

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra experimentální fyziky



## **Lawsonův test vědeckého myšlení**

**Lawson classroom test of scientific reasoning**

### **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor:	Tereza Hrouzková
Studijní program:	B1701 Fyzika
Studijní obor:	Fyzika–Matematika
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
Termín odevzdání práce:	Červen 2020

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Lukáše Richterka, Ph.D. a že jsem použila výhradně zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne .....

.....

Tereza Hrouzková

Ráda bych upřímně poděkovala Mgr. Lukáši Richterovi, Ph.D. za čas a poskytnutí cenných rad, nápadů a připomínek, díky nimž mohla vzniknout má bakalářská 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 RNDr. Renatě Holubové, CSc., RNDr. Martě Klečkové, CSc., doc. RNDr. Romanu Kubínkovi, CSc., Mgr. Janu Říhovi, Ph.D., Mgr. Vlastimilu Vrbovi, Ph.D., Mgr. Davidu Smrčkovi, Ph.D. a Mgr. Zdeňku Pucholtovi, za podílení se na testování studentů PřF UPOL. Dále děkuji všem respondentům, kteří se testování zúčastnili.

## **Bibliografická identifikace:**

Jméno a příjmení autora	Tereza Hrouzková
Název práce	Lawsonův test vědeckého myšlení
Typ práce	Bakalářská
Pracoviště	Katedra experimentální fyziky
Vedoucí práce	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D. s
Rok obhajoby práce	2020
Abstrakt	Předložená práce se zabývá Lawsonovým testem vědeckého myšlení. Cílem práce je statisticky zpracovat data dostatečně vysokého vzorku studentů 1. ročníku PřF a vyhodnotit rozdíly výsledků tohoto mezinárodního testu mezi zvoleným studijním oborem a pohlavím studentů.
Klíčová slova	Testování vědeckého myšlení, kognitivní myšlení, interpretace výsledků
Počet stran	98
Počet příloh	1
Jazyk	Český

## **Bibliographical identification:**

Autor's first name and surname	Tereza Hrouzková
Title	Lawson classroom test of scientific reasoning
Type of thesis	Bachelor
Department	Department of Experimental Physics
Supervisor	Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.
The year of presentation	2020
Abstract	This bachelor thesis explores the Lawson classroom test of scientific reasoning. The aim of the thesis is to statistically process a sufficiently high sample of the 1st year of the Faculty of Science students and to evaluate possible differences in this international test between the chosen field of study and the gender of students.
Keywords	Testing of scientific thinking, cognitive thinking, interpretation of results
Number of pages	98
Number of appendices	1
Language	Czech

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 LAWSONŮV TEST</b> .....	<b>9</b>
1.1 VZNIK TESTU.....	9
1.2 KOGNITIVNÍ VÝVOJ DÍTĚTE.....	10
1.3 CHARAKTERISTIKA TESTU .....	12
1.4 DOPORUČENÍ PŘI ZADÁVÁNÍ TESTU .....	14
1.5 PŘÍNOSY TESTU UČITELI I STUDENTŮM.....	14
1.6 VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ VE VYBRANÝCH ZEMÍCH SVĚTA .....	15
1.7 TESTOVÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICE .....	17
<b>2 TESTOVÁNÍ STUDENTŮ 1. ROČNÍKU PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY UPOL</b> .....	<b>21</b>
2.1 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ PODLE STUDIJNÍHO OBORU RESPONDENTŮ .....	28
2.1.1 Otázka 1 a 2: Určení závislosti hmotnosti hliněné kuličky na změně jejího tvaru .....	35
2.1.2 Otázka 3 a 4: Zkoumání změny objemu ve válci způsobené přidáním kuliček z různých materiálů .....	37
2.1.3 Otázka 5 a 6: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím ze širokého do úzkého válce .....	39
2.1.4 Otázka 7 a 8: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím z úzkého do širokého válce .....	41
2.1.5 Otázka 9 a 10: Navrhnutí experimentu pro zjištění závislosti délky provázku na době kmitu kyvadla .....	43
2.1.6 Otázka 11 a 12: Identifikace závislosti výskytu ovocných mušek na červené světlo a gravitaci ze zobrazených dat .....	45
2.1.7 Otázka 13 a 14: Identifikace závislosti výskytu mušek v závislosti na modré světlo a gravitaci ze zobrazených hodnot.....	47
2.1.8 Otázka 15 a 16: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na jednom faktoru.....	49
2.1.9 Otázka 17 a 18: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na dvou faktorech .....	51
2.1.10 Otázka 19 a 20: Předpovězení korelace mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu .....	53
2.1.11 Otázka 21 a 22: Navrhnutí experimentu pro ověření, proč po přiklopení sklenicí svíčka zhasne a voda se nahrne do sklenice .....	55
2.1.12 Otázka 23: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy I, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou .....	57
2.1.13 Otázka 24: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy II, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou .....	59
2.2 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ PODLE POHLAVÍ RESPONDENTŮ .....	60
2.2.1 Otázka 1 a 2: Určení závislost hmotnosti hliněné kuličky na změně jejího tvaru .....	65

2.2.2 Otázka 3 a 4: Zkoumání změny objemu ve válci způsobené přidáním kuliček z různých materiálů .....	67
2.2.3 Otázka 5 a 6: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím ze širokého do úzkého válce .....	69
2.2.4 Otázka 7 a 8: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím z úzkého do širokého válce .....	72
2.2.5 Otázka 9 a 10: Navrhnutí experimentu pro zjištění závislosti délky provázku na době kmitu kyvadla .....	74
2.2.6 Otázka 11 a 12: Identifikace závislosti výskytu ovocných mušek na červené světlo a gravitaci ze zobrazených dat .....	76
2.2.7 Otázka 13 a 14: Identifikace závislosti výskytu mušek v závislosti na modré světlo a gravitaci ze zobrazených hodnot.....	78
2.2.8 Otázka 15 a 16: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na jednom faktoru.....	80
2.2.9 Otázka 17 a 18: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na dvou faktorech .....	82
2.2.10 Otázka 19 a 20: Předpovězení korelace mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu .....	84
2.2.11 Otázka 21 a 22: Navrhnutí experimentu pro ověření, proč po přiklopení sklenicí svíčka zhasne a voda se nahrne do sklenice.....	85
2.2.12 Otázka 23: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy I, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou .....	88
2.2.13 Otázka 24: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy II, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou .....	89
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>91</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>94</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>95</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>96</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>97</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>99</b>
PŘÍLOHA Č. 1:.....	99

## Úvod

Každý pedagog by měl žákům nejen předat obsah vyučovaného předmětu, ale také dbát na rozvoj jejich myšlení, které může ovlivnit pochopení zejména přírodních věd. Úroveň kognitivního myšlení je dána nejen věkem a genetickými předpoklady žáka, ale je determinována mimo jiné prostředím, ve kterém jedinec vyrůstá, či podněty a metodami, kterými je jeho vývoj podporován. Žáci by si měli během vzdělávacího procesu osvojit zásady samostatného myšlení a bádání, naučit se formulovat své myšlenky a názory a později také pracovat s abstraktními pojmy a zamýšlet se nad příčinami určitých jevů. Dnešní společnost klade důraz na samostatnost a kreativní přístup k řešení problémů.

Aby pedagog mohl efektivně zvyšovat úroveň vědeckého myšlení a poskytovat dostatečné a zároveň přiměřené stimuly, je zapotřebí identifikovat výchozí úroveň vědeckého myšlení žáků. Lawsonův test vědeckého myšlení je spolehlivý nástroj pro zjištění úrovně v jednotlivých oblastech myšlení i pro zařazení studenta do konkrétně operační či formálně operační úrovně vědeckého myšlení. Lawsonův test obsahuje specifické otázky ze 7 oblastí vědeckého myšlení. Kromě předpovězení jevu či stanovení hypotézy vyžaduje po respondentovi také zdůvodnění odpovědi. S tímto typem úloh se žáci českých škol setkávají velmi zřídka a dá se tedy přepokládat, že právě tato část bude pro studenty náročná.

Hlavním cílem této práce je statisticky zpracovat data dostatečně vysokého vzorku studentů 1. ročníku Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a vyhodnotit případné rozdíly mezi studovanými obory či pohlavím respondentů.

Práce je strukturována do dvou kapitol. V teoretické části je čtenáři představen Lawsonův test vědeckého myšlení, popsán kognitivní vývoj jedince a uvedena doporučení pro zadávání testu. Součástí této kapitoly jsou také výsledky testování na vybraných univerzitách světa, zvláštní podkapitola je věnována i testování v ČR. Druhá část, experimentální, je věnována testování studentů PřF UPOL. V této kapitole jsou uvedeny výsledky testovaného vzorku studentů. Tato část práce také obsahuje zpracování dat podle výše zmíněných kritérií.



# 1 Lawsonův test

## 1.1 Vznik testu

Během šedesátých a sedmdesátých let minulého století se rozvinula snaha najít nástroj, kterým by bylo možné zkoumat míru porozumění a úroveň vědeckého myšlení studentů. V literatuře je také často v této souvislosti používán pojem kognitivní myšlení. Cílem bylo vytvořit nástroj, který bude dostatečně přesný, spolehlivý, a přitom časově méně náročný, než do té doby využívané metody, které byly velmi náročné nejen časově ale i materiálně, neboť každý student prováděl sadu předepsaných úloh. Potřebná vybavení limitovala k malému množství otestovaných studentů. Další možností testování byl rozhovor, který byl opět časově velmi náročný, a navíc vyžadoval schopnost výzkumníka ho vést a vyhodnotit. Vědci, zabývající se tímto problémem si uvědomovali, že nalezení metody „klasického“ testování studentů pouze pomocí tužky a papíru by umožnilo získat data od podstatně většího množství respondentů. Z využívaných testů jako Group Assessment of Logical Thinking Test (GALT), Test of Logical Thinking (TOLT)<sup>1</sup> a jiných, se nejvíce mezi pedagogy i výzkumníky rozšířil Lawson's Classroom Test of Scientific reasoning (LCTSR).

*„Lawson definuje schopnost vědeckého uvažování jako schopnost používat vzory myšlení, jako je kombinatorický, identifikace a řízení proměnných, proporcionální, pravděpodobnostní, korelační a hypoteticko-deduktivní.“* [8] A. E. Lawson při tvorbě textu navázal na švýcarského vědce J. Piageta a jeho vývojovou teorii. Lawson se domníval, že většina tehdy využívaných testů má tendenci zkoumat nejen úroveň vědeckého myšlení studentů, ale především jejich schopnosti čtení a vyjadřování myšlenek. U některých testů považoval otázky za nedostatečně rozmanité.

V roce 1978 zveřejnil test obsahující 15 otázek [2], z nichž většina otázek již byla vytvořena jinými vědci v různých souvislostech. Otázky vyžadovaly nejen odpověď, ale

---

<sup>1</sup> Více informací o testech GALT a TOLT je uvedeno např. v: Han J., 2013. *Scientific Reasoning: Research, Development, and Assessment*. Ohio: The Ohio State University. Dissertation.

také její zdůvodnění. Respondent získal body v případě, že správně odpověděl, a navíc svou odpověď dokázal uspokojivě odůvodnit. Maximální bodový zisk byl 15 bodů.

Pro ověření funkčnosti svého testu ho A. E. Lawson předložil 513 americkým studentům 8.–10. ročníku. Z tohoto vzorku bylo 72 respondentů náhodně pozváno ke klinickému rozhovoru. Srovnáním těchto výsledků se ukázalo, jak spolu tyto dva nástroje souvisí. *„Byla nalezena znatelná korelace (0,50) mezi rozhovory a testem, takže můžeme říci, že test z roku 1978 se zdá být platným.“* [2]

V tabulce jsou uvedeny výsledky studentů v tomto testovacím období (převzato z [1]).

Ročník	Počet studentů	Průměrný počet bodů	Procentuální vyjádření
8. ročník	145	5,68	37,9 %
9. ročník	192	7,46	49,7 %
10. ročník	176	8,04	53,6 %
Celkově	513	7,41	49,4 %

Tabulka 1: Výsledky amerických studentů ve výzkumu, převzato z [1]

Podle výše bodového zisku v testu potom A. E. Lawson rozčlenil studenty do tří úrovní vědeckého myšlení. První úroveň, konkrétně operační, odpovídala bodovému zisku 0–5 bodů. Respondenti, kteří v Lawsonově testu získají 6–11 bodů, mají úroveň tzv. přechodnou. Nejvyšší úroveň, formálně operační, mají studenti s bodovým ziskem alespoň 12 bodů [1, 2, [6].

## 1.2 Kognitivní vývoj dítěte

V Pedagogické encyklopedii je uvedeno, že kognitivní vývoj dítěte je úzce spjat s proměnami poznávacích schopností nebo možnostmi individua, ať už se odehrávají na základě učení či zrání. Tato problematika zahrnuje změnu myšlení, jazykových schopností, procesu zpracovávání získaných informací, řešení problémů a spoustu další otázek [4].

Kognitivní vývoj je v [3] popsán: *„Kognitivní vývoj dětí a mládeže se týká změn a utváření poznávacích funkcí: vnímání, představování, fantazie, schopností, myšlení, usuzování, inteligence, pozornosti a paměti, projevujících se a realizujících se v průběhu*

*celého života v souvislosti s narůstajícím zráním poznávacích funkcí a procesů a nabyváním zkušeností sociálním učením.“*

Jak již bylo zmíněno v předešlé části, A. E. Lawson při tvorbě testu navázal na poznatky J. Piageta. Věkové rozdělení je hrubé a může se výrazně lišit u každého jedince v závislosti na prostředí, ve kterém vyrůstá. J. Piaget rozeznává čtyři hlavní stádia [3]:

*„V prvním **senzomotorickém stadiu** (od narození do 18–24 měsíců) si děti zpočátku uvědomují pouze počitky z vnějšího i vnitřního prostředí (z okolí a z vlastního těla). Později se jejich schopnosti vnímání i pohybu prohlubují, děti s nimi experimentují (cucání předmětu, hry s vlastníma rukama, házení předmětů atd.). Ke konci období jsou již děti schopny přemýšlet, co by se mohlo stát, aniž by stavěly na přímé manipulaci s věcmi. Za zlomové se také považuje dosažení vědomí ‚stálosti předmětu‘ – dítě si uvědomuje, že skrytý předmět nepřestává existovat.*

*Ve druhém **předoperačním a symbolickém stadiu** (od 2 do 7 let) je již dítě schopno uvažovat (a mluvit) o předmětech a událostech v symbolických pojmech; hrát si s fantazijním prvkem, kdy dítě například symbolicky ‚vaří‘ v kyblíčku na písku. Důležité je také vnímání časových souvislostí. Dosud však dítě nemá rozvinuté ‚organizující koncepty‘, jako je příčinnost (řeky jsou, aby po nich jezdily lodě), množství (přelijeme-li před zraky dítěte tekutinu z nízké široké sklenice do vyšší úzké, řekne, že v té druhé je tekutiny více), kategorizace a klasifikace (nerozezná spolehlivě nadřazené a podřazené pojmy), úhel pohledu (v tomto ohledu je dítě egocentrické, předpokládá, že všichni vnímají věci stejně jako ono) apod.*

*Další je **stadium konkrétních operací** (od 7 do 12 let), které znamenají provázanost myšlení na konkrétní obsah. V tomto věku většina dětí dospívá k principu konzervace – když se mění tvar, nemění se množství, lépe si uvědomují příčinnost, jsou schopny lépe pojmenovat vnější příčiny jevů, lépe uvažují i o tom, jak prožívají a přemýšlejí ostatní lidé. Nejsou však ještě schopny abstrakce.*

*Konečné **stadium formálních operací** (od 12 let výše); je charakterizováno schopností abstraktního myšlení, metodického postupu, vytváření hypotéz apod. Schopností abstraktního myšlení je ovlivněna celá osobnost člověka, nejen intelektuální vývoj.“*

Podle J. Piageta by se tedy většina středoškolských studentů měla nacházet na nejvyšší úrovni kognitivního myšlení. Jak bude dále uvedeno v textu, více jak polovina středoškolských studentů se nachází na úrovni konkrétně operační, dokonce i část studentů vysoké školy nedosahuje formálně operační úrovně.

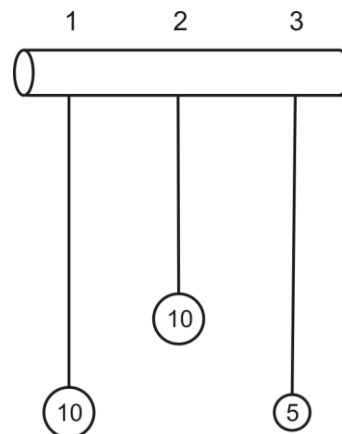
### 1.3 Charakteristika testu

V roce 2000 A. E. Lawson vydal novou verzi testu vědeckého myšlení [2]. Tato verze obsahuje 12 párových otázek. V první respondent vybírá jednu ze tří až pěti možných odpovědí, z nichž pouze jedna je správná. Následně navazuje další otázka, většinou začínající „protože“, vyžadující odůvodnění odpovědi na předchozí otázku. Studentovi je opět nabídnuto 3 až 5 možných odůvodnění, pouze jedno je správné. Student obdrží body pouze v případě, že odpoví správně na otázku a současně zvolí správné odůvodnění v následující otázce. Je-li jedna otázka z dané dvojice odpovězena špatně, student nezíská body ani za druhou otázku z dvojice, i přesto, že by byla odpovězena správně. Test obsahuje celkem 24 úloh. Pouze otázky 23 a 24 jsou nezávislé a netvoří takovou dvojici. Za správnou odpověď na otázku 23 i 24 dostává student body nezávisle na odpovědi na druhou z nich. Maximální bodový zisk v této verzi testu je 24.

Úlohy v testu ověřují sedm oblastí myšlení studentů. Úlohy 1 a 2 jsou zaměřeny na zachování hmotnosti, otázky 3 a 4 na zachování vytlačeného objemu. Poměrové myšlení žáků testují otázky 5–8, identifikaci a kontrolu změny úlohy 9–14. Otázky 15–18 jsou zaměřeny na pravděpodobnostní myšlení. Následující dvojice otázek, 19–20, ověřuje korelační myšlení. Úlohy 21–24 kombinují všechny předchozí oblasti.

Aby bylo zamezeno volnému šíření toho testu a tím chráněna jeho výpovědní hodnota, nebude zadání testu ani správné výsledky součástí této práce. Pokud by se test volně šířil mezi studenty, nebylo by možné ho dále používat při testování. Bude-li mít čtenář zájem využít testu např. ve výuce, může kontaktovat RNDr. Irenu Dvořákovou, Ph.D. z KDF MFF UK. Pro názornost a konkrétní představu zde jako příklad uvádíme 9. a 10. úlohu testu, které tvoří dvojici otázek k identifikaci a kontrole změny (převzato z [1]).

9. 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.



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 s těžkým závažím.
  - se liší jen délka.
  - potřebujeme provést všechna možná srovnání.
  - se liší hmotnosti.

Podle výše bodů získaných v Lawsonově testu vědeckého myšlení může pedagog či výzkumník studentovi přiřadit jednu ze tří úrovní kognitivního myšlení a s těmito informacemi dále pracovat. Nejnižší úroveň kognitivního myšlení, konkrétně operační, odpovídá bodovému zisku 0–8 bodů. Dosáhne-li žák 9–16 bodů, jeho vědecké myšlení dosahuje úrovně přechodné. Nejvyšší úroveň myšlení, formálně operační, mají respondenti, kteří dosáhli 17–24 bodů [1], [6].

## 1.4 Doporučení při zadávání testu

Před zadáním testu by si jej měl pedagog zkusit sám vyřešit a stanovit si cíl, proč test studentům míní zadat. Test není určen ke klasifikaci studentů, jelikož úroveň kognitivního myšlení je do značné míry dána věkem a dostatkem podnětů k rozvíjení tohoto typu myšlení.

Otázky v testu by neměl zadavatel jakkoliv upravovat obsahově, měnit jejich rozložení a ani jejich pořadí. Každý z žáků by měl dostat vytištěné zadání testu.

Doporučuje se informovat studenty o záměrech, proč je jim test zadán, ujistit je, že nebude známkován a požádat je o svědomité vyplnění tohoto testu. Na vyplnění by studentům měla stačit jedna vyučovací hodina. Pokud bude některý z respondentů hotov dříve, je potřeba zajistit, aby nerušil ostatní studenty.

Úlohy není potřeba vysvětlovat či doplňovat. Všechny informace potřebné k vyřešení daných problémů se nachází v textu zadání.

Student by se měl dozvědět svůj bodový zisk i úroveň jeho vědeckého myšlení. Není potřeba mu sdělovat správné odpovědi na jednotlivé otázky. Při sdělování výsledků by měl učitel postupovat tak, aby se výsledky nestaly příčinou posměchu či verbální šikany [5].

## 1.5 Přínosy testu učiteli i studentům

Pod pojmem vědecké myšlení zahrnujeme soubor dovedností, mezi něž patří například schopnost klást otázky, vytvářet hypotézy a předpovídat různé jevy na základě znalostí a zobecnění známých zákonů a vztahů či podobností, vyvozovat závěry ze získání dat, kriticky přemýšlet apod. [6].

Je-li jedinec vhodně veden, osvojuje si tyto schopnosti a úroveň jeho myšlení roste. V českých školách je kognitivní myšlení u žáků rozvíjeno hlavně v přírodovědných předmětech, kde je velký prostor pro konstruktivistický přístup k výuce. Předměty jako matematika, fyzika, chemie či biologie umožňuje učiteli předkládat žákům vhodné problémy odpovídající jejich úrovni myšlení a cíleně je dále rozvíjet.

Lawsonův test je vhodný nástroj pro učitele, jak zjistit úroveň vědeckého myšlení u svých studentů, prověřit jaká oblast myšlení je u žáků dané skupiny problematická a jaká naopak je dostatečně rozvinuta. Pedagog díky výsledkům testu může snadněji volit

edukační metody, obsah výuky a náročnost úloh tak, aby je byli studenti schopni vyřešit a zároveň, aby nebyly příliš jednoduché a žáci měli možnost se dále rozvíjet. Tento výzkumný nástroj může odhalit velmi nadané studenty, kteří častokrát nemají výborné známky z přírodovědných předmětů, a přesto úroveň jejich kognitivního myšlení je vysoká. Pedagog může tuto skutečnost brát jako signál pro pozměnění výukových metod. Kromě toho test může sloužit k ověření efektivity výuky či dlouhodobější práce s danou skupinou, pokud je test zadán metodou pre- a post- testu. Nespornou výhodou Lawsonova testu vědeckého myšlení je snadná administrace při jeho vyhodnocování.

Test vědeckého myšlení studentům poskytuje sadu netradičních úloh, které musí nejen vyřešit, ale svoji odpověď i správně zdůvodnit. S tímto typem úloh se studenti v českých školách často nesetkávají. Informace o způsobu myšlení a srovnání s výsledky vrstevníků může sloužit jako dobrá motivace, aby si student sám vyhledal cesty vedoucí k rozvoji vědeckého uvažování [1].

## **1.6 Výsledky testování ve vybraných zemích světa**

Vzdělávací systémy států světa se od sebe mohou lišit výrazným způsobem. Ve Spojených státech amerických, kde Lawsonův test vědeckého myšlení vznikl, je výuka fyziky, matematiky a dalších přírodních věd velmi flexibilní. Studenti středních škol nemají pevně danou délku kurzu jednotlivých předmětů a mohou si ji libovolně volit od jednoho semestru až po několika semestrální pokročilé kurzy. Učitelé vedou několik kurzů z různých disciplín, což může vést k menší specializaci pedagoga a zvládnutí specifické výuky více přírodovědných předmětů.

Ve srovnání s USA čínský vzdělávací systém nedává studentům tolik možnosti volby. Studenti se po dobu pěti let vzdělávají v základních disciplínách fyziky, kde se klade důraz na rozvoj koncepčního porozumění a schopnosti aplikovat získané informace na různé problémy. I v oblasti dalších přírodních věd a technologických oblastech jsou studenti vzdělávání ve více semestrálních kurzech. Učitelé v Číně se specializují na jeden vědní obor, který vyučují. Pouze v méně rozvinutých oblastech se stává, že učitel učí dva a více předmětů [9].

Tyto rozdílné přístupy ke vzdělávání, rozdílný časový průběh, důraz na koncepční rozvoj a na schopnost řešit problémy jsou motivací k porovnání výsledků studentů a jejich úrovně kognitivního vývoje. V [9] jsou uvedeny výsledky tří standardizovaných testů,

FCI<sup>2</sup>, BEMA<sup>3</sup> a LCTSR, které byly použity ke srovnání odlišných edukačních systémů těchto dvou států. „Data byla získána na jedné univerzitě v USA a dvou čínských univerzitách. Všechny jsou významnými univerzitami podobného typu i pořadí ve své zemi. Všichni testovaní studenti byli v prvním ročníku přírodních a inženýrských oborů zapsaní v databázi úvodních kurzů fyziky. Testy byly provedeny před jakoukoliv výukou na vysokoškolské úrovni příslušného tématu.“[9] Z dat uvedených v [9] je patrné, že výsledky Lawsonova testu jsou téměř totožné u studentů testovaných ve Spojených státech amerických i u studentů z Číny (Tabulka 2, převzato z [9]). Schopnosti vědeckého uvažování studentů jsou téměř na stejné úrovni. Tento fakt naznačuje, že rozdílné přístupy ke vzdělávání nutně nezpůsobují velké rozdíly v kognitivním vývoji studentů.

	Univerzita v USA	Univerzita v Číně
Počet testovaných žáků	649	206
Průměrný bodový zisk	18,3 (76,3 %)	17,9 (74,6 %)
Medián	19,0 (79,2 %)	19,0 (79,2 %)

Tabulka 2: Výsledky Lawsonova testu amerických a čínských studentů, převzato z [9]

Na katedře didaktiky fyziky Univerzity v Pendidikanu v Indonésii byl Lawsonův test vědeckého myšlení předložen 29 studentům prvního ročníku. Jak je uvedeno v [8], ani jeden z těchto studentů nedosahuje úrovně formálně operačního myšlení, 31 % studentů má konkrétně operační myšlení, 45 % studentů se nachází na úrovni časně přechodné a 24 % studentů na pozdně přechodné úrovni. Nejmenší úspěšnost byla v oblasti korelačního myšlení a v oblasti identifikace a kontroly změny. Nejlepších výsledků studenti dosahovali v oblasti zachování hmotnosti, vytlačeného objemu a poměrového myšlení.

---

<sup>2</sup> FCI je zkratka pro „Force Concept Inventory“. Tento test je popsán např. v: Hestenes, D., & Halloun, I., 1995. *Interpreting the Force Concept Inventory*. In *The Physics Teacher*, [online], 33, 502–506, [cit. 28. 5. 2020]. Dostupné z: [http://www.halloun.net/wp-content/uploads/2016/10/INTERFCI\\_TPT95.pdf](http://www.halloun.net/wp-content/uploads/2016/10/INTERFCI_TPT95.pdf)

<sup>3</sup> BEMA je zkratka pro „Brief Electricity and Magnetism Assessment“. Více informací o tomto testu je uvedeno např. v: Ding, L. et al., 2006. *Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment*. In *PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS–PHYSICS EDUCATION RESEARCH* 2 [online], 010105–1–010105–7 [cit. 28. 5. 2020]. Dostupné z: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.2.010105>



## 1.7 Testování v České republice

V České republice byl test poprvé zadán na jaře v roce 2010. Test do češtiny přeložil doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc. z katedry didaktiky fyziky MFF UK v Praze. Studentům maturitních ročníků Střední průmyslové školy sdělovací techniky Pánská a dvou pražských gymnázií, Gymnázia Špitálská a PORG, jej přijel zadat Mihael Gojkošek z Ljublaně. Průměrný bodový zisk žáků SPŠST Panská byl 9,7 bodů, Gymnázia Špitalská 13,7 bodů a Gymnázia Českolipská 10,1 bodů. V červnu 2010 RNDr. Irena Dvořáková, Ph.D. zadala test žákům 9. D, ZŠ a MŠ Červený vrch, Praha 6. Jejich průměrný bodový zisk byl 14,8 bodů [7].

Studentům vysoké školy, konkrétně studentům bakalářského studia na MFF UK, byl test zadán v lednu 2011. V následující tabulkách a grafech jsou uvedeny výsledky 81 studentů MFF UK testovaných v letech 2011–2018. Pouze 9,3 % testovaných studentů se nachází na úrovni konkrétně operační. Úrovně přechodné dosahuje 31,7 % studentů prvního ročníku, 50 % studentů druhého ročníku a 21,1 % respondentů ze třetího ročníku. Nejvíce studentů ze všech třech ročníků dosahuje nejvyšší–formálně operační úrovně (Tabulka 3).

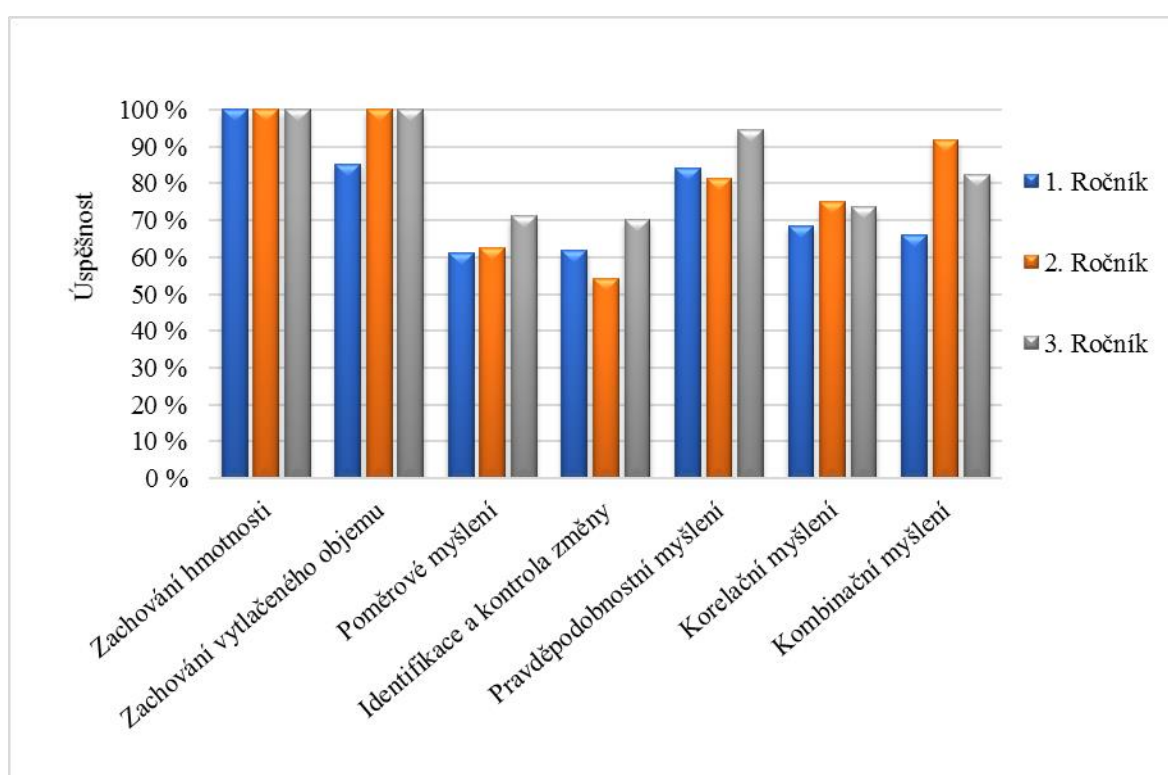
Ročník studia	Počet studentů	Průměrný bodový zisk	1. úroveň	2. úroveň	3. úroveň
1. ročník	54	17,1	5 (9,3 %)	17 (31,5 %)	32 (59,3 %)
2. ročník	8	18,0	0 (0,0 %)	4 (50 %)	4 (50 %)
3. ročník	19	19,5	0 (0,0 %)	4 (21,1 %)	15 (78,9 %)

Tabulka 3: Výsledky testu studentů 1.–3. ročníku MFF UK

Nejvíce studentů odpovědělo správně na otázky z oblasti zachování hmotnosti a zachování vytlačeného objemu. Nejméně bodů studenti získali v oblasti poměrového myšlení a identifikace a kontroly změny, a to často kvůli špatnému odůvodnění správné odpovědi na první otázku z dvojice (Tabulka 4, Graf 1).

	1. ročník	2.ročník	3.ročník
Zachování hmotnosti	100,0 %	100,0 %	100,0 %
Zachování vytlačeného objemu	85,2 %	100,0 %	100,0 %
Poměrové myšlení	61,1 %	62,5 %	71,1 %
Identifikace a kontrola změny	61,7 %	54,2 %	70,2 %
Pravděpodobností myšlení	84,3 %	81,3 %	94,7 %
Korelační myšlení	68,5 %	75,0 %	73,7 %
Kombinační myšlení	66,0 %	91,7 %	82,5 %

Tabulka 4: Úspěšnost studentů MFF UK v jednotlivých oblastech kognitivního myšlení



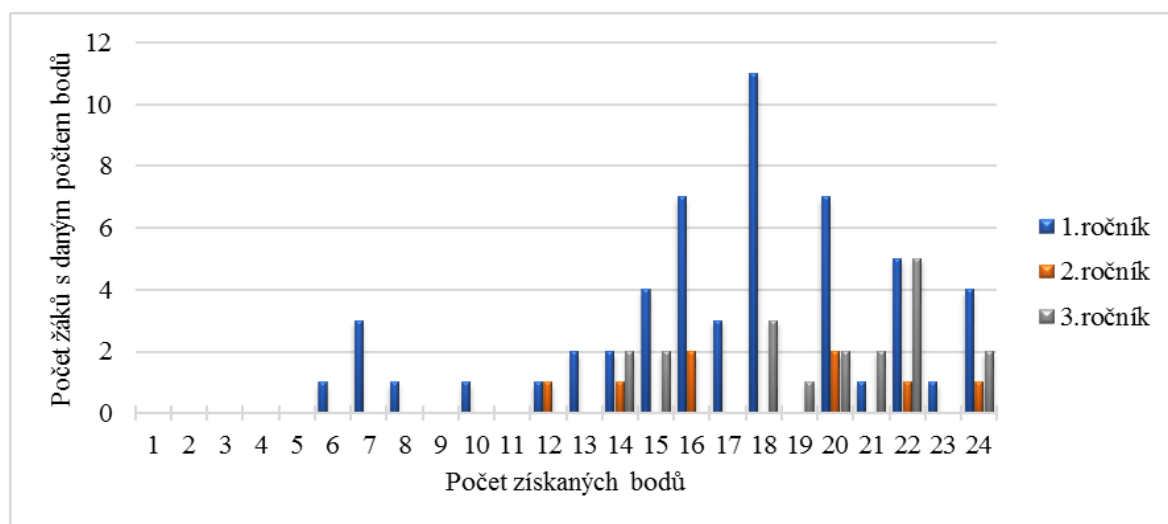
Graf 1: Úspěšnost studentů MFF UK v jednotlivých oblastech kognitivního myšlení

Jeden student prvního ročníku dosáhl šesti bodů, což je nejmenší bodový zisk celého vzorku studentů. Nejlepších výsledků prvního ročníku dosáhli čtyři studenti s bodovým ziskem 24 bodů. Nejčastěji studenti prvního ročníku dosahovali 18 bodů. Medián prvního ročníku je taktéž 18 bodů. Ve druhém ročníku pouze jeden student dosáhl plného počtu bodů a nejmenší bodový zisk mezi studenty druhého ročníku je 12 bodů. Dva studenti získali 16 bodů a dva studenti 20 bodů, ostatní studenti tohoto ročníku dosáhli rozdílného

bodového zisku. Medián skupiny je stejný jako u prvního ročníku–18 bodů. Ve třetím ročníku nejméně bodů získali dva studenti, a to 14 bodů. Shodně dva studenti dosáhli nejvyšší bodové hranice. Nejvíce studentů třetího ročníku v testu získalo 22 bodů, medián je 20 bodů (Tabulka 5, Graf 2).

