

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**PEDAGOGICKÁ FAKULTA**

**Katedra biologie**



**Diplomová práce**

Bc. Jana Neckařová

**Žákovské prekoncepce o stavbě a funkci mikroskopu**

Olomouc 2021

vedoucí práce: RNDr. Martin Jáč, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Martina Jáče, Ph.D., s využitím podkladů (použitá literatura, internetové zdroje, vlastní empirická data) citovaných v práci a uvedených v příloženém seznamu literatury. Bakalářská práce byla vypracována v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

Dále prohlašuji, že tištěná a elektronická verze jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Olomouci dne

---

Bc. Jana Neckařová

## **Poděkování**

Velké poděkování patří RNDr. Martinu Jáčovi, Ph.D., za odborné vedení práce, cenné rady, a věcné připomínky při zpracovávání diplomové práce. Děkuji RNDr. Vandě Janštové, Ph.D., za kontrolu validity konceptových testů. Dále děkuji vyučujícím základních škol, ve kterých výzkum probíhal, za umožnění jeho realizace, ochotu a vstřícnost.

## ANOTACE

<b>Jméno a příjmení:</b>	Bc. Jana Neckařová
<b>Katedra:</b>	Katedra biologie
<b>Vedoucí práce:</b>	RNDr. Martin Jáč, Ph.D.
<b>Rok obhajoby:</b>	2021

<b>Název práce:</b>	Žákovské prekoncepce o stavbě a funkci mikroskopu
<b>Název v angličtině:</b>	Pupils' preconceptions of the structure and function of the microscope
<b>Anotace práce:</b>	<p>Cílem předložené diplomové práce byla identifikaci žákovských prekonceptů a miskonceptů o stavbě a funkci světelného mikroskopu u žáků 2. stupně základních škol. V teoretické části byla zpracována komparativní obsahová analýza problematiky práce s mikroskopem v učebnicích přírodopisu pro 2. stupeň základních škol a literární rešerše shrnující dosavadní výzkumy týkající se problematiky hodnocení žákovských mikroskopických dovedností a jejich významu při výuce biologie. V praktické části byl proveden výzkum žákovských prekonceptů a miskonceptů o stavbě a funkci světelného mikroskopu pomocí konceptového testu. Z výsledků vyplývá, že žáci 6. a 7. ročníku mají lepší představy o stavbě a funkci mikroskopu v porovnání s žáky 9. ročníku. Dále jen velmi málo žáků obou výzkumných skupin dokázalo správně určit hodnotu nejmenšího a největšího zvětšení mikroskopu, vlastnosti obrazu pozorovaného pod mikroskopem a vysvětlit správné zásady při mikroskopování.</p>
<b>Klíčová slova:</b>	Složený světelný mikroskop; prekoncepce; miskoncepce; základní škola

<b>Anotace práce v angličtině:</b>	<p>The aim of the submitted diploma thesis was to identify pupils' preconceptions and misconceptions about the structure and function of the light microscope at lower secondary school. In the theoretical part of the thesis, a comparative content analysis focused on light microscopy in biology textbooks for lower secondary schools was prepared, as well as literature review summarizing selected results of research highlighting evaluation of pupils' microscopy skills. In the practical part of the thesis, a research of pupils' preconceptions and misconceptions about the structure and function of the light microscope using a conceptual test was performed. The results show that pupils in grade 6 and grade 7 have slightly more developed scientific preconceptions about the structure and function of the compound light microscope compared to pupils in grade 9. Furthermore, only few pupils in both research groups were able to correctly determine the value of the smallest and largest magnification of the light microscope, describe the properties of the image observed under the microscope and explain specific steps how to focus a specimen when using a microscope.</p>
<b>Klíčová slova v angličtině</b>	<p>Compound light microscope; preconceptions; misconceptions; lower secondary school</p>
<b>Přílohy vázané v práci</b>	<p><b>Příloha č. 1:</b> Vstupní dotazník a konceptový test pro žáky 2. stupně ZŠ</p>
<b>Rozsah práce</b>	<p>83 stran + 6 stran příloh</p>
<b>Jazyk práce</b>	<p>čeština</p>

# OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍLE PRÁCE.....	10
3	TEORETICKÝ ÚVOD.....	11
3.1	Mikroskop a práce s mikroskopem v přírodopisném kurikulu .....	11
3.1.1	Tematický okruh mikroskop a práce s mikroskopem v dřívějších a současných kurikulárních dokumentech.....	11
3.1.2	Tematický okruh mikroskop a práce s mikroskopem v současných učebnicích přírodopisu .....	13
3.2	Prekoncepty, miskoncepty a nástroje pro jejich hodnocení .....	21
3.3	Výsledky výzkumných šetření zaměřených na hodnocení dovedností práce s mikroskopem .....	26
3.4	Rozšiřující náměty pro výuku mikroskopování dokumentované v odborné literatuře .....	34
4	METODIKA .....	37
4.1	Respondenti výzkumného šetření .....	37
4.2	Výzkumný nástroj .....	37
4.3	Vyhodnocení a statistické zpracování získaných dat.....	39
5	VÝSLEDKY .....	42
5.1	Žákovské znalosti o stavbě a funkci mikroskopu .....	42
5.2	Žákovské prekoncepce o přípravě dočasného mikroskopického preparátu.....	53
5.3	Žákovské prekoncepce o vlastnostech obrazu pozorovaného mikroskopem .....	56
5.4	Žákovské prekoncepce o celkovém zvětšení mikroskopu .....	60
5.5	Žákovské představy o vybraných zásadách práce s mikroskopem.....	62
5.6	Doplňující informace k žakovské práci s mikroskopem z dotazníkového šetření.....	65
6	DISKUZE .....	68
7	ZÁVĚR .....	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	74

ZDROJE OBRÁZKŮ KONCEPTOVÉHO TESTU .....	82
SEZNAM PŘÍLOH .....	83

# 1 ÚVOD

Učivo zaměřené na stavbu a funkci mikroskopu a práci s mikroskopem v rámci laboratorních cvičení je nedílnou součástí vzdělávacího obsahu přírodopisu. Ve Standardu základního vzdělávání (1995) byla dovednost práce s mikroskopem vymezena ve vzdělávacích cílech předmětu přírodopis (Standard základního vzdělávání, 1995). V současném RVP (RVP ZV, 2017) i v jeho revidované formě z roku 2021 (RVP ZV, 2021) je toto učivo součástí vzdělávacího obsahu tematického okruhu „Praktické poznávání přírody“ v rámci vzdělávacího oboru „Přírodopis“ (RVP ZV, 2017, s. 75; RVP ZV, 2021, s. 75). Současné učebnice přírodopisu zahrnují učivo o stavbě mikroskopu a mikroskopování v 6. ročníku a obsah této kapitoly se v různých učebnicích liší, avšak všechny uvádějí popis jednotlivých částí mikroskopu. Dále se v učebnicích objevuje popis postupu při přípravě dočasného mikroskopického preparátu a při vlastním mikroskopování, výpočet celkového zvětšení preparátu pozorovaného mikroskopem a některé učebnice uvádějí také základní mikroskopické pomůcky či historickou zmínku o prvních mikroskopech (Dobroruka et al., 1997; Kočárek & Kočárek, 1998; Jurčák et al., 1999; Maleninský et al., 2004; Musilová et al., 2007; Kvasničková et al., 2009; Čabradová et al., 2010; Dančák & Sedlářová, 2011; Černík et al., 2013; Pelikánová et al., 2014; Žídková et al., 2017).

Již jedny z prvních výzkumů zaměřených na mikroskopické dovednosti (Tyler, 1930; Barker, 1981) ukázaly, že mnoho studentů neumí správně a efektivně pracovat s mikroskopem (Tyler, 1930; Barker, 1981). Proto byly navrženy různé výukové metody a aktivity, které by tyto nedostatky alespoň do určité míry překlenuly (Harris et al., 2001; Fitch, 2001; Jäkel, 2012; Wong & Devaiah, 2014; Jäkel, 2015; Tulloch & Spiller, 2015; Haşiloğlu & Eminoglu 2017; Kara, 2018).

Prekoncepty (prekoncepce) jsou vnitřní formou poznatku, které jsou u žáků utvářeny všemi zkušenostmi a vlivy, které na ně působí po celý život (Slavík, 1995; Doulík & Škoda, 2003; Doulík & Škoda, 2010). Mylné představy žáků o konkrétním pojmu, které jsou v rozporu s vědecky správným pojetím, jsou označovány jako miskoncepce, a pro efektivní průběh vyučování a učení je velmi důležitá jejich identifikace (Nakhleh, 1992; Hasan et al., 1999; Dikmenli, 2010; Gurel et al., 2015; Sadhu et al., 2017). K identifikaci žákovských miskonceptů jsou využívány rozhovory, testy s otevřenými otázkami, testy s výběrem odpovědi, víceúrovňové (konceptuální) testy nebo kombinace více diagnostických metod. Předložená diplomová práce se věnuje identifikaci prekonceptů a miskonceptů o stavbě a funkci světelného mikroskopu u žáků 2. stupně základních škol. Praktická část diplomové práce se zaměřuje na



porovnání prekonceptí a miskonceptí u žáků 6. a 7. ročníku v návaznosti na probrané učivo o mikroskopu a realizovaná praktická cvičení s využitím světelného mikroskopu a u žáků 9. ročníku, u kterých byla zjišťována úroveň prekonceptí v závěru povinné školní docházky.

## 2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem předložené diplomové práce je charakterizovat prekoncepce o stavbě a funkci mikroskopu u žáků 2. stupně základních škol a identifikovat jednotlivé miskoncepce a četnost jejich výskytu. Při vypracování diplomové práce byly stanoveny následující dílčí cíle:

- a) zpracovat komparativní obsahovou analýzu problematiky práce s mikroskopem v učebnicích přírodopisu pro 2. stupeň základních škol;
- b) zpracovat literární rešerši shrnující dosavadní výzkumy týkající se problematiky hodnocení žakovských mikroskopických dovedností a jejich významu při výuce biologie;
- c) zrealizovat výzkum žakovských prekonceptů a miskonceptů týkajících se stavby a funkce světelného mikroskopu pomocí konceptového testu a získaná data analyzovat s využitím základních statistických metod.

Při výzkumu žakovských prekonceptů a miskonceptů byla stanovena následující výzkumná hypotéza:

H<sub>0</sub>: Zastoupení (relativní četnost) miskonceptů o stavbě a funkci mikroskopu u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) a žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2) se statisticky významně neliší.

H<sub>1</sub>: Zastoupení (relativní četnost) miskonceptů o stavbě a funkci mikroskopu je u žáků 9. ročníku statisticky významně vyšší v porovnání se žáky 6. a 7. ročníku.

Nulová hypotéza bude ověřována pro jednotlivé posuzované prekoncepce. Alternativní hypotéza (vyšší zastoupení miskonceptů o stavbě a funkci mikroskopu u žáků 9. ročníku) vychází z výsledků autorky získaných v rámci bakalářské práce, kde bylo zjištěno, že laboratorní (praktická) cvičení jsou ve výuce přírodopisu (včetně mikroskopických cvičení) zařazována především do 6. a 7. ročníku (Neckařová, 2018, s. 34-58). Lze tedy předpokládat, že vliv teoretické výuky v kombinaci s nácvikem práce s mikroskopem u žáků nižších ročníků 2. stupně ZŠ bude mít pozitivní vliv na překlenutí alespoň některých miskonceptů. Naopak nízké zastoupení laboratorních prací s využitím mikroskopu v 8. a 9. ročníku (oborově správné prekoncepce nebudou posilovány v rámci praktické výuky) může mít negativní vliv na výslednou úroveň žakovských prekonceptů na konci povinné školní docházky.

## 3 TEORETICKÝ ÚVOD

### 3.1 Mikroskop a práce s mikroskopem v přírodopisném kurikulu

#### 3.1.1 Tematický okruh mikroskop a práce s mikroskopem v dřívějších a současných kurikulárních dokumentech

Kurikulum existuje v několika na sebe navazujících formách, z nichž jednou je forma projektová<sup>1</sup>, která zahrnuje mimo jiné vzdělávací programy (v současném kurikulu např. Rámcový vzdělávací program základního vzdělávání - RVP ZV, 2017 a na ně navazující Školní vzdělávací programy) nebo učebnice (Maňák & Janík, 2009; Průcha, 2017). V této podkapitole bude stručně charakterizováno zastoupení učiva a cílů vzdělávání (respektive očekávaných výstupů) v rámci tematického okruhu „*mikroskop a práce s mikroskopem*“<sup>2</sup> v kurikulárních dokumentech pro základní vzdělávání platných v období 1990 – 2005 a dále v současné verzi Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV, 2017; srov. Neckařová, 2018, s. 13-16).

*Standard základního vzdělávání* (1995) formuluje obecně platné „*vzdělávací cíle*“ a obsah vzdělávání (tzv. „*kmenové učivo*“). Vzdělávací obor biologie a geologie zde spadá do vzdělávací oblasti přírodovědní, kde je jedním ze specifických cílů výuky uvedena dovednost práce s lupou a mikroskopem. Mezi okruhy kmenového učiva není práce s mikroskopem nijak blíže specifikována, je zde uvedeno pouze v obecné rovině jako tematický okruh „*Zkoumání přírody*“ (Standard základního vzdělávání, 1995<sup>3</sup>; Vránová, 2004). Vzdělávací programy *Základní škola* (1996, s. 155) a *Obecná škola* (1996, s. 155) uvádějí pozorování lupou a mikroskopem poprvé v 6. ročníku na 2. stupni ZŠ, ale v případě programu *Základní škola* je první zmínka o mikroskopu již v rámci prvouky (1. až 3. ročník ZŠ), kde je součástí rozšiřujícího učiva tematického celku „*Člověk*“ (Vzdělávací program Základní škola, 1996, s. 109). V tomto vzdělávacím programu je tematický okruh „*mikroskop a práce s mikroskopem*“ rozpracován nejpodrobněji včetně konkrétních námětů na praktická (laboratorní) cvičení, z nichž mnohá cvičení jsou zaměřena na práci žáků s mikroskopem. Jako příklad je možné uvést v rámci 6. ročníku tematický celek „*Mnohobuněčné organismy*“, kde je

---

<sup>1</sup> Podrobně je problematika kurikula ve vazbě na praktickou výuku přírodopisu zpracovaná v bakalářské práci (Neckařová, 2018, s. 10-16; Kap. 3.1.1, 3.1.2 a 3.1.3), proto již není problematika kurikula v diplomové práci blíže zpracována.

<sup>2</sup> Souhrnné označení tematického okruhu autorkou diplomové práce, který bude systematicky používán v celém textu práce.

<sup>3</sup> V elektronické verzi dokumentu *Standard základního vzdělávání* (1995) není uvedeno číslování stran, proto u přímých citací termínů z tohoto dokumentu není uvedeno číslo strany, přímá citace textu je proložena kurzívou a ohraničena uvozovkami.

mezi náměty laboratorních cvičení zahrnuto například (1) „*Pozorování stavby těla a reakcí různých druhů hmyzu, mikroskopování částí jejich těl (výběr)*“ nebo (2) „*Zhotovování mikroskopických preparátů částí těl členovců, pozorování trvalých preparátů*“. V tomto ročníku by žák měl umět „*zacházet s lupou a mikroskopem, připravovat jednoduché mikroskopické preparáty, pozorovat a kreslit připravené nebo trvalé mikropreparáty*“ (Vzdělávací program Základní škola, 1996, s. 156). V 7. ročníku by žák již měl „*pracovat samostatně podle popisu práce, připravit si materiál pro mikroskopování; mikroskopovat*“ (Vzdělávací program Základní škola, 1996, s. 159). Mezi náměty na praktická cvičení s využitím mikroskopu je v tomto ročníku zařazeno například (1) „*Poznávání mechů, mikroskopování částí jejich těl*“; (2) „*Pozorování výtrusnic a výtrusů kapradin (mikroskopování, práce s lupou)*“; (3) „*Příprava preparátu s příčným řezem řapíkem listu kapradiny (pozorování cévních svazků)*“; (4) „*Mikroskopování pylu nahosemenných rostlin*“ (5) „*Pozorování částí květů lupou i pod mikroskopem*“ a náměty se zaměřením na zoologii jsou zde (6) „*Mikroskopování tkání ryb, obojživelníků, plazů*“ a (7) „*Mikroskopování tkání ptáků (trvalé preparáty)*“ (Vzdělávací program Základní škola, 1996, s. 157-161). V 8. a 9. ročníku už se práce s mikroskopem v rámci praktických cvičení objevuje méně často, učitelé mohou se žáky například pozorovat pod mikroskopem části těla savců či tkáně lidského těla (Vzdělávací program Základní škola, 1996). Tento vzdělávací program (viz s. 270-280) nabízí předmět přírodopis také ve variantě se zaměřením na ekologii pod názvem „*Ekologický přírodopis*“. V osnovách tohoto předmětu je učivo tematického okruhu „*mikroskop a práce s mikroskopem*“ zařazeno do 6. ročníku v rámci tematického celku „*Metody zkoumání přírody*“ (Vzdělávací program Základní škola, 1996, s. 270-271). O mikroskopu je v tomto vzdělávacím programu zmínka také v rámci fyziky (6.-7. ročník), kde je u tematického celku „*Světelné jevy*“ v rámci rozšiřujícího učiva zahrnuto téma „*Princip mikroskopu*“ (Vzdělávací program Základní škola, 1996, s. 146-147). Vzdělávací program *Obecná škola* (1996, s. 155) uvádí v učebních osnovách pro 6. ročník tematický okruh „*Pozorování přírody*“, kam spadá učivo zaměřené na „*mikroskop a práci s mikroskopem*“, ovšem žádné podrobnější náměty pro mikroskopování tento vzdělávací program nezmiňuje. Učivo o mikroskopu je uvedeno také v rámci fyziky v tematickém celku „*Světelné a zvukové jevy*“ (Vzdělávací program *Obecná škola*, 1996, s. 176). Ve vzdělávacím programu *Národní škola* (1997) o konkrétní práci s mikroskopem není žádná zmínka, pouze jedním z cílů, který lze vztahovat k práci s mikroskopem je „*pozorovat přírodniny a jejich vlastnosti v laboratorním i přirozeném prostředí*“ (Vzdělávací program *Národní škola*, 1997, s. 74). Tento vzdělávací program nabízí také integrovaný předmět „*Poznávání přírody*“, který zahrnuje spolu s přírodopisem také předměty fyzika a chemie.

V osnovách tohoto předmětu je v 6. ročníku zahrnut tematický celek „*Metody poznávání přírody – pozorování, pokus*“ (Vzdělávací program Národní škola, 1997, s. 84).

Všechny výše uvedené vzdělávací programy nabízely také volitelné předměty s přírodopisným zaměřením, které se ve svém vzdělávacím obsahu zaměřují na rozvíjení praktických dovedností žáků, tedy různá pozorování a pokusy včetně využívání mikroskopu (bližší viz Neckařová, 2018, s. 14-15, kde byla problematika těchto volitelných předmětů podrobněji zpracována).

Po roce 2000 proběhla v České republice kurikulární reforma, která místo výše uvedených vzdělávacích programů zavedla na republikové (státní) úrovni jako závazné kurikulární dokumenty Rámcové vzdělávací programy (Seberová, 2009). V současném Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání (RVP ZV, 2017) je učivo zaměřené na mikroskop a mikroskopování zařazeno v rámci vzdělávacího oboru „*Přírodopis*“, tematickém okruhu „*Praktické poznávání přírody*“ v rámci učiva „*praktické metody poznávání přírody – pozorování lupou a mikroskopem*“ a očekávaných výstupů „*žák (1) P-9-8-01 aplikuje praktické metody poznávání přírody a (2) P-9-8-02 dodržuje základní pravidla bezpečnosti práce a chování při poznávání živé a neživé přírody*“ (Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání, 2017, s. 75). V rámci revize RVP ZV, která proběhla na začátku roku 2021, byl vypuštěn druhý z očekávaných výstupů (P-9-8-02), okruh učiva zaměřený na práci s mikroskopem a lupou zůstal v revidované verzi RVP ZV zachován (RVP ZV, 2021, s. 75).

### **3.1.2 Tematický okruh mikroskop a práce s mikroskopem v současných učebnicích přírodopisu**

Učebnice, stejně jako výše zmíněné kurikulární dokumenty (viz Kapitola 3.1.1), zařazuje Průcha do projektové formy kurikula (Průcha, 2017; bližší viz Neckařová, 2018, s. 10-13 a s. 16). V této kapitole bude zpracována komparativní obsahová analýza, jakým způsobem je učivo o stavbě a funkci mikroskopu prezentováno v 11 současných učebnicích přírodopisu pro 2. stupeň základních škol a odpovídající ročníky víceletých gymnázií od 9 různých nakladatelství. Konkrétně byly do obsahové analýzy zařazeny učebnice od následujících nakladatelství: Nakladatelství České geografické společnosti 2004, Fraus 2010, Fraus 2014, Fortuna 2009, Jinan 1998, Nová škola 2007, Prodos 1997, Prodos 2011, Scientia 1997, SPN 2013 a Taktik 2017<sup>4</sup>. Všechny tyto učebnice jsou opatřeny schvalovací doložkou MŠMT<sup>5</sup>. Ve

---

<sup>4</sup> Tyto učebnice byly z hlediska zastoupení námětů praktických (laboratorních) cvičení posuzovány v bakalářské práci autorky (Neckařová, 2018, Kap. 3. 1. 4, s. 16-20). Nově byly v rámci diplomové práce zařazeny učebnice Nakladatelství Fraus, 2014 a Taktik, 2017).

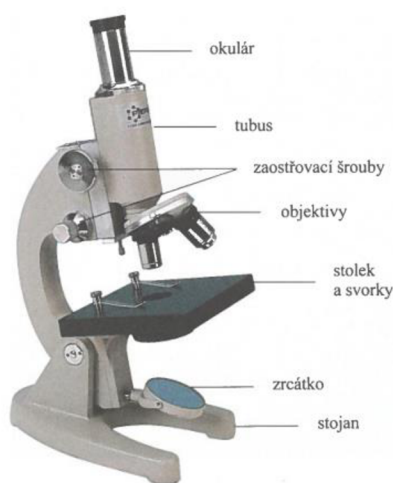
<sup>5</sup> MŠMT – Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

zmíněných učebnicích je učivo o mikroskopu zařazeno v 6. ročníku, v rámci kapitoly *Život na Zemi* (Čabradová et al., 2010; Černík et al., 2013; Pelikánová et al., 2014; Žídková et al., 2017), *Pozorování přírody* (Musilová, Konětopský & Vlk, 2007), *Poznáváme přírodu* (Kvasničková et al., 2009), *S mikroskopem za tajemstvím ukrytého světa* (Kočárek & Kočárek, 1998), jako samostatná kapitola *Mikroskop* (Maleninský et al., 2004) či v rámci kapitoly *Laboratorní práce* (Dobroruka et al., 1997; Jurčák et al., 1997a) v zadní části učebnice. Výjimku tvoří učebnice od nakladatelství Prodos (2011), v níž je toto učivo zahrnuto v pracovním sešitě, který je v elektronické verzi součástí této učebnice (Dančák & Sedlářová, 2011a). Obsah kapitoly o mikroskopu je strukturován v jednotlivých učebnicích různě, většina učebnic obsahuje obrázek mikroskopu popisující jeho základní části, dále jsou v některých učebnicích vyobrazeny a popsány základní mikroskopické pomůcky, popis, jak vytvořit dočasný preparát a jak postupovat při mikroskopování, nebo jak vypočítat celkové zvětšení pozorovaného objektu. Podrobněji náplň učiva v jednotlivých učebnicích shrnuje následující tabulka (viz Tab. 1). Jak vyplývá z tabulky, základem této kapitoly je ve všech učebnicích popis jednotlivých částí žákovského mikroskopu (viz Obr. 1). V učebnicích nakladatelství Fraus (2010), Fortuna (2009), Nakladatelství České geografické společnosti (2004), Jinan (1998), Taktik (2017) a Nová škola (2007) je prezentován monokulární mikroskop se zrcátkem (Kočárek & Kočárek, 1998; Maleninský et al., 2004; Musilová, Konětopský & Vlk, 2007; Kvasničková et al., 2009; Čabradová et al., 2010; Žídková et al., 2017) a v učebnicích nakladatelství Fraus (2014), Prodos (1997), Prodos (2011) a SPN (2013) je uveden monokulární mikroskop s lampičkou (Jurčák et al., 1997a; Dančák & Sedlářová, 2011a; Černík et al., 2013; Pelikánová et al., 2014), avšak v některých učebnicích (Prodos 1997; Prodos 2011, Taktik 2017) je u popisu uvedeno zrcátko i lampička. Žáci by měli umět pojmenovat (1) okulár, (2) tubus, (3) objektivy, (4) stolek se svorkami, (5) zrcátko/lampu, (6) zaostřovací šrouby a (7) stojan/stativ. V učebnici Nakladatelství České geografické společnosti (Maleninský et al., 2004) je zaostřovací šroub dále rozlišován na šroub pro hrubé zaostření a šroub pro jemné zaostření a učebnice nakladatelství SPN (Černík et al., 2013) u popisu mikroskopu navíc uvádí kondenzor a kolektor (viz Tab. 2).

**Tab. 1: Přehled obsahu učiva kapitoly o stavbě a funkci mikroskopu v jednotlivých učebnicích přírodopisu.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
<b>Popis stavby mikroskopu</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X*	X	X
<b>Mikroskopické pomůcky</b>	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X
<b>Popis přípravy dočasného preparátu</b>	X	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X
<b>Obrázek přípravy dočasného preparátu</b>	X	X	-	-	X	X	X	-	-	-	X
<b>Popis postupu při mikroskopování</b>	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X
<b>Ukázková mikrofotografie vybraného objektu</b>	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-
<b>Výpočet celkového zvětšení</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Vysvětlivky: „x“ ... příslušný okruh učiva je v učebnici obsažen; „-“ ... příslušný okruh učiva v učebnici není obsažen; „\*“... popis stavby mikroskopu není doplněn obrázkem; (1) Nová škola, 2007, (2) Nakladatelství České Geografické společnosti, 2004, (3) Jinan, 1998, (4) Taktik, 2017, (5) SPN, 2013, (6) Fraus, 2010, (7) Fraus, 2014, (8) Fortuna, 2009, (9) Scientia, 1997, (10) Prodos, 1997, (11) Prodos, 2011 – pracovní sešit.*



**Obr. 1: Ukázka popisu stavby mikroskopu z učebnice Ekologického přírodopisu nakladatelství Fortuna pro 6. ročník základní školy (Kvasničková et al., 2009, s. 6).**

**Tab. 2: Přehled částí mikroskopu uvedených v jednotlivých učebnicích přírodopisu.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)*	(10)	(11)
<b>Okulár</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Tubus</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x
<b>Svorky</b>	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x
<b>Stolek</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Kondenzor</b>	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
<b>Kolektor</b>	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
<b>Lampa / zrcátko</b>	x <sup>Z</sup>	x <sup>Z</sup>	x <sup>Z</sup>	x <sup>Z+L</sup>	-	x <sup>Z</sup>	x <sup>L</sup>	x <sup>Z</sup>	x <sup>L</sup>	x <sup>Z+L</sup>	x <sup>Z+L</sup>
<b>Objektiv</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Zaostřovací šrouby</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x
<b>Stojan / stativ</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x

*Vysvětlivky: „x“ ... příslušná část mikroskopu je v učebnici uvedena; „-“ ... příslušná část mikroskopu není v učebnici uvedena; „x<sup>Z</sup>“... u popisu mikroskopu je uvedeno zrcátko; „x<sup>L</sup>“... u popisu mikroskopu je uvedena lampa (osvětlení); „x<sup>Z+L</sup>“... u popisu mikroskopu je uvedeno zrcátko i lampa; „\*“... popis stavby mikroskopu není doplněn obrázkem 1) Nová škola, 2007, (2) Nakladatelství České Geografické společnosti, 2004, (3) Jinan, 1998, (4) Taktik, 2017, (5) SPN, 2013, (6) Fraus, 2010, (7) Fraus, 2014, (8) Fortuna, 2009, (9) Scientia, 1997, (10) Prodos, 1997, (11) Prodos, 2011 – pracovní sešit.*



Dále jsou v některých učebnicích uváděny základní mikroskopické pomůcky. Přehled těchto pomůcek obsažených v jednotlivých učebnicích shrnuje následující tabulka (viz Tab. 3).

**Tab. 3: Přehled mikroskopických pomůcek uváděných v učebnicích přírodopisu.**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) *	(9) *	(10)	(11)
<b>Nůžky</b>	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x
<b>Pinzeta</b>	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x
<b>Jehla</b>	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x
<b>Skalpel (žiletka)</b>	x	-	x	x	x	x	x	-	-	x	x
<b>Kapátko (pipeta)</b>	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x
<b>Podložní sklíčko</b>	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	x
<b>Krycí sklíčko</b>	x	x	x	-	x	x	-	-	-	x	x
<b>Petriho miska</b>	x	-	-	x	x	-	-	-	-	x	-

*Vysvětlivky: „x“ ... daná mikroskopická pomůcka je v učebnici uvedena; „-“ ... daná mikroskopická pomůcka není v učebnici uvedena; „\*“ ... v této učebnici mikroskopické pomůcky nejsou uvedeny; (1) Nová škola, 2007, (2) Nakladatelství České Geografické společnosti, 2004, (3) Jinan, 1998, (4) Taktik, 2017, (5) SPN, 2013, (6) Fraus, 2010, (7) Fraus, 2014, (8) Fortuna, 2009, (9) Scientia, 1997, (10) Prodos, 1997, (11) Prodos, 2011 – pracovní sešit.*

Učebnice nakladatelství Nová škola (Musilová, Konětopský & Vlk, 2007) zařazuje učivo o mikroskopu v rámci kapitoly „Pozorování přírody“. Je zde uveden popis jednotlivých částí školního mikroskopu, postup při přípravě mikroskopického preparátu doplněný obrázkem, správný postup při mikroskopování a jsou zde vyjmenovány a vyobrazeny základní mikroskopické pomůcky. Na konci této kapitoly jsou zmíněny dva náměty na praktická cvičení – (1) *Pozorování vzduchových bublin* a (2) *Pozorování rostlinné buňky*. Oba tyto náměty jsou doplněny fotografiemi pozorovaného objektu pod mikroskopem. Další náměty na praktická cvičení jsou uváděny v zadní části učebnice, kde z celkového počtu 7 námětů je jich 5 zaměřeno na práci s mikroskopem. Součástí učebnice jsou očekávané výstupy vztahující se k danému učivu – žák „využívá dalekohled, lupu a mikroskop při pozorování přírody, samostatně zhotoví jednoduchý mikroskopický preparát, samostatně pracuje s mikroskopem, dodržuje postup práce při práci s mikroskopem, určuje zvětšení“ (Musilová, Konětopský & Vlk, 2007, s. 66).

