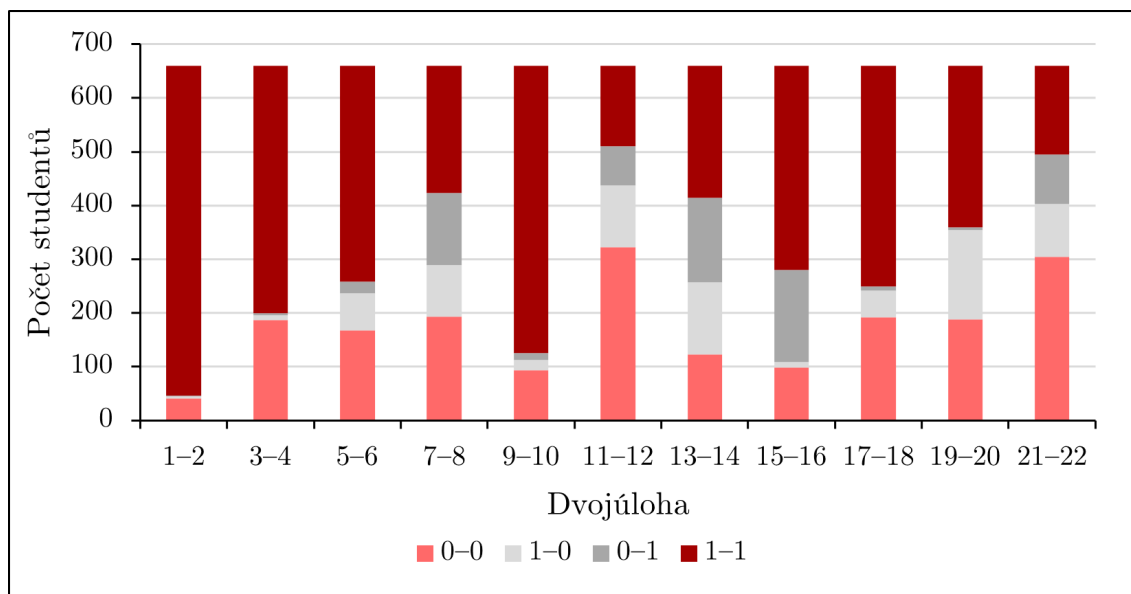
Obrázek 3.5: Četnost odpovědí na jednotlivé otázky

V každé dvouúrovňové otázce studenti mohou odpovídat konzistentně, tzn. zodpoví obě otázky správně (1-1) a získají 2 body, nebo zodpoví obě otázky špatně (0-0) a nezískají žádný bod. V případě nekonzistentní odpovědi, tedy že student odpoví správně z nesprávného důvodu (1-0) a nebo naopak (0-1), nezískává také žádný bod. Přitom podle Han a Bao et. al. by právě tyto nekonzistentní odpovědi mohly poukazovat na nesrovnalosti v zadání některé z otázek. Nekonzistentní odpovědi však také

mohou být zapříčiněny studentovým hádáním správné odpovědi, k čemuž uzavřená otázka může vyzývat [3, 9]. Udělali jsme analýzu konzistence odpovědí a nejvyšší počet dvojic 1-0 či 0-1 jsme zaznamenali u dvojúrovňových úloh 7–8 (231), 11–12 (188), 13–14 (291) a 21–22 (191), více v tab. 3.4 a obr. 3.6. Výpočtem korelačního koeficientu jsme potvrdili, že nejméně konzistentní je právě těchto pět párů úloh (korelační koeficient $\leq 0,4$).

Tabulka 3.4: Konzistence odpovědí

Otázka	0-0	1-0	0-1	1-1	celkem nekonzis- tentních	korelační koeficient
1–2	41	4	1	614	5	0,94
3–4	187	9	3	461	12	0,96
5–6	168	68	23	401	91	0,70
7–8	193	96	135	236	231	0,30
9–10	93	20	12	535	32	0,83
11–12	322	116	72	150	188	0,40
13–14	123	134	157	246	291	0,09
15–16	98	11	171	380	182	0,44
17–18	192	50	8	410	58	0,81
19–20	188	166	5	301	171	0,56
21–22	304	99	92	165	191	0,39



Obrázek 3.6: Konzistence odpovědí na dvojúrovňové otázky

Naším výzkumem jsme potvrdili závěry ze studie, kterou zveřejnil Bao a kol. Autoři studie upozorňují na fakt, že čtyři z pěti položek, které se jeví jako nekonzistentní nebyly obsaženy v původním testu LCTFR-78. Jediná nekonzistentní položka, která v původní verzi byla zařazena, však byla pozměněna kvůli přechodu z otevřené odpovědi na uzavřenou. Han ve své práci také popisuje fakt, že právě v otázce 8 by mohly být dvě odpovědi považovány za správné [9]. Odpověď E, která je autory testu považována za distraktor byla v této otázce nejčastěji volenou špatnou odpovědí. Přikláníme se k názoru Han a také by považovala obě odpovědi za správné. Zmíněná data by mohla ukazovat na nepřesnosti v zadání úloh, které byly k původní verzi testu přidány. Pokud by příčinou nekonzistentní odpovědi mělo být hádání studenta, dá se předpokládat, že by se tento jev vyskytoval u studentů s nižším celkovým skóre.

Pokud bychom test nehodnotili jako dvojúrovňové otázky a každá položka by byla hodnocena samostatně, celkově by se průměrné skóre (AVG) zvýšilo o 2,2 bodu. Při tomto stylu hodnocení bychom zaznamenali pouze 61 studentů (9,2 %) s konkrétně operačním myšlením (Ú-KO), 319 studentů (48,3 %) studentů na úrovni přechodné (Ú-P) a 326 studentů (49,4 %) s formálně operačním myšlením (Ú-FO). Tato data by více odpovídala Piagetově teorii kognitivního vývoje, ve které je rozvoj formálně operační myšlení popisován u žáků přibližně ve věku 12 let [17]. Směrodatná odchylka (SD) souboru by klesla na 4,1 a zvýšil by se první kvartil ($Q_{0,25}$), medián (MED) i třetí kvartil ($Q_{0,75}$). Srovnání celkových výsledků při jednoúrovňovém a dvouúrovňovém hodnocení je uvedeno v tabulce 3.5.

Tabulka 3.5: Srovnání dvojúrovňového a jednoúrovňového hodnocení

	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	Ú-KO	Ú-P	Ú-FO
jednoúrovňové	15,1	4,1	16	12	18	9,2 %	48,3 %	49,4 %
dvojúrovňové	12,9	5,1	13	9	17	22,3 %	52,0 %	25,8 %

3.1 Interpretace výsledků v závislosti na oboru studia

Z celkového počtu 660 respondentů se testování zúčastnilo 376 studentů oborů z oblasti chemie², 16 studentů fyziky³, 54 studentů oborů z oblasti informatiky⁴, student ekologie a ochrany životního prostředí, student aplikované matematiky a 212 studentů učitelských oborů přírodovědných předmětů. Výsledky studenta matematiky a ekolo-

²Obory oblasti chemie zapojené do výzkumu jsou: anorganická chemie, aplikovaná chemie, bioanorganická chemie, biochemie, chemie-analytik specialista, chemie, nanomateriálová chemie aj.

³Obory z oblasti fyziky: biofyzika, molekulární biofyzika, přístrojová fyzika, počítačová fyzika

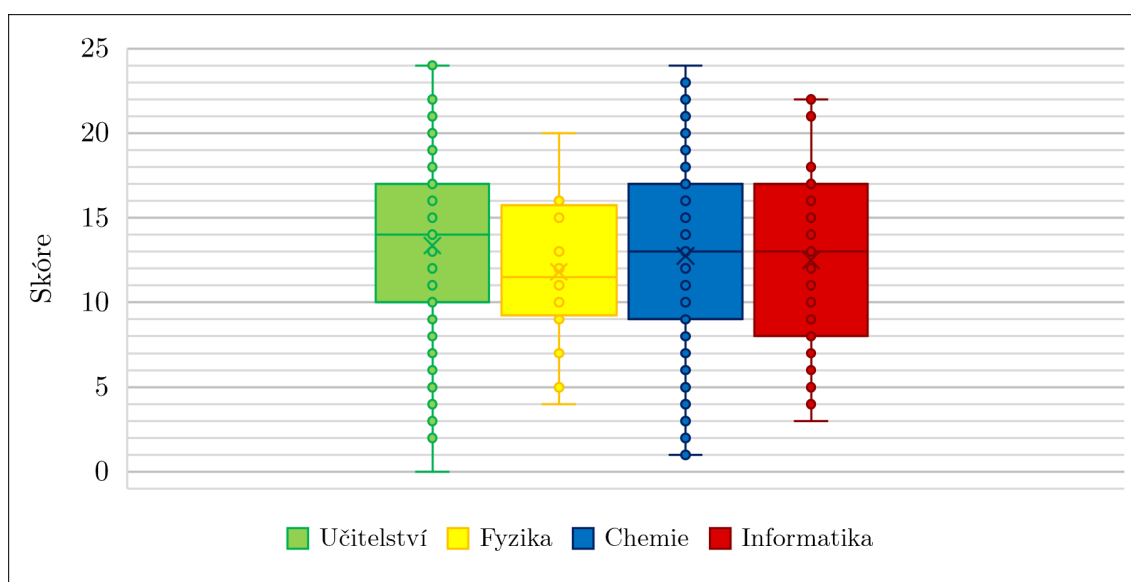
⁴Obory z oblasti informatiky: aplikovaná informatika, bioinformatika, informační technologie, informatika, informatika-programování

gie nejsou v této části analýzy dat započítány z důvodů nízké četnosti zastoupení dané oblasti studia.

Nejčastěji zastoupenou úrovní vědeckého myšlení ve všech zapojených oblastech studia je, stejně jako v celkovém souboru, přechodná úroveň (P úroveň). Druhou nejčastěji zastoupenou úrovní vědeckého myšlení je u oborů učitelství, fyzika a informatika úroveň formálních operací (FO úroveň). Naopak u chemie je to úroveň konkrétních operací (KO úroveň), což se liší od výsledků celého souboru. Průměrný bodový zisk všech zkoumaných oborů se výrazně neliší, stejně jako medián, první a třetí kvartil (viz tab. 3.6 a obr. 3.7).

Tabulka 3.6: Výsledky LCTSR podle studijního oboru

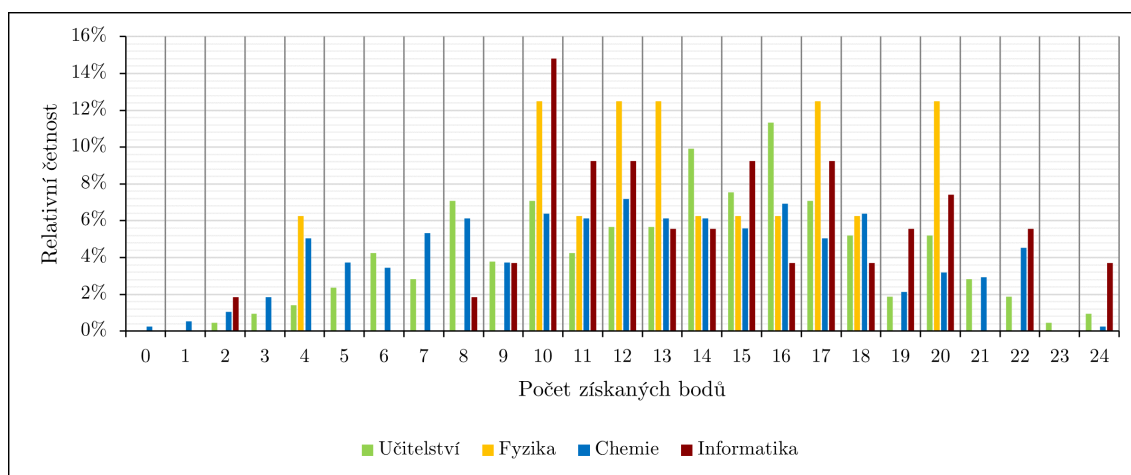
	Učitelství		Fyzika		Chemie		Informatika	
Průměr	13,37	55,7 %	13,88	57,8 %	12,37	51,5 %	14,50	60,4 %
Medián	14	58, %	13,5	56,3 %	12	50,0 %	14	58,3 %
1. kvartil	10,0	41,7 %	11,8	49,0 %	8,0	33,3 %	11	45,8 %
3. kvartil	17,0	70,8 %	17,0	70,8 %	16,0	66,7 %	17,8	74,0 %
Modus	16	66,7 %	-	-	12	50,0 %	10	41,7 %
Maximum	24	100,0 %	20	83,3 %	24	100,0 %	24	100,0 %
Minimum	2	8,3 %	4	16,7 %	0	0,0 %	2	8,3 %
KO úroveň	41	19,3 %	1	6,3 %	103	27,4 %	2	3,7 %
P úroveň	117	55,2 %	10	62,5 %	181	48,1 %	33	61,1 %
FO úroveň	54	25,5 %	5	31,3 %	92	24,5 %	19	35,2 %



Obrázek 3.7: Krabicový graf zobrazující celkové skóre podle oboru studia

Četnost celkového skóre testu je mírně ovlivněna rozdílným počtem respondentů v jednotlivých oborech vzdělávání, jak ukazuje obrázek 3.8. Studenti učitelství často

dosahovali bodového zisku mezi 14–17 body a také osmi a desíti bodů. Všichni studenti učitelství získali alespoň 2 body, pouze jeden student dosáhl celkového skóre 23 bodů. Nejčastěji dosahované skóre mezi studenty fyziky bylo 10, 12, 13, 17 a 20 bodů. Nejnižší bodový zisk respondenta z této oblasti vzdělávání byly čtyři body. Jediné celkové skóre 23 bodů nebylo zastoupeno mezi studenty chemie. Jeden student chemie nedosáhl v testu jediného bodu, dva studenti získali jeden bod a stejně tak jeden student dosáhl maximálního bodového zisku. Nejvíce studenti chemie dosahovali skóre 12, 16, 10 a 18 bodů. Nejvíce studentů informatiky dosáhlo deseti bodů a shodně pět studentů informatiky získalo 11, 12, 15 a 17 bodů.



Obrázek 3.8: Histogram celkového skóre podle oboru studia

Nejúspěšnější oblastní pro všechny obory studia byla oblast zachování hmotnosti. Zde maximální počet dvou bodů získalo 94,8 % studentů učitelství, 93,8 % studentů fyziky, 91,8 % respondentů studujících chemii a 94,4 % studentů informatiky. Další oblastí, která byla testována jedinou dvojicí otázek byla oblast vytlačeného objemu, kde si nejlépe vedli studenti informatiky (úspěšnost 85,2 %) a nejméně úspěšná byla tato oblast pro studenty chemie (úspěšnost 64,1 %). Poslední oblastí vědeckého myšlení, ve které byl bodový zisk pouze nula nebo dva body, je oblast korelačního myšlení. V této oblasti si nejlépe vedli studenti fyziky (úspěšnost 62,5 %) a nejhůře studenti učitelství (úspěšnost 44,3 %) a podobně studenti chemie (úspěšnost 44,4 %). Oblasti poměrového myšlení a pravděpodobnostního myšlení byly testovány dvěma dvojicemi úloh, studenti tedy mohli získat dva nebo čtyři body, případně v těchto oblastech neuspět a nezískat žádný bod. Nejvíce studentů učitelství v oblasti poměrového myšlení získalo dva body (úspěšnost 42,5 %) a v oblasti pravděpodobnostního myšlení 50,9 % studentů učitelství získalo maximální počet bodů v dané oblasti. Právě jedna polovina studentů fyziky získala dva body v úlohách zaměřených na poměrové myšlení a stejná část získala čtyři body v oblasti pravděpodobnostního myšlení. V této oblasti také uspělo 42,3 % studentů chemie. V oblasti poměrového myšlení 36,4 % studentů nezískalo žádný bod a shodná část získala dva body. Více než polovina studentů

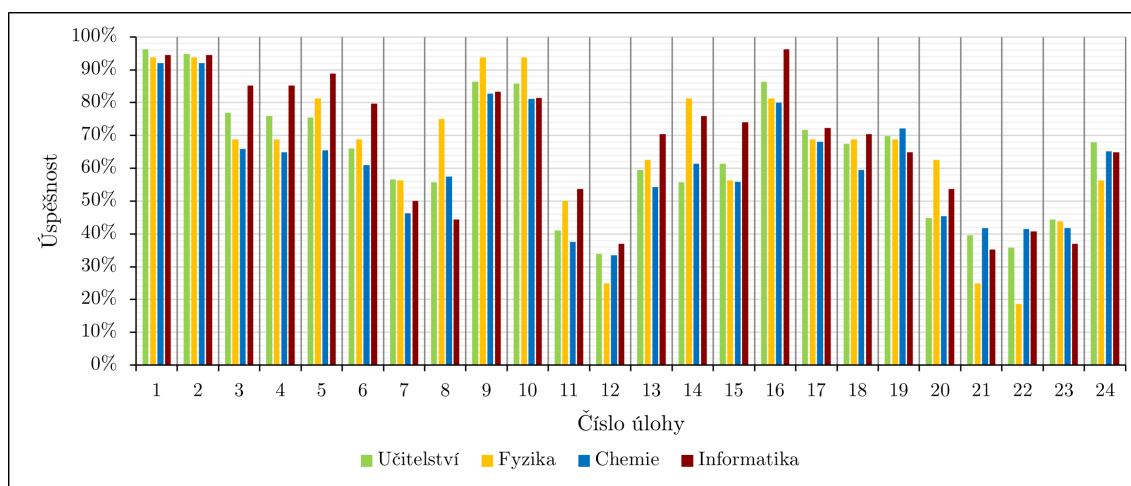
informatiky získala 2 body v oblasti poměrového myšlení (úspěšnost 59,3 %) a čtyři body v oblasti pravděpodobnostního myšlení (úspěšnost 57,4 %). Oblastí s největším možným bodovým ziskem šesti bodů byla oblast identifikace a kontroly změny. Maximálního počtu bodů dosáhla čtvrtina studentů fyziky, 20,4 % studentů chemie, 15,1 % studentů učitelství a 13,3 % studentů chemie. Pro obor fyzika je nejvyšší četnost v této oblasti čtyři body, u ostatních oborů jsou to dva body. Jelikož poslední dvě otázky z oblasti kombinačního myšlení byly hodnoceny samostatně, studenti v této oblasti mohli získat nula, jeden, dva, tři či čtyři body. Nejvyšší četnosti u studentů chemie, informatiky a učitelství jsou dva body, u studentů fyziky jeden bod (viz tab. 3.7).

Tabulka 3.7: Úspěšnost v jednotlivých oblastech podle oboru, hodnoty uvedeny v %

	ZH	ZO	PO	IZ	PR	KO	KM	
Učitelství	0	5,2	24,1	27,8	12,3	24,5	55,7	21,7
	1							27,4
	2	94,8	75,9	42,5	46,2	24,5	44,3	28,8
	3							12,3
	4			29,7	26,4	50,9		9,9
	6				15,1			
Fyzika	0	6,3	31,3	18,8	6,3	25,0	37,5	31,3
	1							37,5
	2	93,8	68,8	50,0	31,3	25,0	62,5	31,3
	3							0,0
	4			31,3	37,5	50,0		0,0
	6				25,0			
Chemie	0	8,2	35,9	36,4	16,8	30,1	55,6	21,8
	1							31,1
	2	91,8	64,1	36,4	44,9	27,7	44,4	23,4
	3							12,0
	4			27,1	25,0	42,3		11,7
	6				13,3			
Informatika	0	5,6	14,8	14,8	7,4	16,7	46,3	22,2
	1							37,0
	2	94,4	85,2	59,3	38,9	25,9	53,7	24,1
	3							5,6
	4			25,9	33,3	57,4		11,1
	6				20,4			

Otázky s nejvyšší úspěšností napříč obory jsou otázky 1 a 2. Úspěšnost těchto otázek je u všech oborů více než 90%. Další otázky, které byly u všech oborů velmi

úspěšné (více než 80 % studentů z každého zkoumaného oboru zodpovědělo otázku správně), jsou 9, 10 a 16. Naopak jako otázky s nejnižší úspěšností napříč obory můžeme označit otázky 12, 21, 22 a 23. V těchto otázkách je úspěšnost všech oborů nižší než 50 %. Největší rozdíl v úspěšnosti na otázky jedné testované oblasti byl zaznamenán v oblasti identifikace a kontrola změny u studentů fyziky. Nejúspěšnější otázka byla desátá (úspěšnost 93,8 %) a nejméně úspěšná otázka číslo 12 (úspěšnost 25,0 %). Obě otázky jsou druhé z dvojice úloh, tedy zaměřené na zdůvodnění odpovědi na předchozí otázku. Nejvyšší úspěšnost mají studenti informatiky na otázku 16 (úspěšnost 96,3 %). Nejnižší úspěšnost, a zároveň jediná pod 20 %, je u studentů fyziky na otázku 22. Největší rozdíl úspěšností jednotlivých oborů je u otázky osm, kdy rozdíl mezi učitelstvím (úspěšnost 56,6 %) a chemií (úspěšnost 46,3 %) je více než 30 %, dále v otázce číslo 14 mezi fyzikou (úspěšnost 81,3 %) a učitelstvím (úspěšnost 55,7 %) a v otázce číslo šest mezi informatikou (úspěšnost 88,9 %) a chemií (úspěšnost 65,4 %). Nejmenší rozdíl úspěšností je potom v otázkách číslo dva (rozdíl úspěšností 2,8 %), 17 (rozdíl úspěšností 4,1 %) a jedna (rozdíl úspěšností 4,2 %), více na obr. 3.9.

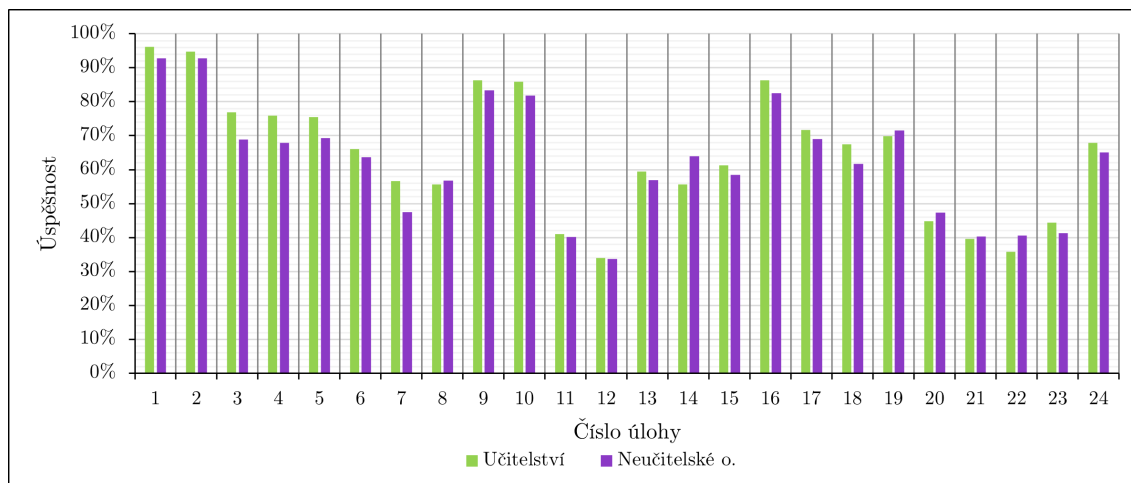


Obrázek 3.9: Úspěšnost řešení jednotlivých otázek podle oborů

Průměrný rozdíl mezi extrémy v úspěšnosti jednotlivých oborů je 14,8 %. Mezi studenty učitelství a chemie byla vždy nejčastěji označovaná odpověď správná. Mezi studenty informatiky byl jako správná odpověď na otázku číslo 23 nejčastěji označován jeden z distraktorů. Stejnou četnost označení správné odpovědi a jednoho z distraktorů na otázku 8 jsme zaznamenali taktéž u studentů informatiky. Studenti fyziky dvakrát označili častěji distraktor než správnou odpověď, a to u otázek 12 a 22 (viz tabulka v příloze B2).

Úspěšnosti řešení jednotlivých otázek učitelských i neučitelských oborů jsou velmi podobné. Ve dvou třetinách otázek mají studenti učitelství větší úspěšnost řešení než studenti odborných neučitelských oborů. Největší zaznamenaný rozdíl je v otázce 7, kde se úspěšnost učitelských oborů od neučitelských liší o 9,3 %. Více než 8 % je

rozdíl úspěšností také v otázkách 3 a 4. Ve všech třech případech mají větší úspěšnost studenti učitelství. V otázce 14 je rozdíl úspěšností 8,0 %, přičemž více uspěli studenti neučitelských oborů. Rozdíly menší než je jedno procento jsou u otázek 8, 12 a 21 (viz obr. 3.10). Studenti neučitelských oborů v otázce 23 zvolili častěji jeden z distraktorů než správnou odpověď. Studenti učitelství vždy nejčastěji označili správnou odpověď na příslušnou otázku (viz tabulka v příloze B1).