Bodový zisk	1.ročník	2.ročník	3.ročník	Bodový zisk	1.ročník	2.ročník	3.ročník
1	0	0	0	13	2	0	0
2	0	0	0	14	2	1	2
3	0	0	0	15	4	0	2
4	0	0	0	16	7	2	0
5	0	0	0	17	3	0	0
6	1	0	0	18	11	0	3
7	3	0	0	19	0	0	1
8	1	0	0	20	7	2	2
9	0	0	0	21	1	0	2
10	1	0	0	22	5	1	5
11	0	0	0	23	1	0	0
12	1	1	0	24	4	1	2

Tabulka 5: Četnost získaných bodů studentů MFF UK



Graf 2: Četnost získaných bodů studentů MFF UK

RNDr. Irena Dvořáková, Ph.D. z katedry didaktiky fyziky MFF UK shromažďuje výsledky testování studentů různých typů střední škol, gymnázií čtyřletých, šestiletých i osmiletých a základních škol z Prahy, Pardubic, Olomouce, Brna, Plzně, Letohradu, Ostravy a dalších měst ČR. Na podzim roku 2018 obsahovala tato databáze výsledky více než 1100 žáků ze 12 škol a více než 40 tříd ve věku 14–16 let a jednu třídu žáků ve věku 19 let. Průměrný bodový zisk respondentů v této databázi byl 11,84 bodu [zdroj: data poskytnutá RNDr. Irenou Dvořákovou, Ph.D.]

V roce 2018 v časopise MATEMATIKA-FYZIKA-INFORMATIKA prezentovala RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. výsledky výzkumu testování vědeckého myšlení. Lawsonův test vědeckého myšlení byl zadán 165 žákům 9. tříd ZŠ a příslušnému ročníku nižšího gymnázia v Ústeckém kraji. Nejlépe si tato testovaná skupina vedla v oblasti zachování hmotnosti a vytlačeného objemu, kde byla průměrná úspěšnost 64,8 %, z možných čtyř bodů žáci průměrně získali 2,6 bodů. V oblasti poměrového myšlení byla úspěšnost téměř o dvě třetiny nižší než v první oblasti, a to 22,0 % a průměrný bodový zisk byl 0,9 ze čtyř možných. Průměrná úspěšnost v oblasti identifikace a kontroly změny byla 24,2 % s průměrným bodovým ziskem 1,4 z maximálního počtu šesti bodů. Druhá nejlépeší oblast u žáků zapojených do toho výzkumu byla oblast pravděpodobnostního myšlení, ve které úspěšně zadané úlohy řešilo 34,3 % žáků a průměrně získali 1,4 ze čtyř možných. Dva body mohli žáci získat v oblasti korelačního myšlení. Průměrný zisk byl 0,6 bodu a průměrná úspěšnost dosahovala 29,0 %. Pouze o 1,5 % nižší průměrná úspěšnost, tedy 27,5 % byla v oblasti kombinačního myšlení, ve které žáci získali ze čtyř bodů, což je maximální počet bodů v této oblasti, průměrně 1,1 bodů. Průměrný bodový zisk z celého testu činil 8,0 bodů. Autorka ve svém článku také uvádí srovnání výsledků žáků, kteří byli v rámci toho výzkumu testováni, s výsledky studentů učitelství pro 1. stupně ZŠ a poukazuje na skutečnost, že výsledky žáků posledního ročníku základního vzdělání jsou ve většině oblastí vědeckého myšlení lepší, než výsledky studentů VŠ [6].

## 2 Testování studentů 1. ročníku Přírodovědecké fakulty UPOL

Na podzim roku 2018 a 2019 byl Lawsonův test vědeckého myšlení zadán celkem 291 studentům prvních ročníků Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, z nichž bylo 97 mužů a 194 žen. Studenti dostali českou verzi testu. Studenti se testování zúčastnili dobrovolně a byli předem informováni s účely zadávání tohoto testu.

Testování se zúčastnili studenti 1. ročníku ve věku typicky 19 a 20 let studující obory aplikovanou chemii, bioanorganickou chemii, biofyziku, biochemii, chemii, molekulární biofyziku, počítačovou fyziku, přístrojovou fyziku, nanomateriálovou chemii a různé aprobace učitelství (Tabulka 6, Tabulka 7).

Studijní obor	Počet respondentů celkem	Z toho mužů	Z toho žen
Aplikovaná chemie	10	5	5
Bioanorganická chemie	6	2	4
Biofyzika	10	2	8
Biochemie	67	13	54
Chemie	110	45	65
Molekulární biofyzika	4	0	4
Počítačová fyzika	1	1	0
Přístrojová fyzika	1	1	0
Nanomateriálová chemie	8	4	4
Učitelství	74	24	50

Tabulka 6: Počty zúčastněných studentů z jednotlivých studijních oborů

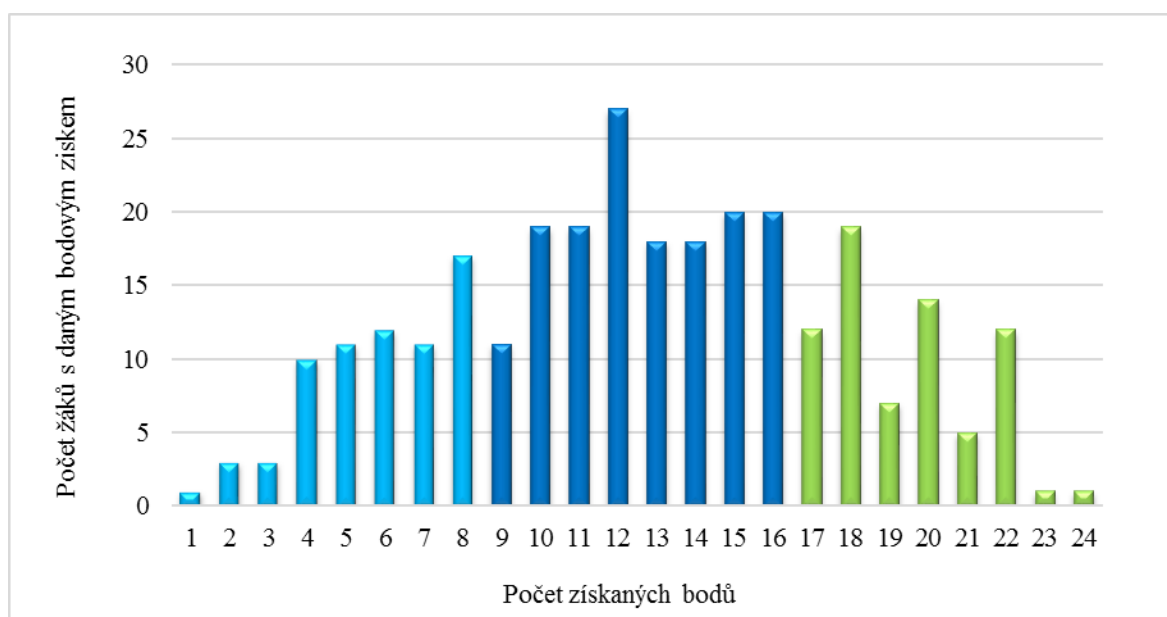
Aprobace	Počet respondentů celkem	Z toho mužů	Z toho žen
Angličtina–Fyzika	1	1	0
Angličtina–Chemie	1	0	1
Biologie pro vzdělávání	9	3	6
Fyzika–Biologie	7	1	6
Fyzika–Matematika	8	4	4
Fyzika–Matematika pro vzdělávání	1	1	0
Fyzika–Zeměpis	1	1	0
Geografie pro vzdělávání	1	1	0
Chemie pro vzdělávání	5	0	5
Chemie–Biologie	14	3	11
Chemie–Fyzika	16	5	11
Chemie–Geografie	1	0	1
Chemie–Matematika	7	3	4
Matematika pro vzdělávání	1	0	1
Tělesná výchova–Zeměpis	1	1	0

Tabulka 7: Aprobace respondentů z oboru učitelství

Z celkového počtu 291 respondentů jedna osoba získala pouze 1 bod (4,2 %), což je nejhorší výsledek. Maximálního počtu bodů, tedy 24 bodů (100,0 %), dosáhl taktéž pouze jediný respondent. Průměrný bodový zisk studentů PřF UPOL je 12,7 bodů (53,0 %). (Tabulka 8, Graf 3). Nejvíce studentů dosáhlo 12 bodů (50,0 %), medián této skupiny je 13 bodů (54,2 %). Směrodatná odchylka souboru je 5,1 bodu a variační koeficient 40,1 %.

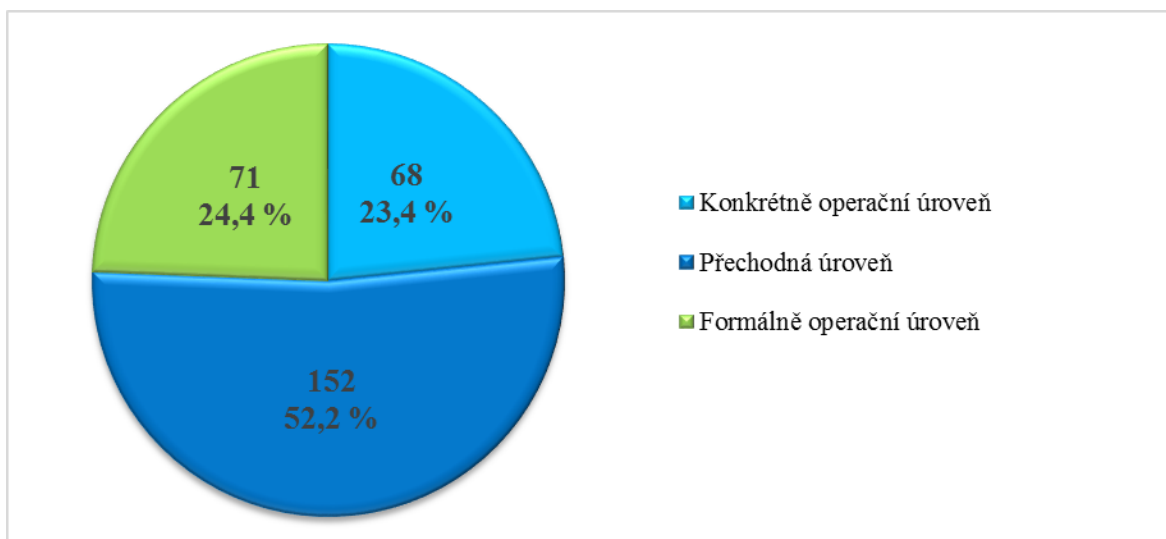
Bodový zisk	Počet studentů	Bodový zisk	Počet studentů
1	1	13	18
2	3	14	18
3	3	15	20
4	10	16	20
5	11	17	12
6	12	18	19
7	11	19	7
8	17	20	14
9	11	21	5
10	19	22	12
11	19	23	1
12	27	24	1

Tabulka 8: Četnost získaných bodů studentů Přf UPOL



Graf 3: Počet získaných bodů studentů Přf UPOL

Na úrovni konkrétně operační se nachází 68 studentů (23,4 %), přechodné úrovni dosáhlo 152 studentů (52,2 %) a na nejvyšší úrovni formálně operační se nachází 71 testovaných studentů 1. ročníku (24,4 %); výsledky jsou znázorněny v Grafu 4.



Graf 4: Dosažená úroveň kognitivního myšlení studentů 1. ročníku PŘF UPOL

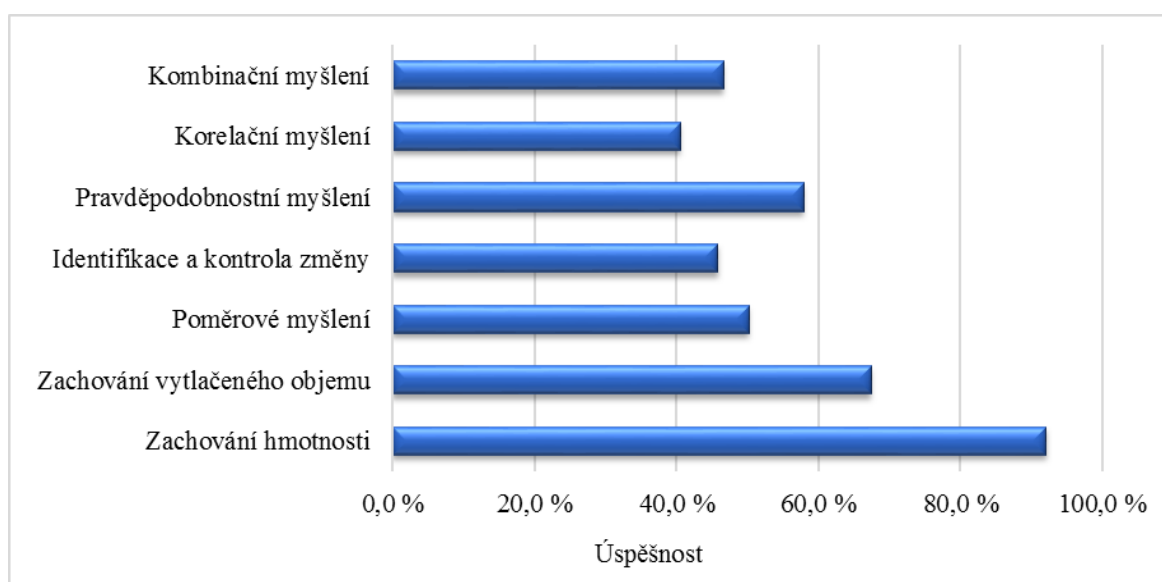
Nejjednoduššími oblastmi testu jsou zachování hmotnosti a zachování vytlačeného objemu. V těchto oblastech také testovaní žáci dosáhli nejlepších výsledků, úspěšnost řešení byla 92,1 % a 67,4 %. Poměrové myšlení je u žáků rozvíjeno už od školního věku. Úspěšnost v této oblasti byla však pouze 50,2 %. Dokonce 93 studentů, tj. 32,0 %, odpovědělo špatně na obě dvojice otázek z této oblasti. Nedostatečně rozvinuté poměrové myšlení může být u studentů příčinou problémů při pochopení některých oblastí matematiky a jiných přírodních věd. Dobře rozvinutá oblast identifikace a kontroly změny je pro studenty přírodovědného zaměření důležitá zejména při výzkumu. Studenti by měli být schopni rozeznat vztahy mezi proměnnými a formulovat nově nabyté poznatky [6]. Úspěšnost v této oblasti byla 45,8 %, na všechny tři párové otázky odpovědělo špatně 14,1 %. Pravděpodobnostní myšlení je u studentů rozvíjeno hlavně na středních školách a gymnáziích. V této oblasti úspěšně vyřešilo úlohy 57,9 % respondentů. Nejméně úspěšní byli studenti v oblasti korelačního myšlení. Jednou z příčin může být to, že se tyto úlohy v běžném výukovém procesu na SŠ využívají velmi zřídka. Úspěšně dvojici otázek vyřešilo pouze 40,5 % studentů. Ze 173 studentů, kteří chybně vyřešili dvojici otázek, měla téměř polovina (86 studentů) první otázku vyřešenou správně a chybně odpověděla až na druhou z páru otázek vyžadující odůvodnění. Na oblast kombinačního myšlení byly v testu celkem čtyři otázky, dvě tvořily párovou otázku a poslední dvě byly samostatné a jejich hodnocení na sobě vzájemně nezávislé. Nejproblematictější úloha této oblasti byla pro



studenty párová otázka 21 a 22, naopak nejvíce studentů odpovědělo správně na poslední otázku 24. V oblasti kombinačního myšlení byla úspěšnost studentů 46,6 % (Tabulka 9, Graf 5).

Oblast myšlení	Úspěšnost
Zachování hmotnosti	92,1 %
Zachování vytlačeného objemu	67,4 %
Poměrové myšlení	50,2 %
Identifikace a kontrola změny	45,8 %
Pravděpodobnostní myšlení	57,9 %
Korelační myšlení	40,5 %
Kombinační myšlení	46,6 %

Tabulka 9: Úspěšnost studentů PřF UPOL v jednotlivých oblastech

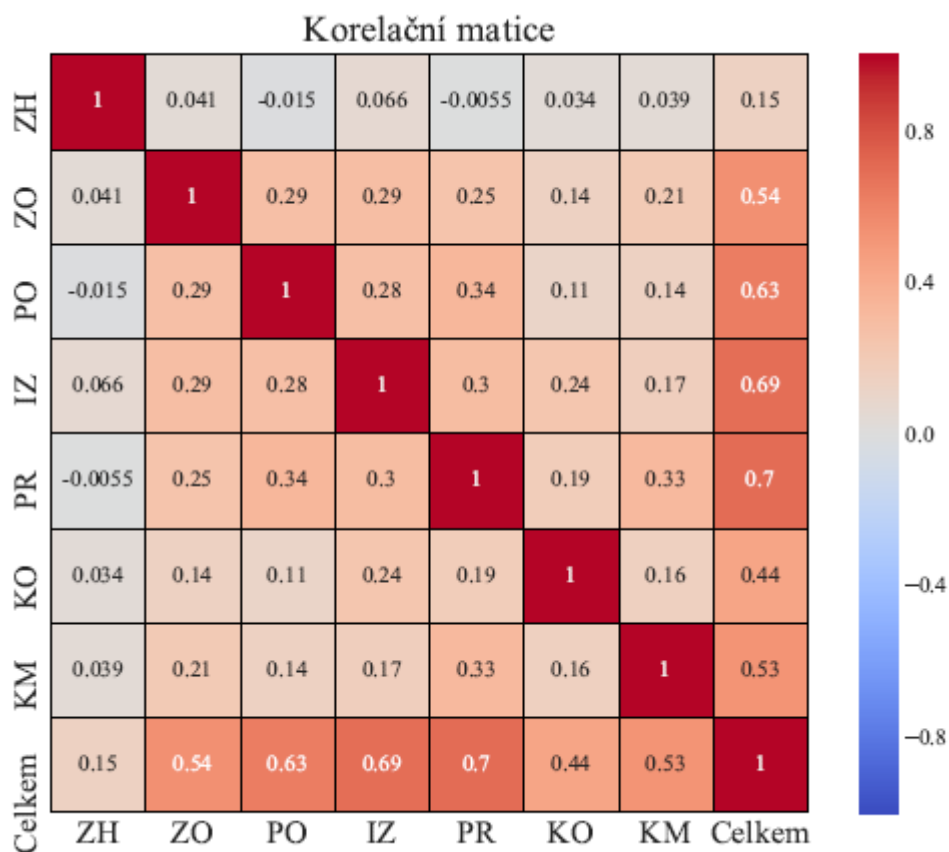


Graf 5: Úspěšnost studentů PřF UPOL v jednotlivých oblastech

Můžeme si položit otázku, zda existuje korelace popř. antikorelace mezi zkoumanými typy myšlení a zda lepší výsledek v jedné oblasti alespoň do určité míry nesouvisí s výsledkem dosaženým v oblasti jiné, popřípadě s celkovým skóre v testu. V korelační matici na Obrázek 1 jsou vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty<sup>4</sup> mezi oblastmi myšlení testovaného vzorku studentů (ZH – zachování hmotnosti, ZO – zachování

<sup>4</sup> Více informací o Pearsonových koeficientech např. v: Chrástka, M., 2016. *Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu*. Praha. ISBN 978–80–271–9225–0.

vytlačného objemu, PO – poměrové myšlení, IZ – identifikace a kontrola změny, PR – pravděpodobnostní myšlení, KO – korelační myšlení, KM – kombinační myšlení). Vidíme, že mezi jednotlivými oblastmi je korelace velmi volná (korelační koeficient <0,5). S celkovým dosaženým skóre v testu nejvíce korelují výsledky v oblasti pravděpodobnostního myšlení a identifikace a kontroly změny, pro které se korelační koeficient pohybuje okolo hodnoty 0,7. Naopak nejméně s celkovým výsledkem koreluje oblast zachování hmotnosti, v níž uspěla většina účastníků (92,1 %).



Obrázek 1: Korelační matice s vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty mezi oblastmi myšlení

Úspěšnost řešení jednotlivých otázek je zobrazena v následující tabulce. Nejvyšší úspěšnosti studenti dosahovali ve dvojici otázek 1 a 2, 9 a 10 a v otázce 24. V Tabulka 10 je také uveden koeficient obtížnosti P každé z otázek, který je vypočítán podle vztahu  $P = n_s / N \cdot 100 \%$ , kde N je celkový počet dotazovaných studentů a  $n_s$  je počet správných odpovědí. Pokud je koeficient obtížnosti vyšší než 80 %, je úloha považována za velmi jednoduchou, naopak pokud je nižší než 20 %, je úloha považována za velmi obtížnou. Lawsonův test vědeckého myšlení měl pět otázek, které jsou podle tohoto koeficientu

považovány za velmi snadné pro studenty 1. ročníku PřF UPOL. Test neobsahoval žádnou otázku, která by koeficient obtížnosti měla nižší než 20 %.

Vzhledem k tomu, že studenti jsou ze středních škol zvyklí na testové otázky, které po nich vyžadují pouze odpověď na otázku či řešení daného problému a velmi zřídka se setkávají i s nutností svoje tvrzení zdůvodnit, dalo by se očekávat, že studentům bude činit větší problém odpověď vhodně odůvodnit, než vyslovit hypotézu či předpovědět určitý jev. U třech dvojic otázek, konkrétně otázky 7 a 8, 13 a 14, 15 a 16, se ukázalo, že studenti označili správné zdůvodnění jevu, ale špatnou odpověď na první ze dvojice otázek. Otázky 7 a 8 jsou z oblasti poměrového myšlení. Zde si 170 studentů správně uvědomilo, že pokud přeléváme určité množství vody mezi válci, poměr výšek hladin musí zůstat zachovaný. Studenti daný poměr znali ze zadání úlohy, nicméně do jaké výšky hladina vystoupí při přelití vody ze širokého do úzkého válce dokázalo správně dopočítat pouze 157 studentů, někteří z nich, ale naopak nezvolili správné odůvodnění. Otázky 13 a 14 jsou z oblasti identifikace a kontroly změny. Respondenti správně analyzovali poskytnutá data, ale část z nich i přesto nedokázala stanovit správný závěr. 15. a 16. otázka Lawsonova testu testují u respondentů oblast pravděpodobnostního myšlení. I u této dvojice otázek se potvrdil fakt, že studenti jsou schopni správně uvažovat nad daným jevem, ale problém jim činí tuto znalost aplikovat při výpočtu pravděpodobnosti (Tabulka 10).

Otázka	Úspěšnost ve dvojici otázek	Počet správných odpovědí	Koeficient obtížnosti	Otázka	Úspěšnost ve dvojici otázek	Počet správných odpovědí	Koeficient obtížnosti
Otázka 1	92,1 %	272	93,5 %	Otázka 13	35,4 %	155	53,3 %
Otázka 2		269	92,4 %	Otázka 14		181	62,2 %
Otázka 3	67,4 %	204	70,1 %	Otázka 15	54,0 %	160	55,0 %
Otázka 4		197	67,7 %	Otázka 16		243	83,5 %
Otázka 5	60,8 %	206	70,8 %	Otázka 17	61,9 %	207	71,1 %
Otázka 6		191	65,6 %	Otázka 18		182	62,5 %
Otázka 7	39,5 %	157	54,0 %	Otázka 19	40,5 %	206	70,8 %
Otázka 8		170	58,4 %	Otázka 20		121	41,6 %
Otázka 9	82,1 %	249	85,6 %	Otázka 21	24,7 %	118	40,5 %
Otázka 10		246	84,5 %	Otázka 22		111	38,1 %
Otázka 11	19,9 %	99	34,0 %	Otázka 23	46,4 %	135	46,4 %
Otázka 12		94	32,3 %	Otázka 24	68,7 %	200	68,7 %

Tabulka 10: Úspěšnost řešení dvojice otázek, počet správných odpovědí na jednotlivé otázky a koeficient obtížnosti otázek

## 2.1 Interpretace výsledků podle studijního oboru respondentů

V Tabulce 6 v předchozí části je uveden počet respondentů z jednotlivých studijních oborů, kteří se testu zúčastnili. Jelikož z oborů bioanorganická chemie, molekulární biofyzika, nanomateriálová chemie, počítačová fyzika a přístrojová fyzika bylo testováno méně jak 10 studentů, nelze tyto výsledky statisticky srovnávat. Výsledky studentů těchto oborů jsou zpracovány jako „ostatní“.

Studenti jednotlivých oborů dosahovali podobného průměrného bodového zisku. Tento fakt naznačuje, že výběr studijního oboru z řad přírodovědných předmětů není nutně závislý na úrovni kognitivního myšlení studentů. Směrodatná odchylka souboru je 0,97. Nejčastěji dosahovaná úroveň kognitivního myšlení podle jednotlivých studijních oborů je stejně jako v celkovém souboru úroveň přechodná (Tabulka 12, Graf 7).

Nejnižšího průměrného zisku bodů dosáhli studenti aplikované chemie s průměrem 11,4 bodů a studenti biochemie s průměrným ziskem 11,5 bodů. Naopak s průměrem 14,1 bodů studenti biofyziky dosáhli nejvyššího průměru mezi testovanými obory. Studenti učitelství získali průměrně 13,4 bodů, respondenti z oboru chemie dosáhli průměrného bodového zisku 13,0 bodů a studenti z ostatních oborů získali průměrně 12,6 bodů. Studenti biofyziky dosáhli nejen nejvyššího průměru, ale mají také nejvyšší medián ze souboru, a to 14,5 bodů. Studenti učitelství mají medián 14 bodů a studenti chemie 13 bodů. Zbylé studijní obory mají shodně medián 12 bodů (Tabulka 11, Graf 6).

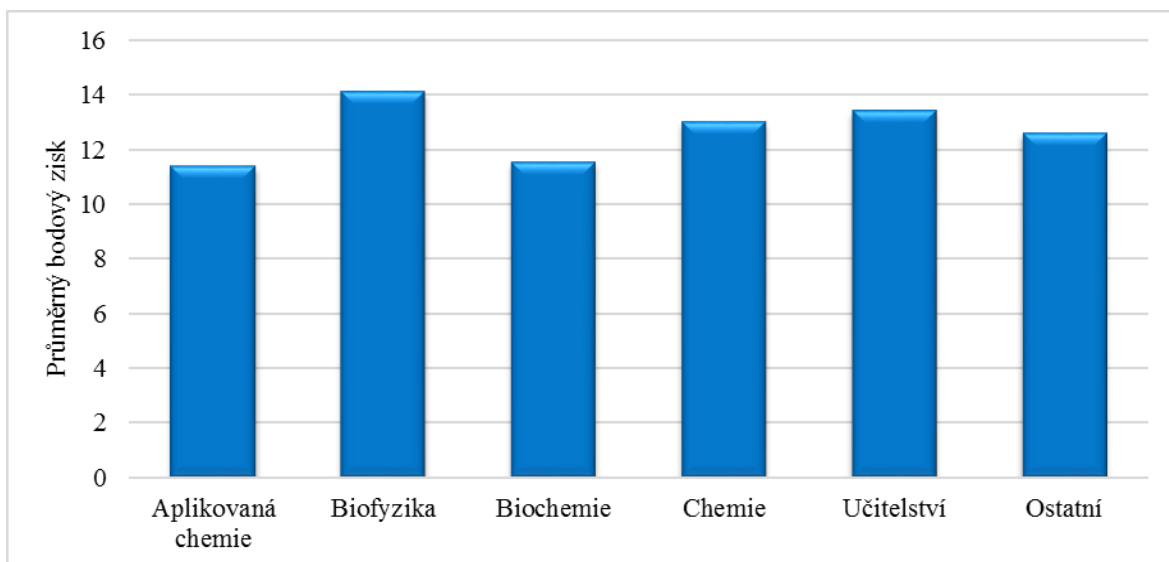
Respondenti z každého ze studijních oborů zastupují všechny tři úrovně kognitivního myšlení. Nejméně respondentů s konkrétně operační úrovní myšlení studuje biofyziku. Pouze jeden student, což představuje 10 % respondentů z tohoto oboru, se nachází na nejnižší testované úrovni kognitivního myšlení. Konkrétně operační úroveň dosahuje také 13,5 % respondentů z oboru učitelství, 15,0 % studentů z ostatních oborů, 25,5 % studentů chemie, 32,8 % respondentů z oboru biochemie a 40 % studentů aplikované chemie. Přechodné úrovně vědeckého myšlení dosahuje 40 % studentů aplikované chemie, 43,6 % studentů chemie, 52,3 % studentů biochemie, 60,0 % respondentů z oboru biofyziky, 62,2 % studentů učitelství a 65,0 % studentů ostatních oborů. Z oborů aplikovaná chemie a biochemie se na úrovni formálně operační nachází ze všech tří úrovní nejméně studentů, konkrétně 20,0 % studentů aplikované chemie a 14,9 % studentů biochemie. Další obory mají zastoupení formálně operační úrovně vyšší jak úrovně konkrétně operační. 30,9 %

studentů chemie, 30% biofyziky, 24,3 % učitelství a 20,0 % respondentů z ostatních oborů se nachází na této nejvyšší úrovni (Tabulka 12, Graf 7).

Studenti bioanorganické chemie získali průměrně 11,3 bodů a medián je 12 bodů. Dva studenti tohoto oboru se nachází na úrovni konkrétně operačního myšlení, tři na úrovni přechodné a jeden student na úrovni formálně operační. Vyššího průměrného počtu bodů, a naopak nižšího mediánu, a to průměrný zisk 12,5 bodů a medián 11,5 bodů, dosáhli studenti molekulární biofyziky. Tři studenti tohoto oboru mají kognitivní myšlení rozvinuté na přechodnou úroveň a jeden student na úroveň formálně operační. Studenti nanomateriálové chemie dosáhli průměrně 12,8 bodů a medián této skupiny je 12 bodů. Jeden z respondentů má úroveň myšlení konkrétně operační, šest studentů přechodnou a jeden formálně operační. Student počítačové fyziky získal 18 bodů, což odpovídá úrovni formálně operační, a student přístrojové fyziky dosáhl 13 bodů, tedy jeho myšlení je ve fázi přechodné.

Studijní obor	Průměrný bodový zisk	Absolutní odchylka	Medián
Aplikovaná chemie	11,4	-1,3	12,0
Biofyzika	14,1	1,4	14,5
Biochemie	11,5	-1,2	12,0
Chemie	13,0	0,3	13,0
Učitelství	13,4	0,7	14,0
Ostatní	12,6	-0,1	12,0
Průměr	12,7		

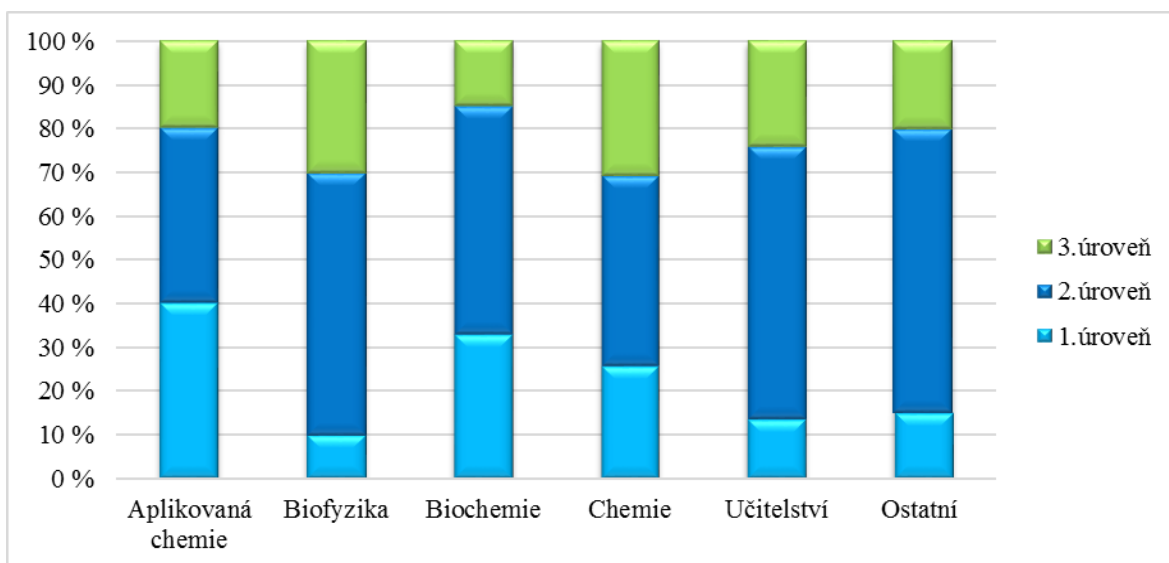
Tabulka 11: Průměrný bodový zisk podle studijního oboru



Graf 6: Průměrný bodový zisk podle studijního oboru

Studijní obor	1.úroveň	2.úroveň	3.úroveň
Aplikovaná chemie	4 (40,0 %)	4 (40,0 %)	2 (20,0 %)
Biofyzika	1 (10,0 %)	6 (60,0 %)	3 (30,0 %)
Biochemie	22 (32,8 %)	35 (52,3 %)	10 (14,9 %)
Chemie	28 (25,5 %)	48 (43,6 %)	34 (30,9 %)
Učitelství	10 (13,5 %)	46 (62,2 %)	18 (24,3 %)
Ostatní	3 (15,0 %)	13 (65,0 %)	4 (20,0 %)

Tabulka 12: Dosažená úroveň kognitivního myšlení podle studijních oborů

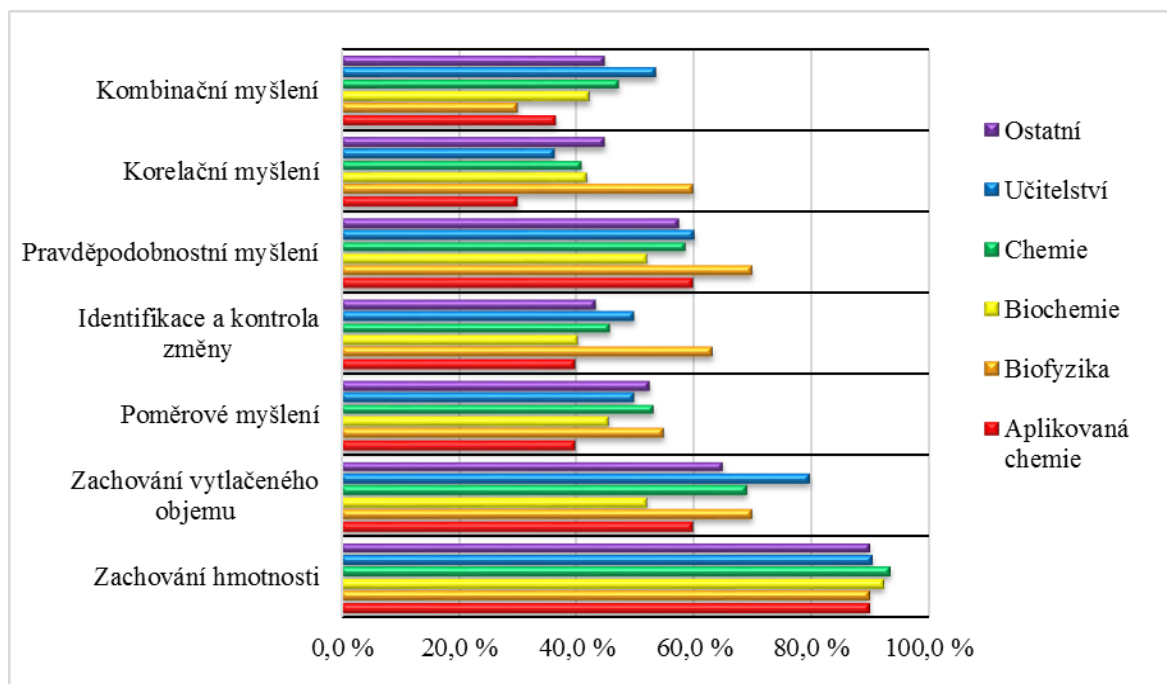


Graf 7: Dosažená úroveň kognitivního myšlení podle studijních oborů

Studenti aplikované chemie si nejlépe vedli v otázkách určené na prověření zachování hmotnosti a vytlačeného objemu a pravděpodobnostního myšlení. V těchto oblastech byla úspěšnost nadpoloviční. Dvě pětiny studentů aplikované chemie byly úspěšné i při řešení úloh z oblasti poměrového myšlení a identifikace a kontroly změny. Podobných výsledků dosáhli i v oblasti kombinačního myšlení. V oblasti korelačního myšlení byla u respondentů studujících tento obor méně než třetinová. Studenti biofyziky měli úspěšnost téměř ve všech oblastech kognitivního myšlení více než poloviční. Pouze otázky z oblasti kombinačního myšlení úspěšně řešilo 30 % studentů. Téměř všichni respondenti z oboru biochemie odpověděli správně na otázky týkající se zachování hmotnosti. Úspěšnost v oblasti zachování vytlačeného objemu a pravděpodobnostního myšlení je také nad hranicí 50 %. I ve zbývajících oblastech byla úspěšnost studentů biochemie vyšší než 40 %. Respondenti z oboru chemie si taktéž vedli nejlépe v oblasti zachování hmotnosti. Více než dvě třetiny studentů také správně odpověděly na otázky z oblasti zachování vytlačeného objemu. Pouze ve třech oblastech, korelačního myšlení, kombinačního myšlení a identifikace a kontroly změny, byla úspěšnost respondentů studujících chemii méně než poloviční. Studenti učitelství se pod hranici poloviční úspěšnosti dostali pouze v oblasti korelačního myšlení. V úlohách z oblasti zachování hmotnosti a vytlačeného objemu byli studenti učitelství nejúspěšnější ze všech testovaných oblastí kognitivního myšlení. Respondenti z ostatních studijních oborů nejvyšší úspěšnosti dosáhli taktéž v oblasti zachování hmotnosti a vytlačeného objemu. Téměř dvě třetiny studentů úspěšně vyřešily úlohy na pravděpodobnostní myšlení, více než polovina byla úspěšná i v oblasti poměrového myšlení. I v ostatních oblastech byla úspěšnost studentů vyšší než dvě pětiny (Tabulka 13, Graf 8).