V učebnici *Hravý přírodopis* od nakladatelství Taktik (Židková et al., 2017) je učivo zaměřené na stavbu a funkci mikroskopu součástí kapitoly „Život na Zemi“, kde je v úvodu

kapitoly stručně zmíněn historický vývoj školních mikroskopů. V další části je obrázek monokulárního mikroskopu pojmenovávající jeho jednotlivé části a popis jeho stavby je rozpracován také v textu. Dále jsou v této učebnici opět uvedeny základní mikroskopické pomůcky a jsou zde popsány zásady při pozorování mikroskopem, ovšem bez uvedeného postupu při tvorbě dočasného preparátu. V zadní části učebnice jsou uvedeny 4 náměty na praktická cvičení, všechny s využitím mikroskopu (Žídková et al., 2017).

Učebnice *Ekologický přírodopis* od nakladatelství Fortuna (Kvasničková et al., 2009) má učivo o stavbě a funkci mikroskopu zpracované v rámci úvodní kapitoly „*Poznáváme přírodu*“. V textu kapitoly je popsáno, jak pracovat s mikroskopem včetně přípravy mikroskopického preparátu pylových zrn. Jako v předchozích učebnicích, i zde je obrázek monokulárního mikroskopu se zrcátkem s pojmenováním jeho částí (viz výše Obr. 1). V této učebnici jsou náměty pro praktická cvičení uváděny vždy na konci kapitoly (tematického celku), ke které se vztahují, a jsou označeny jako „*laboratorní práce*“. Celkem je v této učebnici uvedeno 5 takovýchto námětů, z nichž 3 jsou zaměřeny na pozorování mikroskopem (Kvasničková et al., 2009). V metodické příručce k této učebnici jsou stanoveny následující očekávané výstupy vztahující se ke zmiňované kapitole ve vazbě na mikroskopování: „*Žák: (1) porovná rozdíl v pozorování pouhým okem, lupou a mikroskopem, (2) pozoruje lupou, mikroskopem*“ (Kvasničková et al., 2005, s. 34).

Učebnice nakladatelství SPN (Černík et al., 2013, s. 15-16) uvádí popis částí mikroskopu doplněný obrázkem, kde je v porovnání s ostatními učebnicemi zmíněn navíc kondenzor a kolektor, dále učebnice představuje základní potřeby k mikroskopování, popis přípravy mikroskopického preparátu včetně obrázku a postup při mikroskopování. Součástí této kapitoly v odstavci „*Úkol*“ je námět na praktické cvičení – příprava mikroskopického preparátu z lístku vodního moru a jeho vlastní pozorování pod mikroskopem. Řada dalších námětů pro praktická cvičení je uvedena v rámci jednotlivých kapitol (Černík et al., 2013).

Učebnice nakladatelství Jinan (Kočárek & Kočárek, 1998, s. 8-11) představuje učivo o stavbě a funkci mikroskopu velmi podrobně v kapitole „*S mikroskopem za tajemstvím ukrytého světa*“. V úvodu této kapitoly jsou zobrazeny historické mikroskopy, po nich následuje obrázek a popis současného mikroskopu, obrázek základních mikroskopických pomůcek a je zde rozpracován postup při tvorbě preparátu a při vlastním pozorování mikroskopem. V celé této učebnici jsou náměty pro praktická cvičení uváděny v rámci jednotlivých kapitol v odstavci „*Pokus, pozorování*“. V rámci úvodní kapitoly zaměřené na mikroskopování je zmíněno například pozorování vláknité zelené řasy nebo buněk pokožky cibule (Kočárek & Kočárek, 1998).

Učebnice nakladatelství Fraus (Čabradová et al., 2010) uvádí učivo o mikroskopu velmi stručně. Je zde popsán monokulární žákovský mikroskop se zrcátkem a pomůcky pro mikroskopování a dále schéma znázorňující přípravu mikroskopického preparátu s úkolem pro žáky (viz Obr. 2). Všechny náměty pro praktická cvičení uvedeny na konci učebnice jsou zaměřeny na pozorování mikroskopem. V novější řadě učebnice od nakladatelství Fraus (Pelikánová et al., 2014) je obsah kapitoly o mikroskopu stejný, jediným rozdílem je obrázek mikroskopu, který je nahrazen novějším typem (monokulární mikroskop s lampičkou). Postup, jak pracovat s mikroskopem je zmíněn pouze v příručce pro učitele v odstavci „*Mikroskopické desatero*“. Tato příručka poskytuje také žákovské laboratorní protokoly k výše zmíněným praktickým cvičením vhodné k tisknutí či kopírování do výuky (Čabradová et al., 2004a).



**Obr. 2: Postup přípravy dočasného preparátu z učebnice nakladatelství Fraus, 2010 (Čabradová et al., 2010, s. 19).**

Následující učebnice uvádějí učivo o stavbě a funkci mikroskopu v zadní části knihy. Učebnice Nakladatelství České geografické společnosti (Maleninský, Smrž & Škoda, 2004, s. 100-101) jej uvádí v kapitole „*Mikroskop*“, jejímž obsahem je popis stavby mikroskopu, mikroskopické pomůcky, popis, jak připravit mikroskopický preparát a jak jej pozorovat mikroskopem. Náměty pro praktická cvičení jsou uváděna v rámci jednotlivých kapitol a jsou označena jako „*O čem byla řeč*“ (Maleninský, Smrž & Škoda, 2004). Učebnice nakladatelství Scientia (Dobroruka et al., 1997) a Prodos (Jurčák et al., 1997a) zařazují učivo o mikroskopu až v rámci kapitoly „*Laboratorní práce*“, jejíž součástí jsou konkrétní náměty pro praktická cvičení. Učebnice nakladatelství Scientia (Dobroruka et al., 1997) je jedinou ze zmiňovaných učebnic, která neobsahuje obrázek mikroskopu popisující jeho jednotlivé části. V této učebnici je celkem 5 námětů pro praktická cvičení, z nichž 3 se zaměřují na pozorování mikroskopem. Učebnice od nakladatelství Prodos (1997) navíc popisuje zásady vedení laboratorního protokolu a jeho obsah. Součástí této učebnice je celkem 26 námětů pro praktická cvičení rozdělených do 5 kapitol. Z těchto námětů je jich 16 (61,5 %) zaměřeno na práci s mikroskopem (Jurčák et al., 1997a).

V některých učebnicích je také zmínka o prvních mikroskopech spojených se jménem Antonyho van Leeuwenhoeka, která je v učebnicích nakladatelství Fraus (2010, 2014) a Jinan doplněna také obrázkem Leeuwenhoekova mikroskopu (Kočárek & Kočárek, 1998; Čabradová et al., 2010; Pelikánová et al., 2014).

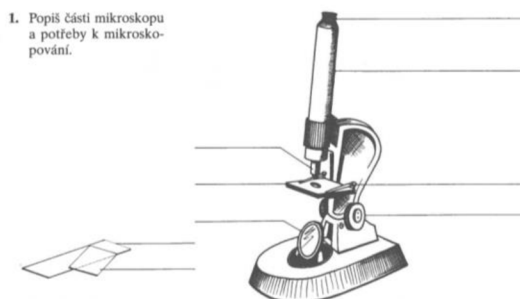
Nakladatelství Prodos (1997), Fraus (2004), Nová škola (2012), Fortuna (2003) a Taktik (2017) nabízejí ke svým učebnicím také pracovní sešity obsahující učební úlohy vztahující se k učivu o mikroskopu. Jedním z úkolů, který je zařazen ve všech pracovních sešitech, je pojmenování částí mikroskopu na obrázku (viz Obr. 3). Další úkoly v jednotlivých pracovních sešitech jsou shrnuty v následující tabulce (viz Tab. 4; Jurčák et al., 1997b; Čabradová et al., 2004b; Musilová & Burda, 2012; Kvasničková et al., 2003; Karešová et al., 2017).

**Tab. 4: Přehled úloh k učivu o mikroskopu v pracovních sešitech nakladatelství Prodos 1997, Fraus 2004, Nová škola 2012, Fortuna 2003 a Taktik 2017**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Stavba mikroskopu</b>	x	x	x	x	x
<b>Výpočet celkového zvětšení mikroskopu</b>	x	x	x	-	x
<b>Pojmenování mikroskopických pomůcek</b>	-	x	-	x	-
<b>Popis přípravy mikroskopického preparátu</b>	-	-	x	-	-
<b>A. van Leeuwenhoek a jeho mikroskop</b>	-	x	x	-	-

*Vysvětlivky: „x“... daná úloha je v pracovním sešitě uvedena; „-“...daná úloha není v pracovním sešitě uvedena; (1) Prodos 1997, (2) Fraus 2004, (3) Nová škola 2012, (4) Fortuna 2003, (5) Taktik 2017.*

A



B

1. Popište obrázek školního mikroskopu.

2. Objektiv a okulár v mikroskopu jsou popsány číslem, které udává, jaké mají zvětšení. Výsledné zvětšení mikroskopu zjistíme tak, že vynásobíme číslo na okuláru číslem na objektivu. Doplňte následující tabulku.

Okulár	Objektiv	Výsledné zvětšení mikroskopu
10	10	
10		35
	10	300
25		250

1. Popište obrázek školního mikroskopu.

**Obr. 3: Ukázka úloh vztahujících se k učivu o mikroskopu z pracovních sešitů (A) Ekologický přírodopis nakladatelství Fortuna (Kvasničková et al., 2003, s. 1) a (B) nakladatelství Fraus (Čabradová et al., 2004b, s. 18).**

Pracovní sešit od nakladatelství Prodos (2011) uvádí učivo o stavbě a funkci mikroskopu včetně námětů pro praktická cvičení, kde z celkem 9 námětů je jich 7 zaměřeno na práci s mikroskopem. (Dančák, Sedlářová & Ševčík, 2011b).

### 3.2 Prekoncepty, miskoncepty a nástroje pro jejich hodnocení

Pojmy prekoncept (prekoncepce) a miskoncept (miskoncepce) jsou v Pedagogickém slovníku zahrnuty v termínu *naivní teorie* dítěte, Mareš & Ouhrabka tyto pojmy označují jako *žákovo pojetí učiva* (Mareš & Ouhrabka, 1992, s. 87; Průcha, Walterová & Mareš, 2013, s. 157, 164, 218). Prekoncept je vymezován jako „*vnitřní intuitivní forma existence objektivního konceptu v subjektivním světě*“ (Doulík & Škoda, 2010, s. 9.). Je jednou z hlavních individuálních charakteristik žáka a je třeba z ní při edukačním procesu vycházet. Utváří se všemi dosavadními zkušenostmi a školními i mimoškolními vlivy, které na jedince působí po celý život (Doulík & Škoda, 2003). Bertrand prekoncept popisuje jako nástroj konstrukce poznání, který se mění v závislosti na nových poznacích žáka (Bertrand, 1998). Miskonceptem rozumíme mylné pojetí či mylnou představu o nějakém pojmu a je tak označován koncept, který je v rozporu s vědecky akceptovaným porozuměním (Nakhleh, 1992; Gurel et al., 2015; Sadhu et al., 2017). Miskoncepty zabudované do kognitivní struktury žáka nevědomě negativně zasahují do jeho následného učení a získávání nových znalostí a dovedností, proto je důležitá jejich identifikace a náprava (Nakhleh, 1992; Hasan et al., 1999; Sadhu et al., 2017). Diagnostickými nástroji k identifikaci miskonceptů mohou být rozhovory (*interviews*), konceptové mapy (*concept maps*), konceptové testy, které mohou mít např. charakter testů s otevřenými otázkami (*open-ended tests*), testů s výběrem odpovědi (*multiple-choice tests*) a víceúrovňových testů (*multiple tier tests*; Tekkaya, 2002; Gurel et al., 2015).

Rozhovory patří mezi nejčastěji používané nástroje k hodnocení miskonceptů, jejichž hlavním pozitivem je získání subjektivních názorů a podrobného popisu kognitivních struktur žáků a studentů. Naopak nevýhodou této metody je časová náročnost, nutnost velkého počtu respondentů a jejich obtížné vyhodnocování. Často bývá kombinován s dalším diagnostickým nástrojem (Mareš, & Ouhrabka, 1992; Gurel, et al. 2015). Testy s otevřenými otázkami umožňují získat představy žáků o daném oborovém konceptu, ale opět jsou velmi náročné jejich vyhodnocení (Mareš, & Ouhrabka, 1992; Gurel et al., 2015, podle Al-Rubayea, 1996; Gurel, et al., 2015). Testy s výběrem odpovědi se učitelům jeví jako časově nenáročné, objektivně, snadno a rychle hodnotitelné a vhodné pro studenty, kterým dělá obtíže vytvoření souvislé odpovědi na otevřenou otázku (Gurel et al., 2015). Nevýhodou těchto testových položek může být mimo jiné skutečnost, že žáci a studenti svou odpověď pouze hádají (Zimmerman

& Williams, 2003), proto byly vytvořeny víceúrovňové testy, které mohou být dvouúrovňové (*two-tier*), tříúrovňové (*three-tier*) a čtyřúrovňové (*four-tier*; Gurel et al., 2015). Tyto testy byly použity v mnoha výzkumech žákovských prekonceptů a miskonceptů ve fyzice, chemii i biologii. V případě dvouúrovňových testů s možnostmi výběru odpovědi se položka první úrovně (položka obsahová) zaměřuje na obsah na základě vědomostních výroků a v druhé úrovni (položka zdůvodňující, argumentační) studenti zdůvodňují výběr své odpovědi z první úrovně. Výběr možností v druhé úrovni vychází z odpovědí studentů v rozhovorech, otevřených otázkách a předchozích výzkumech (Treagust, 1986; Haslam & Treagust, 1987; Treagust, 1988; Gurel et al., 2015). Položka je hodnocena jako správná, pokud student zvolí správnou odpověď v první i druhé úrovni otázky. Dvouúrovňové testy v oblasti biologie použili ve svých výzkumech například Haslam & Treagust při zjišťování miskonceptů žáků o fotosyntéze a dýchání rostlin. Příkladem dvouúrovňové položky tohoto testu je otázka „*Který plyn využívají zelené rostliny ve velkém množství, když není přítomna světelná energie?*“ (viz obr. 4, kde si žáci v první úrovni vybírají odpověď ze dvou možností, a v druhé úrovni vybírají zdůvodnění své odpovědi ze čtyř uvedených možností, nebo napíší svou vlastní odpověď; Treagust, 1986, s. 205; Haslam & Treagust, 1987, s. 205; Treagust, 1988, s. 166; Mareš & Ouhrabka, 1992, s. 89; Kiliç & Sağlam, 2009; Gurel et al., 2015).

<p>Který plyn využívají zelené rostliny ve velkém množství, když není přítomna světelná energie?</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Oxid uhličitý</li><li>2) Kyslík</li></ol> <p>Zdůvodnění mé odpovědi je následující:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>a) Tento plyn je využíván při fotosyntéze, která probíhá v zelených rostlinách neustále</li><li>b) Tento plyn je využíván při fotosyntéze, která probíhá v zelených rostlinách za nepřítomnosti světelné energie</li><li>c) Tento plyn je využíván k respiraci, která probíhá v zelených rostlinách pouze za nepřítomnosti světelné energie</li><li>d) Tento plyn je využíván k respiraci, která probíhá v zelených rostlinách neustále</li><li>e) _____</li></ol>
--

**Obr. 4: Ukázka dvouúrovňové položky s možnostmi výběru odpovědi.** (zdroj: Treagust, 1986, s. 205; Haslam & Treagust, 1987, s. 205; Treagust, 1988, s. 166; použit český překlad dle Mareš & Ouhrabka, 1992, s. 89).

Treagust (1988, s. 161-164) popisuje tvorbu dvouúrovňových diagnostických testů s možnostmi výběru odpovědi v 10 krocích rozdělených do tří hlavních fází. První fází je definování obsahu, poté následuje získávání informací o miskonceptech studentů a třetí fází je

samotný vývoj dvouúrovňového testu. Jednotlivé kroky jsou popsány následovně<sup>6</sup>: (1) identifikace vědomostních výroků; (2) vytvoření konceptové mapy; (3) propojení základních znalostí s konceptovou mapou; (4) ověření (validita) obsahu; (5) studium související literatury zabývající se výzkumy miskonceptů; (6) vedení nestrukturovaných rozhovorů se studenty; (7) vytvoření položek s výběrem odpovědí na základě literatury a rozhovorů; (8) vytvoření dvouúrovňových diagnostických testů; (9) navržení přesně vymezené tabulky pro vyhodnocování odpovědí a (10) průběžné zlepšování testu (Treagust, 1988, s. 161-164; Mareš & Ouhrabka, 1992, s. 89). Další dvouúrovňové testy ve výzkumech prekonceptů a miskonceptů v různých oblastech biologie byly použity například pro hodnocení míry porozumění konceptům difúze a osmózy u vysokoškolských studentů biologie (Odom & Barrow, 1995), pro zjišťování konceptuálních znalostí o mechanismu růstu a vývoje kvetoucích rostlin, jejich životním cyklu a reprodukci, podmínkách klíčení a výživě rostlin (Lin, 2004), pro zjišťování konceptů o vnitřním transportu v rostlinách a oběhovém systému člověka u žáků základních a středních škol a studentů vysokých škol (Wang, 2004) nebo pro zjišťování porozumění základním genetickým konceptům u středoškoláků (Kiliç & Sağlam, 2009). Mann & Treagust (1998) vytvořili dvouúrovňový test pro zjišťování konceptuálních znalostí o dýchání (respiraci) u člověka australských středoškoláků. V první úrovni testu žáci posuzovali pravdivost vybraných tvrzení o dýchání a ve druhé úrovni svou odpověď zdůvodňovali výběrem z několika možností, jako v ostatních dvouúrovňových testech (Mann & Treagust, 1998).

Ve tříúrovňových testech student navíc ve třetí úrovni uvádí, do jaké míry si je svou odpovědí v první a druhé úrovni jistý (Gurel et al., 2015). V případě, že student na obě otázky zvolí správnou odpověď a je si svou odpovědí jistý, je tato položka považována za správnou (tedy oborově správná prekoncepce). Naopak v případě, že student na obě otázky odpoví chybně, ale také si je svou odpovědí jistý, je tato položka hodnocena jako miskoncepce. Arslan a kol. (2012) vytvořili tříúrovňový test s výběrem odpovědi hodnotící miskoncepce studentů o environmentálních problémech souvisejících s atmosférou – globální oteplování, skleníkový efekt, poškození ozonové vrstvy a kyselá dešť (Atmosphere-Related Environmental Problems Diagnostic Test – AREPDiT). Problémem u tříúrovňových testů je skutečnost, že studenti uvádějí jistotu svých odpovědí na obě části otázky současně, a proto byly navrženy čtyřúrovňové testy, ve kterých respondent uvádí jistotu zvolených odpovědí na každou část otázky (položku) zvlášť. První úroveň je jako v předchozích testech obsahová položka, třetí úroveň je položka objasňující a druhou a čtvrtou úroveň představují položky zjišťující míru

---

<sup>6</sup> Překlad z původní práce Treagusta (1988, s. 161-164) autorka s využitím české pedagogické terminologie dle Mareše a Ouhrabky, 1992, s. 89).

jistoty studentů ve správnost zvolených odpovědí. Čtyřúrovňové koncepční testy byly dosud použity v několika málo vědeckých výzkumech ve fyzice a chemii, ale v biologii doposud ne (Caleon & Subramaniam, 2010; Arslan et al., 2012; Gurel et al., 2015).

Při vyhodnocování tříúrovňových a čtyřúrovňových testů mohou nastat následující možnosti ve vztahu k prekonceptním respondentům: (1) vědecky správný koncept (*scientific conception*), (2) nedostatečná znalost (*lack of knowledge*), (3) falešně pozitivní odpověď (*false positive*), (4) falešně negativní odpověď (*false negative*) a (5) miskoncept (*misconception*)/výjimečně chyba (*rarely mistake*) – viz Gurel et al. (2015). První z možností, vědecky správný koncept, nastává v případě, že respondent u čtyřúrovňové položky odpoví na hlavní i argumentační otázku (první i třetí úroveň testu) správně a u každé z nich si je zároveň jistý správností svých odpovědí. Pokud si ale respondent není jistý správností jedné či obou svých odpovědí, například na hlavní otázku odpoví správně a je si tím jistý a na otázku ve třetí úrovni odpoví také správně, ale tou si již jistý není, značí tato položka nedostatečnou znalost v dané oblasti (*lack of knowledge*). V odpovídajícím tříúrovňovém testu, kde respondenti uvádí jistotu svých odpovědí na obě položky současně, je jako vědecky správný koncept hodnoceno, pokud student ve třetí úrovni uvede, že si je jistý správností obou svých odpovědí. Naopak, pokud uvede, že si jistý není, značí tato odpověď nedostatek znalostí, přestože jsou tyto odpovědi po obsahové stránce správné. Jako miskoncepce (nebo výjimečně chyba) jsou v případě čtyřúrovňového testu hodnoceny chybné odpovědi respondentů, u nichž uvádějí, že jsou si u obou položek svou odpovědí jistí. Naopak, pokud odpoví chybně na hlavní i argumentační otázku a v jednom či obou případech si svou odpověď nejsou jisti, je tato položka hodnocena jako nedostatek znalostí v hodnocené oblasti. V odpovídajícím tříúrovňovém testu je jako miskoncept označována chybná odpověď na první i druhou otázku, u níž student uvede, že si je jistý správností svých odpovědí. Další možností je případ, kdy respondent ve čtyřúrovňovém testu odpoví na otázku v první úrovni správně, v druhé úrovni si je jistý správností své odpovědi a na otázku ve třetí úrovni odpoví chybně, ale také si je správností své odpovědi jistý. Tato položka je hodnocena jako falešně pozitivní odpověď. Naopak v případě, že na otázku v první úrovni odpoví chybně a na otázku třetí úrovně správně a u obou položek uvede, že si je jistý správností svých odpovědí, je tato položka hodnocena jako falešně negativní. Nevýhodou při rozhodování v případě tříúrovňových testů je skutečnost, že miskoncepce a vědecky správné koncepty mohou být nadhodnocovány, a naopak nedostatečná znalost daného tématu podhodnocována. Všechny kombinace odpovědí a srovnání mezi tříúrovňovým a čtyřúrovňovým testem shrnuje následující tabulka (viz Tab. 5; Gurel et al., 2015).



**Tab. 5: Srovnání vyhodnocení čtyřúrovňového a tříúrovňového konceptového testu (zdroj: Gurel et al., 2015, s. 999, přeloženo autorka, upraveno).**

1. úroveň	2. úroveň	3. úroveň	4. úroveň	Čtyřúrovňový test	Tříúrovňový test
správná	ano	správná	ano	SC	SC
správná	ano	správná	ne	LK	SC pokud „ano“ LK pokud „ne“
správná	ne	správná	ano	LK	SC pokud „ano“ LK pokud „ne“
správná	ne	správná	ne	LK	LK
správná	ano	chybná	ano	FP/vzácně MTK	FP/vzácně MTK
správná	ano	chybná	ne	LK	FP pokud „ano“ vzácně MTK pokud „ano“ LK pokud „ne“
správná	ne	chybná	ano	LK	FP pokud „ano“ vzácně MTK pokud „ano“ LK pokud „ne“
správná	ne	chybná	ne	LK	LK
chybná	ano	správná	ano	FP	FN
chybná	ano	správná	ne	LK	FN pokud „ano“ LK pokud „ne“
chybná	ne	správná	ano	LK	FN pokud „ano“ LK pokud „ne“
chybná	ne	správná	ne	LK	LK
chybná	ano	chybná	ano	MSC/vzácně MTK	MSC/vzácně MTK
chybná	ano	chybná	ne	LK	MSC pokud „ano“ vzácně MTK pokud „ano“ LK pokud „ne“
chybná	ne	chybná	ano	LK	MSC pokud „ano“ vzácně MTK pokud „ano“ LK pokud „ne“
chybná	ne	chybná	ne	LK	LK

*Vysvětlivky: správná / chybná = odpověď respondenta na danou položku; ano = respondent si je jistý správností své odpovědi na předchozí položku; ne = respondent si není jistý správností své odpovědi na předchozí položku; SC = scientific conception (vědecky správný koncept); LK = lack of knowledge (nedostatečná znalost); FP = false positive (falešně pozitivní); FN = false negative (falešně negativní); MSC = misconception (miskoncept); rarely MTK = rarely mistake (vzácně chyba).*

K vyhodnocování víceúrovňových testů slouží metoda založená na stanovení indexu jistoty respondenta se správností odpovědi - *Certainty of Response Index* (dále CRI index). CRI index umožňuje rozlišovat mezi oborově (vědecky) správnými konceptuálními znalostmi, nedostatkem znalostí a miskoncepty. Respondent je u každé otázky požádán, aby sám posoudil jistotu správnosti své odpovědi na šestibodové Likertově stupnici, kde hodnota (0) naznačuje, že svou odpověď pouze hádal (*total guess to answer*) a naopak hodnota (5) značí, že si je

správností své odpovědi zcela jistý (*certain*). Při identifikaci miskonceptů mohou nastat následující možnosti (viz Tab. 6; Hasan et al., 1999).

**Tab. 6: Výpočtová matice na základě správných nebo chybných odpovědí respondentů a nízké nebo vysoké hodnoty CRI indexu (zdroj: Hasan et al., 1999, s. 296, překlad autorka).**

	Nízký CRI index (< 2,5)	Vysoký CRI index (> 2,5)
Správná odpověď	nedostatečná znalost ( <i>lack of knowledge</i> )	znalost správných konceptů ( <i>knowledge of correct concepts</i> )
Chybná odpověď	nedostatečná znalost ( <i>lack of knowledge</i> )	miskoncepce ( <i>misconceptions</i> )

Nízká hodnota CRI značí nedostatečnou znalost oborového konceptu (*lack of knowledge*), a to bez ohledu na to, zdali byla odpověď správná či chybná. V případě, že je hodnota CRI vysoká, student si je jistý správností (výběrem) své odpovědi, a je-li jeho odpověď správná, jedná se o znalost vědecky správného konceptu (*knowledge of correct concept*). Pokud je jeho odpověď chybná a současně si je respondent jistý tím, že jeho odpověď je správná, lze hovořit o miskoncepci (*misconception*). Pro případ identifikace miskonceptů souhrnně v celé třídě jsou použity průměrné hodnoty CRI indexu (Hasan et al., 1999; Hala et al., 2018).

### 3.3 Výsledky výzkumných šetření zaměřených na hodnocení dovedností práce s mikroskopem

Následující kapitola podává přehled vybraných výzkumů týkajících se dovedností práce s mikroskopem u žáků základních a středních škol a studentů vysokých škol. Jedním z prvních byl výzkum publikovaný R. W. Tylerem v roce 1930, který byl realizován na univerzitě v Ohio. Mezi studenty bylo provedeno hodnocení jejich praktických dovedností práce s mikroskopem poté, co bylo zjištěno, že někteří studenti ve vyšších ročnících nejsou schopni správně mikroskopovat i přesto, že měli za sebou již dva praktické kurzy. Pro pozorování mikroskopických dovedností bylo vybráno celkem 33 studentů úvodního botanického kurzu, kteří byli postupně zváni do laboratoře, kde byly připravené dva mikroskopy, kvasinková kultura, podložní a krycí sklíčka, hadřík a papír na čištění optiky (*lens paper*). Studenti měli za úkol co nejrychleji najít pod mikroskopem buňku kvasinky. Studentům byl měřen čas, za který najdou požadovanou buňku, a do hodnotícího formuláře (viz Obr. 5) byl zaznamenáván sled činností (správných i chybných), jak student při práci postupoval. Ze záznamu uvedeného na obrázku je zřejmé, že student má nedostatečné mikroskopické dovednosti, neboť ani po 11 minutách se mu nepodařilo buňku kvasinky najít. Neupravil si zrcátko ani clonu, při pozorování zavíral jedno oko a pohyboval stolkem pomocí šroubu pro hrubé zaostření proti

objektivu ve chvíli, kdy se díval do okuláru. Po tomto ověření úrovně mikroskopických dovedností se mnoho studentů, u nichž byly zjištěny zásadnější nedostatky, zúčastnilo dalšího školení. První den školení studenti dostali přibližně desetiminutovou instruktáž, poté si práci s mikroskopem několikrát procvičovali a o týden později byla provedena následná kontrola jejich mikroskopických dovedností. Bylo zjištěno, že po krátkém a intenzivním školení bylo více než 90 % studentů schopno efektivně pracovat s mikroskopem (Tyler, 1930).