Obrázek 3.10: Porovnání četností odpovědí na jednotlivé otázky mezi studenty učitelských a neučitelských oborů

Na základě analýzy dat byly formulovány hypotézy:

- H_0 : Studenti učitelských oborů dosahují na počátku studia stejné úrovně vědeckého myšlení jako studenti odborných neučitelských oborů.
- H_1 : Studenti učitelských oborů dosahují na počátku studia rozdílné úrovně vědeckého myšlení než studenti odborných neučitelských oborů.

K vyhodnocení byl využit Mann-Whiteyho neparametrický U-test a Studentův t-testu. Testování proběhlo na 5% hladině významnosti.

Rozdíl mezi těmito dvěma skupinami nebyl statisticky významný, rozdělení jsou stejná ($U = 43935.0$, $p = 0,066$), hypotézu H_0 na základě Mann-Whitneyho testu nezamítáme. Stejně tak Studentův t-test neprokázal statisticky významný rozdíl mezi průměrným skóre skupin ($t = 1,631$, $p = 0,104$). Na základě tohoto testu také hypotézu H_0 nezamítáme.

Můžeme konstatovat, že studenti učitelství dosahují stejných výsledků v Lawsonově testu vědeckého myšlení a úrovně vědeckého myšlení jako studenti odborných programů, což vyvrací názor, že učitelské studijní programy si vybírají studenti s horšími předpoklady ke studiu technických a vědeckých disciplín. Ve srovnání se studii [21] a [23] jsme ukázali, že studenti učitelských oborů nedosahují podprůměrného skóre, nicméně je důležité upozornit na fakt, že ve zmíněných studiích byli testováni studenti

pedagogických fakult. Ve výzkumu [21] dokonce bylo hodnoceno vědecké myšlení respondentů studující učitelství 1. stupně. Oproti tomu náš výzkum se zabýval studenty PŘF začínající studium učitelství pro 3. stupeň vzdělávání, což může být důvodem specifického závěru, který v tuto chvíli nemůžeme srovnávat s další podobnou studií.

3.2 Interpretace výsledků podle pohlaví respondenta

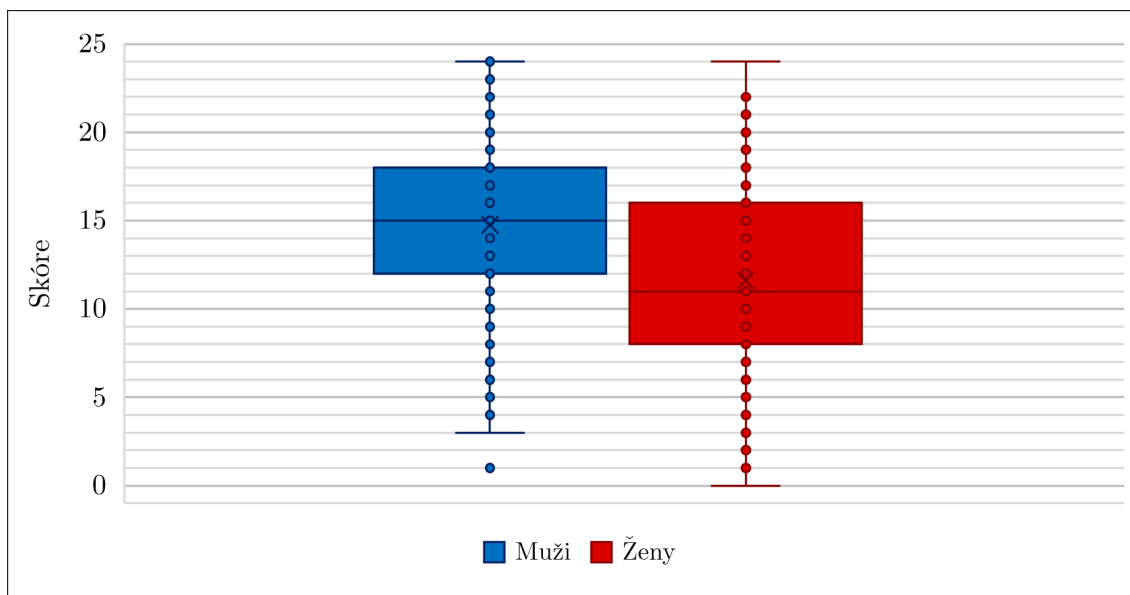
Výzkumu se zúčastnilo celkem 386 žen a 274 mužů. Nejvíce žen se nachází na přechodné úrovni myšlení (51,3 %), dále na konkrétně operační úrovni (31,1 %) a nejméně z nich na nejvyšší formálně operační úrovni (17,6 %). Stejně tak je přechodná úroveň nejvíce zastoupená u mužů (52,9 %), 37,2 % mužů dosáhlo nejvyšší úrovně vědeckého myšlení. Na nejnižší testované úrovni se nachází necelá desetina zúčastněných mužů (9,9 %). Rozdíl mezi průměrným celkovým skórem žen (11,59 bodu) a mužů (14,75 bodu) je více než 3 body. Medián, modus i první kvartil žen je posunutý o čtyři body níže než mužů. Rozdíl třetích kvartilů jsou body dva (viz tab. 3.8, obr. 3.11).

Tabulka 3.8: Výsledky LCTSR podle pohlaví

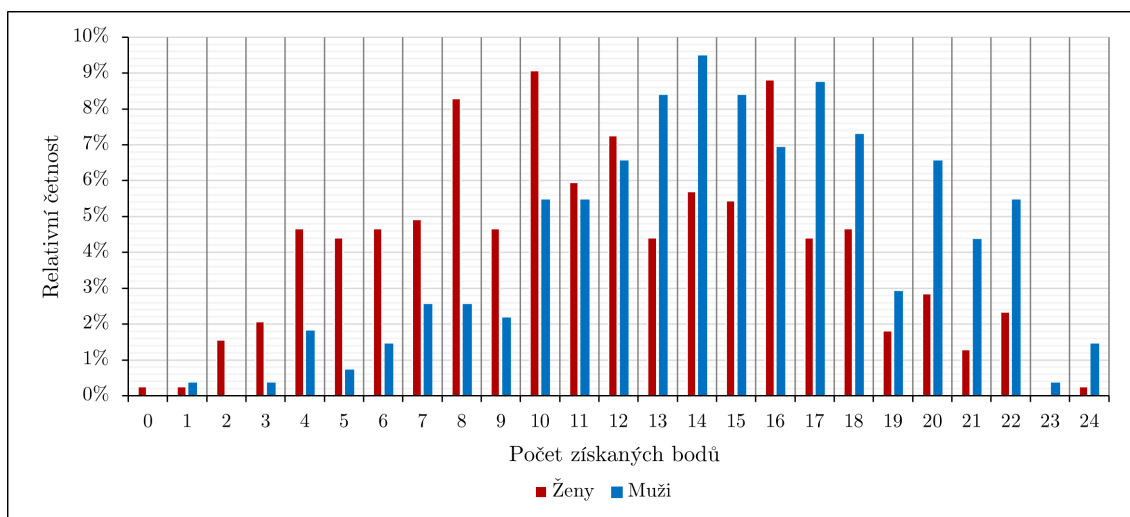
	Ženy		Muži	
Průměr	11,59	48,3 %	14,75	63,5 %
Sm. odchylka	5,05		4,61	
Medián	11	45,8 %	15	62,5 %
1. kvartil	8	33,3 %	12	50,0 %
3. kvartil	16	66,7 %	18	75,0 %
Modus	10	41,7 %	14	58,3 %
Maximum	24	100,0 %	24	100,0 %
Minimum	0	0,0 %	1	4,2 %
KO úroveň	120	31,1 %	27	9,9 %
P úroveň	198	51,3 %	145	52,9 %
FO úroveň	68	17,6 %	102	37,2 %

Zatímco u žen je nejvíce dosahované celkové skóre 10, 16, 8 nebo 12 bodů, nejvíce mužů dosáhlo 14, 17, 15 či 13 bodů. Naopak nejméně zastoupená celková skóre u žen a mužů jsou velmi podobná. Žádná žena nedosáhla 23 bodů a vždy jedna žena získala 0, 1 a 24 bodů. U mužů byla četnost nula zaznamenána u celkového skóre 0 a 2 body a vždy jeden muž získal 23 bodů, 1 a 3 body (viz obr. 3.12). Z histogramu je patrné, že rozložení celkového skóre se mezi muži a ženami výrazně liší.

Oblast s nejvyšší úspěšností u žen i mužů je oblast zachování hmotnosti, kde shodně uspělo 93,0 % žen a 93,1 % mužů. Větší rozdíl byl v úspěšnostech v dalších dvou oblastech testovaných pouze jednou dvouúrovňovou otázkou a to v oblasti zachování



Obrázek 3.11: Krabicový graf zobrazující celkové skóre podle pohlaví studenta



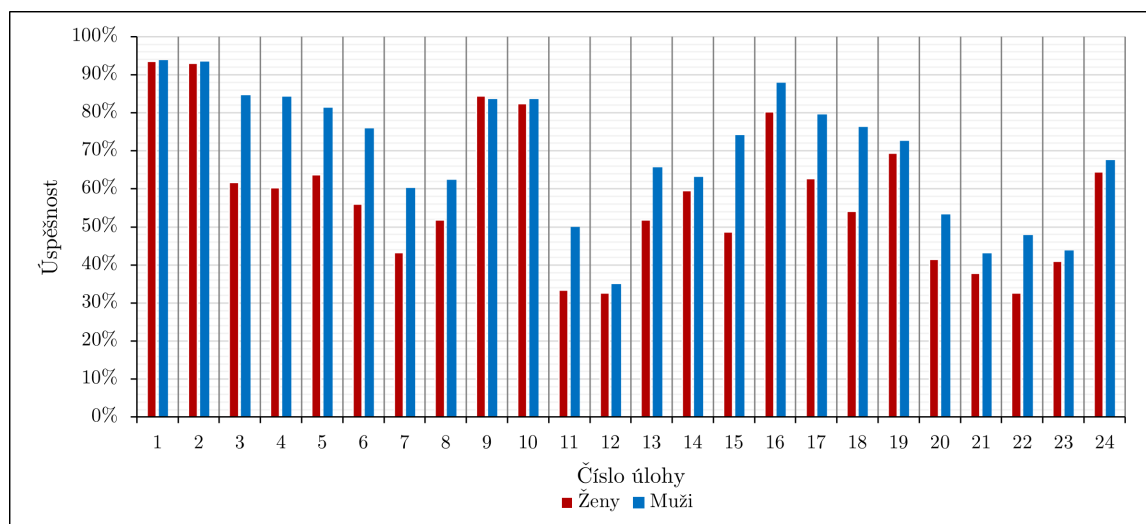
Obrázek 3.12: Histogram celkového skóre podle pohlaví

vytlačeného objemu (ženy 59,8 %, muži 83,9 %) a korelačního myšlení (ženy 40,7 %, muži 52,6 %). V oblasti poměrového myšlení bylo možné získat nula bodů (ženy 39,9 %, muži 19,3 %), dva body (ženy 37,8 %, muži 44,9 %) nebo čtyři body (ženy 22,3 %, muži 35,8 %). Stejně bodové zisky byly možné také v oblasti pravděpodobnostního myšlení, kde jsou rozdíly mezi úspěšnostmi žen a mužů větší. Zatímco u žen jsou všechny tři bodové zisky zastoupeny téměř stejně (nula bodů 35,8 %, dva body 28,5 %, čtyři body 35,8 %), většina mužů získala v této oblasti maximální možná počet bodů a přibližně čtvrtina získala dva body (nula bodů 14,6 %, dva body 23,4 %, čtyři body 62,0 %). V této oblasti jsou zaznamenány největší rozdíly mezi pohlavími. V oblasti identifikace a kontroly změny, kde bylo možné získat nula bodů (ženy 16,8 %, muži 10,9 %), dva body (ženy 47,2 %, muži 40,9 %), čtyři body (ženy 24,1 %, muži 29,6 %), nebo šest

bodů (ženy 11,9 %, muži 18,6 %) jsou naopak rozdíly mezi pohlavími po oblasti zachování hmotnosti nejmenší. Velké rozdíly nebyly ani v oblasti kombinatorického myšlení, kde postupně nula, jeden, dva, čtyři, tři a čtyři body získalo 25,1 %, 30,6 %, 26,9 %, 9,1 % a 8,3 % žen a 17,9 %, 30,7 %, 23,0 %, 14,2 % a 14,2 % mužů (viz tab. 3.9).

Tabulka 3.9: Úspěšnost v jednotlivých oblastech podle pohlaví, hodnoty uvedeny v %

	ZH	ZO	PO	IZ	PR	KO	KM
Ženy	0	7,0	40,2	39,9	16,8	35,8	25,1
	1						30,6
	2	93,0	59,8	37,8	47,2	28,5	40,7
	3						9,1
	4			22,3	24,1	35,8	8,3
	6				11,9		
	6						
Muži	0	6,9	16,1	19,3	10,9	14,6	17,9
	1						30,7
	2	93,1	83,9	44,9	40,9	23,4	52,6
	3						14,2
	4			35,8	29,6	62,0	14,2
	6				18,6		
	6						



Obrázek 3.13: Četnost odpovědí na jednotlivé otázky podle pohlaví

Nejmenší rozdíl v úspěšnosti řešení jednotlivých úloh byl v otázce 1 (rozdíl 0,3 %) a 2 (rozdíl 0,4 %). Podobná úspěšnost řešení mužů a žen byla také u otázek 9, 10, 12, 14, 19, 21, 23, 24, kdy rozdíly byly menší než 4 %. O více než 20 % vyšší podíl správných odpovědí měli muži oproti ženám u otázek 3, 4, 15, 18. Ženy měly vyšší úspěšnost pouze u jediné otázky, a to úlohy č. 9, v ostatních 23 otázkách je vyšší úspěšnost řešení zaznamenána u mužů (viz obr. 3.13). Muži ve všech otázkách vždy

nejčastěji vybírali správnou odpověď, ženy u otázek 20 a 23 častěji volily distraktor než správnou odpověď, více v tabulce v příloze B3.

Na základě analýzy dat byly stanoveny následující hypotézy:

- H_0 : Muži na počátku studia na PřF UPOL dosahují nižší či stejné úrovně vědeckého myšlení jako ženy.
- H_1 : Muži na počátku studia na PřF UPOL dosahují vyšší úrovně vědeckého myšlení než ženy.

Testování hypotéz proběhlo opět pomocí Mann-Whitneyho nepárového U-testu na hladině významnosti 5 % a Studentova t-testu na stejné hladině významnosti.

Rozdíl mezi těmito dvěma skupinami byl statisticky významný, rozdělení jsou různá ($U = 34320,5$, $p = 0,000$), hypotézu H_0 na základě Mann-Whitneyho testu zamítáme a přijímáme alternativní hypotézu. Stejně tak Studentův t-test prokázal statisticky významný rozdíl mezi průměrným skóre skupin ($t = -8,281$, $p = 0,000$). Na základě tohoto testu také hypotézu H_0 zamítáme a přijímáme hypotézu alternativní.

Lze tedy konstatovat, že existuje statisticky významný rozdíl mezi výsledky žen a mužů, což je v rozporu se závěry studií [22], [24], ve kterých nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi pohlavími. Naopak původní studie z roku 1978, ve které byl test zadán studentům z USA a Izraele poukazoval na rozdíly mezi výsledky žen a mužů [11]. Na rozdílnost závěrů studií může mít vliv např. historicko-kulturní zázemí, ale také formulace otázek, jelikož LCTSR navrhl muž a do češtiny jej také přeložil muž. Podobné studie také prokázaly genderovou rozdílnost myšlení ve fyzice. Např. studie K. Wilson popisuje vliv obsahu a prezentace otázek s výběrem odpovědi vybraných studenty a studentkami [28].

3.3 Interpretace výsledků podle roku testování

Náš výzkum probíhal na PřF UPOL od září roku 2018. Test byl žákům zadáván vždy na začátku akademického roku. Kromě podzimu 2018 jsme testy zadali studentům prvního ročníku v letech 2019, 2020 a 2021. Můžeme tedy vyhodnotit případné rozdíly mezi studenty v průběhu čtyř let. Tato část výzkumu může přinést zajímavé výsledky hlavně z pohledu toho, že od jara 2019 až téměř do léta 2021 takřka kontinuálně byli žáci SŠ, stejně jako ZŠ, a studenti VŠ vzdělávání distančně. Online výuka probíhala na různých školách v odlišné kvalitně, nicméně při ni žáci byli nuceni převzít větší část zodpovědnosti za své vzdělávání než tomu bylo doposud a poradit si s nestandardní situací. Mezi odbornou veřejností, odborníky z oblasti didaktiky, pedagogiky i psychologie se vedou diskuse, zda-li distanční výuka žákům uškodila, nebo naopak se žáci

vlivem náhlé změny způsobu vzdělávání naučili novým dovednostem a rozvíjeli své kompetence. Na otázku, jak se změnil obsahové znalosti žáků náš výzkum odpovědět nedokáže, nicméně analýza výsledků LCTSR by nám mohla poskytnout obraz o tom, jak dalece distanční výuka ovlivnila rozvoj vědeckého myšlení u žáků na SŠ, respektive jak se změnila úroveň vědeckého myšlení studentů nastupujících na bakalářské studium PřF UPOL.

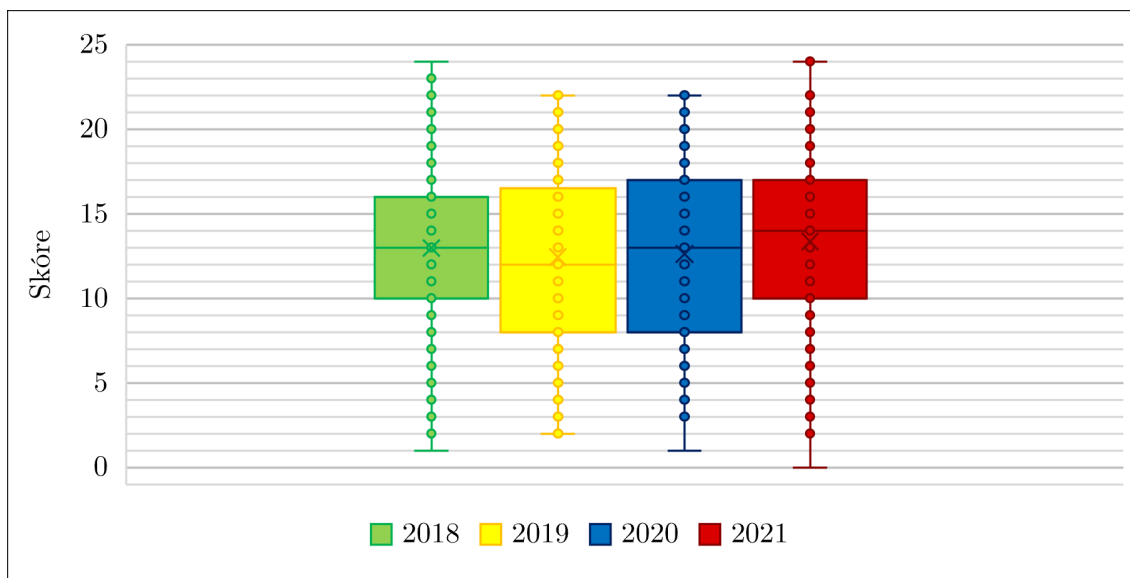
V roce 2018 se výzkumu zúčastnilo 158 studentů, v roce 2019 133 respondentů, 155 studentů se zapojilo v roce 2020 a v roce 2021 jsme získali ke zpracování 214 výsledků.

Nejnižší aritmetický průměr je 12,43 bodu, kterého bylo dosaženo v roce 2019, nejvyšší byl zaznamenán v roce 2021 a to 13,35 bodu. Stejně jako je nepatrný rozdíl mezi průměrným skóre, také první kvartil, medián a třetí kvartil se neliší o více než dva body. Modus v roce 2019 byl 8 a 12 bodů a v roce 2020 17 bodů, což je nejvyšší zaznamenaný rozdíl. Ve všech čtyřech letech nejvíce studentů dosáhlo přechodné úrovně myšlení. V letech 2018 a 2021 více studentů dosáhlo formálně operační úrovně než bylo studentů s konkrétně operační úrovní. Naopak v letech 2019 a 2020 se výzkumu zúčastnilo více studentů s konkrétně operační úrovní než s nejvyšší formálně operační. Z uvedených dat je patrné, že zastoupení studentů v nejvyšší formálně operační úrovni má mírně rostoucí tendenci (viz tab. 3.10 a obr. 3.14).

Tabulka 3.10: Výsledky LCTSR podle roku testování

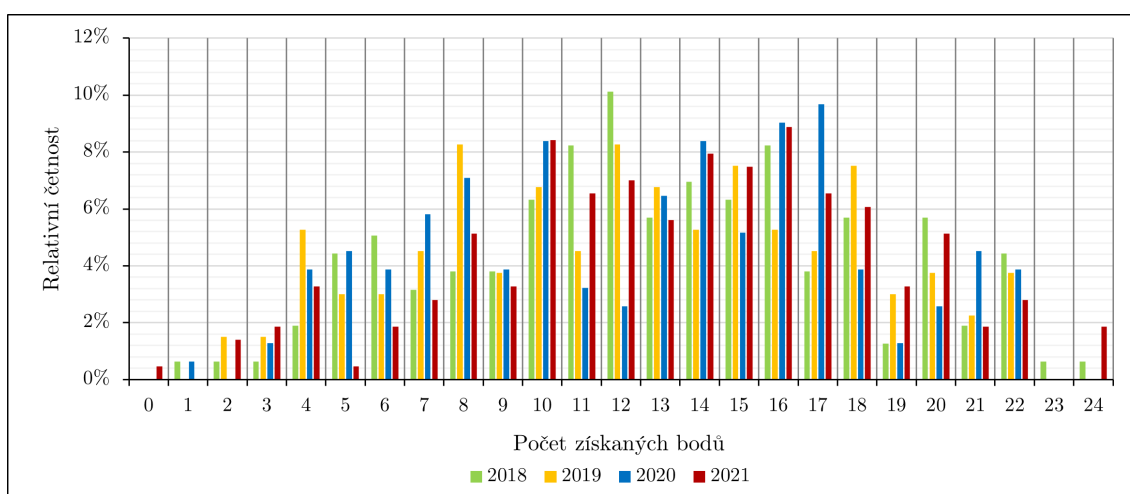
	2018		2019		2020		2021	
Průměr	12,97	54,0 %	12,43	51,8 %	12,62	52,6 %	13,35	55,6 %
Sm. odchylka	5,06		5,18		5,19		5,03	
Medián	13	54,2 %	12	50,0 %	13	54,2 %	14	58,3 %
1. kvartil	10	41,7 %	8	33,3 %	8	33,3 %	10	41,7 %
3. kvartil	16	66,7 %	16	66,7 %	17	70,8 %	17	70,8 %
Modus	12	50,0 %	8; 12	33,3 %; 50 %	17	70,8 %	16	66,7 %
Maximum	24	100,0 %	22	91,7 %	22	91,7 %	24	100,0 %
Minimum	1	4,2 %	2	8,3 %	1	4,2 %	0	0,0 %
KO úroveň	32	20,3 %	36	27,1 %	42	27,1 %	37	17,3 %
P úroveň	88	55,7 %	64	48,1 %	73	47,1 %	118	55,1 %
FO úroveň	38	24,1 %	33	24,8 %	40	25,8 %	59	27,6 %

Relativní četnost zastoupení studentů v počtu celkovém skóre je pro jednotlivé roky srovnatelná. V letech 2018, 2019 i 2020 všichni studenti získali alespoň jeden bod. V roce 2018 pak vždy jeden student dosáhl celkového skóre jednoho, dvou, třech, 23 a 24 bodů. Nízká četnost v tomto roce je také u celkového skóre 19 bodů, 21 bodů a čtyři body. Naopak největší podíl v tomto roce tvoří studenti, kteří v testu získali celkově 12, 11, 16 nebo 14 bodů. V roce 2019 žádný student neměl celkové skóre jeden



Obrázek 3.14: Krabicový graf zobrazující celkové skóre podle roku počátku studia

bod, 23 a 24 bodů. Dva studenti získali dva body, stejný počet studentů tři body a o jednoho studenta více 21 bodů. Nejvíce studentů v tomto roce získalo 12 a 8 bodů, dále také 15 a 18 bodů. V roce 2020 žádný student neměl celkový bodový zisk nula, dva, 23 nebo 24 bodů, jeden student získal jeden bod a shodně dva studenti získali celkově 19 bodů a tři body. Nejvíce zastoupené celkové skóre bylo 17, 16, 14 a 10 bodů. Jediná studentka, kvůli dvojúrovňovým otázkám a jejich způsobu bodování, nedosáhla v roce 2021 na žádný bod. Ani jeden student v tomto roce nezískal celkově jeden bod nebo 23 bodů. Jeden student získal celkově pět bodů. V tomto roce se testování zúčastnili čtyři studenti, kteří dosáhli maximálního možného počtu bodů. Je to nejvíce za všechny čtyři roky, kdy výzkum na PřF probíhal. Nejvíce studentů v tomto roce získalo 16, 10, 14, 15 nebo 17 bodů. Rozložení celkového skóre v letech 2018 a 2021 se přibližuje k normálnímu rozdělení (viz obr. 3.15)



