

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra chemie

Výuka izomerie organických sloučenin
s podporou molekulových modelů
na střední škole

Diplomová práce

Autor: Bc. Kateřina Cemperová
Studijní program: N0114A130003 Navazující magisterský
Studijní obor: Učitelství chemie a biologie pro střední školy
Vedoucí práce: RNDr. Veronika Machková, Ph.D.
Oponent: PharmDr. Ondřej Benek, Ph.D.

Hradec Králové

Srpen 2024



Zadání diplomové práce

Autor: Bc. Kateřina Cemperová

Studium: S22CH005NP

Studijní program: N0114A130003 Učitelství chemie a biologie pro střední školy

Studijní obor:

Název diplomové práce: **Výuka izomerie organických sloučenin s podporou molekulových modelů na střední škole**

Název diplomové práce A): Teaching the isomerism of organic compounds with the support of molecular models in secondary school

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Diplomová práce se zabývá výukou izomerie organických sloučenin na úrovni středních škol. V teoretické části bude na základě literární rešerše představena problematika využívání molekulových modelů při výuce chemie a vymezena alternativní koncepce výuky izomerie založená na práci žáků s molekulovými modely. Cílem praktické části je alternativní koncepci výuky izomerie ověřit ve školní praxi a vyhodnotit její efektivitu.

MIU, Barbu. Teaching The Concept Of Isomerism In Organic Chemistry In High School Education. In EduWorld 2018 - 8th International Conference Proceedings. 2019.

Kričfaluši, D., Prášilová, J. & Trčková, K. (2017). Konstituční izomerie (využití tyčinkových modelů při výuce řetězové izomerie alkanů). In J. Slavík, J. Stará, K. Uličná, & P. Najvar, et al., Didaktické kazuistiky v oborech školního vzdělávání (s. 233–242). Brno: Masarykova univerzita.

FERK, Vesna, Margareta VRTACNIK, Andrej BLEJEC a Alenka GRIL. Students' understanding of molecular structure representations. International Journal of Science Education. 2003, 25(10), 1227-1245.

a další zdroje na základě provedené rešerše

Zadávací pracoviště: Katedra chemie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Veronika Machková, Ph.D.

Oponent: PharmDr. Ondřej Benek, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 20.7.2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne 22. 7. 2024

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí diplomové práce RNDr. Veronice Machkové, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a trpělivost, kterou mi během zpracování diplomové práce věnovala. Zároveň děkuji své rodině a manželovi za podporu.

Diplomová práce vznikla díky institucionální podpoře Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové.

Anotace

CEMPEROVÁ, K. *Výuka izomerie organických sloučenin s podporou molekulových modelů na střední škole*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra chemie. Vedoucí práce RNDr. Veronika MACHKOVÁ, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá výukou izomerie organických sloučenin na střední škole vystavěné na principech pedagogického konstruktivismu s podporou molekulových modelů. Práce navazuje na bakalářskou práci s názvem *Aplikace principu názornosti při výuce izomerie na střední škole*, ve které byly navrženy učební materiály založené na práci žáků s molekulovými stavebnicemi pro tuto oblast učiva. Cílem diplomové práce je ověřit efektivitu alternativní koncepce výuky ve školní praxi a porovnat efekt využití molekulových stavebnic a digitálních modelů v mobilní aplikaci.

V teoretické části je na základě literární rešerše představena problematika využití molekulových modelů při výuce chemie a dále je zde vymezena alternativní koncepce výuky izomerie organických sloučenin, která je založena na práci žáků s molekulovými modely. Praktická část představuje pedagogický experiment, který byl proveden na vybrané střední škole. Postupně jsou v této části představeny výzkumné nástroje, plán a průběh pedagogického experimentu a veškeré výsledky testování.

Pedagogický experiment ukázal, že po absolvování alternativní koncepce výuky došlo k jistému nárůstu vědomostí, které byly i ve větší míře po delší dobu uchovány. Některé učební materiály byly ale efektivnější než jiné. Též šlo pozorovat, že lepších výsledků dosahovali žáci, pokud v hodinách pracovali s digitálními molekulovými modely v mobilní aplikaci.

Klíčová slova

izomerie, molekulové stavebnice, digitální modely molekul, výuka chemie na střední škole

Annotation

CEMPEROVÁ, K. *Teaching isomerism of organic compounds with the support of molecular models at secondary school*. Hradec Králové, 2024. Diploma thesis. University of Hradec Králové, Faculty of Science, Department of Chemistry. Thesis supervisor RNDr. Veronika MACHKOVÁ, Ph.D.

The diploma thesis deals with teaching isomerism of organic compounds at secondary school built on the principles of pedagogical constructivism with the support of molecular models. The diploma thesis is a continuation of the bachelor's thesis entitled *Application of the principle of illustration in teaching isomerism in secondary school*, in which teaching materials based on students' work with molecular model kit were designed for this area of the curriculum. The aim of the thesis is to verify the effectiveness of an alternative teaching approach in school practice and to compare the effect of using molecular model kit and digital models in a mobile application.

In the theoretical part, based on a literature search, the problem of the use of molecular models in teaching chemistry is introduced and an alternative concept of teaching isomerism of organic compounds is defined, which is based on the work of students with molecular models. The practical part presents a pedagogical experiment that was carried out in a selected secondary school. The research tools, the plan and the course of the pedagogical experiment and all the results of the testing are presented in this part.

The pedagogical experiment showed that there was some increase in knowledge after the alternative teaching design was completed, and that it was also retained to a greater extent over a longer period of time. However, some teaching materials were more effective than others. It could also be observed that students performed better when they worked with digital molecular models in a mobile application in class.

Keywords

isomerism, molecular model kit, digital models of molecules, teaching chemistry at high school

Obsah

Úvod.....	9
Teoretická část.....	11
1 Modely ve výuce chemie.....	11
1.1 Molekulové stavebnice a digitální modely ve výuce chemie	13
2 Alternativní koncepce výuky	16
2.1 Alternativní koncepce výuky izomerie organických sloučenin	19
Praktická část.....	25
3 Cíl praktické části	25
4 Design pedagogického experimentu.....	26
4.1 Obsah a technické zabezpečení testovaných intervencí.....	26
4.2 Metody a nástroje sběru dat.....	29
4.2.1 Didaktický test.....	29
4.2.2 Dotazníky	33
4.2.3 Doplnkové metody sběru dat.....	35
5 Popis realizace pedagogického experimentu	36
5.1 Výzkumný vzorek.....	37
5.2 Popis průběhu intervencí.....	40
6 Výsledky pedagogického experimentu	45
6.1 Vliv alternativní koncepce výuky izomerie na nárůst vědomostí respondentů	45
6.1.1 Výsledky pretestu.....	46
6.1.2 Výsledky posttestu.....	51
6.1.3 Výsledky retenčního testu.....	57
6.1.4 Shrnutí a porovnání výsledků didaktických testů	61
6.2 Preference a názory respondentů na použité vizualizační prostředky.....	66
6.3 Limitující faktory provedeního pedagogického experimentu.....	68

Závěr.....	70
Seznam obrázků.....	73
Seznam tabulek.....	74
Seznam použité literatury.....	75
Přílohy	79

Úvod

Izomerie organických sloučenin je jako učivo chemie zpravidla zařazováno od úrovně středních škol. Žákům je učivo o izomerii obvykle představeno v úvodu do organické chemie a následně se s jednotlivými typy izomerií setkávají v konkrétních tematických celcích dle skupin organických sloučenin. Žáci se seznamují i s teorií, jaký vliv mají konkrétní případy izomerie na chemické a fyzikální vlastnosti látek, např. energii sloučenin, teploty tání a varu, reaktivitu v organických reakcích a další (Miu, 2019).

Strategie výuky se v současné škole dynamicky mění spolu také v souvislosti s rychlým vývojem nových informačních a komunikačních technologií a na nich vyrůstajících generacích žáků. Žáci vyrůstající od útlého dětství obklopeni informačními a komunikačními technologiemi v běžném životě totiž zpracovávají informace jinak než generace předešlé. Liší se též schopností udržet pozornost, přístupem k učení a rovněž zapojováním se do vyučovacího procesu (Sieglová, 2019). Proto je v dnešní době více než potřeba pozměnit metody výuky, aby odpovídaly trendům 21. století, a tím se zajistilo žákům kvalitní vzdělání, které bude brát ohled na jejich generaci, způsob jejich myšlení a jejich strategie přijímání informací. V souvislosti s pokrokem se mění i výuka chemie na základních a středních školách. Vzniká mnoho nových učebních materiálů, výukových softwarů, webových stránek a mnoho dalších didaktických prostředků, které mají žákům chemii více přiblížit. Proto se učivo chemie, které je do velké míry učivem abstraktním, může žákům představit v mnohem uchopitelnější podobě a pro žáky může být i mnohem atraktivnější. Abstraktní je i učivo týkající se izomerie organických sloučenin. Pro žáky bývá obtížné vytvořit si představy o uspořádání atomů a chemických vazeb a zároveň tyto představy provázat s dalšími koncepty, např. konkrétními chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Nezbytným předpokladem pro pochopení tohoto učiva je také jistá míra prostorové představivosti. Předpokládá se, že používání molekulových modelů může žákům částečně eliminovat nedostatečnost prostorové představivosti (Fatemah et al., 2020).

V diplomové práci bych ráda více rozvedla téma své bakalářské práce, ve které jsem se zabývala výukou izomerie na středních školách. Cílem bakalářské práce bylo navrhnout soubor pracovních listů pro výuku izomerie organických sloučenin

s aplikací principu názornosti. Pracovní listy byly založeny na konstruktivistickém pojetí výuky a práci žáků s molekulovými stavebnicemi. Vytvořené metodické materiály byly ověřeny v praxi. Navržené pracovní listy byly využity ve výuce chemie na střední škole a prostřednictvím dotazníků bylo získáno jejich hodnocení z pohledu žáků. Náplní diplomové práce je získat objektivnější pohled na efektivitu výuky tématu izomerie pomocí takto navrženého metodického materiálu. Testování je rozšířeno o porovnání efektu práce žáka s molekulovými stavebnicemi a práce žáka s mobilní aplikací na modelování chemických struktur.

Teoretická část

V teoretické části diplomové práce je na základě literární rešerše představena problematika využívání molekulových modelů při výuce chemie a je zde vymezena alternativní koncepce výuky izomerie založená na práci žáků s molekulovými modely.

1 Modely ve výuce chemie

Modelování je podstatou vědeckého myšlení a modely jsou metodami i produkty vědy. Žáci středních škol však obvykle pohlíží na vědecké modely jako na hračky nebo miniatury reálných předmětů a jen málo žáků skutečně chápe, proč vědci používají k vysvětlení fenoménů různé modely (Harrison a Treagust, 1998).

Chemie je stejně jako ostatní přírodní vědy poměrně abstraktní předmět, který od žáků vyžaduje jistou míru představivosti. Chemici mají obvykle velmi rozvinutou schopnost „vidět“ chemii ve své mysli v podobě obrazů molekul a jejich přeměn. Tyto vnitřní prezentace se dají označit jako tzv. mentální modely. Chemici také konstruují, transformují a používají řadu vnějších reprezentací jako jsou nákresy, rovnice, grafy či různé 3D modely. Tyto vnější reprezentace můžeme označit jako vizualizace (Kozma a Russel, 2005).

Ne vše lze při výuce chemie přímo ukázat a někdy se musíme spokojit pouze se slovním popisem. V některých případech nám ale pro vysvětlení určitých zákonitostí a skutečností pomáhají vizualizační prostředky. Tyto vizualizační prostředky lze rozdělit do tří skupin (Teplá et al., 2021b).

- První skupinou jsou dvojdimenzionální (2D) a trojdimenzionální (3D) statické modely.
- Druhou skupinou jsou dvojdimenzionální (2D) a trojdimenzionální (3D) dynamické modely (tzv. animace).
- Třetí skupinou jsou dvojdimenzionální (2D) a trojdimenzionální (3D) multimediální modely.

Využití některých z těchto prostředků může žákům pomoci představit si, a hlavně pochopit, složitější abstraktní chemické jevy. Vhodné využívání modelů na podporu

výuky může u žáků vést k lepšimu pochopení a zapamatování si daného učiva. Správně zvolenou vizualizací též můžeme předejít vzniku miskonceptů, čili mylné představě určitého přírodního jevu (Teplá et al., 2021b).

Aby ale vizualizační prostředky plnily svoji funkci správně, musí mít žáci jistou míru vizuální gramotnosti. Můžeme se setkat s různou terminologií jako prostorová představivost či prostorová inteligence, na základě různých zdrojů, které se danou problematikou zabývají.