	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Zachování hmotnosti	90,0 %	90,0 %	92,5 %	93,6 %	90,5 %	90,0 %
Zachování vytlačeného objemu	60,0 %	70,0 %	52,2 %	69,1 %	79,7 %	65,0 %
Poměrové myšlení	40,0 %	55,0 %	45,5 %	53,2 %	50,0 %	52,5 %
Identifikace a kontrola změny	40,0 %	63,3 %	40,3 %	45,8 %	50,0 %	43,3 %
Pravděpodobnostní myšlení	60,0 %	70,0 %	52,2 %	58,6 %	60,1 %	57,5 %
Korelační myšlení	30,0 %	60,0 %	41,8 %	40,9 %	36,5 %	45,0 %
Kombinační myšlení	36,7 %	30,0 %	42,3 %	47,3 %	53,6 %	45,0 %

Tabulka 13: Úspěšnost studentů jednotlivých studijních oborů v testovaných oblastech vědeckého myšlení



Graf 8: Úspěšnost studentů jednotlivých studijních oborů v testovaných oblastech vědeckého myšlení

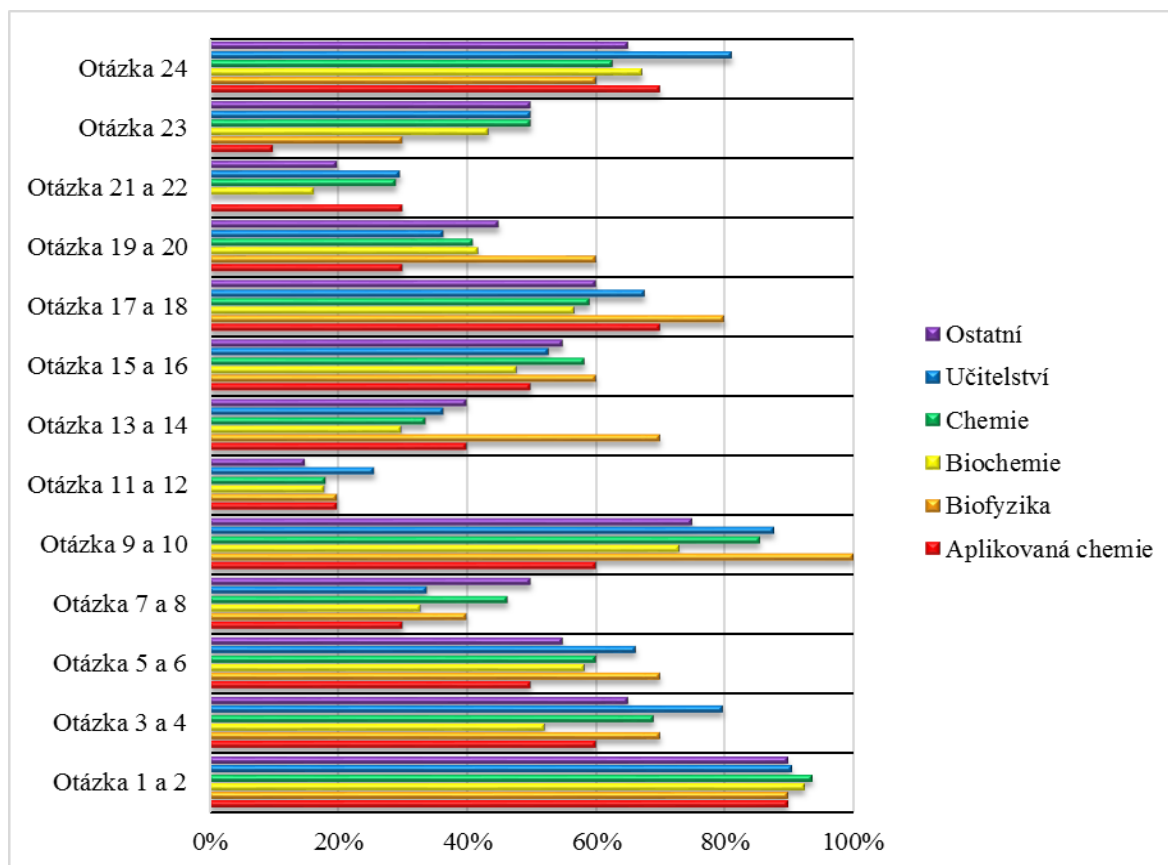
Lawsonův test obsahuje pouze jedinou dvojici otázek z oblasti zachování hmotnosti. Úspěšnost řešení otázek 1 a 2 byla u téměř všech oborů nejvyšší a u všech studijních oborů srovnatelná (90,0 % a vyšší). Naopak u další dvojice otázek, u otázek 3 a 4 zaměřených na oblast zachování vytlačeného objemu, byly rozdíly úspěšností jednotlivých oborů větší. Nejlépe uspěli studenti učitelství (79,7 %) a nejhůře dopadli v této oblasti studenti biochemie (52,2 %). První dvojici otázek z oblasti poměrového myšlení, otázky 5 a 6, nejlépe řešili respondenti studující biofyziku s úspěšností 70,0 % a nejméně se v této dvojici otázek dařilo studentům aplikované chemie. Pouze polovina z nich odpověděla správně na obě otázky. Otázky 7 a 8, což je druhá dvojice otázek z oblasti poměrového myšlení, nejlépe řešili studenti ostatních studijních oborů (50,0 %). Studenti biochemie a aplikované chemie dosáhli úspěšnosti menší než třetinové (32,8 %; 30,0 %). První ze tří dvojic otázek z oblasti identifikace a kontroly změny, otázky 9 a 10, správně vyřešili všichni respondenti z oboru biofyziky. Nejméně úspěšní byli v této dvojici otázek studenti aplikované chemie. Největší problémy měli respondenti s otázkami 11 a 12. Pouze studenti učitelství měli úspěšnost řešení vyšší než čtvrtinovou (25,7 %). Přestože otázky 13 a 14 byly předchozí dvojici otázek podobné, úspěšnost byla výrazně lepší. Obě otázky správně zodpovědělo 70,0 % studentů biofyziky. Zbylé obory mají úspěšnost srovnatelnou pohybující se kolem 35 %. Oblast pravděpodobnostního myšlení obsahovala dvě dvojice



otázek. První z nich, otázky 15 a 16, správně vyřešilo 60,0 % studentů biofyziky. Nejnižší úspěšnost byla zaznamenána u studentů biochemie (47,8 %). I ve druhé dvojici otázek z této oblasti byli studenti biofyziky nejúspěšnější ze všech testovaných oborů. Jejich úspěšnost byla 80,0 %. Nejméně úspěšní, stejně jako v předchozích dvou otázkách, byli respondenti studující obor biochemii (56,7 %). Jedinou dvojici otázek z oblasti korelačního myšlení, otázky 19 a 20, správně odpovědělo 60,0 %. Nejméně správných odpovědí na obě otázky označili studenti aplikované chemie (30,0 %). V otázkách 21 a 22 testující oblast kombinačního myšlení byli studenti aplikované chemie naopak nejúspěšnější (30,0 %). Srovnatelnou úspěšnost měli i studenti učitelství (29,7 %) a chemie (29,1 %). Žádný respondent studující biofyziku nezodpověděl obě otázky správně. Polovina studentů chemie, učitelství a ostatních studijních oborů správně odpověděla na otázku 23. Pouze jeden student aplikované chemie (10,0 %) neodpovídal chybně. Poslední otázku testu, otázku 24, úspěšně vyřešilo 81,1 % studentů učitelství a nejnižší úspěšnost měli studenti biofyziky. Úspěšnost všech oborů a všechny otázky, respektive dvojice otázek, jsou zaznamenány v následující tabulce a grafu (Tabulka 14, Graf 9).

	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Otázka 1 a 2	90,0 %	90,0 %	92,5 %	93,6 %	90,5 %	90,0 %
Otázka 3 a 4	60,0 %	70,0 %	52,2 %	69,1 %	79,7 %	65,0 %
Otázka 5 a 6	50,0 %	70,0 %	58,2 %	60,0 %	66,2 %	55,0 %
Otázka 7 a 8	30,0 %	40,0 %	32,8 %	46,4 %	33,8 %	50,0 %
Otázka 9 a 10	60,0 %	100,0 %	73,1 %	85,5 %	87,8 %	75,0 %
Otázka 11 a 12	20,0 %	20,0 %	17,9 %	18,2 %	25,7 %	15,0 %
Otázka 13 a 14	40,0 %	70,0 %	29,9 %	33,6 %	36,5 %	40,0 %
Otázka 15 a 16	50,0 %	60,0 %	47,8 %	58,2 %	52,7 %	55,0 %
Otázka 17 a 18	70,0 %	80,0 %	56,7 %	59,1 %	67,6 %	60,0 %
Otázka 19 a 20	30,0 %	60,0 %	41,8 %	40,9 %	36,5 %	45,0 %
Otázka 21 a 22	30,0 %	0,0 %	16,4 %	29,1 %	29,7 %	20,0 %
Otázka 23	10,0 %	30,0 %	43,3 %	50,0 %	50,0 %	50,0 %
Otázka 24	70,0 %	60,0 %	67,2 %	62,7 %	81,1 %	65,0 %

Tabulka 14: Odpovědi na dvojice otázek studentů jednotlivých studijních oborů



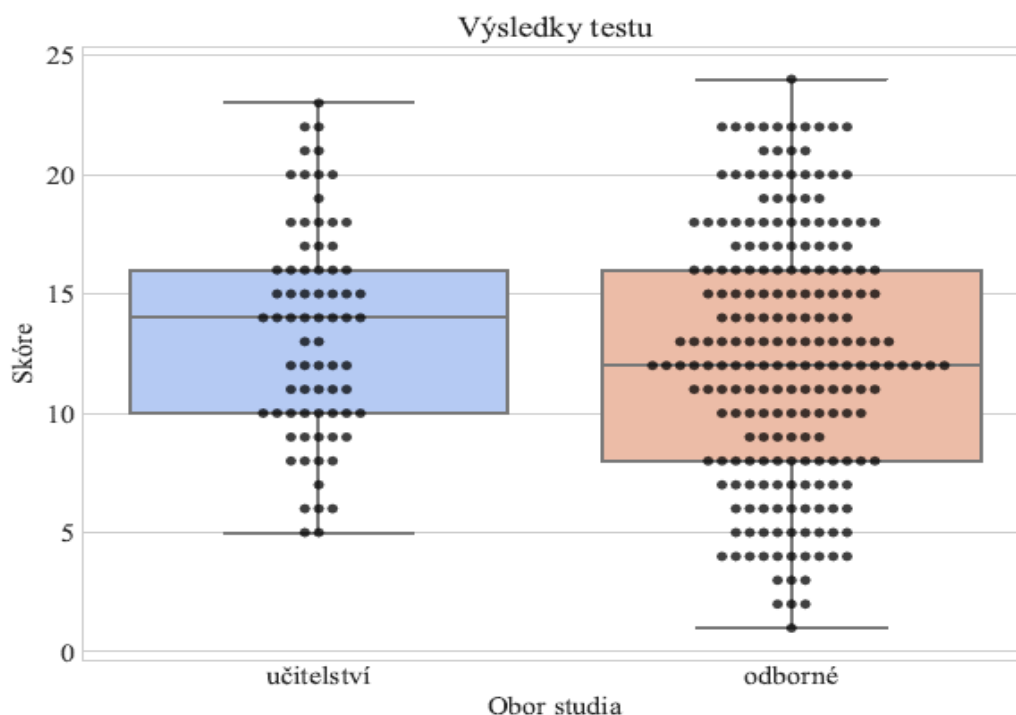
Graf 9: Odpovědi na dvojice otázek studentů jednotlivých studijních oborů

Ve studovaném vzorku bylo 74 studentů učitelství a 217 studentů odborných neučitelských oborů. Krabicový diagram na Graf 10 ukazuje rozdělení celkového skóre v testu v těchto skupinách (tečkami je znázorněn počet studentů, kteří dosáhli daného celkového počtu bodů). U odborných učitelských oborů je vyšší medián (14) než u neučitelských (12), u učitelských oborů je první kvartil posunut k vyšším hodnotám (10 a 8), třetí kvartily jsou shodné (16). Neparametrický U-test Manna a Whitneyho<sup>5</sup> na hladině významnosti 0,05 nepotvrdil odlišnost rozdělení ( $p = 0,102 > 0,05$ , neodmítáme nulovou hypotézu). Podobně Studentův t-test<sup>5</sup> na stejné hladině významnosti ukázal, že mezi aritmetickými průměry obou skupin (13,4 pro učitelské, 12,4 pro odborné studium) není statisticky významný rozdíl ( $p = 0,125 > 0,05$ , neodmítáme nulovou hypotézu).<sup>6</sup> Na

<sup>5</sup> Více informací o těchto testech např. v: Chrástka, M., 2016. *Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu*. Praha. ISBN 978–80–271–9225–0.

<sup>6</sup> Výpočet hodnoty  $p$  byl proveden pomocí vlastního skriptu v jazyce Python s využitím knihovny pro analýzu dat pandas a modulu statistických funkcí scipy.stats. Skript je přiložen k této práci jako Příloha

základě našeho vzorku respondentů můžeme konstatovat, že studenti učitelství v Lawsonově testu nedosáhli horších výsledků a při vstupu na PřF UP mají obecně stejně rozvinutou úroveň vědeckého myšlení jako studenti odborných neučitelských programů.



Graf 10: Krabicový diagram zobrazující rozdělení celkového skóre

### 2.1.1 Otázka 1 a 2: Určení závislosti hmotnosti hliněné kuličky na změně jejího tvaru

První dvě otázky Lawsonova testu u respondentů prověřily oblast zachování hmotnosti. Jsou dány dvě stejné kuličky, které mají stejný tvar, hmotnost a jsou vyrobeny ze stejného materiálu (hlíny). Respondenti měli rozhodnout o rozdílu hmotností kuliček, jestliže jednu z nich deformujeme. Studenti měli na výběr ze tří tvrzení a pěti odůvodnění.

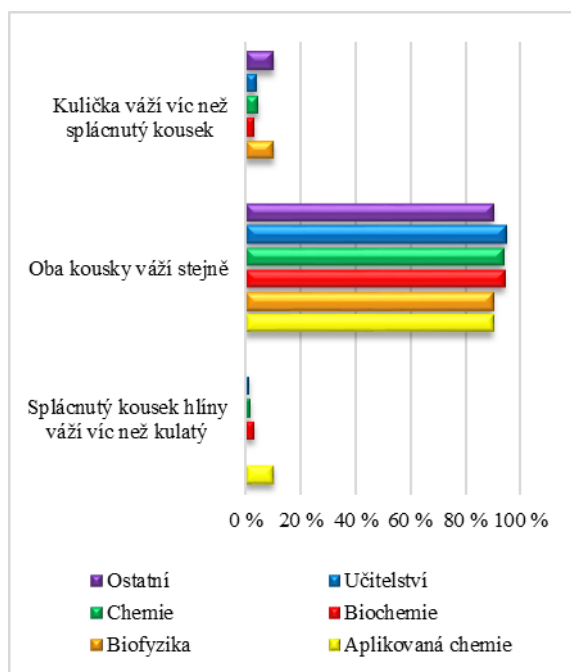
V první otázce správnou odpověď, že oba kousky hlíny budou mít stejnou hmotnost, označilo 90,0 % a více studentů ze všech testovaných studijních oborů a správné odůvodnění, proč daný jev nastane, taktéž vybralo alespoň 90,0 % studentů každého oboru (Tabulka 15, Graf 11, Graf 12).

Úspěšnost řešení studentů všech studijních oborů byla velmi vyrovnaná s maximálním rozdílem 4,6 % u první otázky a 4,5 % u druhé otázky, což je nejmenší rozdíl úspěšností

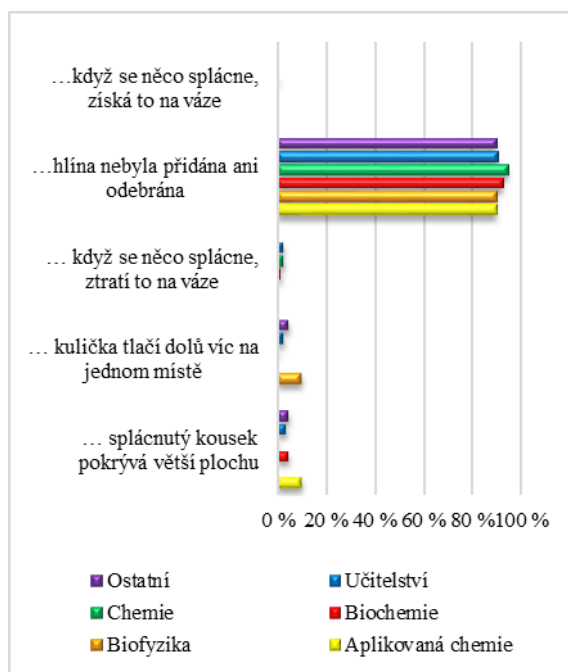
mezi obory ze všech testových otázek. Aritmetický průměr úspěšnosti byl u první otázky 92,0 % a u druhé 91,3 %. Medián úspěšností byl 91,8 % pro první otázku a druhou 90,3 %. Směrodatná odchylka souboru je 2,1 %, respektive 1,7 % pro druhou z otázek.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Splácnutý kousek hlíny váží víc než kulatý	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	2 (3,0 %)	2 (1,8 %)	1 (1,4 %)	0 (0,0 %)
Oba kousky váží stejně	9 (90,0 %)	9 (90,0 %)	63 (94,0 %)	103 (93,6 %)	70 (94,6 %)	18 (90,0 %)
Kulička váží víc než splácnutý kousek	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	2 (3,0 %)	5 (4,5 %)	3 (4,1 %)	2 (10,0 %)
... splácnutý kousek pokrývá větší plochu	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	4 (5,0 %)	1 (0,9 %)	3 (4,1 %)	1 (5,0 %)
... kulička tlačí dolů víc na jednom místě	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,9 %)	2 (2,7 %)	1 (5,0 %)
... když se něco splácne, ztratí to na váze	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	3 (2,7 %)	2 (2,7 %)	0 (0,0 %)
... hlína nebyla přidána ani odebrána	9 (90,0 %)	9 (90,0 %)	62 (92,5 %)	104 (94,5 %)	67 (90,5 %)	18 (90,0 %)
... když se něco splácne, získá to na váze	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,9 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)

Tabulka 15: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 1 a 2



Graf 11: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 1



Graf 12: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 2

### **2.1.2 Otázka 3 a 4: Zkoumání změny objemu ve válci způsobené přidáním kuliček z různých materiálů**

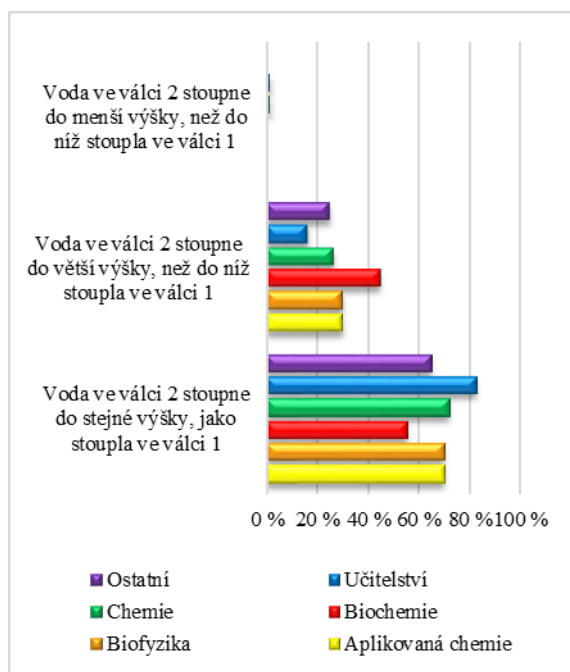
Třetí a čtvrtá otázka prověřuje u respondentů schopnost předpovědět jaký bude rozdíl hladin tekutiny ve dvou shodných válcích, které byly naplněny tekutinou do stejné výšky a do každého z nich byla vložena jedna z kuliček. Do prvního válce byla vložena skleněná kulička a do druhého ocelová, která je stejně velká, ale mnohem těžší než skleněná. Svě tvrzení musí respondent i odůvodnit. Studenti měli na výběr ze tří možných odpovědí a k tomu jim bylo nabídnuto pět možných odůvodnění.

Správnou odpověď na první z otázek vybrala nadpoloviční část studentů ze všech studijních oborů, konkrétně 55,2 % studentů biochemie, 65,0 % studentů ostatních studijních oborů, 70 % respondentů studujících aplikovanou chemii a taktéž biofyziku, 71,8 % studentů chemie a 82,4 % respondentů studujících učitelství. Druhou z nabízených odpovědí vybrali téměř všichni zbývající studenti. Dva studenti studující „ostatní“ neodpověděli ani na jednu z dvojice otázek. Více než polovina studentů označila správnou odpověď i na druhou z dvojice otázek. Druhé nejčastěji volené zdůvodnění napříč všemi obory bylo „ocelová kulička je těžší než skleněná“.

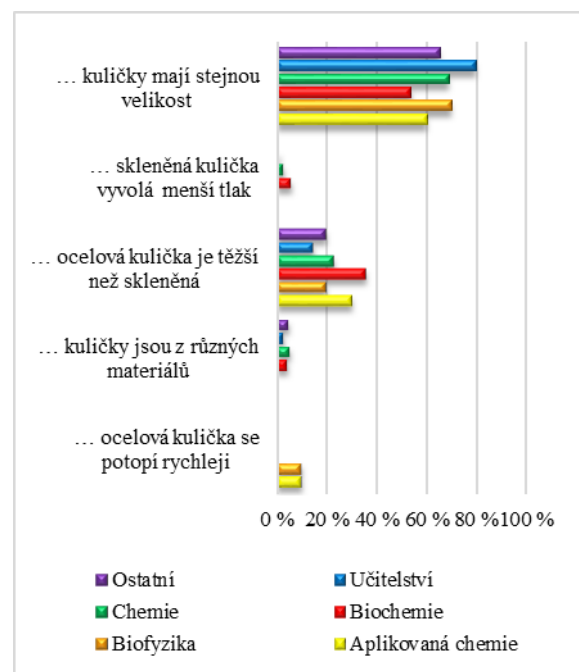
Úspěšnost řešení první ze dvojice otázek byla u oborů aplikovaná chemie, biofyziky a chemie téměř totožná. Správnou odpověď jak na první, tak i na druhou z dvojice otázek označilo nejméně studentů biochemie (55,2 %; 53,7 %) a nejvíce studentů učitelství (82,4 %; 79,8 %), kompletní výsledky jsou uvedeny v Tabulka 16, Graf 13, Graf 14. Aritmetický průměr relativních četností správných odpovědí na třetí otázku testu je 69,1 % a aritmetický průměr pro čtvrtou otázku činí 66,3 %. Medián úspěšnosti řešení třetí otázky je 70,0 % a čtvrté 67,1 %. Směrodatná odchylka je 8,1 % pro první z dvojice otázek a 8,2 % pro druhou z nich.

Odpověď/ Odůvodnění (pročže ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Voda ve válci 2 stoupne do stejné výšky, jako stoupla ve válci 1	7 (70,0 %)	7 (70,0 %)	37 (55,2 %)	79 (71,8 %)	61 (82,4 %)	13 (65,0 %)
Voda ve válci 2 stoupne do větší výšky, než do níž stoupla ve válci 1	3 (30,0 %)	3 (30,0 %)	30 (44,8 %)	29 (26,4 %)	12 (16,2 %)	5 (25,0 %)
Voda ve válci 2 stoupne do menší výšky, než do níž stoupla ve válci 1	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	2 (1,8 %)	1 (1,4 %)	0 (0,0 %)
... ocelová kulička se potopí rychleji	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... kuličky jsou z různých materiálů	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	6 (5,5 %)	3 (2,7 %)	1 (5,0 %)
... ocelová kulička je těžší než skleněná	3 (30,0 %)	2 (20,0 %)	24 (35,8 %)	25 (22,7 %)	11 (14,9 %)	4 (20,0 %)
... skleněná kulička vyvolá menší tlak	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (6,0 %)	3 (2,7 %)	1 (1,4 %)	0 (0,0 %)
... kuličky mají stejnou velikost	6 (60,0 %)	7 (70,0 %)	36 (53,7 %)	76 (69,1 %)	59 (79,8 %)	13 (65,0 %)

Tabulka 16: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 3 a 4



Graf 13: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 3



Graf 14: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 4

### 2.1.3 Otázka 5 a 6: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím ze širokého do úzkého válce

Pátá a šestá otázka Lawsonova testu, společně s následující dvojicí otázek, jsou zaměřeny na poměrové myšlení.

Jestliže jsou dány dva odměrné válce, širší z nich naplníme po 4. značku a voda bude přelita do užšího válce, bude dosahovat po 6. značku. Úkolem studenta je rozhodnout, jak vysoko bude dosahovat vodní hladina, jestliže do užšího válce bude nalito stejné množství vody, které v širším válci dosahovalo 6. značky. Respondenti měli na výběr pět možných odpovědí a pět odůvodnění.

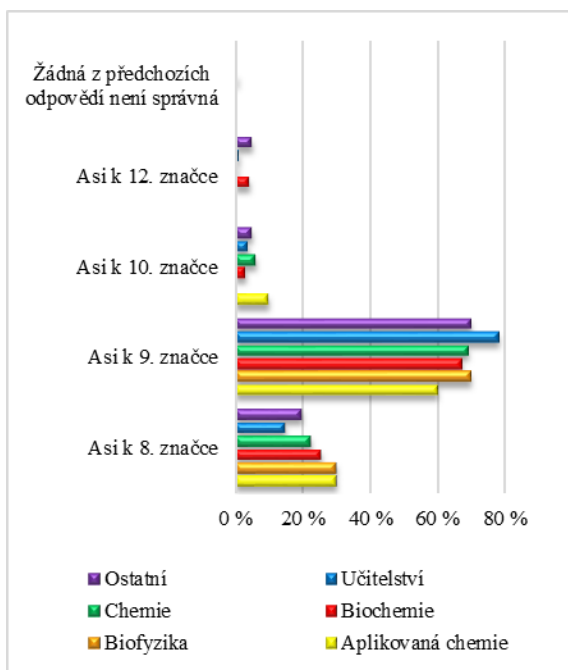
Správnou odpověď, že voda vystoupí k 9. značce zvolilo 60,0 % studentů aplikované chemie, 67,2 % respondentů studujících biochemii, 69,1 % studentů chemie, 70,0 % respondentů z ostatních studijních oborů a studentů biofyziky a 78,4 % studentů učitelství. Druhou nejčastěji označovanou odpovědí bylo „asi k 8. značce“. Zbylí studenti odpovídali, že voda vystoupí k 10. respektive k 12. značce a pouze jeden student chemie se domníval, že ani jedna z nabízených odpovědí není správná. Správné zdůvodnění volilo alespoň 61 % studentů z každého oboru. Zdůvodnění „v prvním případě stoupla o 2 značky, takže opět vystoupí o 2 značky“ bylo druhé nejčastěji volené zdůvodnění.

Největší úspěšnosti v obou otázkách dosáhli studenti učitelství. Nejmenší procento správných odpovědí na první z dvojice otázek měli respondenti aplikované chemie a na druhou otázku největší procento špatných odpovědí označili studenti biochemie. Maximální rozdíl úspěšností v první otázce je 18,4 % a u druhé otázky jsou výsledky velmi srovnatelné, neboť maximální rozdíl je menší než 10 % (Tabulka 17, Graf 15, Graf 16). Aritmetický průměr relativních četností správných odpovědí na otázku 5 je 69,2 % a medián 69,5 %. Tyto dvě hodnoty jsou si velmi blízko. Na srovnatelnost výsledků poukazuje i hodnota směrodatné odchylky, která je 5,4 %. Aritmetický průměr úspěšností řešení otázky 6 je 67,5 % a medián 70,0 %. Směrodatná odchylka 3,7 % je ještě nižší než v předchozím případě a ukazuje na velmi malý rozptyl relativních četností správných odpovědí.

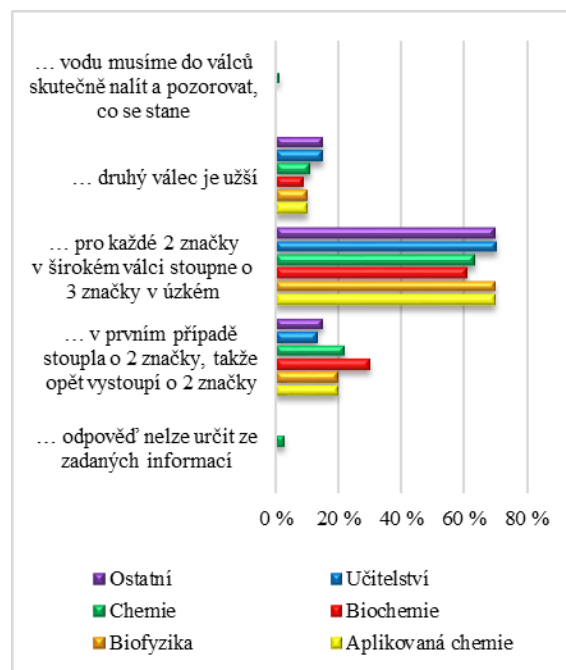
Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Asi k 8. značce	3 (30,0 %)	3 (30,0 %)	17 (25,4 %)	25 (22,7 %)	11 (14,9 %)	4 (20,0 %)
Asi k 9. značce	6 (60,0 %)	7 (70,0 %)	45 (67,2 %)	76 (69,1 %)	58 (78,4 %)	14 (70,0 %)
Asi k 10. značce	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	2 (3,0 %)	7 (6,4 %)	3 (4,1 %)	1 (5,0 %)
Asi k 12. značce	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	1 (0,9 %)	1 (1,4 %)	1 (5,0 %)
Žádná z předchozích odpovědí není správná	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,9 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... odpověď nelze určit ze zadaných informací	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (2,7 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... v prvním případě stoupla o 2 značky, takže opět vystoupí o 2 značky	2 (20,0 %)	2 (20,0 %)	20 (29,9 %)	24 (21,8 %)	10 (13,5 %)	3 (15,0 %)
... pro každé 2 značky v širokém válci stoupne o 3 značky v úzkém	7 (70,0 %)	7 (70,0 %)	41 (61,2 %)	70 (63,6 %)	52 (70,3 %)	14 (70,0 %)
... druhý válec je užší	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	6 (9,0 %)	12 (10,9 %)	11 (14,9 %)	3 (15,0 %)
... vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,9 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)

Tabulka 17: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 5 a 6





Graf 15: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 5



Graf 16: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 6

### 2.1.4 Otázka 7 a 8: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím z úzkého do širokého válce

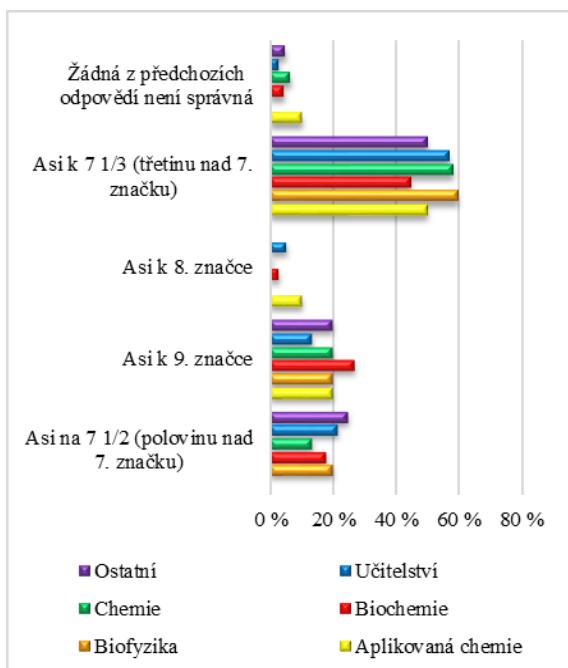
Předpoklad pro tuto dvojici otázek zůstal stejný, jako v případě otázek 5 a 6. Nyní však byl úzký válec naplněn vodou po 11. značku. Studenti měli rozhodnout, do jaké výšky voda vystoupí, pokud bude voda přelita do prázdného širokého válce. Na výběr bylo opět z pěti možností odpovědí a pěti odůvodnění.

Alespoň polovina studentů každého studijního oboru označila správné zdůvodnění, tedy správnou odpověď na druhou z dvojice otázek. Správných odpovědí na první z nich bylo méně. Je tedy zřejmé, že studenti jsou schopni nad daným problémem správně uvažovat, ale zdůvodnění problému nejsou schopni správně formulovat či využít při předpovězení jevu. Přestože úspěšnost řešení studentů biofyziky a aplikované chemie je u obou otázek stejná, správnou dvojici odpovědí označilo studentů méně. Všichni studenti zařazení v kategorii „ostatní“, kteří označili správnou odpověď na první z dvojice otázek, vybrali také správné zdůvodnění. Přestože tato skupina studentů má největší rozdíl relativní četnosti správných odpovědí mezi těmito dvěma otázkami (30,0 %), dosáhli nejvyšší úspěšnosti v této dvojici otázek (50,0 %). Aritmetický průměr a medián relativních četností

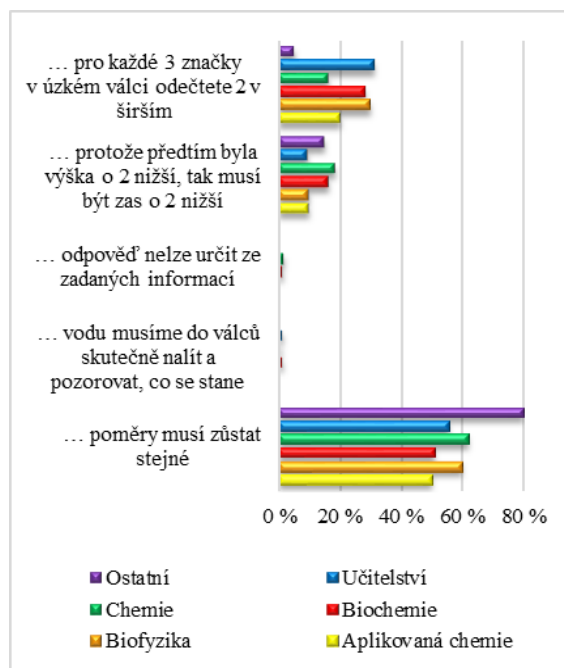
správných odpovědí na otázku 7 napříč studijními obory jsou 53,3 % a 53,4 %, směrodatná odchylka je 5,4 %. Průměr a medián se od sebe téměř neliší, oproti tomu u druhé z této dvojice otázek je rozdíl větší. Aritmetický průměr je roven 59,7 % a medián 57,7 %, směrodatná odchylka je 10,1 % a ukazuje na poměrně velký rozdíl úspěšností (30,0 %) mezi studijními obory aplikované chemie (nejméně správných odpovědí) a „ostatní“ (nejvíce správných odpovědí).