Obrázek 3.15: Histogram celkového skóre podle roku počátku studia

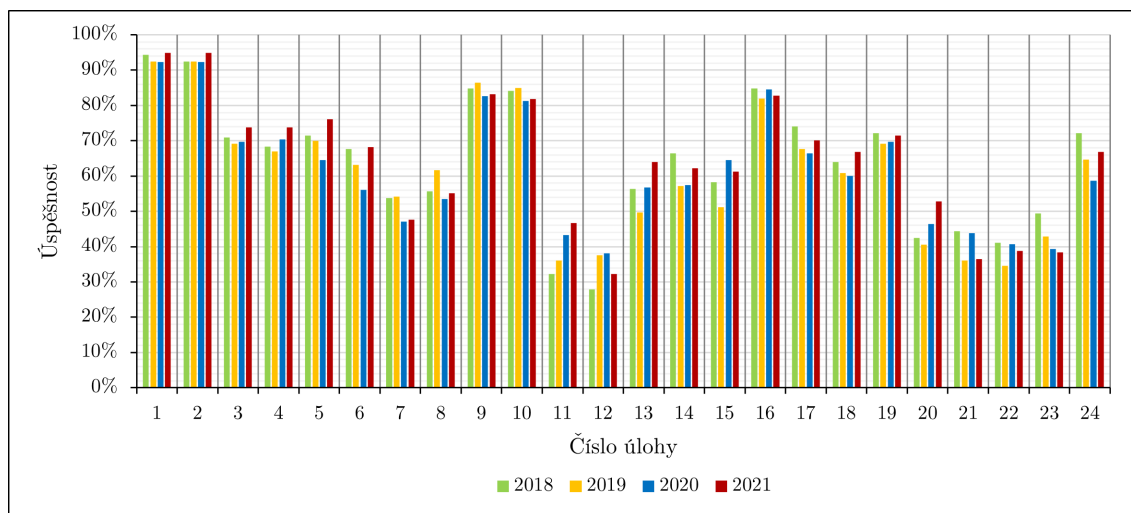
Tabulka 3.11: Úspěšnost v jednotlivých oblastech podle roku počátku studia, hodnoty uvedeny v %

		ZH	ZO	PO	IZ	PR	KO	KM
2018	0	7,6	31,6	30,4	14,6	24,1	58,9	17,7
	1							30,4
	2	92,4	68,4	39,2	48,1	30,4	41,1	27,8
	3							10,1
	4			30,4	21,5	45,6		13,9
	6				15,8			
2019	0	8,3	33,8	33,8	13,5	33,8	60,2	22,6
	1							30,1
	2	91,7	66,2	31,6	49,6	23,3	39,8	26,3
	3							11,3
	4			34,6	24,1	42,9		9,8
	6				12,8			
2020	0	7,7	30,3	36,1	14,8	28,4	54,2	22,6
	1							33,5
	2	92,3	69,7	40,0	42,6	23,9	45,8	23,2
	3							12,9
	4			23,9	29,0	47,7		7,7
	6				13,5			
2021	0	5,1	26,6	27,1	14,5	23,8	47,7	24,8
	1							29,0
	2	94,9	73,4	48,1	40,2	27,1	52,3	24,3
	3							10,7
	4			24,8	29,4	49,1		11,2
	6				15,9			

Nejúspěšnějšími oblastmi ve všech letech byly oblasti zachování hmotnosti a vytlačeného objemu. V první ze zmiňovaných více než 90 % studentů získalo dva body. Ve druhé ze zmíněných oblastí maximálního počtu bodů dosáhlo vždy přibližně 70 % studentů, přičemž nejvyšší úspěšnost v obou oblastech byla v roce 2021. Poslední oblastí testovanou pouze jednou dvojicí otázek, a tedy oblastí, kde je možné získat maximálně dva body, je oblast korelačního myšlení. V této oblasti uspělo 52,3 % studentů v roce 2021, 45,8 % studentů v roce 2020, 41,1 % studentů v roce 2018 a 39,8 % studentů v roce 2019. V oblastech pravděpodobnostního myšlení maximálního počtu bodů dosahovalo mezi 40–50 % studentů zapojených do výzkumu v daném roce, dva body pak získalo vždy mezi 20–30 % studentů. Méně úspěšnou oblastí byla oblast poměrového myšlení, kde maximálních čtyř bodů dosáhlo mezi 20–30 % studentů a dvou

bodů 30–50 %. V oblasti kombinačního myšlení v každém roce nejvíce studentů získalo jeden bod z maximálních čtyř a v oblasti identifikace a kontroly změny pak dva body z šesti možných. Oblastí s největším počtem studentů, kteří v oblasti nezískali žádný bod je pokaždé oblast korelačního myšlení, dále oblast zachování vytlačeného objemu a podobně oblast poměrového myšlení (viz tab. 3.11). Jde tedy o oblasti, které jsou v testu ověřovány nízkým počtem úloh. Vysoká úspěšnost v oblasti zachování hmotnosti je i přes nízký počet úloh pravděpodobně zapříčiněná tím, že se jedná o oblast konkrétních operací, nikoliv formálních.

Největší úspěšnosti řešení jednotlivých otázek jsou zaznamenány u otázek 1, 2, 9, 10, 16 pro všechny zkoumané roky. Tyto otázky zodpovědělo více než 80 % studentů správně. Ve všech letech výzkumu tedy splňují kritérium jednoduchých otázek. V roce 2021 více než třičtvrtě podíl správných odpovědí bylo zaznamenáno také u otázky 5. Nejméně správných odpovědí bylo zaznamenáno v roce 2018 na otázku č 12 (úspěšnost 27,8 %). V ostatních úlohách byla úspěšnost větší než 30 %. Tato otázka měla také nejnižší úspěšnost v roce 2020 (úspěšnost 38,1 %) a v roce 2021 (úspěšnost 32,2 %). V roce 2019 nejméně správných odpovědí bylo zaznamenáno u otázky 22 (úspěšnost 34,6 %). Nejvíce konzistentní úspěšnost mají úlohy 1, 2, 9, 10, 16 a 19. Naopak největší rozdíly úspěšností v jednotlivých letech jsou zaznamenány u otázek 6, 11, 13, 15, 20, 24 (viz obr. 3.16). V roce 2018 studenti volili v úloze 12 častěji jeden z distraktorů než správnou odpověď. V roce 2019 byl častěji označován jeden z distraktorů než správná odpověď u úlohy 20. V roce 2021 studenti v otázce 23 nejčastěji vybírali odpověď B, přestože správná odpověď je možnost A více v tabulce v příloze B4–B5.



Obrázek 3.16: Četnost odpovědí na jednotlivé otázky podle roku počátku studia

Na základě analýzy dat byly formulovány následující hypotézy:

- H_0 : Studenti v jednotlivých letech výzkumu dosahovali stejných výsledků v Lawsonově testu vědeckého myšlení.

- H_1 : Studenti v jednotlivých letech výzkumu dosahovali rozdílných výsledků v Lawsonově testu vědeckého myšlení.

K vyhodnocení byl zvolen Studentův t-test a nepárový Mann-Whitneyho U-test. Testovací kritérium je v tomto případě definováno jako $U = \min(U_1, U_2)$ a $t = \min(t_1, t_2)$. Testování hypotéz proběhlo na hladině významnosti 5 %.

Rozdíl mezi ročníky nebyl statisticky významný, rozdělení jsou stejná ($U_{\min} = 9941,5$, $p = 0,214$), hypotézu H_0 na základě Mann-Whitneyho testu neodmítáme. Stejně tak Studentův t-test neprokázal statisticky významný rozdíl mezi průměrným skóre skupin ($|t_{\min}| = 0,311$, $p = 0,756$). Na základě tohoto testu také hypotézu H_0 neodmítáme.

Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi studenty začínající studium na PřF UPOL v letech 2018–2021, přičemž můžeme předpokládat, že distanční výuka žáků na SŠ neměla vliv na vývoj vědeckého myšlení. Tento závěr v současné době nemůžeme porovnat s výsledky podobné studie.

3.4 Vliv vědeckého myšlení na studium

Vědecké myšlení souvisí s kritickým myšlením a kognitivními dovednostmi jedince. Schopnost vědeckého uvažování je jeden z předpokladů pro úspěšné absolvování vysoké školy. Od studentů je ať už na nižší či vyšší úrovni vyžadováno řešení vědeckých problémů, ke kterým je zapotřebí využívat jak vědecké tak kritické myšlení. Moore a Rubbo uvádějí, že úroveň vědeckého myšlení koreluje se studijními výsledky na vysoké škole [20]. Lze také předpokládat, že úroveň vědeckého myšlení bude korelovat s úspěšným dokončením vysokoškolského studia.

V našem výzkumu jsme se zaměřili na zkoumání souvislosti úrovně vědeckého myšlení a úspěšným absolvováním alespoň 2. ročníku PřF UPOL. Toto kritérium jsme stanovili s ohledem na dobu probíhajícího výzkumu. Také předpokládáme, že pokud student úspěšně dokončí 2. ročník, tedy postoupí do 3. ročníku bakalářského studia, je velká pravděpodobnost, že student má předpoklady studium dokončit.

Informace o postupu studenta do vyššího ročníku, případně úspěšném absolvování, či ukončení studia nám bylo poskytnuto pro účely tohoto výzkumu studijním oddělením PřF. Informace jsme získali o 651 studentech. Analýza výsledků proběhla u studentů, kteří započali studium v roce 2019 a dříve⁵ a studentů, kteří ukončili studium. Celkem máme k dispozici data 374 respondentů zapojených do výzkumu splňující toto kritérium. V tabulce 3.12 jsou hodnoty označené tučně.

Pro určení do jaké míry spolu souvisí výsledek v LCTSR a úspěšné absolvování alespoň 2. ročníku bakalářského studia jsem vypočítali Pearsonův korelační koeficient. Hodnota 0,19 ukazuje na velmi nízkou závislost těchto dvou proměnných. Korelační

⁵Studenti mohou mít dokončený 2. ročník

koeficient byl také vypočítán pro studenty učitelství a neučitelských oborů. U obou skupin respondentů Pearsonův korelační koeficient ukazuje na volnou korelaci mezi proměnnými. U studentů začínajících studium v roce 2018 i 2019 je závislost výsledku v LCTSR a úspěšném absolvování studia také velmi volná (viz tab. 3.12).

Tabulka 3.12: Počet studentů absolvujících studium, s ukončeným studiem a v jednotlivých ročnících studia (N značí celkový soubor, U studenty učitelství, NO studenty neučitelských oborů a PKK hodnotu Personova korelačního koeficientu)

	<i>N</i>	<i>U</i>	<i>NO</i>	2017	2018	2019	2020	2021
1. ročník	197	54	143	0	0	0	0	197
2. ročník	80	37	43	0	0	0	80	-
3. ročník	64	5	59	0	6	58	-	-
4. ročník	6	1	5	0	6	-	-	-
absolventi	50	17	33	1	48	1	-	-
ukončení	254	90	164	0	92	75	82	5
celkem	374	113	261	1	152	134	82	5
PKK	0,19	0,02	0,26		0,08	0,34		

Z celkem 374 studentů dosahuje 95 respondentů nejnižší konkrétně operační úroveň. Pouze 18,9 % těchto studentů úspěšně absolvovalo alespoň 2. ročník a 81,1 % respondentů s touto úrovní myšlení studium ukončilo. Z 189 s přechodnou úrovní vědeckého myšlení ukončilo studium 65,1 % a pouze třetina těchto studentů úspěšně dokončila alespoň 2. ročník. 90 studentů dosahuje nejvyšší formálně operační úroveň myšlení z čehož 40,0 % studium dokončilo a 60,0 % studium nedokončilo. Přestože ve všech třech úrovních vždy více studentů svá studia ukončilo, pozorujeme, že s rostoucí úrovní podíl studentů s úspěšným dokončením alespoň 2. ročníkem roste. Na základě těchto výsledků jsme stanovili následující hypotézu H_0 a k ní formulovali alternativní hypotézu H_1 :

- H_0 : Studenti, kteří ukončili studium, dosahují na počátku studia stejných výsledků v LCTSR jako studenti, kteří úspěšně absolvovali alespoň 2. ročník.
- H_1 : Studenti, kteří ukončili studium, dosahují na počátku studia jiných výsledků v LCTSR než studenti, kteří úspěšně absolvovali alespoň 2. ročník.

Testování hypotéz proběhla na hladině významnosti 5 % pomocí Mann-Whitneyho U-testu a Studentova t-testu.

Rozdíl mezi těmito dvěma skupinami je statisticky významný, rozdělení jsou různá ($U = 11824,0$, $p = 0,000$). Stejně tak Studentův t-test prokázal statisticky významný rozdíl mezi průměrným skóre skupin ($t = -3,867$, $p = 0,000$). Hypotézu H_0 tedy na

základě Mann-Whitneyho U-testu i Studentova t-testu zamítáme a přijímáme alternativní hypotézu H_1 .

Na základě průměrného skóre, mediánu, prvního a třetího kvartilu i extrémních hodnot (viz tab. 3.13) konstatujeme, že studenti, kteří úspěšně absolvovali alespoň 2. ročník dosahovali lepších výsledků v LCTSR než studenti, kteří studium ukončili.

Tabulka 3.13: Srovnání výsledků studentů s ukončeným studiem a studentů s absolvovaným 2. ročníkem studia

	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	min	max
Dokončený 2. ročník	13,9	4,8	14	10	18	4	24
Ukončené studium	11,8	5,2	12	8	16	1	23

3.5 Metakognitivní monitorování

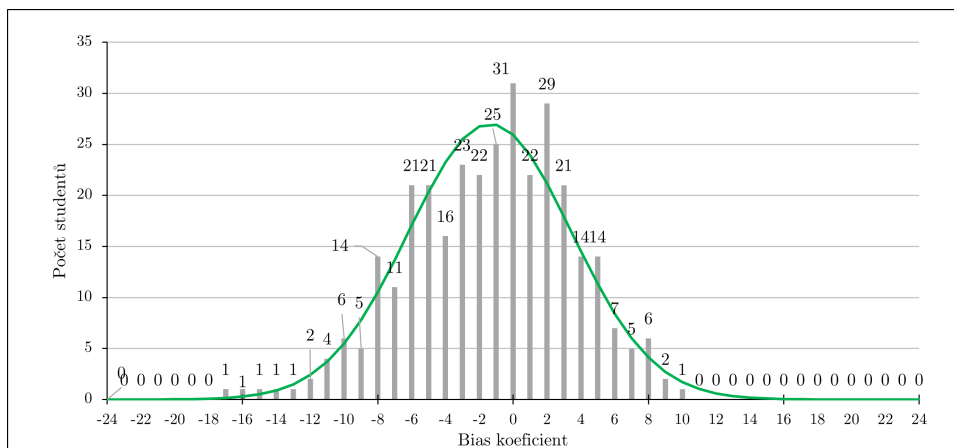
Metakognice je v kognitivní psychologii považována za velmi důležitou složku inteligentního chování a ovlivňuje efektivitu učení jedince. Jedná se o znalost poznání, monitorování a řízení kognitivních aktivit [19], tedy schopnost uvědomit si vlastní myšlení a reflektovat úroveň porozumění [19, 21]. Metakognitivní monitorování může být velmi přínosné ve výuce zaměřené na rozvoj kompetencí a dovedností žáků či studentů. Jedinec, který je schopen metakognitivního monitorování, přináší do procesu vzdělávání vyšší úroveň sebehodnocení. Lokajčková uvádí, že metakognitivní monitorování může být provedeno pomocí metod jako je testování, dotazník, experiment, rozhovor, myšlení nahlas, ale je vhodné tyto metody vhodně kombinovat a to hlavně s ohledem na věk dítěte, jelikož některé metody mohou být zdola omezeny věkem jedince (jedná se především o písemné výpovědi) [19]. Nováková a kol. uvádějí jako další možnost, jak zjišťovat úroveň metakognitivního monitorování, analýzu postdikčních soudů jistoty [21]. Tyto soudy můžeme vztáhnout na celkový test, případně na každou testovou položku. Z důvodu organizace výzkumu jsme zvolili globální přístup postdikčního soudu.

Studenti, kteří se do výzkumu zapojili v letech 2020 a 2021, byli po vyplnění LCTSR vyzváni k označení domnívaného celkového skóre na škále 0–24 bodů. Do této části výzkumu se zapojilo 327 studentů, i přestože k sebehodnocení bylo vyzváno 369 respondentů, někteří odmítli metakognitivní monitoring.

Na základě sebehodnocení a reálného výsledku můžeme určit bias index, který udává rozdíl mezi domnívaným výsledkem a celkovým skóre. Průměrný rozdíl hodnot je $-1,4$ bodu, což znamená, že studenti své výkony v průměru podhodnocovali, také záporný medián -1 a první kvartil -5 ukazují na častější podhodnocování studentů, třetí kvartil je 2 body (viz tab. 3.14).

Tabulka 3.14: Rozdíl mezi sebehodnocením a skutečným skóre

AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	γ_3	γ_4	r_p	r_{pa}
-1,4	4,84	-1	-5	2	-0,31	-0,04	-0,39	0,08



Obrázek 3.17: Histogram rozdílů mezi celkovým skóre a postdikčním soudem

Na podhodnocování ukazuje také levostranně sešikmená hustota pravděpodobnostní funkce, kde třetí centrální moment je $\gamma_3 = -0,31$ (viz obr. 3.17). Záporný korelační koeficient $r_p = -0,39$, udávající korelaci mezi skutečným skóre a bias indexem, poukazuje na fakt, že studenti s vyšším celkovým skóre se spíše podhodnocovali než studenti s nižším skóre.

Korelační koeficient r_{pa} , udávající korelaci mezi celkovým skóre a absolutní hodnotou bias koeficientu, která je také někdy označována jako index absolutní přesnosti, ukazuje, že v našem vzorku neexistuje korelace mezi celkovým skóre testu a přesností postdikčního soudu. Nízké hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu ($|p_i| < 0,5$) mezi bias indexem a úspěšnostmi v jednotlivých zkoumaných oblastech ukazují, že v našem vzorku nebyla přesnost postdikčního soudu ovlivněna úrovní dané oblasti vědeckého myšlení (viz tab. 3.15).

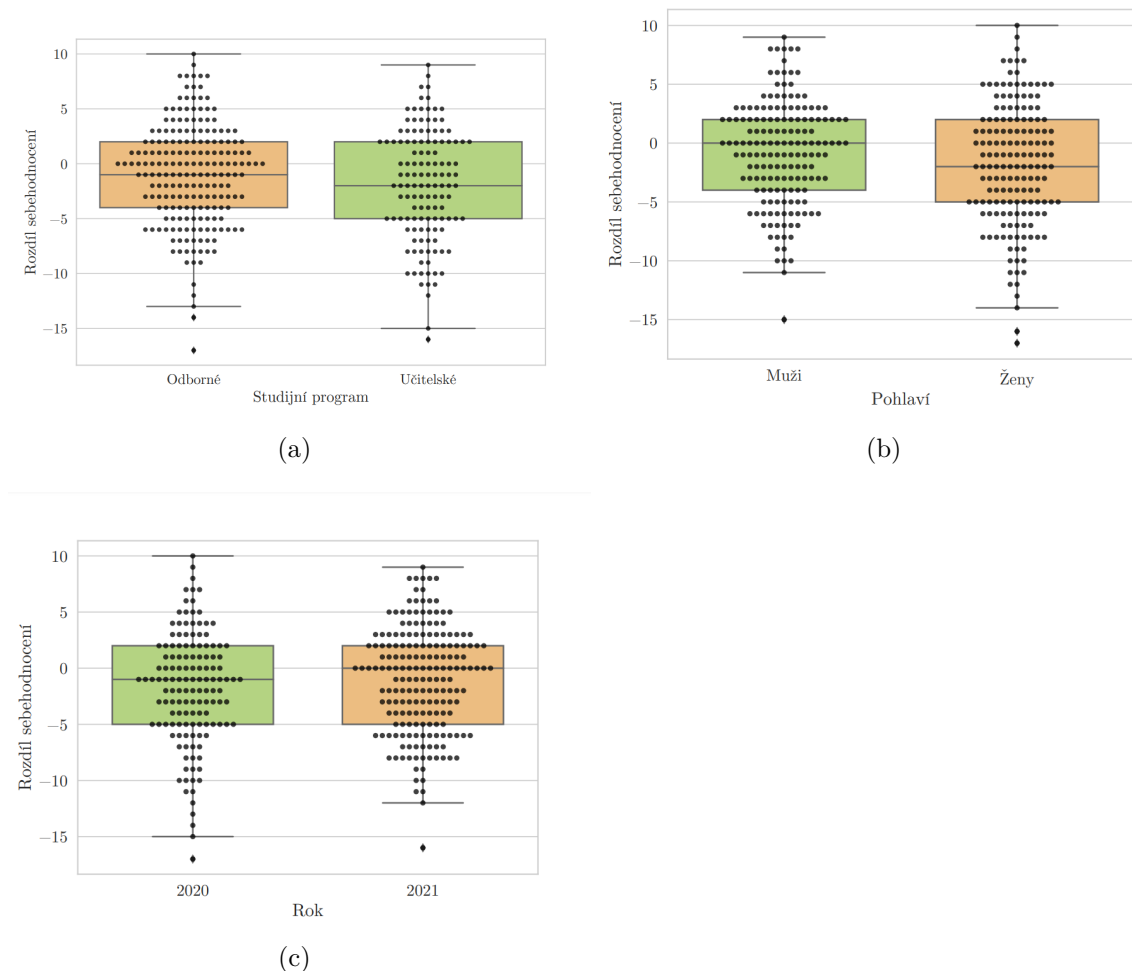
Tabulka 3.15: Hodnota pearsonova korelačního koeficientu mezi bias koeficientem a úspěšností v jednotlivých oblastech

	ZH	ZO	PO	IZ	PR	KO	KM
p_i	-0,02	-0,18	-0,13	-0,19	-0,25	-0,21	-0,22

Závěr, že neexistuje korelace mezi celkovým skóre a přesností postdikčního soudu se liší od výzkumu realizovaném v roce 2017 na PdF Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem [21]. Stejně tak autoři této studie zmiňují, že studenti se spíše nadhodnocují, kdežto z našeho výzkumu vyplývá, že se studenti spíše podhodnocují.

Rozdílné závěry mohou být ovlivněny tím, že studie byly realizovány na rozdílných typech fakult.

Zkoumali jsme také, zda-li existuje statisticky významný rozdíl v úrovni meta-kognitivního monitorování mezi obory studia, pohlavím či lety zapojení studentů do výzkumu. Základní statistické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 3.16. Záporné průměrné hodnoty postdikčního soudu u všech možných determinujících parametrů opět ukazují na podhodnocování studentů svých výkonů. Z výsledků je patrné že studenti učitelství se průměrně podhodnocovali o více než jeden bod než průměrný student odborného studia. Medián a první kvartil jsou u studentů učitelství také položeny níže, třetí kvartil je u obou skupin stejný (viz obr.3.18(a)). O více než jeden bod se též liší průměrný postdikční soud žen a mužů, kdy ženy se podhodnocovali více než muži (viz obr.3.18(b)). Nejmenší rozdíly statistických charakteristik je mezi lety počátku studia(viz obr.3.18(c)).



Obrázek 3.18: Krabicové grafy znázorňující srovnání výsledků metakognitivního monitorování v závislosti na možných determinačních parametřů

Tabulka 3.16: Možné determinující parametry úrovně metakognitivního monitorování

		N	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	min	max
obor	učitelství	128	-1,98	5,10	-2	-5	2	-16	9
	odborné	199	-0,97	4,63	-1	-4	2	-17	10
pohlaví	ženy	163	-1,92	5,21	-2	-5	2	-17	10
	muži	164	-0,82	4,39	0	-4	2	-15	9
rok	2020	137	-1,80	5,01	-1	-5	2	-17	10
	2021	190	-1,05	4,70	0	-5	2	-16	9

Na základě těchto výsledků byly stanoveny následující hypotézy:

- H_0 : Studenti učitelství dosahují stejné úrovně schopnosti metakognitivního monitorování jako studenti neučitelských odborných oborů.
 - H_1 : Studenti učitelství dosahují rozdílné úrovně schopnosti metakognitivního monitorování než studenti neučitelských odborných oborů.
- H_0 : Ženy dosahují stejné úrovně schopnosti metakognitivního monitorování jako muži.
 - H_1 : Ženy dosahují rozdílné úrovně schopnosti metakognitivního monitorování než muži.
- H_0 : Studenti zapojeni do výzkumu v roce 2020 dosahují stejné úrovně schopnosti metakognitivního monitorování jako studenti zapojeni v roce 2021.
 - H_1 : Studenti zapojeni do výzkumu v roce 2020 dosahují stejné úrovně schopnosti metakognitivního monitorování než studenti zapojeni v roce 2021.