Prostorová schopnost zahrnuje reprezentaci, rotaci a invertování objektů ve třech rozměrech. Jsou rozlišeny tři úrovně vizualizační gramotnosti na základě obtížnosti. (1) Na úrovni nejnižší obtížnosti je prostorová vizualizace, tedy schopnost přesně porozumět trojrozměrným (3D) objektům z jejich dvourozměrné (2D) reprezentace. (2) Na druhé úrovni již náročnější je prostorová orientace, tedy schopnost představit si, jak bude reprezentace vypadat z jiné perspektivy. (3) A nakonec na třetí a tedy nejobtížnější úrovni stojí prostorové vztahy, které zahrnují schopnost vizualizovat účinky operací, jako je rotace, odraz a inverze, nebo mentálně manipulovat s předměty (Ferk et al., 2003).

Vizuální gramotnost ve vědě se velmi liší od vizuální gramotnosti v běžném životě. Ve vědě a technice jsou nároky na vizuální gramotnost podstatně komplikovanější a její chápání je často založeno na syntéze znalostí a též na pochopení koncepcí používaných ve vizuálních médiích. Například v případě molekulových modelů se tyto koncepce týkají významu různých způsobů molekulárního znázornění jednotlivých atomů, znázornění vazeb, vyplňování prostoru a též významu rozličných barev pro rozlišení atomů atd (Messaris, 1998).

Existuje již celá řada studií, které se zabývají využitím 3D modelů ve výuce chemie a jejich vlivem na dosažení a uchování znalostí žáky, v porovnání s tradičními metodami výuky s 2D zobrazeními struktur (Copolo a Hounshell, 1995; Ferk et al., 2003; Urhahne et al., 2009; Fatemah et al., 2020). Všechny tyto studie zdůrazňují význam využití trojrozměrných modelů (ať už fyzických či digitálních) pro výuku chemie.

Jednou z výzkumných otázek ve studii Ferk et al. (2003) bylo, zda hraje úroveň vzdělání studentů, pohlaví, prostorová vizualizace jednotlivců a schopnost

prostorových vztahů, významnou roli při vnímání informací o 3D molekulární struktuře z různých druhů reprezentace molekulárních struktur. Je zajímavé že z výsledků studie vyplývá, že zatímco největší procento žáků ze základní školy správně řešilo zadané úlohy při použití 3D fyzických modelů molekul, na středních a vysokých školách studenti lépe fungovali při použití počítačově generovaných molekulárních modelů než pomocí 3D fyzických molekulárních modelů.

Všechny výše zmíněné studie se shodují, že využití 3D modelů ve výuce může vést k vyšší efektivitě v předávání znalostí. Co je ale nutno podotknout, je důležité, aby učitelé byli při používání molekulových modelů ve výuce chemie opatrní a nevytvářeli u žáků mylné představy o velikosti, tvaru a barvách atomů a molekul na základě molekulárních modelů používaných pro jejich reprezentaci. Je nutné, aby učitel zdůraznil, že modely neodpovídají skutečnosti, ale jsou pouze vizualizací vědeckých představ a jejich rozměry a tvary nejsou zcela založeny na měřeních a matematických výpočtech.

1.1 Molekulové stavebnice a digitální modely ve výuce chemie

Diplomová práce je zaměřena na zkoumání efektivit využití molekulových modelů na podporu výuky izomerie organických látek na střední škole. Jak již bylo naznačeno dříve, pro tyto účely je možné využít buď klasické 3D fyzické modely, tedy např. molekulové stavebnice, nebo 3D digitální molekulové modely prezentované v počítačích, tabletech či mobilních telefonech.

Fyzické 3D molekulové modely můžeme rozdělit na trubičkové, kuličkové, kalotové a Dreidingovy. U trubičkových modelů jsou jednotlivé atomy znázorněny dílky různých barev a tvarů. Tyto dílky se pak spojují pomocí trubiček různých délek. V kuličkových modelech jsou atomy prvků znázorněny barevnými kuličkami. Jednotlivé atomy se liší barevně a v některých případech může být jiná i jejich velikost. S kalotovými modely se v dnešní době již na školách příliš nesetkáme. Kalotové modely mají specifický tvar, který je vypočítán pomocí van der Walsových efektivních poloměrů (Myška et al., 2006). V Dreidingových modelech jsou atomy zobrazeny jako kroužky (popřípadě i kuličky) s výstupky. Vazby jsou na ně nasazeny v podobě trubiček (Klásek, 2006).

V současné době je mezi žáky stále populárnější využívání výpočetní techniky. Proto se do popředí zájmu dostávají různé vizualizační softwary jako např. *ACD/ChemSketch*, *Crystal Maker*, *Jmol* či *ACD/3D Viewer* (Košek et al., 2014). Vedle vizualizačních softwarů vzniká i celá řada mobilních aplikací zaměřených na různé oblasti chemie. Takové aplikace jsou pak žákům dostupnější a jejich využívání může být v hodinách chemie i časově méně náročné, oproti práci s počítačovými softwary. Pro práci s počítačovými softwary je potřebná počítačová učebna, u které jsou často vyšší nároky na organizaci rozvrhu vyučovacích hodin, dále je nutný přesun žáků do počítačové učebny, spuštění počítačů, které mnohdy trvá delší dobu apod. To u mobilních aplikací odpadá, lze je využít v učebně, kde je vyučovací hodina chemie běžně rozvrhovaná. Mobilní aplikace musí být ale vhodně vybrána pro daný obsah učiva a aktivitu s nimi prováděnou. Učitel sám by měl mobilní aplikaci znát a umět s ní pracovat, aby mohl žáky dobře instruovat při práci. Pro tvorbu molekulových modelů vznikly např. mobilní aplikace *KingDraw Chemical Structure Editor*, *Molecular Constructor*, *ModelAR Organic Chemistry* a další (Teplá et al., 2021a).

Ač mnoho odborníků bere využívání molekulových modelů při studiu chemie jako základ, skutečností je, že se s nimi ve výuce na středních, ale i základních školách, příliš často nesetkáváme. Studie Ferik et al. (2006) se zaměřila na výzkum názoru v té době současných, ale též budoucích učitelů chemie na důležitost využití molekulárních a krystalových modelů ve středoškolské praxi. Dále studie zkoumala některé důvody (ne)používání modelů v hodinách. Většina účastníků uvedla, že použití modelů hraje důležitou roli v chemickém vzdělávání a že by je využívali v hodinách častěji, kdyby byly příznivější okolnosti. Mnoho učitelů tvrdilo, že 3D modely stále nejsou na jejich školách k dispozici v dostatečném počtu. Učitelé dále projevíli zájem o možnost studia práce s modely již při přípravě budoucích učitelů, ve kterém by se seznámili se současnými technologiemi, diskutovali by o mylných představách a dozvěděli se o dalších praktických příkladech použití těchto modelů ve výuce. Učitelé z praxe pak projevíli zájem o doplňující speciální kurzy, které by mimo jiné byly zaměřeny též na zlepšení počítačové gramotnosti. V neposlední řadě pak učitelé projevíli zájem o přístup k již vytvořeným materiálům zaměřeným na molekulové a krystalové modely, které by byly opatřeny metodickými pokyny a vypracovanými návrhy na jejich použití ve vzdělávacím procesu.

S problémem nedostatku fyzických molekulových stavebnic na školách by mohla pomoci postupná digitalizace školství a právě aktivnější využívání informačních technologií v hodinách. V České republice podporuje digitalizaci školství vláda a to již od roku 2014, kdy podpořila Strategii digitálního vzdělávání do roku 2020. Digitalizace se do škol dostane v každém případě a skutečností zůstává, že současní žáci mnohdy využívají informační a komunikační technologie o mnohem lépe než učitelé. Digitalizaci ale může stále bránit několik věcí a to např. nedostačující pokrytí prostor školy wifi signálem, pomalé připojení internetu, u učitelů neochota tvořit nové přípravy na výuku nebo tvořit nové výukové materiály, které mohou zabrat mnoho času navíc (Cibulka et al., 2019).

Některé studie jako Ferk et al. (2003) nebo Sadykov a Čtrnáctová (2019) se zaměřovaly na využití právě digitálních modelů ve výuce a jejich přínos pro porozumění vybraného učiva. Bylo pozorováno, že zavádění technologií a digitálních modelů má pozitivní vliv na zkušenosti žáků s učením. Fyzické modely sice poskytují lepší hloubkové podněty, ale jejich množství je omezené. Mnohdy jsou modely pouze vystaveny nebo demonstrovány učiteli a žák tak nemá možnost individuálně s modely manipulovat. Jelikož má chytrý telefon v dnešní době prakticky každý středoškolský žák, jsou digitální modely snadněji začlenitelné do výuky ve třídě a umožňují větší interakci a ponoření do výuky (Fatimah et al., 2020). V současné generaci žáků se ukazuje, že si jsou při práci s digitálními modely často jistější. Na klasické molekulové stavebnice nejsou zvyklí, nebo neměli dostatek příležitostí se s nimi naučit pracovat. Z toho důvodu jim dělá sestavení zadaných struktur mnohdy větší potíže než zadaný úkol. Na druhou stranu v práci s digitálními technologiemi jsou sebevědomější a mnohem rychleji se s nimi učí pracovat a zjišťovat způsob jejich fungování (Sadykov, a Čtrnáctová, 2019). Proto pokud se vybere vhodná mobilní aplikace na tvorbu molekulových struktur, mohou žáci bez větších obtíží sestavovat zadané struktury a nechat si je jednoduše vygenerovat ve 3D. Zaměřují se tak na skutečný problém, o kterém mají přemýšlet a zároveň aktivně využívají vizualizační prostředek v praxi k podpoře prostorové představivosti.

Digitální technologie jistě nejsou řešením pro veškerou výuku chemie, v této oblasti by nám ale mohly poskytnout kvalitní prostředek k uplatnění principu názornosti,

konstruování hlubšího poznatku o podstatě látky a též by mohly vést žáky k větší aktivitě a zájmu o dané učivo.

2 Alternativní koncepce výuky

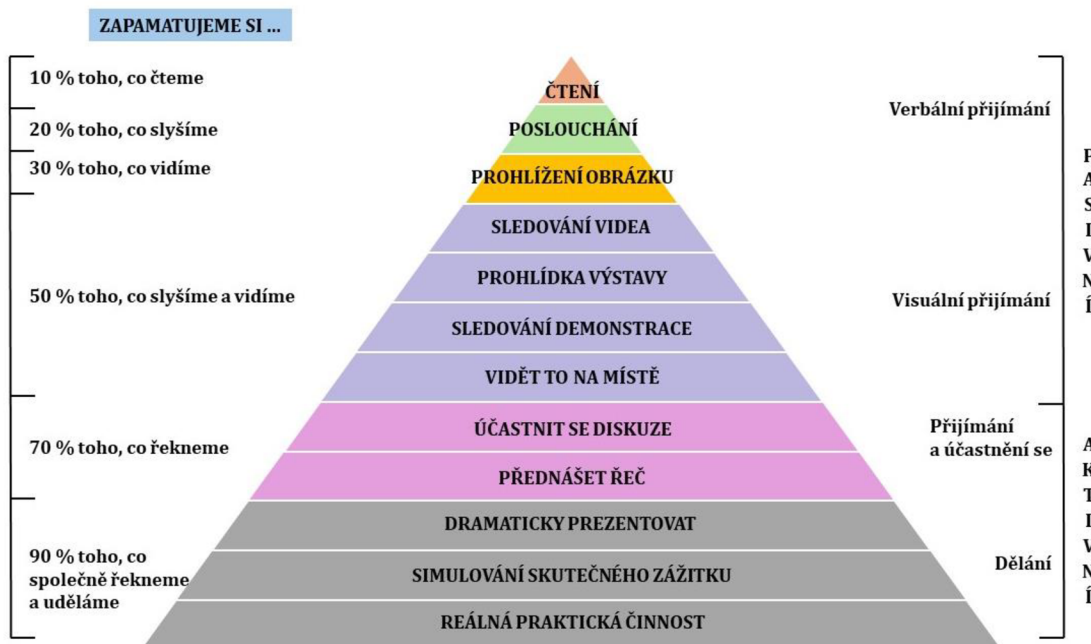
Strategie výuky v českých školách prochází od 90. let minulého století značným vývojem, proto pro naše účely metody a přístupy dlouhodobě využívané můžeme označit jako tradiční, či klasické, zatímco nově zaváděné přístupy k vyučování lze označit jako moderní nebo alternativní koncepce výuky. Klasické výukové metody mají dlouhou historii, také se nadále rozvíjejí a na školách se ve velké míře využívají. Ale právě klasické metody, jsou typické frontální výukou. Ve frontální výuce je ve vyučovacím procesu dominantní učitel, který klade důraz na předávání znalostí žákovi. Žák je v takových hodinách poměrně pasivní a informace pouze přebírá v upravené podobě od učitele. Oproti tomu nové alternativní koncepce bývají mnohem více zaměřeny na aktivizaci žáka v hodině a na jeho učení se skrze vlastní práci. V takových hodinách již nevystupuje učitel jako dominantní osoba předávající informace žákům frontálně. Alternativní metody jsou často zaměřeny na řešení problémových situací, problémových úloh atd. Na žáky pak takové metody působí stimulačně a posilují rozvoj tvořivého myšlení (Zormanová, 2012).