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Asi na 7 1/2 (polovinu nad 7. značku)	0 (0,0 %)	2 (20,0 %)	12 (17,9 %)	15 (13,6 %)	16 (21,6 %)	5 (25,0 %)
Asi k 9. značce	2 (20,0 %)	2 (20,0 %)	18 (26,9 %)	22 (20,0 %)	10 (13,5 %)	4 (20,0 %)
Asi k 8. značce	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	2 (3,0 %)	1 (0,9 %)	4 (5,4 %)	0 (0,0 %)
Asi k 7 1/3 (třetinu nad 7. značku)	5 (50,0 %)	6 (60,0 %)	30 (44,8 %)	64 (58,2 %)	42 (56,8 %)	10 (50,0 %)
Žádná z předchozích odpovědí není správná	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	7 (6,4 %)	2 (2,7 %)	1 (5,0 %)
... poměry musí zůstat stejné	5 (50,0 %)	6 (60,0 %)	34 (50,7 %)	68 (61,8 %)	41 (55,4 %)	16 (80,0 %)
... vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	1 (0,9 %)	1 (1,4 %)	0 (0,0 %)
... odpověď nelze určit ze zadaných informací	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	2 (1,8 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... protože předtím byla výška o 2 nižší, tak musí být zas o 2 nižší	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	11 (16,4 %)	20 (18,2 %)	7 (9,5 %)	3 (15,0 %)
... pro každé 3 značky v úzkém válci odečtete 2 v širším	2 (20,0 %)	3 (30,0 %)	19 (28,4 %)	18 (16,4 %)	23 (31,1 %)	1 (5,0 %)

Tabulka 18: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 7 a 8



Graf 17 : Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 7



Graf 18: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 8

### 2.1.5 Otázka 9 a 10: Navrhnutí experimentu pro zjištění závislosti délky provázku na době kmitu kyvadla

Otázky 9 a 10 společně s následujícími dvěma dvojicemi otázek prověřují u respondentů oblast identifikace a kontroly změny. Tři provázky visí z tyčky, provázky 1 a 3 jsou stejně dlouhé a provázek 2 je kratší. Na koncích všech provázků jsou připevněna závaží, na provázku 1 a 2 je připevněno závaží o tíze 10 jednotek, na provázku 3 závaží o poloviční hmotnosti. Daná situace je v zadání znázorněna na obrázku. Úkolem respondenta je rozhodnout, jaké provázky je potřeba rozkývat, abychom mohli ověřit závislost doby kyvu na délce provázku. Studenti vybírali z pěti možností odpovědi a pěti možných odůvodnění. Celá verze této dvojice otázek je uvedena výše v textu v části 1.3.

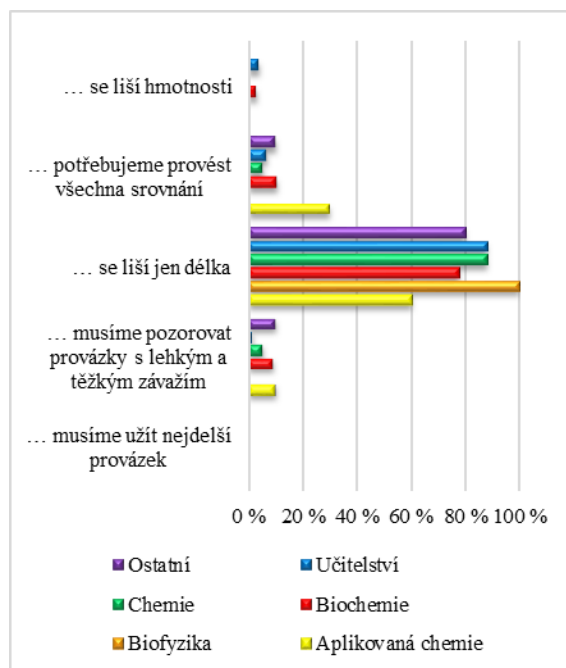
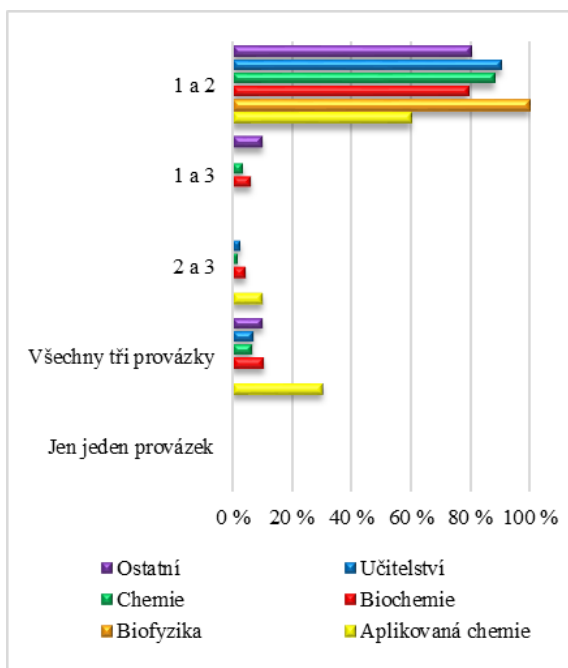
Nejčastěji studenti volili odpověď, že je zapotřebí použít provázek 1 a 2. Tato odpověď je správným řešením. Druhou nejčastěji volenou odpovědí u téměř všech studijních oborů bylo, že je zapotřebí uvést do pohybu všechny tři provázky. Na tuto otázku odpověděli správně všichni studenti biofyziky, naopak nejméně správných odpovědí (60,0 %) měli studenti aplikované chemie. Nejčastěji studenti označili zdůvodnění, že provázky se liší jen délkou. Toto zdůvodnění je správné a opět jej označili všichni studenti biofyziky. Velmi

vysoké úspěšnosti dosáhli u obou dvou otázek také studenti chemie (88,2 %; 88,2 %) a učitelství (90,1 % ;87,8 %), kompletní výsledky jsou uvedeny v Tabulka 19, Graf 19 a Graf 20.

Otázku 9 správně vyřešilo průměrně 82,9 % studentů, medián je 84,1 % a směrodatná odchylka je nejvyšší ze všech otázek 12,4 %. Tato poměrně vysoká hodnota je dána velkým rozdílem úspěšnosti studentů biofyziky a aplikované chemie, kdy tento rozdíl činí 40,0 % a také vysoká úspěšnost studentů chemie a učitelství. Aritmetický průměr správných odpovědí na otázku 10 je 82,3 % a medián 83,9 %. Tyto hodnoty jsou nepatrně nižší než v předchozí otázce. Přestože rozdíl extrémních hodnot je stejný jako v otázce 9, směrodatná odchylka je taktéž nepatrně nižší, a to 12,3 %.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Jen jeden provázek	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Všechny tři provázky	3 (30,0 %)	0 (0,0 %)	7 (10,4 %)	7 (6,4 %)	5 (6,8 %)	2 (10,0 %)
2 a 3	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	2 (1,8 %)	2 (2,7 %)	0 (0,0 %)
1 a 3	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (5,9 %)	4 (3,6 %)	0 (0,0 %)	2 (10,0 %)
1 a 2	6 (60,0 %)	10 (100,0 %)	53 (79,1 %)	97 (88,2 %)	67 (90,1 %)	16 (80,0 %)
... musíme užít nejdelší provázek	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... musíme pozorovat provázky s lehkým a těžkým závažím	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	6 (9,0 %)	6 (5,5 %)	1 (1,4 %)	2 (10,0 %)
... se liší jen délka	6 (60,0 %)	10 (100,0 %)	52 (77,6 %)	97 (88,2 %)	65 (87,8 %)	16 (80,0 %)
... potřebujeme provést všechna srovnání	3 (30,0 %)	0 (0,0 %)	7 (10,4 %)	6 (5,5 %)	5 (6,8 %)	2 (10,0 %)
... se liší hmotnosti	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	2 (3,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,1 %)	0 (0,0 %)

Tabulka 19: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 9 a 10



Graf 19 : Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 9

Graf 20: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 10

### 2.1.6 Otázka 11 a 12: Identifikace závislosti výskytu ovocných mušek na červené světlo a gravitaci ze zobrazených dat

V každé ze čtyř skleněných trubiček je uzavřeno dvacet ovocných mušek. První dvě trubičky jsou z poloviny pokryty černým papírem. První a třetí trubička je položena, zbylé dvě trubičky jsou postaveny. Po dobu 5 minut jsou tyto trubičky vystaveny červenému světlu. Situace i s počtem mušek v každé z polovin všech trubiček je znázorněna na obrázku, který je součástí zadání. Respondent má na základě těchto informací určit, na které ze dvou veličin, gravitace a červené světlo, mušky reagují. První ze dvojice otázek nabízí čtyři možné odpovědi a druhá, vyžadující odůvodnění předchozí odpovědi, pět možností.

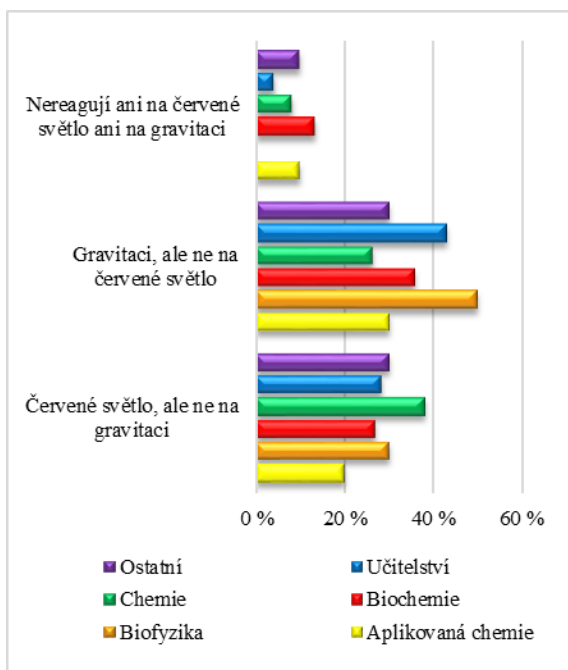
Tato dvojice otázek patřila pro studenty mezi nejobtížnější. První otázku správně odpovědělo pouze 26,4 % studentů chemie, 30,0 % studentů aplikované chemie a „ostatní“, 35,8 % studentů biochemie, 43,2 % studentů učitelství a 50,0 % studentů biofyziky. Tato odpověď nebyla nejčastější volenou odpovědí u studentů chemie a aplikované chemie. Správnou odpověď na druhou ze dvojice otázek označilo 20 % studentů biofyziky a ostatní, 29,9 % studentů biochemie, 30,0 % respondentů z aplikované

chemie, 33,8 % studentů učitelství a 36,4 % studentů chemie. Nejčastěji volenou odpovědí mezi studenty téměř všech testovaných oborů byla „většina mušek je v horních koncích a v osvětlených koncích trubiček“ (Tabulka 20, Graf 21, Graf 22).

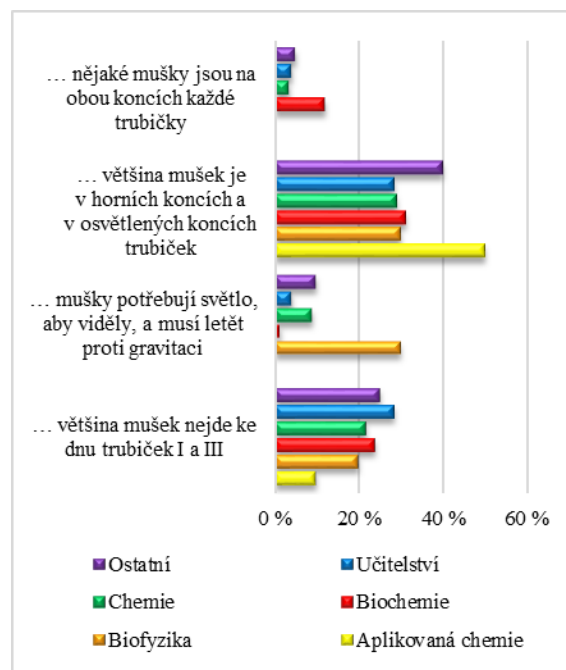
Největší úspěšnosti v otázce 11 dosáhli studenti biofyziky (50,0 %) a studenti učitelství (43,2 %) a nejnižší studenti chemie (26,4 %). Naopak ve druhé z dvojice otázek respondenti studující chemii dosáhli nejvyšší úspěšnosti (36,4 %) a nejnižší studenti biofyziky a ostatní. Průměrně 35,9 % správně odpovědělo na otázku 11, medián je o 3 % nižší, směrodatná odchylka je rovna 8,3 %. Průměrná četnost správných odpovědí na otázku je 28,4 % a medián 30,0 %. Jedná se o nejnižší hodnoty ze všech otázek. Směrodatná odchylka je 6,3 %.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Červené světlo, ale ne na gravitaci	2 (20,0 %)	3 (30,0 %)	18 (26,9 %)	42 (38,2 %)	21 (28,4 %)	6 (30,0 %)
Gravitaci, ale ne na červené světlo	3 (30,0 %)	5 (50,0 %)	24 (35,8 %)	29 (26,4 %)	32 (43,2 %)	6 (30,0 %)
Červené světlo i na gravitaci	4 (40,0 %)	2 (20,0 %)	15 (22,4 %)	30 (27,3 %)	18 (24,3 %)	6 (30,0 %)
Nereagují ani na červené světlo ani na gravitaci	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	9 (13,4 %)	9 (8,2 %)	3 (4,1 %)	2 (10,0 %)
... většina mušek je v horní části trubičky III, ale jsou rozmístěny zhruba stejně rovnoměrně v trubičce II	3 (30,0 %)	2 (20,0 %)	20 (29,9 %)	40 (36,4 %)	25 (33,8 %)	4 (20,0 %)
... většina mušek nejde ke dnu trubiček I a III	1 (10,0 %)	2 (20,0 %)	16 (23,9 %)	24 (21,8 %)	21 (28,4 %)	5 (25,0 %)
... mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci	0 (0,0 %)	3 (30,0 %)	1 (1,5 %)	10 (9,1 %)	3 (4,1 %)	2 (10,0 %)
... většina mušek je v horních koncích a v osvětlených koncích trubiček	5 (50,0 %)	3 (30,0 %)	21 (31,3 %)	32 (29,1 %)	21 (28,4 %)	8 (40,0 %)
... nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	8 (11,9 %)	4 (3,6 %)	3 (4,1 %)	1 (5,0 %)

Tabulka 20: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 11 a 12



Graf 21: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 11



Graf 22: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 12

### 2.1.7 Otázka 13 a 14: Identifikace závislosti výskytu mušek v závislosti na modré světlo a gravitaci ze zobrazených hodnot

Zadání této dvojice otázek se liší od té předchozí pouze nepatrně. Užit byl jiný druh mušek a modré světlo. Mušky jsou opět vloženy do stejných tyčí, které jsou stejně překryty i položeny jako v otázkách 11 a 12. Studentům je opět k dispozici obrázek, na kterém jsou zaznamenány počty mušek na každém z konců všech čtyř trubiček. Respondent má na výběr ze čtyř odpovědí a pěti možných odůvodnění.

I přes podobnost zadání úlohy s otázkami 11 a 12 je úspěšnost řešení mnohem vyšší. Správná odpověď, že mušky reagují na modré světlo i na gravitaci, byla u všech oborů nejčastěji volena. Stejně tak i správné odůvodnění zvolila většina studentů všech oborů. U této otázky se opět ukázalo, že poměrně velká část studentů správně analyzovala data, ale vyvodila špatný závěr, tedy že vybrali správné zdůvodnění, ale špatnou odpověď na první z otázek (Tabulka 21, Graf 23, Graf 24).

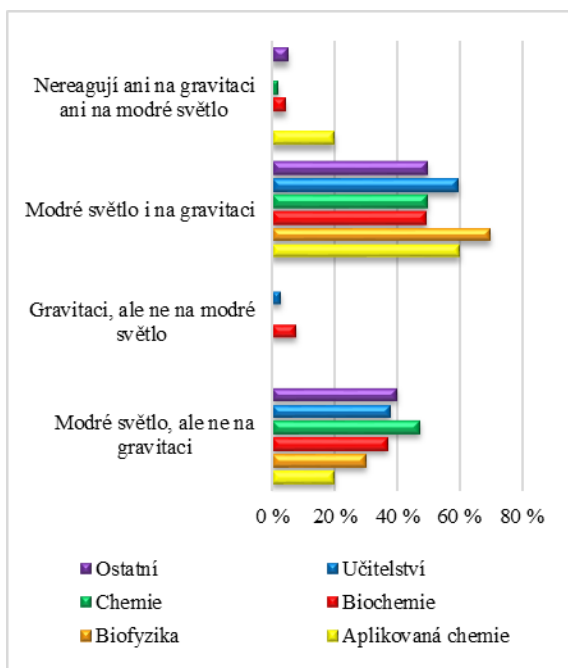
Nejvyšší úspěšnosti u obou otázek dosáhli studenti biofyziky (70,0 %; 80,0 %), nejméně správných odpovědí označili studenti biochemie (49,3 %; 55,2 %). Aritmetický průměr relativních četností správných odpovědí na otázku 13 je 56,5 % a medián 54,7 %.

Směrodatná odchylka souboru je 7,5 %. Jak již bylo výše zmíněno, úspěšnost řešení druhé z dvojice byla vyšší, není tedy překvapivé, že také aritmetický průměr a medián je vyšší než u otázky 13, konkrétně aritmetický průměr je 66,7 % a medián 66,4 %. Tyto dvě hodnoty společně se směrodatnou odchylkou 7,8 %, ukazují na poměrně srovnatelné výsledky mezi obory.

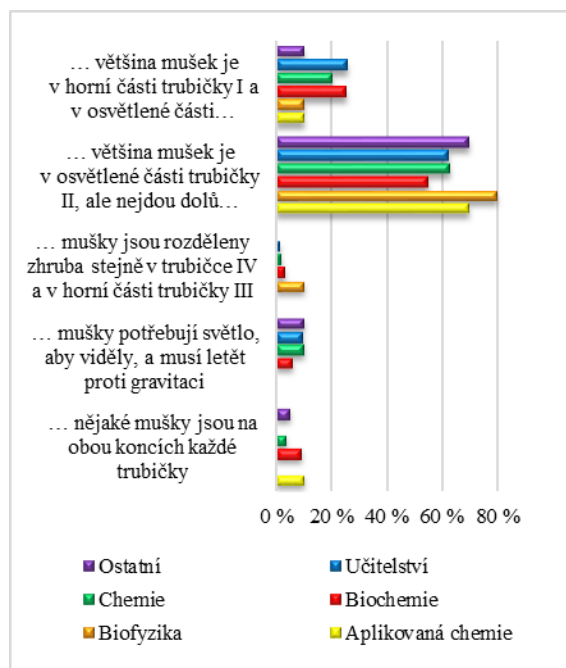
Opověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Modré světlo, ale ne na gravitaci	2 (20,0 %)	3 (30,0 %)	25 (37,3 %)	52 (47,3 %)	28 (37,8 %)	8 (40,0 %)
Gravitaci, ale ne na modré světlo	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	5 (7,5 %)	0 (0,0 %)	2 (2,7 %)	0 (0,0 %)
Modré světlo i na gravitaci	6 (60,0 %)	7 (70,0 %)	33 (49,3 %)	55 (50,0 %)	44 (59,5 %)	10 (50,0 %)
Nereagují ani na gravitaci ani na modré světlo	2 (20,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	2 (1,8 %)	0 (0,0 %)	1 (5,0 %)
... nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	6 (9,0 %)	4 (3,6 %)	0 (0,0 %)	1 (5,0 %)
... mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	4 (6,0 %)	11 (10,0 %)	7 (9,5 %)	2 (10,0 %)
... mušky jsou rozděleny zhruba stejně v trubičce IV a v horní části trubičky III	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	2 (3,0 %)	2 (1,8 %)	1 (1,4 %)	0 (0,0 %)
... většina mušek je v osvětlené části trubičky II, ale nejdou dolů v trubičkách I a III	7 (70,0 %)	8 (80,0 %)	37 (55,2 %)	69 (62,7 %)	46 (62,2 %)	14 (70,0 %)
... většina mušek je v horní části trubičky I a v osvětlené části trubičky II	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	17 (25,4 %)	23 (20,1 %)	19 (25,7 %)	2 (10,0 %)

Tabulka 21: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 13 a 14





Graf 23: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 13



Graf 24: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 14

### 2.1.8 Otázka 15 a 16: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na jednom faktoru

Otázky 15 a 16 jsou první dvojicí otázek zaměřených na pravděpodobnostní myšlení. Respondent má rozhodnout a odůvodnit, jaká je pravděpodobnost tahu červeného kousku, je-li do pytlíku vloženo šest stejných kousků, z čehož jsou tři žluté a tři červené. Respondent vybíral z pěti odpovědí a pěti odůvodnění.

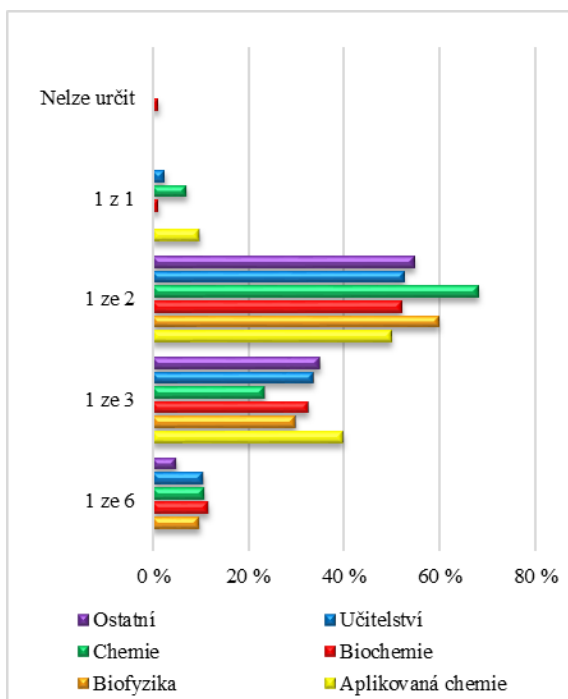
Nejčastěji volenou odpovědí mezi studenty všech oborů byla „1 ze 2“. Volila ji alespoň polovina studentů každého studijního oboru. 50,0 % studentů aplikované chemie, 52,2 % studentů biochemie, 52,7 % respondentů studujících učitelství, 55,0 % studentů zařazených do kategorie „ostatní“, 60,0 % respondentů studujících biofyziku a 68,2 % studentů chemie se správně domnívalo, že pravděpodobnost jevu je 1 ze 2. Druhou nejčastěji označovanou odpovědí byla „1 ze 3“. Tuto možnost zvolila skoro třetina studentů téměř všech studijních oborů. Zde opět narážíme na fakt, že studenti správně zanalyzovali zadanou informaci, ale nedokázali s ní dále pracovat tak, aby došli ke správnému výsledku. Více než tři čtvrtiny studentů všech studijních oborů označilo správné zdůvodnění, tedy že pravděpodobnost je dána tím, že 3 ze 6 kusů vložených do pytlíku jsou červené (Tabulka 22, Graf 25,

Graf 26).

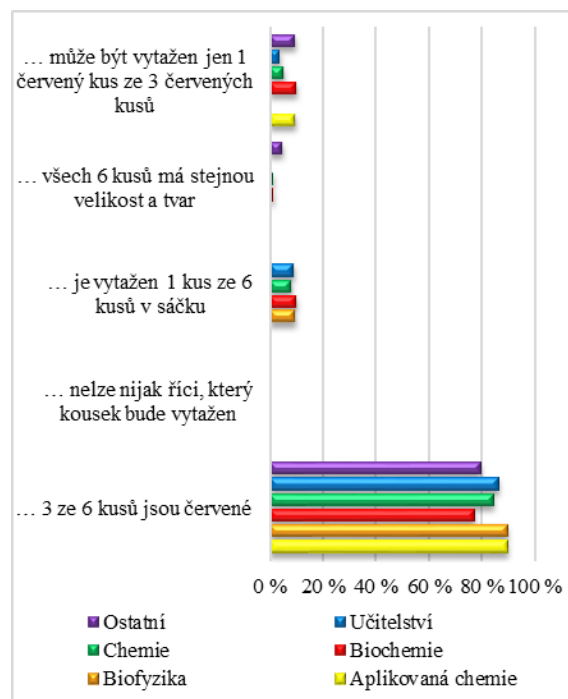
Průměrně 65,4 % odpovědělo správně na otázku 15, medián je 54,8 % a směrodatná odchylka je rovna 6,1 %. Průměrná četnost správných odpovědí na otázku 16 je 84,8 % a medián 85,5 %. Jedna z nejnižších směrodatných odchylek 4,7 % ukazuje na velmi srovnatelnou relativní četnost správných odpovědí.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
1 ze 6	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	8 (11,9 %)	12 (10,9 %)	8 (10,8 %)	1 (5,0 %)
1 ze 3	4 (40,0 %)	3 (30,0 %)	22 (32,8 %)	26 (23,6 %)	25 (33,8 %)	7 (35,0 %)
1 ze 2	5 (50,0 %)	6 (60,0 %)	35 (52,2 %)	64 (68,2 %)	39 (52,7 %)	11 (55,0 %)
1 z 1	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	8 (7,3 %)	2 (2,7 %)	0 (0,0 %)
Nelze určit	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... 3 ze 6 kusů jsou červené	9 (90,0 %)	9 (90,0 %)	52 (77,6 %)	93 (84,5 %)	64 (86,5 %)	16 (80,0 %)
... nelze nijak říci, který kousek bude vytažen	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... je vytažen 1 kus ze 6 kusů v sáčku	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	7 (10,4 %)	9 (8,2 %)	7 (9,5 %)	0 (0,0 %)
... všech 6 kusů má stejnou velikost a tvar	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	2 (1,8 %)	0 (0,0 %)	1 (5,0 %)
... může být vytažen jen 1 červený kus ze 3 červených kusů	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	7 (10,4 %)	6 (5,5 %)	3 (4,1 %)	2 (10,0 %)

Tabulka 22: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 15 a 16



Graf 25: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 15



Graf 26: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 16

### 2.1.9 Otázka 17 a 18: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na dvou faktorech

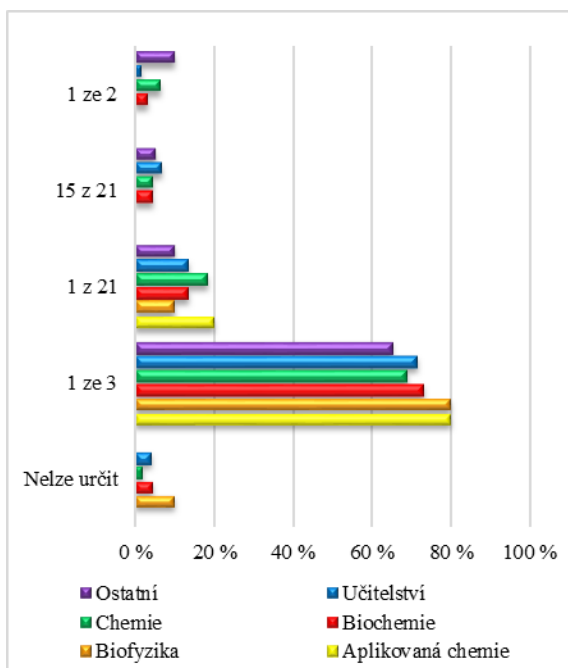
Otázky 17 a 18 také prověřují pravděpodobnostní myšlení. Do látkového sáčku jsou vloženy tři čtverečky červené barvy, čtyři žluté a pět modrých čtverečků, ale také čtyři červená kolečka, dvě žlutá kolečka a čtyři modrá. Respondent má rozhodnout, jaká je šance, že vytažený kousek je červené nebo modré kolečko a své tvrzení zdůvodnit. Na výběr je pět odpovědí a pět odůvodnění.

Druhá dvojice otázek z oblasti pravděpodobnostního myšlení byla složitější, ale přesto v ní studenti dosáhli vyšší úspěšnosti než v předchozí otázce. Důvodem je, že nejen vybrali správné zdůvodnění, ale také správnou odpověď na první z dvojice otázek. Správnou odpověď na otázku 17 označilo 80,0 % studentů aplikované chemie a biofyziky. Nejméně správných odpovědí měli studenti chemie (69,1 %) a respondenti studující ostatní obory (65,0 %). Zdůvodnění „... 1 ze 3 kousků je červené nebo modré kolečko“ označilo 80,0 % studentů biofyziky a 70,0 % studentů aplikované chemie. Nejnižší relativní četnost správných odpovědí na otázku 18 měli studenti biochemie (56,7 %), kompletní výsledky jsou uvedeny v tabulce Tabulka 23, Graf 27 a Graf 28.

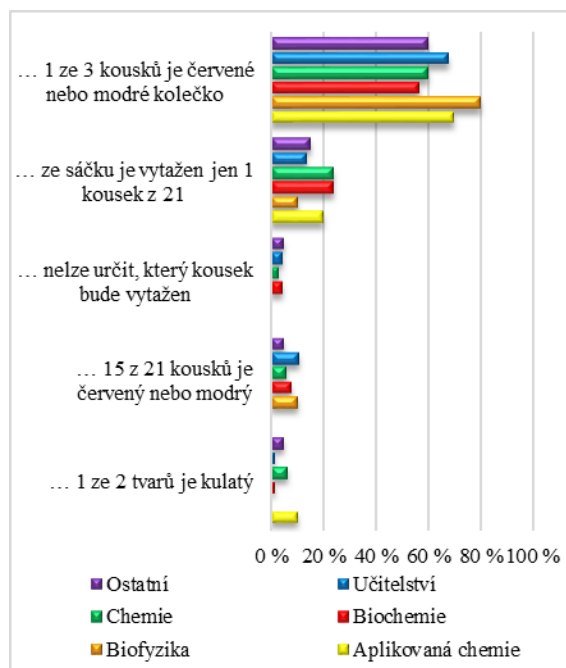
Medián četností správných odpovědí na otázku 17 (72,4 %) se od aritmetického průměru (73,2 %) liší pouze o 1,2 %. Také směrodatná odchylka 5,5 % neukazuje na žádné velké rozdíly mezi jednotlivými obory. Ani u otázky 18 nedošlo k velkým rozdílům (medián 63,9 %, aritmetický průměr 65,7 %, směrodatná odchylka 7,9 %).

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Nelze určit	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	3 (4,5 %)	2 (1,8 %)	3 (4,1 %)	0 (0,0 %)
1 ze 3	8 (80,0 %)	8 (80,0 %)	49 (73,1 %)	76 (69,1 %)	53 (71,6 %)	13 (65,0 %)
1 z 21	2 (20,0 %)	1 (10,0 %)	9 (13,4 %)	20 (18,2 %)	10 (13,5 %)	2 (10,0 %)
15 z 21	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	5 (4,5 %)	5 (6,8 %)	1 (5,0 %)
1 ze 2	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	2 (3,0 %)	7 (6,3 %)	1 (1,4 %)	2 (10,0 %)
... 1 ze 2 tvarů je kulatý	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	1 (1,5 %)	7 (6,3 %)	1 (1,4 %)	1 (5,0 %)
... 15 z 21 kousků je červený nebo modrý	0 (0,0 %)	1 (10,0 %)	5 (7,5 %)	6 (5,5 %)	8 (10,8 %)	1 (5,0 %)
... nelze určit, který kousek bude vytažen	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	3 (2,7 %)	3 (4,1 %)	1 (5,0 %)
... ze sáčku je vytažen jen 1 kousek z 21	2 (20,0 %)	1 (10,0 %)	16 (23,9 %)	26 (23,6 %)	10 (13,5 %)	3 (15,0 %)
... 1 ze 3 kousků je červené nebo modré kolečko	7 (70,0 %)	8 (80,0 %)	38 (56,7 %)	67 (60,1 %)	50 (67,6 %)	12 (60,0 %)

Tabulka 23: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 17 a 18



Graf 27: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 17



Graf 28: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 18

### 2.1.10 Otázka 19 a 20: Předpovězení korelace mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu

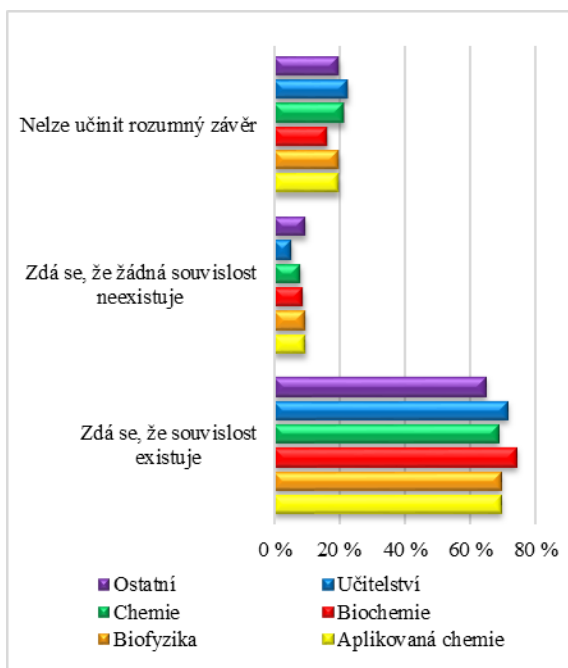
Jediná dvojice otázek z oblasti korelačního myšlení jsou otázky 19 a 20. Podle jistého vzorku myši, který je zobrazen na obrázku jako součást zadání, má respondent za úkol rozhodnout, jestli existuje určitá souvislost mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu a svoji odpověď zdůvodnit. Na výběr jsou tři možnosti odpovědí a pět zdůvodnění.

Jistou souvislost mezi dvěma zkoumanými znaky vidělo alespoň 65,0 % studentů z každého oboru. Maximálně 10,0 % studentů každého oboru se domnívalo, že žádná souvislost mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu neexistuje. 16,4 % – 23,0 % studentů každého oboru bylo názoru, že ze zadaných informací nelze určit rozumný závěr. Správné zdůvodnění vybrala většina studentů biofyziky (60,0 %), chemie (41,8 %) a ostatních studijních oborů (45,5 %). Naopak mezi studenty aplikované chemie, biochemie a učitelství toto zdůvodnění nebylo nejčastěji označované. Nejvíce studentů těchto třech oborů se domnívalo, že souvislost může být geneticky dána (Tabulka 24, Graf 29, Graf 30).