STUDENT'S ACTIONS	Sequence of Actions	STUDENT'S ACTIONS (Continued)	Sequence of Actions
a. Takes slide	<u>1</u>	ag. With eye away from eyepiece turns down fine adjustment a great distance	<u>15</u>
b. Wipes slide with lens paper	<u>2</u>	ah. Turns up fine adjustment screw a great distance	.....
c. Wipes slide with cloth	.....	ai. Turns fine adjustment screw a few turns	.....
d. Wipes slide with finger	.....	aj. Removes slide from stage	<u>16</u>
e. Moves bottle of culture along the table	<u>3</u>	ak. Wipes objective with lens paper	.....
f. Places drop or two of culture on slide	.....	al. Wipes objective with cloth	.....
g. Adds more culture	.....	am. Wipes objective with finger	<u>17</u>
h. Adds few drops of water	<u>4</u>	an. Wipes eyepiece with lens paper	.....
i. Hunts for cover glasses	<u>5</u>	ao. Wipes eyepiece with cloth	.....
j. Wipes cover glass with lens paper	.....	ap. Wipes eyepiece with finger	<u>18</u>
k. Wipes cover with cloth	.....	aq. Makes another mount	.....
l. Wipes cover with finger	.....	ar. Takes another microscope	.....
m. Adjusts cover with finger	.....	as. Finds object	.....
n. Wipes off surplus fluid	<u>6</u>	at. Pauses for an interval	.....
o. Places slide on stage	.....	au. Asks, "What do you want me to do?"	.....
p. Looks through eyepiece with right eye	<u>7</u>	av. Asks whether to use high power	.....
q. Looks through eyepiece with left eye	<u>9</u>	aw. Says, "I'm satisfied"	.....
r. Turns to objective of lowest power	<u>21</u>	ax. Says that the mount is all right for his eye	.....
s. Turns to low-power objective	.....	ay. Says he cannot do it	<u>19, 24</u>
t. Turns to high-power objective	<u>8</u>	az. Told to start new mount	.....
u. Holds one eye closed	.....	aaa. Directed to find object under low power	<u>20</u>
v. Looks for light	.....	aab. Directed to find object under high power	.....
w. Adjusts concave mirror	.....	NOTICEABLE CHARACTERISTICS OF STUDENT'S BEHAVIOR	.....
x. Adjusts plane mirror	.....	a. Awkward in movements	.....
y. Adjusts diaphragm	.....	b. Obviously dexterous in movements	.....
z. Does not touch diaphragm	<u>10</u>	c. Slow and deliberate	<input checked="" type="checkbox"/>
aa. With eye at eyepiece turns down coarse adjustment	<u>11</u>	d. Very rapid	.....
ab. Breaks cover glass	<u>12</u>	e. Fingers tremble	.....
ac. Breaks slide	.....	f. Obviously perturbed	.....
ad. With eye away from eyepiece turns down coarse adjustment	.....	g. Obviously angry	.....
ae. Turns up coarse adjustment a great distance	<u>13, 22</u>	h. Does not take work seriously	.....
af. With eye at eyepiece turns down fine adjustment a great distance	<u>14, 23</u>	i. Unable to work without specific directions	<input checked="" type="checkbox"/>
		j. Obviously satisfied with his unsuccessful efforts	<input checked="" type="checkbox"/>
SKILLS IN WHICH STUDENT NEEDS FURTHER TRAINING	Sequence of Actions	CHARACTERIZATION OF THE STUDENT'S MOUNT	Sequence of Actions
a. In cleaning objective	<input checked="" type="checkbox"/>	a. Poor light	<input checked="" type="checkbox"/>
b. In cleaning eyepiece	<input checked="" type="checkbox"/>	b. Poor focus	.....
c. In focusing low power	<input checked="" type="checkbox"/>	c. Excellent mount	.....
d. In focusing high power	<input checked="" type="checkbox"/>	d. Good mount	.....
e. In adjusting mirror	<input checked="" type="checkbox"/>	e. Fair mount	.....
f. In using diaphragm	<input checked="" type="checkbox"/>	f. Poor mount	.....
g. In keeping both eyes open	<input checked="" type="checkbox"/>	g. Very poor mount	.....
h. In protecting slide and objective from breaking by careless focusing	<input checked="" type="checkbox"/>	h. Nothing in view but a thread in his eyepiece	.....
		i. Something on objective	.....
		j. Smeared lens	<input checked="" type="checkbox"/>
		k. Unable to find object	<input checked="" type="checkbox"/>

Obr. 5: Ukázka hodnotícího formuláře pro zaznamenávání činností studenta při hledání objektu pod mikroskopem (Zdroj: Tyler, 1930, s. 45).

Také J. A. Barker (1981) popisuje, že absolventi biologického kurzu vzdělávání pro učitele neumí správně nastavit mikroskop pro pozorování biologického objektu. V rámci svého článku uvádí, že pouze jeden z 23 studentů účastnících se kurzu dokázal běžný školní mikroskop nastavit správně (Barker, 1981).

Harris a kol. (2001) provedli srovnání výuky mikroskopování s využitím virtuálního mikroskopu s klasickou laboratorní výukou mikroskopie. Výzkum probíhal v roce 2000 u studentů základního kurzu histologie na *University of Iowa*. Cílem výzkumu bylo zhodnocení práce s virtuálním mikroskopem s využitím digitalizovaných preparátů tkání močových cest, mužských genitálií a endokrinních žláz v porovnání s klasickým mikroskopováním těchto preparátů v laboratoři. Studenti během výuky pracovali s běžným světelným mikroskopem v laboratoři a po celou dobu kurzu měli přístup k virtuálnímu mikroskopu s digitalizovanými preparáty. Porovnání obou způsobů práce bylo realizováno pomocí formativního hodnocení, které probíhalo pomocí šestipoložkového dotazníku s využitím škálových položek Likertova typu a otevřených otázek. U položky dotazníku „(1) *Použitá metoda práce byla efektivním využitím mého času*“ a položky „(6) *Mikroskop byl dostatečně přístupný*“ byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi běžnou a virtuální mikroskopickou laboratoří, přičemž vyššího (pozitivnějšího) hodnocení dosáhla virtuální laboratoř. U ostatních položek, „(2) *Návod k použití mikroskopu byl srozumitelný*, (3) *Mikroskopické snímky byly zřetelné*, (4) *Pozorování preparátů mikroskopem bylo snadné* a (5) *Použitá metoda práce optimalizovala informace, které jsem potřeboval k učení se histologie*“, studenti hodnotili virtuální mikroskopickou laboratoř jako minimálně stejně dobrou v porovnání s běžnou laboratoří, bez staticky významných rozdílů. Studenti ve svých písemných odpovědích na otevřené otázky virtuální mikroskopickou laboratoř oceňovali, někteří uváděli, že by tento způsob výuky neměl nahrazovat běžnou laboratoř, ale je jejím dobrým doplňkem a jiní by naopak s nahrazením souhlasili (Harris et al., 2001, s. 11-14).

K. Fitch (2007) popisuje hodnotící nástroj umožňující měřit schopnosti žáků a studentů používat světelný binokulární mikroskop. Autor doporučuje hodnotit tyto dovednosti během prvního setkání v laboratoři a následně o čtyři měsíce později po skončení mikroskopického kurzu. Student má při práci s mikroskopem za úkol nalézt, zvětšit a zaostřit v trvalém preparátu lidské buňky nebo roztěru žabí krve buňky. Jakmile začne student pracovat, hodnotitel začne měřit čas, sleduje práci studenta a zaznamenává průběh práce s mikroskopem do příslušného formuláře (viz Obr. 6) pomocí bodového skóre. Hodnotící formulář je rozdělen do 4 částí – technika, výsledky, znalosti a údržba a bezpečnost práce s mikroskopem po ukončení práce. Student může získat maximálně 50 bodů. Výsledky mohou vyučujícím

mikroskopických kurzů pomoci zjistit, zda byl splněn cíl kurzu, a zároveň studenti získávají informace o tom, kde je potřeba jejich zlepšení při práci s mikroskopem (Fitch, 2007).

<i>The student is expected to...</i>	<i>points earned</i>
<b>TECHNIQUE</b>	
1. Plug in the microscope and adjust light intensity (2 points)	_____
2. Use stage clips/slide holders to fix the slide in place on the stage (3 points)	_____
3. Adjust the distance between the ocular lenses (3 points)	_____
4. Look through <i>both</i> ocular lenses simultaneously (3 points)	_____
5. Adjust the condenser, iris diaphragm, or both (1 point)	_____
6. Clean the ocular, objective, and/or light source lenses (1 point)	_____
7. Begin viewing with the scanning or 10X objective, and <i>focus</i> while using this lens (3 points)	_____
8. Know that the microscope has multiple objective lenses and is parfocal (2 points)	_____
9. Focus <i>only</i> with the fine focus knob when using the high power objective (3 points)	_____
10. Complete the task in a timely manner (0 to 5 points)	_____
<b>RESULTS</b>	
11. Finish viewing the slide using the proper objective lens (3 points)	_____
12. Place the object being viewed in approximately the middle of the field of view (3 points)	_____
13. Sharply focus on the object being viewed (7 points)	_____
<b>KNOWLEDGE</b>	
14. Locate a <i>cell</i> , rather than some non-cellular structure or object (5 points)	_____
<b>POSTVIEWING SAFETY AND MAINTENANCE</b>	
15. Turn off the light and unplug the microscope, in that order (1 point)	_____
16. Coil the power cord under the stage or deal with it in some other reasonable way (1 point)	_____
17. Place the microscope cover over the microscope (1 point)	_____
18. Carry the microscope carefully, including supporting its base (3 points)	_____

**Obr. 6: Formulář k hodnocení práce s mikroskopem** (Zdroj: Fitch, 2007, s. 213).

V letech 2010–2011 byl v Německu proveden výzkum u studentů učitelství biologie, jehož cílem bylo zhodnotit vliv mikroskopování na zájem vysokoškolských studentů o biologii, konkrétně pak o vybraná témata z biologie člověka (Jäkel, 2012). Výuka v praktických kurzech biologie člověka byla vedena s využitím světelných mikroskopů metodou problémového vyučování. Výzkumným nástrojem byl stručný dotazník pro měření vnitřní motivace vycházející z psychologické teorie sebedeterminace a své odpovědi studenti zaznamenávali v uzavřených položkách na 5-bodové Likertově stupnici. Dále hodnotili své dovednosti práce s mikroskopem a zájem o různé oblasti biologie. Z výsledků studie vyplývá, že vyšší stupeň sebedeterminace při mikroskopování má za následek vyšší motivaci a zájem studentů, ovšem k poklesu motivace dochází ve chvíli, když studenti pracují s mikroskopem příliš často. Jednou z příčin poklesu motivace byly obtíže při tvorbě nákrešů pozorovaných objektů. Výsledky výzkumu dále ukázaly, že na motivaci studentů má pozitivní vliv zahrnutí laboratorní práce do procesu řešení problémové úlohy, a v takovém případě je u studentů motivace vysoká. Zajímavým zjištěním bylo, že studenti hodnotí své schopnosti pracovat s mikroskopem pouze jako průměrné. Mnozí studenti popisovali obtíže s orientací mezi jednotlivými strukturami tkání. Závěrem autorka výzkumu uvádí, že k rozvoji dovedností práce s mikroskopem při řešení problémových úloh studenti potřebují opakované pozitivní zkušenosti (Jäkel, 2012).

L. Jäkel dále provedla v letech 2012-2013 studii zkoumající (1) vliv práce s interaktivní tabulí s využitím digitálních histologických snímků na učení studentů ve srovnání s klasickým mikroskopováním v laboratoři a (2) sledování očních pohybů během pozorování histologického snímku u budoucích učitelů biologie metodou *eye-trackingu*. Cílem bylo zjistit, zdali fixace očí v hledané oblasti histologického preparátu souvisí s úrovní jejich znalostí. Výzkumnými nástroji byly – dotazník vnitřní motivace a *flow*<sup>7</sup> dotazník, znalostní test zaměřený na koncept buněčné biologie, který byl žákům podán třikrát během studie, dotazník hodnotící jejich zájem o různé obory biologie a dále rozhovory se studenty. Z výsledků dotazníku hodnotící zájem žáků o různé obory biologie vyplývá, že nejvyšší zájem mají studenti o biologii člověka stejně jako o vlastní práci s mikroskopem, naopak velmi nízký zájem mají studenti o tvorbu mikroskopického nákresu. Výsledky znalostního testu neukázaly žádné statisticky významné rozdíly ve srovnání s použitím interaktivní tabule a běžným mikroskopováním, v obou případech se výsledky studentů v průběhu semestrálního kurzu zlepšovaly. Vyšší výsledky *flow* dotazníku u studentů pracujících během výuky s digitálními mikroskopickými snímky na interaktivní tabuli může být způsobeno faktem, že výuka pomocí interaktivní tabule umožňuje studentům se v malých skupinách rozhodovat, jakým způsobem budou daný problém řešit. V rozhovorech účastníci výzkumného šetření popisovali, že při přípravě mikroskopického preparátu v případě mikroskopování v laboratoři mají pocit, že něco sami dokázali. Naopak pozitivně při práci s interaktivní tabulí viděli studenti v lepším chápání souvislostí v pozorovaném snímku tkáně. Při zkoumání očních pohybů pomocí oční kamery (metoda *eye-trackingu*) bylo zjištěno více fixací na hledané struktury ve tkáních (např. různé typy buněk v sítnici) u studentů s vyšší úrovní znalostí (Jäkel, 2015).

Wong & Devaiah (2014) zjišťovali efektivitu různých způsobů instruktáže studentů lékařství (obor otorinolaryngologie) pro práci s klinickým binokulárním mikroskopem. Bylo vybráno 15 studentů z bostonské univerzity (*Boston University School of Medicine*), kteří byli náhodně rozděleni do tří skupin a následně pracovali s binokulární lupou. Před vykonáním úkolů dostali studenti třiminutové školení. V první skupině jim byly pokyny dány pomocí krátké videonahrávky, ve druhé skupině jim práci s klinickým mikroskopem demonstroval vyučující a ve třetí skupině byly obě metody instruktáže kombinovány. V prvním úkolu měli studenti zaostřit objekt v pohárku ve třech různých zvětšeních a v druhém úkolu měli opět zaostřit příslušný objekt a pomocí úchopových ušních kleští jej z pohárku vyjmout, přičemž jim

---

<sup>7</sup> *Flow* znamená „být zcela zaujatý zpracováním úkolu, které probíhá bez problémů, a i navzdory případnému vypětí je stále pod kontrolou; je to stav obecně pocítován jako příjemný“ (Jäkel, 2015, s. 1 932 podle Rheinberg et al., 2003; volný překlad autorka).

byl měřen čas, za který práci dokončí. Z výsledků vyplynulo, že u prvního úkolu nebyl mezi skupinami významný rozdíl. V případě druhého úkolu byli při zaostřování objektu v pohárku rychlejší studenti, kteří absolvovali nějakou formu videoinstruktaže (tedy v první a třetí skupině), přičemž vyjmutí objektu z pohárku pomocí úchopových kleští zvládli nejlépe studenti s kombinovanou instruktáží. Výsledky tedy ukazují, že kombinace videonahrávky práce s mikroskopem a praktická demonstrace vyučujícím zlepšují výuku práce s klinickým mikroskopem studentů medicíny (Wong & Devaiah, 2014).

V roce 2015 byl proveden výzkum zaměřující se na zkušenosti, postoje a znalosti o mikroskopování u studentů prvního ročníku australské univerzity (Vlaardingerbroek et al., 2016), kteří po střední škole neabsolvovali žádné studium biologie (např. na jiné univerzitě). Nejprve měli respondenti uvést, zda se během svého středoškolského studia absolvovali výuku biologie (v australském kurikulu se jedná o předmět „*senior biology*“). Studenti vyplňovali dotazník, ve kterém jim byly položeny 2 otázky týkající se zkušeností s mikroskopováním na střední škole a 2 otázky zaměřující se na jejich postoj k mikroskopování. Poté následovalo 13 uzavřených otázek s výběrem odpovědí zjišťujících jejich znalosti týkající se mikroskopu a mikroskopování a na závěr měli studenti sami napsat své zkušenosti z práce s mikroskopem ze střední školy. Z celkového počtu 234 studentů jich 155 na střední škole absolvovalo výuku předmětu „*senior biology*“. Většina studentů (přibližně 80 %) znala funkci krycího sklíčka a výpočet celkového zvětšení mikroskopu (tedy zvětšení okuláru x zvětšení objektivu). Naopak přibližně pětina studentů znala celkové maximální zvětšení školních mikroskopů či funkci mikrotomu při přípravě mikroskopického preparátu. Výsledky dále ukázaly, že studenti, kteří absolvovali na střední škole předmět „*senior biology*“, měli nepatrně lepší znalosti týkající se mikroskopu a mikroskopování (Vlaardingerbroek et al., 2016).

Tulloch & Spiller (2015) ve své studii reagovali na četné problémy studentů při používání mikroskopu. V této studii bylo navrženo hodnocení dovedností studentů pracovat s mikroskopem formou instruktážních videí, které natáčeli sami studenti v rámci výuky. Studenti nejprve absolvovali v první části semestru (první 4 týdny) praktickou výuku mikroskopování v laboratoři a od čtvrtého týdne měli za úkol v malých skupinách (2-4 studenti) vytvořit krátké instruktážní video o tom, jak postupovat při práci s mikroskopem. Celkové hodnocení práce zahrnovalo hodnocení videa pomocí připraveného formuláře a individuální reflexi studentů. Ve videu bylo hodnoceno, zda studenti zmiňují „(1) popis částí mikroskopu, (2) určení zvětšení mikroskopu, (3) jak vložit preparát na stolek, (4) jak preparátem pohybovat na stolku, (5) jak preparát zaostřit s využitím 4x zvětšujícího objektivu, (6) přechod na větší zvětšení, (7) způsob nastavení světla (regulace intenzity zdroje světla; úprava clony), (8) použití

*kondenzoru a (9) odstranění problémů“* (Tulloch & Spiller, 2015, s. 21). Hlavním zjištěním této studie je, že zpracování krátkého instruktážního videa zaměřeného na postup práce s mikroskopem vedlo k výraznému zlepšení mikroskopických dovedností u většiny studentů. Tato skutečnost byla patrná také např. při srovnání dotazů, které studenti kladli vyučujícímu před, respektive po natáčení instruktážního videa. Zatímco v prvním týdnu výuky (tedy před natáčením videa) se mnoho dotazů studentů týkalo technických problémů při práci s mikroskopem, kde měli studenti nejčastěji i problém se zaostřováním a nastavením světla, tak po dokončení videa byly otázky směřovány pouze na upřesňující informace týkající se pozorovaného objektu. Současně 90 % studentů uvedlo, že sami vnímají zlepšení úrovně svých mikroskopických dovedností. Při pozorování studentů při práci v laboratoři po natočení instruktážního videa byla také vidět jejich vzájemná spolupráce a kooperace při učení (Tulloch & Spiller, 2015).

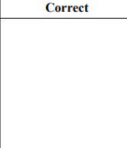



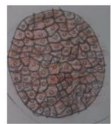



Ve školním roce 2015/2016 byl na základní škole v turecké provincii Agri u žáků 5. ročníku proveden výzkum, jehož cílem byla identifikace miskonceptů o buňce a vliv mikroskopování na jejich eliminaci (Haşiloğlu & Eminoglu, 2017). K identifikaci miskonceptů byl použit test se 4 diagnostickými položkami s využitím nákresu. Žáci měli nakreslit buňku cibule, buňku listu, bakteriální buňku a mikroskopickou stavbu chlebové plísně a u každého nákresu měli vysvětlit, proč buňku takto nakreslili. Žáci tento test dostali před výukou mikroskopování, následující dva týdny pracovali s mikroskopem a výše zmíněné buňky tak mohli pozorovat a po dvou týdnech absolvovali stejný diagnostický test. Z výsledků vyplynulo, že před výukou mikroskopování buňku cibule nedokázal správně nakreslit žádný z žáků, po práci s mikroskopem správný nákres zhotovilo 57,5 % žáků a částečně správně buňku cibule nakreslilo 38 % žáků (viz Obr. 7).

Onion Cell	Correct	Partially correct	Partially incorrect	Incorrect
Initial drawings				
Subsequent drawings				

**Obr. 7: Nákresy buňky cibule před a po výuce mikroskopování** (Zdroj: Haşiloğlu & Eminoglu 2017, s. 46).



Buňku listu nedokázal správně nakreslit ani popsat žádný z žáků, částečně správně ji nakreslil pouze jeden žák a částečně správné vysvětlení (popis vzhledu a stavby buňky) podal také pouze jeden ze žáků. Po práci s mikroskopem buňku listu správně nakreslilo 48,3 % a stejné procento žáků ji nakreslilo částečně správně. Správně ji dokázalo popsat 67,8 % žáků a částečně správně ji popsalo 20,7 %. Následující obrázek (viz Obr. 8) uvádí ukázkové kresby buňky listu před a po mikroskopování.

Leaf Cell	Correct	Partially correct	Partially incorrect	Incorrect
Initial drawings				
Subsequent drawings				

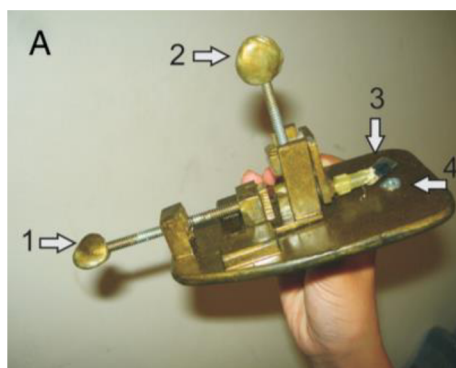
**Obr. 8: Nákresy buňky listu před a po výuce mikroskopování** (Zdroj: Hašiloğlu & Eminoğlu 2017, s. 47).

Bakteriální buňku také nedokázal žádný z žáků správně nakreslit ani popsat. Částečně správně ji nakreslilo a popsalo 3,4 % žáků. Po práci s mikroskopem se množství správných nákrešů zvýšilo na 70 % a částečně správně nákres zhotovilo 26,4 % žáků. U popisu bakteriální buňky se počet správných odpovědí zvýšil na 58,6 % a částečně správně odpovědělo 25,3 % žáků. Čtvrtou diagnostickou položkou byla kresba mikroskopické stavby chlebové plísně. Ani tu nikdo z žáků nedokázal před výukou mikroskopování správně nakreslit a popsat a částečně správně ji také žádný z žáků nenakreslil. Po praktické výuce se počet správných nákrešů zvýšil na 47,1 % a počet částečně správných nákrešů byl 43,6 %. V této studii bylo zjištěno, že většinu miskonceptů o stavbě (vzhledu) buňky je možné poměrně úspěšně eliminovat právě s využitím mikroskopických praktických cvičení. Zatímco před výukou s využitím mikroskopu žáci kreslili buňku cibule jako skutečnou cibuli a buňku listu jako list na stromě, po výuce se nákres buňky již podobal tomu, jak skutečně buňky vypadají. Bakteriální buňku žáci před výukou nejčastěji popisovali jako „špinavá zvířata, mikroby, organismy s orgány“ a po výuce již zmiňovali, že není viditelná pouhým okem (Hašiloğlu & Eminoğlu, 2017).

### 3.4 Rozšiřující náměty pro výuku mikroskopování dokumentované v odborné literatuře

Při zpracování literární rešerše zaměřené primárně na vyhledávání odborných článků zaměřených na výzkumy žákovských dovedností práce se světelným mikroskopem jsem našla několik didaktických článků, které obsahovaly rozšiřující náměty do výuky mikroskopování. V této kapitole budou jednotlivé náměty stručně popsány, protože by mohly najít uplatnění například ve volitelných seminářích z přírodopisu nebo v přírodovědně zaměřených kroužcích.

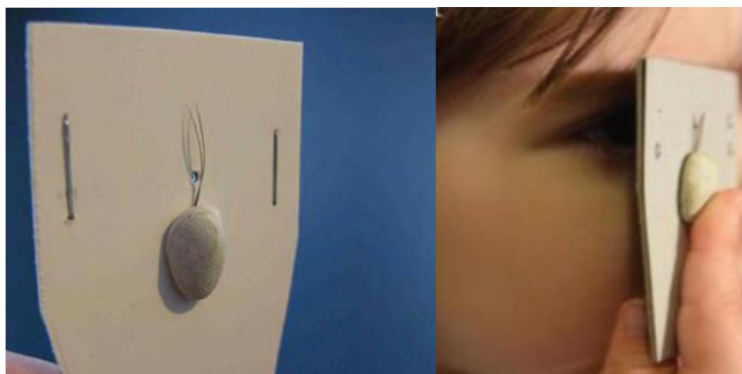
Častým problémem studentů přicházejících na vysoké školy bývá nedostatek znalostí o historii mikroskopování. Jednou z možných aktivit, jak žáky na úrovni sekundárního a terciárního vzdělávání seznámit nejen se stavbou mikroskopu, ale také s jeho historií, je sestavení repliky prvního mikroskopu z běžně dostupných a levných materiálů. (Sepel et al., 2009; Tsagliotis, 2010 in Costa et al., 2017; Tsagliotis 2012). Nejjednodušším způsobem sestavení repliky Leeuwenhoekova mikroskopu je konstrukce pomocí plexiskla, čočky získané z laserového ukazovátka či rozbité CD mechaniky, šroubu a epoxidového tmele (viz Obr. 9). Studenti poté mohou pozorovat například buňky cibule, prvoky a hmyz, přičemž čočka z rozbité CD mechaniky umožňuje pozorovat tyto objekty s daleko větším zvětšením (přibližně 200krát), v porovnání s čočkou z laserového ukazovátka, která umožňuje zvětšení přibližně 80 – 100krát (Sepel et al., 2009).



**Obr. 9: Replika Leeuwenhoekova mikroskopu vyrobená z plexiskla a čočky z laserového ukazovátka. 1 - šroub pro pohyb stolku, 2 - zaostrovací šroub, 3 - sklíčko s preparátem, 4 - čočka** (zdroj: Sepel et al., 2009, s. 340).

Studenti ke konstrukci repliky mikroskopu mohou použít také čočku, kterou si sami vyrobí ze skleněné Pasteurovy pipety či tenké skleněné tyčinky, kterou zahřejí nad kahanem. Takto vytvořenou čočku vloží mezi dva kartony s otvory, které spojí pomocí sešivačky. Preparát k pozorování umístí pomocí tmele před čočku, sestavený mikroskop přiloží k oku proti zdroji

mírného světla a pohybem tmele mohou pozorovaný objekt zaostřovat (viz Obr. 10; Drace et al., 2012).



**Obr. 10: Replika Leeuwenhoekova mikroskopu (vlevo) a způsob pozorování preparátu s využitím této repliky (vpravo; zdroj: Drace et al., 2012, s. 46).**

Tsagliotis (2010; 2012) popisuje aktivitu, při níž si žáci nejprve sestaví mikroskop podobný tomu, se kterým pracoval R. Hooke, a v další části výuky pozorují mikrosvět stejným způsobem, jako tento vědec. Nejprve si prohlédnou objekt pod mikroskopem a poté zhotoví nákres a popis svého pozorování. Takto žáci pozorují různé objekty, například hrot jehly, tištěnou tečku, semena tymiánu a petúnie nebo vybrané druhy hmyzu. K sestavení repliky použijí plastovou trubici představující tělo mikroskopu, do které vloží černý papír zamezující případným odrazům světla a na oba konce trubice upevní čočku na kovové destičce, která byla vyjmuta z levného fotoaparátu na jedno použití. Jako okulár žáci použijí plastový obal od filmu s vyřezaným otvorem a upevní jej na jeden konec trubice. Ke stabilizaci těla mikroskopu použijí další tři trubice jako základnu, kterou pomocí lepidla upevní na kartonovou podložku. S touto základnou je tělo mikroskopu spojeno pomocí dvou gumiček, což umožňuje jeho pohyb nahoru a dolů, čímž dochází k zaostřování objektu. Jako zdroj světla může sloužit stolní lampa, bodové světlo či malá baterka. Takto zhotovený mikroskop (viz Obr. 11) umožňuje zvětšení asi 20krát. Cílem těchto aktivit je motivace studentů a zvýšení jejich zájmu o biologii včetně její historie (Sepel et al., 2009; Tsagliotis, 2010; Tsagliotis, 2012).



**Obr. 11: Konstrukce Hookeova mikroskopu** (zdroj: Tsagliotis, 2010, s. 305).

Surmacz (2002) představuje také netradiční způsob výuky mikroskopických dovedností, při které jsou žáci v roli vyšetřovatele a snaží se odhalit původce fiktivního zločinu „*Případ ztracených sladkostí*“. Při práci ve skupinách studenti pozorují jednotlivé objekty jak pouhým okem, tak pod mikroskopem, kde mají za úkol zhotovit náčrt a zapsat zvětšení. Žáci tak během práce zhotovují dočasné mikroskopické preparáty, provádějí mikroskopická pozorování novinového textu, bavlněných vláken, materiálů nalezených na místě činu (např. písek či stébla sena), pozorují trvalé preparáty červených krvinek a rozlišují rakovinné buňky od zdravých buněk. Na základě stop zajištěných na místě činu a mikroskopických pozorování se snaží určit pachatele výše uvedeného fiktivního zločinu. Cílem této aktivity je motivace studentů k objevování mikroskopického světa, rozvoj schopností řešit problémy, spolupracovat ve skupině a pracovat se získanými daty (Surmacz, 2002).