Všechny hypotézy byly testovány Mann-Whitneyho neparametrickým U-testem a Studentovým t-testem na 5% hladině významnosti. Na základě výsledků můžeme konstatovat, že mezi úrovní schopnosti metakognitivního monitorování studentů učitelských a odborných oborů není statisticky významný rozdíl ($U = 11411$, $p = 0,056$; $t = -1,810$, $p = 0,071$), rozdělení i průměry jsou stejné. Hypotézu H_0 proto na 5% hladině významnosti nezamítáme. Testy také neprokázali statisticky významný rozdíl mezi sebedůvěrou studentů začínající studium v letech 2020 a 2021 ($U = 11957$, $p = 0,105$; $t = -1,361$, $p = 0,175$), opět hypotézu H_0 na hladině významnosti 5 % nezamítáme. Mann-Whitneyho test na 5% hladině významnosti prokázal různá rozdělení metakognitivního monitorování žen a mužů ($U = 11758$, $p = 0,030$) a na stejné hladině

významnosti t-test prokázal statisticky významný rozdíl mezi průměry ($t = -2,059$, $p = 0,040$). Na základě testů v tomto případě zamítáme hypotézu H_0 a přijímáme alternativní hypotézu H_1 .

3.6 Strategie řešení úloh zjišťovaná metodou eye-trackingu

Při procesu vzdělávání je jedním z nejvíc využívaným smyslem zrak. Informace o pohybu očí jedince můžeme získat pomocí technologie eye-tracking. Tato metoda nám může přinést poznatky o tom kam, kdy a jak dlouho se student při řešení úlohy dívá, ale také v jakém pořadí sleduje různé oblasti zadání či nabízených odpovědí, které označujeme jako oblasti zájmu [25]. Eye-tracking našel své uplatnění nejen v psychologických výzkumech, marketingu, ale mimo jiné také pomalu proniká do oblasti vzdělávání, neboť díky této metodě můžeme získat poznatky o tom, jak se žáci učí a jak lze učení podpořit výukou [15]. V české literatuře je eye-tracking popisován stále poměrně zřídka, nicméně v zahraničí se této metodě v pedagogickém výzkumu věnují např. H. Jarodzka, T. Duchowski nebo A. Bojko. Přestože eye-tracking můžeme zařadit mezi nové metody výzkumu, existuje velké množství publikací, které blíže popisují tuto metodu včetně designu experimentu a vyhodnocování dat. Při přípravě a vyhodnocování tohoto výzkumu jsme vycházeli z publikace kolegy Popelky [25].

3.6.1 Design výzkumu

Eye-tracking lze použít jak pro kvalitativní tak i kvantitativní výzkum [25]. V našem případě volíme spíše kvantitativní orientaci s prvky kvalitativního výzkumu. Zaměřujeme se především na strategii řešení vybraných úloh. Výsledky této části výzkumu nám poskytnou informace, které mohou být využity při dalších výkumech. Jak uvádí Popelka, výstupem kvalitativního experimentu není formalizovatelná analýza a cílem je popisovat vztahy mezi sledovanými proměnnými. Eye-tracking testování by nám mělo pomoci zjistit, jaké jsou problémové oblasti jednotlivých úloh a v pozdějších výkumech se na tyto problematické oblasti zaměřit. Výsledky tak mohou napomoci např. při navrhování sady úloh pro rozvoj vědeckého myšlení.

Pro tuto část jsme si stanovili následující výzkumné otázky:

- Kterým oblastem zájmu studenti věnují nejvíce času?
- Ke kterým z nabízených odpovědí se studenti nejčastěji vracejí?
- V jakém pořadí sledují studenti jednotlivé oblasti zájmu?

Do této části výzkumu, která proběhla v listopadu 2022, se zapojilo 32 studentů 1. ročníku na PŘF UP. Množství respondentů bylo zvoleno s ohledem na očekávanou přibližně 20–30% chybovost testování. Tato chybovost byla předpokládána kvůli absenci předešlých zkušeností s touto metodou. Pro validitu výsledků bylo zajištěno, aby studenti v minulosti LCTSR neřešili. Respondenti zapojeni do této části výzkumu byli studenti oborů různých odvětví fyziky a optiky. Pro výzkum nebylo vhodné použít všechny úlohy, neboť délka výzkumu by podle doporučení v [25] neměla přesáhnout 15–20 minut. Po této době již většina studentů neudrží pozornost a u delších výzkumů je potřeba po přibližně 20 minutách opakovat kalibraci měřícího přístroje. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli vybrat 5 dvojúrovňových otázek. Jedná se o úlohy z oblasti identifikace a kontroly změny (tři dvojúlohy, 9–14) a pravděpodobnostního myšlení (dvě dvojúlohy, 15–18), neboť právě tyto dvě oblasti podle výše zmíněných výsledků korelují s celkovým skóre (viz obr. 3.3 na str. 27). Zároveň těchto pět dvojúloh zahrnuje otázky, které byly při analýze výsledků označeny za velmi jednoduché (9, 10, 15), středně těžké (13, 14, 16, 17, 18) i úlohy, s nejnižší úspěšností (11, 12).

Pro sběr dat jsme použili eye-tracker GazePoint s frekvencí snímání 60 Hz. Rozlišení obrazovky bylo 1920x1080 px. Před zahájením experimentu byla provedena devítibodová kalibrace. Kalibrace se nezdařila u jednoho respondenta, pravděpodobně z důvodu astigmatismu. Další problémy s kalibrací mohou být například brýle s antireflexní vrstvou, řasenka, úzké oči či povislá víčka. Popelka ve své práci popisuje, že 5–10 % respondentů není možné z některých důvodů správně zkalibrovat [25]. Vyhodnocení dat bylo provedeno v open-source nástroji OGAMA⁶. Pro převod výsledků z GazePoint Analysis do OGAMA jsme využili nástroje GP2OGAMA⁷ vytvořeného na katedře geoinformatiky UPOL.

Během eye-trackingového monitorování studenti řešili úlohy bez použití papíru a tužky, tedy si nemohli dělat poznámky. Tento faktor mohl mírně ovlivnit úspěšnost řešení. Jediná úloha, při které by studenti mohli potřebovat dělat si poznámky však byla dle našeho názoru dvojúloha 17–18. Pro příští výzkum, ve kterém by bylo potřeba zapisovat si poznámky, by bylo vhodné použít např. grafický tablet, na kterém si studenti mohou psát a přitom nadále sledovat monitor. Odpovědi, které studenti označili za správné, vyslovili nahlas a obsluha eye-trackeru je zaznamenala. U některých studentů jsme zaznamenali, že přehodili odpovědi. Např. správné řešení dvojúlohy 11–12 je B–A a student nadiktoval A–B. Ze záznamu je vidět opakovaná fixace na správné odpovědi. Je tedy nutné studenty upozornit, aby se soustředili na pořadí odpovědí a pokud možno odpovídali zvlášť na první a zvlášť na druhou otázek z dvojúlohy. Zmiňovaná situace nastala pětkrát, u jednoho respondenta opakovaně.

⁶OGAMA lze zdarma stáhnout na: <http://ogama.net/sites/default/files/downloads/OgamaSetupV51.msi>

⁷GP2OGAMA je volně přístupný na: <http://eyetracking.upol.cz/gp2ogama/>

Při analýze výsledků však započítáváme nadiktované odpovědi i přes zřejmou fixaci na správné odpovědi.

3.6.2 Výsledky testování pomocí eye-trackeru

Při výzkumech za pomoci eye-trackingu dochází k určité chybovosti v testování, které může být způsobeno oční vadou, špatnou kalibrací přístroje, častým mrkáním či dalšími ovlivňujícími faktory. V našem výzkumu byla na základě vysokého procenta nezaznamenaných dat či vysokého procenta zaznamenaných fixací mimo monitor vyřazena data 7 studentů. Chybovost měření přibližně 22 % se tedy vešla do očekávaného intervalu. Po vyřazení vadných měření je rozsah statistického souboru 25 respondentů, z toho 11 žen a 14 mužů, 11 studentů učitelských oborů a 14 studentů odborných neucitelských oborů. Rozsah souboru je dostatečně vysoký, obvyklý pro tuto metodu výzkumu. U třech studentů není započítána jedna z dvojúloh⁸. U pěti respondentů byla provedena nepatrná korekce, jelikož bylo zaznamenáno mírné posunutí všech fixací jedním směrem.

Tabulka 3.17: Úspěšnost řešení dvojúloh při eye-trackingovém testování ve srovnání s úspěšností při klasickém řešení testu

úloha	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
úspěšnost v %	eye-tracking	68,0	84,0	36,0	24,0	68,0	60,0	73,9	87,0	66,7	62,5
			64,0		12,0		40,0		73,9,		58,3
úspěšnost v %	papírová verze	81,1	83,0	40,7	34,2	58,6	63,0	59,4	84,3	71,2	66,0
			81,1		22,7		37,3		57,6		62,1

Pro vyvození validních závěrů jsme oslovili studenty opět během výuky jako v předešlém výzkumu, abychom měli podobné podmínky. Úspěšnost řešení považujeme za srovnatelnou s původním souborem (viz tab. 3.17). Rozdíly byly pravděpodobně způsobeny zkrácením testu v eye-trackingovém testování, nemožností řešení úloh v libovolném pořadí, nervozitou ze strany respondenta způsobenou přihlížením výzkumníka, nemožností psát si poznámky, rozdílným počtem respondentů (počet respondentů, jejichž data byla použita v této části výzkumu, odpovídá méně než 4 % rozsahu původního souboru) aj. Mimo přibližně stejnou úspěšnost se také shodují nej-

⁸U dvojúlohy 15–16 nejsou zahrnuta data studentek č. 4 a 12 z důvodu ztráty dat z více než 15 %. Do analýzy výsledků otázek 17–18 nejsou zahrnuta data studenta č. 24 z důvodu vysokého podílu fixací mimo oblast monitoru. Všichni tři respondenti studují učitelské obory.

častěji volené distraktory. S ohledem na tyto skutečnosti lze považovat naměřená data za výběrový soubor respondentů.

Attention mapy

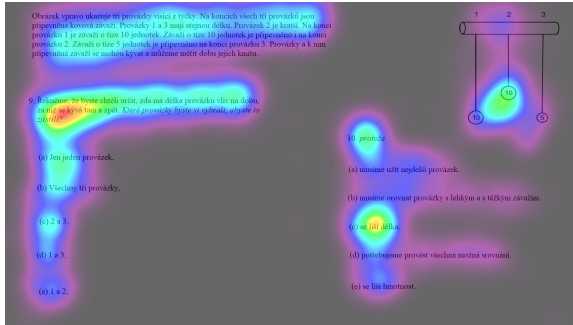
Pro vizualizaci naměřených dat v eye-trackingovém experimentu je přínosné vytvoření tzv. attention mapy (AM). V některých zdrojích se můžeme setkat s označením heat mapy (teplotní mapy), které vizualizace připomíná. Tato kvantitativní charakteristika znázorňuje, jakou dobu studenti strávili v různých oblastech stimulu. Popelka ve své práci upozorňuje na fakt, že attention mapy jsou vhodným ilustračním nástrojem, avšak ukazují pouze prostorové rozložení fixací, ze kterých nelze usoudit, z jakého důvodu student dané místo stimulu fixoval [25]. Díky attention mapám můžeme sledovat rozdílné a podobné znaky chování studentů při řešení jednotlivých dvojúloh. Na obrázcích 3.19 je patrné, že velké množství fixací bylo zaznamenáno na zadání každé dvojúlohy. To je pravděpodobně způsobeno délkou textu⁹. Dále také můžeme vidět, že u většiny úloh je zaznamenán nižší počet fixací u posledních z nabízených odpovědí. U otázky 9 bylo nejvíce fixací zaznamenáno u odpovědí A a B. Odpověď B je nejčastěji voleným distraktorem u této otázky, viz tab. 3.3 na str. 29). Podobné chování vykazují studenti také při řešení otázky 13, 15, 16 a 17. U otázky 10 bylo nejvíce fixací na odpověď C, což je správná odpověď. U dalších možností nebylo zaznamenáno větší množství fixací. Z nabízených možností u otázky 11 studenti nejvíce upínali svůj zrak na správnou odpověď B a dále na odpovědi A a C, což jsou nejčastěji volené distraktory k této otázce. Naopak u otázky 12 byla nejčastěji volenou špatnou odpovědí možnost D, která v tomto statistickém vzorku nemá větší množství fixací. Při řešení otázky 14 studenti často upínali zrak na odpovědi D a A. Odpověď D je správná, u distraktoru A však nebyla zaznamenána větší četnost označení. Podobné chování také odpovídá řešení otázky 18.

Vysoký podíl fixací u dvojúloh 11–12 a 13–14. byl zaznamenán na obrázky (nejvíce fixovaná oblast v tomto stimulu¹⁰). Bez těchto obrázků by nebylo možné úlohu řešit, jelikož obsahují důležité informace, které nejsou popsány v zadání dvojúlohy. Při řešení otázek 17 a 18 studenti také nejvíce sledovali obrázek, i přestože neobsahuje doplňkové informace a jedná se pouze o vizualizaci situace popsané v zadání. Dvojúlohy 9–10 a 15–16 mají obrázky také pouze jako doplněk k zadání, který není nutný k řešení. U těchto dvojúloh se také nejednalo o oblasti s vysokým počtem fixací, jsou zároveň jedny z těch, které mohou být pro některé studenty úlohou, která testuje

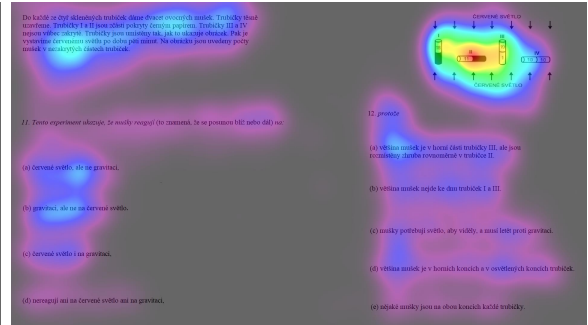
⁹Po konzultaci s vedoucím práce a RNDr. Stanislavem Popelkou, Ph.D., se kterým byla konzultována tato část výzkumu pro jeho mnoholeté zkušenosti, jsme se rozhodli zadání neupravovat a ponechat původní verzi testu i s delšími texty, které nejsou pro eye-tracking příliš obvyklé. Snahou bylo zachovat, co nejpodobnější podmínky testování.

¹⁰Pojmem stimul rozumíme obraz, který studenti vidí v danou chvíli na monitoru počítače.

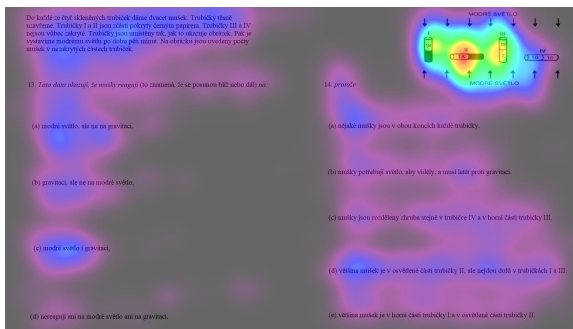
obsahové znalosti. S problematikou závislosti doby kmitu matematického kyvadla na délce závěsu i s výpočtem elementárního příkladu z pravděpodobnosti se studenti již mohli setkat. Tento fakt může být právě důvodem nižšího počtu fixací na obrázek než v úlohách jiných.



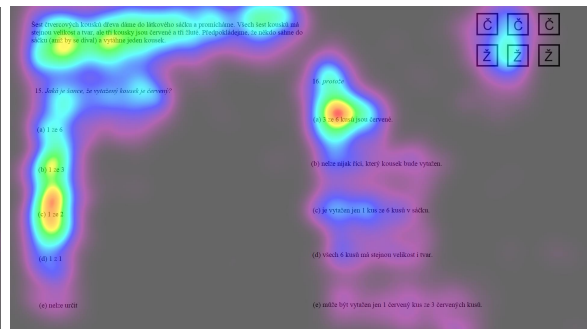
(a) 9–10



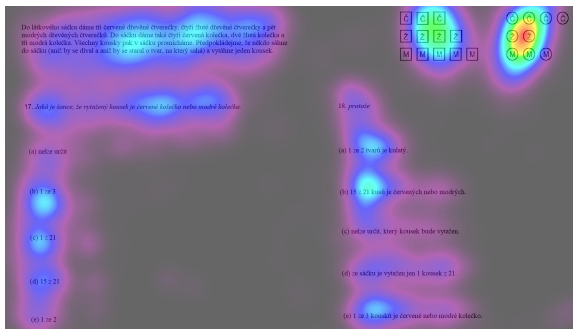
(b) 11–12



(c) 13–14



(d) 15–16



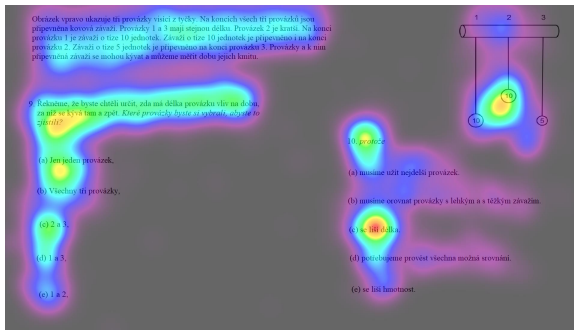
(e) 17–18

Obrázek 3.19: Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy

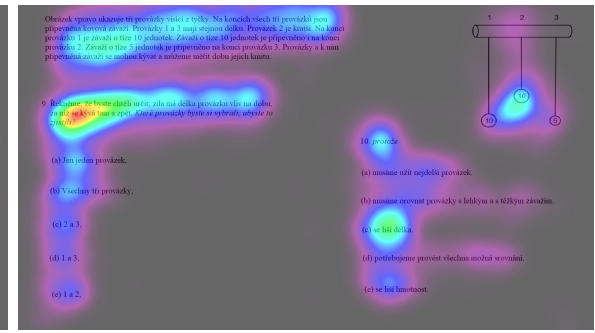
Vizualizace dané situace je pravděpodobně velmi důležitá hlavně pro ženy. Při srovnání attention map žen a mužů je patrné, že ženy mají více fixací na obrázky než muži. Největší rozdíly jsou patrné u dvojúloh 9–10 (obr. 26(a) a 26(b)) a 15–16 (obr. 26(g) a 26(h)). U dalších třech úloh jsou attention mapy podobné¹¹.

Studenti odborných neučitelských programů vykazují ve dvojúlohách 9–10 (obr. 27(b)), 13–14 a 15–16 mnohem více fixací v oblasti zadání úlohy než studenti učitelských obo-

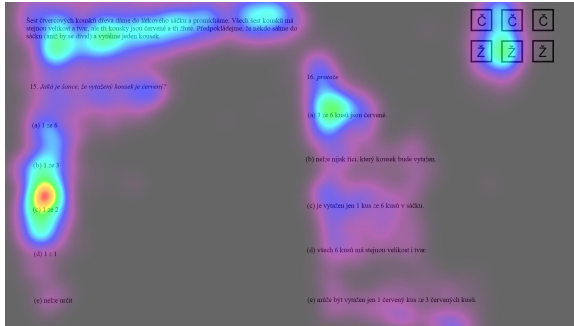
¹¹Všechny attention mapy jsou vyobrazeny v příloze C3.



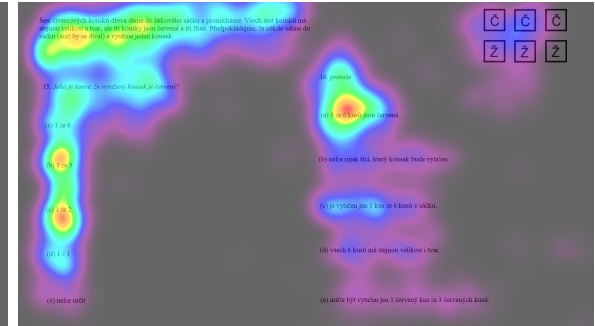
(a) 9–10, ženy



(b) 9–10, muži

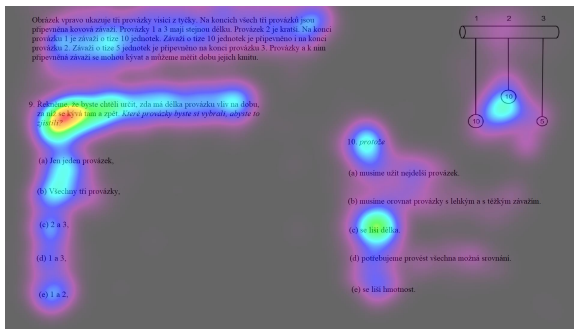


(c) 15–16, ženy

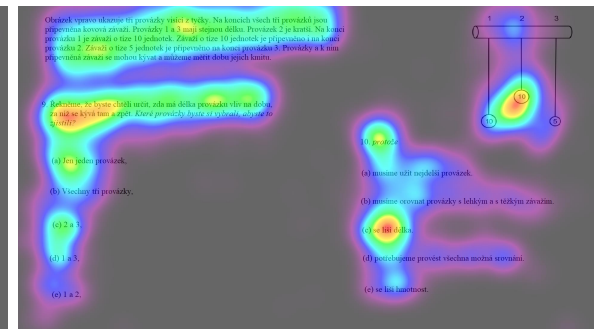


(d) 15–16, muži

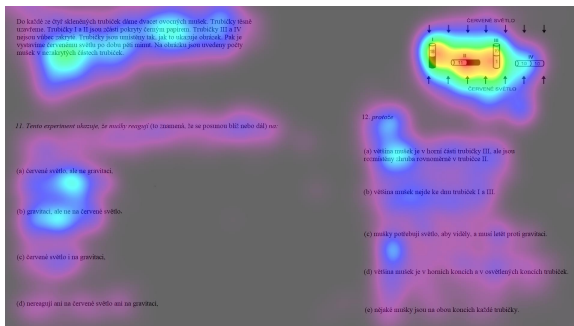
Obrázek 3.20: Attention mapy pro vybrané dvojúlohy-pohlaví



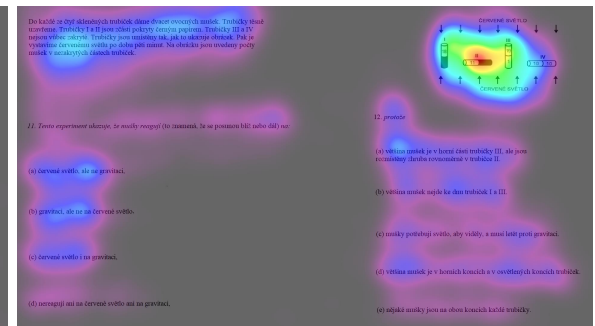
(a) 9–10, učitelství



(b) 9–10, odborné



(c) 11–12, učitelství



(d) 11–12, odborné

Obrázek 3.21: Attention mapy pro vybrané dvojúlohy-obor studia

rů. Také je vidět, že studenti učitelství mají méně fixací v oblasti obrázku a to hlavně v úlohách 9–10 (obr.27(a)) a 15–16 (obr. 27(g)). Nejvíce podobné jsou attention mapy úloh 11–12 (obr. 27(d) a 27(c)). Všechny attention mapy učitelských a neučitelských oborů jsou v příloze C4.

Oblasti zájmu

Při analýze eye-trackingových dat je vhodné rozdělit stimul na oblasti zájmu (areas of interest-AOI), ve kterých můžeme zjišťovat, jakou dobu respondent oblast fixoval, v jakém pořadí dané oblasti sledoval i kolik fixací bylo v dané oblasti zaznamenáno. Pro tyto účely byly stimuly rozděleny na 13, resp. 14 oblastí. Jejich počet byl zvolen s ohledem na možnosti výběru odpovědi. AOI byly u všech otázek voleny následujícím způsobem: zadání - úvodní text k dvojúloze, otázka 1 - první z dvojice otázek, $a_1 - e_1$ - možnosti odpovědi na první otázku, otázka 2 - druhá z dvojice otázek, $a_2 - e_2$ -možnosti odpovědi na druhou otázku a obrázek (obr. 3.22)¹².

Obrázek vpravo ukazuje tři provázky visící z tyčky. Na koncích všech tří provázků jsou připravena kovová závaží. Provázky 1 a 3 mají stejnou délku. Provázek 2 je kratší. Na konci provázku 1 je závaží o tíze 10 jednotek – závaží o tíze 10 jednotek je připraveno i na konci provázku 2. Závaží o tíze 5 jednotek je připraveno na konci provázku 3. Provázky a k nim připravená závaží se mohou kývat a můžeme měřit dobu jejich kmitu.