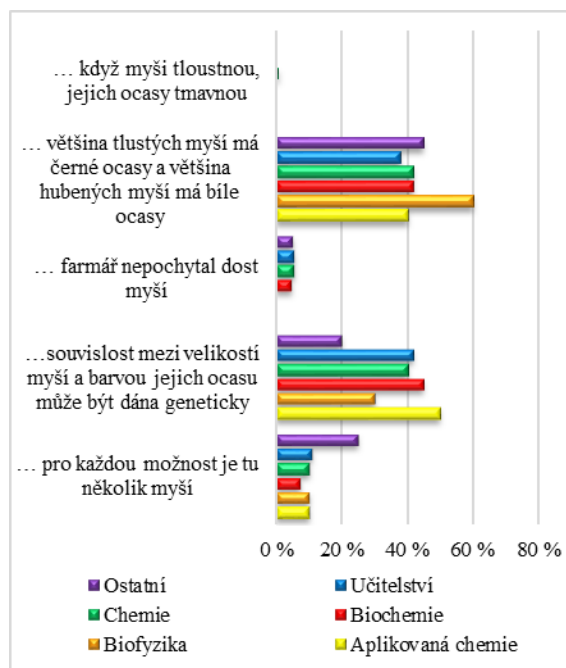
Velmi srovnatelné výsledky studentů všech studijních oborů a nepřítomnost větších rozdílů úspěšností řešení otázky 19 popisuje velmi nízká hodnota směrodatné odchylky (2,9 %) a rovnost mediánu a aritmetického průměru (70,0 %). Aritmetický průměr četností správných odpovědí na otázku 20 je 41,4 %, medián je roven 41,8 %, směrodatná odchylka je 7,3 %.

Odpověď/ Odůvodnění (pročže ...)	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Zdá se, že souvislost existuje	7 (70,0 %)	7 (70,0 %)	50 (74,6 %)	76 (69,1 %)	53 (71,6 %)	13 (65,0 %)
Zdá se, že žádná souvislost neexistuje	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	6 (9,0 %)	9 (8,2 %)	4 (5,4 %)	2 (10,0 %)
Nelze učinit rozumný závěr	2 (20,0 %)	2 (20,0 %)	11 (16,4 %)	24 (21,8 %)	17 (23,0 %)	4 (20,0 %)
... pro každou možnost je tu několik myší	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	5 (7,5 %)	12 (10,1 %)	8 (10,8 %)	5 (25,0 %)
...souvislost mezi velikostí myší a barvou jejich ocasu může být dána geneticky	5 (50,0 %)	3 (30,0 %)	30 (44,8 %)	44 (40,0 %)	31 (41,9 %)	4 (20,0 %)
... farmář nepochytil dost myší	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	3 (4,5 %)	6 (5,5 %)	4 (5,4 %)	1 (5,0 %)
... většina tlustých myší má černé ocasy a většina hubených myší má bílé ocasy	4 (40,0 %)	6 (60,0 %)	28 (41,8 %)	46 (41,8 %)	28 (37,8 %)	9 (45,0 %)
... když myši tloustnou, jejich ocasy tmavnou	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1 (0,9 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)

Tabulka 24: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 19 a 20



Graf 29: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 19



Graf 30: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 20

### 2.1.11 Otázka 21 a 22: Navrhnutí experimentu pro ověření, proč po přiklopení sklenicí svíčka zhasne a voda se nahrne do sklenice.

Otázky 21 a 22 spolu tvoří poslední dvojici otázek. Jsou z oblasti kombinačního myšlení. Respondentovi je popsán určitý jev a také jeho možné zdůvodnění. Úkolem studenta je vybrat jeden z pěti možných experimentů, kterým lze otestovat předložené vysvětlení a následně vybrat jeden ze čtyř možných výsledků experimentu, který by ukázal na chybnost předloženého vysvětlení.

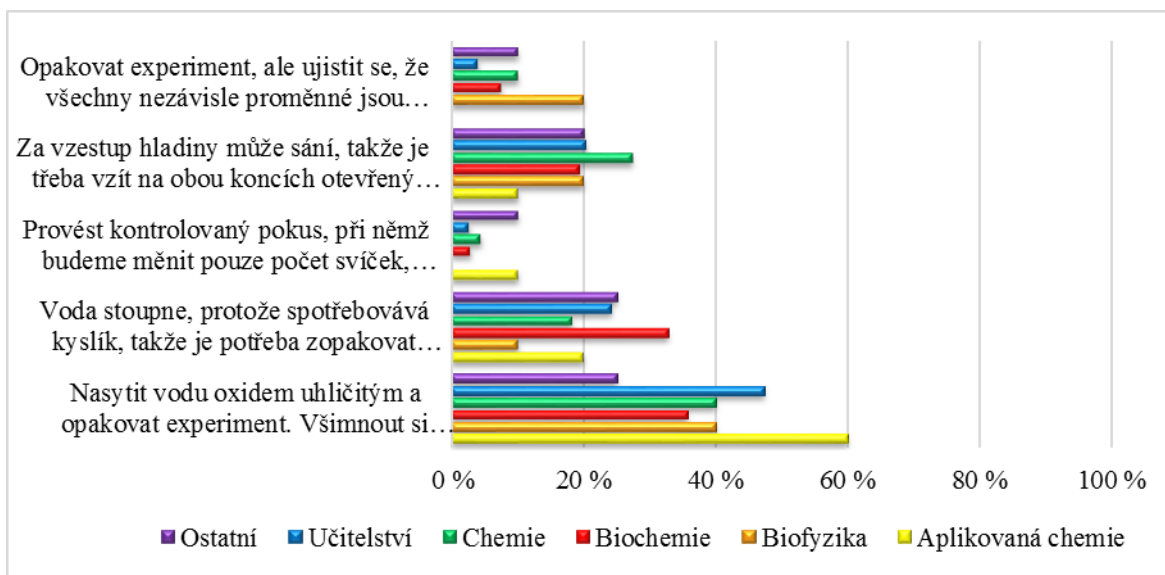
Rozdíly úspěšností řešení byly v těchto dvou otázkách testu poměrně velmi vysoké. Správnou odpověď na otázku 21 označilo 60,0 % studentů aplikované chemie. Respondenti zařazení v kategorii „ostatní“ měli úspěšnost pouze čtvrtinovou (25,0 %). I přes tyto velké rozdíly byla správná odpověď nejčastěji označovanou odpovědí mezi studenty všech oborů. Ostatní odpovědi volilo vždy méně než třetina testovaných studentů jednotlivých oborů. Nejčastěji volenou odpovědí mezi studenty chemie (46,4 %), učitelství (36,5 %) a „ostatní“ (45,5 %) byla správná odpověď. Naopak studenti zbylých třech oborů nejčastěji označili odpověď „voda stoupne méně než v předešlém pokusu“ (Tabulka 25, Graf 31, Graf 32).

Popisované rozdíly úspěšností řešení otázek reflektují i směrodatné odchylky, které jsou 10,7 % pro otázku 21 a 9,5 % pro otázku 22. Jelikož četnosti správných odpovědí na otázku 21 zbylých čtyř studijních oborů byly poměrně srovnatelné, je také rozdíl aritmetického průměru (41,3 %) a mediánu (40,0 %) malý. Aritmetický průměr četností správných odpovědí na otázku 22 je 35,8 % a medián je 38,3 %.

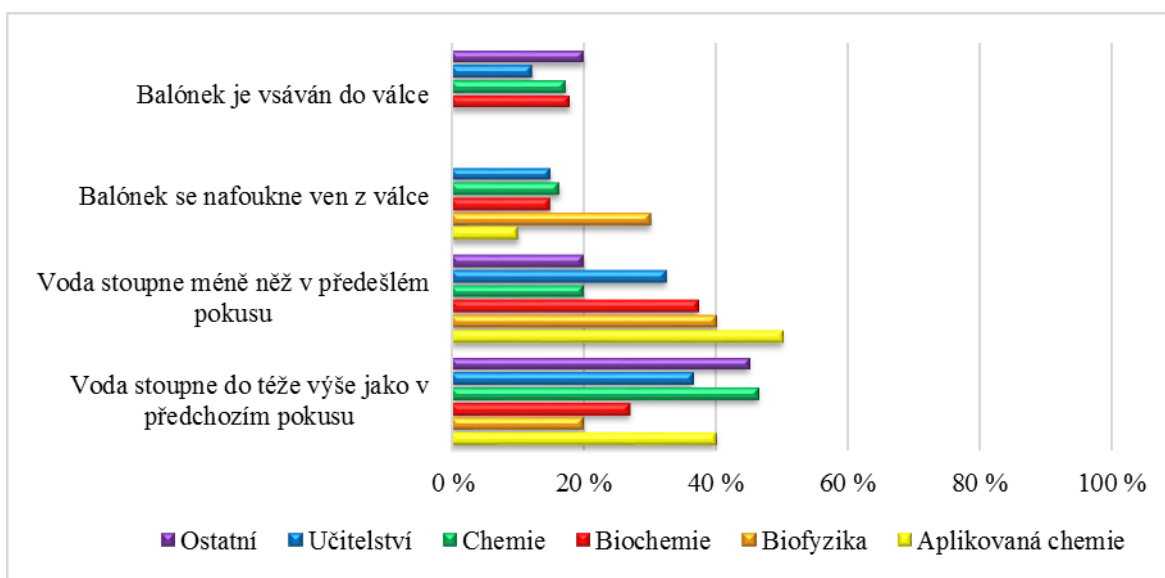
Navržený experiment/ výsledek experimentu	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Nasytit vodu oxidem uhličitým a opakovat experiment. Všimnout si přitom, o kolik stoupne voda	6 (60,0 %)	4 (40,0 %)	24 (35,8 %)	44 (40,0 %)	35 (47,3 %)	5 (25,0 %)
Voda stoupne, protože spotřebovává kyslík, takže je potřeba zopakovat pokus přesně stejným způsobem, abychom ukázali, že voda stoupá díky úbytku kyslíku	2 (20,0 %)	1 (10,0 %)	22 (32,8 %)	20 (18,2 %)	18 (24,3 %)	5 (25,0 %)
Provést kontrolovaný pokus, při němž budeme měnit pouze počet svíček, abychom viděli, zda nastane nějaký rozdíl	1 (10,0 %)	0 (0,0 %)	2 (3,0 %)	5 (4,5 %)	2 (2,7 %)	2 (10,0 %)
Za vzestup hladiny může sání, takže je třeba vzít na obou koncích otevřený válec, přes jeden jeho konec navléknout gumový poutřový balónek a tímto válcem pak přiklopit svíčku	1 (10,0 %)	2 (20,0 %)	13 (19,4 %)	30 (27,3 %)	15 (20,3 %)	4 (20,0 %)
Opakovat experiment, ale ujistit se, že všechny nezávisle proměnné jsou konstantní, potom měřit výšku, do níž voda vystoupí	0 (0,0 %)	2 (20,0 %)	5 (7,5 %)	11 (10,0 %)	3 (4,1 %)	2 (10,0 %)
Voda stoupne do téže výše jako v předchozím pokusu	4 (40,0 %)	2 (20,0 %)	18 (26,9 %)	51 (46,4 %)	27 (36,5 %)	9 (45,0 %)
Voda stoupne méně než v předešlém pokusu	5 (50,0 %)	4 (40,0 %)	25 (37,3 %)	22 (20,0 %)	24 (32,4 %)	4 (20,0 %)
Balónek se nafoukne ven z válce	1 (10,0 %)	3 (30,0 %)	10 (14,9 %)	18 (16,4 %)	11 (14,9 %)	0 (0,0 %)
Balónek je vsáván do válce	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	12 (17,9 %)	19 (17,3 %)	9 (12,2 %)	4 (20,0 %)

Tabulka 25: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 21 a 22





Graf 31: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 21



Graf 32: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 22

### 2.1.12 Otázka 23: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy I, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou

Otázky 23 a 24 mají společné zadání, nicméně odpovědi jsou na sobě nezávislé. Respondentům je popsán určitý jev, vyslovena dvě možná vysvětlení a popsán experiment, kterým jsou tato tvrzení testována. Otázka 23 je zaměřena na první z možných vysvětlení

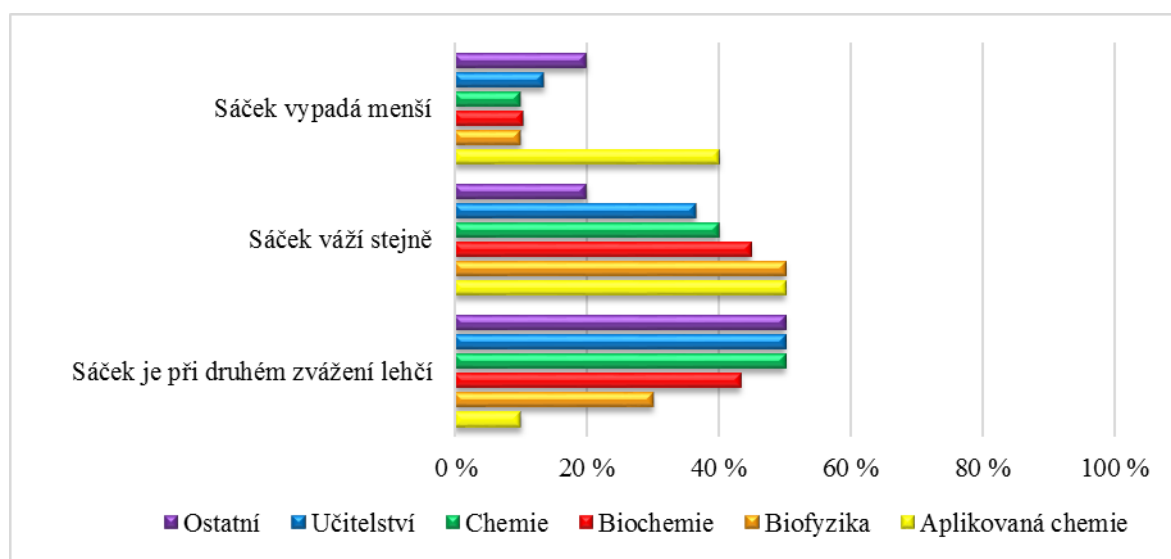
jevu. Respondent má rozhodnout, který z výsledků provedeného experimentu ukazuje na chybnost I. vysvětlení. Na výběr jsou tři možnosti.

Úspěšnosti řešení této otázky u jednotlivých oborů se poměrně liší. Zatímco správně odpověděla polovina studentů chemie, učitelství i ostatních oborů, z desíti studentů aplikované chemie tuto otázku správně vyřešil pouze jediný student (10,0 %). Ani mezi studenty biofyziky a biochemie nebyla správná odpověď nejčastěji volenou (Tabulka 26, Graf 33).

Zatímco aritmetický průměr relativních četností správných odpovědí je 38,9 %, medián je 46,7 %. Rozdílnost souboru popisuje také směrodatná odchylka, která je rovna 14,7 %. V této otázce je patrný největší rozdíl úspěšnosti řešení mezi jednotlivými obory.

Odpověď	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Sáček je při druhém zvážení lehčí	1 (10,0 %)	3 (30,0 %)	29 (43,3 %)	55 (50,0 %)	37 (50,0 %)	10 (50,0 %)
Sáček váží stejně	5 (50,0 %)	5 (50,0 %)	30 (44,8 %)	44 (40,0 %)	27 (36,5 %)	4 (20,0 %)
Sáček vypadá menší	4 (40,0 %)	1 (10,0 %)	7 (10,4 %)	11 (10,0 %)	10 (13,5 %)	4 (20,0 %)

Tabulka 26: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 23



Graf 33: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 23

### 2.1.13 Otázka 24: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy II, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou

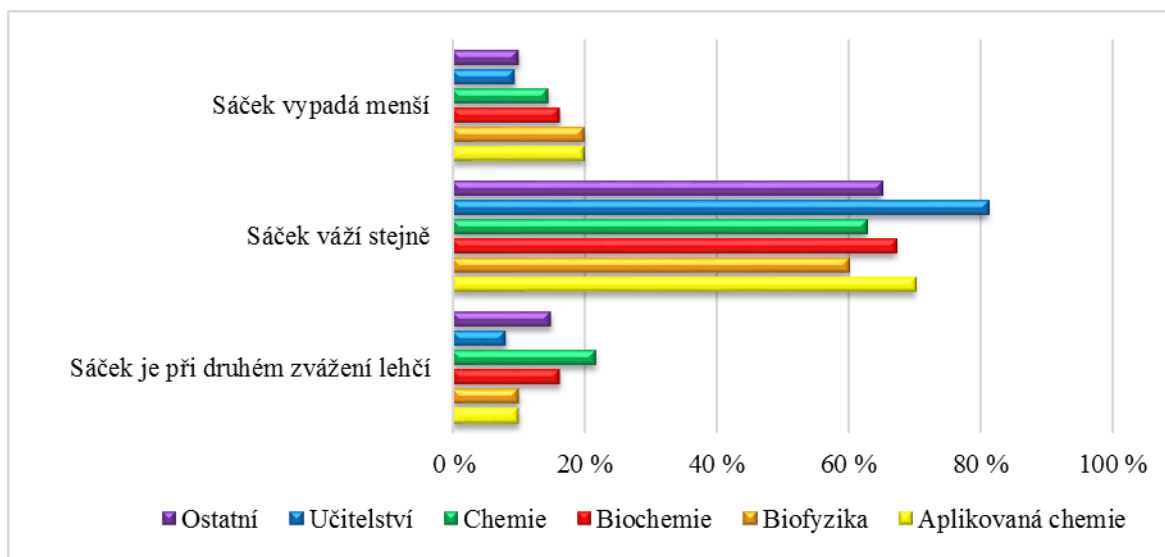
Jak již bylo zmíněno v předešlé části, zadání mají otázky 23 a 24 společné. Respondentům je popsán určitý jev, vyslovena dvě možná vysvětlení a popsán experiment, kterým jsou tato tvrzení testována. Otázka 24 je zaměřena na druhé vysvětlení jevu. Respondent má rozhodnout, který z výsledků provedeného experimentu ukazuje na chybnost II. vysvětlení. Na výběr jsou tři možnosti.

Správně na tuto otázku odpovědělo alespoň 60,0 % studentů všech oborů. Nejvíce správných odpovědí měli studenti učitelství (81,1 %). Nejméně pak studenti volili odpověď, že sáček bude vizuálně menší (Tabulka 27, Graf 34).

Aritmetický průměr četností správných odpovědí (67,7 %) lišící se od mediánu (66,1 %) o 1,6 %, společně s poměrně nízkou hodnotou směrodatné odchylky (6,8 %) ukazují na srovnatelné výsledky studentů všech oborů.

Odpověď	Aplikovaná chemie	Biofyzika	Biochemie	Chemie	Učitelství	Ostatní
Sáček je při druhém zvažení lehčí	1 (10,0 %)	1 (10,0 %)	11 (16,4 %)	24 (21,8 %)	6 (8,1 %)	3 (15,0 %)
Sáček váží stejně	7 (70,0 %)	6 (60,0 %)	45 (67,2 %)	69 (62,7 %)	60 (81,1 %)	13 (65,0 %)
Sáček vypadá menší	2 (20,0 %)	2 (20,0 %)	11 (16,4 %)	16 (14,5 %)	7 (9,5 %)	2 (10,0 %)

Tabulka 27: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 24



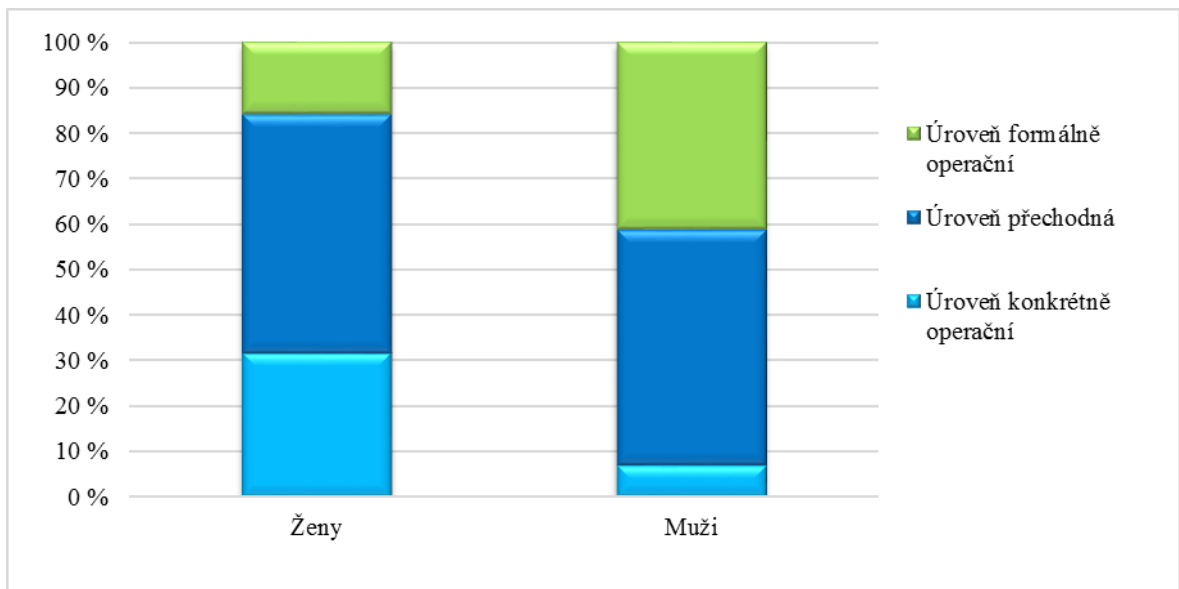
Graf 34: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 24

## 2.2 Interpretace výsledků podle pohlaví respondentů

Testování studentů PŘF UPOL se zúčastnilo 194 žen a 97 mužů. Muži dosáhli průměrně 15,2 bodů, což je více než ženy, které dosáhly v průměru 11,5 bodů. Více než polovina mužů i žen se nachází na přechodné úrovni vědeckého myšlení. Zastoupení úrovně formálně operační a konkrétně operační se u obou pohlaví podstatně liší. Větší procento zúčastněných žen než mužů se nachází na nejnižší úrovni vědeckého myšlení, a naopak více mužů než žen má kognitivní myšlení rozvinuto na formálně operační úrovni. (Tabulka 28, Graf 35).

Pohlaví	Průměrný bodový zisk	Úroveň konkrétně operační	Úroveň přechodná	Úroveň formálně operační
Ženy	11,5 (47,8 %)	61 (31,4 %)	102 (52,6 %)	31 (16,0 %)
Muži	15,2 (63,4 %)	7 (7,2 %)	50 (51,5 %)	40 (41,2 %)

Tabulka 28: Průměrný bodový zisk a dosažená úroveň kognitivního myšlení u žen a mužů

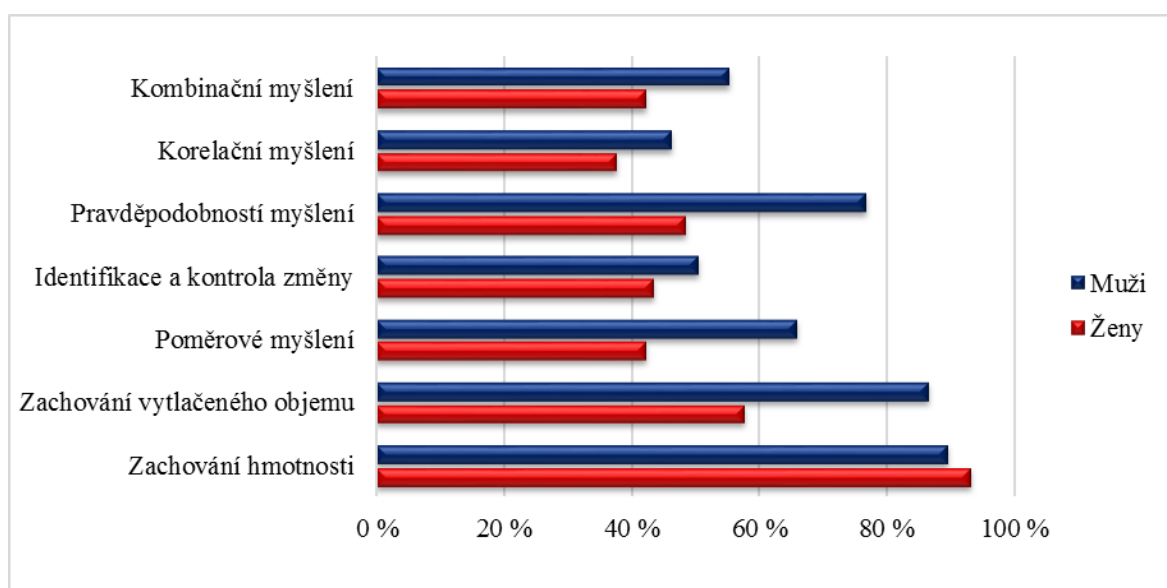


Graf 35: Dosažená úroveň kognitivního myšlení u žen a mužů

Úspěšnost žen při řešení úloh z oblastí zachování hmotnosti byla 93,3 % a zachování vytlačeného objemu 57,7 %. Pouze v těchto dvou oblastech ženy dosáhly úspěšnosti vyšší než je 50 %. Úspěšnost 48,5 % v oblasti pravděpodobnostního myšlení byla u žen třetí nejvyšší, následovala oblast identifikace a kontroly změny s úspěšností 43,5 %. Úspěšnost 42,3 % byla u žen zaznamenána v oblastech poměrového myšlení a kombinačního myšlení. Nejhorší úspěšnost mají ženy v oblasti korelačního myšlení, pouze 37,6 %. I muži v této oblasti mají nejnižší úspěšnost ze všech testovaných oblastí, a to 46,4 %. V ostatních oblastech mají muži úspěšnost nadpoloviční. 50,5% úspěšnost měli muži v oblasti identifikace a kontroly změny, 55,3% úspěšnost v kombinačním myšlení, 66,0 % v poměrovém myšlení a 76,8% úspěšnost v oblasti pravděpodobnostního myšlení. Nejvíce správných odpovědí bylo u mužů, stejně jako u žen, zaznamenáno v oblastech zachování hmotnosti a zachování vytlačeného objemu a to 86,6 % a 89,7 %. Ženy byly úspěšnější než muži pouze v jedné oblasti, zachování hmotnosti. V ostatních oblastech měly úspěšnost o několik jednotek až desítek procent nižší než muži (Tabulka 29, Graf 36).

	Ženy	Muži
Zachování hmotnosti	93,3 %	89,7 %
Zachování vytlačeného objemu	57,7 %	86,6 %
Poměrové myšlení	42,3 %	66,0 %
Identifikace a kontrola změny	43,5 %	50,5 %
Pravděpodobností myšlení	48,5 %	76,8 %
Korelační myšlení	37,6 %	46,4 %
Kombinační myšlení	42,3 %	55,3 %

Tabulka 29: Úspěšnost žen a mužů v testovaných oblastech vědeckého myšlení



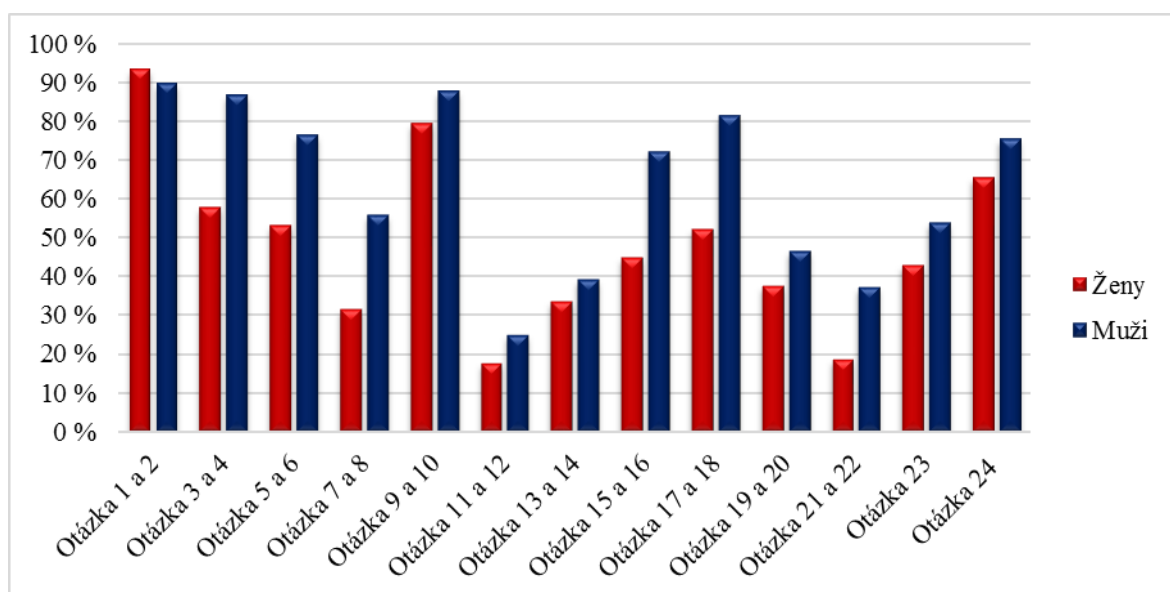
Graf 36: Úspěšnost žen a mužů v testovaných oblastech vědeckého myšlení

V oblasti zachování hmotnosti je jen jedna dvojice otázek. V této oblasti i dvojici otázek byly ženy úspěšnější než muži. V ostatních dvojicích otázek měli muži úspěšnost vyšší. 93,3 % žen a 89,7 % mužů tuto otázku vyřešilo správně. Na otázky 3 a 4 správně odpovědělo 57,7 % žen a 86,6 % mužů. Rozdíl úspěšnosti mezi ženami a muži je v této dvojici otázek téměř 29 %. Správnou odpověď na otázky 5 a 6 označilo 53,1 % žen a 76,3 % mužů. Necelá třetina žen, konkrétně 31,4 %, odpovědělo správně na otázky 7 a 8, zatímco tuhle dvojici otázek úspěšně řešila více než polovina mužů 55,7 % testovaných studentů. Následující dvojici otázek, tedy otázky 9 a 10, úspěšně vyřešilo 79,4 % žen a 87,6 % mužů. Otázky 11 a 12 byly pro studenty patrně nejnáročnější, jelikož je dobře vyřešilo pouze 17,5 % žen a 24,7 % mužů. Přestože otázky 13 a 14 měly velmi podobné

zadání jako předchozí dvojice, úspěšnost řešení byla mnohem větší, třetina žen a o téměř 6 % více mužů odpovědělo správně na 13. a 14. otázku Lawsonova testu. První dvojici otázek na poměrové myšlení, otázky 15 a 16, správně vyřešilo 44,8 % žen a 72,2 % mužů. Největší rozdíl úspěšnosti řešení mezi ženami a muži byl v otázkách 17 a 18. Tuto dvojici otázek správně vyřešilo 52,1 % žen a o 29,3 % více mužů, tedy 81,4 %. Otázky určené k testování korelačního myšlení, otázku 19 a otázku 20, správně zodpovědělo 37,6 % žen a 46,4 % mužů. Dvojice otázek 21 a 22 byla druhá dvojice otázek, kterou velká část studentů nedokázala vyřešit správně. Obě správné odpovědi označilo pouze 18,6 % žen, úspěšnost mužů byla téměř dvojnásobná. Otázka 23 je hodnocena samostatně a netvoří dvojici. Na tuto otázku správně odpovědělo 42,8 % žen a 53,6 % mužů. Správnou odpověď na poslední otázku testu, otázku 24, označilo 65,5 % žen a 75,3 % mužů (Tabulka 30, Graf 37). V následující části textu jsou uvedeny četnosti jednotlivých odpovědí studentů PřF UPOL na všechny otázky Lawsonova testu.

	Ženy	Muži
Otázka 1 a 2	93,3 %	89,7 %
Otázka 3 a 4	57,7 %	86,6 %
Otázka 5 a 6	53,1 %	76,3 %
Otázka 7 a 8	31,4 %	55,7 %
Otázka 9 a 10	79,4 %	87,6 %
Otázka 11 a 12	17,5 %	24,7 %
Otázka 13 a 14	33,5 %	39,2 %
Otázka 15 a 16	44,8 %	72,2 %
Otázka 17 a 18	52,1 %	81,4 %
Otázka 19 a 20	37,6 %	46,4 %
Otázka 21 a 22	18,6 %	37,1 %
Otázka 23	42,8 %	53,6 %
Otázka 24	65,5 %	75,3 %

Tabulka 30: Úspěšnost řešení jednotlivých otázek žen a mužů



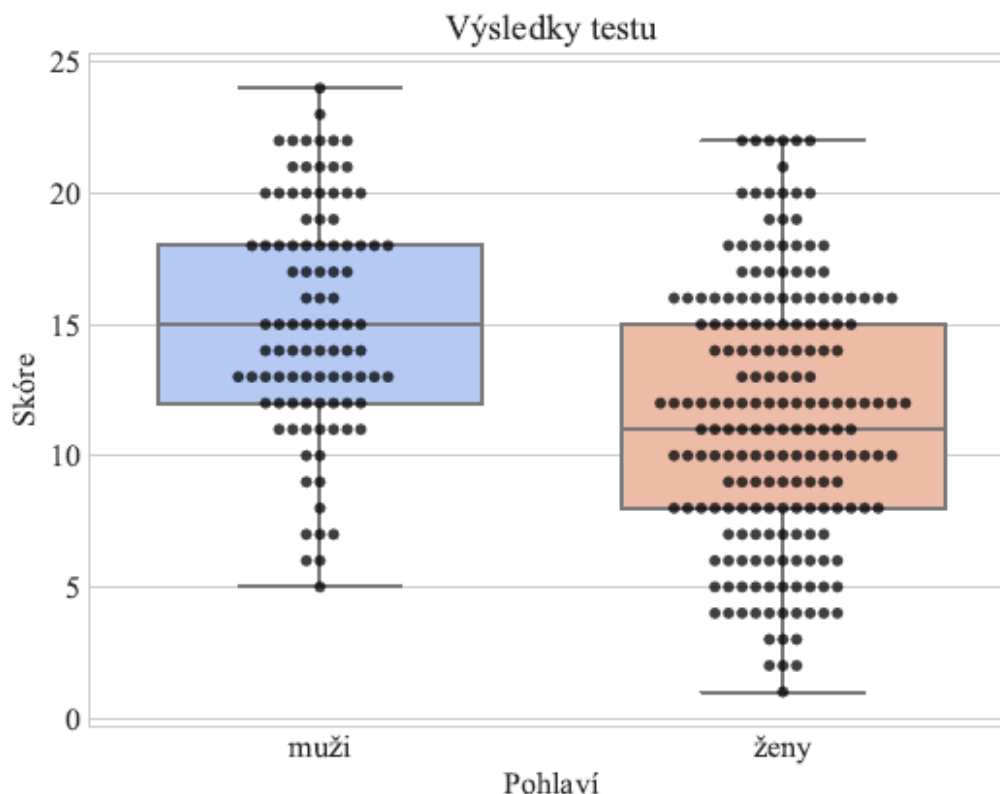
Graf 37: Úspěšnost řešení jednotlivých otázek žen a mužů

Ve studovaném vzorku bylo 194 žen a 97 mužů. Krabicový diagram na Graf 38 ukazuje rozdělení celkového skóre v testu v těchto skupinách (tečkami je znázorněn počet studentů, kteří dosáhli daného celkového počtu bodů). U žen je nižší medián ( $11 < 15$ ), první kvartil ( $8 < 12$ ) i třetí kvartil ( $15 < 18$ ). Neparametrický U-test Manna a Whitneyho<sup>7</sup> ukázal, že hladině významnosti 0,05 se rozdělení skutečně liší ( $p = 0,000 < 0,05$ , odmítáme nulovou hypotézu). Podobně Studentův t-test<sup>7</sup> na stejné hladině významnosti ukázal, že mezi aritmetickými průměry obou skupin (11,5 pro ženy, 15,2 pro muže) je statisticky významný rozdíl ( $p = 0,000 < 0,05$ , odmítáme nulovou hypotézu)<sup>8</sup>. Můžeme tak potvrdit výsledky zřejmé při analýze jednotlivých otázek, že ve vzorku našich respondentů existuje statisticky významný rozdíl mezi dosaženými výsledky mužů a žen, což je odlišné od závěrů některých zahraničních studií z Indonésie a Thajska [10, 11], v nichž se rozdíl mezi výsledky pohlaví v Lawsonově testu neprojevil.