## 4 METODIKA

### 4.1 Respondenti výzkumného šetření

Výzkumné šetření bylo provedeno v první polovině října 2020 na 2 základních školách v Olomouci v době, kdy ve školách probíhala prezenční (kontaktní) výuka. Respondenty byli žáci 6., 7. a 9. ročníku základní školy, kteří vyplňovali konceptový test v tištěné formě. Celkem bylo rozdáno 91 konceptových testů v pěti třídách a jejich návratnost byla 100 %. Žáci 6. a 7. ročníku tvořili dohromady jednu výzkumnou skupinu. Jednalo se o třídy, které ve školním roce, v němž šetření probíhalo, měly v rámci přírodopisu do výuky zařazeno mikroskopování. V této skupině bylo celkem 31 respondentů, z nichž 17 bylo chlapců a 14 dívek. Žáci 6. ročníku probírali učivo o stavbě a funkci mikroskopu v rámci hodin přírodopisu a v době výzkumného šetření již měli za sebou jedno praktické cvičení práce s mikroskopem, při němž pozorovali chloroplasty lístku mechu měříku. Žáci 7. ročníku měli v době výzkumného šetření také absolvované jedno praktické cvičení zaměřené na mikroskopování, a to v rámci volitelného předmětu s přírodopisným zaměřením. Druhou výzkumnou skupinou byli žáci 9. ročníku. V tomto ročníku se výzkumného šetření účastnilo celkem 60 respondentů ze tří různých tříd, z nichž 34 bylo chlapců a 26 dívek.

### 4.2 Výzkumný nástroj

Výzkumným nástrojem byl konceptový test zjišťující žákovské prekoncepce (miskoncepce) o stavbě a funkci světelného mikroskopu, jehož součástí byl také vstupní dotazník umožňující následné podrobnější vyhodnocení mikroskopických dovedností žáků (viz Příloha 1). Tento nástroj vznikl modifikací výzkumného nástroje zpracovaného vedoucím diplomové práce pro zjišťování prekonceptů o stavbě a funkci mikroskopu u studentů učitelství přírodopisu na vysoké škole (Jáč, 2017; Jáč, 2018). Konceptový test byl upraven na základě obsahové analýzy učiva o stavbě a funkci mikroskopu ve vybraných učebnicích přírodopisu pro 6. ročník základních škol (učebnice nakladatelství Fraus 2010, Fraus 2014, Taktik 2017, Nová škola 2007, Prodos 1997, Prodos 2011, Fortuna 2009, Scientia 1997, SPN 2013, Nakladatelství České geografické společnosti 2004 a Jinan 1998; blíže též viz Kap. 3.1.2). Vstupní dotazník obsahoval celkem 9 uzavřených položek, z nichž první dvě se týkaly demografických údajů o respondentech (viz Chráska, 2016, s. 163). Další položky dotazníku zjišťovaly, zdali žák ve škole navštěvoval volitelný seminář z přírodopisu; účastnil se ve škole soutěže Biologická olympiáda; navštěvoval zájmový přírodovědný kroužek, nebo zda měl žák doma v dětství mikroskop, kterým pozoroval biologické objekty. Dále bylo také zjišťováno, jak často žák ve

škole pracoval s mikroskopem, do jaké míry je pro něj pozorování biologických objektů mikroskopem zajímavé a do jaké míry je pro něj toto pozorování přínosné pro získávání nových biologických poznatků. Samotný konceptový test byl rozdělen do 5 částí, z nichž každá obsahovala jednu či více úloh a celkem tak test obsahoval 8 konceptových úloh (viz Příloha 1). První část se týkala zjišťování znalostí žáků o stavbě mikroskopu a mikroskopických pomůcek. V úloze č. 1 měli žáci pojmenovat jednotlivé části světelného mikroskopu na fotografii a u vybraných částí (okulár, kondenzor se clonou, objektiv a zaostřovací šroub) měli následně v úloze č. 2 vysvětlit, k čemu slouží a jak pracují. Úloha č. 2 byla koncipována jako dvouúrovňová položka (Gurel et al., 2015), v níž měli žáci kromě odpovědi na otázku také na čtyřbodové škále uvést, zdali jsou si jisti správností svého vysvětlení (určitě ano – spíše ano – spíše ne – určitě ne; viz Hassan et al., 1999 a Kap. 3.2). V úloze č. 3 žáci na obrázcích pojmenovávali základní mikroskopické potřeby. Tato testová položka spolu s úlohou č. 1 byla zaměřena na faktické poznatky s cílem zapamatování v rovině kognitivní, což jsou takové poznatkové prvky, které si žáci musí osvojit, aby se mohli orientovat v dané problematice. Ostatní položky se již týkaly poznatků konceptuálních nebo procedurálních a dosahovaly vyšší kognitivní náročnosti (Anderson et al., 2001; Byčkovský & Kotásek, 2004). Druhá část konceptového testu byla orientována na přípravu mikroskopického preparátu a obsahovala dvě dvouúrovňové položky. Třetí částí testu byla čtyřúrovňová položka týkající se vlastností obrazu pozorovaného mikroskopem, konkrétně obrazu písmene „e“. Čtvrtá část konceptového testu se zaměřovala na určení zvětšení mikroskopu a úloha byla také čtyřúrovňová. U této části měli žáci při jejím vypracování k dispozici světelný mikroskop, se kterým pracovali ve škole v rámci výuky. Poslední část konceptového testu byla zaměřena na správnost některých fází postupu při mikroskopování a obsahovala dvě úlohy, které byly koncipovány jako dvouúrovňové položky. Obsahová a konstruktová validita konceptového testu (viz Gavora, 2010) byla ověřena vedoucím diplomové práce a dále odborníkem na didaktiku biologie působícím na jiném pracovišti. Všechny připomínky obou posuzovatelů validity konceptového testu byly zapracovány do jeho konečné verze. Spolehlivost (reliabilita) výzkumného nástroje nebyla zjišťována, mimo jiné s ohledem na skutečnost, že výzkum probíhal v době pandemie COVID-19 a do škol byl velice omezený přístup. Pro ověření reliability by bylo třeba zadat konceptový test vybranému vzorku žáků opakovaně na počátku výzkumného šetření (Gavora, 2010), což vzhledem k uzavření škol od poloviny října 2020 do začátku prosince 2020 a dále od ledna 2021 do května 2021 nebylo možné. Realizace výzkumného šetření byla před zahájením výzkumu zaslána ke schválení Etické komisi Pedagogické fakulty Univerzity Palackého,

výzkum navržený v rámci diplomové práce bych schválen Etickou komisí PdF UP dne 29. září 2020 (číslo jednací 5/2020).

### 4.3 Vyhodnocení a statistické zpracování získaných dat

Data získaná od respondentů z konceptových testů a vstupních dotazníků byla kategorizována a číselně kódována do tabulek v programu Microsoft Excel. Odpovědi na jednotlivé položky byly kódovány do tří kategorií: (1) úplně správná odpověď, (2) částečně správná nebo neúplná odpověď a (3) chybná odpověď. Při kódování uzavřených otázek, zdali jsou si respondenti jisti správností svého vysvětlení, byla u odpovědi *určitě ano* přiřazena hodnota 4, u odpovědi *spíše ano* hodnota 3, odpověď *spíše ne* měla hodnotu 2 a odpověď *určitě ne (= jen hádám)* hodnotu 1 metodikou Hassan et al., 1999<sup>8</sup>. V úloze č. 1 respondenti popisovali 9 částí mikroskopu. Jako úplně správné byly kódovány následující odpovědi: (1) *okulár*, (2) *svorky, držák preparátu*, (3) *stolek, podložní stolek*, (4) *kondenzor se clonou*, (5) *lampa, zdroj světla, osvětlení, světlo* (6) *tubus*, (7) *rameno, stativ, stojan, tělo mikroskopu*, (8) *objektiv*, (9) *zaostřovací šroub, makrošroub, mikrošroub*. Tyto odpovědi byly hodnoceny jako správné na základě popisu částí mikroskopu v učebnicích. U položky (2) byly jako částečně správné kódovány odpovědi *držák*, *držák na vzorek* a *držák na podložní skličko*, ale odpověď *držátko* již byla hodnocena jako chybná. Jako chybné odpovědi u položky (3) byly odpovědi *stůl*, *stoleček*. Pokud u položky (4) respondenti uvedli pouze odpověď *kondenzor* nebo *clona*, byly tyto odpovědi kódovány jako částečně správné. U položky (5) byly jako částečně správné kódovány odpovědi *světýlko a žárovka* a u položek (6) a (7) se žádné částečně správné odpovědi nevyskytovaly. U položky (8) byla jako částečně správná kódována odpověď *čočky objektivu*, ale odpověď *čočka/čočky* byla hodnocena jako chybná. U poslední položky (9) byly jako částečně správné kódovány odpovědi, které obsahově souvisely se zaostřováním, například *ostření, zaostřování, zaostřovací kolečko*, aj. V úloze č. 2 respondenti popisovali, k čemu slouží a jak pracují vybrané části mikroskopu. První částí, kterou měli respondenti vysvětlit, byl okulár. Pokud respondenti ve své odpovědi současně uvedli, že okulár *slouží k pozorování objektu (díváme se do něj okem) a obsahuje čočku, která objekt zvětšuje*, byla tato odpověď kódována jako úplně správná. Pokud respondent uvedl pouze část z této odpovědi, například *„díváme se na objekt; čočka, kterou pozorujeme daný objekt; zvětšuje daný objekt“*; byla tato odpověď kódována jako neúplná. Pokud respondenti pouze uvedli, že okulár slouží *k pozorování*, ale již nebylo blíže specifikováno čeho, byla již taková odpověď hodnocena jako

---

<sup>8</sup> Stejnou metodiku kódování míry jistoty správnosti odpovědí respondentů výzkumu použila ve své diplomové práci např. Kosková (2017) nebo Dočekalová (2021).

chybná. Další část mikroskopu, u které respondenti popisovali, k čemu slouží, byl kondenzor se clonou. Jako úplně správné byly hodnoceny odpovědi, které obsahovaly informaci, že kondenzor se clonou *slouží k soustředění a/(nebo) regulaci množství světla, které směřuje do mikroskopu (na preparát na stolku)*. U popisu funkce objektivu muselo být uvedeno, že *obsahuje čočku, která zvětšuje pozorovaný preparát (biologický objekt)*, aby žákovská odpověď byla kódována jako úplně správná. Odpovědi jako např.: *„slouží ke zvětšení objektu; ke změně zvětšení“* nebo pouze zmiňující přítomnost čočky v objektivu byly kódovány jako neúplné. U zaostřovacího šroubu byla jako úplně správná hodnocena odpověď *„slouží k zaostřování obrazu pozorovaného preparátu (biologického objektu)“*, pokud respondent však uvedl pouze *k zaostření/zaostřování*, ale již nezmínil, čeho se zaostřování týká, byla tato odpověď hodnocena jako neúplná, stejně tak jako odpovědi: *„posunování stolku, přiblížení stolku nebo přiblížení a oddálení objektu“*. Ostatní odpovědi byly hodnoceny jako chybné. V úloze č. 3 respondenti pojmenovávali jednotlivé mikroskopické pomůcky. Jako úplně správné byly kódovány odpovědi: (1) *nůžky*, (2) *pinzeta*, (3) *jehla, preparační jehla*, (4) *skalpel*, (5) *kapátko*, (6) *podložní skličko* a (7) *krycí skličko*. U položky (6) byly jako částečně správné kódovány odpovědi *skličko, skličko na vzorek, mikroskopické skličko* či *skličko k podložení* a u položky (7) byla jako částečně správná hodnocena odpověď *skličko*. V úloze č. 4a byla jako úplně správná kódována odpověď významově vystihující, že se jedná o vzduchové bubliny a v úloze č. 4b odpověď *krycí skličko bylo přiloženo příliš rychle, respektive kolmo k podložnímu skličku*. Pokud respondenti pouze uvedli, že krycí skličko bylo přiloženo špatně, bez bližší specifikace, byla tato odpověď hodnocena jako neúplná. V úloze č. 5 měli respondenti označit, jak uvidí obraz písmene „e“ pod mikroskopem a v další úrovni vysvětlit, proč danou možnost vybrali. Pokud uvedli, že obraz je *převrácený a zvětšený*, byla tato odpověď kódována jako úplně správná. V úloze č. 6 byla kódována jediná možná úplně správná odpověď (tedy nejmenší zvětšení použitého školního mikroskopu 40x a největší zvětšení použitého školního mikroskopu 400x), neúplné odpovědi se zde neobjevovaly. V úloze č. 7 měli respondenti vysvětlit, proč by měli při mikroskopování začínat své pozorování na nejmenším zvětšení. Zde byly jako úplně správné hodnoceny odpovědi ve smyslu, že *je třeba si nejprve pozorovaný objekt prohlédnout jako celek a až poté pozorovat jeho detaily a celý preparát je při nejmenším zvětšení možné snadno a rychle prohlédnout*. Pokud odpovědi obsahovaly pouze část vysvětlení, byly hodnoceny jako neúplné nebo nepřesné, zbývající odpovědi byly hodnoceny jako chybné. V poslední úloze měli respondenti vysvětlit, jakou chybou při práci s mikroskopem může dojít k poškození preparátu. Za úplně správnou byla považována odpověď vystihující skutečnost, že při pozorování preparátu při velkém zvětšení došlo při zaostřování



obrazu k pohybu stolku s preparátem proti objektivu. Jako neúplné (nepřesné) byly kódovány např. odpovědi: „*měl moc vysoko podložní stolek*“ nebo „*nepodíval se, kolik mu zbývá místa*“. Nejasné a sporné odpovědi respondentů byly diskutovány s vedoucím diplomové práce a následně zařazeny do vhodné kategorie.

Kategorizovaná data byla z programu Microsoft Excel následně převedena do programu Statistica 14.0 (volně dostupná zkušební verze) a jednotlivé položky byly vyhodnocovány pomocí tabulek četností. Statistická významnost rozdílů mezi výzkumnými skupinami (žáci 6. a 7. ročníku x žáci 9. ročníku) byla zjišťována pomocí Pearsonova  $\chi^2$  testu (chí-kvadrát testu). Za statisticky významné byly považovány rozdíly, kde dosažená hladina pravděpodobnosti (p) byla nižší nebo rovna hodnotě  $\alpha = 0,05$  (5 %; Chráska, 2016, s. 66). Otázky zjišťující míru jistoty se správností zvolených odpovědí byly vyhodnocovány v programu MS Excel na základě výpočtu vybraných hodnotících indexů (Hasan et al., 1999; Caleon & Subramaniam, 2010; srov. Kosková, 2017, s. 46): (1) CF (*confidence*) – celková průměrná hodnota, jak jsou si žáci jisti správností své odpovědi; (2) CFC (*confidence - correct*) – průměrná hodnota, jak jsou si studenti jisti svou odpovědí, která je zcela správná; (3) CFPC (*confidence - partly correct*) – průměrná hodnota, jak jsou si studenti jisti svou odpovědí, která je částečně správná (neúplná/nepřesná); (4) CFW (*confidence - wrong*) – průměrná hodnota, jak jsou si studenti jisti svou odpovědí, která je chybná. V případě správných odpovědí a hodnoty indexu  $CFC > 2,5$ , byla tato položka vyhodnocena jako vědecky správná představa. U částečně správné odpovědi s hodnotou indexu  $CFPC > 2,5$  byla tato představa hodnocena jako znalost, která se blíží oborově správné, ale je neúplně utvořená, a v případě chybných odpovědí, u kterých je hodnota indexu  $CFW > 2,5$ , je tato znalost hodnocena jako miskoncepce. Opačné případy, kde jsou hodnoty indexů CFC, CFPC a CFW  $\leq 2,5$ , jsou označovány jako nedostatek znalostí (Hasan et al., 1999; Caleon & Subramaniam, 2010; srov. Kosková, 2017, s. 46).

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Žákovské znalosti o stavbě a funkci mikroskopu

V této kapitole jsou shrnuty výsledky znalostí žáků 2. stupně základních škol o stavbě a funkci mikroskopu a mikroskopických pomůckách. Následující obrázek (viz Obr. 12) popisuje jednotlivé části mikroskopu podle četností správných odpovědí u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).



**Obr. 12: Popis stavby mikroskopu podle četností správných odpovědí u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).** Vysvětlivky: velikost písma odpovídá podílu správných odpovědí (velikost písma 9 = 0-5 % správných odpovědí; velikost písma 18,5 = 96-100 % správných odpovědí).

Z výsledků (viz tab. 7) vyplývá, že nejčastěji umí žáci 6. a 7. ročníku správně pojmenovat okulár, který správně pojmenovalo 77,42 % z celkového počtu 31 respondentů ( $n = 31$ ). Naopak 19,35 % odpovídalo chybně a pouze 1 respondent (3,23 %) neodpověděl vůbec. Objektiv správně pojmenovalo 67,74 % žáků, přibližně stejný podíl respondentů 64,52 %, správně uvedlo svorky a 61,29 % respondentů uvedlo správné pojmenování položky stojan. Ve všech třech případech 6 respondentů (19,35 %) na položku neodpovědělo vůbec a zbylí žáci uvedli chybnou odpověď. Stejný podíl správných odpovědí (58,06 %) uvedli

respondenti v případě pojmenování stolku, tubusu a zaostřovacího šroubu. Na tyto položky neuvědla žádnou odpověď přibližně třetina respondentů. Lampu/zdroj světla správně pojmenovalo pouze 16,13 % žáků, ale byl zde vyhodnocen vysoký podíl (41,94 %) částečně správných odpovědí, kde respondenti často uváděli odpovědi *žárovka* a *světýlko*. U této položky byl vyhodnocen také nejvyšší podíl chybných odpovědí (29,03 %), neboť žáci lampu velmi často pojmenovávali jako *zrcátko*. Kondenzor se clonou pojmenoval správně pouze 1 respondent (3,23 %), ale 38,71 % žáků uvedlo pouze clonu, což bylo hodnoceno jako neúplná (částečně správná) odpověď (viz Tab. 7).

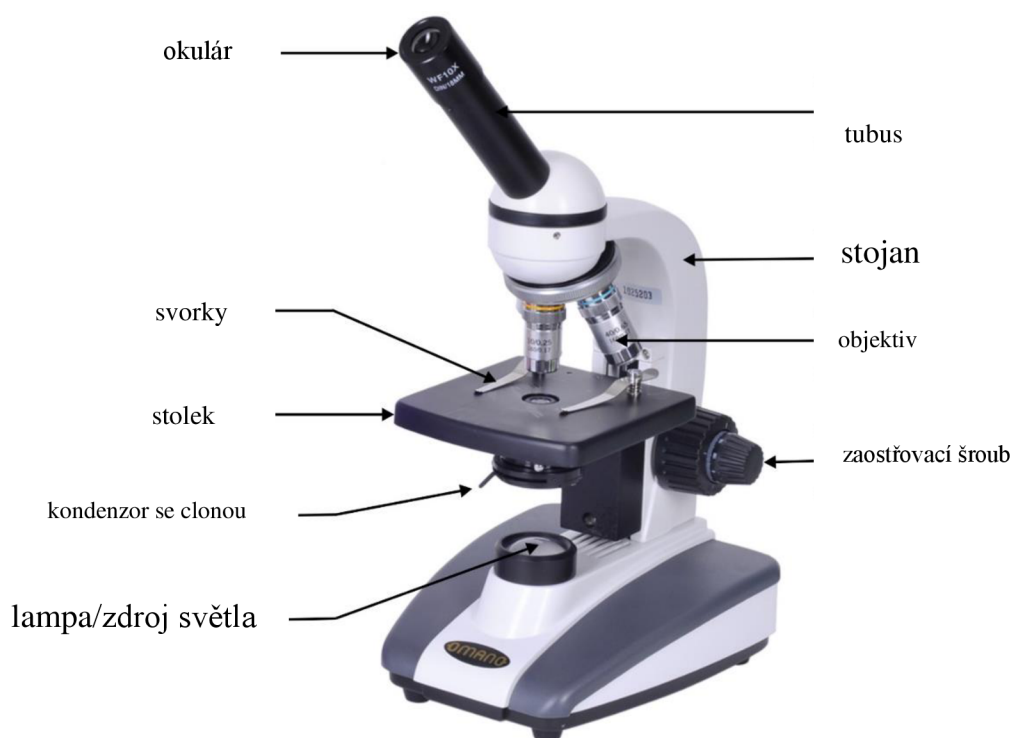
**Tab. 7: Správnost odpovědí popisu stavby mikroskopu u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).**

	1	2	3	N
<b>Okulár</b>	77,42 %	0,00 %	19,35 %	3,23 %
<b>Svorky</b>	64,52 %	0,00 %	16,13 %	19,35 %
<b>Stolek</b>	58,06 %	0,00 %	16,13 %	25,81 %
<b>Kondenzor se clonou</b>	3,23 %	38,71 %	16,13 %	41,94 %
<b>Lampa/zdroj světla</b>	16,13 %	41,94 %	29,03 %	12,90 %
<b>Tubus</b>	58,06 %	0,00 %	19,35 %	22,58 %
<b>Stojan</b>	61,29 %	0,00 %	19,35 %	19,35 %
<b>Objektiv</b>	67,74 %	0,00 %	12,90 %	19,35 %
<b>Zaostřovací šroub</b>	58,06 %	16,13 %	3,23 %	22,58 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Obrázek 13 popisuje jednotlivé části mikroskopu podle četností správných odpovědí u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2). Z výsledků (viz Tab. 8) vyplývá, že žáci 9. ročníku nejčastěji správně pojmenovali stojan, kde tuto odpověď uvedlo 38,33 % z celkového počtu 60 respondentů ( $n = 60$ ). Chybně na tuto položku odpovědělo 13,33 % a přibližně polovina (48,33 %) žáků neuvědla žádnou odpověď. O něco méně, 36,37 % žáků, uvedlo správnou odpověď u položky lampa/zdroj světla, 4 respondenti (6,67 %) uvedli částečně správnou odpověď, 28,33 % odpovědělo chybně a stejné procento žáků neodpovědělo. U ostatních položek (okulár, svorky, stolek, kondenzor se clonou, tubus, objektiv a zaostřovací šroub) byl podíl správných odpovědí menší než 10 %, tedy méně než 6 respondentů umělo správně a přesně pojmenovat danou část mikroskopu. Zaostřovací šroub částečně správně pojmenovalo 21,67 % žáků, kteří nejčastěji uváděli názvy „*zaostřování*, *zaostřovací kolečko*“ nebo „*zaostřovač*“. Naopak kondenzor se clonou nedokázal správně ani částečně správně

pojmenovat žádný z respondentů, přičemž 31,67 % uvedlo chybnou odpověď a 68,33 % neodpovědělo vůbec.



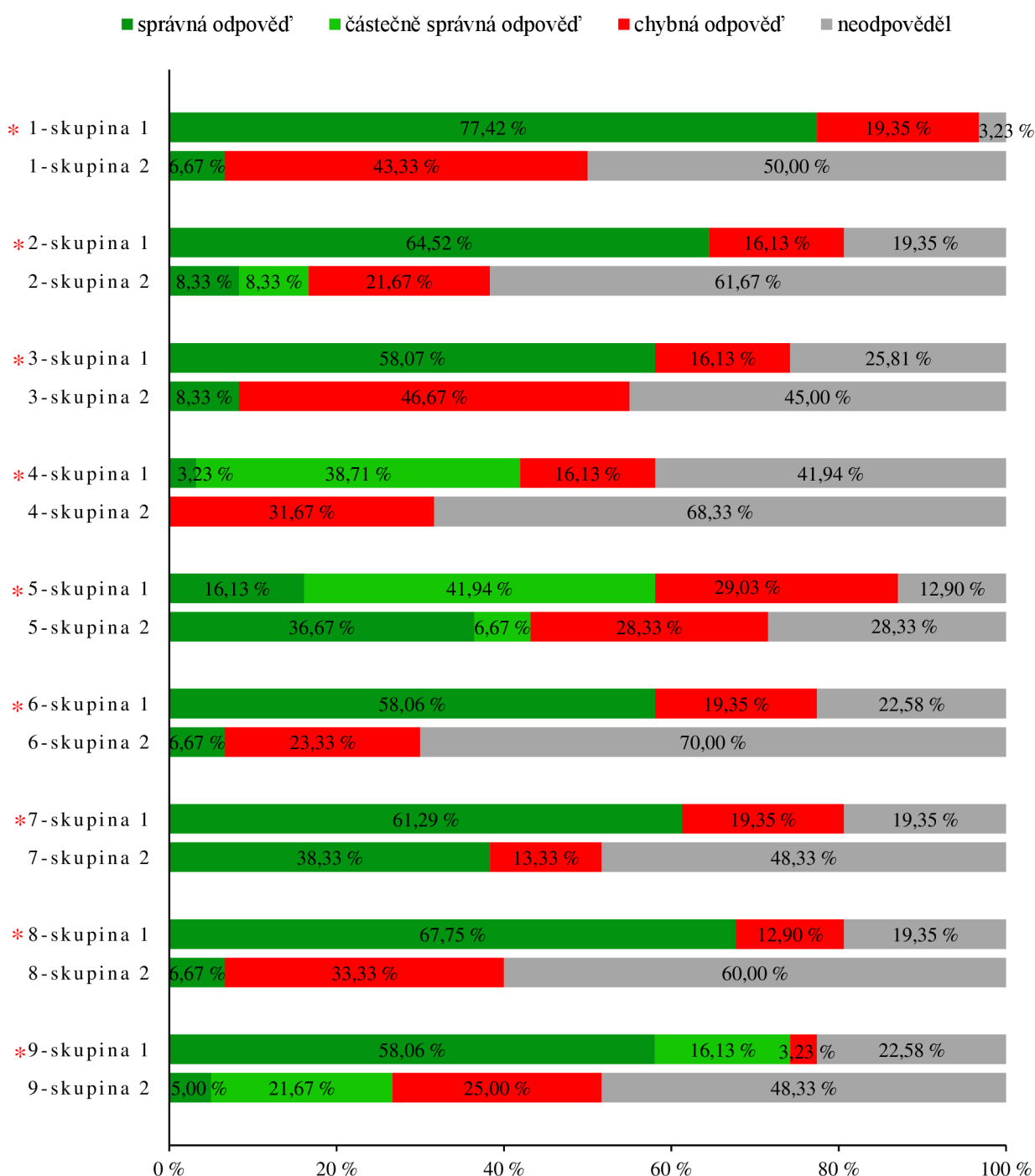
**Obr. 13: Popis stavby mikroskopu podle četností správných odpovědí u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).** Vysvětlivky: velikost písma odpovídá podílu správných odpovědí (velikost písma 9 = 0-5 % správných odpovědí; velikost písma 18,5 = 96-100 % správných odpovědí).

**Tab. 8: Správnost odpovědí popisu stavby mikroskopu u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

	1	2	3	N
<b>Okulár</b>	6,67 %	0,00 %	43,33 %	50,00 %
<b>Svorky</b>	8,33 %	8,33 %	21,67 %	61,67 %
<b>Stolek</b>	8,33 %	0,00 %	46,67 %	45,00 %
<b>Kondenzor se clonou</b>	0,00 %	0,00 %	31,67 %	68,33 %
<b>Lampa/zdroj světla</b>	36,37 %	6,67 %	28,33 %	28,33 %
<b>Tubus</b>	6,67 %	0,00 %	23,33 %	70,00 %
<b>Stojan</b>	38,33 %	0,00 %	13,33 %	48,33 %
<b>Objektiv</b>	6,67 %	0,00 %	33,33 %	60,00 %
<b>Zaostřovací šroub</b>	5,00 %	21,67 %	25,00 %	48,33 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Následující graf (viz Graf 1) zobrazuje srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky stavby mikroskopu mezi žáky 6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 1 a výzkumná skupina 2).



**Graf 1: Srovnání správnosti odpovědí popisu stavby mikroskopu mezi výzkumnými skupinami.** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1 = okulár; 2 = svorky; 3 = stolek; 4= kondenzor se clonou; 5 = lampa/zdroj světla; 6 = tubus; 7 = stojan; 8 = objektivy; 9 = zaostřovací šrouby; \* = statisticky významný rozdíl,  $p < 0,05$ .

Z grafu vyplývá zjištění, že podíl správných a částečně správných odpovědí je v součtu u žáků 6. a 7. ročníku vyšší v porovnání s žáky 9. ročníku. Také samotný podíl správných odpovědí u jednotlivých částí mikroskopu je s výjimkou položky č. 5 (lampa/zdroj světla) vyšší u výzkumné skupiny 1. Naopak procento respondentů, kteří na danou položku neuvedli žádnou odpověď, je ve všech případech vyšší u žáků 9. ročníku. Mezi jednotlivými skupinami byly u všech položek zjištěny statisticky významné rozdíly ( $\chi^2 > 7,28$ ;  $p < 0,026$ ). Nejčastější chybné a nepřesné či neúplné žákovské odpovědi na jednotlivé položky shrnuje následující tabulka (viz Tab. 9).

**Tab. 9: Příklady chybných či nepřesných žákovských odpovědí popisu částí mikroskopu.**

Správná odpověď	Chybné a nepřesné odpovědi	Počet respondentů, kteří uvedli danou odpověď	Podíl z celkového počtu chybných odpovědí na danou položku [%]
<b>Okulár</b>	<i>kukátko</i>	12	37,50 %
	<i>čočka</i>	11	34,38 %
	<i>okulátor</i>	2	6,25 %
<b>Svorky</b>	<i>spony</i>	5	27,78 %
	<i>úchytky</i>	4	22,22 %
<b>Stolek</b>	<i>deska</i>	11	33,33 %
	<i>podložka</i>	7	21,21 %
	<i>podstavec</i>	5	15,15 %
<b>Kondenzor se clonou</b>	<i>filtr</i>	3	12,50 %
	<i>kolečko</i>	2	8,33 %
	<i>stínítka</i>	2	8,33 %
<b>Lampa</b>	<i>zrcátko</i>	19	63,33 %
<b>Tubus</b>	<i>trubice/tyč</i>	10	50,00 %
<b>Stojan</b>	<i>držák</i>	5	35,71 %
<b>Objektiv</b>	<i>čočka</i>	7	29,17 %
	<i>zvětšovač</i>	6	25,00 %
<b>Zaostřovací šroub</b>	<i>nastavovač</i>	4	25,00 %
	<i>výšky</i>		
	<i>oddalovací</i>	2	12,5 %
	<i>kolečko</i>		

Pozn.: Uvedeny jsou nejčastější chybné a nepřesné či neúplné odpovědi respondentů obou výzkumných skupin.