9. Řekněme, že byste chtěli měřit, za jak dlouho provázku vliv na dobu, za níž se kývá tam a zpět. **otázka1** *ktě provázku byste si vybrali, abyste to zjistili?*

otázka2

(a) Jen jeden provázek, **a1**

(b) Všechny tři provázky, **b1**

(c) 2 a 3, **c1**

(d) 1 a 3, **d1**

(e) 1 a 2, **e1**

(a) musíme užít nejdelší provázek, **a2**

(b) musíme orovnat provázky s lehkým a s těžkým závažím, **b2**

(c) se liší délka, **c2**

(d) potřebujeme provést všechna možná srovnání, **d2**

(e) se liší hmotnost, **e2**

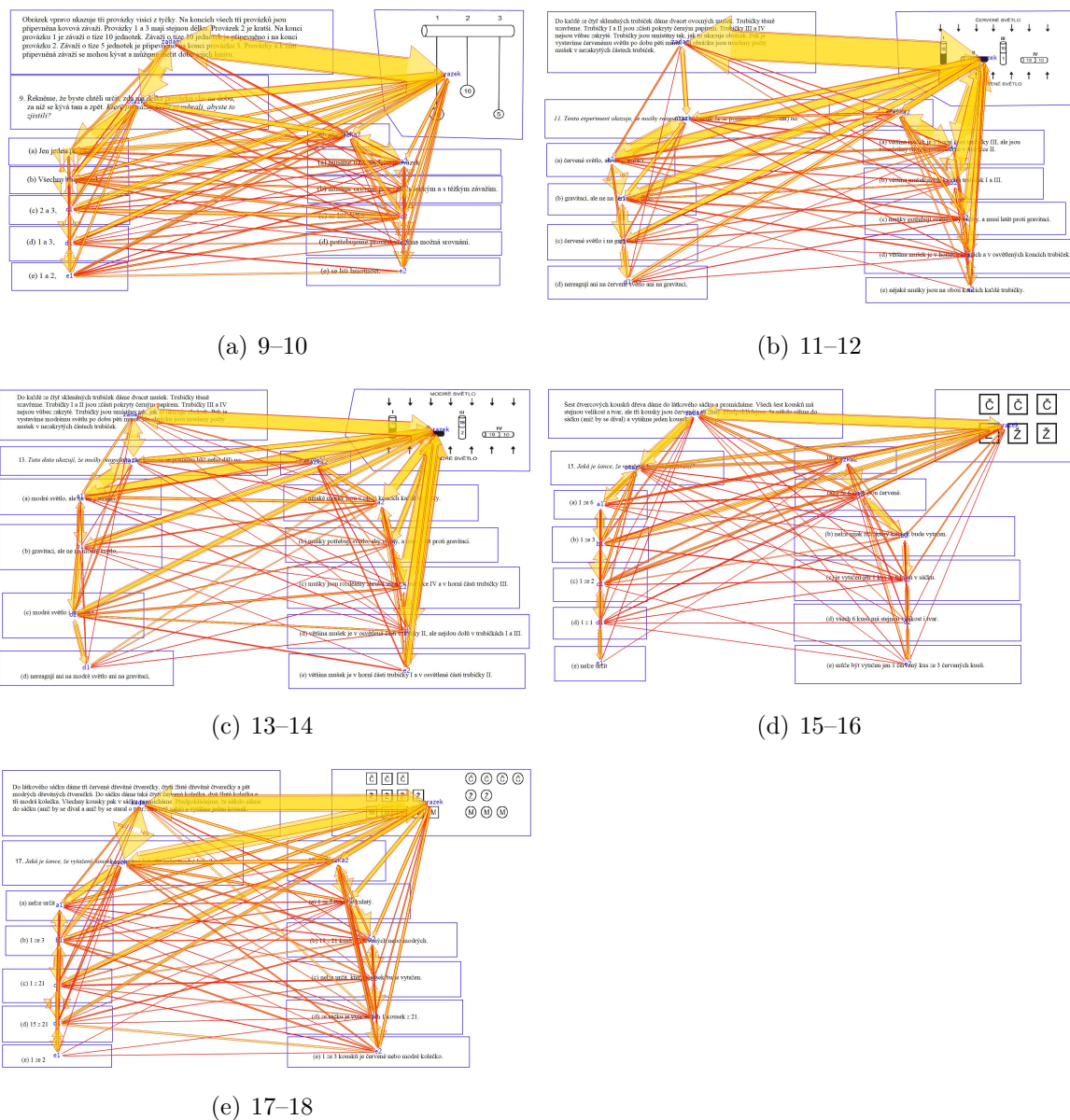
obrazek

Obrázek 3.22: Vyznačení oblasti zájmu pro úlohu 9–10

V nástroji OGAMA lze vytvořit vizualizaci jak přechodů mezi jednotlivými fixacemi pomocí trajektorie očí, tak mezi jednotlivými AOI. První možnost jsme vzhledem k rozsahu statistického souboru nepovažovali za přehlednou. Přesuny pohledů mezi oblastmi zájmu jsou pro čtenáře atraktivnější a snadněji čitelné, jelikož velikost šipky reprezentuje počet přesunů pohledu (obr. 3.23). S ohledem na množství oblastí a přehlednost obrázků nejsou zaznamenány absolutní četnosti pomocí číselné hodnoty. Při řešení všech úloh respondenti nejčastěji přecházeli mezi zadáním a obrázkem. U dvojúloh 9–10, 14–15 a 17–18 se také studenti vraceli od zadání první z dvojice otázek

¹²Všechny testované úlohy s vyznačenými oblastmi zájmu jsou součástí přílohy C2.

k úvodnímu textu. Předpokládali jsme, že časté přesuny budou také mezi možnostmi odpovědi na otázku a obrázkem a to zejména v úlohách 11–12 a 13–14, kde obrázek obsahuje informace, které se v zadání nevyskytují. Toto chování bylo v menší míře vykazováno také v úlohách 9–10 a 17–18, i přestože zadání obsahuje všechny důležité informace a obrázek není k řešení úlohy nutný. Časté přesuny pohledů mezi oblastmi zadání a obrázek nám napovídají, že si studenti často ověřují přečtené informace na obrázcích. Tento fakt společně s analýzou attention map naznačuje, že vizualizace dané situace studentům napomáhá v řešení dané úlohy.



Obrázek 3.23: Vizualizace přesunů pohledu mezi AOI

Ve dvojici úloh 9–10 je překvapující častý přechod mezi oblastmi c_2 a c_1 , jelikož možnost c u otázky 9 nebyla často volený distraktorem. Stejně tak je neočekávaný relativně častý přechod mezi oblastí e_2 a d_1 u otázek 17 a 18, jelikož odpovědi spolu

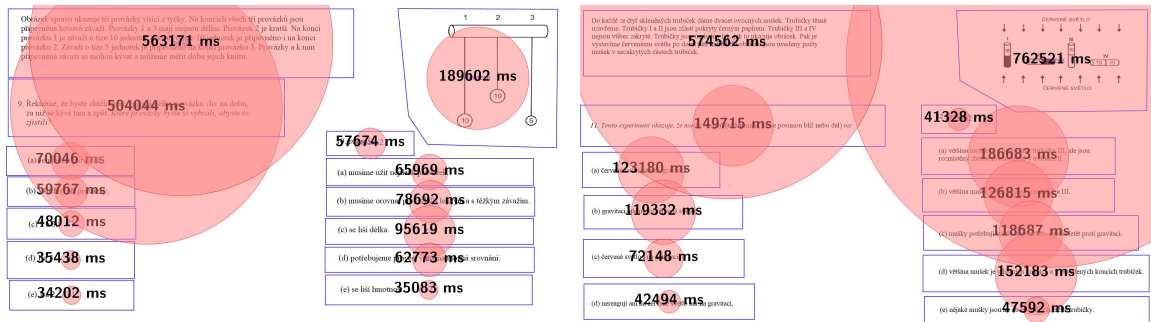
evidentně nesouvisí. Časté přechody mezi jednotlivými možnostmi, otázkami a odpověďmi a zadáním a otázkami připisujeme obvyklému způsobu čtení textu.

Zmíněná vizualizace přesunů pohledů nám sice přináší informace o relativní četnosti přesunů, ale nevypovídá nic o jejich pořadí. Poznatky o časové posloupnosti pozorovaných oblastí zájmu jsou zaznamenány v tzv. sequence chart. Barevné pruhy ukazují v jakém pořadí jednotliví respondenti navštívili dané oblasti zájmu, zda-li se student vracel pohledem do některé oblasti a také jak dlouhou dobu v oblasti setrval i jak dlouho danou úlohu student řešil. Sequence chart není možné vytvořit přímo v programu OGAMA. Získaná data z programu byla dále zpracována v Excelu a za pomoci podmíněného formátování byly vytvořeny výsledné sequence charty. Bílé mezery znamenají, že fixace v tu dobu byla mimo všechny oblasti zájmu.

Ze sequence chartů je patrné, že velké množství času studenti věnují samotnému zadání úlohy, ke kterému se někteří studenti během řešení úloh ještě vracejí. Dále také sequence charty potvrzují, že studenti především u úloh 11–12, 13–14 a 17–18 fixují začnou dobu svůj pohled na obrázek a opakovaně se k němu vracejí. Ze sequence chart také pozorujeme, že značná část studentů se vrací k zadání dvojúlohy a při řešení přesunuje pohled mezi oběma otázkami a neřeší je postupně, ale současně. Často se vyskytující odstíny zelené barvy na sequence chartech otázek 11–12 a 17–18 může naznačovat, že respondenti musejí více času věnovat druhé z dvojice otázek, tedy zdůvodnění odpovědi. Fakt, že pro studenty je většinou problematičtější zvolit vhodné zdůvodnění své odpovědi než najít řešení daného problému, byl diskutován již při analýze výsledků z předchozí části výzkumu, viz tab.3.4 na str. 30. Opakované přesouvání pohledů některých studentů k možnostem odpovědi na otázku 13 a 15 odpovídá zjištění, že u dvojúloh 13–14 a 15–16 byla více zastoupené nekonzistentní odpovědi 0–1 než 1–0. Sequence charty jsou součástí přílohy C5.

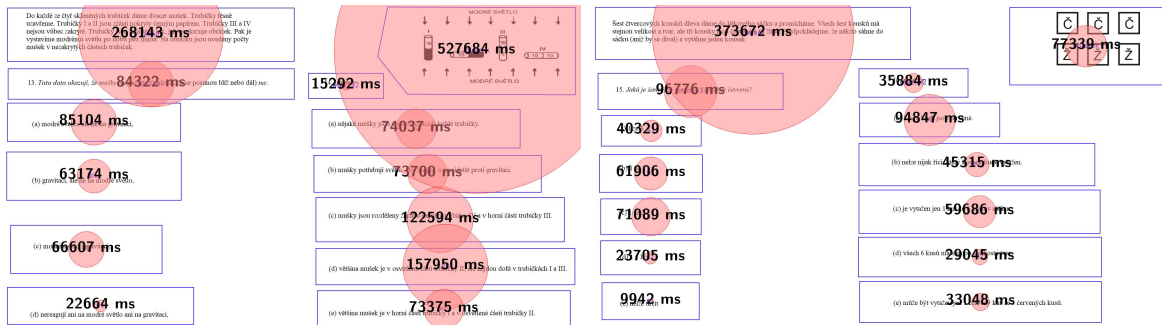
Další poznatky o způsobu řešení úloh získáváme z vizualizace délky fixací v jednotlivých oblastech zájmu. Suma délky všech fixací všech respondentů je zobrazena na obrázku 3.24. Tyto výsledky opět potvrzují, že pro studenty byla důležitá vizualizace situace z úlohy 17–18. Délky zadání otázek 11, 13 a 17 jsou přibližně stejné, ale studenti vykazují mnohem delší fixaci na zadání otázky 17. Studenti se dle záznamů opakovaně vraceli k zadání otázky, aby se ujistili o tvaru a barvě taženého dřevěného kousku. Opakované fixace nám mohou ukazovat na pro studenty složité nebo náročné zadání úlohy. U dvojúloh 11–12 a 13–14 můžeme sledovat u zadání dvojúlohy i zadání jednotlivých otázek, že ve druhé dvojúloze je celková doba fixací přibližně poloviční. Příčinou opět může být fakt, že úlohy jsou si velmi podobné. U poloviny otázek nebyla nalezena úměrnost mezi sumou doby fixací na danou možnost odpovědi a četností označení tohoto distraktoru za správnou.

Nejvyšší úspěšnost řešení byla zaznamenána u dvojúlohy 15 a 16, kde uspělo téměř 74 % respondentů. Řešení úlohy studentům zabralo průměrně 60,1 s. Více než dvoj-



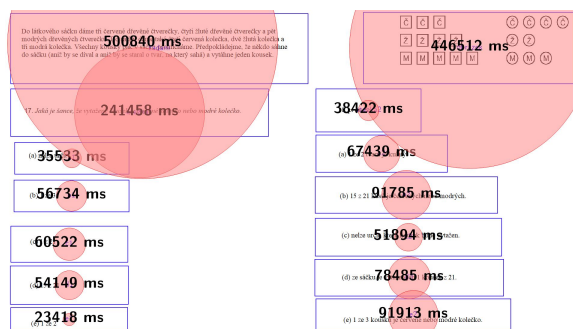
(a) 9–10

(b) 11–12



(c) 13–14

(d) 15–16



(e) 17–18

Obrázek 3.24: Celková délka fixací v oblastech zájmu

násobný čas studenti věnovali řešení otázek 11 a 12, kdy průměrná doba byla 132,6 s. Dvojúloha 13 a 14, která je otázkám 11 a 12 podobná, studentům průměrně zabrala o půl minuty méně a úspěšnost řešení byla 40 % (viz tab. 3.18). Můžeme tedy předpokládat, že dvojúloha 11 a 12 mohla být pro studenty návodnou úlohou pro řešení otázek 13 a 14.

Průměrná délka fixace na osobu ukazuje, že nejdelší dobu sledovali studenti správnou odpověď v úlohách 10, 12, 14, 15, 16, 18. Až na jednu z otázek se jedná o otázky zaměřené na zdůvodnění řešení. U otázek 10, 14, 15, 16 a 18 se zároveň jedná o nejčastěji volené odpovědi. Díky tomu můžeme předpokládat, že se jedná pro studenty o nejatraktivnější odpovědi. V otázce 9 studenti správné odpovědi věnovali nejkratší dobu ze všech nabízených odpovědí. U zbylých otázek správnému řešení studenti věnovali

Tabulka 3.18: Statistické charakteristiky délky řešení úloh na eye-trackingu, hodnoty uvedeny v sekundách

	N	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	min	max
Úloha 9–10	25	95,2	24,8	92,6	79,1	102,7	48,5	163,7
Úloha 11–12	25	132,6	47,0	125,9	105,5	142,8	53,4	261,3
Úloha 13–14	25	91,8	30,9	93,3	65,5	120,9	40,5	166,9
Úloha 15–16	23	60,1	19,2	57,9	47,3	66,6	23,5	117,9
Úloha 17–18	24	102,8	34,3	94,5	84,0	106,3	56,1	200,7

druhou nejdelší dobu, nejdéle pak fixovali nejčastěji volený distraktor (viz tab. 3.19). Z tohoto důvodu předpokládáme, že obě odpovědi jsou pro studenty nejvíce atraktivní.

Tabulka 3.19: Četnosti jednotlivých odpovědí N (zeleně zaznačené správné odpovědi, červeně označeny nejčastěji volené chybné odpovědi), průměrná doba fixací Δt a průměrný počet fixací ΔN

		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	N	2	0	8	6	8	1	3	20	0	2
	$\Delta t/s$	2,8	2,6	4,9	7,5	3,4	2,9	1,8	4,1	1,5	2,8
	ΔN	14,4	14,4	24,3	36,3	18,9	16,8	8,5	17,3	7,1	12,3
B	N	3	0	9	6	0	2	3	0	16	1
	$\Delta t/s$	2,4	3,1	4,8	5,1	2,5	2,9	2,7	2,0	2,4	3,8
	ΔN	13,6	16,0	21,6	23,8	12,7	15,7	10,2	9,6	9,9	16,9
C	N	3	21	6	3	17	2	17	3	6	0
	$\Delta t/s$	1,9	3,8	2,9	4,7	2,7	4,9	3,0	2,6	2,5	2,2
	ΔN	8,9	15,3	13,9	22,5	12,1	25,2	10,1	11,8	9,8	10,6
D	N	0	3	2	8	0	16	0	0	1	6
	$\Delta t/s$	1,4	2,5	17,0	6,1	0,9	6,3	1,0	1,3	2,3	3,3
	ΔN	6,6	12,3	13,9	28,1	3,8	31,3	4,6	6,3	8,6	14,6
E	N	17	1	-	0	-	5	0	0	1	15
	$\Delta t/s$	1,4	1,4		1,9		2,9	0,4	1,4	1,0	3,8
	ΔN	4,9	4,6		8,9		15,3	1,7	7,0	3,6	15,6

V otázce 9 je u správné odpovědi nejmenší počet fixací. Průměrné počty fixací na možnost E je téměř u všech otázek velmi nízký. Můžeme z toho usuzovat, že studenti posledním z nabízených odpovědí nevěnují tolik pozornosti jako ostatním. U otázek 10, 15, 18 je nejvíce fixací věnováno jedné ze špatných odpovědí, přestože studenti správné odpovědi věnovali nejvíce času. U otázky 10 se jedná dokonce o distraktor, který za správnou odpověď neoznačil žádný respondent. V otázce 17 studenti nejvíce

fixovali správnou odpověď, ale nevěnovali jí nejdelsí čas. Nejdelsí čas i největší počet fixací u správné odpovědi bylo zaznamenáno u otázek 12, 14 a 16 (viz tab. 3.19).

U žen bylo zaznamenán větší počet fixací pro většinu oblastí zájmu než u mužů. Jelikož se do výzkumu zapojil jiný počet žen a mužů, bylo nutné vypočítat průměrný počet fixací v dané oblasti na osobu, viz tabulka v příloze C. Ženy mají větší počet fixací na obrázek ve všech zadaných úlohách. Tento fakt potvrzuje výsledky z attention map, že pro ženy je důležitější vizualizace problému než pro muže. Dále můžeme pozorovat, že ženy vykazují vyšší průměrný počet fixací na správnou odpověď u první z dvojice otázek a to ve čtyřech z pěti dvojúloh. Naopak muži vykazují ve čtyřech z pěti dvojúloh vyšší počet fixací na správnou odpověď na druhou z dvojice otázek. Tato data by mohla ukazovat, že muži se více zabývají zdůvodněním odpovědi, zatímco ženy věnují více pozornosti řešení daného problému.

Muži vykazují větší celkovou dobu potřebnou pro řešení dvojúlohy než ženy pouze u otázek 9–16. Poslední dvojúlohu řešily rychleji ženy. V této dvojúloze je také níže položen medián, první a třetí kvartil (viz tab. 3.20). Minimální hodnoty doby řešení jednotlivých dvojic úloh vykazoval muž studující učitelství. Doba jeho řešení je přibližně poloviční ve srovnání s průměrnou hodnotou. U dvouúrovňových otázek 11–12 a 15–16 je maximální doba řešení téměř pětinasobná než doba řešení zmiňovaného studenta. Vzhledem k tomu, že student správně zodpověděl 8 otázek z 10, předpokládáme, že se nejednalo o náhodné tipování.

Tabulka 3.20: Statistické charakteristiky délky řešení úloh na eye-trackingu podle pohlaví, hodnoty uvedeny v sekundách

		<i>N</i>	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	min	max
9–10	Ženy	11	100,1	18,8	94,7	92,4,1	104,0	70,9	141,1
	Muži	14	91,3	28,0	88,7	78,2	94,6	48,5	163,7
11–12	Ženy	11	146,7	49,3	134,1	120,3	163,5	73,7	261,3
	Muži	14	121,5	42,0	115,3	98,3	135,0	53,4	233,1
13–14	Ženy	11	102,9	35,6	121,2	74,6	125,6	44,8	166,8
	Muži	14	83,1	23,1	92,3	64,3	98,9	40,5	120,9
15–16	Ženy	9	67,7	21,1	59,0	55,2	77,3	45,6	117,9
	Muži	14	55,2	16,1	56,5	44,4	62,0	23,5	90,6
18–17	Ženy	11	96,4	28,5	90,2	75,3	107,0	64,0	167,0
	Muži	13	108,0	37,6	99,5	88,0	103,6	56,1	200,7

Analýza jednotlivých oblastí zájmu, průměrného počtu fixací a jejich průměrné doby ukazuje, že ženy vykazují kratší fixace ve vyšším počtu, zatímco muži řeší úlohy s delšími fixacemi v nižším počtu. S odkazem na předchozí výsledky je bylo zjištěno,

že existuje statisticky významný rozdíl mezi úrovní vědeckého myšlení žen a mužů, ale také byly nalezeny rozdíly mezi postupy při řešení žen a mužů.

Studenti učitelství vykazovali průměrně kratší dobu řešení jednotlivých dvojúloh. Také medián, první a třetí kvartil jsou položeny níže (viz tab. 3.21). Mezi studenty učitelství a neučitelských oborů nebyl zaznamenán výraznější rozdíl v průměrné délce fixací v jednotlivých oblastech zájmu. Taktéž nebyly zaznamenány větší rozdíly v průměrném počtu fixací v jednotlivých oblastech zájmu. Výjimku tvoří oblast obrázku, zadání a otázky 1, kde studenti neučitelských oborů fixovali svůj pohled průměrně vícrát než studenti učitelství. Zároveň v těchto třech oblastech můžeme pozorovat největší rozdíly v počtech fixací mezi těmito dvěma skupinami studentů. Průměrné délky fixací na všechny otázky jsou zaznamenány v tabulce v příloze C1.

Tabulka 3.21: Statistické charakteristiky délky řešení úloh na eye-trackingu studentů učitelských (U) a neučitelských (N) oborů, hodnoty uvedeny v sekundách

		<i>N</i>	AVG	SD	MED	$Q_{0,25}$	$Q_{0,75}$	min	max
9-10	U	11	92,6	31,4	80,3	77,0	97,7	48,5	163,7
	N	14	97,2	17,8	93,9	92,3	102,3	59,6	137,0
11-12	U	11	125,8	57,5	106,7	90,2	136,0	53,4	261,3
	N	14	138,0	35,8	130,2	117,1	114,1,5	89,6	233,1
13-14	U	11	83,9	27,0	83,7	63,0	100,8	40,5	127,7
	N	14	98,2	32,3	98,9	91,5	121,1	44,8	166,8
15-16	U	9	59,5	25,2	55,1	44,7	67,2	23,5	117,9
	N	14	60,4	14,1	58,4	51,1	62,2	39,9	90,6
17-18	U	10	88,0	18,5	87,6	78,6	99,9	56,1	122,6
	N	14	113,3	38,7	99,6	88,6	121,9	72,9	200,7

Na základě analýzy dat získaných přístrojem eye-tracker můžeme konstatovat, že pro studenty je při řešení úlohy důležitá vizualizace problému. Dále studenti vykazovali opětovné vracení k zadání úlohy i jednotlivých otázek, můžeme tedy předpokládat, že formulace textu je pro některé studenty složitá a vyžaduje velké úsilí a množství času. Mimo jiné bylo také zjištěno, že studenti nejčastěji volí správnou odpověď nebo odpověď, na kterou bylo zaznamenáno velké množství fixací. Analýzou strategie řešení úloh jsme zjistili, že většina studentů řešila dvojúlohu současně a nerozdělila si ji na dvě separované otázky. Výsledky eye-trackingového výzkumu nám potvrdili závěry z předešlé části výzkumu. Mimo jiné byly pozorovány rozdílné postupy řešení mezi žen a mužů. Ukázalo se, že ženy se více věnují řešení daného problému, zatímco muži se více zabývají zdůvodněním odpovědi. Mezi studenty učitelství a neučitelských oborů nebyl rozdíl v postupech řešení velkým. Doba řešení jednotlivých dvojúloh byla však u studentů učitelství kratší než u studentů neučitelských oborů. Závěry z této části

nám mohou pomoci při navrhování vhodných úloh pro rozvoj kognitivního ve výuce řešení i s volbou možností výběru. Výsledky výzkumu v současné době nemůžeme porovnat s další podobnou studií.

Shrnutí výsledků

Téma vědecké myšlení lze pokládat za aktuální, jelikož se jedná o soubor dovedností, které jsou nezbytné pro konkurenceschopnost na pracovním trhu, schopnost vědecké práce, ale také pro každodenní život, argumentaci a vyvozování závěrů [13]. Tyto dovednosti jsou velmi často zmiňované jako klíčové ve strategiích vzdělávání.

Jeden ze způsobů zjišťování úrovně vědeckého myšlení u žáků a studentů je Lawsonův test vědeckého myšlení (LCTSR) vycházející z poznatků vývojového psychologa Jeana Piageta [9]. Dalšími možnostmi jsou klinický rozhovor, zadání sady předepsaných úloh a další testy jako je např. TOLT a GALT (viz kap. 1.2). Mezi výzkumníky se stal oblíbeným nástrojem LCTSR pro jednoduchou administrativu při zadávání i vyhodnocení, objektivitu, přesnost a absenci požadavků na tazatelské zkušenosti výzkumníka i materiálovou nenáročnost [10]. Největší nevýhody shledáváme především v tom, že test obsahuje úlohy, které žáci znají z běžné výuky a test tak může hodnotit obsahové znalosti namísto úrovně vědeckého uvažování. Dále také nevýhodu v testování metodou „tužka a papír“ autorka vidí v klesající čtenářské gramotnosti žáků a studentů, která opět může mít vliv na výsledek v testu.