Alternativní koncepce výuky se do České republiky postupně dostávají ze zahraničních zemí, kde jsou využívány již delší dobu. Proč ale takové metody vznikají a šíří se do mnoha zemí? Jednu z odpovědí bychom mohli hledat v rychlém vývoji společnosti a informačních a komunikačních technologií v posledních desetiletích. Informací všude rapidně přibývá a pro současné generace již není problém si vše během chvilky dohledat na internetu. Proto pouhé memorování informací ve školním procesu pozbývá smyslu. Aktuální generace žáků též vlivem vyrůstání na těchto technologiích jinak zpracovávají k nim přicházející informace, mění se jejich schopnost udržet pozornost a též mají jiný přístup k učení a zapojování se do výuky. Lehký přístup k informacím může u žáků zároveň vést k pasivnímu nebo také zjednodušenému způsobu práce. U žáků se může objevovat tendence k jednoduchým odpovědím a co víc, k přejímání cizích postojů a názorů. Odpovědi pak postrádají kritickou reflexi a jsou tvořeny doslovně převzatými pasážemi

z internetových zdrojů. Žáci už žijí s myšlenkou, že si mohou „vše najít na internetu“, proto se ztrácí i jakákoliv chuť si něco pamatovat z paměti (Sieglová, 2019).

Druhým vysvětlením potřeby aplikace nových metod výuky může být samotná efektivita výuky. Pojem efektivita může být mnohdy strůjcem nedorozumění, jelikož se v pedagogické sféře využívá v různých významech. Efektivita poukazuje nejen na výsledky, účinky či důsledky, ale i na jejich původ, příčiny, zdroj. Je to tedy vyjádření určitého vztahu, který může být často v podobě nějakého výsledku, ke kterému vedlo něco, co ho způsobilo (Janíková a Vlčková, 2009).

Vyučovací metodám a jejich efektivitě se věnoval již v roce 1946 Edgar Dale, který jako první publikoval tzv. kužel učení (též se setkáme s pojmem pyramida učení) a to v publikaci *Audio Visual Methods in Teaching* (Dale, 1946). Na obrázku 1 jsou srovnány vybrané vyučovací metody na základě jejich efektivit. V horních patrech najdeme metody nejméně efektivní, naopak v dolních patrech jsou metody s nejvyšší mírou efektivit učení. Autor v této publikaci poukazuje na fakt, že pokud je žákovi umožněno účastnit se nějaké reálné situace, či dokonce informace prezentovat, získá vědomostí více, oproti tradičnímu sdělování informací učitelem slovně. Kužel učení za roky své existence prošel úpravami. V diagramu jsou znázorněny vedle jednotlivých metod výuky i průměrná procenta zapamatování si učiva po absolvování takto uchopené výuky a zapojení se do výuky žáky (aktivní a pasivní). Z diagramu tedy vyplývá, že pokud jsou žáci v hodině aktivnější, je učení a získávání vědomostí efektivnější.



Obrázek 1 – Kužel učení (přeloženo z Brissel et al., 2013)

Při aktivizujících metodách tedy volíme takové prostředky a přístupy, aby byl žák více zahrnut do vyučovacího procesu a aby využíval vyšší kognitivní funkce, než je pouhé zapamatování. Při takto pojaté výuce žák aktivně, uvědoměle a vědomě třídí informace. Žák využívá analýzy, srovnávání a hodnocení informací, učí se tvořivosti a samostatnosti a též rozvíjí svoji osobnost. V této koncepci výuky se učitel pohybuje v roli rádce či průvodce. Sama žakovská aktivita není cílem výchovně-vzdělávacího procesu, a to z toho důvodu, že by se mohlo jednat jen o aktivitu vnější či zdánlivou, která ale nepodporuje dosažení vyššího stupně rozvoje osobnosti. Jak tvrdí Maňák (2011): „Aktivizace žáků v edukačním procesu znamená zaměření na rozvoj osobnosti, na růst kompetencí, na dosahování stále vyššího obzoru. Aktivita není finálním výsledkem edukace, ale prostředkem k trvalému růstu a nezbytným procesem zdokonalování osobnosti.“

Myšlenku aktivního učení žáků přináší tzv. pedagogický konstruktivismus, ve kterém je hlavní důraz kladen na aktivní konstrukci poznatků žáky. Konstruktivismus pak může podporovat smysluplné učení a řadí se tak k alternativním koncepcím výuky. Při aplikaci vyučovacích strategií založených na konstruktivismu se k žákům nepřístupuje jako k „tabula rasa“, ale vychází se

z předpokladu, že žák již má předchozí znalosti a zkušenosti z předešlé výuky. Žákův vnitřní poznatkový systém je veden k vědeckému poznání a výuka je postavena primárně na zkušenosti žáka. Práce žáka je tedy z velké části samostatná a učitel zde vystupuje pouze v podobě rádce, který je žákům v případě nutnosti k dispozici. Žáci pracují svým vlastním tempem a v případě potřeby se doptávají učitele. Na učitele je zde kladen větší tlak při tvorbě výukových materiálů, které mají žáka vést ke spontánnímu učení. Využívá se různých typů vizuálních materiálů, jejichž cílem je u žáka vytvořit co nejbližší představu prezentovaného jevu. Samozřejmě nelze tento přístup k výuce aplikovat ve všech oblastech učiva a to hned z několika důvodů. Za prvé se zde předpokládá individuální přístup ke každému žákovi, což není ve školní praxi zcela proveditelné, a proto se musí dílčí prvky didaktického procesu pozměnit a poupravit, aby bylo možné konstruktivismus zařadit. Jako další problematický bod se může označit fakt, že konstruktivismus nelze aplikovat na celý obsah učiva, jelikož ne ve všech předmětech lze k vlastním poznatkům dojít samostatnou aktivitou, měřením, experimentováním a pozorováním. Jako třetí problematický bod by se zde mohla uvést samotná náročnost přípravy učitele na takto pojatou výuku a i vyšší obtížnost realizace výuky (Rahorsch a Frolík, 2021).

2.1 Alternativní koncepce výuky izomerie organických sloučenin

Učivo o izomerii, se kterým se žáci setkávají při výuce organické chemie na středních školách, by mohlo být oblastí, ve kterém by se konstruktivistický přístup k výuce mohl využít. Prostřednictvím práce žáků s vizuálními prostředky (zde molekulovými modely) by mohlo dojít k hlubšímu pochopení daného učiva.

Výuce izomerie za pomoci molekulových stavebnic se věnovala kazuistika vyučovací hodiny chemie, jejímž tématem byla konstituční izomerie, konkrétně řetězová izomerie alkanů (Kričfaluši et al., 2017). Cílem vyučovací hodiny bylo nejen objasnit pojem řetězová izomerie za využití konkrétních příkladů, ale též aplikovat znalosti z minulých hodin o názvosloví alkanů při určování a popisu řetězových izomerů a upevnit si pojmy jako čtyřvalentnost uhlíku a uhlovodíkový zbytek. Dalšími cíli hodiny bylo mimo jiné i rozvíjet prostorovou představivost žáků a jejich manuální dovednost.

Scénář vyučovací hodiny sice nebyl koncipován na principu konstruktivistické výuky, kde by docházelo ke spontánnímu učení a žáci by si poznatky o dané izomerii konstruovali sami, ale i přesto se žákům umožnila vyšší aktivita a zapojení do výuky spolu s využitím principu názornosti. Učitelka na začátku vyučovací hodiny uvedla nové učivo a seznámila žáky s teorií konstituční řetězové izomerie. Následně se přistoupilo k praktické části vyučovací hodiny, kdy si žáci pod vedením paní učitelky sestavovali podle zadání jednotlivé struktury izomerů a ověřovali si teorii v praxi. Po celou dobu praktické části ale paní učitelka vystupovala převážně frontálně a žáci si struktury sestavovali podle ní. Na konci hodiny nastal prostor pro samostatnou práci žáků, při které žáci tvořili konstituční izomery hexanu, zapisovali vzorce a názvy a následně struktury sestavovali z molekulových stavebnic. K práci byli motivováni klasifikací.

Sestavování modelů molekul frontálně podle pokynů učitelky je jistě v počátcích výhodné a pro žáky přínosné. Žáci tak postupně získávají zručnost a jistotu při práci s molekulovou stavebnicí. Na druhou stranu z uvedených výsledků pozorování je jasné, že mnoho žáků by potřebovalo uzpůsobit tempo a pracovat pomaleji. V závěru vyučovací hodiny paní učitelka využila samostatnou práci žáků, což se ukázalo pozitivní hned v několika ohledech. Žáci si zvolili vlastní tempo práce, učili se být zodpovědní za svoji práci a rozvíjela se u nich tvořivost.

Na základě analýzy vyučovací hodiny autoři práce doporučili některé alterace výuky a připustili, že možný konstruktivistický způsob výuky izomerie za pomocí molekulových modelů by mohl být efektivní. Autoři totiž doporučili, aby se žákům nepředstavila celá teorie izomerie frontálně učitelem, ale aby jim byly představeny např. dva příklady izomerů a jejich vlastnosti. Žáci sami by poté museli přijít na to, v čem se jednotlivé molekuly liší a co mají naopak společného. Sami by tedy došli k podstatě dané izomerie sami a učitel by poté jen učivo dle potřeby doplnil. Přesně na tomto principu jsou, nezávisle na práci autorů zmiňované kazuistiky, navrženy pracovní listy pro výuku izomerie (Mensová, 2022), které budou testovány v praktické části této diplomové práce.

V bakalářské práci (Mensová, 2022) jsem vytvořila soubor 10 pracovních listů zaměřených na výuku izomerie na střední škole. Pracovní listy jsou ukotveny do více

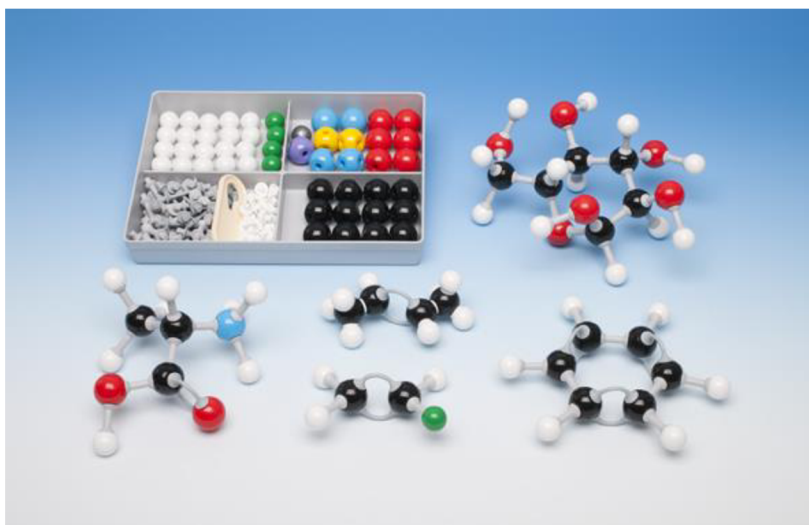
tematických celků organické chemie, ve kterých se učivo izomerie nachází, konkrétně alkany a cykloalkany, alkeny, areny, halogenderiváty, kyslíkaté deriváty uhlovodíků a aminokyseliny. Každý pracovní list se zaměřuje na jeden typ izomerie a je koncipován na principu konstruktivistické výuky. Žákům je na začátku většiny pracovních listů představena sloučenina, nebo sloučeniny, které mají žáci sestavit pomocí molekulových modelů (molekulových stavebnic nebo mobilní aplikace), mají je pozorovat a porovnat do tabulky. Na základě porovnání pak mají dojít k definici samotné izomerie. Pro kontrolu pak je v pracovním listu odstavec „Zapamatuj si“, ve kterém je teorie dané izomerie sepsána, a žáci si tak mohou porovnat, zda pracovali správně. Struktura tedy odpovídá tomu, co autoři navrhli v kazuistice vyučované hodiny pozměnit (Kričfaluši et al., 2017). Pro procvičení učiva jsou na konci pracovní listy doplněny o gradované úlohy, ve kterých se postupně zvyšuje obtížnost.

Žáci v hodině tedy pracují samostatně podle jednotlivých kroků v pracovním listě a jsou vedeni k poznání principu samotné izomerie sami. Učitel je samozřejmě ve vyučovacím procesu přítomen, ale pouze v podobě rádce, který žáky v případě potřeby navede správným směrem. Pro vypracování pracovních listů je nutná práce s molekulovými modely, které mají u žáků podporovat názornost a prostorovou představu tohoto učiva.

V bakalářské práci (Mensová, 2022) jsem se zaměřila pouze na práci s molekulovými stavebnicemi. Diplomovou práci jsem ale rozšířila o využití mobilních aplikací na tvorbu molekulových modelů, namísto pouze klasických molekulových stavebnic. Vedlo mne k tomu hned několik věcí, ke kterým jsem dospěla při sepisování bakalářské práce. V první řadě je to problematika dostupnosti molekulových stavebnic na středních školách. V bakalářské práci jsem se mimo jiné věnovala aktuálně dostupným molekulovým stavebnicím na trhu.