Okulár respondenti často nesprávně pojmenovávali jako *kukátko* (37,50 % z celkového počtu chybných odpovědí) nebo uvedli jen pojem *čočka* (34,38 % z celkového počtu chybných odpovědí). Názvem *čočka* také často pojmenovávali objektiv (29,17 % chybných odpovědí). Místo přesného názvu svorky žáci uváděli *spony* či *úchytky*, stolek pojmenovávali například termínem *deska*, *podložka* a *podstavec*, kondenzor se clonou jako *filtr* a lampu/zdroj světla nejčastěji zaměňovali se *zrcátkem*, což uvedlo 63,33 % respondentů, kteří odpověděli chybně. Tubus respondenti chybně označovali jako *trubiciltyč*, místo stojanu uváděli chybně nejčastěji *držák* a zaostřovací šrouby popisovali názvy *nastavovač výšky* nebo *oddalovací kolečko*.

Další část této kapitoly podává výsledky odpovědí, jak žáci popisovali, k čemu slouží a jak pracují vybrané části mikroskopu, jimiž byly okulár, kondenzor se clonou, objektiv a zaostřovací šroub. Z výsledků (viz Tab. 10) vyplývá, že funkci okuláru nepopsal úplně správně žádný z žáků 6. a 7. ročníku, neúplně jeho funkci popsalo 64,52 % a chybně 9,68 % žáků. Z vypočtených hodnot indexů CFPC a CFW vyplývá, že v případě částečně správných odpovědí se jedná o představu, která se blíží oborově správné představě, neboť si odpovědi žáci byli spíše jistí, ale je neúplná (CFPC = 2,95), ovšem v případě chybných odpovědí můžeme hovořit o nedostatku znalostí na základě toho, že si žáci svou odpovědí jistí nebyli (CFW = 2,33). Funkci kondenzoru se clonou popsalo správně 19,35 % žáků, 25,81 % uvedlo nesprávnou odpověď a 1 respondent (3,23 %) uvedl pouze částečně správnou odpověď. Na základě vypočtených hodnot indexů CFC, CFPC a CFW můžeme říci, že v případě správných odpovědí se jedná o znalost, která odpovídá vědecky správné představě, protože si jsou žáci svou odpovědí jistí (CFC = 3,33) a v případě chybných odpovědí hovoříme o miskoncepci, neboť žáci si jsou správností své odpovědi spíše jistí (CFW = 2,86). Funkci objektivu nevysvětlil správně žádný z žáků, částečně správně vysvětlení podalo 51,61 % a chybnou odpověď uvedlo 16,13 % respondentů. Podle vypočtených hodnot indexů CFPC a CFW se u částečně správných odpovědí jedná znalost, která se blíží oborově správné, ale odpověď je neúplná, přičemž žáci si jsou jistí správností své odpovědi (CFPC = 3,07), a v případě chybných odpovědí můžeme hovořit o nedostatku znalostí, protože správností těchto odpovědí si žáci jistí spíše nejsou (CFW = 2,4). Funkci zaostřovacího šroubu popsalo správně 29,03 % žáků, částečně správnou odpověď uvedlo 32,26 % a chybně funkci této části mikroskopu popsalo 6,45 % žáků. Z vypočtených hodnot indexů CFC, CFPC a CFW je zřejmé, že v případě správných odpovědí si jsou žáci správností své odpovědi velmi jistí (CFC = 3,22) a jedná se tedy o oborově správnou znalost, v případě částečně správných odpovědí, kde index jistoty CFPC = 3,11, lze hovořit o představě, která se blíží oborově správné, ale je neúplná.

U chybných odpovědí je zřejmé, že žáci si nejsou jistí její správností, a v tomto případě se jedná o nedostatek znalostí (CFW = 2).

**Tab. 10: Správnost odpovědí vysvětlení funkce vybraných částí mikroskopu u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).**

	1	2	3	N
<b>Okulár</b>	0,00 %	64,52 %	9,68 %	25,81 %
<b>Kondenzor se clonou</b>	19,35 %	3,23 %	25,81 %	51,61 %
<b>Objektiv</b>	0,00 %	51,61 %	16,13 %	32,26 %
<b>Zaostřovací šroub</b>	29,03 %	32,26 %	6,45 %	32,26 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

U výzkumné skupiny 2 (žáci 9. ročníku) výsledky (viz Tab. 11) ukazují, že funkci okuláru správně a úplně popsal pouze jeden z žáků (1,67 %), částečně správnou odpověď uvedlo 53,33 % žáků a chybně odpovědělo 21,67 % žáků. Na základě hodnot indexů CFC, CFPC a CFW se v případě správné odpovědi jedná o oborově správnou představu (CFC = 3; žáci si jsou jistí správností odpovědi), a u chybných odpovědí, kterými jsou si žáci také spíše jisti, můžeme hovořit o miskoncepci (CFW = 2,64). U částečně správných odpovědí je hodnota indexu jistoty rovna hranici mezi oborově správnou představou a nedostatkem znalostí (CFPC = 2,5). Funkci kondenzoru se clonou správně popsalo 11,67 % žáků, 5 % uvedlo částečně správnou odpověď a 16,67 % odpovědělo chybně. Tato skutečnost je zajímavá s ohledem na fakt, že žáci 9. ročníku neuměli správně pojmenovat (viz Tab. 8). V případě správných odpovědí je opět zřejmé, že se jedná o oborově správné představy (CFC = 3), stejně tak jako u částečně správných odpovědí, kde se tyto odpovědi oborově správné představě blíží, ale jsou neúplné (CFPC = 3). V případě chybných odpovědí, kterými si respondenti nejsou úplně jisti (CFW = 2,25), se jedná o nedostatek znalostí. Funkci objektivu popsal správně (úplně) 1 respondent (1,67 %), částečně správnou odpověď uvedlo 28,33 % žáků a chybně odpovědělo 38,33 % žáků 9. ročníku. Na základě hodnot indexů CFC, CFPC a CFW lze hodnotit jejich správnou odpověď jako oborově správnou představu, neboť si jí je respondent zcela jistý (CFC = 4), částečně správné odpovědi se na základě indexu jistoty blíží oborově správné představě, ale jsou neúplné (CFPC = 3,12) a chybné odpovědi respondentů jsou hodnoceny jako miskoncepce (CFW = 2,57). Funkci zaostřovacího šroubu správně uvedlo 15 % respondentů, částečně správně odpovědělo 28,33 % a chybnou odpověď uvedlo 20 % žáků. Z vypočtených hodnot indexů CFC, CFPC a CFW vyplývá, že správné odpovědi hodnotíme jako oborově



správné představy (CFC = 3,38), částečně správné odpovědi se také blíží oborově správné představě (CFPC = 3,22) a chybné odpovědi jsou hodnoceny jako nedostatek znalostí (CFW = 2,4).

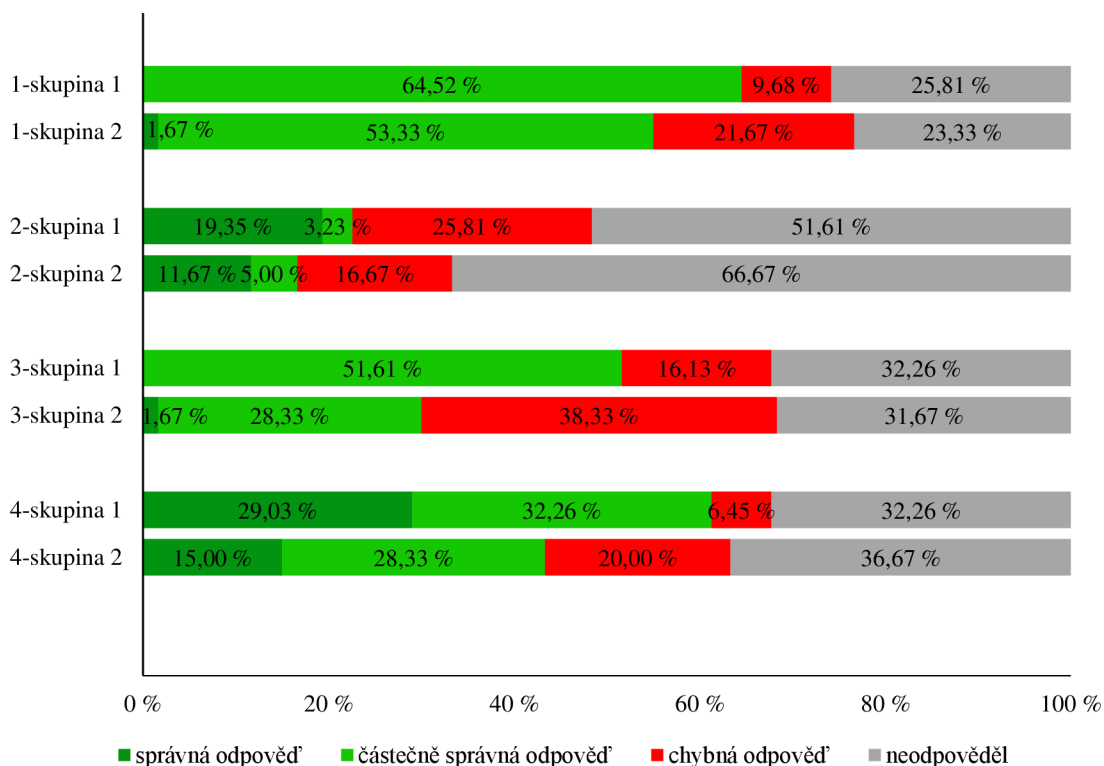
**Tab. 11: Správnost odpovědí vysvětlení funkce vybraných částí mikroskopu u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

	1	2	3	N
<b>Okulár</b>	1,67 %	53,33 %	21,67 %	23,33 %
<b>Kondenzor se clonou</b>	11,67 %	5,00 %	16,67 %	66,67 %
<b>Objektiv</b>	1,67 %	28,33 %	38,33 %	31,67 %
<b>Zaostřovací šroub</b>	15,00 %	28,33 %	20,00 %	36,67 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Následující graf (viz Graf 2) zobrazuje srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky popisující funkci vybraných částí mikroskopu mezi žáky 6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 1 a výzkumná skupina 2). Z grafu a výsledků statistické analýzy vyplývá zjištění, že podíl správných a částečně správných odpovědí je souhrnně u žáků výzkumné skupiny 1 nepatrně vyšší v porovnání s žáky z výzkumné skupiny 2, ovšem rozdíly mezi skupinami nejsou statisticky významné ( $\chi^2 < 6,85$ ;  $p > 0,077$ ).

V následujícím odstavci jsou uvedeny příklady konkrétních žakovských odpovědí týkajících se funkcí vybraných částí mikroskopu. Neúplně (částečně správně) popsali žáci okulár a jeho funkci (tedy jak okulár pracuje) jako „*Čočka, kterou pozorujeme daný objekt*“ (respondent č. 35) nebo „*Okulár je rourka, do které se díváme. Okulár zvětšuje spolu s objektivem daný objekt.*“ (respondent č. 4). U kondenzoru se clonou správně odpověděl např. respondent č. 63, že „*tlumí nebo zvyšuje intenzitu světla pod skličkem*“ (respondent č. 63), částečně správně odpověděl respondent č. 58, který jej popsal jako „*filtr, abychom měli menší intenzitu světla z lampy*“ a respondent č. 19 uvedl: „*otáčivé ozubené kolečko s různě velkými dírkami, které propouští světlo*“. Funkci objektivů správně popsal pouze jeden z žáků, který odpověděl, že jsou to „*čočky, které mají rozdílné zvětšení*“ (respondent č.36), a částečně správně byla hodnocena odpověď „*díky tomu můžeme pozorovat objekt detailněji a se zvětšením*“ (respondent č. 61). Respondent č. 22 u zaostřovacího šroubu správně uvedl: „*mohu si tím zaostřit daný objekt*“, zatímco respondent č. 35 u této položky odpověděl „*k přibližování a oddalování horní části mikroskopu*“, což bylo hodnoceno jako odpověď částečně správná.



**Graf 2: Srovnání správnosti odpovědí vysvětlení funkce vybraných částí mikroskopu mezi výzkumnými skupinami** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1= okulár; 2= kondenzor se clonou; 3 = objektiv; 4= zaostřovací šroub.

Třetí část této kapitoly shrnuje výsledky znalostí žáků týkající se správného pojmenování základních mikroskopických pomůcek. Z výsledků (viz Tab. 12) vyplývá, že všichni žáci 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) správně pojmenovali nůžky, téměř všichni (96,77 %) pinzetu a 93,55 % respondentů správně uvedlo skalpel. Podložní sklíčko pojmenovalo správně 83,87 % žáků, 12,90 % uvedlo odpověď, která byla hodnocena jako částečně správná, a pouze jeden respondent (3,23 %) odpověděl chybně. Preparační jehlu popsalo správně 74,19 % žáků, opět jeden odpověděl chybně a téměř čtvrtina z nich (22,58 %) neuvedla žádnou odpověď. Krycí sklíčko správně pojmenovalo 61,29 % žáků a opět čtvrtina z nich (25,81 %) neodpověděla vůbec. Nejmenší podíl správných odpovědí byl vyhodnocen v případě kapátka, kde správně odpověděla jen asi polovina (51,61 %) respondentů, a naopak chybně odpovědělo 35,48 % z nich. Tito respondenti kapátko nejčastěji pojmenovávali jako *pipeta*.

**Tab. 12: Správnost odpovědí pojmenování základních mikroskopických pomůcek u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1)**

	1	2	3	N
<b>Nůžky</b>	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
<b>Pinzeta</b>	96,77 %	0,00 %	0,00 %	3,23 %
<b>Preparační jehla</b>	74,19 %	0,00 %	3,23 %	22,58 %
<b>Skalpel</b>	93,55 %	0,00 %	6,45 %	0,00 %
<b>Kapátko</b>	51,61 %	0,00 %	35,48 %	12,90 %
<b>Podložní skličko</b>	83,87 %	12,90 %	3,23 %	0,00 %
<b>Krycí skličko</b>	61,29 %	0,00 %	12,90 %	25,81 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

U výzkumné skupiny 2 (žáci 9. ročníku) pinzetu správně pojmenovali všichni a nůžky téměř všichni (96,67 %) respondenti. Skalpel správně uvedlo 91,67 % žáků, 4 žáci (6,67 %) odpověděli chybně a 2 odpověď neuvedli. Preparační jehlu správně pojmenovalo 45 % žáků a stejné procento neodpovědělo vůbec. Kapátko správně pojmenovalo pouze 11,67 % žáků a asi polovina (53,33 %) odpovědělo chybně, přičemž opět nejčastěji uváděli nesprávné pojmenování *pipeta* stejně jako žáci 6. a 7. ročníku. Podíl správných odpovědí u podložního sklička byl také poměrně nízký (23,33 %), přičemž respondenti velmi často uváděli pouze *skličko*, případně *mikroskopické skličko* či *skličko na objekt*, a tyto odpovědi byly hodnoceny jako částečně správné (uvedlo 56,67 % respondentů; viz Tab. 13).

**Tab. 13. Správnost odpovědí pojmenování základních mikroskopických pomůcek u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2)**

	1	2	3	N
<b>Nůžky</b>	96,67 %	0,00 %	0,00 %	3,33 %
<b>Pinzeta</b>	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
<b>Preparační jehla</b>	45,00 %	0,00 %	10,00 %	45,00 %
<b>Skalpel</b>	91,67 %	0,00 %	6,67 %	1,67 %
<b>Kapátko</b>	11,67 %	0,00 %	53,33 %	35,00 %
<b>Podložní skličko</b>	23,33 %	56,67 %	11,67 %	8,33 %
<b>Krycí skličko</b>	16,67 %	1,67 %	30,00 %	51,67 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

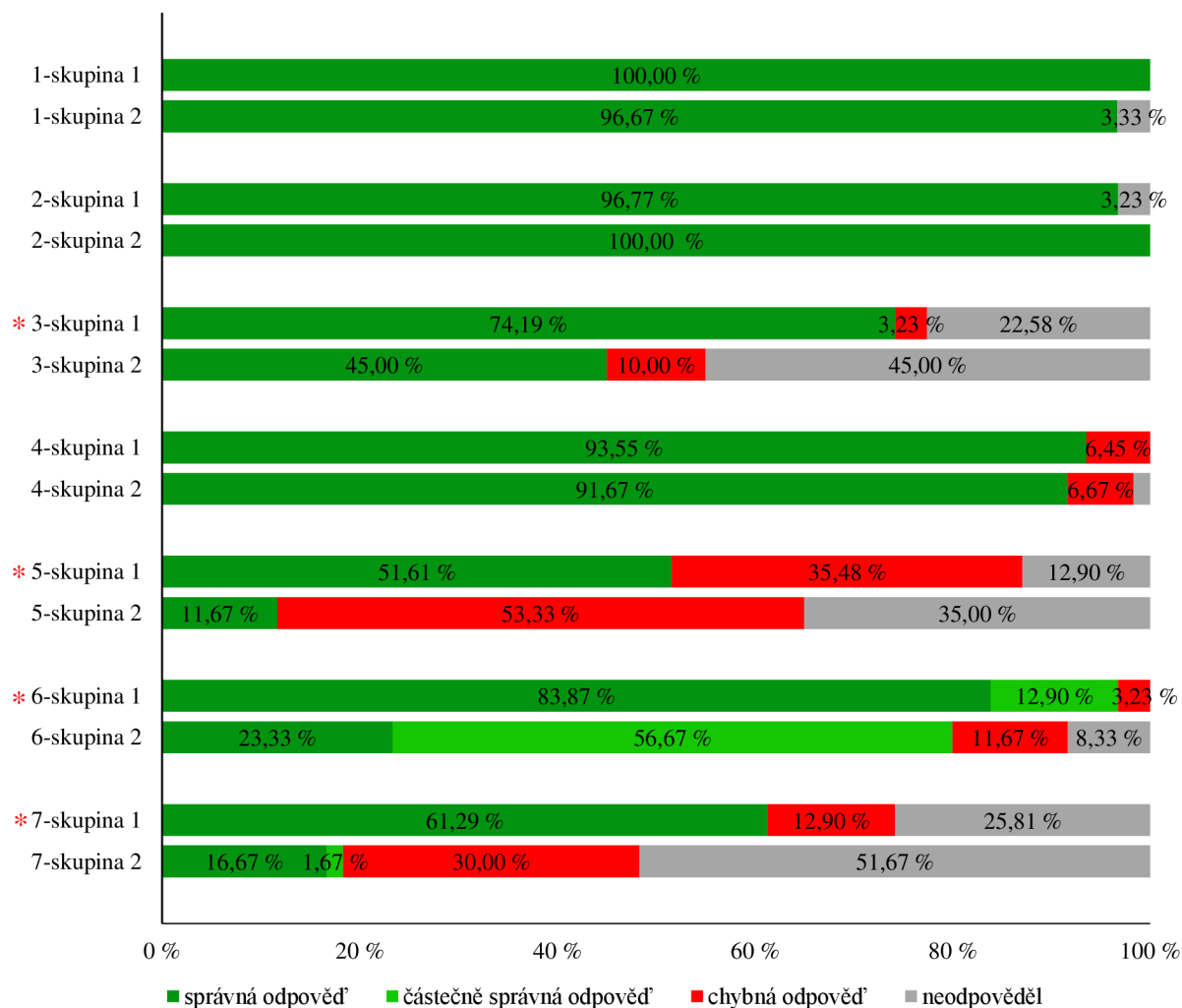
Nejčastější chybné a nepřesné odpovědi respondentů obou výzkumných skupin jsou shrnuty v následující tabulce (viz Tab. 14).

**Tab. 14: Příklady chybných či nepřesných odpovědí pojmenování základních mikroskopických pomůcek.**

Správná odpověď	Chybné a nepřesné odpovědi	Počet respondentů, kteří uvedli danou odpověď	Podíl z celkového počtu chybných odpovědí na danou položku [%]
<b>Preparační jehla</b>	<i>jehlička</i>	2	28,57 %
	<i>jehlice</i>	2	28,57 %
<b>Skalpel</b>	<i>nůž/nožik</i>	4	66,67 %
	<i>nožikopinzeta</i>	1	16,67 %
<b>Kapátko</b>	<i>pipeta</i>	30	69,77 %
	<i>zkumavka</i>	6	13,95 %
	<i>odměrka</i>	2	4,65 %
<b>Podložní sklíčko</b>	<i>velké sklíčko</i>	2	25,00 %
	<i>ochranné sklíčko</i>	1	12,5 %
	<i>tenké skleněné destičky na vzorky</i>	1	12,5 %
<b>Krycí sklíčko</b>	<i>malé sklíčko</i>	4	18,18 %
	<i>přiklopné sklíčko</i>	2	9,09 %
	<i>preparační sklíčko</i>	2	9,09 %
	<i>schránka na objekt</i>	1	4,55 %
	<i>kostka ledu</i>	1	4,55 %

*Pozn. Uvedeny jsou nejčastější chybné a nepřesné odpovědi respondentů obou výzkumných skupin.*

Následující graf (viz Graf 3) zobrazuje srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky pojmenovávající základní mikroskopické pomůcky mezi žáky 6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 1 a výzkumná skupina 2). Z grafu vyplývá zjištění, že podíl správných odpovědí je u žáků 6. a 7. ročníku vyšší v porovnání s žáky 9. ročníku (výjimkou je položka č. 2), přičemž u položek (3) preparační jehla, (5) kapátko, (6) podložní sklíčko a (7) krycí sklíčko jsou mezi jednotlivými výzkumnými skupinami statisticky významné rozdíly ( $\chi^2 > 7,14$ ;  $p < 0,028$ ).



**Graf 3: Srovnání správnosti odpovědí pojmenování základních mikroskopických pomůcek u obou výzkumných skupin.** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1 = mřížky; 2 = pinzeta; 3 = preparační jehla; 4 = skalpel; 5 = kapátko; 6 = podložní skličko; 7 = krycí skličko; \* = statisticky významný.

## 5.2 Žákovské prekoncepce o přípravě dočasného mikroskopického preparátu

V této kapitole budou shrnuty výsledky znalostí žáků zaměřených na přípravu dočasného mikroskopického preparátu. Nejprve žáci měli za úkol pojmenovat útvary v preparátu pozorovaném v mikroskopu, jimiž byly vzduchové bubliny. Poté měli vybrat, ve kterém kroku přípravy preparátu se stala chyba, a nakonec tuto chybu v postupu práce vysvětlit. Z výsledků (viz Tab. 15) odpovědí žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) vyplynulo, že správně vzduchové bubliny pojmenovala necelá polovina (48,39 %) respondentů a chybnou odpověď uvedlo 32,26 % z nich. Z vypočtených hodnot indexů CFC a CFW vyplývá, že v případě

správných odpovědí se jedná o oborově správnou představu, neboť si respondenti jsou svojí odpovědí spíše jisti (CFC = 2,8), naopak chybné odpovědi žáků jsou na základě indexu jistoty hodnoceny jako nedostatek znalostí (CFW = 2,13). Chybný krok v přípravě preparátu správně určilo 38,71 % žáků, čtvrtina z nich (25,81 %) odpovědělo chybně a zbylí žáci odpověď neuvodli. Jen necelá čtvrtina (22,58 %) žáků správně vysvětlila chybu při přípravě preparátu, částečně správnou odpověď uvedlo 9,68 % a chybně odpovědělo 29,03 % žáků. Na základě vypočtených hodnot indexů jistoty CFC, CFPC a CFW lze správné odpovědi žáků hodnotit ještě jako oborově správné představy, neboť žáci uvádí, že jsou si správností svých vysvětlení spíše jisti (CFC = 2,57), částečně správné odpovědi odpovídají představám, které se blíží oborově správným, ale jsou neúplné, přičemž index jistoty značí, že jsou si tito žáci svou odpovědí velmi jisti (CFPC = 3,67) a v případě chybných odpovědí hodnotíme představy žáků jako nedostatek znalostí (CFW = 2,44).

**Tab. 15: Správnost odpovědí pojmenování útvarů v preparátu pozorovaných pod mikroskopem, určení chybného kroku a vysvětlení chyby při přípravě preparátu u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).**

	1	2	3	N
<b>Vzduchové bubliny</b>	48,39 %	0,00 %	32,26 %	19,35 %
<b>Určení chybného kroku</b>	38,71 %	0,00 %	25,81 %	35,48 %
<b>Vysvětlení chyby</b>	22,58 %	9,68 %	29,03 %	38,71 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Z výsledků (viz Tab. 16) odpovědi žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2) vyplývá správné pojmenování vzduchových bublin u 41,67 % žáků, asi čtvrtina (26,67 %) uvedla nesprávné pojmenování a zbylí žáci neodpověděli vůbec. Z výsledků indexů jistoty CFC a CFW lze správné odpovědi hodnotit spíše jako oborově správné představy, neboť si žáci svou odpovědí byli spíše jisti (CFC = 2,54), ale naopak u chybných odpovědí si správností jisti spíše nebyli (CFW = 2,19) a v tomto případě tyto představy hodnotíme jako nedostatek znalostí. Chybný krok v přípravě preparátu správně určilo 36,67 % žáků, nesprávně odpovědělo 15 % a asi polovina žáků neuvodla žádnou odpověď. Pouze 4 žáci (6,67 %) správně vysvětlili chybu v přípravě preparátu, 20 % žáků uvedlo částečně správnou odpověď a 21,67 % odpovědělo chybně. Z vypočtených hodnot indexů CFC, CFPC a CFW vyplývá, že v případě správných i částečně správných odpovědí si žáci nejsou jisti jejich správností a jedná se tedy o nedostatek

znalostí (CFC = 2; CFPC = 2,42). U chybných odpovědí je hodnota indexu jistoty CFW na hranici mezi nedostatkem znalostí a miskoncepcí (CFW = 2,5).

**Tab. 16: Správnost odpovědí pojmenování útvarů v preparátu pozorovaných pod mikroskopem, určení chybného kroku a vysvětlení chyby při přípravě preparátu u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

	1	2	3	N
Vzduchové bubliny	41,67 %	0,00 %	26,67 %	31,67 %
Určení chybného kroku	36,67 %	0,00 %	15,00 %	48,33 %
Vysvětlení chyby	6,67 %	20,00 %	21,67 %	51,67 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

V následující tabulce (viz Tab. 17) jsou uvedeny příklady nejčastějších chybných a nepřesných odpovědí pojmenování útvarů v pozorovaném preparátu u žáků obou výzkumných skupin.

**Tab. 17: Příklady chybných odpovědí pojmenování útvarů v mikroskopickém preparátu.**

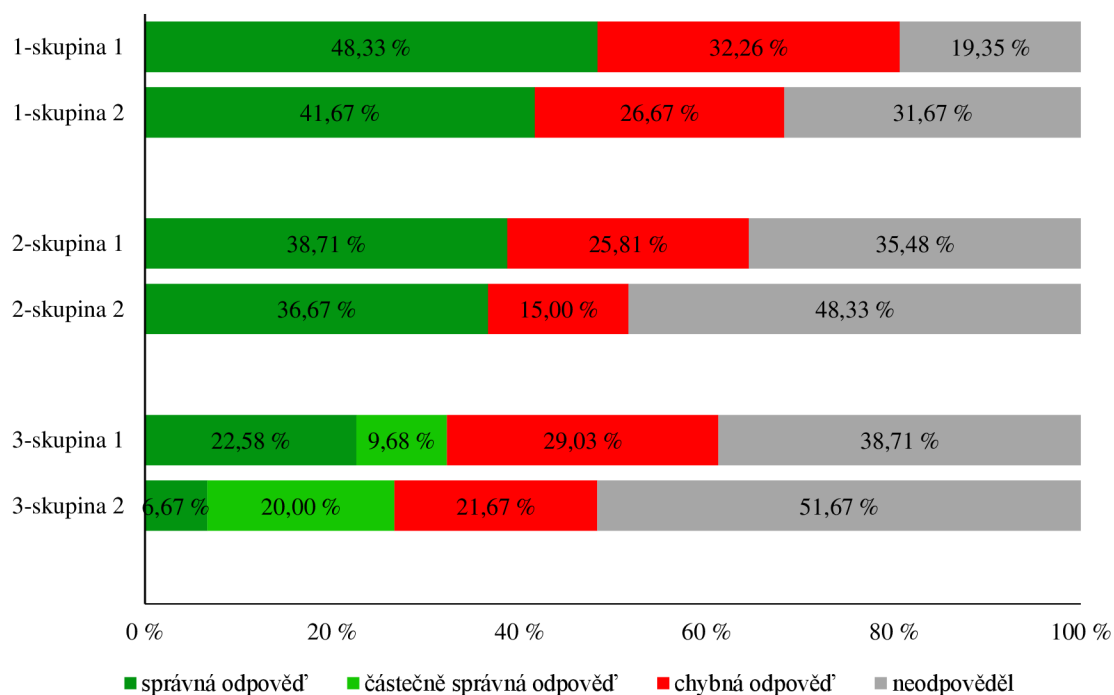
Správná odpověď	Chybné odpovědi	Počet respondentů, kteří uvedli danou odpověď	Podíl z celkového počtu chybných odpovědí na danou položku [%]
Vzduchové bubliny	<i>bakterie</i>	5	19,23 %
	<i>buňky</i>	5	19,23 %
	<i>rostliny</i>	3	11,54 %
	<i>prach</i>	1	3,85 %
	<i>jádro s jadérkem</i>	1	3,85 %
	<i>plíseň</i>	1	3,85 %

*Pozn. Uvedeny jsou nejčastější chybné odpovědi respondentů obou výzkumných skupin.*

Při vysvětlení chyby při přípravě preparátu respondenti správně uváděli následující odpovědi: „*položila skličko příliš rychle*“ nebo „*položila skličko shora a ne z boku*“. V případě chybných odpovědí respondenti často uváděli vysvětlení vzniku vzduchových bublin následovně: „*prohození prvního a druhého kroku přípravy, tj. měla dát první rostlinu a až potom vodu*“ (22,73 % z celkového počtu chybných odpovědí), „*velká kapka vody*“ (9,09 % z celkového počtu chybných odpovědí), nebo „*špinavé skličko*“ (také 9,09 % z celkového počtu chybných odpovědí).