<sup>7</sup> Více informací o těchto testech např. v: Chrástka, M., 2016. *Metody pedagogického výzkumu. Základy kvantitativního výzkumu*. Praha. ISBN 978–80–271–9225–0.

<sup>8</sup> Výpočet hodnoty  $p$  byl proveden pomocí vlastního skriptu v jazyce Python s využitím knihovny pro analýzu dat pandas a modulu statistických funkcí scipy.stats. Skript je přiložen k této práci jako Příloha 1





Graf 38: Krabicový diagram zobrazující rozdělení celkového skóre podle pohlaví

### 2.2.1 Otázka 1 a 2: Určení závislost hmotnosti hliněné kuličky na změně jejího tvaru

První a druhá otázka prověřovala u respondentů schopnost předpovědět a odůvodnit jaký bude rozdíl hmotností dvou kuliček po deformování tvaru jedné z nich. Kuličky před touto deformací měly stejnou váhu i tvar a byly vyrobeny ze stejného materiálu. Studenti měli na výběr ze tří odpovědí a pěti odůvodnění.

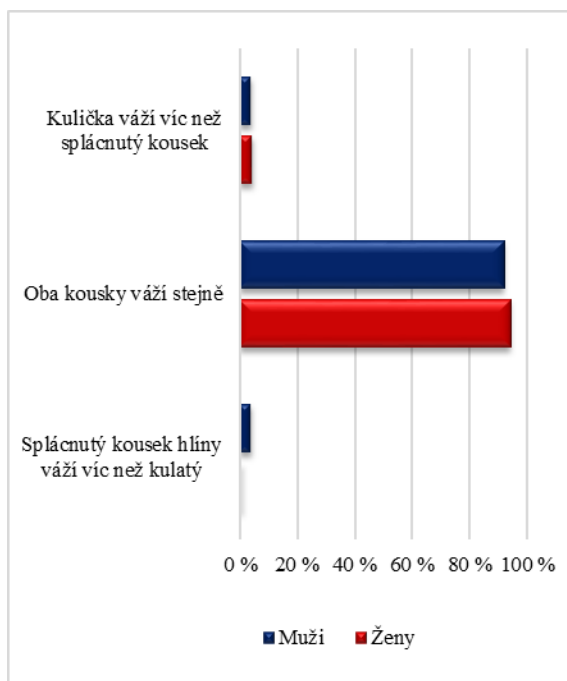
Dvě ženy (1,0 %) odpověděly, že splácnutý kousek hlíny, deformovaná kulička, váží víc než kulatý. 183 žen (94,3 %) zvolilo správnou odpověď, tedy že oba kousky hlíny váží stejně, ale dvě ženy následně vybraly špatné odůvodnění a body tak nezískaly. Poslední možnou odpověď, že nedeformovaná kulička váží více než deformovaná, zvolilo devět žen (4,6 %). Svoji odpověď šest žen (3,1 %) odůvodnilo tím, že splácnutý kousek pokrývá větší plochu, tři ženy (1,5 %) si myslely, že jejich odpověď je správná, protože kulička tlačí dolů víc na jednom místě. Čtyři ženy (2,1 %) vybraly jako možný důvod, že když se

něco splácne, ztratí to na váze. Správné odůvodnění odpovědi, že obě kuličky váží i po deformaci jedné z nich stejně, je takové, že hlína nebyla přidána ani ubrána. Tuto možnost volilo 181 testovaných studentek (93,2 %). Poslední možnost odůvodnění nevolila ani jedna žena.

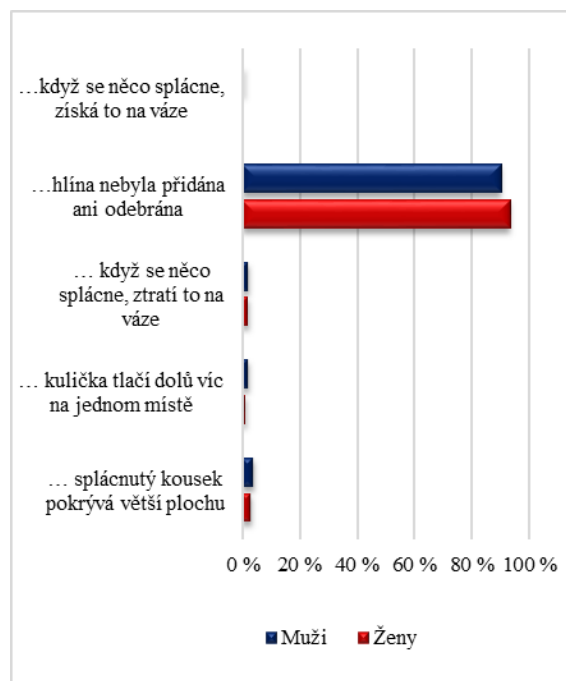
První možnost odpovědi volili čtyři muži (4,1 %), taktéž čtyři muži (4,1 %) si mysleli, že deformovaná kulička bude vážit více a 89 mužů (91,8 %) odpovědělo na první otázku správně, z toho dva muži (2,1 %) však zvolili chybné odůvodnění a nezískali body. První odůvodnění zvolili čtyři (4,1 %) muži, druhé dva respondenti (2,1 %) a stejný počet mužů zvolil i třetí možnost. Čtvrté odůvodnění, které je správným řešením úlohy, vybralo 88 mužů (90,1 %). Jeden z nich však špatně odpověděl na první otázku, a tedy body nezískal. Odůvodnění, že pokud něco splácne, získá to na váze, zvolil jeden muž (Tabulka 31, Graf 39, Graf 40). Správně na obě otázky odpovědělo 93,3 % žen a 89,7 % mužů.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Splácnutý kousek hlíny váží víc než kulatý	2 (1,0 %)	4 (4,1 %)
Oba kousky váží stejně	183 (94,3 %)	89 (91,8 %)
Kulička váží víc než splácnutý kousek	9 (4,6 %)	4 (4,1 %)
... splácnutý kousek pokrývá větší plochu	6 (3,1 %)	4 (4,1 %)
... kulička tlačí dolů víc na jednom místě	3 (1,5 %)	2 (2,1 %)
... když se něco splácne, ztratí to na váze	4 (2,1 %)	2 (2,1 %)
... hlína nebyla přidána ani odebrána	181 (93,2 %)	88 (90,1 %)
... když se něco splácne, získá to na váze	0 (0,0 %)	1 (1,0 %)

Tabulka 31: Odpovědi žen a mužů na otázky 1 a 2



Graf 39: Odpovědi žen a mužů na otázku 1



Graf 40: Odpovědi žen a mužů na otázku 2

### 2.2.2 Otázka 3 a 4: Zkoumání změny objemu ve válci způsobené přidáním kuliček z různých materiálů

Třetí a čtvrtá otázka Lawsonova testu prověřuje u respondentů schopnost předpovědět a odůvodnit, jaký bude rozdíl hladin tekutiny ve dvou shodných válcích, které byly naplněny tekutinou do stejné výšky a do každého z nich byla vložena jedna z kuliček. Do prvního válce byla vložena skleněná kulička a do druhého ocelová, která je stejně velká ale mnohem těžší než skleněná. Respondentům byl k dispozici i obrázek. Studenti měli na výběr ze tří možných odpovědí a k tomu jim bylo nabídnuto pět možných odůvodnění.

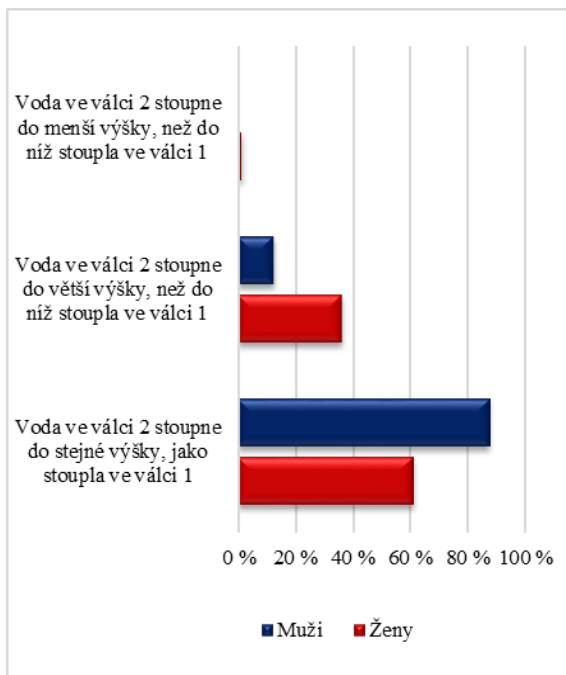
Správnou odpověď, že voda ve válci 2 stoupne do stejné výšky, jako stoupla ve válci 1, zvolilo 119 žen (61,3 %). Z toho však šest žen označilo špatné odůvodnění své odpovědi a body tak nezískaly. Druhou z nabízených variant odpovědí, že voda ve válci 2 stoupne do větší výšky, než stoupla voda ve válci 1, označilo 70 žen (36,1 %). Poslední možnost zvolily tři ženy (1,5 %). Dvě ženy na tuto dvojici otázek neodpověděly. Odůvodnění, že ocelová kulička se potopí rychleji, a proto předpovídaný jev nastane, označily dvě ženy (1,0 %). 11 žen (5,7 %) se domnívalo, že jimi předpovězený jev nastane, protože kuličky jsou z různých materiálů. 61 žen (31,4 %) svoji hypotézu odůvodnilo tím, že ocelová

kulička je těžší než skleněná. Odpověď „skleněná kulička vyvolá menší tlak“ označilo 5 respondentek (2,6 %). Správné odůvodnění, „kuličky mají stejnou velikost“, zvolilo 113 testovaných žen (58,2 %). Většina chybných odpovědí žen i mužů byla taková, že voda ve válci 2 stoupne výš, než stoupla ve válci 1, protože ocelová kulička je těžší než skleněná.

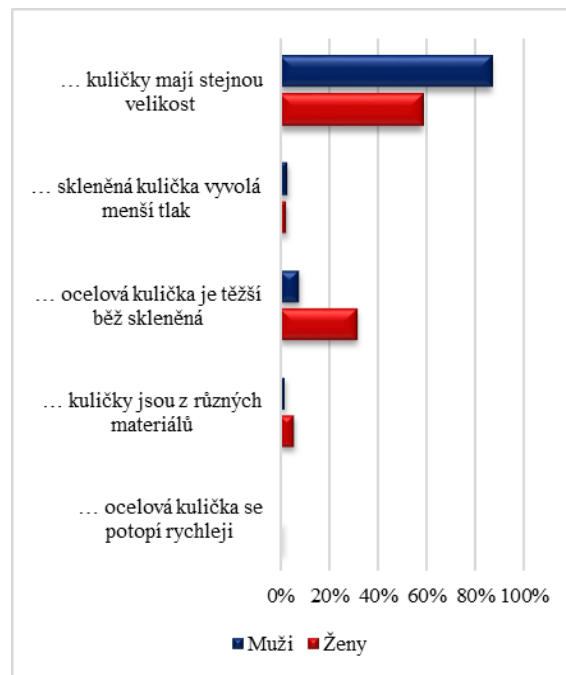
85 mužů (87,6 %) zvolilo odpověď, že voda ve válci 2 stoupne do stejné výšky, jako stoupla ve válci 1. Zbylí muži, 12 (12,4 %), se domnívali, že hladina vody ve válci 2 bude ve vyšší výšce než hladina vody ve válci 1. Žádný respondent neoznačil možnost, že nastane opačná situace. Nikdo z mužů se nedomníval, že rychlost potopení kuliček má vliv na výšku hladiny vody. Pouze dva muži (2,1 %) si mysleli, že předpovězený jev nastane z toho důvodu, že kuličky jsou z různých materiálů. Osm mužů (8,2 %) označilo odůvodnění „ocelová kulička je těžší než skleněná“. „skleněná kulička vyvolá menší tlak“ zvolili tři muži (3,1 %). 84 studentů (86,6 %) svoji odpověď na předchozí otázku odůvodnilo tím, že kuličky mají stejnou velikost (Tabulka 32, Graf 41, Graf 42). Správnou dvojici odpovědí zvolilo 86,6 % mužů a 57,7 % žen.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Voda ve válci 2 stoupne do stejné výšky, jako stoupla ve válci 1	119 (61,3 %)	85 (87,6 %)
Voda ve válci 2 stoupne do větší výšky, než do níž stoupla ve válci 1	70 (36,1 %)	12 (12,4 %)
Voda ve válci 2 stoupne do menší výšky, než do níž stoupla ve válci 1	3 (1,5 %)	0 (0,0 %)
... ocelová kulička se potopí rychleji	2 (1,0 %)	0 (0,0 %)
... kuličky jsou z různých materiálů	11 (5,7 %)	2 (2,1 %)
... ocelová kulička je těžší než skleněná	61 (31,4 %)	8 (8,2 %)
... skleněná kulička vyvolá menší tlak	5 (2,6 %)	3 (3,1 %)
... kuličky mají stejnou velikost	113 (58,2 %)	84 (86,6 %)

Tabulka 32: Odpovědi žen a mužů na otázky 3 a 4



Graf 41: Odpovědi žen a mužů na otázku 3



Graf 42: Odpovědi žen a mužů na otázku 4

### 2.2.3 Otázka 5 a 6: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím ze širokého do úzkého válce

Pátá a šestá otázka je první dvojice otázek testující poměrové myšlení respondentů. Studenti měli zadaný předpoklad, že pokud je do širšího válce nalita voda po 4. značku a následně přelita do užšího válce, hladina vody bude sahat po 6. značku tohoto úzkého válce. Oba válce byly vylity a následně byl širší naplněn po 6. značku. Úkolem respondentů bylo rozhodnout, do jaké výšky vystoupí voda, bude-li přelita do úzkého válce. Respondenti měli na výběr z pěti možností odpovědí a pěti možností odůvodnění stanovené hypotézy. Součástí zadání je také obrázek společný i pro následující dvojici otázek.

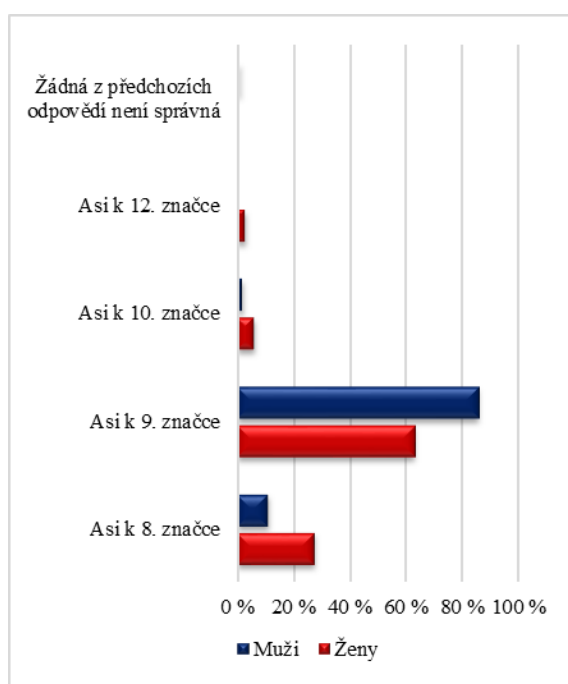
První možnost, „hladina vody v užším válci vystoupí k 8. značce“, zvolilo 52 žen (26,8 %). Správnou odpověď, že voda vystoupá k 9. značce, zvolilo 123 respondentek (63,4 %). 12 žen (6,2 %) se domnívalo, že voda v užším válci dosáhne až k 10. značce a o polovinu méně žen, tedy 6 (3,1 %), si myslelo, že voda v užším válci stoupne až ke 12. značce. Možnost, že žádná z předchozích odpovědí není správná, neoznačila žádná žena. Jedna z žen na tuto otázku neodpověděla. Přestože žádná z žen nezaznamenala odpověď, že žádná z předchozích odpovědí není správná, dvě ženy (1 %) označily jako odůvodnění

své hypotézy variantu, že odpověď nelze ze zadaných informací určit. 54 žen (27,8 %) svoji odpověď na předchozí otázku odůvodnily výběrem odpovědi „protože v prvním případě stoupla o 2 značky, že voda opět vystoupí o dvě značky“. Správné odůvodnění označilo 113 žen (58,2 %). Jako adekvátní odůvodnění své hypotézy zvolilo 24 žen (12,4 %) možnost, že druhý válec je užší. Jedna žena (0,5 %) si myslí, že vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane.

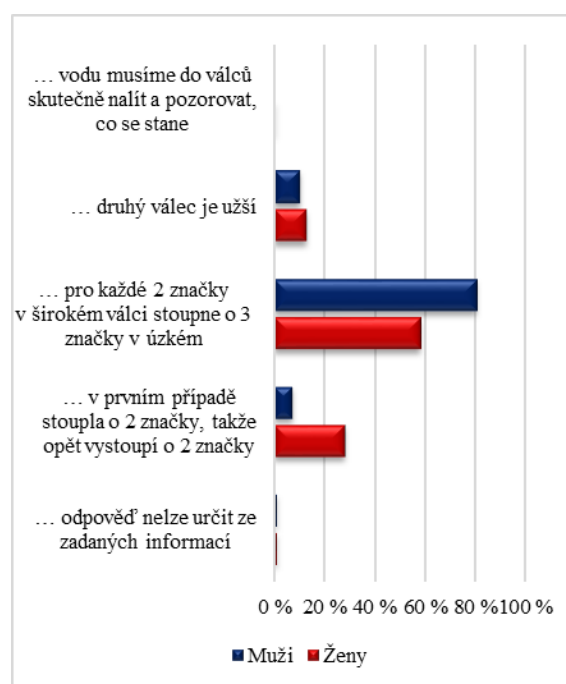
11 mužů (11,3 %) si myslelo, že voda v užším válci vystoupí k 8. značce. Správnou odpověď, že voda vystoupí až k 9. značce, zvolilo 83 mužů (85,6 %), z nich špatné odůvodnění označilo devět respondentů. Dva muži (2,1 %) se domnívali, že správná odpověď je „asi k 10. značce“ a pouze jeden muž si myslel, že žádná z nabízených odpovědí není správná. Žádný muž neoznačil možnost „voda vystoupá ke 12. značce“. Jeden muž zvolil jako odůvodnění, že odpověď nelze určit ze zadaných informací. Sedm mužů (7,2 %) si myslelo, že pokud v prvním případě voda vystoupala o 2 značky, takže opět vystoupá o 2 značky. Správné odůvodnění, že každým 2 značkám širokého válce odpovídají 3 značky užšího válce, zvolilo 78 mužů (80,4 %). 10 mužů (10,3 %) svoji odpověď odůvodnilo tím, že druhý válec je užší (Tabulka 33, Graf 43, Graf 44). Jeden muž svoji odpověď nezdůvodnil, a tedy nezískal žádné body. Správnou dvojici odpovědí zvolilo 74 mužů (76,3 %) a 103 žen (53,1 %). Nejčastějšími variantami mezi špatnými odpověďmi všech testovaných studentů byla dvojice odpovědí, že voda v užším válci vystoupá k 8. značce, protože v prvním případě stoupla o 2 značky, takže opět vystoupí o 2 značky a odpovědi, že voda vystoupí k 9. značce, protože druhý válec je užší.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Asi k 8. značce	52 (26,8 %)	11 (11,3 %)
Asi k 9. značce	123 (63,4 %)	83 (85,6 %)
Asi k 10. značce	12 (6,2 %)	2 (2,1 %)
Asi k 12. značce	6 (3,1 %)	0 (0,0 %)
Žádná z předchozích odpovědí není správná	0 (0,0 %)	1 (1,0 %)
... odpověď nelze určit ze zadaných informací	2 (1,0 %)	1 (1,0 %)
... v prvním případě stoupla o 2 značky, takže opět vystoupí o 2 značky	54 (27,8 %)	7 (7,2 %)
... pro každé 2 značky v širokém válci stoupne o 3 značky v úzkém	113 (58,2 %)	78 (80,4 %)
... druhý válec je užší	24 (12,4 %)	10 (10,3 %)
... vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane	1 (0,5 %)	0 (0,0 %)

Tabulka 33: Odpovědi žen a mužů na otázky 5 a 6



Graf 43: Odpovědi žen a mužů na otázku 5



Graf 44: Odpovědi žen a mužů na otázku 6

## 2.2.4 Otázka 7 a 8: Předpovězení výšky hladiny vody přelitím z úzkého do širokého válce

Předpoklad pro tuto dvojici otázek zůstal stejný jako v případě otázek 5 a 6. Nyní však byl úzký válec naplněn vodou po 11. značku. Studenti měli rozhodnout, do jaké výšky voda vystoupí, pokud bude přelita do prázdného širokého válce. Na výběr bylo opět z pěti možností odpovědí a pěti odůvodnění.

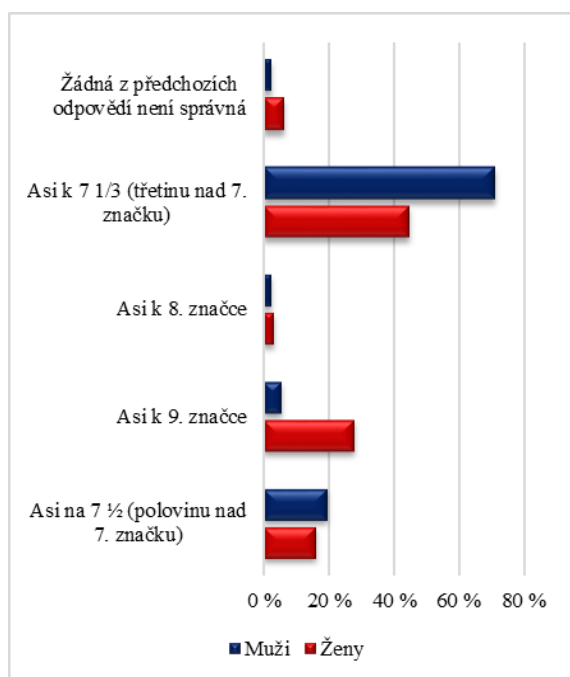
Nejčastěji volenou odpovědí u žen byla odpověď „asi k 7  $\frac{1}{3}$  (třetinu nad 7. značku)“, kterou zvolilo 88 žen (45,4 %). Tato odpověď byla správným řešením dané úlohy. 53 žen (27,3 %) se domnívalo, že voda v širším válci vystoupí k 9. značce. Odpověď, že voda vystoupá asi polovinu dílku nad 7. značku, zvolilo 31 žen (15,9 %). Výšku hladiny na úrovni 8. značky předpovídalo šest žen (3,1 %). 12 žen (6,2 %) zvolilo možnost, že žádná z předchozích odpovědí není správná. Zbývající čtyři ženy na tuto otázku neodpověděly. Svoji odpověď zdůvodnilo 101 žen (52,1 %) tím, že poměry musí být zachovány. 45 žen (23,2 %) zvolilo možnost „protože pro každé 3 značky v úzkém válci odečtete 2 v širším“. O čtyři ženy méně, tedy 40 žen (20,6 %) svoji odpověď na první z dvojice otázek volilo, protože byla výška o 2 nižší, tak musí být opět o 2 nižší. Tři ženy (1,5 %) zvolily odpověď, že vodu do válců musíme nalít a pozorovat, co se stane. Jeden respondentka (0,5 %) se domnívala, že nelze ze zadaných informací vyslovit hypotézu. Čtyři ženy neodpovídaly.

Muži nejčastěji odpovídali, že voda v širším válci vystoupí třetinu nad 7. značku. Tuto možnost zvolilo 69 mužů (71,1 %). Nejčastěji ze všech špatných odpovědí byla muži zvolena předpověď, že voda vystoupí polovinu nad 7. značku, kterou označilo 19 respondentů (19,6 %). 5 mužů (5,2 %) se domnívalo, že hladina vody v širším válci bude dosahovat k 9. značce. Odpovědi „asi k 8. značce“ a „žádná z předchozích odpovědí není správná“ volili shodně 2 muži (2,1 %). Správné zdůvodnění své hypotézy zvolilo 69 mužů (71,1 %). 21 mužů své tvrzení odůvodnilo tím, že pro každé 3 značky v úzkém válci odečtete 2 v širším. Tři muži (3,1 %) se domnívali, že ke správnému řešení vede tvrzení, že předtím byla výška o 2 nižší, tak musí být zase o 2 nižší. Dva muži (2,1 %) zvolili možnost, že ze zadaných informací není možné odpověď určit (Tabulka 34, Graf 45, Graf 46). Tři muži svoji odpověď nezdůvodnili. Úspěšnost mužů v této dvojici otázek byla 55,7 %, zatímco žen pouze 31,4 %.

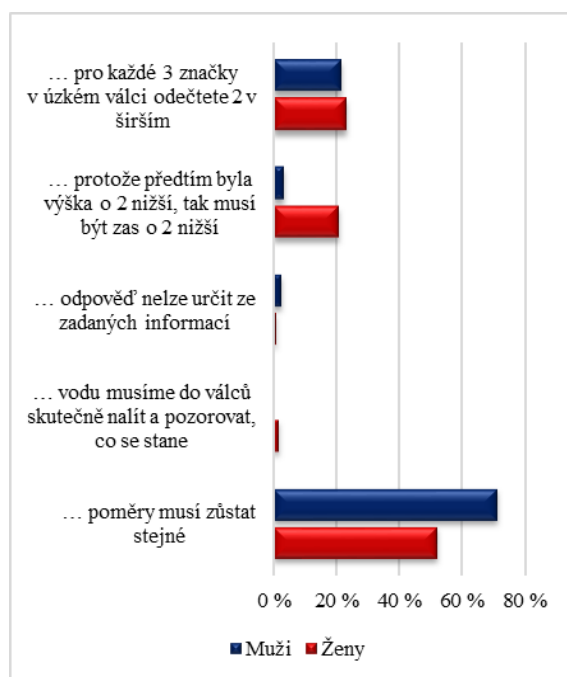


Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Asi na 7 1/2 (polovinu nad 7. značku)	31 (15,9 %)	19 (19,6 %)
Asi k 9. značce	53 (27,3 %)	5 (5,2 %)
Asi k 8. značce	6 (3,1 %)	2 (2,1 %)
Asi k 7 1/3 (třetinu nad 7. značku)	88 (45,4 %)	69 (71,1 %)
Žádná z předchozích odpovědí není správná	12 (6,2 %)	2 (2,1 %)
... poměry musí zůstat stejné	101 (52,1 %)	69 (71,1 %)
... vodu musíme do válců skutečně nalít a pozorovat, co se stane	3 (1,5 %)	0 (0,0 %)
... odpověď nelze určit ze zadaných informací	1 (0,5 %)	2 (2,1 %)
... protože předtím byla výška o 2 nižší, tak musí být zas o 2 nižší	40 (20,6 %)	3 (3,1 %)
... pro každé 3 značky v úzkém válci odečtete 2 v širším	45 (23,2 %)	21 (21,6 %)

Tabulka 34: Odpovědi žen a mužů na otázky 7 a 8



Graf 45: Odpovědi žen a mužů na otázku 7



Graf 46: Odpovědi žen a mužů na otázku 8

### 2.2.5 Otázka 9 a 10: Navrnutí experimentu pro zjištění závislosti délky provázku na době kmitu kyvadla

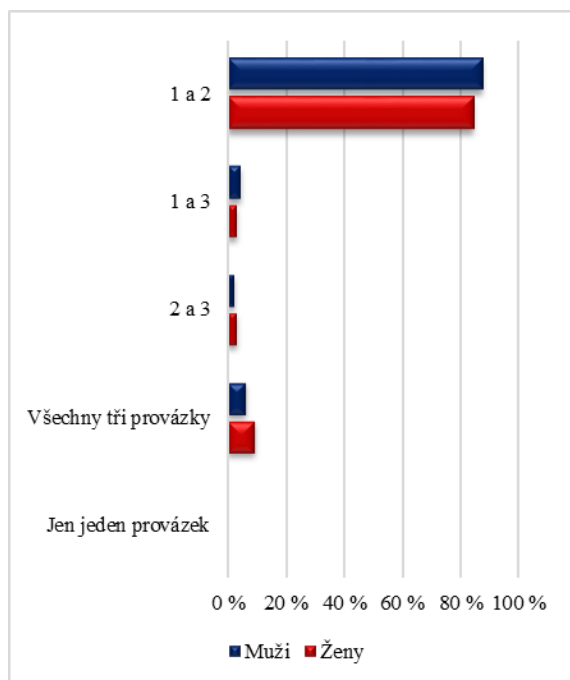
Otázky 9 a 10 společně s následujícími dvěma dvojicemi otázek prověřují u respondentů oblast identifikace a kontroly změny. Tři provázky visí z tyčky, provázky 1 a 3 jsou stejně dlouhé a provázek 2 je kratší. Na koncích všech provázků jsou připevněna závaží, na provázku 1 a 2 je připevněno závaží o tíze 10 jednotek, na provázku 3 závaží o poloviční hmotnosti. Daná situace je v zadání znázorněna na obrázku. Úkolem respondenta je rozhodnout, jaké provázky je potřeba rozkývat, abychom mohli ověřit závislost doby kyvu na délce provázku. Studenti vybírali z pěti možností odpovědi a pěti možných odůvodnění. Celá verze této dvojice otázek je uvedena výše v textu v části 1.3.

Nikdo z testovaných studentů si nemyslí, že ke zjištění závislosti postačí rozkývat pouze jeden provázek. 18 žen (9,3 %) by při experimentu použilo všechny tři provázky. Provázek 2 a 3 by při zjišťování závislosti použilo šest žen (3,1 %). Stejný počet žen označilo odpověď „1 a 3“. Správnou odpověď, že je potřeba použít provázek 1 a 2, zvolilo 164 žen (84,5 %). Odůvodnění „musíme užít nejdelší provázek“ nezvolila žádná žena. 13 žen (6,7 %) si myslí, že správným odůvodněním je „musíme pozorovat provázky s lehkým a těžkým závažím“. Správné zdůvodnění „se liší jen délka“ zvolilo 159 žen (82,0 %). 17 žen (8,8 %) danou odpověď na první z dvojice otázek zvolilo, protože si myslelo, že je potřeba provést všechna srovnání. Čtyři ženy (2,1 %) označily odpověď „se liší hmotností“. Jedna žena svoji odpověď nezdůvodnila.

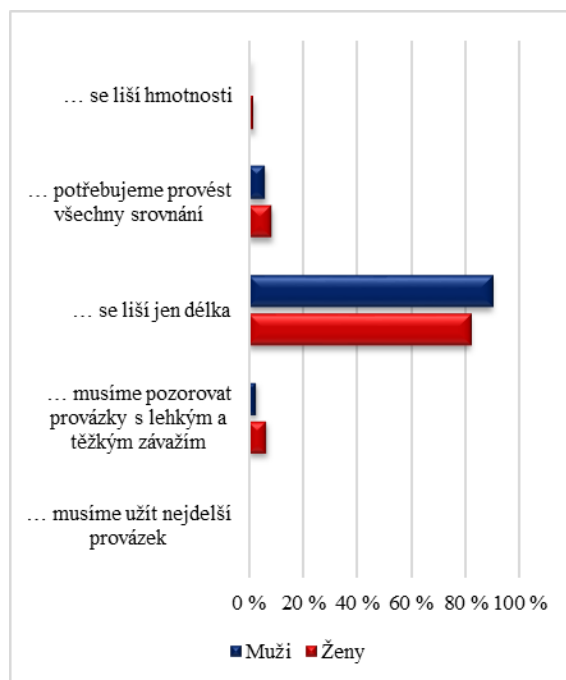
Šest mužů (6,2 %) se domnívalo, že ke zjištění závislosti je potřeba použít všechny tři provázky, dva muži (2,1 %) by použili provázky 2 a 3, čtyři muži (4,1 %) by využili provázky 1 a 3. 85 mužů (87,6 %) jako správnou odpověď označilo provázky 1 a 2. Odůvodnění „musíme pozorovat provázky s lehkým a těžkým závažím“ označili tři muži (3,1 %). Správnou odpověď na druhou z dvojice otázek označilo 87 respondentů (89,7 %). Šest mužů (6,2 %) označilo jako odůvodnění „potřebujeme provést všechna srovnání“. Jeden muž uvedl jako zdůvodnění svého výběru to, že se vybrané provázky se závažím liší hmotností. (Tabulka 35, Graf 47, Graf 48). Úspěšnost této otázky byla 87,6 % u mužů a 79,4 % u žen.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Jen jeden provázek	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Všechny tři provázky	18 (9,3 %)	6 (6,2 %)
2 a 3	6 (3,1 %)	2 (2,1 %)
1 a 3	6 (3,1 %)	4 (4,1 %)
1 a 2	164 (84,5 %)	85 (87,6 %)
... musíme užít nejdelší provázek	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... musíme pozorovat provázky s lehkým a těžkým závažím	13 (6,7 %)	3 (3,1 %)
... se liší jen délka	159 (82,0 %)	87 (89,7 %)
... potřebujeme provést všechna srovnání	17 (8,8 %)	6 (6,2 %)
... se liší hmotnosti	4 (2,1 %)	1 (1,0 %)

Tabulka 35: Odpovědi žen a mužů na otázky 9 a 10



Graf 47: Odpovědi žen a mužů na otázku 9



Graf 48: Odpovědi žen a mužů na otázku 10

### 2.2.6 Otázka 11 a 12: Identifikace závislosti výskytu ovocných mušek na červené světlo a gravitaci ze zobrazených dat

V každé ze čtyř skleněných trubiček je uzavřeno dvacet ovocných mušek. První dvě trubičky jsou z poloviny pokryty černým papírem. První a třetí trubička je položena, zbylé dvě trubičky jsou postaveny. Po dobu pět minut jsou tyto trubičky vystaveny červenému světlu. Situace i s počtem mušek v každé z polovin všech trubiček je znázorněna na obrázku, který je součástí zadání. Respondent má na základě těchto informací určit, na které ze dvou veličin, gravitace a červené světlo, mušky reagují. První ze dvojice otázek nabízí čtyři možné odpovědi a druhá, vyžadující odůvodnění předchozí odpovědi, pět možností.

Nejčastější odpovědí označenou ženami byla odpověď, že mušky reagují na červené světlo, ale ne na gravitaci. Tato odpověď není správná, přesto ji zvolilo 68 žen (35,1 %). Správnou odpověď, že mušky reagují na gravitaci, ale ne na červené světlo, označilo 62 žen (33,0 %). 46 žen (23,7 %) se domnívalo, že mušky reagují na červené světlo i na gravitaci. 17 žen (8,8 %) odpovědělo, že mušky nereagují ani na červené světlo ani na gravitaci. Jedna žena neodpovídala. Správné zdůvodnění „většina mušek je v horní části trubičky III, ale jsou rozmístěny zhruba stejně rovnoměrně v trubičce II“ označilo 66 žen (34,0 %). 48 žen (24,7 %) označilo zdůvodnění „většina mušek nejde ke dnu trubiček I a III“. Možnost, že mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci zvolilo jedenáct žen (5,7 %). 58 respondentek na druhou z dvojice otázek odpověděla „většina mušek je v horních koncích a v osvětlených koncích trubiček“. Poslední možnost, že nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubice, zvolilo deset žen (5,2 %). Jedna žena svoji odpověď nezdůvodnila.