Na základě výsledků analyzovaných ve výzkumné části lze konstatovat, že LCTSR je poměrně konzistentní a spolehlivým nástrojem pro měření úrovně vědeckého myšlení, který splňuje požadované hodnoty na obtížnost položek, diskriminační koeficient a další obvyklá kritéria kladená na jednotlivé úlohy. Crombachova α a Kunder-Richarsonův index popisují v souladu se zahraničními studii homogenitu testu. Velkou diskriminační sílu testu ukazuje Fergusonova delta.

Průměrný bodový zisk 12,9 bodu (53,8 %) je nízký oproti výsledkům studentů Číny (17,9 bodu) a USA (19,0 bodu) zveřejněných v jedné ze zahraničních studií [1]. Také ve srovnání s daty získanými od RNDr. Ireny Dvořákové, Ph.D. z MFF UK (průměr 18,0 bodu), jsou výsledky našich studentů velmi nízké. Studenti PdF UJEP v Ústí nad Labem měli průměrně úspěšnost v testu 30 %. Dobré výsledky jsme zaznamenali také ve srovnání s výzkumem z Indonesie, kde žádný z respondentů nedosáhl formálně operační úrovně a úroveň konkrétních operací je zastoupena z 31 % [23]. Na PřF UPOL čtvrtina studentů dosáhla nejvyšší úrovně vědeckého myšlení a méně než čtvrtina studentů dosahuje nejnižší testované úrovně, konkrétně operační. Analýza dat také

ukázala, že s přibývajícím zkušenostmi s vysokoškolským studiem se zvyšuje úroveň vědeckého myšlení (viz tab. 3.1).

Lawsonův test vědeckého myšlení testuje sedm oblastí vědeckého myšlení. Nejvyšší úspěšnost byla zaznamenána u oblastí zachování hmotnosti a zachování vytlačeného objemu. Obě tyto oblasti jsou z konkrétně operační úrovně myšlení. Tyto dvě oblasti uvádí jako nejúspěšnější také např. Sriyanssyah a Saepuzaman v [23]. Ve stejné studii je uvedena jako další oblast s vysokou úspěšností oblast poměrového myšlení, ve které jsme zaznamenali pouze 48,3% úspěšnost. Nejnižší úspěšnost vykazovali studenti v oblasti kombinačního myšlení a korelačního myšlení (viz obr. 3.2(b)). Výsledky z oblasti pravděpodobnostního myšlení a identifikace a kontroly změny nejvíce korelují s celkovým skóre v testu (viz obr. 3.3). Tyto dvě oblasti obsahují otázky, které byly na základě koeficientu obtížnosti označeny za jednoduché, středně obtížné i nejtěžší v testu. Všechny testové otázky na základě výpočtu bodového biserálního koeficientu mají vysokou konzistenci s celkovým testem. Také kladné hodnoty diskriminačního koeficientu ukazují na diskriminační sílu jednotlivých otázek (viz obr. 3.4).

Studenti na dvojúrovňové otázky mohou odpovídat konzistentně, tedy obě otázky zodpoví správně či obě zodpoví špatně, nebo nekonzistentně, na jednu odpoví správně a na druhou špatně (viz tab. 3.4). Naším výzkumem jsme potvrdili závěry ze studie, kterou zveřejnil Bao a kol. Autoři studie upozorňují na fakt, že čtyři z pěti položek, které se jeví jako nekonzistentní nebyly obsaženy v původním testu z roku 1978. Jediná nekonzistentní položka, která v původní verzi byla zařazena, však byla pozměněna kvůli přechodu z otevřené odpovědi na uzavřenou [3, 4]. Han ve své práci také popisuje fakt, že právě v otázce 8 by mohly být dvě odpovědi považovány za správné [9]. Odpověď E, která je autory testu považována za distraktor byla v této otázce nejčastěji volenou špatnou odpovědí. Přikláníme se k názoru Han a také bychom považovali obě odpovědi za správné.

Pokud bychom jednotlivé úlohy nehodnotili jako dvojúrovňové otázky, ale každou zvlášť, zvýšil by se průměrný bodový zisk o více než 2 body. Medián, první i třetí kvartil by se zvýšil o body tři (viz tab. 3.5). Společně s vysokým podílem nekonzistentních odpovědí na některé z úloh, může tento fakt ukazovat na problém studentů své tvrzení zdůvodnit. Někteří studenti vykazují i opačné chování. Nad problematikou přemýšlí správně, ale zvolí chybné řešení.

Jedním z diskutovaných parametrů ovlivňující úroveň vědeckého myšlení je obor studia. Přestože studie [21] a [23] popisují podprůměrnou úroveň vědeckého myšlení u studentů učitelství na pedagogických fakultách, závěry našeho výzkumu ukazují, že studenti učitelství dosahují podobných výsledků jako studenti chemie, fyziky či informatiky (viz obr. 3.9). Také nebyl nalezen na 5% hladině významnosti statisticky významný rozdíl mezi celkovým skóre studentů učitelství a respondentů studující neučitelské programy. Závěr našeho výzkumu se od ostatních může lišit právě z to-

ho důvodu, že zmíněné studie testovali studenty na pedagogických fakultách, kdežto studenti PřF UPOL se zaměřují na 3. stupeň vzdělávání.

Autorka práce již ve své bakalářské práci popisovala statisticky významný rozdíl mezi výsledky mužů a žen. Tento závěr jsme potvrdili. Na 5% hladině významnosti existuje rozdíl mezi celkovým skóre žen a mužů. Původní studie Lawsonova testu z roku 1978 realizovaná v USA a Izraeli také potvrdila pohlaví studenta jako jeden z determinujících parametrů [11]. Menší podíl žen než mužů také dosahuje nejvyšší úrovně vědeckého myšlení. Základní charakteristické veličiny celkového skóre, jako je aritmetický průměr, medián, 1. a 3. kvartil, jsou u žen posunuty níže (viz obr. 3.11). Studie z Tadulako University v Palu v Indii neukázala souvislost mezi celkovým skóre v testu a pohlavím respondenta [22]. Ženy měly vyšší úspěšnost než muži pouze v jediné otázce. Ve všech testovaných oblastech muži získali více bodů než ženy. Studentky zapojené do studie na thajských školách dosáhly vyšších úspěšností v oblastech poměrového myšlení a identifikace a kontroly změny. Ve všech dalších oblastech také více uspěli muži [24]. Naopak studie z roku 1978 potvrzuje pohlaví respondenta jako determinující faktor [11].

Lawsonův test jsme na PřF UPOL zadávali studentům na začátku akademického roku po dobu čtyř let a to v letech 2018–2021. Od jara 2019–2021 probíhala na českých školách často distanční nebo hybridní výuka v souvislosti s opatřeními proti šíření nemoci Covid-19. Analýza dat úrovně vědeckého myšlení neukázala žádný rozdíl mezi studenty zapojenými do výzkumu v jednotlivých letech (viz tab 3.10). Jelikož 97,6 % respondentů byli studenti na počátku 1. ročníku studia, můžeme předpokládat, že distanční výuka neměla žádný vliv na úroveň vědeckého myšlení žáků SŠ. Tento závěr v současné době nemůžeme porovnat s podobnými studii.

Vědecké myšlení je soubor dovedností potřebný k vědecké činnosti. Lze tedy předpokládat, že studenti s nízkou úrovní vědeckého myšlení mohou mít při studiu přírodních věd problémy s pochopením učiva či řešením zadaných problémových úloh. Zaměřili jsme se na souvislost celkového skóre v LCTSR a úspěšným absolvováním alespoň 2. ročníku studia. Tento parametr byl zvolen s ohledem na délku trvání výzkumu a na předpokladu, že pokud student dokončí 2. ročník, má velkou pravděpodobnost dokončit celé bakalářské studium. Prokázali jsme, že větší podíl studentů ukončil studium v úrovni konkrétních operací, než v úrovni přechodné a formálně operační. Pearsonův koeficient ukázal volnou korelaci mezi celkovým skóre a dokončením studia (viz tab. 3.12). Dále byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi celkovými výsledky studentů, kteří dokončili alespoň 2. ročník studia, a studenty, kteří jej během prvních dvou let ukončili. Základní statistické veličiny ukazují nižší skóre právě u těchto studentů (viz tab. 3.13).

Jednou ze základních dovedností studenta by měla být schopnost zhodnotit svůj výkon. Zaměřili jsme se na korelaci mezi skóre v LCTSR a mírou přesnosti post-

dikčního soudu. Záporná hodnota rozdílu mezi odhadovaným výsledkem studenta po vyplnění testu a celkovým skóre (rozdíl označujeme jako bias koeficient), ukazuje, že studenti spíše své výkony podhodnocují. Více se podceňují studenti s vyšší úrovní vědeckého myšlení. Také záporné koeficienty mezi výsledky v jednotlivých oblastech a bias koeficientem ukazují, že se více podhodnocují studenti s vyšší úspěšností. Nováková a kol. popisují, že studenti pedagogické fakulty UJEP své výkony nadhodnocují a že existuje korelace mezi celkovým skóre a přesností metakognitivního monitorování [21]. Při analýze dat nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi studenty učitelství a neučitelských oborů ani mezi studenty zapojenými do výzkumu v letech 2020 a 2021. Na 5% hladině významnosti byla prokázána různá rozdělení u mužů a žen a na stejné hladině významnosti t-test prokázal statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami přesnosti postdikčního soudu žen a mužů.

Za účelem hlubšího porozumění postupu řešení úloh Lawsonova testu jsme užili eye-tracking. Díky této metodě jsme mohli pozorovat, kam studenti upínají svůj zrak, které odpovědi jsou pro ně atraktivnější, jak dlouho úlohu řeší a jak postupují. Do této části výzkumu se zapojilo 32 studentů. Chybovost zaznamenávání dat byla přibližně 22 %. Testovali jsme pět dvojic otázek z oblastí identifikace a kontrola změny a pravděpodobnostní myšlení. Z naměřených dat jsme vytvořili attention mapy, které nám ukazují na jaké části stimulu studenti nejvíce upínali svůj zrak. U většiny otázek se jednalo o obrázek, přestože ve třech z pěti úloh neobsahoval žádné informace, které by nebyly obsaženy v zadání. Také je patrné, že se studenti nepoměrně věnovali zadání jednotlivých otázek (viz obr. 3.19). Attention mapy mužů a žen naznačují, že by se postup řešení mohl lišit na základě pohlaví. Výsledky ukazují, že pro ženy je mnohem důležitější vizualizace dané situace než pro muže. To se také potvrdilo při analýze délky a počtu fixací. Dále se prokázalo, že muži věnují více pozornosti zdůvodnění svého řešení, zatímco ženy se více zabývají řešením daného problému. Mírné rozdíly v attention mapách byly zaznamenány také mezi studenty učitelství a neučitelských oborů. Především studenti neučitelských oborů věnují větší pozornost zadání úlohy než studenti učitelství.

Vizualizace přesunů pohledů mezi jednotlivými oblastmi zájmu ukazují, že studenti často přečtené informace ze zadání ověřují pomocí obrázku. Také se k obrázkům vracejí při samotném řešení úlohy (viz obr. 3.23). Přesné pořadí fixací v jednotlivých oblastech zájmu jsou zobrazeny v sequence chartech (viz obr. 28(a)–29(b), příloha C5). Potvrdili jsme předpoklad, že studenti řeší dvojici úloh současně a neoddělují řešení od zdůvodnění. Z sequence chartů je patrné, že se někteří studenti vracejí k zadání úlohy, což může poukazovat např. na velké množství informací, které text obsahuje, pro studenty těžko uchopitelnou formulaci nebo také na malou zkušenost s řešením obdobných úloh.

Nejdelší doba řešení byla zaznamenána u úlohy 11–12. Tato úloha byla analyzována

jako nejtěžší úloha testu. Řešení podobné úlohy 13–14 trvalo studentům průměrně téměř o třetinu kratší dobu. Můžeme tedy předpokládat, že první dvojice úloh je návodnou úlohou pro řešení úlohy 13–14. Nejkratší doba řešení byla zaznamenána u úlohy 15–16 z oblasti pravděpodobnostního myšlení, která je velmi podobná úlohám, které se řeší na SŠ (viz tab. 3.18).

Závěr

Předložená diplomová práce se zabývá úrovní vědeckého myšlení studentů PřF UPOL měřenou pomocí Lawsonova testu vědeckého myšlení (LCTSR). Práce je členěna do dvou hlavních částí, rešeršní, která se skládá ze dvou kapitol, a výzkumné.

Rešeršní část práce čtenáře seznamuje s pojmem vědecké myšlení, jeho roli ve vzdělávacích strategiích a klíčových dovednostech pro 21. století. Na základě literární rešerše jsou v této části práce také diskutovány metody zjišťování úrovně vědeckého myšlení a jejich výhody a nevýhody. Dále je také představena historie LCTSR včetně srovnání původní a přepracované verze testu, popsán způsob hodnocení a charakteristika tohoto testu. Teoretická část práce také obsahuje přehled závěrů podobných českých a zahraničních studií, se kterými jsou následně porovnány naše závěry.

Výzkumná část práce je zaměřena na podrobné statistické zpracování získaných dat. Mimo jiné jsme se také zaměřili na konzistenci odpovědí na dvojúrovňové otázky. Při analýze výsledků jsem se zaměřili především na tři možné determinující faktory, pohlaví, obor studia a rok testován. Na základě výsledků byly formulovány hypotézy, které byly testovány Mann-Whitneyho U-testem a Studentovým t-testem na hladině významnosti 5 %. Zaznamenali statisticky významný rozdíl mezi výsledky mužů a žen. Statistická analýza však neukázala žádný významný rozdíl mezi úrovněmi vědeckého myšlení studentů, kteří nastupují do učitelských studijních programů, a studentů, jež začínají studium vědecko-technických nečitelských oborů. Stejně tak se neliší výsledky studentů zapojených do výzkumu v letech 2018–2021. Jediným determinujícím faktorem je tedy na základě našich výsledků pouze pohlaví studenta.

Výsledky tohoto výzkumu naznačují, že studenti jsou často vedeni k faktickému zapamatování informací před hlubokým pochopením problému a nízká úroveň vědeckého myšlení může vést k problémům při studiu oborů STEM. Zaměřili jsem se proto na možnou korelaci mezi výsledky LCTSR a úspěšnému absolvování studia, resp. dokončení 2. ročníku. Byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi celkovým skóre studentů, kteří dokončili alespoň 2. ročník a kteří jej ukončili během prvních dvou let studia. Během výzkumu jsme se také věnovali korelaci výsledků LCTSR a schopností metakognitivního monitorování. Studenti vykazují tendenci podceňovat své výkony. V poslední části výzkumu jsme se věnovali strategiím řešení vybraných úloh testu pomocí metody eye-trackingu.

Je potřeba upozornit na mírně limitující faktory statistického zpracování nepoměrné zastoupení žen a mužů a studentů učitelství a neučitelských oborů. Testování na eye-trackingu se zúčastnilo 32 studentů. Tento počet je dostatečný pro danou metodu. Nabízí se rozšíření rozsahu statistického souboru. V práci popisujeme nedostatky této části výzkumu způsobené předchozí malou zkušeností s touto metodou výzkumu a navrhuje možnosti zkvalitnění příštích výzkumů.

S přihlédnutím na charakter výzkumu si však autorka dovoluje konstatovat, že všechny cíle práce byly naplněny a stanovené výzkumné otázky zodpovězeny. Dále také považujeme závěry výzkumu za přínosné nejen pro didaktiku fyziky, ale také pro vzdělávání žáků v oblastech STEM a studentů na PřF UPOL.

Na závěry tohoto výzkumu je možné navázat a využít získané poznatky především při hledání vhodných metod a úloh pro kvalitní rozvoj vědeckého myšlení u žáků na SŠ, jejich začlenění do výuky. Nabízí se také vize zkvalitnění rozvoje vědeckého myšlení u budoucích učitelů na PřF UPOL např. zařazením vhodných úloh.

Literatura

- [1] BAO, Lei, et. al. Learning of content knowledge and development of scientific reasoning ability: A cross culture comparison. *American Journal of Physics Teacher*, 77 (12), 2009.
- [2] BAO, Lei, et. al. *Physics Learning and Scientific Reasoning*. [online]. [cit. 25. 4. 2022]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/23959611_Learning_and_Scientific_Reasoning/link/5d955cd6458515c1d38ee0ac/download.
- [3] BAO, Lei, et. al. Validity evaluation of the Lawson classroom test of scientific reasoning. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 020106, 2018.
- [4] BAO, Lei, et. al. Theoretical model and quantitative assessment of scientific thinking and reasoning. *Physical review physics education research*, 18(1), 010115, 2022.
- [5] BUNCE, Diane M. a Kira D. HUTCHINSON. The Use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a Predictor of Academic Success in Collage Chemistry. *Journal of Chemical Education* 70(3), 183-187, 1993. [online], [cit. 18. 4. 2022]. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed070p183>.
- [6] BLAŽEK, Radek, et. al. *Mezinárodní šetření PISA 2018*. Česká školní inspekce, Praha 2019. ISBN 978-80-88087-24-3.
- [7] DVOŘÁKOVÁ, Irena. Lawsonův test. In DVOŘÁK, Leoš et. al. In *Sborník konference Dílny Heuréka 2011*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, 2011. ISBN 978-80-7196-426-1.
- [8] ETKINA, Eugenia, et. al. Scientific abilities and their assessment. In *Physical Review Special Topics-Physic Education Research*, 2(2), 020103, 2006.
- [9] HAN, Jing. *Scientific reasoning: research, development, and assessment*. Ohio: The Ohio State University 2013. Disseration.

- [10] HEJNOVA, Eva. Testování vědeckého myšlení. *MATEMATIKA-FYZIKA-INFORMATIKA*, 27(5), 350-359, 2018.
- [11] HOFSTEIN, Avi a Vera MANDLER. The use of Lawson's test of formal reasoning in the Israeli science education context. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 141–152, 1985.
- [12] HROUZKOVÁ, Tereza. *Lawsonův test vědeckého myšlení*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2020. Bakalářská práce.
- [13] HROUZKOVÁ, Tereza a Lukáš RICHTEREK. Lawson classroom test of scientific reasoning at entrance university level. In n. V. Lamanauskas (Ed.), Science and technology education: Developing a global perspective. In *Proceedings of the 4th International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2021)*, 74–85, 2021.
- [14] CHRASTKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu*. 2. vyd. Praha:Grada Publishing, a.s. 2016. ISBN 978-80-247-5326-3.
- [15] JARODZKA, Halszka, Kenneth HOLMQVIST a Hans GRUBER. Eye tracking in Educational Science: Theoretical frameworks and research agendas. *Journal of Eye Movement Research*, 10(1), 1–18, 2017.
- [16] KOENIG, Kathleen, Melissa SCHEN a Lei BAO. Explicitly Targeting Pre-service Teacher Scientific Reasoning Abilities and understanding of Nature of Science through an Introductory Science Course. In *Science educator*, 21 (2), 2012. [online].[cit. 14. 4. 2022]. Dostupné z: <https://static.nsta.org/connections/college/201307Koenig.pdf>.
- [17] KOHOUTEK, Rudolf. *Kognitivní vývoj dětí a školní vzdělávání*. Pedagogická orientace 2008, 18(3). ISSN 1211-4969.
- [18] LAWSON, Anton E. The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of research in science teaching*, 15(1), 11-24, 1978.
- [19] LOKAJÍČKOVÁ, Veronika. Metakognice-vymezení pojmu a jeho uchopení v kontextu výuky. *Pedagogika*, 64(3), 287–306, 2014. [online]. [cit. 28. 4. 2022]. Dostupné z: https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/files/2014/12/Ped_2014_3_03_Metakognice_287_306.pdf.
- [20] MOORE, Christopher J. a Louis J. RUBBO. Scientific reasoning abilities of non-science majors in physic-based courses. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8(1), 010106, 2012.

- [21] NOVÁKOVÁ, Alena, Vlastimil CHYTRÝ a Jaroslav ŘÍČAN. Vědecké myšlení a metakognitivní monitorování studentů učitelství pro 1. stupeň základní školy. *Scientia in educatione*, 9(1), 66–80, 2018. ISSN 1804-7106.
- [22] NOVIA, SYAMSU a RIANDI. Student's achievement in Lawson's classroom scientific reasoning (LCTSR): the effect of gender and age on scientific reasoning ability. In *International Conference on Mathematics and Science Education of Universitas Pendidikan Indonesia*, 3, 2018. ISSN 2655-3252.
- [23] SRIYANSYAH, Syakti P. a Duden Saepuzaman. Prospective Physics Teachers' Consistency and Scientific Reasoning in the Learning Force Concept. In *International Conference on Mathematics and Science Education*. 57, 21–24.
- [24] PIRAKSA, Chakkrapan, Niwat SRISAWASDI a Rekha KOUL. Effect of Gender on Students' Scientific Reasoning Ability: A Case Study in Thailand. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 486-491, 2014.
- [25] POPELKA, Stanislav. *Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci 2018. ISBN 978-80-244-5313-2.
- [26] TOBIN, Kenneth G. a William CAPIE. The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and psychological measurement*, 41, 1981.
- [27] TOMÁŠEK, Vladislav, et. al. *Mezinárodní šetření TIMSS 2019*. Česká školní inspekce, Praha 2020. ISBN: 978-80-88087-45-8.
- [28] WILSON, Kate, et. al. Differences in gender performance on competitive physics selection tests. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 020111, 2016.

Seznam obrázků

3.1	Celkové skóre v LCTSR	25
3.2	Výsledky v jednotlivých oblastech	26
3.3	Korelace mezi jednotlivými oblastmi vědeckého myšlení a celkovým skóre v LCTSR	27
3.4	Index obtížnosti položky P, Diskriminační index D a bodový biserální koeficient r_{pbs}	28
3.5	Četnost odpovědí na jednotlivé otázky	29
3.6	Konzistence odpovědí na dvojúrovňové otázky	30
3.7	Krabicový graf zobrazující celkové skóre podle oboru studia	32
3.8	Histogram celkového skóre podle oboru studia	33
3.9	Úspěšnost řešení jednotlivých otázek podle oborů	35
3.10	Porovnání četností odpovědí na jednotlivé otázky mezi studenty učitelských a neučitelských oborů	36
3.11	Krabicový graf zobrazující celkové skóre podle pohlaví studenta	38
3.12	Histogram celkového skóre podle pohlaví	38
3.13	Četnost odpovědí na jednotlivé otázky podle pohlaví	39
3.14	Krabicový graf zobrazující celkové skóre podle roku počátku studia	42
3.15	Histogram celkového skóre podle roku počátku studia	42
3.16	Četnost odpovědí na jednotlivé otázky podle roku počátku studia	44
3.17	Histogram rozdílů mezi celkovým skóre a postdikčním soudem	48
3.18	Krabicové grafy znázorňující srovnání výsledků metakognitivního monitorování v závislosti na možných determinačních parametřů	49
3.19	Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy	55
3.20	Attention mapy pro vybrané dvojúlohy-pohlaví	56
3.21	Attention mapy pro vybrané dvojúlohy-obor studia	56
3.22	Vyznačení oblasti zájmu pro úlohu 9–10	57
3.23	Vizualizace přesunů pohledu mezi AOI	58
3.24	Celková délka fixací v oblastech zájmu	60
25	AOI	XIII
26	Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy-pohlaví	XIV
27	Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy-obor studia	XV

28	Sequence charts-1. část	XVI
29	Sequence charts-2.část	XVII
30	Celkový počet fixací v oblastech zájmu-pohlaví	XVIII
31	Celkový počet fixací v oblastech zájmu-obor studia	XIX

Seznam tabulek

2.1	Porovnání zastoupení otázek a oblastí vědeckého myšlení v LCTSR a LCTFR-78, citováno z: [3]	20
3.1	Srovnání výsledků studentů 1. a vyšších ročníků	25
3.2	Získané počty bodů v jednotlivých oblastech myšlení	26
3.3	Četnosti jednotlivých odpovědí (zeleně zaznačené správné odpovědi, červeně označeny nejčastější chybné odpovědi)	29
3.4	Konzistence odpovědí	30
3.5	Srovnání dvojúrovňového a jednoúrovňového hodnocení	31
3.6	Výsledky LCTSR podle studijního oboru	32
3.7	Úspěšnost v jednotlivých oblastech podle oboru, hodnoty uvedeny v %	34
3.8	Výsledky LCTSR podle pohlaví	37
3.9	Úspěšnost v jednotlivých oblastech podle pohlaví, hodnoty uvedeny v %	39
3.10	Výsledky LCTSR podle roku testování	41
3.11	Úspěšnost v jednotlivých oblastech podle roku počátku studia, hodnoty uvedeny v %	43
3.12	Počet studentů absolvujících studium, s ukončeným studiem a v jednotlivých ročnících studia (N značí celkový soubor, U studenty učitelství, NO studenty neučitelských oborů a PKK hodnotu Personova korelačního koeficientu)	46
3.13	Srovnání výsledků studentů s ukončeným studiem a studentů s absolvovaným 2. ročníkem studia	47
3.14	Rozdíl mezi sebehodnocením a skutečným skóre	48
3.15	Hodnota pearsonova korelačního koeficientu mezi bias koeficientem a úspěšností v jednotlivých oblastech	48
3.16	Možné determinující parametry úrovně metakognitivního monitorování	50
3.17	Úspěšnost řešení dvojúloh při eye-trackingovém testování ve srovnání s úspěšností při klasickém řešení testu	53
3.18	Statistické charakteristiky délky řešení úloh na eye-trackingu, hodnoty uvedeny v sekundách	61

3.19	Četnosti jednotlivých odpovědí N (zeleně zaznačené správné odpovědi, červeně označeny nejčastěji volené chybné odpovědi), průměrná doba fixací Δt a průměrný počet fixací ΔN	61
3.20	Statistické charakteristiky délky řešení úloh na eye-trackingu podle pohlaví, hodnoty uvedeny v sekundách	62
3.21	Statistické charakteristiky délky řešení úloh na eye-trackingu studentů učitelských (U) a neučitelských (N) oborů, hodnoty uvedeny v sekundách	63

Přílohy A

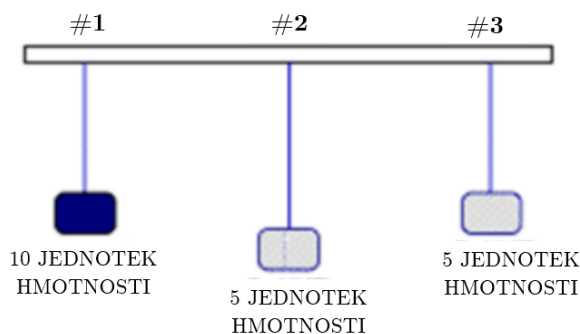
Nástroje měření úrovně vědeckého myšlení

V následující příloze jsou uvedeny úlohy z oblasti identifikace a kontroly změny z testů GALT (příloha A1), TOLT (příloha A2) a LCTSR (příloha A3). Otázky ilustrují podobnost testů. Všechna zadání, obrázky a možnosti odpovědí byly převzaty z [9] a přeloženy do češtiny.