Poměrně nové jsou stavebnice *Molymod* (viz Obrázek 2), které se již do mnoha škol dostávají, ale mají několik nedostatků, díky kterým je není možné využít pro výuku izomerie s navrženými pracovními listy. Jedním nedostatkem je malé množství dílků, které každý set tvoří. Z tohoto důvodu jsou žáci omezeni na stavbu jen několika málo struktur a nemohou si například sestavit dvě větší molekulové struktury vedle sebe a porovnat je. Dalším nedostatkem je v našem případě i omezená stavba

některých funkčních skupin a těžká manipulace s některými dílky stavebnice (je fyzicky náročné pospojovat jednotlivé atomy vazbami a po krátké době z toho poměrně bolí ruce, což může žáky od práce odrazovat).



Obrázek 2 – Molymod (Molymod®, 2023)

Mimo stavebnice *Molymod* se ale do škol aktuálně žádné jiné nové prakticky nedostávají. Proto v mnoha školách dosud zůstávají staré molekulové stavebnice *Molekulové modely I, II, III* (viz Obrázek 3). Jedná se o rozsáhlé sety trubičkových molekulových stavebnic, které jsou uloženy do větších kufříků. Kufříky obsahují opravdu velké množství dílků atomů i vazeb a člověku tak umožňují stavbu nezměrného množství struktur. Mají ale některá svá specifika, která musí člověk pochopit a naučit se s nimi pracovat. Jde o skutečnost, na kterou jsem poukazovala již v teoretické části. U těchto stavebnic je to znázornění různých atomů (zde nejsou v podobě kuliček, ale různě tvarovaných fragmentů), způsob spojování atomů trubičkami a využití pomocných dílků pro vytvoření např. dvojných a trojných vazeb. Dílků je tedy sice hodně a je relativně fyzicky nenáročné je pospojovat, ale je nutné získat zkušenosti v práci s nimi. Což se na škole, kde jsem testovala svoji bakalářskou práci, objevil jako velký nedostatek a problém. Žáci neumí s těmito stavebnicemi pracovat a je pro ně relativně náročné práci se stavebnicemi pochopit a zapamatovat si jednotlivá pravidla. Proto se nakonec více zaměřují na samotnou stavbu než pozorování a pochopení dané struktury v prostoru.



Obrázek 3 – Molekulové modely I. (bazarymesec, 2022)

Jak bylo popsáno dříve, současné generace žáků jsou velice zběhlé v používání informačních technologií a jsou v této oblasti i velmi rychle učenlivé. Technologie se navíc do výuky dostávají ve větším měřítku, než tomu bylo před pár lety. Na středních školách je již normální využívat v hodinách mobilní telefon při různých aktivizačních metodách jako jsou hry, soutěže, ale např. i brainstorming a různé druhy společného opakování učiva. Faktem je, že s pokrokem a novými informacemi je již mnoho činností v hodinách chemie zakázaných. Mnoho chemikálií, které se dříve v hodinách chemie normálně používaly je v současné době pro své nebezpečí zakázáno. Nejen že žáci s těmito chemikáliemi nesmí pracovat, ale mnohdy s nimi nemůže ve třídě pracovat ani demonstračně samotný učitel (Skřehot et al., 2016). Učitelé chemie tedy budou postupně nuceni používat informační technologie častěji, pokud budou chtít zachovat názornost a atraktivitu výuky. V opačném případě se výuka omezí na pouhý výklad a slovní popis vyučovaných jevů.

Mobilní aplikace zaměřené na tvorbu molekulových modelů by tedy teoreticky mohly vyřešit některé nedostatky molekulových stavebnic zmiňované dříve. Jakožto generace vyrůstající na technologiích by se žáci s mobilní aplikací mohli naučit v kratším čase a zaměřili by se tak opravdu na pozorování, porovnávání a vyhodnocování výsledků. Stavba modelů by jim nemusela způsobovat takové

potíže jako stavba modelů z klasických stavebnic a měli by tak více prostoru si strukturu prohlédnout a prozkoumat.

V pedagogickém experimentu, který je náplní této praktické části, se chci nejen zaměřit na efektivitu výuky izomerie za pomoci molekulových modelů jako takových, ale také na otázku, zda má na žáky významnější vliv, pokud pracují s fyzickou molekulovou stavebnicí nebo mobilní aplikací. A konkrétně, zda tyto odlišné vizualizační prostředky mají v tomto případě i vliv na uchování vědomostí jako takových. Samozřejmě fyzické molekulové modely budou mít i nadále některé výhody, kterých u modelů vygenerovaných mobilní aplikací nikdy nedosáhneme. Mluvíme tu o využití dalšího smyslu – hmatu, který žáci při práci s molekulovými stavebnicemi využívají.

Praktická část

V praktické části byl realizován pedagogický experiment v běžných školních podmínkách. Pedagogický experiment byl zaměřen na ověření efektivity výuky izomerie organických sloučenin za použití pracovních listů vytvořených na principu konstruktivistické výuky a práce s molekulovými modely (alternativní koncepce výuky izomerie). Praktická část představuje cíle pedagogického experimentu, jeho plánování a realizaci. Hlavní částí je pak prezentace výsledků a závěrů provedeného pedagogického experimentu.

3 Cíl praktické části

Cílem praktické části je za pomoci pedagogického experimentu vyhodnotit efektivitu výuky izomerie organických sloučenin na střední škole za využití konstruktivistické výuky a práce s molekulovými modely (molekulovými stavebnicemi a digitálními modely v mobilní aplikaci). Jako didaktický prostředek jsou využívány pracovní listy, které jsem navrhla a vytvořila v bakalářské práci (Mensová, 2022). Pracovní listy byly představeny v teoretické části.

V této práci si na základě teoretické části kladu čtyři otázky:

1. Jaký efekt na nárůst a trvalost vědomostí má alternativní koncepce výuky?
2. Mají na pochopení učiva vliv zvolené vizualizační prostředky (molekulové stavebnice vs. mobilní aplikace)?
3. Jaké preference vizualizačního prostředku mají testovaní žáci (molekulové stavebnice vs. mobilní aplikace)?
4. Jaká jsou žáky vnímaná pozitiva a negativa použitých vizualizačních prostředků (molekulové stavebnice vs. mobilní aplikace)?

4 Design pedagogického experimentu

Pro realizaci praktické části byl navržen pedagogický experiment se střídáním faktorů ve dvou paralelních skupinách respondentů. Testované intervence byly založeny na využití alternativní koncepce výuky izomerie organických sloučenin v jednom případě s podporou molekulové stavebnice, ve druhém případě s podporou mobilní aplikace. Postoje a názory respondentů byly sledovány dvěma dotazníky zadanými před a po intervenci, efektivita intervencí byla sledována pomocí didaktického testu zadávaného před realizovanou intervencí (pretest), po realizované intervenci (posttest) a následně s odstupem dvou měsíců jako retenční test. Plánový průběh pedagogického experimentu shrnuje schéma obrázku č. 4.



Obrázek 4 – Design pedagogického experimentu (autorská práce)

4.1 Obsah a technické zabezpečení testovaných intervencí

Pro potřeby pedagogického experimentu byly vybrány 4 pracovní listy navržené v bakalářské práci (Mensová, 2022) a to na základě učiva, které se na zvolené škole aktuálně probíralo. Žáci měli mít tudíž učivo čerstvě v paměti.

Vybrané pracovní listy jsou přiloženy v přílohách této práce a součástí je i autorské řešení.

Pro realizaci pedagogického experimentu byly vybrány tyto pracovní listy:

- *Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků* (Příloha 1, 2 a 3).
- *Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků* (Příloha 4, 5 a 6).

Aplikované v intervenci 1.

- *Optická aktivita – hydroxykyseliny* (Příloha 7, 8 a 9).
- *Biochemie – konfigurace aminokyselin* (Příloha 10, 11 a 12).

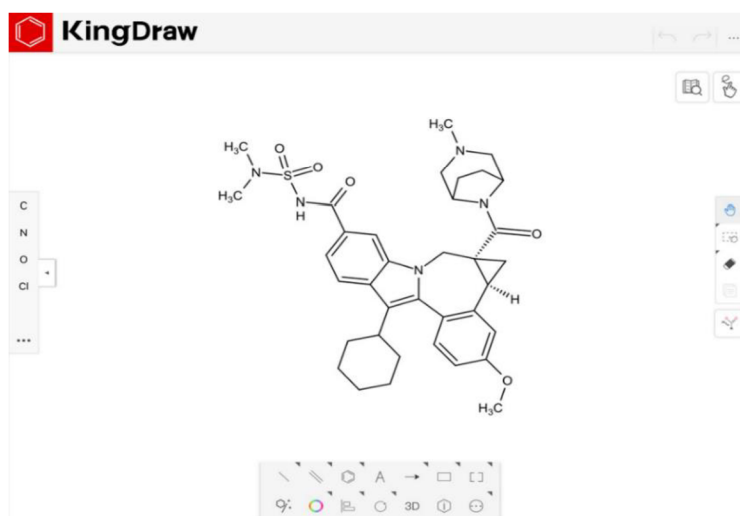
Aplikované v intervenci 2.

Pracovní listy bylo třeba pro potřeby pedagogického experimentu upravit. V jedné verzi se zachovaly tak, jak byly navrženy v bakalářské práci. Druhá verze byla upravena pro práci s mobilní aplikací. Jednalo se především o úpravy frází v zadání úloh. Spojení „molekulová stavebnice“ se nahradilo spojením „mobilní aplikace“. Až na úlohu č. 5 z pracovního listu *Optická aktivita – hydroxykyseliny*, zůstaly všechny úlohy stejné. Z úlohy číslo 5 musela být vynechána praktická část a zachovala se spíše jako teoretická úloha s textem k přečtení. Mobilní aplikace totiž nedovoluje, aby si žáci mohli dvě sestavené struktury otáčet odděleně. V aplikaci je možné pouze synchronní natáčení, tudíž nevzniká možnost preciznějšího porovnání struktur. Proto se od sestavení a porovnání struktur v této úloze upustilo a žáci si skutečnost prohlédli pouze na obrázku v pracovním listě. Všechny použité pracovní listy jsou uvedeny v přílohách 1, 4, 7 a 10 verze pro molekulovou stavebnici a v přílohách 2, 5, 8 a 11 verze pro mobilní aplikaci.

Pro práci s pracovními listy se využily dva typy vizualizačních prostředků, u nich se následně porovnával účinek na dosažené vědomosti žáků. Byla to fyzická molekulová stavebnice *Molekulové modely III* a vedle ní mobilní aplikace na tvorbu molekulových modelů v digitální podobě *KingDraw*. Skupiny respondentů si v průběhu pedagogického experimentu používané vizualizační prostředky prohodily.

Molekulová stavebnice *Molekulové modely III* jsou trubičkové molekulové modely uspořádané do větších kufříků. Podrobněji byl tento typ molekulové stavebnice popsán v závěru teoretické části.

Pro potřeby pedagogického experimentu této práce byla vybrána mobilní aplikace *KingDraw*. Tato aplikace je ke stažení zdarma jak na *Google Play* tak i v *App Store*. Základní funkce jsou v aplikaci zdarma a pro potřeby v hodinách chemie bez problému postačí. V aplikaci žák pracuje na bílé tabuli, na kterou si pomocí dostupných funkcí sestaví potřebnou sloučeninu (viz Obrázek 5).



Obrázek 5 – Aplikace *KingDraw Chemical Structure Editor* (*KingDraw HD*, 2022)

Na hlavním panelu tabule má žák na výběr z nejužívanějších prvků, dále si zde může zvolit různé typy vazeb (a to i na základě orientace v prostoru). Některé základní struktury jsou zde již předvytvořeny, např. některé uhlovodíkové cykly či benzenové jádro. Další funkcí je guma, pomocí které může žák vymazat části molekul i celé struktury, či funkce označení objektu, díky které si pak může struktury libovolně posouvat. V případě potřeby má žák k dispozici mnoho dalších funkcí této aplikace. Lze si zde otevřít periodickou soustavu prvků a vybrat si i méně užívané prvky. Mimo jiné zde existuje i banka již vytvořených struktur vybraných sloučenin, která je poměrně rozsáhlá. V případě, že má žák vytvořenou strukturu na bílé tabuli, může jednoduše kliknutím na ikonku „3D“ převést strukturu do trojrozměrné podoby. Struktura se automaticky převede sama a žák si s ní může sám dál otáčet, jak potřebuje a též si zvolit z několika druhů zobrazení. V případě potřeby se může žák

vrátit zpět na bílou tabuli a provést změny. Další výhodou je, že si může žák sestavit i více struktur najednou vedle sebe a ve 3D si je pak bez problému porovnat. Dalším ulehčením pro žáky je v této aplikaci skutečnost, že prvkům se automaticky doplňuje počet atomů vodíků tak, aby tvořily stabilní molekuly, proto nemusí každou molekulu doplňovat potřebným množstvím atomů vodíků. Žák tedy sice struktury tvoří, ale má zde mnoho zjednodušení, tudíž tvorba struktur není tak časově náročná a zbývá více času na jejich pozorování. Další výhodou je, že se žák nemusí „zdržovat“ rozebíráním sestavených struktur a jejich uklízením, protože v aplikaci strukturu jednoduše smaže několika kliknutími.