Následující graf (viz Graf 4) zobrazuje srovnání správnosti žákovských odpovědí na jednotlivé položky zaměřené na přípravu dočasných mikroskopických preparátů mezi žáky

6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 1 a výzkumná skupina 2). Z grafu vyplývá zjištění, že podíl správných odpovědí je u žáků 6. a 7. ročníku vyšší v porovnání s žáky 9. ročníku, a naopak podíl chybějících odpovědí je vyšší u žáků 9. ročníku, kde u položky č. 2 a č. 3 neodpověděla asi polovina z nich. Na základě vypočtených hodnot chí kvadrát testu ale nejsou zjištěné rozdíly mezi výzkumnými skupinami statisticky významné ( $\chi^2 < 6,79$ ;  $p > 0,079$ ).



**Graf 4: Srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky zaměřené na přípravu dočasného mikroskopického preparátu mezi výzkumnými skupinami.** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1 = pojmenování útvarů v preparátu; 2 = určení chybného kroku; 3 = vysvětlení chyby při přípravě preparátu.

### 5.3 Žákovské prekoncepce o vlastnostech obrazu pozorovaného mikroskopem

V této kapitole budou shrnuty výsledky žákovských představ zaměřených na vlastnosti obrazu pozorovaného mikroskopem. Žáci měli nejprve určit, jak v mikroskopu uvidí obraz písmene „e“ z novinového textu, pokud je na stolku původně text umístěn tak, že jej lze přečíst, a poté měli výběr své odpovědi zdůvodnit. Z výsledků (viz Tab. 18) vyplývá, že u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) zvolilo správnou odpověď pouze 9,68 % respondentů, ale správně ji nezdůvodnil žádný z nich. Naopak zde byl vysoký podíl chybných odpovědí



(90,32 % respondentů), pokud respondenti uvedli nějaké zdůvodnění odpovědi (32,26 % žáků), bylo toto zdůvodnění vždy chybné. Z vypočítaných hodnot indexů CFC a CFW vyplývá, že v případě správně zvolené odpovědi je zřejmé, že žáci tuto odpověď spíše hádali, neboť index jistoty správnosti jejich odpovědi je velmi nízký (CFC = 1,5) a značí nedostatek znalostí. V případě nesprávně zvolené odpovědi lze na základě hodnoty CFW tuto žákovskou představu hodnotit také jako nedostatek znalostí (CFW = 2,48), ale chybné zdůvodnění výběru odpovědi je možné vzhledem k vysoké hodnotě indexu považovat za miskoncepci (CFW = 3).

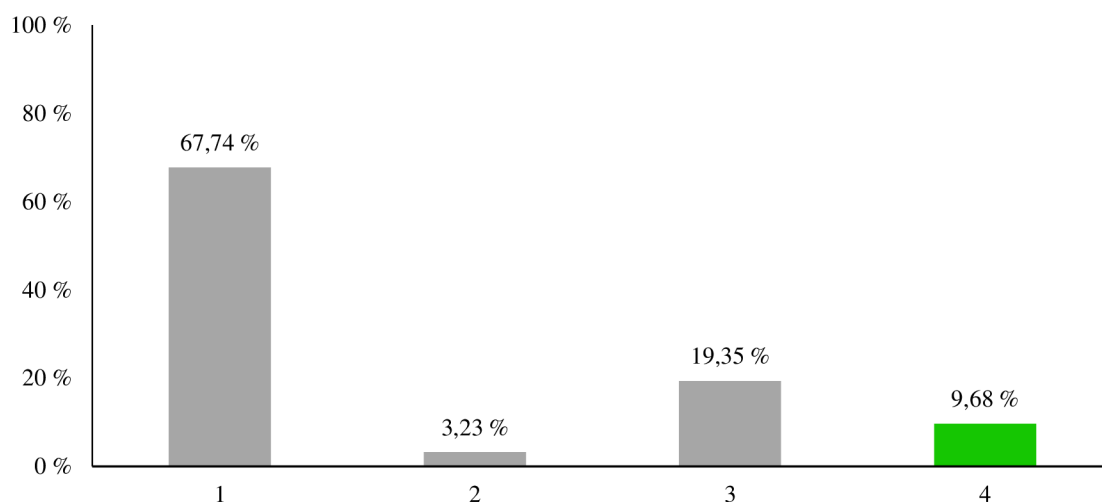
**Tab. 18: Správnost odpovědí o vlastnostech mikroskopického obrazu a jejího zdůvodnění u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).**

	1	2	3	N
<b>Obraz písmene „e“ pod mikroskopem</b>	9,68 %	0,00 %	90,32 %	0,00 %
<b>Zdůvodnění výběru odpovědi</b>	0,00 %	0,00 %	32,26 %	67,74 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Následující graf (viz Graf 5) zobrazuje zastoupení odpovědi žáků 6. a 7. ročníku na otázku, jak vidí obraz písmene „e“ pod mikroskopem. Z grafu vyplývá, že nejčastěji žáci chybně označovali odpověď č. 1 (67,74 %), ve které je obraz písmene „e“ otočený tak, že jej můžeme přečíst.

Z výsledků výzkumné skupiny 2 (viz Tab. 19) vyplývá, že výslednou podobu obrazu písmene „e“ pod mikroskopem správně určilo pouze 15 % žáků, ale žádný z nich již neuvedl správné vysvětlení. Pouze 1 respondent zdůvodnil výběr své odpovědi částečně správně. Chybnou odpověď naopak zvolilo 83,33 % žáků a chybné zdůvodnění uvedlo 45 % respondentů. Z vypočtených hodnot indexů jistoty CFC a CFW jsou správné i chybné odpovědi obrazu písmene „e“ pod mikroskopem hodnoceny jako nedostatek znalostí, neboť v obou případech si žáci svou odpovědí nejsou jistí (CFC= 2,22; CFW = 2,04). Stejně tak jsou jako nedostatek znalostí hodnoceny správné i chybné odpovědi zdůvodňující zvolenou odpověď (CFC = 2,26; CFW = 2,19). V případě, kde respondent uvedl částečně správnou odpověď, je jeho znalost hodnocena jako představa, která se blíží oborově správné, neboť si je touto odpovědí zcela jistý (CFPC = 4).



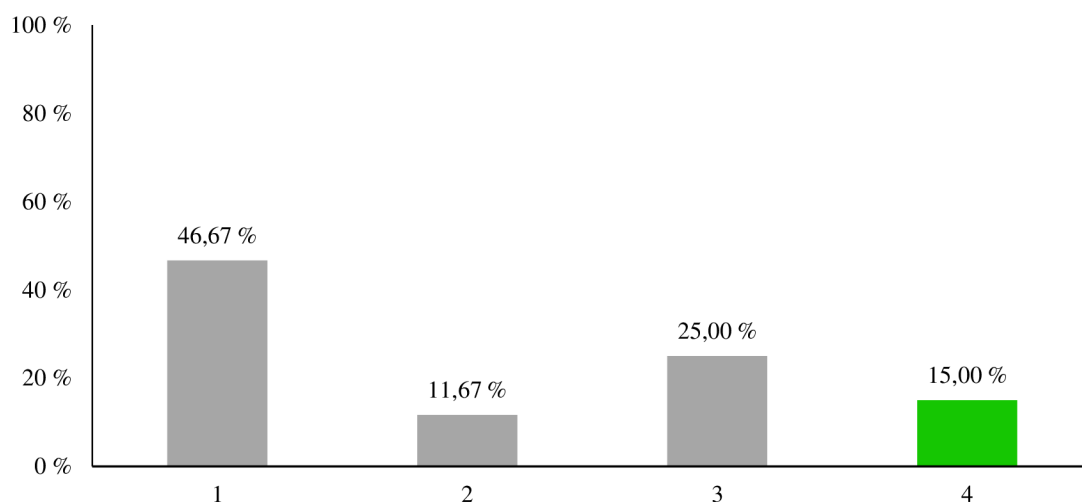
**Graf 5: Zastoupení odpovědí o vlastnostech mikroskopického obrazu písmene „e“ u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: 1 = obraz písmene „e“ je orientovaný tak, že jej můžeme přečíst; 2 = obraz písmene „e“ je převrácený dolů; 3 = obraz písmene „e“ je zrcadlově otočený; 4 = obraz písmene „e“ je zrcadlově otočený a převrácený. Zelená barva sloupce odpovídá správné odpovědi, šedá barva chybným variantám odpovědi.

**Tab. 19: Správnost odpovědí o vlastnostech mikroskopického obrazu a jejího zdůvodnění u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

	1	2	3	N
<b>Obraz písmene „e“ pod mikroskopem</b>	15,00 %	0,00 %	83,33 %	1,67 %
<b>Zdůvodnění výběru odpovědi</b>	0,00 %	1,67 %	45,00 %	53,33 %

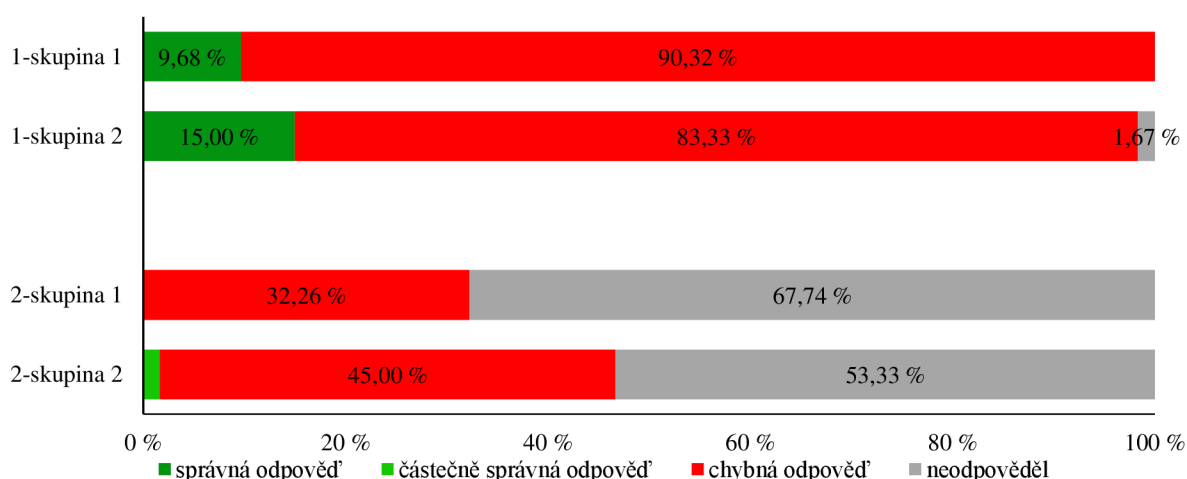
Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.

Následující graf (viz Graf 6) zobrazuje zastoupení odpovědí žáků 9. ročníku na otázku, jak vidí obraz písmene „e“ pod mikroskopem. Z grafu vyplývá, že stejně jako u výzkumné skupiny 1, nejčastěji žáci chybně označovali odpověď č. 1 (46,67 %), tedy že obraz písmene „e“ je orientovaný tak, že jej můžeme přečíst. Čtvrtina žáků 9. ročníku označila chybně odpověď č. 3, obraz zrcadlově převrácený, a 15 % respondentů uvedlo správnou odpověď č. 4.



**Graf 6: Zastoupení odpovědí o vlastnostech mikroskopického obrazu písmene „e“ u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí; 1 respondent (1,67 %) odpověď neuvedl. Vysvětlivky: 1 = obraz písmene „e“ je orientovaný tak, že jej můžeme přečíst; 2 = obraz písmene „e“ je převrácený dolů; 3 = obraz písmene „e“ je zrcadlově otočený; 4 = obraz písmene „e“ je zrcadlově otočený a převrácený. Zelená barva sloupce odpovídá správné odpovědi, šedá barva chybným variantám odpovědi.

Graf 7 zobrazuje srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky zaměřené na vlastnosti obrazu pozorovaného mikroskopem mezi žáky 6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku.



**Graf 7: Srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky zaměřené na vlastnosti obrazu pozorovaného mikroskopem mezi výzkumnými skupinami.** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1 = obraz písmene „e“ pod mikroskopem 2 = zdůvodnění výběru odpovědi.

Z vypočítaných hodnot chí kvadrát testu je patrné, že mezi výzkumnými skupinami nejsou statisticky významné rozdíly ( $\chi^2 < 2,92$ ;  $p > 0,40$ ). Žáci volbu chybné odpovědi zdůvodňovali například: „obraz je pouze zvětšený, vidím ho ve stejném směru“ (odpověď č. 1, respondent č. 49), „když jsme pozorovali hmyz, byl vždy správně otočený“ (odpověď č. 1, respondent č. 34), „protože je dané ve skličku, takže bude zrcadlově“ (odpověď č. 3, respondent č. 74).

## 5.4 Žákovské prekoncepce o celkovém zvětšení mikroskopu

V této kapitole budou shrnuty výsledky znalostí žáků týkající se zvětšení mikroskopu. Z výsledků výzkumné skupiny 1 (viz Tab. 20) vyplývá, že podíl správných odpovědí hodnoty nejmenšího zvětšení mikroskopu je pouze 16,13 % a správnou hodnotu největšího zvětšení uvedlo 12,90 % žáků. Naopak chybně nejmenší celkové zvětšení mikroskopu určily tři čtvrtiny žáků (74,19 %) a v případě největšího zvětšení mikroskopu byl podíl chybných odpovědí ještě vyšší (83,87 %). Z vypočtených hodnot indexů CFC a CFW je zřejmé, že žáci si byli správností své odpovědi spíše jisti (CFC = 2,75; CFW = 2,81), proto lze tyto odpovědi hodnotit jako oborově správné představy a v případě chybných odpovědí se jedná o miskoncepty. Z výsledků druhé položky, ve které žáci zdůvodňovali svou odpověď, vyplývá, že jen 9,68 % z nich uvedlo správné vysvětlení výpočtu zvětšení mikroskopu, kterým si zároveň byli jisti (CFC = 2,67), tyto odpovědi můžeme opět hodnotit jako oborově správné. V případě chybných odpovědí, které uvedlo 29,03 % žáků, se jedná opět o miskoncepce (CFW = 2,71).

**Tab. 20: Správnost odpovědí určení zvětšení mikroskopu a jejich zdůvodnění u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).**

	1	2	N
Nejmenší zvětšení mikroskopu	16,13 %	74,19 %	9,68 %
Největší zvětšení mikroskopu	12,90 %	83,87 %	3,23 %
Výpočet zvětšení mikroskopu	9,68 %	29,03 %	61,29 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

U žáků 9. ročníku (viz Tab. 21) byl podíl správných odpovědí nepatrně vyšší v porovnání s žáky 6. a 7. ročníku. Hodnotu nejmenšího zvětšení mikroskopu určilo správně 18,33 % žáků a hodnotu největšího zvětšení 20 % žáků. Na základě vypočítaného indexu jistoty (CFC = 3) jsou tyto odpovědi hodnoceny jako oborově správné představy. U chybných odpovědí, které uvedlo 65 % žáků u hodnoty nejmenšího zvětšení a 61,67 % u hodnoty největšího zvětšení mikroskopu, můžeme hovořit o miskonceptu (CFW = 2,51). Správné vysvětlení výpočtu celkového zvětšení mikroskopu uvedlo pouze 10 % žáků. Z hodnoty indexu jistoty je zřejmé,

že si žáci jsou svou odpovědí velmi jisti (CFC = 3,5) a znalosti žáků můžeme opět hodnotit jako oborově správné. Naopak v případě chybných odpovědí, které uvedlo 16,67 % žáků, se jedná o miskoncepce (CFW = 2,6).

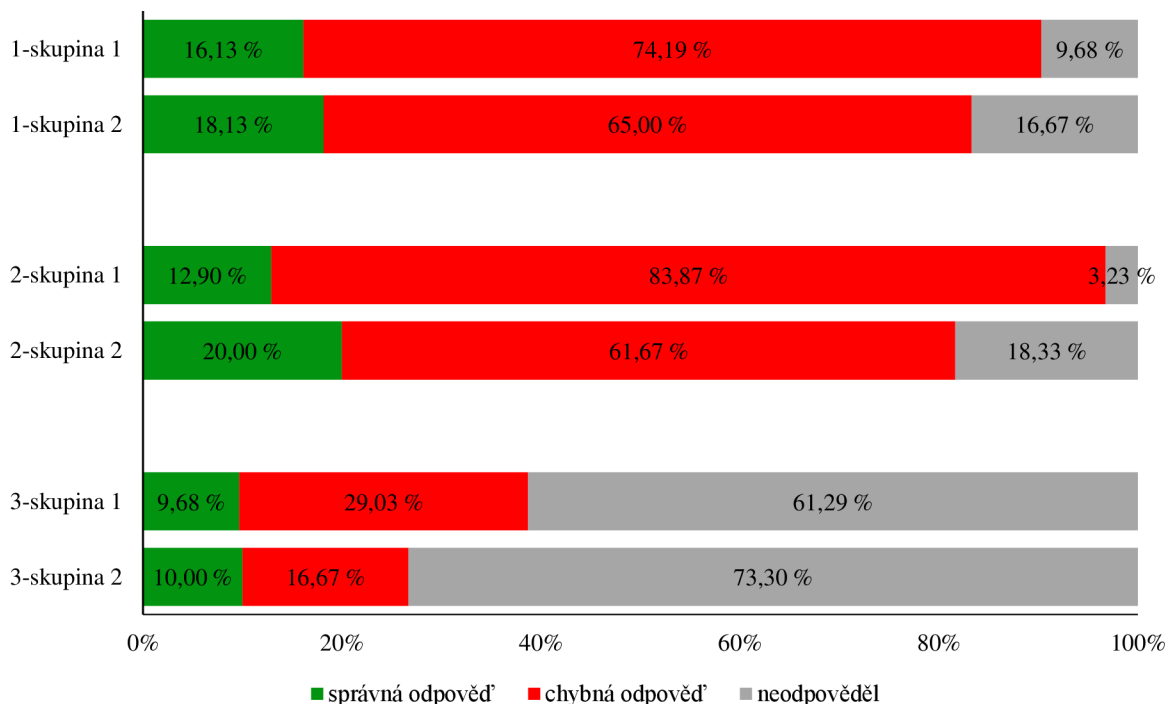
Mezi nejčastější chybné odpovědi v obou výzkumných skupinách patří představa, že hodnota nejmenšího zvětšení mikroskopu je 4x (69,35 % z celkového počtu chybných odpovědí), hodnota největšího zvětšení mikroskopu je 40x (68,25 % z celkového počtu chybných odpovědí) a jako zdůvodnění respondenti uváděli, že tyto hodnoty vyčetli na mikroskopu (84,21 % z celkového počtu chybných odpovědí). Je tedy patrné, že většina žáků má poměrně pevně vytvořenou představu, že celkové zvětšení mikroskopu odpovídá zvětšení objektivu. Tyto představy jsou na základě výše uvedených výsledků hodnoceny jako miskoncepce. Jen malý podíl žáků v obou výzkumných skupinách umí správně určit celkové zvětšení mikroskopu jako součin zvětšení okuláru a zvětšení použitého objektivu (srov. Tab. 20 a Tab. 21; viz též Graf 8).

**Tab. 21: Správnost odpovědí určení zvětšení mikroskopu a jejich zdůvodnění u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

	1	2	N
Nejmenší zvětšení mikroskopu	18,33 %	65,00 %	16,67 %
Největší zvětšení mikroskopu	20,00 %	61,67 %	18,33 %
Výpočet zvětšení mikroskopu	10,00 %	16,67 %	73,33 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Následující graf (viz Graf 8) zobrazuje srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky konceptového testu zaměřené na určení zvětšení mikroskopu mezi žáky 6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 1 a výzkumná skupina 2). Z grafu vyplývá, že podíl chybných odpovědí je sice u žáků 6. a 7. ročníku vyšší v porovnání s žáky 9. ročníku, ale podle vypočítaných hodnot chí kvadrát testu nejsou rozdíly mezi skupinami statisticky významné ( $\chi^2 < 5,58$ ;  $p > 0,06$ ).



**Graf 8: Srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky zaměřené na určování zvětšení mikroskopu mezi výzkumnými skupinami.** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1 = hodnota nejmenšího zvětšení mikroskopu; 2 = hodnota největšího zvětšení mikroskopu; 3 = vysvětlení postupu při určení zvětšení mikroskopu.

## 5.5 Žákovské představy o vybraných zásadách práce s mikroskopem

Následující kapitola shrnuje výsledky představ žáků zaměřené na vybrané zásady pracovního postupu při mikroskopování. V úloze č. 7 konceptového testu žáci vysvětlovali, proč se při mikroskopování doporučuje začít při nejmenším zvětšení. V případě žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) 12,90 % respondentů uvedlo správnou odpověď, 29,03 % odpovědělo částečně správně a asi čtvrtina (25,81 %) žáků uvedla chybnou odpověď (viz Tab. 22). Na základě dosažených hodnot indexů CFC, CFPC a CFW jsou nicméně správné i částečně správné odpovědi hodnoceny jako nedostatek znalostí, protože si žáci jejich správností spíše nejsou jisti (CFC = 2,25; CFPC = 2,33). V případě chybných odpovědí, u nichž jsou si žáci naopak jejich správností jisti, se jedná o miskoncepce (CFW = 2,67). V úloze č. 8 konceptového testu respondenti odpovídali, proč může během pozorování pod mikroskopem dojít k poškození preparátu. U této úlohy pouze 1 z žáků uvedl správnou odpověď, 22,58 % odpovědělo částečně správně a přibližně polovina (48,39 %) žáků uvedla chybnou odpověď. Na základě dosažených hodnot indexů CFC, CFPC a CFW je správná odpověď hodnocena jako oborově správná představa, neboť si žák byl jistý její správností (CFC = 3), stejně tak jako v případě částečně

správných odpovědí, u kterých můžeme hovořit o představách, které se blíží oborově správným, ale jsou neúplně utvořené (CFPC = 2,57). Chybné odpovědi je možné hodnotit jako miskoncepce, neboť žáci si jsou danou odpovědí spíše jisti (CFPC = 2,57).

**Tab. 22: Správnost odpovědí na položky konceptového testu zaměřené na vybrané zásady mikroskopování u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1).**

	1	2	3	N
Úloha 7	12,90 %	29,03 %	25,81 %	32,26 %
Úloha 8	3,23 %	22,58 %	48,39 %	25,80 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Z výsledků (viz Tab. 23) žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2) vyplývá také nízký podíl správných a částečně správných odpovědí, ve srovnání s žáky 6. a 7. ročníku zde bylo více respondentů, kteří neuvedli žádnou odpověď. V úloze 7 uvedlo správnou odpověď 13,33 % žáků, částečně správně odpovědělo 11,67 % a asi čtvrtina (26,67 %) odpověděla chybně. Na základě hodnot indexů jistoty správnosti odpovědí lze všechny odpovědi hodnotit jako nedostatek znalostí (CFC = 2; CFPC = 2,29; CFW = 1,93), neboť respondenti v průměru uváděli nízkou jistotu správnosti svých odpovědí. V úloze č. 8 byl podíl správných a částečně správných odpovědí dohromady pouze 11,66 %, ale na základě hodnoty indexu CFC můžeme hovořit v případě správných odpovědí o oborově správné představě žáků (CFC = 3,2). Chybnou odpověď uvedlo 31,67 % respondentů a tyto odpovědi jsou hodnoceny jako miskoncepce (CFW = 2,53).

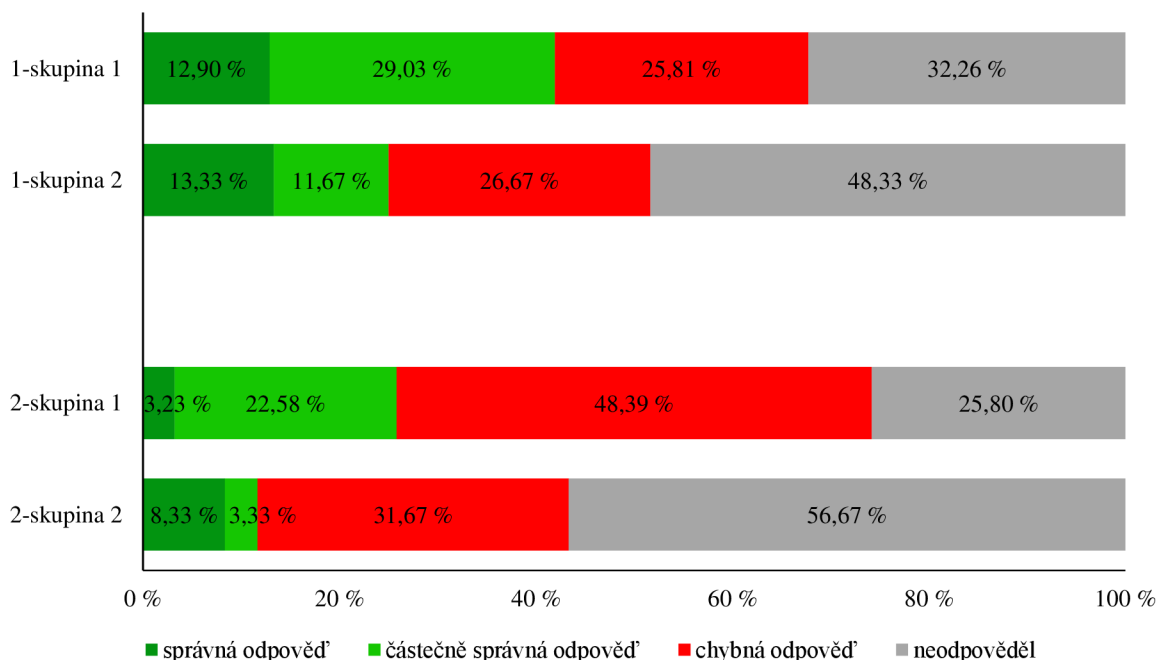
**Tab. 23: Správnost odpovědí na položky konceptového testu zaměřené na vybrané zásady mikroskopování u žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

	1	2	3	N
Úloha 7	13,33 %	11,67 %	26,67 %	48,33 %
Úloha 8	8,33 %	3,33 %	31,67 %	56,67 %

*Vysvětlivky: 1 = správná odpověď; 2 = částečně správná odpověď; 3 = chybná odpověď; N = respondent neodpověděl.*

Následující graf (viz Graf 9) zobrazuje srovnání správnosti odpovědí na jednotlivé položky zaměřené na vybrané zásady správného postupu při mikroskopování mezi žáky 6. a 7. ročníku a žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 1 a výzkumná skupina 2). Z grafu vyplývá, že podíl správných a částečně správných odpovědí je v případě výzkumné skupiny 1 vyšší v porovnání

s výzkumnou skupinou 2, ve které byl naopak zaznamenán vyšší podíl chybějících odpovědí. V úloze č. 8 byl pomocí chí kvadrát testu zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami ( $\chi^2 = 14,21$ ;  $p = 0,003$ ).



**Graf 9: Srovnání správnosti odpovědí na položky konceptového testu zaměřené na vybrané zásady mikroskopování mezi výzkumnými skupinami.** Pozn.: hodnoty uvedené v grafu odpovídají relativním četnostem odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku; 1 = úloha 7; 2 = úloha 8, \* = statisticky významný rozdíl,  $p < 0,05$ .

V následujícím odstavci jsou uvedeny příklady odpovědí respondentů obou výzkumných skupin na popisované položky konceptového testu. V úloze č. 7, proč je třeba začít preparát pozorovat na nejmenším zvětšení, žáci správně odpovídali například: „*abychom první viděli celý objekt a až později se zaměřili na detaily*“ (respondent č. 65), nebo „*protože si pozorovaný objekt musíme najít a říct si, jakou část budeme pozorovat a teprve pak si můžeme zvětšit zvětšení*“ (respondent č. 12). Naopak chybně někteří žáci uváděli: „*aby se objekt nerozmazal*“ (respondent č. 89) nebo „*aby nedošlo k poškození preparátu*“ (respondent č. 15). V úloze č. 8, proč došlo k poškození preparátu v průběhu jeho pozorování mikroskopem, respondent č. 3 uvedl: „*měl moc vysoko podložní stolek, a tak to do sebe narazilo*“ a tato odpověď byla hodnocena jako částečně správná, stejně jako odpověď žáka č. 31, který napsal: „*nepodíval se, kolik mu zbývá místa*“. Jako chybná byla posouzena např. odpověď „*začal s největším zvětšením*“ (respondent č. 53).