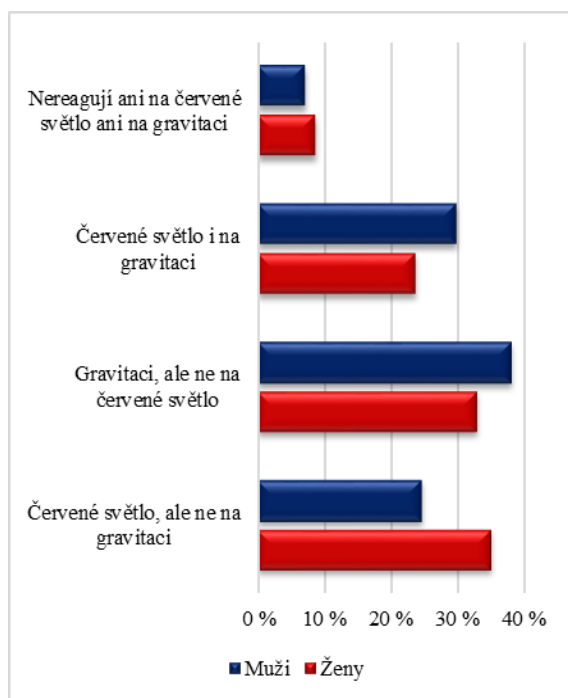
Muži nejčastěji volili správnou odpověď. 37 (38,1 %) respondentů odpovědělo, že mušky reagují pouze na gravitaci. 24 mužů (24,7 %) se domnívalo, že mušky reagují pouze na červené světlo. 29 respondentů (29,9 %) odpovědělo, že mušky reagují na obě zkoumané veličiny a sedm mužů (7,2 %) zvolilo odpověď „Nereagují ani na červené světlo ani na gravitaci“. První z nabízených odůvodnění zvolilo 28 mužů (28,9 %). 21 mužů (21,6 %) vybíralo odpověď na první z dvojice otázek, protože většina mušek nejde ke dnu trubiček I a III. osm mužů (8,2 %) si myslelo, že adekvátní odůvodnění je, že mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci. 32 mužů (33,0 %) označilo zdůvodnění „většina mušek je v horních koncích a v osvětlených koncích trubiček“ a šest

mužů (6,2 %) zvolilo možnost „nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky“ (Tabulka 36, Graf 49, Graf 50). Dva muži svoji odpověď nezdůvodnili.

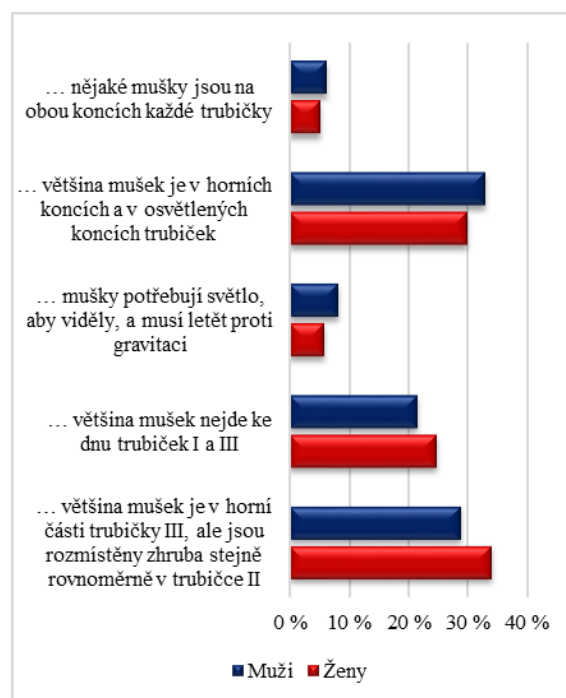
Tato dvojice otázek působila studentům největší potíže. Úspěšnost řešení je 24,7 % u mužů a 17,5 % u žen.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Červené světlo, ale ne na gravitaci	68 (35,1 %)	24 (24,7 %)
Gravitaci, ale ne na červené světlo	62 (33,0 %)	37 (38,1 %)
Červené světlo i na gravitaci	46 (23,7 %)	29 (29,9 %)
Nereagují ani na červené světlo ani na gravitaci	17 (8,8 %)	7 (7,2 %)
... většina mušek je v horní části trubičky III, ale jsou rozmístěny zhruba stejně rovnoměrně v trubičce II	66 (34,0 %)	28 (28,9 %)
... většina mušek nejde ke dnu trubiček I a III	48 (24,7 %)	21 (21,6 %)
... mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci	11 (5,7 %)	8 (8,2 %)
... většina mušek je v horních koncích a v osvětlených koncích trubiček	58 (29,9 %)	32 (33,0 %)
... nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky	10 (5,2 %)	6 (6,2 %)

Tabulka 36: Odpovědi žen a mužů na otázky 11 a 12



Graf 49: Odpovědi žen a mužů na otázku 11



Graf 50: Odpovědi žen a mužů na otázku 12

### 2.2.7 Otázka 13 a 14: Identifikace závislosti výskytu mušek v závislosti na modré světlo a gravitaci ze zobrazených hodnot

V otázkách 13 a 14 se situace z předchozí dvojice otázek opakuje. Při experimentu byly pouze použity jiné mušky a modré světlo namísto červeného. Respondent opět vybírá ze čtyř odpovědí a pěti možných odůvodnění.

Nejčastější odpovědí označenou ženami byla odpověď, že mušky reagují na modré světlo i na gravitaci. Tato odpověď je správná a označilo ji 93 žen (47,9 %). Odpověď, že mušky reagují na gravitaci, ale ne na modré světlo, označilo pět žen (5,2 %). 88 žen (45,4 %) se domnívalo, že mušky reagují na modré světlo, ale nereagují na gravitaci. Šest žen (3,1 %) odpovědělo, že mušky nereagují ani na červené světlo ani na gravitaci. Dvě ženy neodpovídaly. Správné zdůvodnění „většina mušek je v osvětlené části trubičky II, ale nejdou dolů v trubičkách I a III“ označilo 123 žen (63,4 %). 44 žen (22,7 %) označilo zdůvodnění „většina mušek je v horní části trubičky I a v osvětlené části trubičky II“. Možnost, že mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci, zvolilo 13 žen (6,7 %). Tři respondentky (1,5 %) na druhou z dvojice otázek odpověděly „mušky jsou rozděleny zhruba stejně v trubičce IV a v horní části trubičky III“. Poslední možnost, že nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubice, zvolilo devět žen (4,6 %). Dvě ženy neoznačily žádné odůvodnění.

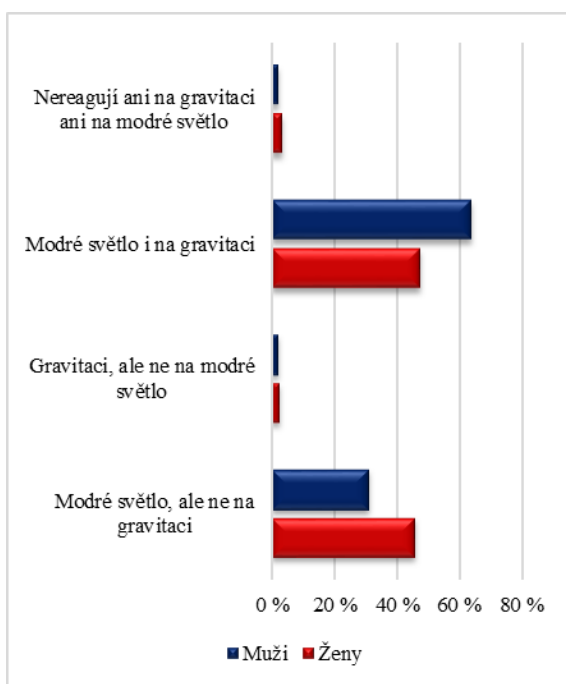
Muži nejčastěji volili správnou odpověď. 62 (63,9 %) respondentů odpovědělo, že mušky reagují na gravitaci i modré světlo. 30 mužů (30,9 %) se domnívalo, že mušky reagují pouze na modré světlo. Dvě respondenti (2,1 %) odpověděli, že mušky reagují jen na gravitaci a dva muži (2,1 %) zvolili odpověď „nereagují ani na modré světlo ani na gravitaci“. Jeden muž neodpověděl. Správné zdůvodnění „většina mušek je v osvětlené části trubičky II, ale nejdou dolů v trubičkách I a III“, zvolilo 58 mužů (59,8 %). Tři muži (3,1 %) vybrali „mušky jsou rozděleny zhruba stejně v trubičce IV a v horní části trubičky III“. Jedenáct mužů (11,3 %) si myslelo, že adekvátní odůvodnění je, že mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci. 19 mužů (19,6 %) označilo zdůvodnění „většina mušek je v horním konci trubičky I a v osvětlené části trubičky II“ a tři muži (3,1 %) zvolili možnost „nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky“ (Tabulka 37, Graf 51, Graf 52). Tři muži své zdůvodnění neuvedli.

Úspěšnost řešení této otázky byla vyšší než v předchozí otázce, konkrétně u žen 33,5 % a u mužů 39,2 %. Velká část respondentek i respondentů správně odpověděla na druhou

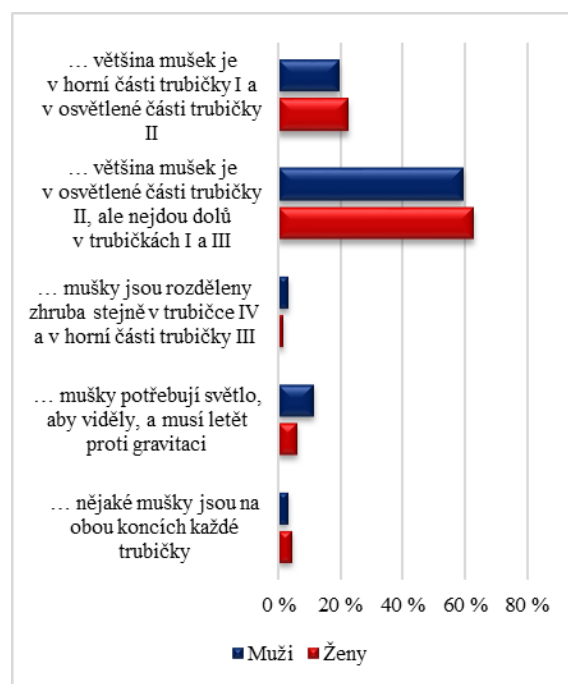
dvojici otázek, ale špatně interpretovali své poznatky a na první z otázek odpověděli špatně.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Modré světlo, ale ne na gravitaci	88 (45,4 %)	30 (30,9 %)
Gravitaci, ale ne na modré světlo	5 (2,5 %)	2 (2,1 %)
Modré světlo i na gravitaci	93 (47,9 %)	62 (63,9 %)
Nereagují ani na gravitaci ani na modré světlo	6 (3,1 %)	2 (2,1 %)
... nějaké mušky jsou na obou koncích každé trubičky	9 (4,6 %)	3 (3,1 %)
... mušky potřebují světlo, aby viděly, a musí letět proti gravitaci	13 (6,7 %)	11 (11,3 %)
... mušky jsou rozděleny zhruba stejně v trubičce IV a v horní části trubičky III	3 (1,5 %)	3 (3,1 %)
... většina mušek je v osvětlené části trubičky II, ale nejdou dolů v trubičkách I a III	123 (63,4 %)	58 (59,8 %)
... většina mušek je v horní části trubičky I a v osvětlené části trubičky II	44 (22,7 %)	19 (19,6 %)

Tabulka 37: Odpovědi žen a mužů na otázku 13 a 14



Graf 51: Odpovědi žen a mužů na otázku 13



Graf 52: Odpovědi žen a mužů na otázku 14

## 2.2.8 Otázka 15 a 16: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na jednom faktoru

Otázka 15 a 16 je z oblasti pravděpodobnostního myšlení. Respondent má rozhodnout, jaká je pravděpodobnost, že při jednom tahu z pytlíku vytáhne červený kousek dřeva, za předpokladu, že v pytlíku je šest kousků dřeva stejného tvaru, z nichž tři jsou červené a tři žluté. Na výběr je 5 možností na každou z dvojice otázek.

Správnou odpověď „1 ze 2“ volilo 90 žen (46,4 %). 72 žen (37,1 %) se domnívalo, že pravděpodobnost je 1 ze 3. Odpověď „1 ze 6“ označilo 23 žen (11,9 %). Sedm žen zvolilo odpověď „1 z 1“. Jedna žena (0,5 %) se domnívala, že pravděpodobnost nelze určit a rovněž jedna žena neodpovídala. Svoji odpověď zdůvodnilo 158 žen (81,4 %) výběrem možnosti „3 ze 6 kusů jsou červené“. 16 žen (8,2 %) svoji odpověď na první z dvojice otázek zvolilo, protože může být vytažen 1 červený kousek ze 3 červených kousků a stejný počet respondentek se rozhodlo pro svoji odpověď, protože bude vytažen 1 kousek ze 6 kusů v pytlíku, možnost „všech 6 kusů má stejný tvar i velikost“ zvolili tři ženy (1,5 %). Poslední možnost zdůvodnění nevybrala žádná žena a tři ženy neoznačily žádnou z nabízených možností.

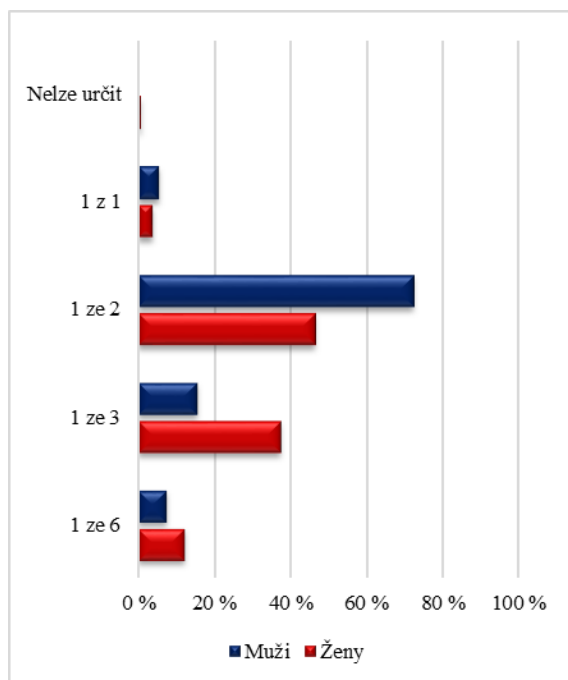
Na první z dvojice otázek správně odpovědělo 70 mužů (72,2 %). Odpověď „1 ze 3“ označilo 15 mužů (15,5 %). Sedm respondentů (7,2 %) odpovědělo, že pravděpodobnost je 1 ze 6. Zbývajících pět mužů (5,2 %) zvolilo odpověď „1 z 1“. Většina mužů, konkrétně 85 respondentů (87,6 %), odpověď zdůvodnila tím, že 3 kousky ze 6 jsou červené. 8 mužů (8,2 %) označilo zdůvodnění „je vytažen 1 kus ze 6 kusů v sáčku“, tři muži (3,1 %) vybrali možnost „všech 6 kusů má stejnou velikost a tvar“. Jeden muž (1,0 %) se rozhodl pro svoji odpověď na první z dvojice otázek, protože všech šest kusů má stejnou velikost i tvar (Tabulka 38, Graf 53, Graf 54)

Muži při řešení této dvojice otázek měli úspěšnost 72,2 %, zatímco ženy pouze 44,8 %.

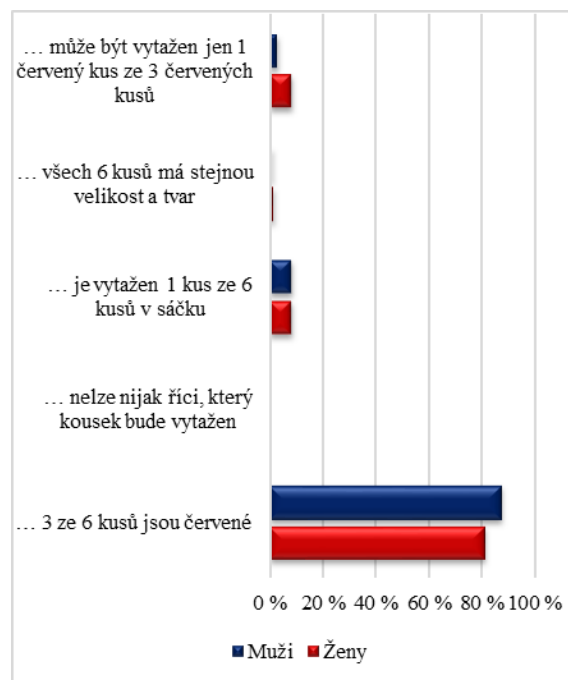


Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
1 ze 6	23 (11,9 %)	7 (7,2 %)
1 ze 3	72 (37,1 %)	15 (15,5 %)
1 ze 2	90 (46,4 %)	70 (72,2 %)
1 z 1	7 (3,6 %)	5 (5,2 %)
Nelze určit	1 (0,5 %)	0 (0,0 %)
... 3 ze 6 kusů jsou červené	158 (81,4 %)	85 (87,6 %)
... nelze nijak říci, který kousek bude vytažen	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
... je vytažen 1 kus ze 6 kusů v sáčku	16 (8,2 %)	8 (8,2 %)
... všech 6 kusů má stejnou velikost a tvar	3 (1,5 %)	1 (1,0 %)
... může být vytažen jen 1 červený kus ze 3 červených kusů	16 (8,2 %)	3 (3,1 %)

Tabulka 38: Odpovědi žen a mužů na otázky 15 a 16



Graf 53: Odpovědi žen a mužů na otázku 15



Graf 54: Odpovědi žen a mužů na otázku 16

### 2.2.9 Otázka 17 a 18: Určení pravděpodobnosti jevu v závislosti na dvou faktorech

V otázce 17 a 18 je situace podobná jako v předcházející dvojici otázek. Opět jsou do pytlíku vloženy dřevěné kousky, tentokrát však dvou různých tvarů a třech barev, konkrétně tři červené, čtyři žluté a pět modrých čtverečků a čtyři červená, dvě žlutá a tři modrá kolečka. Otázkou je, jaká je šance, že vytažený kousek je červené nebo modré kolečko a proč? Respondentovi je nabídnuto pět odpovědí a pět odůvodnění.

Nejvíce z testovaných odpovědí zvolilo správnou odpověď, že pravděpodobnost daného jevu je 1 ze 3. Konkrétně tuto odpověď označilo 121 žen (62,4 %). Druhou nejčastější odpovědí u žen byla odpověď „1 z 21“. Tuto pravděpodobnost předpovídalo 38 žen (19,6 %). 12 žen (6,2 %) se domnívalo, že pravděpodobnost daného jevu je 15 z 21 a o jednu ženu méně, tedy 11 žen (5,7 %) vybralo odpověď „1 ze 2“. Osm žen (4,1 %) si myslelo, že odpověď nelze určit a čtyři ženy na tuto otázku neodpovídaly. Svoji odpověď na první z dvojice otázek zvolilo 102 (52,6 %) žen, protože 1 ze 3 kousků je červené nebo modré kolečko, 47 žen (24,2 %) odůvodnilo svoji odpověď tím, že se tahá 1 kus z 21 kousků v pytlíku. Odůvodnění „15 z 21 kousků je červený nebo modrý“ označilo 18 žen (9,3 %). O polovinu méně, tedy devět žen (4,6 %) se domnívalo, že nelze určit, který z kousků bude tažený. O jednu respondentku více, deset žen (5,2 %), označilo „1 ze 2 tvarů je kulatý“. Osm žen nezaznamenalo žádnou odpověď na druhou z dvojice otázek.

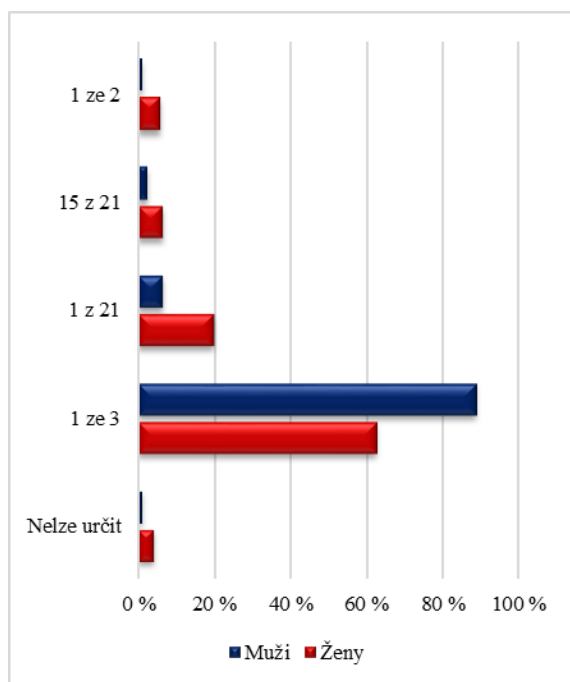
Muži stejně jako ženy nejčastěji volili odpověď na první z dvojice otázek „1 ze 3“. Tato odpověď byla označena 86 muži (88,7 %). Možnost „1 z 21“ vybralo šest mužů (6,2 %), dva muži zvolili odpověď „15 z 21“. Jeden muž (1,0 %) určil pravděpodobnost jevu 1 ze 2 a jeden muž (1,0 %) se domníval, že odpověď nelze určit. Jeden respondent na danou otázku neodpověděl. Správné zdůvodnění zvolilo 80 mužů (82,3 %). Jedenáct respondentů (11,3 %) vybralo možnost „ze sáčku je vytažen jen 1 kousek z 21“, tři muži zvolili „15 z 21 kousků je červený nebo modrý“. Jeden respondent (1,0 %) svoji odpověď na první otázku vybral, protože 1 ze 2 tvarů je kulatý a shodně jeden muž (1,0 %) zaznačil možnost „nelze určit, jaký kousek bude vytažen“. Žádné z možných odůvodnění neoznačil jeden respondent (Tabulka 39, Graf 55, Graf 56).

Tato dvojice otázek společně s otázkami 15 a 16 ověřovaly u studentů pravděpodobnostní myšlení. Druhou dvojici otázek správně vyřešilo více mužů i více žen

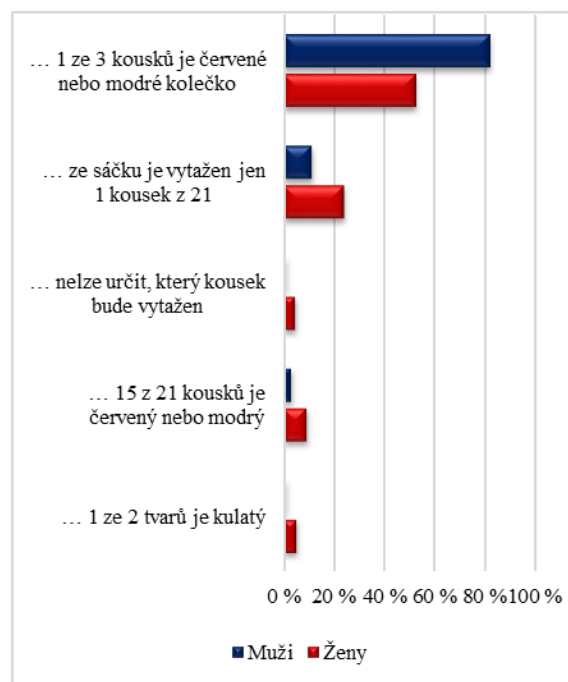
než předcházející dvojici. Úspěšnost v otázkách 17 a 18 byla u žen 52,1 % a u mužů dokonce 81,4 %.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Nelze určit	8 (4,1 %)	1 (1,0 %)
1 ze 3	121 (62,4 %)	86 (88,7 %)
1 z 21	38 (19,6 %)	6 (6,2 %)
15 z 21	12 (6,2 %)	2 (2,1 %)
1 ze 2	11 (5,7 %)	1 (1,0 %)
... 1 ze 2 tvarů je kulatý	10 (5,2 %)	1 (1,0 %)
... 15 z 21 kousků je červený nebo modrý	18 (9,3 %)	3 (3,1 %)
... nelze určit, který kousek bude vytažen	9 (4,6 %)	1 (1,0 %)
... ze sáčku je vytažen jen 1 kousek z 21	47 (24,2 %)	11 (11,3 %)
... 1 ze 3 kousků je červené nebo modré kolečko	102 (52,6 %)	80 (82,3 %)

Tabulka 39: Odpovědi žen a mužů na otázky 17 a 18



Graf 55: Odpovědi žen a mužů na otázku 17



Graf 56: Odpovědi žen a mužů na otázku 18

### **2.2.10 Otázka 19 a 20: Předpovězení korelace mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu**

Otázky 19 a 20 jsou jediná dvojice otázek z oblasti korelačního myšlení. Úkolem respondenta je rozhodnout, jestli existuje souvislost mezi velikostí myši a barvou jejich ocasu, má-li na obrázku znázorněny myši, které se na daném území vyskytují. Na výběr je ze tří odpovědí na první z otázek a pěti odůvodnění.

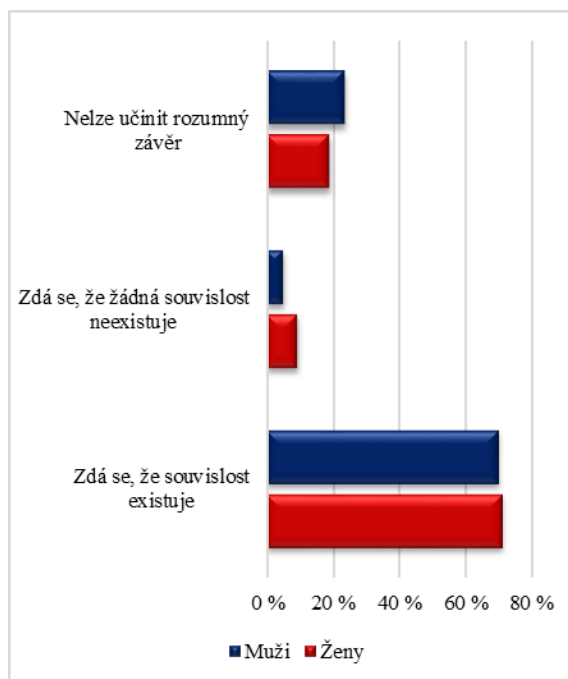
Většina respondentek, 138 žen (71,1 %), se domnívalo, že patrně existuje nějaká souvislost mezi velikostí myši a barvou jejího ocasu. 37 žen (19,1 %) odpovědělo, že ze zadání nelze určit závěr a 18 žen (9,3 %) nevidělo žádnou souvislost. Jedna žena neodpověděla. Svoji odpověď vybralo 23 žen (11,9 %), protože pro každou možnost je tu několik myši, 86 (44,3 %) žen, protože se domnívalo, že souvislost velikosti a barvy může být dána geneticky, a devět žen (4,6 %), protože podle jejich názoru nebyl vzorek myši dostatečně velký. Správné odůvodnění správné odpovědi na první z dvojice otázek, „většina tlustých myši má černé ocasy a většina hubených myši má bílé ocasy“, označilo 74 žen (38,1 %). Poslední možnost neoznačila žádná žena a dvě ženy neodpověděly.

Většina mužů, 68 respondentů (70,1 %), se taktéž domnívala, že souvislost existuje. Opačného názoru bylo pět mužů (5,2 %). 23 mužů (23,7 %) označilo odpověď „nelze učinit rozumný závěr“. Jeden muž neodpovídal. Nejčastěji muži volili odůvodnění „většina tlustých myši má černé ocasy a většina hubených myši má bílé ocasy“. Tuto možnost zvolilo 47 mužů (48,5 %). Druhou nejčastější odpovědí na druhou z dvojice otázek byla ta, že souvislost může být dána geneticky, kterou volilo 31 (32,0 %) mužů. Devět mužů (9,3 %) svoji odpověď zdůvodnilo tím, že pro každou možnost je nějaká myš. Pět respondentů uvedlo, že farmář neměl dostatečně vysoký vzorek a jeden muž (1,0 %) označil odpověď „když myši tloustnou, jejich ocasy tmavnou“. Čtyři muži (4,1 %) neuvedli žádné z nabízených odůvodnění (Tabulka 40, Graf 57, Graf 58)

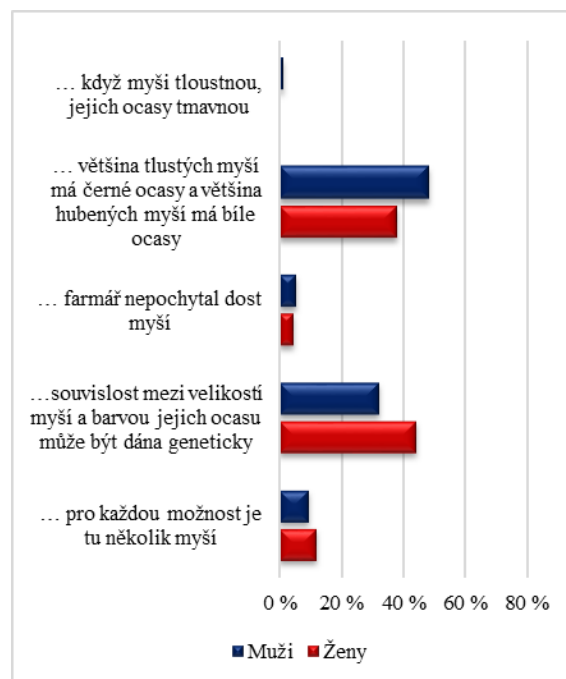
Tuto dvojici otázek správně odpovědělo 46,4 % mužů a 37,6 % žen.

Odpověď/ Odůvodnění (protože ...)	Ženy	Muži
Zdá se, že souvislost existuje	138 (71,1 %)	68 (70,1 %)
Zdá se, že žádná souvislost neexistuje	18 (9,3 %)	5 (5,2 %)
Nelze učinit rozumný závěr	37 (19,1 %)	23 (23,7 %)
... pro každou možnost je tu několik myší	23 (11,9 %)	9 (9,3 %)
...souvislost mezi velikostí myši a barvou jejich ocasu může být dána geneticky	86 (44,3 %)	31 (32,0 %)
... farmář nepochytil dost myší	9 (4,6 %)	5 (5,2 %)
... většina tlustých myší má černé ocasu a většina hubených myší má bílé ocasu	74 (38,1 %)	47 (48,5 %)
... když myši tloustnou, jejich ocasu tmavnou	0 (0,0 %)	1 (1,0 %)

Tabulka 40: Odpovědi žen a mužů na otázky 19 a 20



Graf 57: Odpovědi žen a mužů na otázku 19



Graf 58: Odpovědi žen a mužů na otázku 20

### 2.2.11 Otázka 21 a 22: Navrhnutí experimentu pro ověření, proč po přiklopení sklenicí svíčka zhasne a voda se nahrne do sklenice.

Poslední dvojice vzájemně provázaných otázek, otázky 21 a 22, se týká kombinačního myšlení. V zadání je popsán určitý jev a jedno z možných vysvětlení. V první otázce je úkolem studenta navrhnout experiment za pomoci dostupných pomůcek, kterým by

předložené vysvětlení šlo otestovat. V druhé z dvojice otázek respondent rozhoduje, jaký výsledek experimentu navržený v úloze 21 by ukázal, že uvedené vysvětlení je chybné. Student vybírá z pěti experimentů a čtyř výsledků testování.

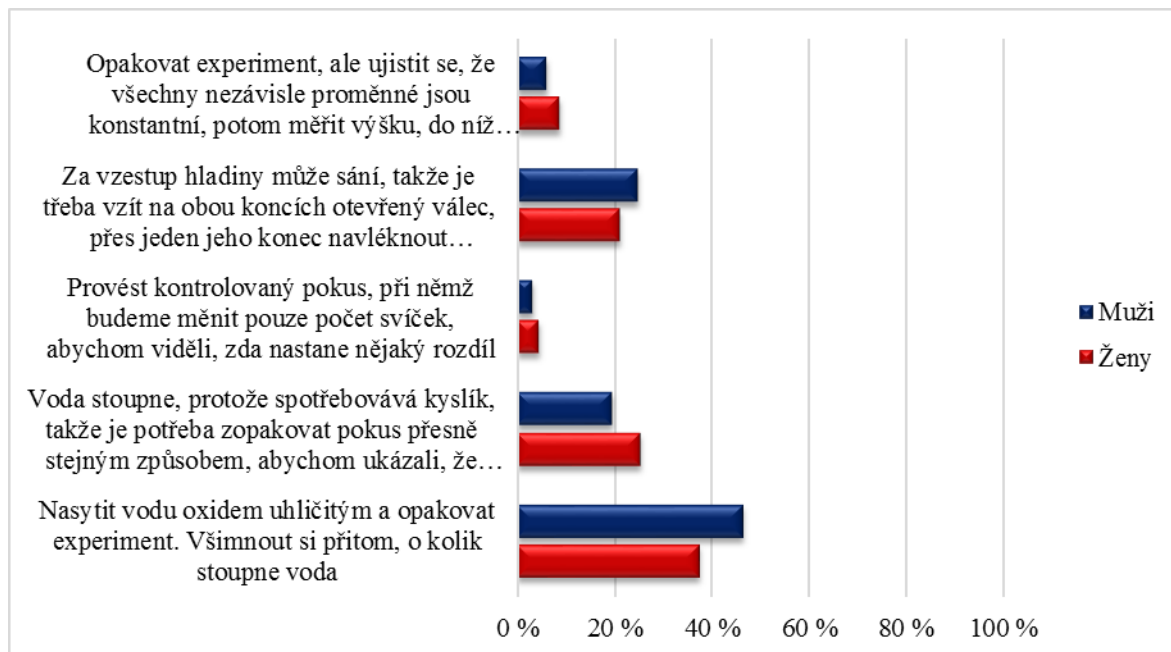
73 žen (37,6 %) navrhlo nasycit vodu oxidem uhličitým a při opakování experimentu si všimnout, o kolik voda stoupne. Tato odpověď byla správná. 49 žen (25,3 %) by opakovalo experiment stejným způsobem. Devět žen (4,6 %) zvolilo kontrolovaný experiment, při němž bude měněn počet svíček. 41 respondentek (21,1 %) se domnívá, že za zkoumaný jev může sání a je tedy potřeba při experimentu vyměnit sklenici za otevřený válec, na jehož jeden konec bude upevněn balonek. 17 žen (8,7 %) by se opakováním experimentu ujistilo, že všechny nezávisle proměnné jsou konstantní. Pět žen neoznačilo žádnou z nabízených odpovědí. Na druhou z otázek 61 žen (31,4 %) odpovědělo, že pokud voda stoupne do téže výše jako v předchozím pokusu, je vysvětlení uvedené v zadání pravděpodobně špatné. 64 žen (33,0 %) se domnívalo, že vysvětlení je chybné, pokud voda vystoupá níž než v prvním pokusu. 34 žen označilo odpověď „balónek se nafoukne ven z válce“. Opačné tvrzení, tedy že balonek je vsáván do válce, vybralo 29 žen (14,9 %). Šest žen na tuto otázku neodpovědělo.

Muži také nejčastěji označili správnou odpověď. Na první z dvojice otázek dobře odpovědělo 45 mužů (46,4 %). Druhou z nabízených možností označilo 19 studentů (19,6 %). Tři (3,1 %) muži navrhovali provést kontrolovaný pokus a měnit při něm počet svíček. 24 mužů (24,7 %) by při opakování experimentu použili válec s gumovým balonkem místo sklenice. Šest mužů označilo odpověď „opakovat experiment, ale ujistit se, že všechny nezávisle proměnné jsou konstantní, potom měřit“. Většina mužů, 50 (51,5 %) se domnívala, že uvedené vysvětlení je špatné, pokud voda stoupne do stejné výšky. 20 mužů (20,6 %) zvolilo možnost, že vysvětlení jevu popsané v zadání je chybné, pokud po provedení navrhnutého experimentu v předchozí otázce voda stoupne níže než v předešlém pokusu. Devět mužů (9,3 %) označilo odpověď „balonek se nafoukne ven z válce“. 15 studentů (15,5 %) zvolilo poslední nabízenou možnost. Tři muži na tuto otázku neodpověděli (Tabulka 41, Graf 59, Graf 60).