4.2 Metody a nástroje sběru dat

Pro sběr dat v průběhu pedagogického experimentu byl využit didaktický test a dva dotazníky vlastní konstrukce. Jako doplňující zdroje dat byly použity kvalitativní metody – zúčastněné pozorování a polostrukturovaný rozhovor s focus group.

4.2.1 Didaktický test

Efektivita této alternativní koncepce výuky je v pedagogickém experimentu vyhodnocována na základě didaktického testu, který byl zadáván jako pretest, posttest a retenční test. Všechny verze testů byly obsahově totožné a odpovídají učivu, které tvoří vybrané pracovní listy pro intervenci 1 a 2.

Didaktický test pro vyhodnocení efektivity byl navržen tak, aby především testoval praktické znalosti žáků. Po žácích se tedy nevyžaduje pouhé reprodukování definic, ale převážně praktická činnost. Tuto praktickou činnost si měli žáci osvojit při práci s navrženými pracovními listy.

Didaktický test obsahuje dohromady devět úloh (Příloha 13). Mimo první dvě se každá úloha skládá ze tří částí.

- První část je zaměřena na praktický úkol týkající se probraného učiva z pracovních listů. Úlohy jsou zde otevřené a žáci musejí odpovídat svými

slovy. Za správné vyřešení této části získají žáci jeden bod. Pokud žák špatně, nebo nejasně formuluje odpověď, bod nezískává.

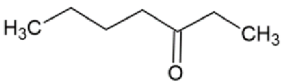
- Ve druhé části je požadováno slovní zdůvodnění odpovědi. Žáci zde mají svými slovy vysvětlit, proč první část dané úlohy řešili tak, jak řešili. Případně, proč se rozhodli odpovědět tak, jak odpověděli. Za správné zdůvodnění opět získají žáci jeden bod.
- Ve třetí části je požadováno zhodnocení míry jistoty v odpovědi. Žák má k dispozici čtyřbodovou škálu ve významu zcela jistý, spíše jistý, spíše nejistý a zcela nejistý, pomocí které vyjadřuje, jak moc si je svojí odpovědí jistý. Zde se škála pro vyhodnocení převedla na body. Zde tedy míra jistoty zcela jistý (čtyři body), spíš jistý (tři body), spíš nejistý (dva body), zcela nejistý (jeden bod). Body za míru jistoty v této práci slouží pouze ke sledování, zda si žáci byli v některých úlohách jistější či naopak méně jistí. Body se nijak nezapočítávají ani neodečítají od hodnocení v první a druhé části úloh.

První dvě úlohy jako jediné nejsou prakticky zaměřené a neobsahují druhou část slovního zdůvodnění odpovědi (viz Obrázek 6). Žáci mají svými slovy vysvětlit, co je to izomerie v organické chemii a jmenovat, jaké konkrétní typy izomerií znají. Ač je typů izomerií celá řada, jako správná odpověď se zde hodnotí, pokud žáci vyjmenují ty, které absolvovali v pracovních listech. Musí vyjmenovat všechny, za neúplnou odpověď získají nula bodů. Obě úlohy obsahují část pro zaškrtnutí míry jistoty v odpovědi.

1. Úloha:			
Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii.			
<ul style="list-style-type: none"> • Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
2. Úloha:			
Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad.			
<ul style="list-style-type: none"> • Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

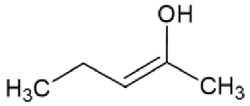
Obrázek 6 – Úloha 1 a 2 didaktického testu (autorská práce)

Třetí úloha ověřuje získané znalosti z prvního pracovního listu s názvem *Konstituční funkční (skupinová) izomerie kyslíkatých derivátů uhlovodíků* (viz Obrázek 7). Po žácích je zde požadováno praktické vytvoření funkčního izomeru zadané sloučeniny. Nevyžaduje se zde žádné názvosloví. Součástí této úlohy je již slovní zdůvodnění odpovědi a zaškrtnutí míry jistoty.

3. Úloha:			
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

Obrázek 7 – Úloha 3 didaktického testu (autorská práce)

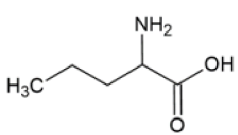
Čtvrtá a pátá úloha se zaměřuje na probrané učivo z druhého pracovního listu s názvem *Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků* (viz Obrázek 8). Po žácích se opět chce praktické vytvoření tautomeru výchozí sloučeniny, slovní zdůvodnění odpovědi a zaškrtnutí míry jistoty odpovědi. Pátá úloha je navázána na úlohu čtvrtou, kde mají žáci označit, který z tautomerů je v ketoformě, a který v enolformě. Opět mají žáci slovně zdůvodnit své řešení úlohy a zaškrtnout míru jistoty odpovědi.

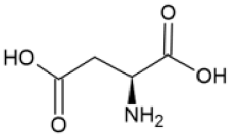
4. Úloha:			
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

5. Úloha:			
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

Obrázek 8 – Úlohy 4 a 5 didaktického testu (autorská práce)

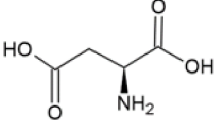
Úlohy šest až devět ověřují znalosti učiva třetího a čtvrtého pracovního listu (viz Obrázek 9 a 10). V šesté úloze mají žáci odpovědět, zda je výchozí sloučenina opticky aktivní či nikoliv a svoji odpověď opět slovně zdůvodnit a zaškrtnout míru jistoty. V sedmé úloze mají žáci za úkol vyznačit chirální centrum zadané sloučeniny a vysvětlit svoji odpověď. Následně opět zaškrtnout míru jistoty.

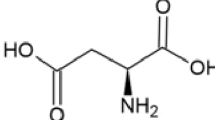
6. Úloha:			
Je tato sloučenina opticky aktivní?			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

7. Úloha:			
U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

Obrázek 9 – Úlohy 6 a 7 didaktického testu (autorská práce)

Poslední dvě úlohy osm a devět jsou obsahem zaměřeny na poslední pracovní list konfigurace aminokyselin (viz Obrázek 10). Úloha osm navazuje na úlohu sedm a žáci zde mají určit prioritu substituentů na chirálním centru. Následně mají žáci v úloze devět určit, zda je sloučenina z úlohy sedm a osm v konfiguraci L- nebo D-. V obou úlohách žáci, stejně jako v předešlých úlohách, mají vysvětlit svoji odpověď a zatrhnout míru jistoty.

8. Úloha:			
Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

9. Úloha:			
Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

Obrázek 10 – Úlohy 8 a 9 didaktického testu (autorská práce)

4.2.2 Dotazníky

Pro sběr dat v rámci pedagogického experimentu byly použity také dva dotazníky vlastní konstrukce.

Dotazník 1

První dotazník, který bude označován jako Dotazník 1, byl zadán společně s pretestem před provedenými intervencemi a sloužil k získání informací o respondentech v paralelních skupinách. Cílem bylo zjistit vztah respondentů k chemii jako takové, jejich prospěch z tohoto předmětu a jejich případný zájem o studium chemie na vysoké škole. Dále jsou v dotazníku otázky zaměřené na vztah žáků ke stavebnicím v dětství, na jejich zkušenosti s molekulovými stavebnicemi a následně i vztah k informačním a komunikačním technologiím (ICT) a k práci s nimi.

Tyto informace jsou významné pro vyhodnocení celého pedagogického experimentu, tedy zda případné lepší výsledky v testech nemohly být způsobeny jen

samotným složením skupiny respondentů. Například zda jedna skupina nemá obecně k chemii bližší vztah i lepší průměrný prospěch, a proto by mohla dosáhnout lepších výsledků v didaktických testech.

V dotazníku žáci vyjadřují míru svého souhlasu nebo nesouhlasu s předloženými výroky pomocí čtyřbodové škály ve významu rozhodně ANO – spíše ANO – spíše NE – rozhodně NE (viz Tabulka 1).

Tabulka 1 – Dotazník 1

Jméno + třída:		Vyjádři svoji míru souhlasu nebo nesouhlasu s následujícími výroky:			
		Rozhodně ANO	Spíše ANO	Spíše NE	Rozhodně NE
Tvrzení					
1.	Chemie je můj oblíbený předmět.				
2.	Z chemie mám obvykle velmi dobré známky, jedničky nebo dvojky.				
3.	Přemýšlím nad studiem chemicky zaměřené VŠ.				
4.	Sestavování vzorců organických sloučenin je pro mě velmi obtížné.				
5.	V dětství jsem si velmi rád/a hrál/a se stavebnicemi.				
6.	Vím, co je to molekulová stavebnice.				
7.	S molekulovou stavebnicí jsem už dříve pracoval/a.				
8.	Velmi rád/a pracuji s ICT prostředky (počítač, notebook, tablet, mobilní telefon).				
9.	Znám některé mobilní aplikace na tvorbu chemických modelů.				
10.	S mobilní aplikací na tvorbu chemických modelů jsem už dříve pracoval/a.				

Dotazník 2

Druhý dotazník, který bude označován jako Dotazník 2, byl zadán společně s posttestem neprodleně po intervenci. Dotazník 2 obsahuje tři otázky s otevřenými

odpovědmi a prostor pro případné další komentáře žáků. Žáci zde mají představit své preference použitého vizualizačního prostředku, zda pro ně byla lepší práce s molekulovými stavebnicemi nebo mobilní aplikací v průběhu intervencí. Následně mají žáci uvést podle svého vlastního názoru, jaké jsou výhody a nevýhody práce s molekulovou stavebnicí a jaké jsou výhody a nevýhody práce s mobilní aplikací (viz Tabulka 2).

Tabulka 2 – Dotazník 2

Doplňující dotazník – odpověz na otázky:
1. Při zpětném pohledu na absolvované hodiny, byla pro tebe lepší práce s molekulovou stavebnicí nebo aplikací v telefonu?
2. Uveď výhody a nevýhody práce s molekulovou stavebnicí.
3. Uveď výhody a nevýhody práce s mobilní aplikací.
4. Další komentáře:

4.2.3 Doplnkové metody sběru dat

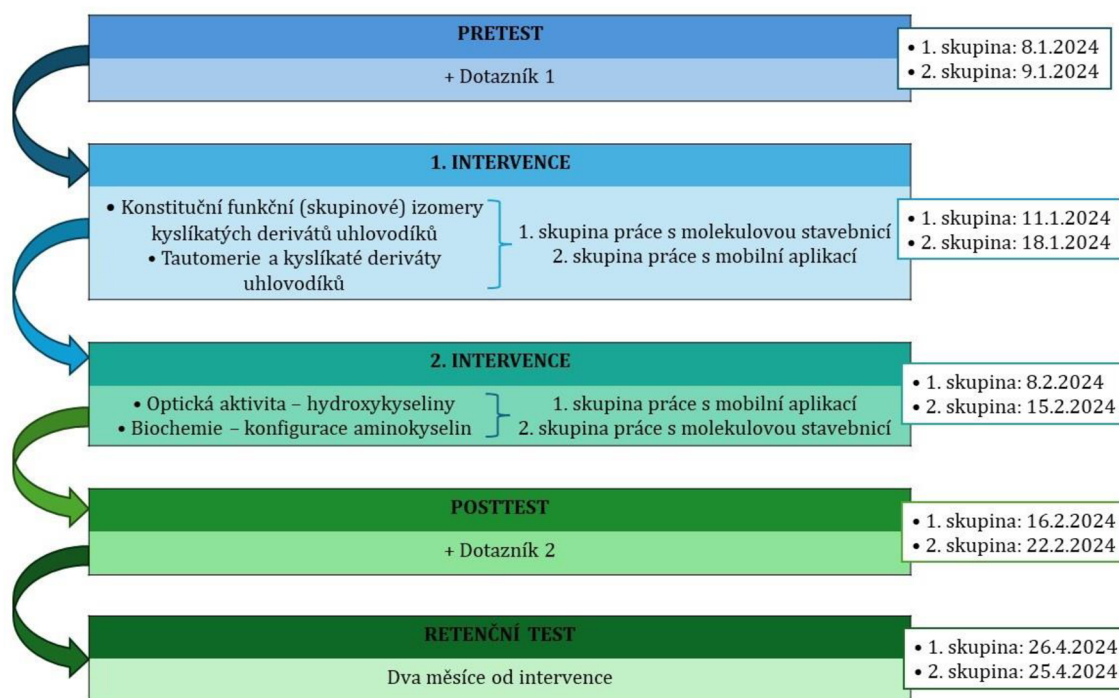
Jako doplňující zdroje dat byly použity kvalitativní metody – zúčastněné pozorování a polostrukturovaný rozhovor s focus group.