## 5.6 Doplnující informace k žákovské práci s mikroskopem z dotazníkového šetření

Poslední kapitola výsledkové části diplomové práce je zaměřena na doplňující informace k práci žáků s mikroskopem vyplývající z dotazníkového šetření (viz též Kap. 4 a Příloha 1). Z výsledků vstupního dotazníku zaměřeného na mikroskopování a nepovinné přírodopisné aktivity (seminář, kroužek, Biologická olympiáda) u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) a žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2) vyplývá, že 29,03 % žáků 6. a 7. ročníku navštěvovalo či navštěvuje volitelný seminář z přírodopisu a 12,90 % zájmový přírodovědný kroužek. U žáků 9. ročníku volitelný seminář navštěvovala skoro polovina (43,33 %) respondentů, ale pouze 3 žáci (5 %) navštěvovali přírodovědný kroužek. Biologické olympiády se ve škole zúčastnili 4 žáci z 9. ročníku (viz Tab. 24).

**Tab. 24: Účast žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) a žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2) v semináři z přírodopisu, na Biologické olympiádě a v přírodovědném kroužku.**

	skupina 1	skupina 2
Seminář z přírodopisu	29,03 %	43,33 %
Biologická olympiáda	0,00 %	6,67 %
Přírodovědný kroužek	12,90 %	5,00 %

*Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku.*

Z odpovědí žáků (viz Tab. 25) dále vyplývá, že žáci 6. a 7. ročníku pracovali ve škole s mikroskopem častěji, (45,16 % respondentů několikrát měsíčně), než žáci 9. ročníku, kde polovina žáků uvedla, že s mikroskopem pracovali pouze jednou za školní rok. Na základě doplňujících slovních informací žáků 9. ročníku bylo zjištěno, že v případě jedné deváté třídy proběhla pouze jediná práce s mikroskopem za celé 4 roky výuky přírodopisu na základní škole (6.-9. ročník). Dále 9 žáků 6. a 7. ročníku (29,03 %) a 16 žáků 9. ročníku (26,67 %) uvedlo, že mělo v dětství doma mikroskop, kterým pozorovali biologické objekty.

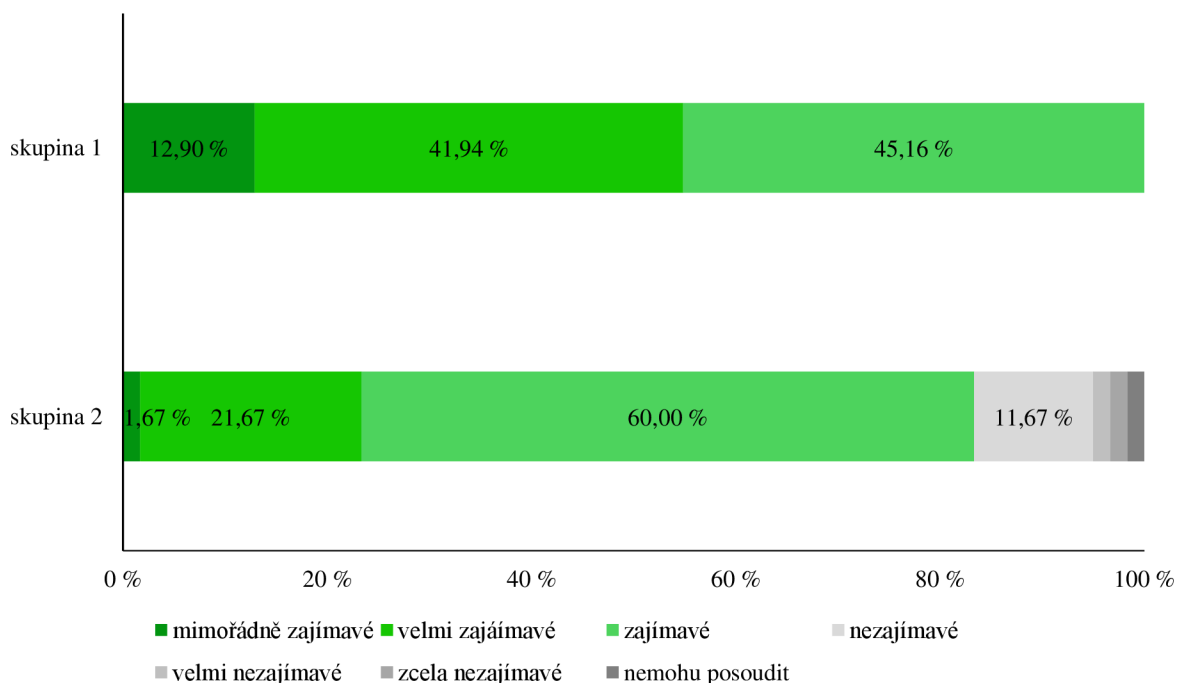
Následující graf (viz Graf 10) znázorňuje odpovědi respondentů na otázku, do jaké míry je pro ně pozorování biologických objektů zajímavé. Z výsledků vyplývá, že pro žáky 6. a 7. ročníku je tato činnost zajímavější v porovnání s odpověďmi žáků 9. ročníku. Žáci první výzkumné skupiny jej označovali jako mimořádně zajímavé (12,9 %), velmi zajímavé (41,94 %) a zajímavé (45,16 %). Žáci 9. ročníku vnímali pozorování biologických objektů nejčastěji jako zajímavé, což uvedla více než polovina z nich (60 %). Naopak jako nezajímavé,

velmi nezajímavé či zcela nezajímavé jej hodnotilo dohromady 15,01 % respondentů. Na základě vypočtených hodnot chí kvadrát testu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skupinami ( $\chi^2 = 13,62$ ;  $p = 0,034$ ).

**Tab. 25: Četnost práce s mikroskopem ve škole až do současnosti u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) a žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2)**

Četnost práce s mikroskopem	skupina 1	skupina 2
Několikrát měsíčně	45,16 %	5,00 %
1x měsíčně	3,23 %	3,33 %
2x za pololetí	19,35 %	25,00 %
1x za pololetí	22,58 %	11,67 %
1x za školní rok	0,00 %	50,00 %
Vůbec	6,45 %	3,33 %

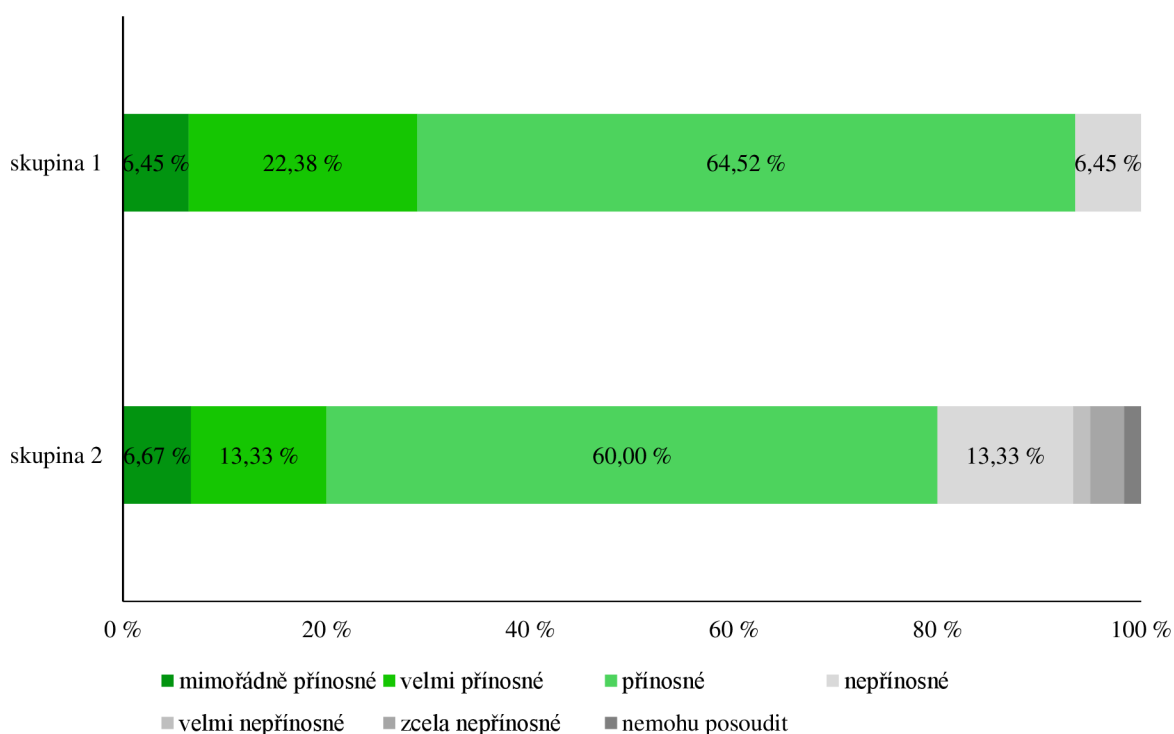
*Vysvětlivky: čísla v tabulce uvádějí relativní četnosti jednotlivých odpovědí respondentů; skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku.*



**Graf 10. Pozorování biologických objektů pod mikroskopem jako zajímavá činnost u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) a žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).**

*Pozn.: Hodnoty v grafu odpovídají relativním četnostem jednotlivých odpovědí. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku.*

Poslední dotazníková položka se zaměřovala na pozorování biologických objektů z hlediska přínosu pro získávání nových biologických poznatků žákům. Odpovědi žáků jsou zobrazeny v následujícím grafu (viz Graf 11). Z výsledků vyplývá, že pro žáky 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) je pozorování biologických objektů přínosnější v porovnání s žáky 9. ročníku (výzkumná skupina 2). V případě výzkumné skupiny 1 je toto pozorování pro 6,45 % žáků mimořádně přínosné, 22,38 % respondentů uvedlo odpověď velmi přínosné, 64,52 % jej označilo jako přínosné a pouze 6,45 % respondentů jej hodnotilo jako nepřínosné. U výzkumné skupiny 2 stejné procento (6,67 %) respondentů odpovědělo, že je pro ně pozorování biologických objektů mimořádně přínosné, 13,33 % jej označilo jako velmi přínosné a 60 % jako přínosné. Naopak jako nepřínosné, velmi nepřínosné či zcela nepřínosné hodnotilo toto pozorování celkem 18,33 % respondentů. Z vypočítaných hodnot chí kvadrát testu mezi výzkumnými skupinami nejsou statisticky významné rozdíly ( $\chi^2 < 4,07$ ;  $p > 0,67$ )



**Graf 11. Přínos pozorování biologických objektů pro získávání nových biologických poznatků u žáků 6. a 7. ročníku (výzkumná skupina 1) a žáků 9. ročníku (výzkumná skupina 2).** Pozn.: Hodnoty v grafu odpovídají relativním četnostem jednotlivých odpovědí; 1 respondent (1,67 %) skupiny 2 neodpověděl. Vysvětlivky: skupina 1 = žáci 6. a 7. ročníku; skupina 2 = žáci 9. ročníku.

## 6 DISKUZE

Učivo o stavbě a funkci mikroskopu a mikroskopování je v RVP ZV (2017) i jeho revidované formě z roku 2021 (RVP ZV, 2021) součástí vzdělávacího oboru *Přírodopis* v rámci tematického okruhu „*Praktické poznávání přírody*“. Ve vybraných současných učebnicích přírodopisu (Dobroruka et al., 1997; Jurčák et al., 1997a; Kočárek & Kočárek, 1998; Maleninský et al., 2004; Musilová, Konětopský & Vlk, 2007; Kvasničková et al., 2009; Čabradová et al., 2010; Dančák & Sedlářová, 2011a; Černík et al., 2013; Pelikánová et al., 2014; Žídková et al., 2017), které jsou opatřeny schvalovací doložkou MŠMT, je toto učivo zařazeno v 6. ročníku, tudíž žáci tohoto ročníku byli v době výzkumného šetření bezprostředně po probrání tohoto učiva ve výuce.

Žáci by na základě obsahové analýzy učebnic měli znát 8 hlavních součástí mikroskopu, kterými jsou (1) okulár, (2) tubus, (3) svorky, (4) stolek, (5) lampa/zrcátko, (6) objektiv, (7) zaostřovací šroub a (8) okulár (viz Kap. 3.1, Tab. 2). Kondenzor a kolektor je zmíněn pouze v jedné z vybraných učebnic, což může být důvodem nízkého zastoupení správných odpovědí, kde pouze 3,23 % žáků 6. a 7. ročníku odpovědělo správně a 38,71 % uvedlo částečně správnou odpověď, ve které nejčastěji uváděli pouze clonu. U žáků 9. ročníku byl podíl správných a částečně správných odpovědí nulový. Dále z obsahové analýzy vyplynulo, že v 5 učebnicích je uveden mikroskop se zrcátkem, 2 učebnice uvádějí mikroskop s elektrickým zdrojem světla a ve 3 učebnicích jsou zmíněny oba způsoby osvětlení preparátu při jeho pozorování (viz Kap. 3.1, Tab. 2). Tuto část mikroskopu popsala chybně necelá třetina žáků 6. a 7. ročníku a přibližně stejný podíl žáků 9. ročníku, přičemž v 63,33 % chybných odpovědí žáci uváděli „*zrcátko*“, což může mít spojitost s učebnicí a dále typem mikroskopu, s nimiž žáci ve škole pracují (viz Kap. 5.1, Tab. 7-9). Žáci 6. a 7. ročníku umí nejčastěji správně pojmenovat okulár, objektiv a svorky, a naopak nejméně žáků umí správně pojmenovat kondenzor se clonou a lampu/zdroj světla. U těchto dvou částí byl ovšem vysoký podíl částečně správných odpovědí a jak již bylo zmíněno, žáci často uváděli pouze clonu. Lampu/zdroj světla nepřesně pojmenovávali názvy „*světýlko*“ nebo „*žárovka*“. Naopak žáci 9. ročníku umí nejčastěji správně pojmenovat stojan a lampu/zdroj světla a nejméně správně pojmenovali zaostřovací šroub, kde ale necelá čtvrtina z nich uvedla nepřesné (částečně správné) pojmenování, a dále tato skupina žáků nejméně správně pojmenovávala okulár, objektiv a tubus (viz Kap. 5.1, Tab. 7, Tab. 8, Obr. 11, Obr. 12).

Z výsledků vyplynuly rozdíly mezi znalostmi žáků 6. a 7. ročníku a 9. ročníku o stavbě a funkci jednotlivých částí mikroskopu, přičemž podíl správných a částečně správných odpovědí byl u žáků 6. a 7. ročníku vyšší v porovnání s žáky 9. ročníku. Z analýzy školních

vzdělávacích programů (Neckařová, 2018) vyplynulo, že nejčastěji jsou laboratorní cvičení z přírodopisu zařazena v 6. ročníku (přibližně 87 % škol), výrazně méně v 7. ročníku (přibližně 58 % škol) a v 8. a 9. ročníku uvádí laboratorní cvičení jen přibližně třetina škol. Dále z výsledků bakalářské práce vyplynulo, že práce s mikroskopem je nejčastěji zařazována při laboratorním cvičení v 6. ročníku, což uvedlo přibližně 92 % vyučujících, o něco méně v 7. ročníku (uvedlo přibližně 79 % vyučujících), v 8. ročníku používání mikroskopů uvedla necelá polovina vyučujících a v 9. ročníku pouze asi třetina (Neckařová, 2018, s. 36, 49). Tato zjištění by mohla vysvětlovat méně utvořené představy a horší znalosti žáků o stavbě a funkci mikroskopu. Dalším možným důvodem žakovských chybných odpovědí je používání nepřesných a neodborných názvů pro jednotlivé části mikroskopu. Žáci často pro optické části mikroskopu (okulár a objektiv) používají termín „čočka“, okulár nazývají „kukátka“, objektiv jako „zvětšovač“ a stolek označují jako „deska“. Jak již bylo zmíněno výše, lampu žáci velmi často zaměňují za zrcátko, což může souviset již se zmíněnými učebnicemi, ale také se skutečností, že mnoho škol je vybaveno právě mikroskopy se zrcátkem (viz bakalářská práce, Neckařová, 2018). Žáci tak při pojmenování osvětlení mikroskopu pravděpodobně vycházejí ze své vlastní zkušenosti bez ohledu na skutečný obrázek v konceptovém testu (viz Příloha 1), kde není mikroskop se zrcátkem, ale s elektrickým zdrojem světla (lampou). Výsledky získané v rámci diplomové práce vyvrací nulovou hypotézu a podporují alternativní hypotézu, tedy vyšší zastoupení miskonceptů a nižší úroveň znalostí o stavbě a funkci mikroskopu je u žáků 9. ročníku v porovnání s žáky 6. a 7. ročníku (viz Kap. 2).

Tulloch & Spiller se ve své studii zaměřovali na hodnocení mikroskopických dovedností formou instruktážních videí, u kterých bylo mimo jiné hodnoceno, zda studenti správně popisují jednotlivé části světelného mikroskopu. Z této studie vyplynulo, že zpracování krátkého videa vedlo ke zlepšení mikroskopických dovedností a znalostí o stavbě mikroskopu u většiny studentů (Tulloch & Spiller, 2015), což by mohlo být jedním ze způsobů, jak při výuce pracovat. Tyler (1930) a později také Fitch (2007) popisují hodnotící formulář pro zaznamenávání a měření schopností žáků a studentů při práci se světelným mikroskopem (Tyler, 1930; Fitch, 2007). Tyto záznamové formuláře (viz zejména Fitch, 2007) by mohly být použitelné pro hodnocení mikroskopických dovedností učitelů ve výuce a sloužit v rámci průběžného formativního hodnocení.

Z výsledků dále vyplynulo, že velmi malé procento žáků (asi 10 % žáků 6. a 7. ročníku a 15 % žáků 9. ročníku) dokáže správně určit, jak bude vypadat obraz písmena „e“ z novinového textu pod mikroskopem. V tomto případě by bylo zapotřebí, aby se žáci s touto vlastností

světelného mikroskopu seznámili v některém z úvodních laboratorních cvičení například formou řešení problémové úlohy s využitím mikroskopu, jak doporučuje např. Jäkel (2012).

Méně než čtvrtina žáků v každé výzkumné skupině správně uvedla největší a nejmenší zvětšení mikroskopu a pouze 10 % žáků v každé výzkumné skupině správně uvedlo výpočet celkového zvětšení, tedy zvětšení okuláru  $\times$  zvětšení objektivu. Pro srovnání, asi 80 % studentů prvního ročníku australské univerzity znala výpočet celkového zvětšení mikroskopu, ale pouze pětina znala celkové maximální zvětšení školních mikroskopů (Vlaardingerbroek et al., 2016). Tento rozdíl (především v případě výpočtu zvětšení mikroskopu) může být dán skutečností, že v konceptovém testu v diplomové práci byly použity otevřené otázky, kde museli žáci odpověď aktivně vytvořit (viz Příloha 1), zatímco ve výzkumu (Vlaardingerbroek et al., 2016) byl použit test s uzavřenými otázkami s výběrem jedné správné odpovědi. Znalost výpočtu zvětšení mikroskopu je nicméně pro mikroskopická pozorování zcela zásadní a v rámci laboratorních cvičení lze např. doporučit, aby žáci celkové zvětšení mikroskopu včetně způsobu výpočtu uváděli v laboratorním protokolu. Výsledky získané v předchozím výzkumu v bakalářské práci (Neckařová, 2018) ukazují, že jen přibližně tři čtvrtiny učitelů vede žáky k vypracování protokolu z každého laboratorního cvičení (Neckařová, 2018, s. 49).

V případě odpovědí týkajících se správných zásad při mikroskopování, u otázky, proč je nejlepší začít při nejmenším zvětšení, asi čtvrtina žáků v každé výzkumné skupině odpověděla chybně, a u otázky, proč může při pozorování dojít k poškození preparátu, odpověděla necelá polovina žáků 6. a 7. ročníku chybně a v případě žáků 9. ročníku byl podíl chybných odpovědí asi 32 %. Tyto chybné odpovědi, u nichž si studenti byli jisti jejich správností, jsou hodnoceny jako miskoncepce. Z výsledků výzkumu (Vlaardingerbroek et al., 2016), který byl proveden u vysokoškolských studentů, vyplynulo, že 43 % studentů odpovědělo správně na otázku, co může nastat při pohybu makrošroubem při pozorování preparátu 40x zvětšujícím objektivem (tedy, že může dojít k poškození preparátu). Naopak v případě chybných odpovědí studenti nejčastěji vybírali možnost, že nebude možné preparát pravděpodobně zaostřit. Vlaardingerbroek et al. (2016) k tomuto výsledku dále uvádí, že někteří vyučující na nižším stupni škol dokonce žákům nedoporučují pracovat se 40x zvětšujícím objektivem, a dokonce jej mají v některých případech demontovaný (Vlaardingerbroek et al., 2016). Pro srovnání výsledků diplomové práce v širším kontextu např. Barker (1981) uvádí, že pouze jeden z 23 účastníků biologického kurzu umí správně nastavit mikroskop (Barker, 1981) a také sami vysokoškolští studenti mnohdy hodnotí své mikroskopické dovednosti pouze jako průměrné (Jäkel, 2012).

Výsledky předložené diplomové práce ukazují na četné miskoncepce žáků ve vztahu ke stavbě mikroskopu, jeho funkci a postupu při mikroskopování, což může být způsobeno nedostatečným zastoupením laboratorních cvičení a prací s mikroskopem ve výuce, zejména ve vyšších ročnících (viz bakalářská práce, Neckařová, 2018). Toto nízké zastoupení laboratorních cvičení (včetně laboratorních cvičení s využitím mikroskopu) může souviset s faktem, že v současném Rámcovém vzdělávacím programu (RVP ZV 2017) i jeho revidované formě (RVP ZV 2021) není stanoven přesný počet těchto cvičení, jako tomu bylo v dřívějších kurikulárních dokumentech, konkrétně ve vzdělávacím programu *Základní škola* (1996; viz též bakalářská práce, Neckařová, 2018, s. 13-14). Na základě těchto výsledků by bylo vhodné při další revizi RVP ZV v tematickém okruhu „*Praktické poznávání přírody*“ zavést pro jednotlivé ročníky na ZŠ povinný počet laboratorních cvičení dle hodinové dotace předmětu (viz Vzdělávací program *Základní škola*, 1996) tedy například 3 povinná laboratorní cvičení ročně při hodinové dotaci 1 vyučovací hodiny přírodopisu týdně a 5 až 6 povinných laboratorních cvičení ročně při hodinové dotaci 2 vyučovací hodiny přírodopisu týdně.

## 7 ZÁVĚR

Předložená diplomová práce byla zaměřena na identifikaci žákovských prekonceptů a miskonceptů o stavbě a funkci světelného mikroskopu u žáků 2. stupně základních škol. V teoretické části byla zpracována komparativní obsahová analýza problematiky práce s mikroskopem v učebnicích přírodopisu pro 2. stupeň základních škol a dále byla zpracována literární rešerše shrnující dosavadní výzkumy týkající se problematiky hodnocení žákovských mikroskopických dovedností a jejich významu při výuce biologie. V praktické části byl proveden výzkum žákovských prekonceptů a miskonceptů o stavbě a funkci světelného mikroskopu pomocí konceptového testu a následné porovnání těchto žákovských představ u žáků 6. a 7. ročníku a u žáků 9. ročníku. Hlavní zjištění v této práci jsou následující:

- a) Nejčastěji umí žáci 6. a 7. ročníku správně pojmenovat okulár a objektiv a částečně správně lampu/zdroj světla. Žáci 9. ročníku umí nejčastěji správně pojmenovat stojan a lampu/zdroj světla.
- b) Pouze 1 z žáků 6. a 7. ročníku umí správně pojmenovat kondenzor se clonou a z žáků 9. ročníku jej správně neumí pojmenovat nikdo.
- c) Podíl správných a částečně správných odpovědí popisu částí mikroskopu je u žáků 6. a 7. ročníku statisticky významně vyšší v porovnání se žáky 9. ročníku.
- d) Funkci okuláru a objektivu nevysvětlil správně žádný z žáků 6. a 7. ročníku a u žáků 9. ročníku správné vysvětlení u těchto částí uvedl vždy 1 respondent. Částečně správně funkci okuláru vysvětlila asi polovina žáků 9. ročníku a o něco více žáků 6. a 7. ročníku. Funkci objektivu částečně správně vysvětlila polovina žáků 6. a 7. ročníku a asi čtvrtina žáků 9. ročníku.
- e) Asi čtvrtina žáků 6. a 7. ročníku uvedla správné či částečně správné vysvětlení funkce kondenzoru se clonou (přestože jej neumí pojmenovat odborným termínem) a více než polovina žáků vysvětlila správně či částečně správně funkci zaostřovacího šroubu.
- f) Podíl správných a částečně správných odpovědí vysvětlení funkce vybraných částí mikroskopu je u žáků 6. a 7. ročníku vyšší v porovnání s žáky 9. ročníku, ale mezi skupinami není statisticky významný rozdíl.
- g) Téměř všichni žáci správně pojmenovali nůžky a pinzetu a vysoký podíl správných odpovědí byl také u skalpelu. Žáci 9. ročníku velmi často zaměňovali kapátko za pipetu.
- h) Vzduchové bubliny v mikroskopickém preparátu správně identifikovala asi polovina žáků 6. a 7. ročníku a o něco méně žáků 9. ročníku.



- i) Žáci obou výzkumných skupin vzduchové bubliny v preparátu často označovali jako bakterie, buňky či rostliny.
- j) Pouze 10 % žáků 6. a 7. ročníku a 15 % žáků 9. ročníku správně uvedlo, jak v mikroskopu uvidí obraz písmene „e“ vystřiženého z novinového textu.
- k) Méně než čtvrtina žáků v obou výzkumných skupinách dokázala správně určit hodnotu nejmenšího a největšího zvětšení mikroskopu a chybné odpovědi žáků u této položky (zvětšení mikroskopu určeno jen na základě zvětšení objektivu) jsou hodnoceny jako miskoncepce.
- l) Pouze necelých 15 % žáků v obou výzkumných skupinách zcela správně vysvětlilo, proč se při mikroskopování doporučuje začít na nejmenším zvětšení, a naopak asi čtvrtina žáků v obou výzkumných skupinách odpověděla chybně. Tyto chybné odpovědi byly hodnoceny jako miskoncepce.
- m) Správné vysvětlení na otázku, proč může během pozorování dojít k poškození preparátu při jeho pozorování při velkém zvětšení, uvedl pouze 1 z žáků ze skupiny 6. a 7. ročníku a asi polovina z žáků odpověděla chybně. U žáků 9. ročníku uvedlo správnou odpověď 5 z nich.
- n) Žáci 6. a 7. ročníku pracovali s mikroskopem častěji v porovnání s žáky 9. ročníku.
- o) Pro žáky 6. a 7. ročníku je pozorování biologických objektů pod mikroskopem statisticky významně zajímavější v porovnání s žáky 9. ročníku.
- p) Pro žáky 6. a 7. ročníku je pozorování biologických objektů pod mikroskopem přínosnější pro získávání nových biologických poznatků v porovnání s žáky 9. ročníku, tento rozdíl však není statisticky významný.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. AL-RUBAYEA, Abdullah A. M. An Analysis of Saudi Arabian High School Students' Misconceptions About Physics Concepts. Unpublished doctoral dissertation, Kansas State University, Manhattan, Kansas. 1996. [NON VIDI].
2. ANDERSON, Lorin W, David R. KRATHWOHL, Peter W. AIRASIAN a kol. *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman, 2001. 302 s. ISBN 0-8013-1903-X.
3. ARSLAN, Harika Ozge; Ceyhan CIGDEMOGLU a Christine MOSELEY. A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*. 2012, 34(11), 1667-1686. ISSN 0950-0693.
4. BARKER, John A. Using a microscope. *Journal of Biological Education*. 1981, 15(1), 21-22. ISSN 0021-9266.
5. BERTRAND, Yves. *Soudobé teorie vzdělávání*. Praha: Portál, 1998. 247 s. ISBN 80-7178-216-5.
6. BYČKOVSKÝ, Petr a Jiří KOTÁSEK. Nová teorie klasifikování kognitivních cílů ve vzdělávání: Revize Bloomovy taxonomie. *Pedagogika*. 2004, 54(3), 227-242. ISSN 0031-3815.
7. CALEON, Imelda S. a R. SUBRAMANIAM. Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*. 2010, 40 (3), 313-337. ISSN 0157-244X.
8. ČABRADOVÁ, Věra, František HASCH, Jaroslav SEJPKA a kol. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vyd. Plzeň: Fraus, 2010. 120 s. ISBN 978-80-7238-917-9.
9. ČABRADOVÁ, Věra, František HASCH, Jaroslav SEJPKA a kol. *Přírodopis 6: příručka učitele pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2004a. 72 s. ISBN 80-7238-256-X.
10. ČABRADOVÁ, Věra, František HASCH, Jaroslav SEJPKA a kol. *Přírodopis 6: pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus, 2004b. 40 s. ISBN 80-7238-302-7.