Příloha A1

Položka 5 - Délka kyvadla

Na tyči jsou zavěšeny tři struny. Struny 1 a 3 jsou stejně dlouhé. Struna 2 je delší. Charlie pověsil na konec struny 2 a na konec struny 3 závaží o hmotnosti 5 jednotek. Na konec struny 1 pověsil závaží o hmotnosti 10 jednotek. Každá z těchto strun se může kývat.



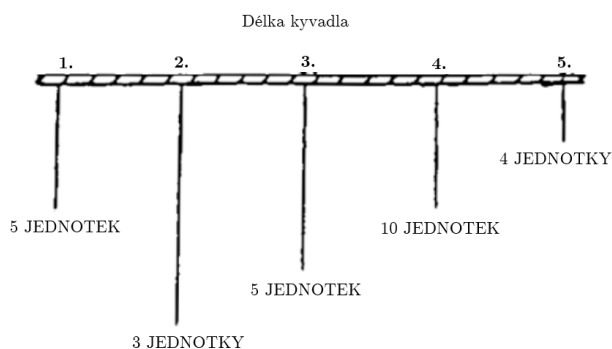
Charlie chce zjistit, zda má délka struny vliv na dobu, za niž se kyvadlo kývá tam a zpět. **Kam zavěsí závaží o hmotnosti 5 jednotek, aby se váha opět vyrovnala?**

- struny 1 a 2
- struny 1 a 3
- struny 2 a 3
- struny 1, 2, 3
- pouze struna 2

Jaký je důvod Vaší odpovědi?

- Délka struny by měla být stejná. Hmotnost my měla být jiná.
- Měly by být otestovány různé délky s odlišnými hmotnostmi.
- Všechny struny se svými závažími by měly být vzájemně otestovány.
- Testování by mělo být provedeno pouze s nejdelší strunou. Experiment je zaměřen pouze na ověřování délky, nikoliv hmotnosti.
- Všechno kromě délky by mělo být stejné, aby bylo možné zjistit, zda-li existuje závislost na délce.

Příloha A2



3. Délka kyvadla

Předpokládejme, že byste chtěli provést experiment, abyste ověřili, zda změna délky kyvadla nezmění dobu, za kterou se kyvadlo kývá tam a zpět. **Které kyvadlo byste k experimentu použili?**

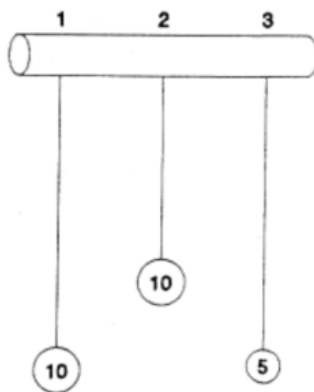
- 1 a 4
- 2 a 4
- 1 a 3
- 2 a 5
- všechna

Důvod:

- Testování by mělo proběhnout s nejdelším a nejkratším kyvadlem.
- Měla by být provedena všechna možná srovnání.
- Se zvětšující délkou by se měl snižovat počet závaží.
- Délka kyvadel by měla být stejná a počet závaží by se měl lišit.
- Délka kyvadel by měla být odlišná a počet závaží by měl být stejný.

Příloha A3

Obrázek vpravo ukazuje tři provázky visící z tyčky. Na koncích všech tří provázků jsou připevněna kovová závaží. Provázky 1 a 3 mají stejnou délku. Provázek 2 je kratší. Na konci provázku 1 je závaží o tíze 10 jednotek. Závaží o tíze 10 jednotek je připevněno i na konci provázku 2. Závaží o tíze 5 jednotek je připevněno na konci provázku 3. Provázky a k nim připevněná závaží se mohou kývat a můžeme měřit dobu jejich kmitu.



9. Řekněme, že byste chtěli určit, zda má délka provázku vliv na dobu, za níž se kývá tam a zpět. **Které provázky byste si vybrali, abyste to zjistili?**

- jen jeden provázek
- všechny tři provázky
- 2 a 3
- 1 a 3
- 1 a 2

10. **protože**

- musíme užít nejdelší provázek.
- musíme porovnat provázky s lehkým a těžkým závažím.
- se liší jen délka.
- potřebujeme provést všechna srovnání.
- se liší hmotností.

Přílohy B

Tabulky četností odpovědí na otázky v testu

V následujících tabulkách jsou uvedeny četnosti odpovědí na otázky v testu, celkový počet studentů odpovídajících na danou otázku a úspěšnost řešení.

Seznam příloh B

B1 – učitelské a neučitelské obory

B2 – fyzika, chemie a informatika

B3 – ženy a muži

B4 – termín testován 2018 a 2019

B5 – termín testován 2020 a 2021

Příloha B1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Učitelství	A	3	6	163	1	39	0	34	118	2	1	58	72	70	5	16	183	11	4	148	21	84	76	94	32
	B	204	2	46	11	160	36	37	3	16	8	87	48	7	18	56	0	152	17	13	82	58	60	88	144
	C	5	2	3	35	7	140	8	3	4	182	51	11	126	6	130	12	26	9	51	10	7	29	26	33
	D	201		3	3	32	120	26	7	16	14	63	5	118	8	0	10	29		95	45	36			
	E	1		161	1	0	10	56	183	5		14		57	1	12	8	143		1	13				
suma		212	212	212	211	210	208	209	206	212	212	210	208	208	204	211	207	207	202	212	209	207	201	208	209
úspěšnost %		96,2	94,8	76,9	75,9	75,5	66,0	56,6	55,7	86,3	85,8	41,0	34,0	59,4	55,7	61,3	86,3	71,7	67,5	69,8	44,8	39,6	35,9	44,3	67,9
Neučitelství	A	12	17	307	3	99	8	91	253	1	3	111	150	156	19	44	368	24	13	319	40	180	181	184	85
	B	414	10	135	26	309	96	96	3	47	30	179	105	19	33	126	3	308	30	35	165	98	115	201	290
	C	22	6	4	99	22	284	10	7	11	365	117	23	254	11	261	37	68	21	91	25	20	68	57	66
	D	414		14	12	58	212	69	17	42	37	132	11	285	13	8	24	92		211	104	66			
	E	1		303	6	1	32	108	372	7		31		88	3	31	15	275		2	35				
suma		448	448	446	445	448	447	441	440	448	447	444	441	440	436	447	447	439	431	445	443	437	430	442	441
úspěšnost %		92,4	92,4	68,5	67,6	69,0	63,4	47,3	56,5	83,0	81,5	40,0	33,5	56,7	63,6	58,3	82,1	68,8	61,4	71,2	47,1	40,2	40,4	41,1	64,7

Příloha B2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Fyzika	A	0	0	11	1	3	0	4	12	0	0	4	4	6	0	1	13	1	0	11	2	4	3	7	2
	B	15	1	3	0	13	2	2	0	0	1	8	3	0	0	5	0	11	1	1	3	3	6	6	9
	C	1	0	0	2	0	11	0	0	0	15	4	3	10	1	9	1	2	0	3	0	1	3	1	3
	D	15	0	0	0	3	9	1	1	0	0	6	0	13	0	0	0	0	3	10	3	10	3	1	3
	E	0	11	0	0	1	3	15	0	3	15	0	0	2	0	1	1	11	0	2	0	2	0	2	2
suma	16	16	14	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	13	13	14	14
úspěšnost %	93,8	93,8	68,8	68,8	81,3	68,8	56,3	75,0	93,8	93,8	50,0	25,0	62,5	81,3	56,3	81,3	68,8	68,8	68,8	68,8	62,5	25,0	18,8	43,8	56,3
Chemie	A	10	16	248	2	91	8	72	216	1	0	101	126	136	17	41	301	21	12	271	157	156	157	71	
	B	346	7	124	26	246	89	89	2	43	25	141	84	19	32	110	3	256	26	32	147	83	99	166	245
	C	20	6	4	90	22	229	9	7	10	305	101	18	204	9	210	34	59	19	72	20	15	59	51	58
	D	346	13	11	49	174	63	11	39	29	114	10	231	12	8	21	80	171	86	50	2	29	2	29	29
	E	1	244	6	1	25	80	311	6	27	77	3	30	12	244	2	29	2	29	2	29	2	29	2	29
suma	376	376	376	376	376	369	368	376	376	375	372	369	366	376	376	366	376	369	361	375	373	370	364	374	374
úspěšnost %	90,2	92,0	66,0	64,9	65,4	60,9	46,3	57,4	82,7	81,1	37,5	33,5	54,3	61,4	55,9	80,1	68,1	59,6	72,1	45,5	41,8	41,5	41,8	62,2	62,2
Informatika	A	2	1	46	0	5	0	15	24	0	3	6	20	14	2	2	52	2	1	35	5	19	22	20	11
	B	51	2	8	0	48	5	5	1	3	4	29	17	0	0	11	0	39	3	2	14	11	10	27	35
	C	1	0	0	7	0	43	1	0	1	44	11	1	38	1	40	2	7	2	16	5	4	6	5	5
	D	51	0	1	1	6	27	5	5	3	8	12	1	41	1	0	3	9	29	14	13	0	4	4	4
	E	0	46	0	0	6	24	45	0	4	9	0	0	2	38	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
suma	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	53	54	54	54	53	53	53	53	53	52	51	52	51
úspěšnost %	94,4	94,4	85,2	85,2	88,9	79,6	50,0	44,4	83,3	81,5	53,7	37,0	70,4	75,9	74,1	96,3	72,2	70,4	64,8	53,7	35,2	40,7	37,0	64,8	64,8

Příloha B3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Ženy	A	10	16	238	4	101	5	70	200	1	122	126	149	14	41	310	20	13	268	39	146	126	158	66	
	B	361	5	139	25	246	99	103	5	37	27	129	84	19	33	141	2	242	36	34	163	91	118	171	249
	C	15	5	7	110	22	216	15	5	10	318	98	23	200	8	188	30	77	22	82	19	17	63	50	65
	D	359		11	11	63	167	78	12	32	33	119	11	230	13	5	24	91			160	89	60		
	E	1		233	4	1	23	88	326	7	28	89	2	36	17	209			1	32					
suma	386	386	384	383	384	384	378	376	386	385	382	380	379	374	385	383	380	371	384	382	375	367	379	380	
úspěšnost %	93,5	93,0	61,7	60,4	63,7	56,0	43,3	51,8	84,5	82,4	33,4	32,6	51,8	59,6	48,7	80,3	62,7	54,1	69,4	41,5	37,8	32,6	40,9	64,6	
Muži	A	5	7	232	0	37	3	55	171	2	3	47	96	77	10	19	241	15	4	199	22	118	131	120	51
	B	257	7	42	12	223	33	30	1	26	11	137	69	7	18	41	1	218	11	14	84	65	57	118	185
	C	12	3	0	24	7	208	3	5	5	229	70	11	180	9	203	19	17	8	60	16	10	34	33	34
	D	256		6	4	27	165	17	12	26	18	76	5	173	8	3	10	30			146	60	42		
	E	1		231	3	0	19	76	229	5	17	56	2	7	6	209			2	16					
suma	274	274	274	273	274	271	272	270	274	274	272	269	269	266	273	271	266	262	273	270	269	264	271	270	
úspěšnost %	93,8	93,4	84,7	84,3	81,7	75,9	60,2	62,4	83,6	83,6	50,0	35,0	65,7	63,1	74,1	88,0	79,6	76,3	72,6	53,3	43,1	47,8	43,8	67,5	

Příloha B4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	2	5	112	2	33	1	29	88	0	0	49	44	59	7	13	134	6	4	114	17	70	65	78	20
B	149	3	43	7	113	31	30	1	13	7	51	34	3	10	45	0	117	12	13	61	37	53	59	114
C	7	4	1	36	8	107	5	1	5	133	46	9	89	3	92	11	20	5	30	9	9	16	17	20
D	146			3	2	18	85	22	6	14	12	59	6	105	+	7	29		67	26	16			
E	0			108	1	0	7	43	134	4	10	30	1	9	3	101			0	12				
suma	158	158	156	156	157	157	156	155	158	158	158	156	157	155	157	157	153	151	157	154	154	150	154	154
úspěšnost %	94,3	92,4	70,9	68,4	71,5	67,7	53,8	55,7	84,8	84,2	32,3	27,8	56,3	66,5	58,2	84,8	74,1	63,9	72,2	42,4	44,3	41,1	9,4	72,2
A	4	5	92	0	30	2	31	82	0	0	43	50	59	5	17	109	3	7	92	15	48	46	57	26
B	123	2	39	6	93	30	28	2	11	9	48	35	4	14	42	0	90	9	10	56	31	31	56	86
C	6	2	2	33	6	84	3	2	3	113	29	10	66	3	68	13	24	5	30	5	3	27	20	20
D	123			5	4	16	72	21	4	9	12	31	2	76	6	1	7	29		54	39	28		
E	1			89	0	1	7	23	115	1	6	33	0	10	9	81			1	11				
suma	133	133	133	133	133	133	131	130	133	132	132	132	131	131	133	133	133	131	132	131	132	132	133	132
úspěšnost %	92,5	92,5	69,2	66,9	69,9	63,2	54,1	61,7	86,5	85,0	36,1	37,6	49,6	57,1	51,1	82,0	67,7	60,9	69,2	40,6	36,1	34,6	42,9	67,9

Příloha B5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2020	A	4	7	108	1	39	2	22	83	2	1	37	59	49	5	11	131	11	3	108	10	68	63	61	32
	B	143	4	43	12	100	36	39	1	17	11	67	32	12	15	39	1	103	9	7	61	43	48	74	91
	C	8	0	4	28	7	87	5	2	2	126	40	7	88	5	100	9	23	11	40	10	4	18	18	32
	D		143	3	6	27	73	27	6	16	9	42	2	86	4	2	8	30			72	29	20		
	E	1		109	2	0	11	37	128	1		13			35	0	9	6	93		2	9			
suma	155	155	155	153	154	152	150	150	155	155	153	153	152	149	154	152	151	146	15	155	153	149	153	155	
úspěšnost %	92,3	92,3	69,7	70,3	64,5	56,1	47,1	53,5	82,6	81,3	43,2	38,1	56,8	57,4	64,5	84,5	66,5	60,0	69,7	46,5	43,9	40,6	39,4	58,7	
2021	A	5	6	158	1	36	3	53	118	1	3	40	69	59	7	19	177	145	3	153	19	78	83	82	39
	B	203	3	56	12	163	35	36	2	22	11	100	52	6	12	56	2	150	17	18	69	45	43	100	143
	C	6	2	0	37	8	146	5	5	5	175	53	8	137	6	131	16	27	9	42	11	11	36	28	27
	D		203	6	3	29	102	25	8	9	18	63	6	133	5	2	12	33			113	55	38		
	E	0		158	4	0	17	61	178	6		16			47	3	15	5	143		0	16			
suma	214	214	214	214	214	213	213	211	214	214	211	208	208	205	214	212	209	205	213	212	205	200	210	209	
úspěšnost %	94,9	94,9	73,8	73,8	76,2	68,2	47,7	55,1	83,2	81,8	46,7	32,2	64,0	62,1	61,2	82,7	70,1	66,8	71,5	52,8	36,4	38,8	38,3	66,8	

Přílohy C

Výsledky z eye-trackingu

V následující příloze jsou uvedeny data získaná pomocí eye-trackingu. V tabulce jsou uvedeny průměrné délky fixace žen, mužů, studentů učitelství a neučitelských oborů v jednotlivých AOI .

Seznam příloh C

C1 – tabulka délek fixace

C2 – obrázek 25: AOI

C3 – obrázek 26: Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy-pohlaví

C4 – obrázek 27: Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy-obor studia

C5 – sequence charts

C6 – obrázek 30: Celkový počet fixací v oblastech zájmu-pohlaví

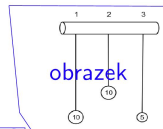
C7 – obrázek 31: Celkový počet fixací v oblastech zájmu-obor studia

Příloha C1

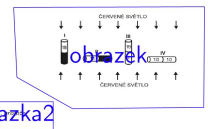
	9-10		11-12		15-16		16-17		18-19	
	ženy	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy	muži	ženy	muži
Zadání	121,9	122,9	142,6	110,2	72,9	49,3	98,9	69,7	103,9	112,2
Obrázek	61,8	39,8	185,8	121,4	128,5	94,6	29,6	10,2	90,4	89,5
Otázka	103,794,1	10,5 9,9	37,5 30,9	6,7 8,1	7,2 16,2	4,2 3,2	21,2 25,1	5,9 8,9	44,6 59,0	5,2 10,1
A	19,3 10,6	13,9 14,7	27,8 21,6	37,1 35,6	20,0 18,0	18,1 15,9	10,3 7,3	16,8 17,7	7,3 7,0	13,0 11,7
B	15,7 11,9	4,9 16,8	26,6 17,7	21,2 25,8	16,0 10,1	19,3 12,9	13,6 8,0	9,7 9,6	10,7 9,2	21,0 13,4
C	11,4 7,0	18,3 13,0	17,5 11,1	24,2 21,2	12,1 12,1	28,2 22,8	13,3 8,0	13,3 10,9	9,5 10,0	11,3 10,1
D	7,5 5,9	12,5 12,1	10,4 6,4	33,0 24,3	4,2 3,4	28,0 33,9	3,0 5,6	6,6 6,2	10,3 7,2	12,5 16,3
E	4,1 5,6	3,1 5,8		12,5 6,1		17,6 13,5	1,2 1,9	8,2 6,2	3,3 3,8	13,0 17,8
	U	N	U	N	U	N	U	N	U	N
Zadání	108,4	133,6	114,9	132,0	44,7	72,7	67,6	89,9	98,9	120,9
Obrázek	43,3	54,4	147,6	151,4	108,6	110,2	19,6	16,6	77,9	99,9
Otázka	100,097,0	12,1 8,6	32,6 34,8	8,8 6,5	18,2 21,9	3,4 3,9	20,1 25,8	8,9 7,0	52,1 54,3	9,9 6,9
A	11,8 16,4	13,3 15,2	20,7 27,1	36,1 36,4	18,6 19,1	13,4 19,6	9,4 8,1	21,9 14,4	5,4 8,9	13,4 12,6
B	17,9 10,1	16,3 15,7	23,1 20,5	26,5 21,6	11,1 13,9	11,3 19,1	11,7 9,2	10,7 8,9	8,4 11,4	14,2 19,4
C	9,1 8,8	17,8 13,4	10,8 16,4	18,5 25,7	9,9 6,7	23,4 26,6	13,1 8,1	13,4 10,8	6,7 12,6	10,3 11,4
D	7,7 5,4	12,5 12,2	8,9 7,5	23,6 31,6	2,3 4,9	32,8 30,1	4,4 4,7	5,8 6,7	5,5 11,4	13,8 15,6
E	6,6 3,6	5,1 4,2		6,9 10,5		15,8 14,9	1,3 1,9	10,7 4,6	2,3 4,7	17,3 15,0

Přílohy C2–C7

Obrázek vpravo ukazuje tři provázky visící z tyčky. Na koncích všech tří provázků jsou připravena kovová závaží. Provázky 1 a 3 mají stejnou délku. Provázek 2 je kratší. Na konci provázku 1 je závaží o tíze 10 jednotek, na konci provázku 2 je závaží o tíze 5 jednotek a na konci provázku 3 je závaží o tíze 10 jednotek. Provázky a k nim připravená závaží se mohou kývat a můžeme měřit dobu jejich kmitů.



Do každé ze čtyř dleškových trubčiček dlešná dvočetí ozvěnych trubčiček. Trubčičky dlešná uzavřené. Trubčičky I a II jsou zlešná pokryty čerňm papírem. Trubčičky III a IV nejsou vůbec uzavřené. Trubčičky jsou uzavřené. Půle je vyzkoušeno uzavřením světla po dobu 10 minut. Trubčičky jsou uzavřeny poúty masek v uzavřených dleškových trubčičkách.



9. Řekněte, do byšně chleší světlo z trubčičky I vlna na dobu, za níž se kývá třasa a paprdek světla je uzavřen, abyšně do zlešně?

- (a) Jsa je **a1**.
- (b) Všech **b1**.
- (c) 2 a 3 **c1**.
- (d) 1 a 3 **d1**.
- (e) 1 a 2 **e1**.

- otazka2
- (a) musíme užít nejdelší závaží **a2**.
 - (b) musíme uzavřít provázek 2 těžším závažím **b2**.
 - (c) se líbí delší **c2**.
 - (d) potřebujeme provázek 2a možná svazování **d2**.
 - (e) se líbí hmotnost **e2**.

11. Tento experiment ukazuje, že masek světla se posouvá hlíe nebo dále na:

- (a) uzavřené světlo **a1**.
- (b) gravitaci, ale se světlo **b1**.
- (c) uzavřené světlo i na **c1**.
- (d) uzavřít masek světla i na gravitaci **d1**.

otazka2

- (a) vřítina masek je v horní části trubčičky III, ale jsou rozdílné hustoty vzduchu **a2**.
- (b) vřítina masek najde trubčičky I a III **b2**.
- (c) masek potřebují světlo, gravitaci a musí lást proti gravitaci **c2**.
- (d) vřítina masek je v horní části trubčičky III, ale v otevřených koncích trubčiček **d2**.
- (e) sjeví masek jsou na obou koncích trubčičky **e2**.

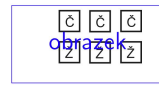
(a) 9–10,

(b) 11–12,

Do každé ze čtyř dleškových trubčiček dlešná dvočetí ozvěnych trubčiček. Trubčičky dlešná uzavřené. Trubčičky I a II jsou zlešná pokryty čerňm papírem. Trubčičky III a IV nejsou vůbec uzavřené. Trubčičky jsou uzavřené. Půle je vyzkoušeno uzavřením světla po dobu 10 minut. Trubčičky jsou uzavřeny poúty masek v uzavřených dleškových trubčičkách.



Seš dvočetých končků dlešná dvočetí ozvěnych trubčiček. Vřítina masek má stejnou hustotu vzduchu, ale dlešná trubčičky jsou uzavřené. Vřítina masek do sjeví (masek by se dlešně) a vřítina masek.



13. Zlešně ukazuje, že masek světla se posouvá hlíe nebo dále na:

- (a) masek světla **a1**.
- (b) gravitaci, ale se světlo **b1**.
- (c) masek světla i na **c1**.
- (d) uzavřít masek světla i na gravitaci **d1**.

otazka2

- (a) sjeví masek jsou v horní části trubčičky **a2**.
- (b) masek potřebují světlo, aby se musí lást proti gravitaci **b2**.
- (c) masek jsou rozdílné hustoty vzduchu IV a v horní části trubčičky III **c2**.
- (d) vřítina masek je v otevřené části trubčičky II, ale nejde dlešně v trubčičkách I a III **d2**.
- (e) vřítina masek je v horní části trubčičky, v otevřené části trubčičky II **e2**.

15. Dlešně je **otazka1** čerňm?

- (a) 1 **a1**.
- (b) 1 **b1**.
- (c) 1 **c1**.
- (d) 1 **d1**.
- (e) 1 **e1**.