V průběhu intervencí výzkumník pořizoval poznámky na základě tzv. zúčastněného pozorování, tzn. že výzkumník v době pořizování záznamu z pozorování byl zároveň v roli učitele a řídil činnost žáků v průběhu intervence (Chráska, 2016).

Po realizaci každé intervence výzkumník provedl skupinový polostrukturovaný rozhovor se všemi respondenty, kteří se dané intervence účastnili (focus group). I z tohoto rozhovoru výzkumník pořizoval ručně psané poznámky (Chráska, 2016; Švaříček a Šedová, 2007).

5 Popis realizace pedagogického experimentu

Pedagogický experiment probíhal v období ledna – dubna 2024. Pedagogický experiment proběhl v několika na sebe navazujících fázích, jak ukazuje následující schéma na obrázku číslo 11.



Obrázek 11 – Průběh realizace pedagogického experimentu (autorská práce)

V první fázi byl žákům ve dvou paralelních skupinách předložen pretest a Dotazník 1. Následně žáci absolvovali dvě po sobě jdoucí intervence, každá byla v rozsahu dvou vyučovacích hodin. První intervence byla koncipována tak, že 1. skupina s pracovními listy *Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků* a *Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků*, pracovala za pomoci molekulových stavebnic, přičemž 2. skupina absolvovala adaptované pracovní listy, ale pracovala s mobilní aplikací. Při druhé intervenci si skupiny vizualizační prostředky prohodily. Tedy 1. skupina, která při první intervenci pracovala s molekulovými stavebnicemi, pracovala při druhé intervenci s mobilní aplikací a naopak. Při druhé intervenci byly použity pracovní listy *Optická aktivita – hydroxykyseliny* a *Biochemie – konfigurace aminokyselin*.

Po absolvování obou intervencí (a dohromady tedy 4 pracovních listů), byl žákům s odstupem přibližně jednoho týdne předložen posttest. Posttest byl obsahově totožný s pretestem. Součástí posttestu byl i Dotazník 2.

Po uplynutí dvou měsíců byl následně žákům neohlášeně předložen retenční test, který byl obsahově opět totožný s pre- i posttestem. Retenční test zjišťoval míru uchování osvojených vědomostí po uplynutí dvou měsíců.

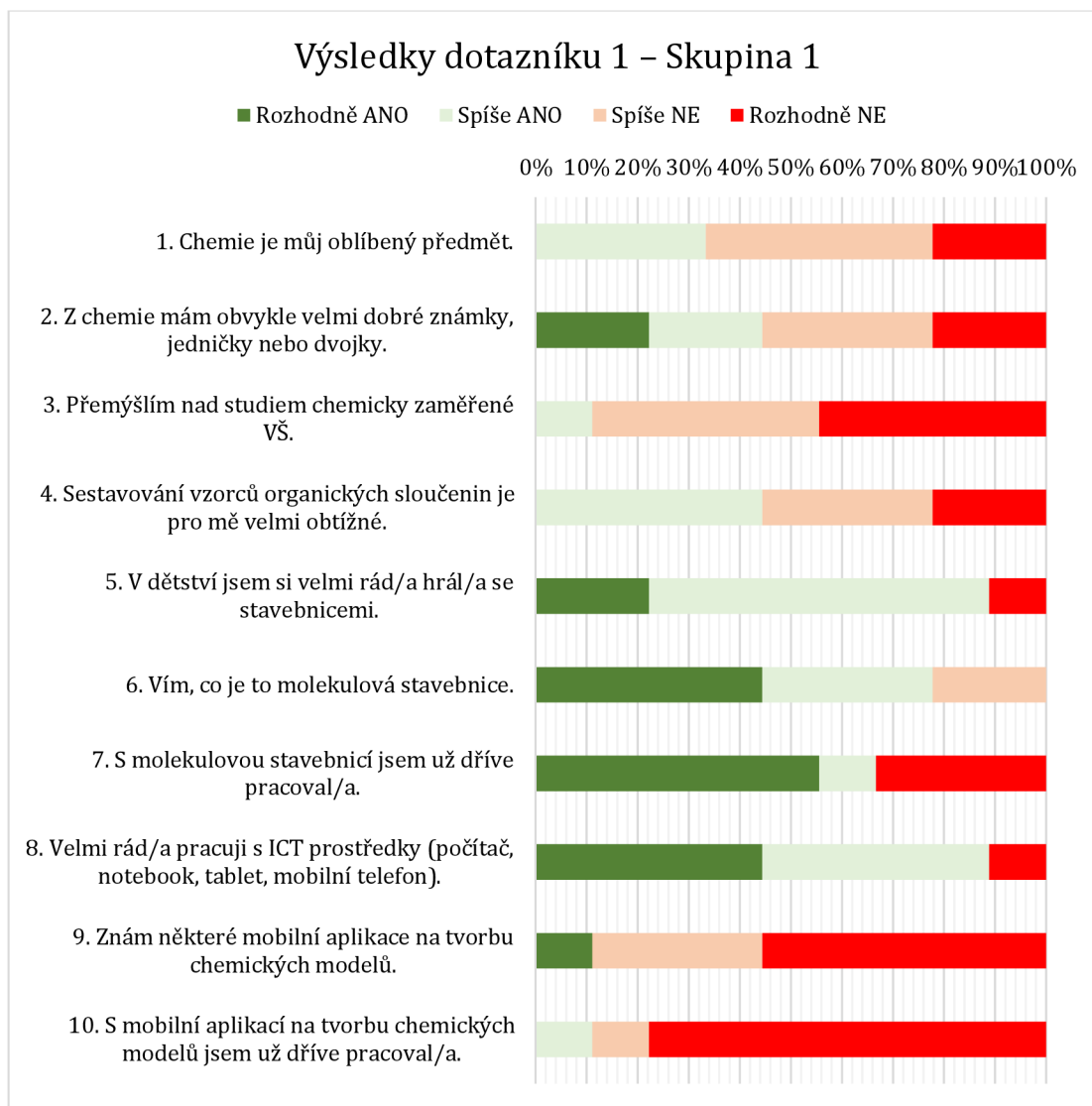
5.1 Výzkumný vzorek

Pedagogický experiment probíhal na záměrně vybrané škole z hlediska geografické dostupnosti a ochoty spolupracovat. Pro pedagogický experiment byly vybrány dvě paralelní třídy 3. ročníku vyššího gymnázia (třída 3.C a třída 7.A). Experiment byl prováděn v běžných školních podmínkách během rozvrhovaných vyučovacích hodin chemie, proto po provedeném sběru dat museli být někteří žáci z vyhodnocování výsledků vyřazeni. Podmínkou zahrnutí do výsledků bylo, aby se žáci zúčastnili všech fází pedagogického experimentu, tedy aby napsali pretest s Dotazníkem 1, následně se zúčastnili obou intervencí, napsali posttest s Dotazníkem 2 a po uplynutí dvou měsíců i retenční test. Pokud tedy některý z žáků chyběl v jedné části experimentu, byl z vyhodnocování výsledků vyřazen.

Skupina 1 (třída 7.A)

Skupina 1 (třída 7.A) je složena z žáků osmiletého vyššího gymnázia. Za obvyklých podmínek třídu tvoří pouze 13 žáků. Z důvodu absence v některé z fází pedagogického experimentu museli být někteří žáci vyřazeni z vyhodnocení. Výsledně zde mohlo být hodnoceno pouze 9 žáků.

Pro bližší seznámení se s charakteristikou respondentů skupiny byl využit Dotazník 1. Výsledky Dotazníku 1 ve skupině 1 jsou shrnuty v grafu na následující obrázku č. 12.



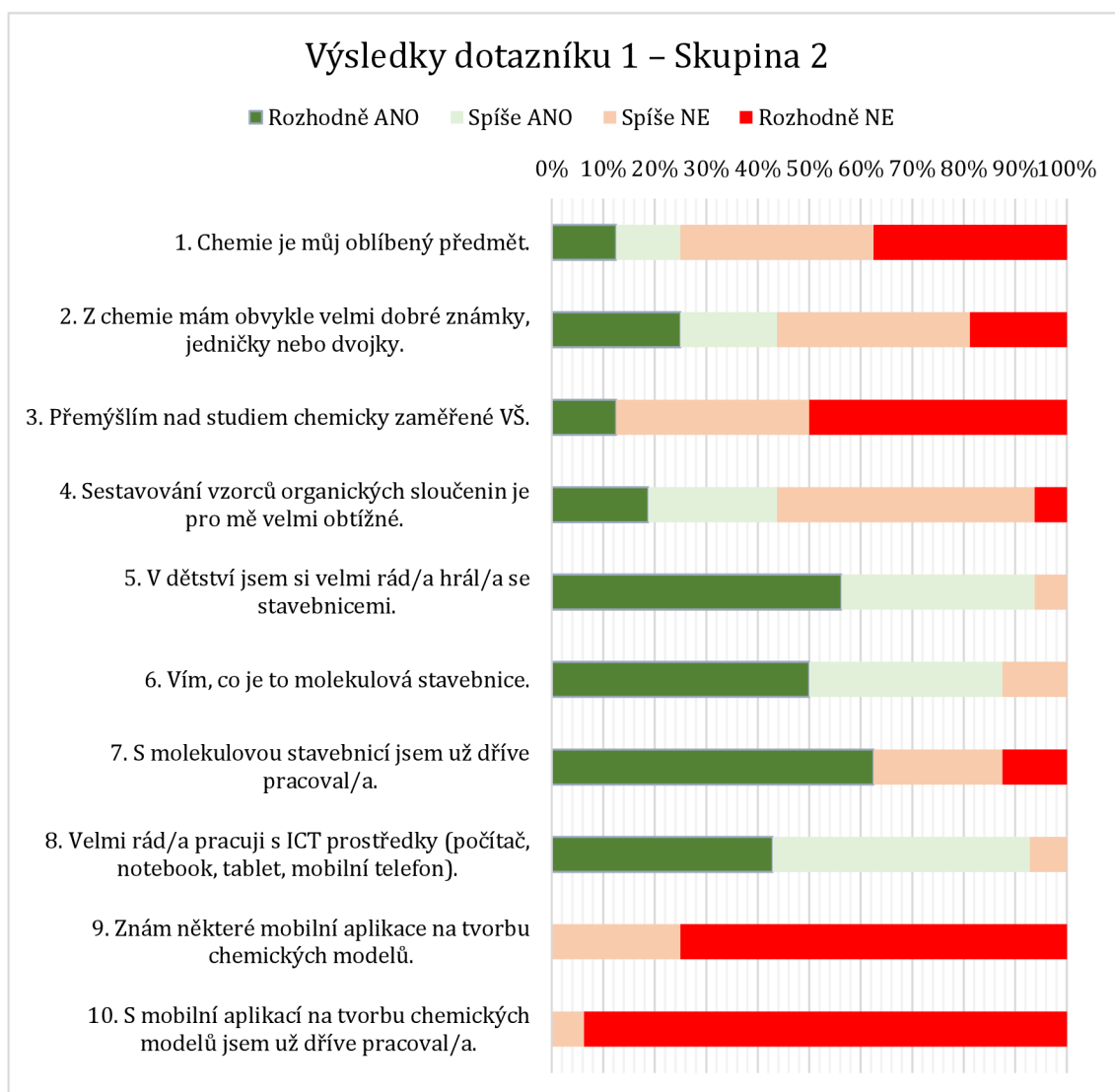
Obrázek 12 – Výsledky dotazníku 1 – Skupina 1 (N=9)

Z grafu lze vyčíst, že ve skupině 1 není chemie příliš oblíbený předmět. Co se týče prospěchu, skoro polovina třídy má z chemie jedničky nebo dvojky. Stoprocentně nechce chemii na vysoké škole studovat žádný žák této skupiny, jen jeden žák se výroku mírně přiklonil. Sestavování vzorců organických sloučenin nepovažuje za problém nijak markantnější část třídy. Většina žáků v této skupině si v dětství ráda hrála se stavebnicemi, což může mít pozitivní vliv na jejich využití v hodinách. Pozitivní zprávou je, že žáci v této skupině znají anebo mají zkušenost s molekulovými stavebnicemi a ač nemají zkušenosti s mobilními aplikacemi na tvorbu molekulových modelů, tak mají alespoň pozitivní postoj k práci s informačními a komunikačními technologiemi, což by mohlo práci s nimi usnadnit.

Skupina 2 (třída 3.C)

Skupinu 2 (třída 3.C) tvoří žáci čtyřletého vyššího gymnázia. Do této třídy chodí celkem 22 žáků. Z důvodu absence některých žáků v některé z fází pedagogického experimentu, byla v této skupině nakonec vyhodnocena data získaná od 16 žáků.

S charakteristikou respondentů ve skupině 2 nás opět do jisté míry seznamují výsledky Dotazníku 1 (viz Obrázek 13).