11. ČERNÍK, Vladimír, Marta HAMERSKÁ, Zdeněk MARTINEC a kol. *Přírodopis 6: zoologie a botanika: pro základní školy*. Praha: SPN, 2013. 119 s. ISBN 978-80-7235-374-3.
12. DANČÁK, Martin a Michaela SEDLÁŘOVÁ. *Přírodopis 6: Vývoj života na Zemi - Obecná biologie - Biologie hub: učebnice pro 6. ročník základní školy*. Olomouc: Prodos, 2011a. 87 s. ISBN 978-80-7230-257-4.
13. DANČÁK, Martin, Michaela SEDLÁŘOVÁ a Daniel Ševčík. *Přírodopis 6: Vývoj života na Zemi - Obecná biologie - Biologie hub. Pracovní sešit s interaktivními úlohami pro 6. ročník základní školy*. Olomouc: Prodos, 2011b. ISBN 978-80-7230-258-1.
14. DIKMENLI, Musa. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays*. 2010, 5(2), 235-247. ISSN 1992-2248.
15. DOBRORUKA, Luděk Jindřich, Václav CÍLEK, František HASCH a kol. *Přírodopis I pro 6. ročník základní školy*. Praha: Scientia, 1997. 127 s. ISBN 80-7183-092-5.
16. DOČEKALOVÁ, Radka. *Žakovské prekoncepce o stavbě a funkci buňky*. Bakalářská práce. Olomouc, 2021. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. 100 s. [online]. [cit. 2021-05-26]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/bi6y0j/>.
17. DOULÍK, Pavel a Jiří ŠKODA. Prekoncepce a miskoncepce jako součást dětských pojetí a jejich psychogeneze. In: ŠKODA, Jiří a Pavel DOULÍK. *Prekoncepce a miskoncepce v oborových didaktikách*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2010. 273 s. ISBN 978-80-7414-290-1.
18. DOULÍK, Pavel a Jiří ŠKODA. Tvorba a ověření nástrojů kvantitativní diagnostiky prekonceptů a možnosti jejího vyhodnocení. *Pedagogika*. 2003, 53(2), 177-189. ISSN 0031-3815.
19. DRACE, Kevin, Brett COUCH a Patrick J. KEELING. Increasing Student Understanding of Microscope Optics by Building and Testing the Limits of Simple, Hand-Made Model Microscopes. *Journal of Microbiology & Biology Education: JMBE*. 2012, 13(1), 45-49. ISSN 1935-7877.
20. FITCH, Greg K. A rubric for assessing a student's ability to use the light microscope. *The American Biology Teacher*. 2007, 69(4), 211-214. ISSN 0002-7685.
21. GAVORA, Peter. *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido. 2010. 261 s. ISBN 978-80-7315-185-0.
22. GUREL, Derya Kaltakci, Ali ERYILMAZ a Lillian C. MCDERMOTT. A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in

- science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2015, 11(5), 989-1008. ISSN 1305-8215.
23. HALA, Yusmina, U. A. SYAHDAN, Halifer PAGARRA a S. SAENAB. Identification of Misconceptions on Cell Concepts among Biology Teachers by Using CRI Method. *2nd International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching, and Research. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 2018, 1028(1), 1-7. ISSN 1742-6488.
24. HARRIS, Tonya, Timothy LEAVEN, Paul HEIDGER, Clarence KREITER, James DUNCAN a Fred DICK. Comparison of a virtual microscope laboratory to a regular microscope laboratory for teaching histology. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*. 2001, 265(1), 10-14. ISSN 1932-8494.
25. HASAN, Saleem, Diola BAGAYOKO and Ella L. KELLEY. Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics eEducation*. 1999, 34 (5), 294-299. ISSN 0031-9120.
26. HAŞILOĞLU, Mehmet Akif a Selma EMINOĞLU. Identifying Cell-Related Misconceptions among Fifth Graders and Removing Misconceptions Using a Microscope. *Universal Journal of Educational Research*. 2017, 5 (12B), 42-50. ISSN 2332-3205.
27. HASLAM, Filocha a David F. TREAGUST. Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*. 1987, 21(3), 203-211. ISSN 0021-9266.
28. CHRÁSKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. 2. vyd., aktualizované vydání. Praha: Grada, 2016. 256 s. ISBN 978-80-247-5326-3.
29. JÁČ, Martin. Mikroskopování: konceptový inventář. Výzkumný nástroj sestavený v rámci projektu specifického výzkumu Katedry biologie PdF UP „Mikroskopické dovednosti studentů učitelství přírodopisu a biologie“. Olomouc: Pedagogická fakulta Univerzity Palackého. 2017, (nepublikováno).
30. JÁČ, Martin. Využití mikroskopu v praktické výuce přírodopisu (průvodce studiem). Studijní text k projektu „Moderní trendy ve vzdělávání v pregraduální přípravě budoucích pedagogických pracovníků na Univerzitě Palackého v Olomouci“. Olomouc: Pedagogická fakulta Univerzity Palackého. 2018, 21 s. [online]. [cit. 2021-05-26].  
Dostupné z:  
[https://www.pdf.upol.cz/fileadmin/userdata/PdF/VaV/2018/odborne\\_seminare/Jac\\_Vyuziti\\_mikroskopu.pdf](https://www.pdf.upol.cz/fileadmin/userdata/PdF/VaV/2018/odborne_seminare/Jac_Vyuziti_mikroskopu.pdf).

31. JÄKEL, Lissy a Anamarija PENZES. Conventional and digital microscopy–Developing cell conceptual competences using the example of human biology. In LAVONEN, Jari, Kalle JUUTI, Jarkko LAMPISLÄ, Anna UITTO a Kaisa HÄHL (Eds.). *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Pre-service science teacher education [13]* (co-ed. Maria Evagorou a Marisa Michelini). Helsinki, Finland: University of Helsinki. 2015, 1931-1941. ISBN 978-951-51-1541-6.
32. JÄKEL, Lissy. Working with the microscope as a problem solving process. In: *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Part 12: Pre-service science teacher education*, co-ed. Psillos, D & Sperandio, R. M. Lyon, France: European Science Education Research Association. 2012, 89-94. ISBN 978-9963-700-44-8.
33. JURČÁK, Jaroslav, Jiří FRONĚK a kol. *Přírodopis 6*. Olomouc: Prodos, 1997a. 127 s. ISBN 80-85806-47-9.
34. JURČÁK, Jaroslav, Jiří FRONĚK a kol. *Přírodopis 6: pracovní sešit*. Olomouc: Prodos, 1997b. 64 s. ISBN 80-85806-58-4.
35. KARA, Yilmaz. Determining the Effects of Microscope Simulation on Achievement, Ability, Reports, and Opinions about Microscope in General Biology Laboratory Course. *Universal Journal of Educational Research*. 2018, 6(9), 1981-1990. ISSN 2332-3213
36. KAREŠOVÁ, Petra, Eva MEDKOVÁ, Denisa SEIDLOVÁ a kol. *Hravý přírodopis 6: Pracovní sešit pro 6. ročník ZŠ a víceletá gymnázia*. 2. vyd. Praha: Taktik, 2017. 48 s. ISBN 978-80-7563-094-0.
37. KILIÇ, Didem a Necdet SAĞLAM. Development of a two-tier diagnostic test concerning genetics concepts: the study of validity and reliability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2009, 1(1), 2685-2686. ISSN 1877-0428.
38. KOČÁREK, Eduard a Eduard KOČÁREK. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy*. Jinan, 1998. ISBN neuváděno.
39. KOSKOVÁ, Martina. *Porovnání schopností žáků základních škol a víceletých gymnázií v určování druhů bezobratlých živočichů*. Diplomová práce. Olomouc, 2018. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. 104 s. [online]. [cit. 2021-05-26]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/66uket/>.

40. KVASNIČKOVÁ, Danuše, Milada ŠVECOVÁ a Václav SEDLÁČEK. *Ekologický přírodopis: školní vzdělávací program pro 6.-9. ročník základní školy: metodická příručka*. Praha: Fortuna, 2005. 96 s. ISBN 80-7168-927-0.
41. KVASNIČKOVÁ, Danuše, Pavel PECINA, Jiří FRONĚK a kol. *Ekologický přírodopis 6: pro 6. ročník základní školy*. 4. vyd. Praha: Fortuna, 2009. 128 s. ISBN 978-80-7373-056-7.
42. KVASNIČKOVÁ, Danuše. *Ekologický přírodopis: pracovní sešit pro 6. ročník základní školy*. 2. vyd. Praha: Fortuna, 2003. 32 s. ISBN 80-7168-882-7.
43. LIN, Sheau-Wen. Development and application of a two-tier diagnostic test for high school students' understanding of flowering plant growth and development. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2004, 2 (2), 175-199. ISSN 1571-0068.
44. MALENINSKÝ, Miroslav, Jaroslav SMRŽ a Bohdan ŠKODA. *Přírodopis pro 6. ročník*. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti, 2004. 104 s. ISBN 80-86034-56-9.
45. MAŇÁK, Josef a Tomáš JANÍK. *Kurikulum*. In PRŮCHA, Jan, Ed. *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál, 2009. 935 s. ISBN 978-80-7367-546-2.
46. MANN, Mike a David F. TREAGUST. A pencil and paper instrument to diagnose students' conceptions of breathing, gas exchange and respiration. *Australian Science Teachers Journal*. 1998, 44(2), 55-59. ISSN 0045-0855
47. MAREŠ, Jiří a Miroslav OUHRABKA. Žákovo pojetí učiva. *Pedagogika*. 1992, 42 (1), 83-94. ISSN 0031-3815.
48. MUSILOVÁ, Eliška a Roman BURDA. *Přírodopis: pracovní sešit*. Brno: Nová škola, 2012. 48 s. ISBN 978-80-7289-396-6.
49. MUSILOVÁ, Eliška, Antonín KONĚTOPSKÝ a Robert VLK. *Přírodopis: Úvod do učiva přírodopisu*. Brno: Nová škola, 2007. 71 s. ISBN 80-7289-083-2.
50. NAKHLEH, Mary B. Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*. 1992, 69(3), 191. ISSN 0021-9584.
51. NECKAŘOVÁ, Jana. *Analýza současného stavu výuka laboratorních cvičení z přírodopisu na 2. stupni základních škol a v odpovídajících ročnících víceletých gymnázií v Olomouckém kraji*. Bakalářská práce. Olomouc, 2018. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. 103 s. [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/2huq3k/>.
52. ODOM, Arthur Louis a Lloyd H. BARROW. Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis

- after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*. 1995, 32(1), 45-61. ISSN 0022-4308.
53. PELIKÁNOVÁ, Ivana, Věra ČABRADOVÁ, František HASCH a kol. *Přírodopis 6: pro základní školy a víceletá gymnázia: [nová generace]*. Plzeň: Fraus, 2014. 120 s. ISBN 978-80-7489-009-3.
54. PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. *Pedagogický slovník*. 7., vyd. Praha: Portál, 2013. 395 s. ISBN: 978-80-262-0403-9.
55. PRŮCHA, Jan. *Moderní pedagogika*. 6. vyd. Praha: Portál, 2017. 483 s. ISBN 978-80-262-1228-7.
56. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [online]. Praha: MŠMT, 2017. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/file/43792/>.
57. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [online]. Praha: MŠMT, 2021. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://revize.edu.cz/files/rvp-zv-2021.pdf>.
58. SADHU, Satya, Maria T. TIMA, Vika P. CAHYANI et al. Analysis of acid-base misconceptions using modified certainty of response index (CRI) and diagnostic interview for different student levels cognitive. In: *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*. 2017, 1(2), 91-100. ISSN 2549-4635.
59. SEBEROVÁ, Alena. *Vzdělávací programy ve všeobecně vzdělávacím školství*. In PRŮCHA, Jan, Ed. *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál, 2009. s.122-126. ISBN 978-80-7367-546-2.
60. SEPEL, Lenira MN, Elgion LS LORETO, a João BT ROCHA. Using a Replica of Leeuwenhoek's Microscope to Teach the History of Science and to Motivate Students to Discover the Vision and the Contributions of the First Microscopists. *CBE—Life Sciences Education*. 2009, 8(4), 338-343. ISSN 1931-7913.
61. SLAVÍK, Jan. Pojem koncept v autonomním pojetí výchovy. *Pedagogika*, 1995, 45 (4), 328-338. ISSN: 0031-3815.
62. *Standard základního vzdělávání*. 1995. [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.atre.cz/zakony/page0172.htm>.
63. SURMACZ, Cynthia A. Minds on microscopy: A forensics approach. *Bloomsburg University*. 2002. s. 368-377. [online]. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.ableweb.org/biologylabs/wp-content/uploads/volumes/vol-23/mini.3.surmacz.pdf>.
64. TEKKAYA, Ceren. Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 2002, 23(23), 259-266. e-ISSN 2536-4758.

65. TREAGUST, David F. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*. 1988, 10 (2), 159-169. ISSN 0950-0693.
66. TREAGUST, David F. Evaluating students' misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*. 1986, 16(1), 199-207. ISSN 0157-244X.
67. TSAGLIOTIS, Nektarios. Build your own microscope: following in Robert Hooke's footsteps. *Science in School*. 2012, 22, 29-35. ISSN 1818-0361.
68. TSAGLIOTIS, Nektarios. Microscope studies in Primary Science: following the footsteps of R. Hooke in Micrographia. 2010 in COSTA, Manuel FM, José BV DORRÍO a Panagiotis MICHAELIDES. *Selected papers on Hands-on Science II*. Spain: Universidade de Vigo. 2017, 301-314. ISBN 978-84-8158-764-7.
69. TULLOCH, Brydget a Dorothy SPILLER. Under the microscope: Peer learning and assessment in a level one biology course. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 2015, 23(2), 12-21. ISSN 2347-9051.
70. TYLER, Ralph W. A test of skill in using a microscope. *Educational Research Bulletin*. 1930, 9 (17), 493-496. e-ISSN: 2200-4270.
71. VLAARDINGERBROEK, Barend, Neil TAYLOR, Colin BALE et al. Linking the experiential, affective and cognitive domains in biology education: a case study–microscopy. *Journal of Biological Education*. 2017, 51(2), 144-150. ISSN 0021-9266.
72. VRÁNOVÁ, Olga. Využití mikroskopů ve výuce přírodopisu na základních školách. *e-pedagogium*, 2014, 4(1), 114-120. ISSN 1213-7499.
73. *Vzdělávací program Národní škola*. 1997. [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/191>.
74. *Vzdělávací program Obecná škola*. 1996. [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/193>.
75. *Vzdělávací program Základní škola*. 1996. [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/194>.
76. WANG, Jing-Ru. Development and validation of a two-tier instrument to examine understanding of internal transport in plants and the human circulatory system. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2004, 2(2), 131-157. ISSN 1571-0068.



77. WONG, Stephanie Jung-Ying a Anand K. DEVAIAH. Teaching and Assessing Microscopy Skills in Medical Students. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*. 2013, 149(2), s. 159. ISSN 0194-5998.
78. ZIMMERMAN, Donald W. a Richard H. WILLIAMS. A new look at the influence of guessing on the reliability of multiple-choice tests. *Applied Psychological Measurement*. 2003, 27(5), 357-371. ISSN 0146-6216.
79. ŽÍDKOVÁ, Hana a Kateřina KNŮROVÁ. *Hravý přírodopis 6*. Praha: Taktik, 2017. 124 s. ISBN 978-80-7563069-8.

## ZDROJE OBRÁZKŮ KONCEPTOVÉHO TESTU

- [1] Stavba mikroskopu. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: <https://www.microscope.com/student-microscopes/middle-high-school-student-microscopes/omano-om136-monocular-compound-microscope.html>
- [2] Preparační nůžky. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: <https://austos.com/wp-content/uploads/2013/07/ae-bc056r.jpg>
- [3] Pinzeta. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: <https://www.lekarna.cz/upload/pi/nz/pinzeta-anatomicka-14-cm-rovna-83456-1967158-1000x1000-fit.jpg>
- [4] Preparační jehla. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: [https://www.tedpella.com/dissect\\_html/13550.jpg](https://www.tedpella.com/dissect_html/13550.jpg)
- [5] Skalpel. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: <https://www.freeimages.com/fr/search/scalpel>
- [6] Kapátko. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: <https://www.benu.cz/data/images/img-large/5/55135.jpg>
- [7] Podložní sklíčka. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: [https://www.tipa.eu/cz/sada-podloznych-skel-levenhuk-g50-50ks/d-167695/?gclid=EAIaIQobChMI-oej9YrP5wIVBbTtCh1nbwGREAQYBiABEgJmYPD\\_BwE](https://www.tipa.eu/cz/sada-podloznych-skel-levenhuk-g50-50ks/d-167695/?gclid=EAIaIQobChMI-oej9YrP5wIVBbTtCh1nbwGREAQYBiABEgJmYPD_BwE)
- [8] Krycí sklíčka. [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: <https://www.fishersci.fr/shop/products/rogo-sampaic-glass-coverslips/p-8003022>
- [9] Příprava preparátu. MALENINSKÝ, Miroslav, Jaroslav SMRŽ a Bohdan ŠKODA. *Přírodopis pro 6. ročník*. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti, 2004. s. 101. ISBN 80-86034-56-9.
- [10] Rostlinné trichomy se vzduchovými bublinami. Fotografie autorka.
- [11] Písmeno „e“ pod mikroskopem [online]. [cit. 2021-05-29]. Dostupné z: [http://www.csun.edu/scied/7-microscopy/microscopy-techniques/e\\_upsidedown.jpg](http://www.csun.edu/scied/7-microscopy/microscopy-techniques/e_upsidedown.jpg)

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č. 1:** Vstupní dotazník a konceptový test pro žáky 2. stupně ZŠ

## Příloha 1 – Vstupní dotazník a konceptový test pro žáky 2. stupně ZŠ

### VSTUPNÍ DOTAZNÍK – Mikroskopické dovednosti žáků 2. stupně ZŠ a víceletých gymnázií

Nejprve si vytvoříš krátký kód, který bude použitý při vyhodnocení dat.

Kód vytvoříš tak, že použiješ první písmeno Tvého křestního jména, první písmeno křestního jména svého otce a své matky a uvedeš den svého narození.

*Příklad: Tomáš se narodil 18. září 1998, jeho tatínek se jmenuje Pavel a maminka Jana, jeho kód tedy bude: TPJ18*

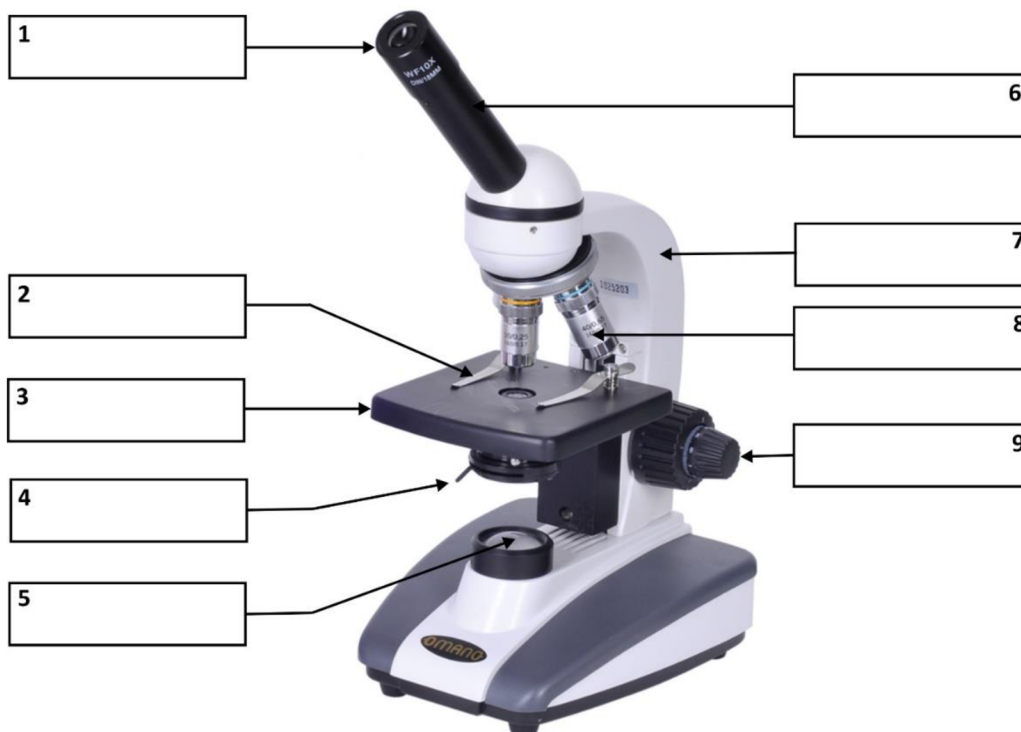
V této části dotazníku prosím anonymně vyplň některé informace, aby bylo možné Tvůj test zaměřený na mikroskopické dovednosti podrobněji vyhodnotit:

1. Pohlaví (prosím, zakroužkuj):            chlapec - dívka
2. Uveď typ školy a ročník, který nyní navštěvuješ:
  - a) 2. stupeň ZŠ, ročník .....
  - b) nižší stupeň šestiletého gymnázia, ročník .....
  - c) nižší stupeň osmiletého gymnázia, ročník .....
3. Navštěvoval(a) jsi ve škole volitelný seminář z přírodopisu (prosím, zakroužkuj)?            ano - ne
4. Účastnil(a) jsi se ve škole soutěže Biologická olympiáda (prosím, zakroužkuj)?            ano - ne
5. Navštěvoval(a) jsi zájmový přírodovědný kroužek (prosím, zakroužkuj)?            ano - ne
6. Měl(a) jsi doma v dětství mikroskop, kterým jsi pozoroval(a) biologické objekty?            ano - ne
7. Jak často jsi ve škole až do současnosti pracoval(a) s mikroskopem (prosím, zakroužkuj jednu odpověď, která se nejvíce blíží skutečnosti)?
  - a) několikrát měsíčně    b) jednou měsíčně    c) dvakrát za pololetí    d) jednou za pololetí
  - e) jednou za školní rok    f) ve škole jsem s mikroskopem vůbec nepracoval(a)
8. Do jaké míry je pro Tebe osobně pozorování biologických objektů mikroskopem zajímavou činností (prosím, zakroužkuj jednu odpověď, která se nejvíce blíží skutečnosti)?
  - a) mimořádně zajímavé    b) velmi zajímavé    c) zajímavé    d) nezajímavé    e) velmi nezajímavé
  - f) zcela nezajímavé    g) nemohu posoudit, s mikroskopem jsem nikdy nepracoval(a)
9. Do jaké míry je pro Tebe osobně pozorování biologických objektů mikroskopem přínosné pro získávání nových biologických poznatků (prosíme, zakroužkuj jednu odpověď, která se nejvíce blíží skutečnosti)?
  - a) mimořádně přínosné    b) velmi přínosné    c) přínosné    d) nepřínosné    e) velmi nepřínosné
  - f) zcela nepřínosné    g) nemohu posoudit, s mikroskopem jsem nikdy nepracoval(a)

**Prosím, pokračuj vyplněním konceptového testu, který začíná na další straně.**

## ČÁST 1: STAVBA MIKROSKOPU, MIKROSKOPICKÉ POMŮCKY

Úloha 1: Pojmenuj jednotlivé části světelného mikroskopu, které jsou v obrázku označeny číslicemi 1 až 9. Pokud některou z částí mikroskopu neumíš pojmenovat, dané pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.



Úloha 2: Každá část mikroskopu má určitou funkci při vytváření výsledného obrazu pozorovaného biologického objektu. V následující tabulce co nejpřesněji a nejúplněji vysvětlí, k čemu slouží a jak pracují vybrané části mikroskopu (číslíce v tabulce odpovídají číslicím v obrázku mikroskopu). Pokus se uvést své vysvětlení i v případě, že danou část mikroskopu neumíš pojmenovat. Pokud nemáš vůbec žádnou představu o funkci dané části mikroskopu, příslušný řádek v tabulce proškrtni a na otázku týkající se správnosti vysvětlení neodpovídej.

Část mikroskopu	Přesný a úplný popis funkce dané části mikroskopu
1	Jsi si jistý(á) správností svého vysvětlení? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)
4	Jsi si jistý(á) správností svého vysvětlení? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)
8	Jsi si jistý(á) správností svého vysvětlení? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)
9	Jsi si jistý(á) správností svého vysvětlení? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

Úloha 3: Pojmenuj základní mikroskopické potřeby zachycené na následujících obrázcích, jejich názvy zapiš do volných polí označených číslicemi 1 až 7. Pokud některou z těchto mikroskopických potřeb neumíš pojmenovat, dané pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.



1



2



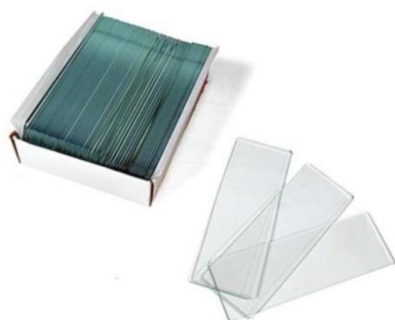
3



4



5



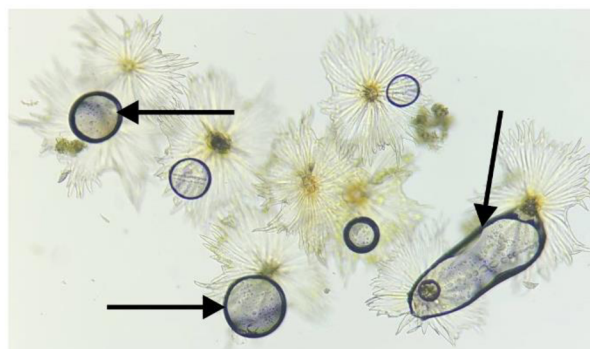
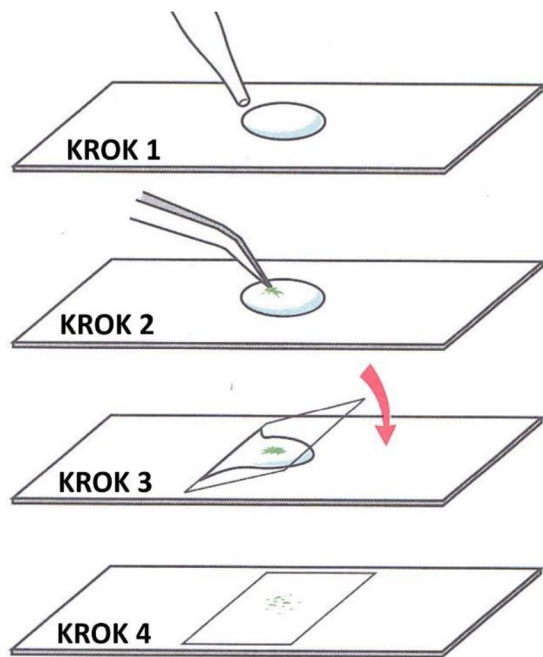
6



7

## ČÁST 2: PŘÍPRAVA MIKROSKOPICKÉHO PREPARÁTU

Úloha 4: Martina si připravovala mikroskopický preparát rostlinných chlupů hvězdicovitého tvaru podle postupu, který je zachycen na následujícím obrázku vlevo. Při pozorování preparátu v mikroskopu pozorovala kromě chlupů rostliny také mnoho kulovitých, černě ohraničených útvarů (v obrázku vpravo jsou označeny šipkami).



**PREPARÁT POZOROVANÝ V MIKROSKOPU**  
(zvětšeno 100x)

### PŘÍPRAVA PREPARÁTU

*Pokud neumíš na otázky v rámečku odpovědět, místo pro odpověď prosím proškrtni.*

a) Co kromě rostlinných chlupů Martina v mikroskopu pozorovala (= pojmenuj kulovité útvary v preparátu, které jsou označeny šipkami)?

Jsi si jistý(á) správností svého vysvětlení? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

b) Vysvětli co nejpřesněji, co se Martině během přípravy přihodilo, že se jí v preparátu tyto kulovité útvary objevily. Ve kterém kroku přípravy preparátu udělala Martina malou chybu (tento krok zakroužkuj v obrázku nahoře).

Úloha 5: V následujícím obrázku zakroužkuj, jak v mikroskopu uvidíš obraz písmene „e“ z novinového textu, pokud je pozorovaný text na stolku mikroskopu původně umístěn tak, že jej můžeš přečíst.



**1**



**2**



**3**



**4**

Jsi si jistý(á) správností odpovědi, kterou jsi zakroužkoval(a)?

a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

Vysvětli co nejpodrobněji, proč jsi v této úloze zakroužkoval(a) právě danou možnost. *Pokud svůj výběr odpovědi neumíš zdůvodnit, níže uvedené pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.*

#### **ČÁST 4: ZVĚTŠENÍ MIKROSKOPU**

Úloha 6: Urči nejmenší a největší zvětšení, při kterém můžeš pozorovat biologické objekty pomocí mikroskopu, který máš před sebou na stole. Výsledek zapiš do níže uvedeného pole. *Pokud se Ti požadované hodnoty zvětšení nepodařilo určit, daná pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.*

Hodnota **nejmenšího** zvětšení mikroskopu: .....

Hodnota **největšího** zvětšení mikroskopu: .....

Jsi si jistý(á) správností své odpovědi? a) určitě ano b) spíše ano c) spíše ne d) určitě ne (= jen hádám)

Vysvětli co nejpodrobněji, jak jsi výše uvedené hodnoty zvětšení určil(a). *Pokud neumíš svou odpověď vysvětlit, níže uvedené pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.*



## ČÁST 5: SPRÁVNÝ POSTUP PŘI MIKROSKOPOVÁNÍ

Úloha 7: Vysvětli co nejpřesněji, proč se při mikroskopování doporučuje začít pozorovat mikroskopický preparát vždy při nejmenším zvětšení. Odpověď zapiš do níže uvedeného pole. *Pokud na danou otázku neumiš odpovědět, níže uvedené pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.*

Úloha 8: Tomáš pozoroval trvalý mikroskopický preparát při velkém zvětšení. Během práce s mikroskopem došlo k poškození (proražení) preparátu. Pokus se co nejpřesněji vysvětlit, jaké chyby se Tomáš při mikroskopování dopustil, že pozorovaný preparát poškodil. Odpověď zapiš do níže uvedeného pole. *Pokud na danou otázku neumiš odpovědět, níže uvedené pole proškrtni, aby bylo zřejmé, že jsi ho pouze nezapomněl(a) vyplnit.*

**Děkuji Ti za vyplnění dotazníku a konceptového testu.**