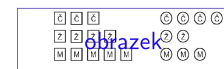
otazka2

- (a) 3 **a2**.
- (b) masek najde říci, který je v horní části **b2**.
- (c) je vřítina je 1 ksa se světlo **c2**.
- (d) všech 6 končků má stejnou hustotu vzduchu **d2**.
- (e) masek by vřítina je 1 ksa se 3 čerňmých končků **e2**.

(c) 13–14,

(d) 15–16,

Do každé ze šesti dleškových trubčiček dlešná dvočetí ozvěnych trubčiček a pět masek dleškových trubčiček. Do sjeví dlešně je vřítina masek, dlešně ksa ksa a 11 masek ksa. Vřítina masek je vřítina masek. Vřítina masek do sjeví (masek by se dlešně) a vřítina masek.



17. Dlešně je dlešně, že vřítina masek světla se posouvá hlíe nebo dlešně ksa ksa.

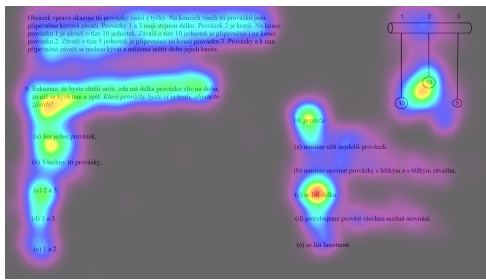
- (a) 1 **a1**.
- (b) 1 a 3 **b1**.
- (c) 1 : 21 **c1**.
- (d) 17 : 21 **d1**.
- (e) 1 : 2 **e1**.

otazka2

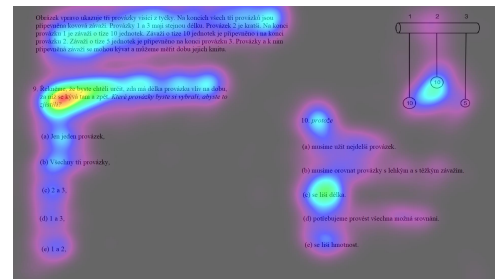
- (a) 1 : 2 **a2**.
- (b) 15 : 21 ksa je dlešně nebo masek **b2**.
- (c) masek světla, které je vřítina masek **c2**.
- (d) se sjeví je vřítina masek : 21 **d2**.
- (e) 1 : 2 ksa je dlešně nebo masek ksa ksa **e2**.

(e) 17–18,

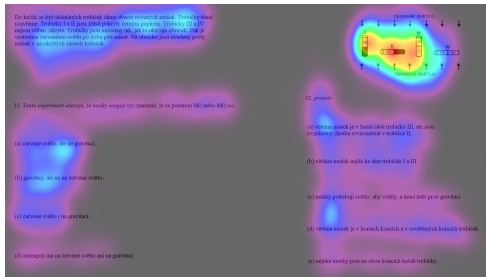
Obrázek 25: AOI



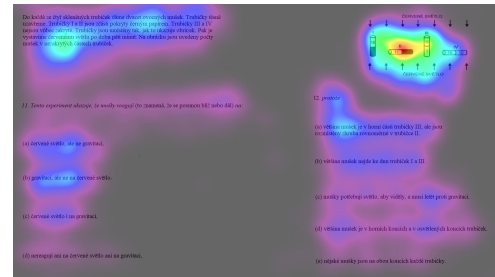
(a) 9–10, ženy



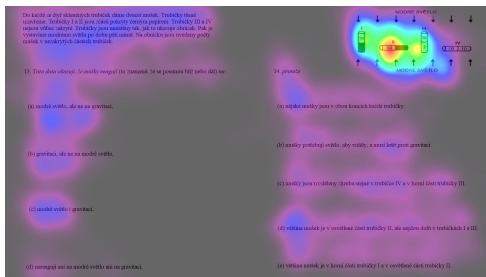
(b) 9–10, muži



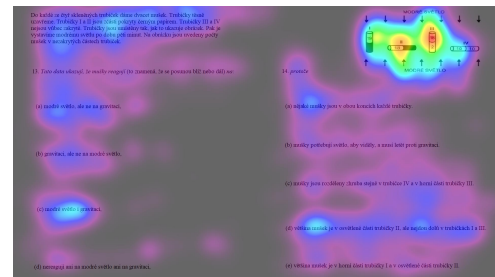
(c) 11–12, ženy



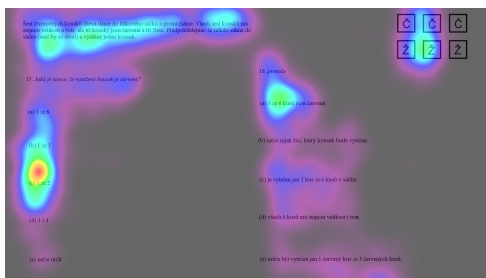
(d) 11–12, muži



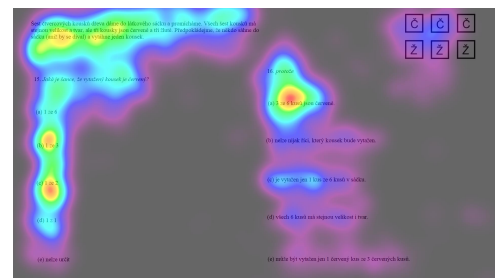
(e) 13–14, ženy



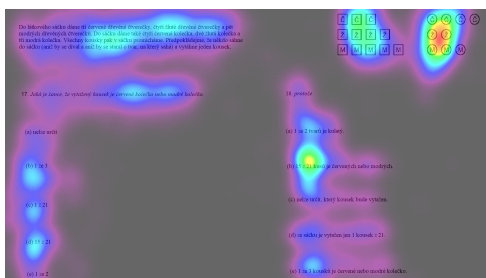
(f) 13–14, muži



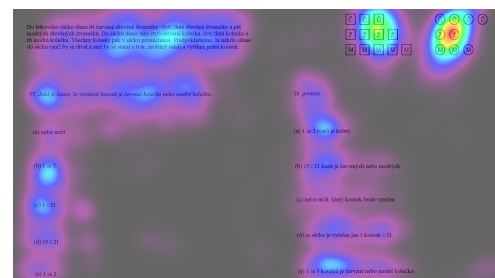
(g) 15–16, ženy



(h) 15–16, muži

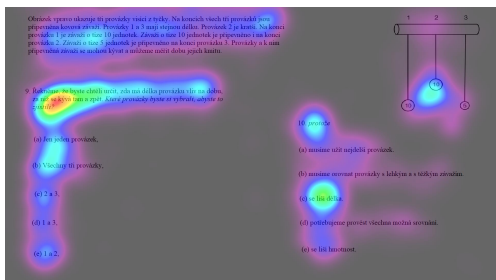


(i) 17–18, ženy

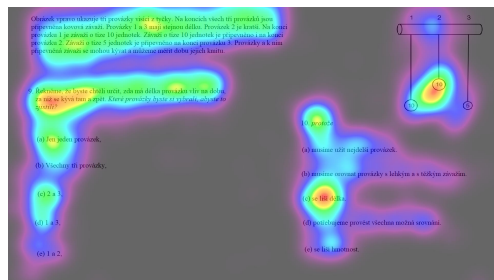


(j) 17–18, muži

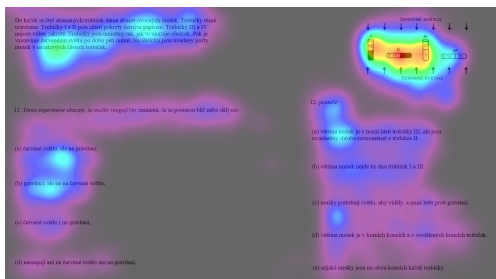
Obrázek 26: Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy-pohlaví



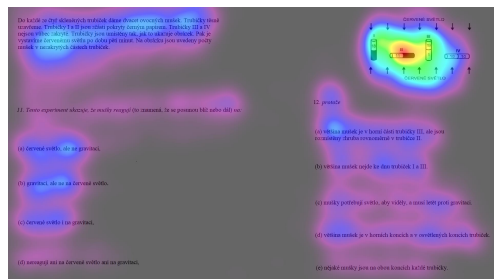
(a) 9–10, učitelství



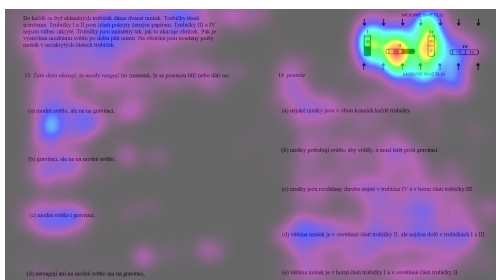
(b) 9–10, odborné



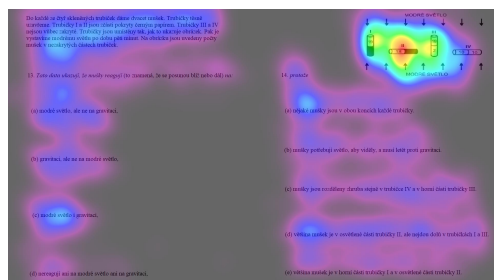
(c) 11–12, učitelství



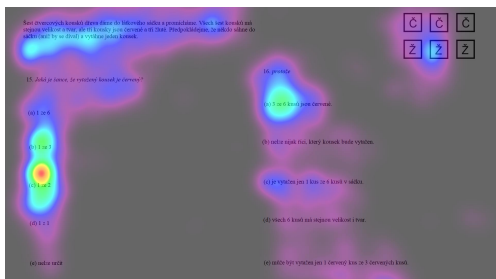
(d) 11–12, odborné



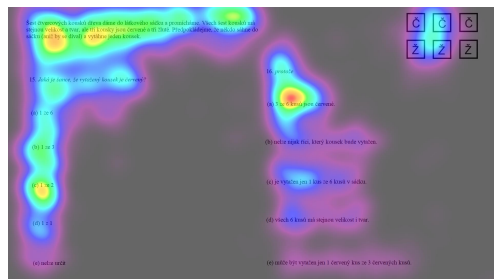
(e) 13–14, učitelství



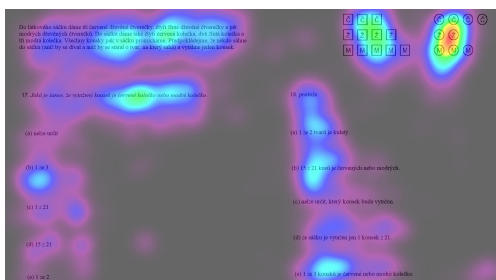
(f) 13–14, odborné



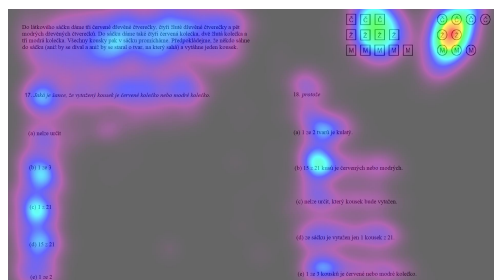
(g) 15–16, učitelství



(h) 15–16, odborné

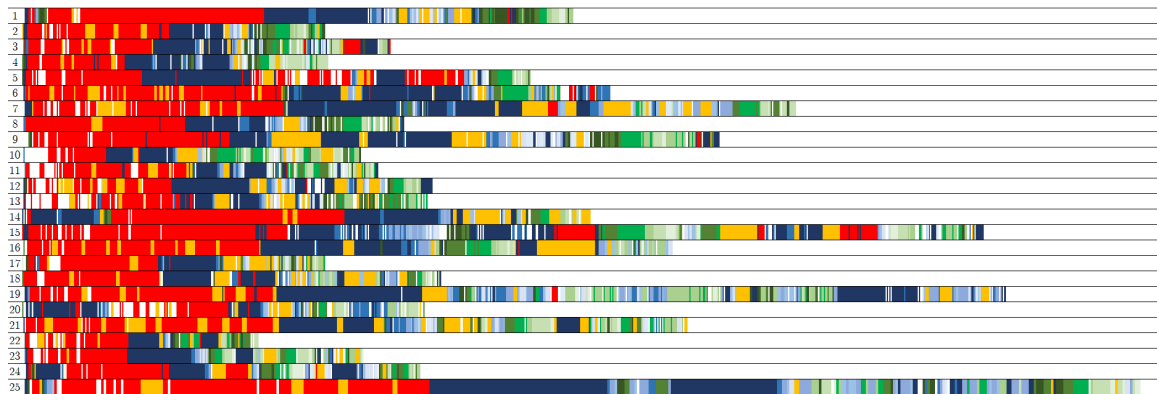


(i) 17–18, učitelství

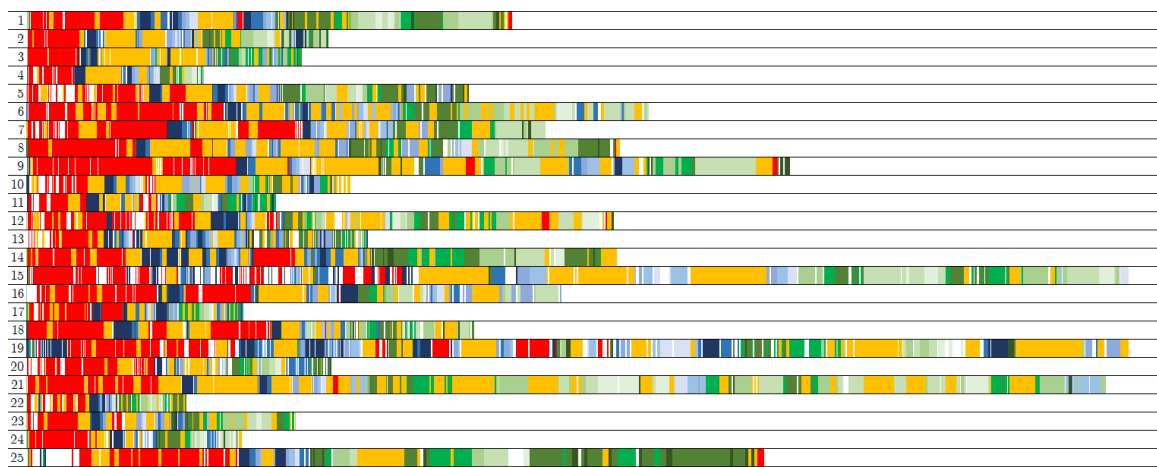


(j) 17–18, odborné

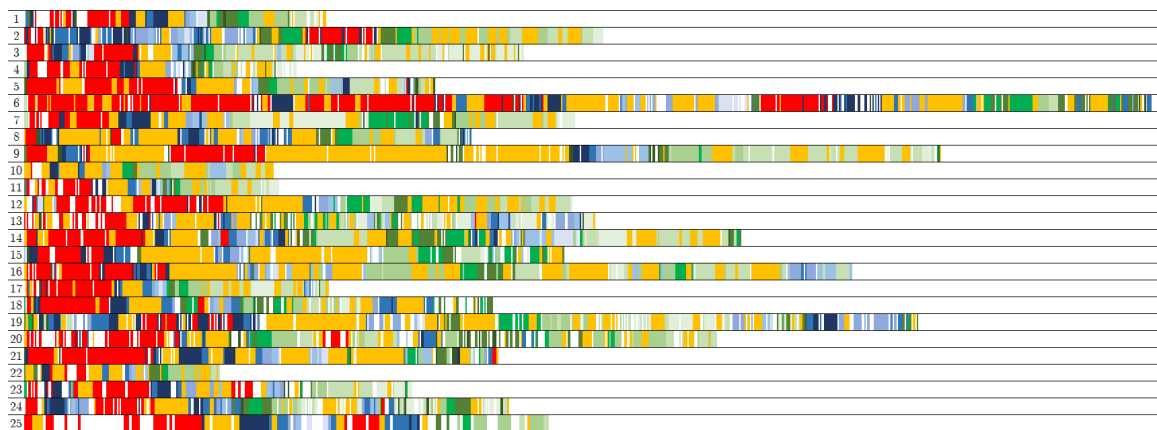
Obrázek 27: Attention mapy pro jednotlivé dvojúlohy-obor studia



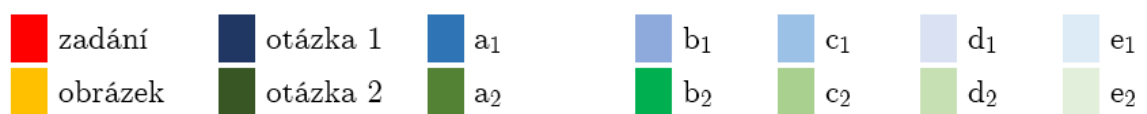
(a) 9-10,



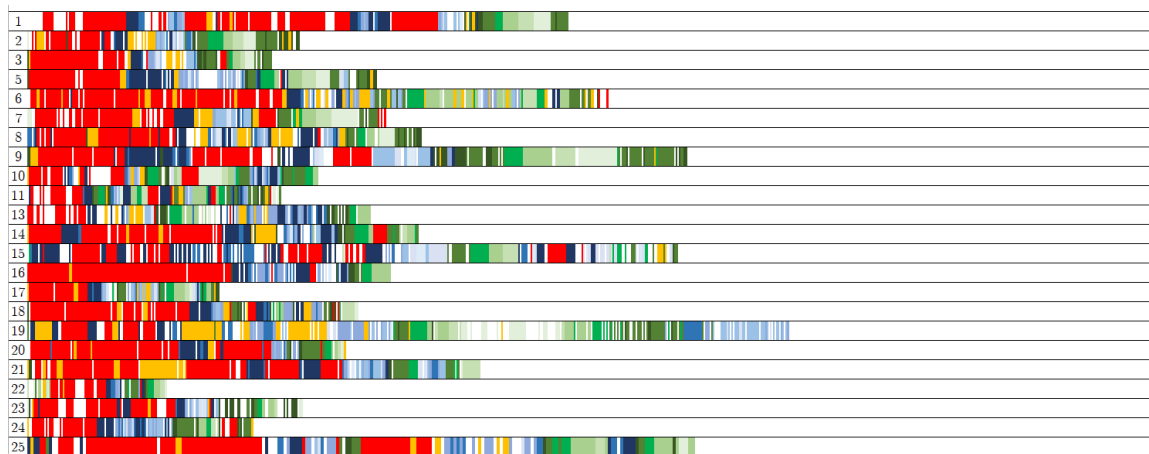
(b) 11-12,



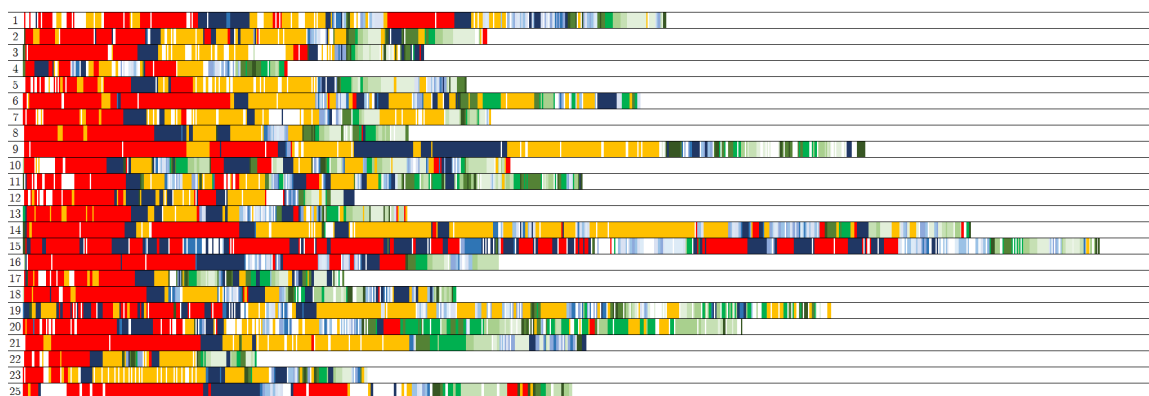
(c) 13-14,



Obrázek 28: Sequence charts-1. část



(a) 15–16,



(b) 17–18,



Obrázek 29: Sequence charts-2.část

Obrázek 30(a) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(a) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 680 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 115, (b) 153, (c) 201, (d) 138, (e) 34.

Obrázek 30(b) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(b) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 557 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 148, (b) 206, (c) 98, (d) 82, (e) 78.

(a) 9–10, ženy

(b) 9–10, muži

Obrázek 30(c) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(c) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 2044 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 413, (b) 74, (c) 408, (d) 233, (e) 266, (f) 363, (g) 138.

Obrázek 30(d) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(d) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 1699 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 433, (b) 134, (c) 498, (d) 361, (e) 297, (f) 340, (g) 85.

(c) 11–12, ženy

(d) 11–12, muži

Obrázek 30(e) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(e) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 1414 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 270, (b) 46, (c) 199, (d) 212, (e) 310, (f) 308, (g) 194.

Obrázek 30(f) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(f) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 1324 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 227, (b) 45, (c) 252, (d) 141, (e) 170, (f) 48, (g) 189.

(e) 13–14, ženy

(f) 13–14, muži

Obrázek 30(g) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(g) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 266 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 191, (b) 53, (c) 93, (d) 151, (e) 122, (f) 87, (g) 120, (h) 120, (i) 27, (j) 59, (k) 74.

Obrázek 30(h) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(h) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 141 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 334, (b) 118, (c) 97, (d) 230, (e) 104, (f) 131, (g) 101, (h) 147, (i) 76, (j) 83, (k) 27, (l) 187.

(g) 15–16, ženy

(h) 15–16, muži

Obrázek 30(i) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(i) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 994 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 401, (b) 57, (c) 80, (d) 143, (e) 118, (f) 231, (g) 105, (h) 124, (i) 113, (j) 138, (k) 143, (l) 36.

Obrázek 30(j) contains a math problem in Czech: "Obrázek 30(j) obsahuje tři pravidla (1 až 3) a číslo. Na kterém místě je pravidlo použito ke zkrácení zlomku? Pravidlo 1 je 3 násobek dělníka. Pravidlo 2 je kříž. Na konci pravidla 2 je znaménko 3, pravidlo 3 je 2 násobek čísla. Pravidlo 3 je kříž a na jeho konci je znaménko 3." The number 1164 is shown with a red circle around it. Below are five multiple-choice options: (a) 767, (b) 148, (c) 91, (d) 152, (e) 119, (f) 174, (g) 130, (h) 131, (i) 94, (j) 212, (k) 50, (l) 231.

(i) 17–18, ženy

(j) 17–18, muži

Obrázek 30: Celkový počet fixací v oblastech zájmu-pohlaví

Občanská správa obstará 49 prémie v rámci 7 týždňov. Na konci každého týždňa prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €.

9. Režisér, že by sa objavilo 1300 prémie, prídajú sa do toho, čo už bolo plánované. Koľko žiakov bolo v triede?

(a) 1192
(b) 1190
(c) 1188
(d) 1186
(e) 1184

(a) 9–10, učiteľské

Občanská správa obstará 49 prémie v rámci 7 týždňov. Na konci každého týždňa prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá správne, prídajú 23 €. Prvému žiakovi, ktorý odpovedá nesprávne, prídajú 10 €.

9. Režisér, že by sa objavilo 1358 prémie, prídajú sa do toho, čo už bolo plánované. Koľko žiakov bolo v triede?

(a) 761
(b) 759
(c) 757
(d) 755
(e) 753

(b) 9–10, neučiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 492 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

11. Značka experimentálneho zariadenia je 359. Koľko je to počet 3-tisícovej jednotky?

(a) 228
(b) 226
(c) 224
(d) 222
(e) 220

(c) 11–12, učiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 1848 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

11. Značka experimentálneho zariadenia je 487. Koľko je to počet 1-tisícovej jednotky?

(a) 380
(b) 378
(c) 376
(d) 374
(e) 372

(d) 11–12, neučiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 492 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

13. Značka experimentálneho zariadenia je 200. Koľko je to počet 2-tisícovej jednotky?

(a) 205
(b) 203
(c) 201
(d) 199
(e) 197

(e) 13–14, učiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 1543 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

13. Značka experimentálneho zariadenia je 306. Koľko je to počet 3-tisícovej jednotky?

(a) 267
(b) 265
(c) 263
(d) 261
(e) 259

(f) 13–14, neučiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 608 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

15. Aká je suma dvoch čísel 85 a 105?

(a) 190
(b) 185
(c) 180
(d) 175
(e) 170

(g) 15–16, učiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 1543 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

15. Aká je suma dvoch čísel 110 a 129?

(a) 239
(b) 237
(c) 235
(d) 233
(e) 231

(h) 15–16, neučiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 989 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

17. Aká je suma dvoch čísel 521 a 468?

(a) 989
(b) 987
(c) 985
(d) 983
(e) 981

(i) 17–18, učiteľské

Do triedy sa pripočítali tri nové deti. Dôvodom bolo to, že v triede bolo 1399 detí. Koľko detí bolo v triede predtým, než sa pripočítali nové deti?

17. Aká je suma dvoch čísel 760 a 933?

(a) 1693
(b) 1691
(c) 1690
(d) 1689
(e) 1688

(j) 17–18, neučiteľské

Obrázek 31: Celkový počet fixácií v oblastiach zájmu-obor studia