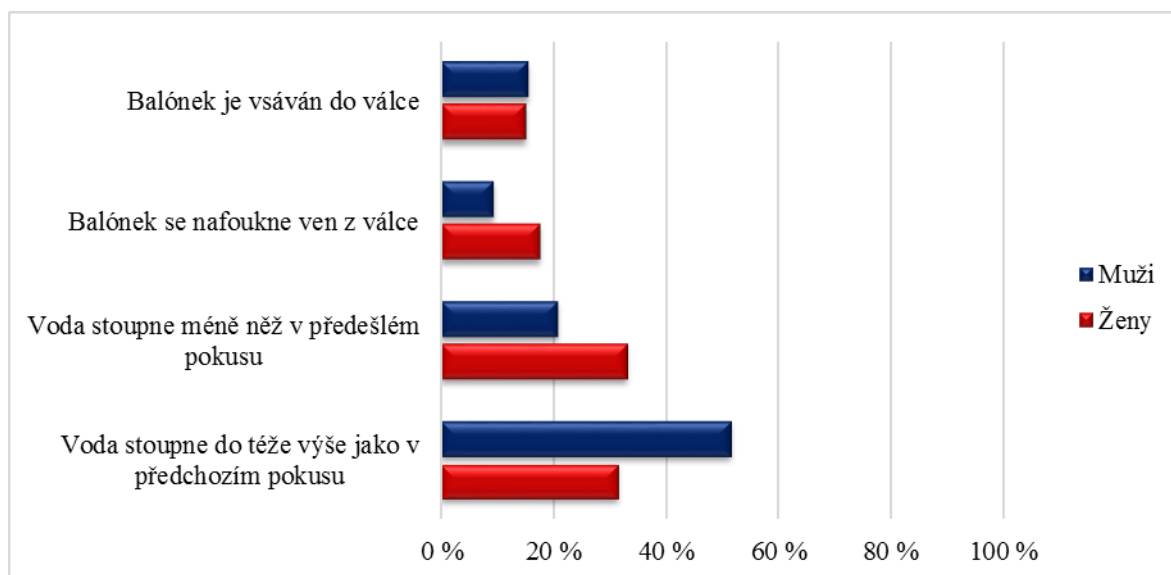
Úspěšnost řešení této dvojice otázek byla druhá nejnižší jak u mužů, tak u žen. Část mužů i žen správně odpověděla na jednu z otázek, ale obě správné odpovědi označilo pouze 36 mužů a stejný počet žen, tj. 37,1 % mužů, respektive 18,6 % žen.

Odpověď/ Výsledek testování	Ženy	Muži
Nasytit vodu oxidem uhličitým a opakovat experiment. Všimnout si přítom, o kolik stoupne voda	73 (37,6 %)	45 (46,4 %)
Voda stoupne, protože spotřebovává kyslík, takže je potřeba zopakovat pokus přesně stejným způsobem, abychom ukázali, že voda stoupá díky úbytku kyslíku	49 (25,3 %)	19 (19,6 %)
Provést kontrolovaný pokus, při němž budeme měnit pouze počet svíček, abychom viděli, zda nastane nějaký rozdíl	9 (4,6 %)	3 (3,1 %)
Za vzestup hladiny může sání, takže je třeba vzít na obou koncích otevřený válec, přes jeden jeho konec navléknout gumový poutový balónek a tímto válcem pak přiklopit svíčku	41 (21,1 %)	24 (24,7 %)
Opakovat experiment, ale ujistit se, že všechny nezávisle proměnné jsou konstantní, potom měřit výšku, do níž voda vystoupí	17 (8,7 %)	6 (6,2 %)
Voda stoupne do téže výše jako v předchozím pokusu	61 (31,4 %)	50 (51,5 %)
Voda stoupne méně než v předešlém pokusu	64 (33,0 %)	20 (20,6 %)
Balónek se nafoukne ven z válce	34 (17,5 %)	9 (9,3 %)
Balónek je vsáván do válce	29 (14,9 %)	15 (15,5 %)

Tabulka 41: Odpovědi žen a mužů na otázky 21 a 22



Graf 59: Odpovědi žen a mužů na otázku 21



Graf 60: Odpovědi žen a mužů na otázku 22

### 2.2.12 Otázka 23: Navrhnutí experimentu pro ověření hypotézy I, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou

Otázky 23 a 24 mají společné zadání, nicméně odpovědi jsou na sobě nezávislé. Respondentům je popsán určitý jev, vyslovena dvě možná vysvětlení a popsán experiment, kterým jsou tato tvrzení testována. Otázka 23 je zaměřena na první z možných vysvětlení jevu. Respondent má rozhodnout, který z výsledků provedeného experimentu ukazuje na chybnost I. vysvětlení. Na výběr jsou tři možnosti.

83 žen (42,8) zvolilo správnou odpověď, tedy že sáček je při druhém zvažení lehčí. O jednu ženu více, 84 respondentek (43,3 %), se domnívalo, že vysvětlení jevu by bylo chybné, pokud by sáček vážil stejně. 24 (12,4 %) žen označilo odpověď „sáček vypadá menší“. Tři ženy nezvolily žádnou z nabízených odpovědí.

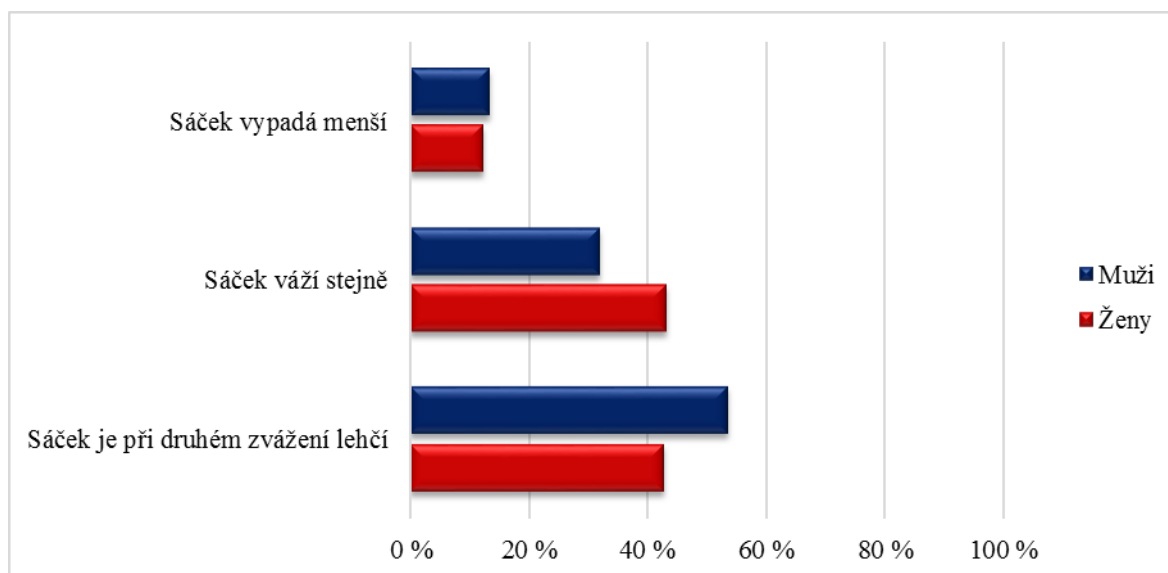
52 (53,6 %) mužů odpovědělo správně. 31 (32,0 %) studentů označilo druhou z nabízených možností a 13 mužů se domnívalo, že na chybnost vysvětlení I by poukázal fakt, že sáček vypadá menší. Jeden muž neodpověděl (Tabulka 42, Graf 61).

Úspěšnost řešení této otázky je 53,6 % u mužů a 42,8 % u žen.



Odpověď	Ženy	Muži
Sáček je při druhém zvážení lehčí	83 (42,8 %)	52 (53,6 %)
Sáček váží stejně	84 (43,3 %)	31 (32,0 %)
Sáček vypadá menší	24 (12,4 %)	13 (13,4 %)

Tabulka 42: Odpovědi žen a mužů na otázku 23



Graf 61: Odpovědi žen a mužů na otázku 23

### 2.2.13 Otázka 24: Navrnutí experimentu pro ověření hypotézy II, proč se červené krvinky zmenší při styku se slanou vodou

Jak už bylo napsáno v části 2.2.12, otázky 23 a 24 mají společné zadání, nicméně odpovědi jsou na sobě nezávislé. Respondentům je popsán určitý jev, vyslovena dvě možná vysvětlení a popsán experiment, kterým jsou tato tvrzení testována. Otázka 24 je zaměřena na druhé z možných vysvětlení jevu. Respondent má rozhodnout, který z výsledků provedeného experimentu ukazuje na chybnost II. vysvětlení. Na výběr jsou tři možnosti.

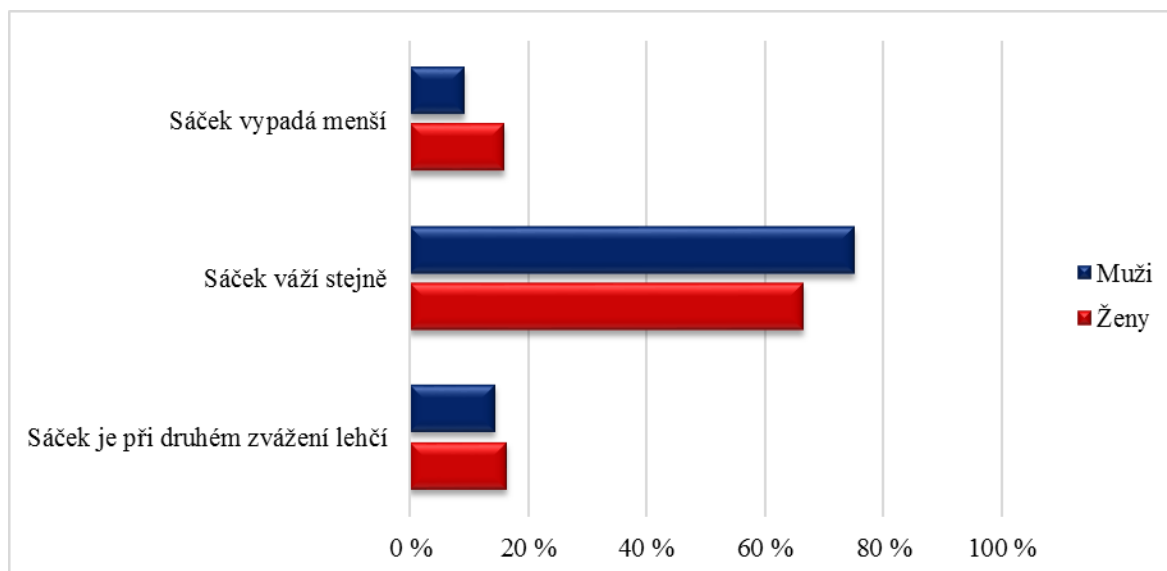
127 žen (65,5 %) správně odpovědělo, že na chybnost vysvětlení by poukázalo to, pokud by sáček měl stejnou hmotnost při obou váženích. 32 žen (16,5 %) odpovědělo, že II. vysvětlení by bylo špatné, pokud by sáček při druhém vážení měl nižší hmotnost, a o

jednu ženu méně, tedy 31 žen (16,0 %), označilo odpověď „sáček vypadá menší“. Čtyři ženy neodpověděly.

73 mužů (75,3 %) zvolilo odpověď „sáček váží stejně“, 14 mužů (14,4 %) odpovědělo „sáček je při druhém zvažení lehčí“ a o pět mužů méně, tedy devět respondentů, se domnívalo, že II. vysvětlení jevu je špatné, pokud bude sáček vypadat menší. Neodpověděl jeden muž (Tabulka 43, Graf 62).

Odpověď	Ženy	Muži
Sáček je při druhém zvažení lehčí	32 (16,5 %)	14 (14,4 %)
Sáček váží stejně	127 (65,5 %)	73 (75,3 %)
Sáček vypadá menší	31 (16,0 %)	9 (9,3 %)

Tabulka 43: Odpovědi žen a mužů na otázku 24



Graf 62: Odpovědi žen a mužů na otázku 24

## Závěr

V předložené práci jsem se zabývala úrovní kognitivního myšlení studentů Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Cílem práce bylo statisticky zpracovat data dostatečně vysokého vzorku studentů 1. ročníku PřF UPOL a vyhodnotit možné rozdíly mezi zvolenými studijními obory a mezi pohlavím respondentů.

Teoretická část práce obsahuje historii a charakteristiku Lawsonova testu vědeckého myšlení i doporučení pro zadání testu. Samostatná podkapitola je věnována některým přínosům, které test nabízí učitelům i testovaným studentům. Dále jsem stručně popsala kognitivní vývoj jedince. Představila jsem také výsledky testování ve vybraných zemích světa a v České republice. Tyto výsledky byly porovnány s výsledky studentů PřF UPOL.

Experimentální část je věnována vyhodnocení výsledků výzkumu na Přírodovědecké fakultě UPOL. Na podzim roku 2018 a 2019 byla zadána česká verze Lawsonova testu vědeckého myšlení 291 studentům prvního ročníku PřF UPOL, z nichž bylo 97 mužů a 194 žen. Respondenti studující aplikovanou chemii, bioanorganickou chemii, biofyziku, biochemii, chemii, molekulární biofyziku, počítačovou fyziku, přístrojovou fyziku, nanomateriálovou chemii a různé aprobace učitelství byly ve věku 19 a 20 let.

Studenti zapojení do výzkumu se nejčastěji nacházeli na přechodné úrovni myšlení (52,2 %), konkrétně operační úroveň kognitivního myšlení prokázalo 23,4 % studentů a 24,4 % studentů dosáhlo úrovně formálně operační. Průměrný bodový zisk byl 12,7 bodů, což odpovídá úspěšnosti 53,0 %. Studenti byli nejúspěšnější v oblasti zachování hmotnosti (92,1 %). Nejméně bodů získali z otázek v oblasti korelačního myšlení (40,5 %). S celkovým dosaženým skóre v testu nejvíce korelují výsledky v oblasti pravděpodobnostního myšlení a identifikace a kontroly změny, pro které se korelační koeficient pohybuje okolo hodnoty 0,7. Naopak nejméně s celkovým výsledkem koreluje oblast zachování hmotnosti, v níž uspěla většina účastníků. Výpočet koeficientu obtížnosti ukázal, že pro studenty byla nejnáročnější dvojice otázek 11 a 12. Tomuto faktu odpovídá i četnost správných odpovědí na tuto dvojici otázek. Naopak, dle tohoto ukazatele, byly otázky 1 a 2 pro respondenty snadné. Můj předpoklad, že pro respondenty bude snadnější první ze dvojice otázek, jelikož se s nutností odůvodnit svoji odpověď nesetkávají studenti v českém vzdělávání často, vyvrátily dvojice otázek 7 a 8, 13 a 14, 15 a 16, zbylé dvojice dopadly dle popsané predikce. Největší rozdíl úspěšnosti v rámci dvou spolu provázaných otázek nastal u úkolů 19 a 20. 70,8 % studentů, zapojených do tohoto výzkumu,

odpovědělo správně na první z dvojice otázek. Svoji odpověď správně zdůvodnilo pouze 41,6 %.

První kritérium, podle kterého jsem výsledky analyzovala, byl studijní obor respondentů. V kapitole 2.1 jsou uvedeny kompletní výsledky i četnosti odpovědí na jednotlivé otázky a srovnání jednotlivých studijních oborů. Jelikož studentů bioanorganické chemie, molekulární biofyziky, nanomateriálové chemie, přístrojové fyziky a počítačové fyziky bylo méně než 10, což je pro statistické zpracování nedostatečný počet, byly tyto výsledky zpracovány společně jako „ostatní“. Nejvyšší aritmetický průměr získaných bodů (14,1 bodů), stejně jako medián (14,5 bodů) měli studenti biofyziky, naopak nejnižšího průměrného zisku dosáhli studenti aplikované chemie (11,4 bodů). Nejnižší hodnotu mediánu měli shodně studenti aplikované chemie, biochemie a „ostatní“ (12,0 bodů). Nejvyšší relativní četnost respondentů nacházející se na konkrétně operační úrovni kognitivního myšlení studuje aplikovanou chemii, či biochemii. Nejvyšší úrovně vědeckého myšlení dosáhlo nejvíce studentů chemie a biofyziky. Poměrně velká směrodatná odchylka, a tedy také velký rozptyl relativní četnosti odpovědí, nastal u otázky 23 a dvojice otázek 9 a 10. Velmi srovnatelné výsledky mezi studijními obory byly u dvojice otázek 1 a 2 i 5 a 6. Výsledky studentů chemie, učitelství a biochemie patřily u téměř všech otázek k lepším v testovaném souboru. Celkové výsledky napříč všemi oblastmi vědeckého myšlení však naznačují, že výběr studijního oboru z řad přírodovědných předmětů není nutně závislý na dosažené úrovni kognitivního myšlení. Jisté rozdíly mohou být způsobeny různým počtem testovaných studentů jednotlivých oborů či fakt, že část studentů prvních ročníků daný obor nedokončí. Na základě našeho vzorku respondentů můžeme konstatovat, že studenti učitelství v Lawsonově testu nedosáhli horších výsledků a při vstupu na PřF UP mají obecně stejně rozvinutou úroveň vědeckého myšlení jako studenti odborných neučitelských programů.

Druhý parametr pro zpracování výsledků zkoumaného vzorku respondentů bylo jejich pohlaví. V podkapitole 2.2 uvádím vyhodnocení podle tohoto kritéria. Většina mužů i žen se nachází na přechodné úrovni vědeckého myšlení. Konkrétně operační úrovně myšlení dosahuje 31,4 % žen a 7,2 % mužů. Na úrovni formálně operační se nachází 41,2 % mužů a 16,0 % žen. Průměrný bodový zisk mužů a žen představoval 15,2, respektive 11,5 bodů. Tato fakta naznačují rozdílné četnosti správných odpovědí na jednotlivé otázky. Studentky dosáhly lepších výsledků než studenti pouze v jediné oblasti, a to zachování hmotnosti. V ostatních oblastech měli muži lepší výsledky než ženy. V některých dvojicích otázek,

jako 3 a 4, 15 a 16 i 17 a 18 měli muži vyšší úspěšnost řešení i o více než 25 %. Podle získaných výsledků je patrná určitá souvislost mezi pohlavím respondentů a výsledky v Lawsonově testu vědeckého myšlení. Muži dosahují vyšší úrovně kognitivního myšlení než ženy stejného věku. Tato skutečnost vychází také z výsledků neparametrického U-testu Manna a Whitneyho a Studentova t-testu. Rozdíly může mít jistou spojitost s kořenem dnes již překonaného stereotypu, že technika a přírodní vědy jsou dominantou mužů. Přestože v dnešní době je počet studentů přírodních a technických oborů genderově vyvážený. Zajímavé by bylo sledovat vývoj kognitivního myšlení studentů PřF během bakalářského studia.

Studenti testovaní na PřF UPOL měli horší výsledky než studenti testovaní na MFF UK. Rozdíl průměrného bodového zisku mezi studenty 1. ročníků PřF UPOL a MFF UK činil 4,4 bodů (18,4 %). Zatímco většina studentů studujících první rok na pražské univerzitě dosahují 3. úrovně kognitivního myšlení, studenti UPOL se nachází na přechodné, tedy na 2. úrovni. Studenti obou univerzit získali nejvíce bodů v oblasti zachování hmotnosti. Studentům UK se také dařilo v oblasti zachování objemu a pravděpodobnostního myšlení a nejméně bodů získali v oblasti poměrového myšlení a v oblasti identifikace a kontroly změny. Studenti UPOL nejméně bodů získali v otázkách týkající se korelačního myšlení a také v oblasti identifikace a kontroly změny. Porovnáním dat je patrné, že studenti 1. ročníku MFF UK mají více rozvinuté vědecké myšlení než jejich vrstevníci studující PřF UPOL. Studenti UPOL měli horší výsledky než studenti americké i čínské univerzity, popsané v [9]. Naopak v porovnání se studenty Univerzity v Pendikánu, respondenti z olomoucké univerzity dosáhli lepších výsledků. Obě skupiny měly jak nejnižší, tak i nevyšší úspěšnost v totožných oblastech myšlení.

Provedený výzkum popsáný v této práci neodhalil žádnou patrnou spojitost mezi úrovní kognitivního myšlení studenta a studovaným oborem, odhalil možnou korelaci mezi pohlavím a úrovní vědeckého myšlení. Získaná data částečně potvrdila předpoklad, že pro studenty bude snazší předpovědět daný jev či stanovit hypotézu, než své tvrzení zdůvodnit.

Ráda bych v budoucnu pokračovala v testování studentů, alespoň dvojnásobně zvýšila počet respondentů a rozšířila spektrum testovaných studijních oborů. Pro analýzu dat se nabízejí i další parametry, jako jsou rok testování, porovnání studentů fyziky, chemie, biologie a popřípadě i dalších přírodních věd či analýza pouze učitelských oborů či již zmíněné srovnání úrovně kognitivního myšlení studentů na začátku a konci bakalářského studia na PřF UPOL.

## Seznam použité literatury

- [1] Dvořáková, I., 2011. Lawsonův test. In L. Dvořák za kol. *Sborník konference projektu Heuréka*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, [online], [cit. 20. 3. 2020]. ISBN 978-80-7196-426-1. Dostupné z: [http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky\\_2011](http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2011).
- [2] Han J., 2013. *Scientific Reasoning: Research, Development, and Assessment*. Ohio: The Ohio State University. Dissertation.
- [3] Kohoutek, R., 2008. Kognitivní vývoj dětí a školní vzdělávání. *Pedagogická orientace* [online], 18(3), 3–22 [cit. 8. 3. 2020]. ISSN 1211-4669. Dostupné z: [http://www.ped.muni.cz/pedor/archiv/2008/Pedor08\\_3\\_Kohoutek\\_KognitivniVyvojSkolniVzdelavani.pdf](http://www.ped.muni.cz/pedor/archiv/2008/Pedor08_3_Kohoutek_KognitivniVyvojSkolniVzdelavani.pdf).
- [4] Průcha, J., & kol., 2009. *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál.
- [5] Dvořáková, I., 2011. *Vědecké myšlení žáků- jak ho lze rozvíjet a testovat*. In M. Randa (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů 5*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni [CD-ROM], [online], [cit. 20. 3. 2020]. Dostupné z: [https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorakova/Plzen\\_prispevek\\_Dvorakova.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorakova/Plzen_prispevek_Dvorakova.pdf).
- [6] Hejnová, E., 2018. *Testování vědeckého myšlení*. In *MATEMATIKA–FYZIKA–INFORMATIKA* [online], 27(5), 350–359 [cit. 20. 3. 2020]. Dostupné z: <http://www.mfi.upol.cz/index.php/mfi/article/view/427>.
- [7] Dvořáková, I., 2011. *Fyzikální vzdělávání žáků a učitelů v projektu Heuréka*. Praha: Univerzita Karlova v Praze. Disertační práce [online]. [cit. 20. 3. 2020]. Dostupné z: <https://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorakova/Disertace.pdf>.
- [8] Sriyansyah, S. P., & Saepuzaman, D., 2017. *Prospective Physics Teachers' Consistency and Scientific Reasoning in the Learning of Force Concept*. In *International Conference on Mathematics and Science Education.*, 57, 21-24.
- [9] Bao, L. et al., 2009. *Learning of content knowledge and development of scientific reasoning ability: A cross culture comparison*. *American Journal of Physics*, 77(12), 1118–1123.
- [10] Novia, N., Syamsu, S., & Riandi, R. 2018. Student's achievement in Lawson's classroom scientific reasoning (LCTSR): The effect of gender and age on scientific reasoning ability. *International Conference on Mathematics and Science Education of Universitas Pendidikan Indonesia*, 3, 542–547. Dostupné z: <http://science.conference.upi.edu/proceeding/index.php/ICMScE/article/view/82>.
- [11] Piraksa, C., Srisawasdi, N., & Koul, R. 2014. Effect of Gender on Student's Scientific Reasoning Ability: A Case Study in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 486–491. DOI: [10.1016/j.sbspro.2014.01.245](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.245).

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky amerických studentů ve výzkumu, převzato z [1].....	10
Tabulka 2: Výsledky Lawsonova testu amerických a čínských studentů, převzato z [9] ...	16
Tabulka 3: Výsledky testu studentů 1.–3. ročníku MFF UK.....	17
Tabulka 4: Úspěšnost studentů MFF UK v jednotlivých oblastech kognitivního myšlení .	18
Tabulka 5: Četnost získaných bodů studentů MFF UK.....	19
Tabulka 6: Počty zúčastněných studentů z jednotlivých studijních oborů .....	21
Tabulka 7: Aprobace respondentů z oboru učitelství .....	22
Tabulka 8: Četnost získaných bodů studentů Přf UPOL .....	23
Tabulka 9: Úspěšnost studentů Přf UPOL v jednotlivých oblastech.....	25
Tabulka 10: Úspěšnost řešení dvojice otázek, počet správných odpovědí na jednotlivé otázky a koeficient obtížnosti otázek.....	27
Tabulka 11: Průměrný bodový zisk podle studijního oboru.....	29
Tabulka 12: Dosažená úroveň kognitivního myšlení podle studijních oborů .....	30
Tabulka 13: Úspěšnost studentů jednotlivých studijních oborů v testovaných oblastech vědeckého myšlení.....	31
Tabulka 14: Odpovědi na dvojice otázek studentů jednotlivých studijních oborů.....	33
Tabulka 15: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 1 a 2.....	36
Tabulka 16: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 3 a 4.....	38
Tabulka 17: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 5 a 6.....	40
Tabulka 18: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 7 a 8.....	42
Tabulka 19: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 9 a 10.....	44
Tabulka 20: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 11 a 12.....	46
Tabulka 21: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 13 a 14.....	48
Tabulka 22: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 15 a 16.....	50
Tabulka 23: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 17 a 18.....	52
Tabulka 24: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 19 a 20.....	54
Tabulka 25: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázky 21 a 22.....	56
Tabulka 26: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 23 .....	58
Tabulka 27: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 24 .....	59

Tabulka 28: Průměrný bodový zisk a dosažená úroveň kognitivního myšlení u žen a mužů .....	60
Tabulka 29: Úspěšnost žen a mužů v testovaných oblastech vědeckého myšlení.....	62
Tabulka 30: Úspěšnost řešení jednotlivých otázek žen a mužů.....	63
Tabulka 31: Odpovědi žen a mužů na otázky 1 a 2 .....	66
Tabulka 32: Odpovědi žen a mužů na otázky 3 a 4 .....	68
Tabulka 33: Odpovědi žen a mužů na otázky 5 a 6 .....	71
Tabulka 34: Odpovědi žen a mužů na otázky 7 a 8 .....	73
Tabulka 35: Odpovědi žen a mužů na otázky 9 a 10 .....	75
Tabulka 36: Odpovědi žen a mužů na otázky 11 a 12 .....	77
Tabulka 37: Odpovědi žen a mužů na otázky 13 a 14 .....	79
Tabulka 38: Odpovědi žen a mužů na otázky 15 a 16 .....	81
Tabulka 39: Odpovědi žen a mužů na otázky 17 a 18 .....	83
Tabulka 40: Odpovědi žen a mužů na otázky 19 a 20 .....	85
Tabulka 41: Odpovědi žen a mužů na otázky 21 a 22 .....	87
Tabulka 42: Odpovědi žen a mužů na otázku 23 .....	89
Tabulka 43: Odpovědi žen a mužů na otázku 24 .....	90

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Korelační matice s vypočítány Pearsonovy korelační koeficienty mezi oblastmi myšlení.....	26
--	----



## Seznam grafů

Graf 1: Úspěšnost studentů MFF UK v jednotlivých oblastech kognitivního myšlení .....	18
Graf 2: Četnost získaných bodů studentů MFF UK .....	19
Graf 3: Počet získaných bodů studentů PřF UPOL .....	23
Graf 4: Dosažená úroveň kognitivního myšlení studentů 1. ročníku PřF UPOL .....	24
Graf 5: Úspěšnost studentů PřF UPOL v jednotlivých oblastech.....	25
Graf 6: Průměrný bodový zisk podle studijního oboru.....	30
Graf 7: Dosažená úroveň kognitivního myšlení podle studijních oborů .....	30
Graf 8: Úspěšnost studentů jednotlivých studijních oborů v testovaných oblastech vědeckého myšlení.....	32
Graf 9: Odpovědi na dvojice otázek studentů jednotlivých studijních oborů.....	34
Graf 10: Krabicový diagram zobrazující rozdělení celkového skóre .....	35
Graf 11: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 1 .....	36
Graf 12: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 2 .....	36
Graf 13: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 3 .....	38
Graf 14: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 4 .....	38
Graf 15: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 5 .....	41
Graf 16: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 6 .....	41
Graf 17 : Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 7 .....	43
Graf 18: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 8 .....	43
Graf 19 : Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 9 .....	45
Graf 20: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 10 .....	45
Graf 21: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 11 .....	47
Graf 22: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 12 .....	47
Graf 23: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 13 .....	49
Graf 24: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 14 .....	49
Graf 25: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 15 .....	51
Graf 26: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 16 .....	51
Graf 27: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 17 .....	53
Graf 28: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 18 .....	53
Graf 29: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 19 .....	55
Graf 30: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 20 .....	55
Graf 31: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 21 .....	57

Graf 32: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 22 .....	57
Graf 33: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 23 .....	58
Graf 34: Odpovědi studentů jednotlivých studijních oborů na otázku 24 .....	60
Graf 35: Dosažená úroveň kognitivního myšlení u žen a mužů .....	61
Graf 36: Úspěšnost žen a mužů v testovaných oblastech vědeckého myšlení .....	62
Graf 37: Úspěšnost řešení jednotlivých otázek žen a mužů .....	64
Graf 38: Krabicový diagram zobrazující rozdělení celkového skóre podle pohlaví .....	65
Graf 39: Odpovědi žen a mužů na otázku 1 .....	67
Graf 40: Odpovědi žen a mužů na otázku 2 .....	67
Graf 41: Odpovědi žen a mužů na otázku 3 .....	69
Graf 42: Odpovědi žen a mužů na otázku 4 .....	69
Graf 43: Odpovědi žen a mužů na otázku 5 .....	71
Graf 44: Odpovědi žen a mužů na otázku 6 .....	71
Graf 45: Odpovědi žen a mužů na otázku 7 .....	73
Graf 46: Odpovědi žen a mužů na otázku 8 .....	73
Graf 47: Odpovědi žen a mužů na otázku 9 .....	75
Graf 48: Odpovědi žen a mužů na otázku 10 .....	75
Graf 49: Odpovědi žen a mužů na otázku 11 .....	77
Graf 50: Odpovědi žen a mužů na otázku 12 .....	77
Graf 51: Odpovědi žen a mužů na otázku 13 .....	79
Graf 52: Odpovědi žen a mužů na otázku 14 .....	79
Graf 53: Odpovědi žen a mužů na otázku 15 .....	81
Graf 54: Odpovědi žen a mužů na otázku 16 .....	81
Graf 55: Odpovědi žen a mužů na otázku 17 .....	83
Graf 56: Odpovědi žen a mužů na otázku 18 .....	83
Graf 57: Odpovědi žen a mužů na otázku 19 .....	85
Graf 58: Odpovědi žen a mužů na otázku 20 .....	85
Graf 59: Odpovědi žen a mužů na otázku 21 .....	87
Graf 60: Odpovědi žen a mužů na otázku 22 .....	88
Graf 61: Odpovědi žen a mužů na otázku 23 .....	89
Graf 62: Odpovědi žen a mužů na otázku 24 .....	90

# Přílohy

## Příloha č. 1:

Výpis souboru lawson.py pro skriptovací programovací jazyk Python s využitím knihovny pro analýzu dat pandas a modulu statistických funkcí scipy.stats.

```
# analyza Lawsonova testu
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
sns.set_style("whitegrid")
sns.set_style({'font.family': 'Times New Roman', 'xtick.direction': 'out',
'ytick.direction': 'out'}) # 'axes.grid': True,
from numpy import mean
from numpy import std
from scipy.stats import mannwhitneyu
from scipy.stats import ttest_ind

# nacteni dat
tabulka = pd.read_csv("lawson_tabulka_opr.csv")
tabulka['Pohlaví'].replace({"M": "muži", "F": "ženy"}, inplace=True)

# -----
zeny=tabulka.loc[tabulka['Pohlaví']=='ženy']
muzi=tabulka.loc[tabulka['Pohlaví']=='muži']
print("Ženy")
print(zeny['Celkem'].describe())
print("Muži")
print(muzi['Celkem'].describe())

# porovnaní rozdělení
print('Mann-Whitney pohlaví')
stat, p = mannwhitneyu(muzi['Celkem'], zeny['Celkem'])
print('Statistika=%.3f, p=%.3f' % (stat, p))

# interpretace
alpha = 0.05
if p > alpha:
    print('Stejná rozdělení (neodmítáme H0)\n')
else:
    print('Různá rozdělení (odmítáme H0)\n')

# porovnaní průměru
print('t-Test pohlaví')
stat, p = ttest_ind(zeny['Celkem'], muzi['Celkem'], equal_var=False)
print('Statistika=%.3f, p=%.3f' % (stat, p))
if p > alpha:
    print('Stejné průměry (neodmítáme H0)\n')
else:
    print('Různé průměry (odmítáme H0)\n')
```

```

# boxplot podle pohlavi
f1 = plt.figure()
bplot = sns.boxplot(data=tabulka, x="Pohlaví", y="Celkem", width=0.7,
palette=sns.color_palette("coolwarm", 2))
bplot=sns.swarmplot(data=tabulka, x="Pohlaví", y="Celkem", color='black',
alpha=0.75)
bplot.axes.set_title("Výsledky testu", fontsize=16)
bplot.set_xlabel("Pohlaví", fontsize=14)
bplot.set_ylabel("Skóre", fontsize=14)
bplot.tick_params(labelsize=14)
f1.show()

# -----
tabulka['Obor'].replace({"chemie": "odborné", "fyzika": "odborné"},
inplace=True)

ucitele=tabulka.loc[tabulka['Obor']=='učitelství']
odbornici=tabulka.loc[tabulka['Obor']=='odborné']

print("Učitelství")
print(ucitele['Celkem'].describe())
print("Odborné")
print(odbornici['Celkem'].describe())

# porovnani rozdeleni
print('Mann-Whitney obor')
stat, p = mannwhitneyu(ucitele['Celkem'], odbornici['Celkem'])
print('Statistika=%.3f, p=%.3f' % (stat, p))

# interpretace
if p > alpha:
    print('Stejná rozdělení (neodmítáme H0)\n')
else:
    print('Různá rozdělení (odmítáme H0)\n')

# porovnani prumeru
print('t-Test obor')
stat, p = ttest_ind(ucitele['Celkem'],odbornici['Celkem'],
equal_var=False)
print('Statistika=%.3f, p=%.3f' % (stat, p))
if p > alpha:
    print('Stejné průměry (neodmítáme H0)\n')
else:
    print('Různé průměry (odmítáme H0)\n')

# boxplot podle oboru
f2 = plt.figure()
bplot = sns.boxplot(data=tabulka, x="Obor", y="Celkem", width=.8,
palette=sns.color_palette("coolwarm", 2))
bplot=sns.swarmplot(data=tabulka, x="Obor", y="Celkem", color='black',
alpha=0.75)
bplot.axes.set_title("Výsledky testu", fontsize=16)
bplot.set_xlabel("Obor studia", fontsize=14)
bplot.set_ylabel("Skóre", fontsize=14)
bplot.tick_params(labelsize=14)
f2.show()

# -----
# korelace oblasti mysleni

```

```

kortab=pd.concat([2*tabulka['Score 1-2'],2*tabulka['Score 3-
4'],2*tabulka['Score 5-6']+2*tabulka['Score 7-8'],2*tabulka['Score 9-
10']+2*tabulka['Score 11-12']+2*tabulka['Score 13-14'],2*tabulka['Score
15-16']+2*tabulka['Score 17-18'],2*tabulka['Score 19-
20'],2*tabulka['Score 21-22']+tabulka['Score 23']+tabulka['Score
24'],tabulka['Celkem']],axis=1,
keys=['ZH','ZO','PO','IZ','PR','KO','KM','Celkem'])

f3 = plt.figure()
matrix = np.triu(kortab.corr())
kplot=sns.heatmap(kortab.corr(),cmap='coolwarm',annot = True, fmt='.2g',
vmin=-1, vmax=1, center= 0, linewidths=.75, linecolor='black',
square=True)
kplot.axes.set_title("Korelační matice", fontsize=16)
kplot.tick_params(labelsize=14)
f3.show()

# -----
# konec souboru

```