Obrázek 13 – Výsledky dotazníku 1 – Skupina 2 (N=16)

Chemie se v této třídě opět netěší větší oblibě a prospěch též přibližně odpovídá výsledkům skupiny 1. Nad studiem chemicky zaměřené školy ale stoprocentně přemýšlí pouze 11 % žáků. Sebepojetí žáků nevykazuje větší problém se

sestavováním vzorců organických sloučenin. V dětství si většina žáků ráda hrála se stavebnicemi, což by mohlo pozitivně ovlivnit jejich vztah k práci s nimi v plánovaných intervencích. Pozitivní vztah k informačním a komunikačním technologiím má většina žáků této skupiny. Co se ale týče zkušenosti s chemickými aplikacemi na tvorbu molekulových modelů, tu většina žáků v této třídě nemá. Shrnutí – jedná se tedy o spíše nechemickou skupinu, která ale nemá známky z chemie nijak výrazně horší. Ani v organických sloučeninách nevidí větší problémy. Většina skupiny má spíše pozitivní vztah k informačním a komunikačním technologiím, ale stejně jako ve skupině 1 nemají znalost či zkušenost s mobilními aplikacemi na tvorbu molekulových modelů.

Obě paralelní skupiny respondentů se ve sledovaných charakteristikách Dotazníkem 1 nijak markantně neliší. Výsledky pedagogického experimentu by tedy neměly být výrazně zkresleny aspekty jako vyšší obliba předmětu, lepší prospěch z chemie, vyšší zkušenosti s prací s molekulovou stavebnicí či mobilní aplikací.

5.2 Popis průběhu intervencí

Intervence probíhaly v rozvrhových časech vyučovacích hodin chemie, konkrétně v čase, který byl určený pro realizaci laboratorních cvičení, aby pro realizaci intervencí byly k dispozici dvě vyučovací hodiny za sebou. Už v bakalářské práci (Mensová, 2022) se ukázalo, že vyplnění jednoho pracovního listu vyžaduje jednu vyučovací hodinu, proto jsme za jedno dvouhodinové laboratorní cvičení stihli pracovní listy dva. Pracovní listy byly vybrány nejen podle aktuálně probíraného učiva v klasických hodinách, ale i na základě sobě blízkých témat. Tedy, aby se během jedné intervence pracovní listy tematicky příliš nelišily a nevzbuzovalo to u žáků zmatek.

Průběh intervence jsem vedla sama a vedle řízení činnosti žáků jsem si pořizovala záznamy o průběhu celé intervence na základě zúčastněného pozorování.

Začátek každé intervence vždy vypadal následovně. Ve třídě jsem uvedla téma a plán hodiny. Stručně jsem představila pracovní listy a seznámila žáky s jejich úkolem v hodině. Následně jsme si nachystali vybrané vizualizační prostředky. Po ujasnění

všech náležitostí a pravidel práce, začali žáci pracovat samostatně. Po celou hodinu jsem byla k dispozici, mezi žáky chodila a konzultovala případné nejasnosti nebo nápady žáků. Žáci nejdříve pracovali na prvním pracovním listu. Po vyplnění prvního pracovního listu nastala společná kontrola správného řešení. Kontrola probíhala kombinovaně. Některé odpovědi na otázky říkali žáci z lavic nahlas, na praktická cvičení chodili žáci k tabuli a zapisovali svá řešení. Po kontrole dostali žáci prostor pro krátkou pauzu, při které jsem nachystala druhý pracovní list. Po pauze jsem žáky opět seznámila s tématem pracovního listu a pravidly práce. Žáci poté pracovali opět samostatně a v případě potřeby si mě zavolali. Po dokončení druhého pracovního listu proběhla opět společná kontrola. Po kontrole jsem oba pracovní listy v rychlosti shrnula.

Po shrnutí byl realizován polostrukturovaný rozhovor s focus group. Respondentů jsem se dotazovala:

- Jaký je váš názor na použité pracovní listy?
- Jak hodnotíte alternativní koncepci výuky?
- Jak hodnotíte použitý vizualizační prostředek?
- Kdybyste si měli vybrat mezi formou výuky frontální, tedy že bych tradičně přišla do hodiny a toto učivo jsme probírali klasicky s frontálním výkladem a zápisem do sešitu, nebo touto formou výuky, kdy je na vás práce s pracovními listy a stavebnicí/aplikací. Kterou formu byste si vybrali?

V následujících odstavcích podrobněji popíšu některé postřehy z jednotlivých intervencí, které byly získány na základě zúčastněného pozorování a polostrukturovaného rozhovoru s focus group.

Intervence 1

V první intervenci pracovali žáci s pracovními listy *Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků* a *Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků*. Skupina 1 pracovala dle plánu s molekulovou stavebnicí, zatímco skupina 2 pracovala s mobilní aplikací.

V první úloze prvního pracovního listu se po žácích požadovalo, aby si zapsali, co jsou to kyslíkaté deriváty uhlovodíků a jaké skupiny sloučenin mezi ně patří. Tato

úloha měla napomoci žákům v dalších částech pracovního listu, tedy napovědět, jaké sloučeniny by mohli vytvořit jako funkční (skupinové) izomery zadaných látek. V obou skupinách byl ale s touto úlohou mírný problém, proto jsem musela s vypsáním všech skupin kyslíkatých derivátů uhlovodíků žákům pomáhat. Při dalších úlohách již pracovali žáci v obou skupinách převážně samostatně. Další problém se objevil při vyplňování tabulky, kdy někteří žáci nevěděli, jaký je rozdíl mezi sumárním a racionálním vzorcem a jak takové vzorce vytvořit.

Největší problémy a úskalí v práci se ale vyskytovaly ve skupině 1, kde žáci pracovali s molekulovou stavebnicí. Problémy byly se sestavováním zadaných struktur a rozpoznáváním jaký dílek představuje atom prvku, který žáci potřebovali v zadané struktuře. Ve skupině 2 se problémy s ovládním aplikace též ve sporadických případech objevily, ale šlo sledovat, že si žáci rychleji našli cestu a snáze pochopili princip ovládní a fungování aplikace. Mnohdy jsem ani nestačila dojít k lavici na pomoc a žáci si už poradili v aplikaci sami.

V obou skupinách u pracovního listu ale převažovala jedna miskoncepce. Žáci často namísto funkčních (skupinových) izomerů tvořili izomery polohové. Tedy funkční skupiny pouze posunuli na řetězci o jeden uhlík, aniž by je pozměnili. Naopak se ve skupině 2 objevila žákyně, která u poslední úlohy prvního pracovního listu vytvořila více různých konstitučních skupinových izomerů butan-1-olu. Vytvořila i takové sloučeniny, které jsem prvotně neuvažovala jako možné řešení, ale poté co jsme spolu zkontrolovaly všechny jí vytvořené struktury (sečetly všechny atomy a porovnali struktury), jsme usoudily, že všechny sloučeniny vytvořila správně.

V druhém pracovním listu zaměřeném na tautomerii kyslíkatých derivátů se již první úloha zaměřila na praktickou práci s molekulovou stavebnicí/mobilní aplikací. Při vyplňování úloh se zde objevily některé problémy s pochopením zadání. Především v tabulce, kterou měli žáci vyplnit se často ptali, co to znamená „*umístění násobné vazby*“ a „*další prvek lišící se polohou*“. Podle četnosti dotazů by tedy bylo vhodné v těchto místech pracovní listy a formulaci zadání upravit či doplnit, případně předem ústně připomenou, co se tím myslí, aby to bylo srozumitelnější. Jako poslední problém se v tomto pracovním listě objevila procvičovací úloha C, kde někteří žáci nevěděli, co je acetaldehyd za sloučeninu systematicky.

Jak jsem již popsala dříve, po absolvování dvouhodinové výuky jsem s žáky vedla polostrukturovaný rozhovor o průběhu hodiny, pracovních listech a názoru žáků na takto pojatou výuku. Objevovalo se hned několik názorů. Jako první žáci upozorňovali, že jim v pracovním listě chyběla kolonka pro podpis, na kterou jsou obvykle v materiálech zvyklí. Někteří žáci se projevili, že pro ně byly pracovní listy problematické, jelikož si nepamatovali základní teorii, kterou již měli mít probranou z předcházejících vyučovacích hodin. Na konci jsem se žáků zeptala: „*Kdybyste si měli vybrat mezi formou výuky frontální, tedy že bych tradičně přišla do hodiny a toto učivo jsme probírali klasicky s frontálním výkladem a zápisem do sešitu, nebo touto formou výuky, kdy je na vás práce s pracovními listy a stavebnicí/aplikací. Kterou formu byste si vybrali?*“ Žáci měli hlasovat zvednutím ruky. Ve třídách se zvedla většina rukou pro alternativní koncepci výuky s využitím molekulových modelů. Žáci to komentovali tak, že uvítali být v hodinách aktivnější a že mohli v hodině více přemýšlet. Díky tomu jim i hodina rychle utekla. Uznali ale, že by pro ně bylo vhodné mít tuto formu jen výjimečně pro oživení výuky a ne každou hodinu. Ve výsledku totiž uznali tuto formu výuky pro ně náročnější, skrze využívání vyšších kognitivních funkcí, což by pro ně v dlouhodobějším měřítku bylo více vyčerpávající. Též je problematická časová náročnost, kdy jsme za hodinu stihli poměrně malé množství učiva na gymnaziální poměry, což by nebylo udržitelné pro veškerou výuku.

Intervence 2

V druhé dvouhodinové intervenci pracovali žáci s pracovními listy „*Optická aktivita – hydroxykyseliny*“ a „*Biochemie – konfigurace aminokyselin*“. Skupiny si v této fázi prohodily vizualizační prostředky. Skupina 1 tedy pracovala s mobilní aplikací a skupina 2 pracovala s molekulovou stavebnicí. Ve skupině 1 se objevila jedna žákyně, které i přes veškerou snahu aplikace v telefonu nefungovala, proto jí paní učitelka poskytla na tuto hodinu svůj mobil, na kterém již aplikace fungovala. Dodnes bohužel nevíme, proč aplikace v daném mobilu nefungovala.

První část prvního pracovního listu *Optická aktivita – hydroxykyseliny* se ukázala jako problematická, kvůli svému většímu zaměření na fyziku. V úloze 1 měli žáci vysvětlit, co je to světlo obecně a v úloze 2, co je to světlo polarizované. Ve třetí úloze pracovali s obrázkem, kde je znázorněn průchod světla polarizátorem, zde měli žáci

vyhodnotit, jak se světlo změní. Žáci ale často neznali odpověď na otázku 2 a proto ji přeskočili a řešili otázku 3. Proto bych otázky prohodila. Nejdříve by žáci na základě obrázku měli porovnat světlo polarizované a nepolarizované a až poté si shrnout definici polarizovaného světla v další otázce. Při společné kontrole se pak též objevila skutečnost, že někteří žáci si pro ulehčení našli definici na internetu. V takovém případě jsem s nimi ale diskutovala, jelikož definice byly často velice složité a neobjasňovaly význam. Například se objevily odpovědi typu: „*Polarizované světlo, je takové světlo, které se po průchodu polarizátorem změnilo ze světla nepolarizovaného na světlo polarizované.*“ Tato definice je samozřejmě ve skrze správná, ale žáci z ní nepochopí, jaký je opravdový rozdíl, mezi těmito druhy světla. Tedy nepochopí podstatu jevu. Porozumění jevu je ale v tomto případě nutné, jelikož blíže vysvětlí, jak se projeví, že látka stáčí rovinu polarizovaného světla a proč se využívá světlo polarizované a ne nepolarizované. Další úlohy tohoto pracovního listu již byly bez větších potíží. Žáci v obou třídách rychle pochopili, jak nalézt ve struktuře chirální centrum a pokud udělali v úloze chybu, velice snadno po krátkém navedení chybu našli a opravili.

Poslední pracovní list *Biochemie – konfigurace aminokyselin* na svém začátku navazoval na předešlý pracovní list. V tomto pracovním listu bych opět po absolvování výuky upravila pořadí úloh. V otázce 2 měli žáci vysvětlit, co určuje prioritu substituentů. Žáci pojem priorita v této souvislosti neznali, proto si s otázkou nevěděli rady a postupovali dál. V otázce 5 pak již v zadání měli sepsáno, co určuje prioritu substituentů a jak s ní pracovat. Ukázalo se tedy, že otázka 2 je v pracovním listu ve výsledku zbytečná a žáci se k ní museli zpětně vracet, což narušuje smysl pracovního listu, ve kterém by se mělo konstruovat poznatek postupně otázku po otázce. Proto bych otázku 2 smazala a poupravila původní otázku 5, ve kterém bych doplnila proč se určuje priorita a jak.

Učivo konfigurace aminokyselin je, co se týče prostorové představivosti, nejsložitější. Žáci měli v hodinách často tendence spěchat a nečíst poctivě zadání, což se v případě tohoto pracovního listu nevyplatilo. Ti, co pracovali pomalu a s rozmyslem, obvykle našli správné řešení úloh. Museli si ale dát dostatek času na pozorování struktur a popřemýšlení nad jevem.

Po absolvování této výuky jsem opět vedla s žáky polostrukturovaný rozhovor. Ve skupině 2 se objevovaly projevy, že práce s mobilní aplikací byla jednodušší. Obě skupiny se ale opět shodly, že je takto pojatá výuka více bavila.

Po intervencích a pozorování obou skupin je nutno podotknout jednu skutečnost. Tento pedagogický experiment je zasazen do běžných školních podmínek a žáci nejsou nijak vyselektováni na základě známek a zájmu o předmět. Proto se v obou třídách již v průběhu intervencí projevovaly značné rozdíly mezi žáky. Vedle žáků přirozeně zvědavých a aktivních se objevovali i žáci bez naprostého zájmu. Žáci, kteří měli, co se týče znalostí základů chemie velké mezery, a kteří neprojevovali zájem o vyšší pochopení učiva. Experiment tedy ukazuje reálné výsledky, kterých dosahují tradiční heterogenní třídy po takto pojaté výuce. Zároveň si paní učitelky nepřály, aby práce žáků byly známkované, což některé žáky značně zklamalo.

Veškeré vyplněné pracovní listy si žáci ponechali, aby si v případě zájmu mohli materiály kdykoliv prohlédnout a připomenou dané učivo.

6 Výsledky pedagogického experimentu

Tato kapitola prezentuje výsledky celého pedagogického experimentu. Postupně budou představeny výsledky pretestu, posttestu a retenčního testu, porovnán jejich vývoj v čase a v závislosti na použitém vizualizačním prostředku. Součástí je i vyhodnocení Dotazníku 2 po intervenci. Z hlediska etiky výzkumu byla respondentům slíbena naprostá anonymita, proto zde nebudu zmiňovat žádná jména a vybrané přiložené testy v přílohách budou mít zakrytou kolonku se jménem žáka. Vybrané vyplněné testy jsou součástí přílohy 14.

6.1 Vliv alternativní koncepce výuky izomerie na nárůst vědomostí respondentů

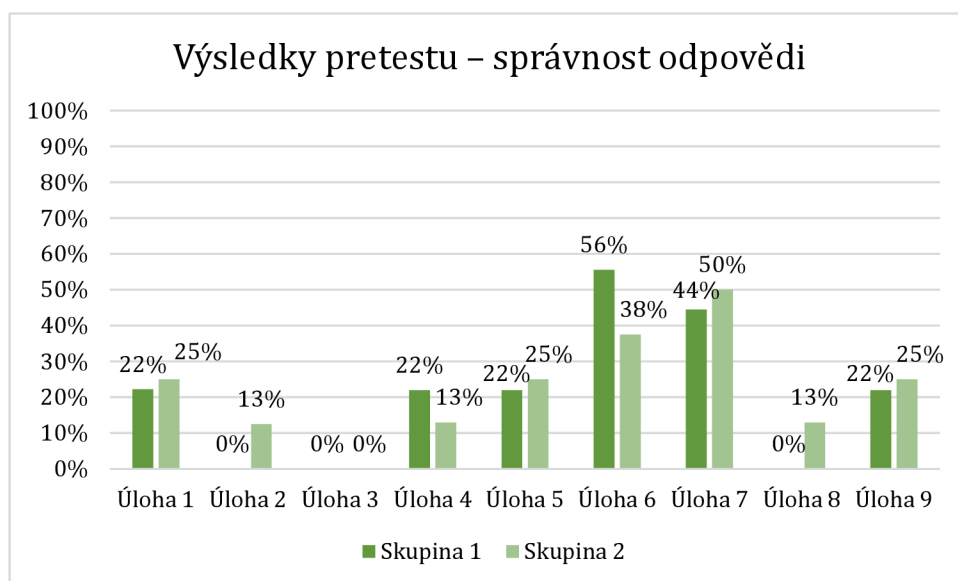
Nárůst znalostí respondentů v průběhu experimentu byl měřen didaktickým testem. V zadání didaktického testu měly úlohy dvě nebo tři úrovně – otevřené zadání úlohy vyžadující tvorbu odpovědi, požadavek na zdůvodnění odpovědi a požadavek na

vyjádření míry jistoty se správností odpovědi, proto výsledky respondentů v jednotlivých úlohách testů budou vyhodnocovány a představeny v tomto pořadí – správnost odpovědi, správnost zdůvodnění odpovědi a míra jistoty se správností odpovědi.

6.1.1 Výsledky pretestu

Pretest se v obou skupinách zadával před absolvováním navržených intervencí. Zároveň se ale vycházelo z faktu, že jsou žáci s daným učivem již seznámeni z předcházejících vyučovacích hodin, tudíž by pro ně pojmy v testech neměly být nové a didaktický test by měl ukázat úroveň jejich praktických dovedností.

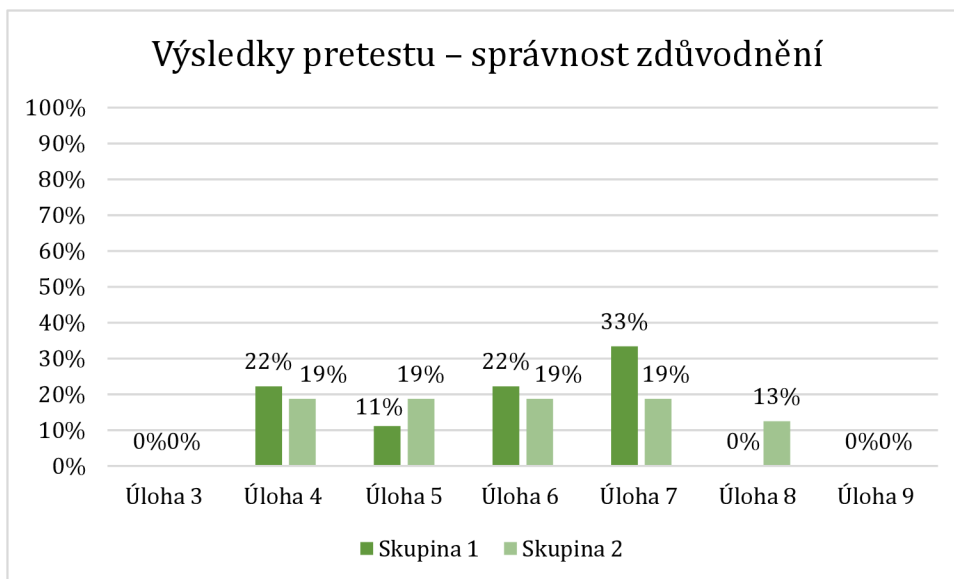
Graf na obrázku 14 ukazuje procentuální úspěšnost v úlohách testu obou skupin. Vyhodnocována byla správnost odpovědi v devíti úlohách. Didaktické testy jsem již představila a popsala v kapitole 4.2 *Metody a nástroje sběru dat*, podkapitola 4.2.1 *Didaktický test*. Ráda bych zde ale upozornila na jeden fakt, který dost určil výsledky všech testů. A to ten, že úlohy byly otevřené a žáci museli odpovídat svými slovy. Z toho důvodu byla selekce správných odpovědí mnohdy přísnější. Žáci totiž velice často zaměňovali pojmy, a tudíž výsledná definice, či vysvětlení nemohly být uznány jako správné, ačkoliv by při správném užití pojmů požadovaný princip vyjadřovaly. Objevovaly se záměny v pojmech jako prvek, molekula, sloučenina, atomy. Např.: „*Izomery jsou látky, které mají stejný počet molekul, ale mají jiný systematický vzorec a obsahují jiné funkční skupiny.*“ Další konkrétní případy budou uvedeny později.



Obrázek 14 – Výsledky pretestu – správnost odpovědi

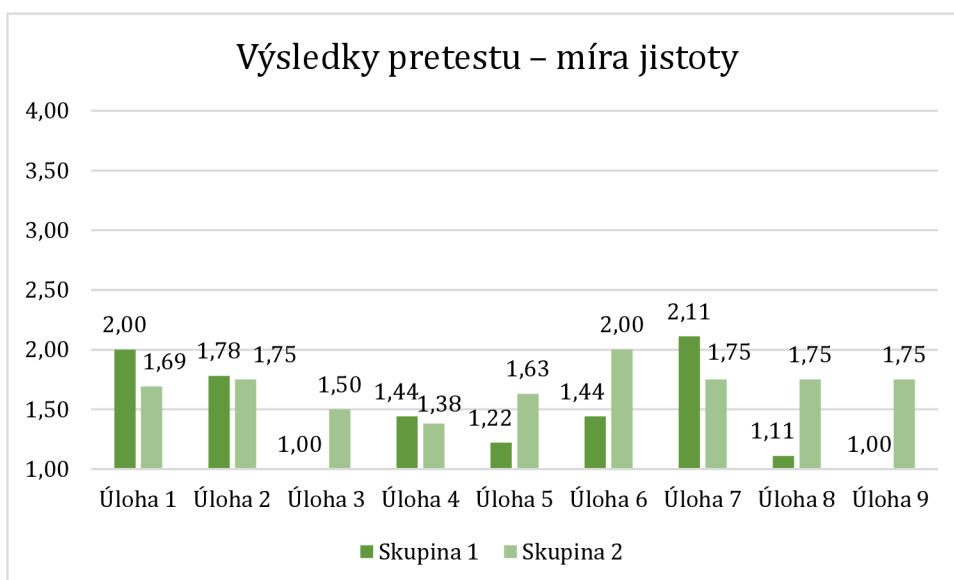
Zatímco například v úlohách 1, 3, 5 či 9 dosahují obě skupiny velice blízkých výsledků ve správnosti odpovědí, v úlohách 2, 6 a 8 se liší více. Ze součtu získaných bodů za správné řešení v jednotlivých úlohách, byl vypočítán průměr v obou skupinách. Maximálně mohli respondenti za správné řešení úloh získat **9** bodů. Ve skupině 1 dosahoval průměr bodů za pretest **1,56** bodu. Ve skupině 2 dosahoval průměr **2** bodů. Skupina 2 vykazovala mírně lepší úroveň vědomostí.

Graf na obrázku 15 ukazuje procentuální správnost slovního zdůvodnění u jednotlivých úloh. Procenta jsou v průměru dost nízká, vyřešení úlohy 3 a 9 nedokázal zdůvodnit ani jeden žák v obou skupinách. Nejvyšší procento (33 %) správného slovního zdůvodnění bylo v úloze 7 ve skupině 1. Za správné zdůvodnění odpovědí mohli respondenti získat v testu maximálně **7** bodů. Ve skupině 1 byl průměr správného zdůvodnění **1** bod. Ve skupině 2 to bylo **0,875** bodu. Průměr zisku bodů za správné zdůvodnění odpovědi je v obou skupinách velmi blízký, vyšší hodnotu ale na rozdíl od správnosti odpovědí dosáhla skupina 1.



Obrázek 15 – Výsledky pretestu – správnost zdůvodnění

Míra jistoty u všech odpovědí (ať už správných nebo špatných) byla přepočítána na body a byl vypočítán průměr v jednotlivých úlohách (body 1–4). Následující graf na obrázku 16 ukazuje průměrné míry jistoty řešených úloh v obou skupinách. Opět můžeme pozorovat, že zatímco například v úloze 2 či 4 jsou si míry jistoty ve skupinách velice blízké, v úloze 9 je rozdíl v míře jistoty větší.



Obrázek 16 – Výsledky pretestu – míra jistoty

Procentuální úspěšnost výsledků první úlohy v obou skupinách si je velmi blízká. V úloze nebylo nutné sepsat přesnou „učebnicovou“ definici izomerie, stačilo vyjádřit vlastními slovy její podstatu. Pokud například žáci napsali, že se jedná o jev, kdy dvě organické sloučeniny mají stejný sumární vzorec (počet atomů stejných prvků), ale liší se upořádáním těchto atomů, byla odpověď považována za správnou. Zdůvodnění odpovědi nebylo požadováno. Průměrná míra jistoty odpovědi v první úloze ve skupině 1 byla 2 body. Ve skupině 2 dosahovala míra jistoty v průměru 1,69 bodu. Tedy o něco nižší než ve skupině 1.

Procentuální úspěšnost v druhé úloze byla nižší, ve skupině 1 dokonce 0 %. Vypsání typů izomerie dokázalo pouze 13 % žáků ve skupině 2. Míra jistoty odpovědi v této úloze ve skupině 1 dosahovala 1,78 bodu. Ve skupině 2 byla míra jistoty 1,75 bodu.

Úlohu tři správně nevyřešil v obou skupinách ani jeden žáků. V převážné většině případů se žáci o vyřešení úlohy ani nepokusili. Ti, co zkusili úlohu vyřešit, velice často nevytvořili skupinové (funkční) izomery, ale polohové izomery. Tedy funkční skupinu pouze posunuli na uhlíkatém řetězci o jeden uhlík dál, aniž by se změnila funkční skupina. Ve třetí úloze již měli žáci i zdůvodnit svoji odpověď. Jelikož žádný žák nevyřešil praktickou úlohu správně, tak ji ani žádný žák slovně nezdůvodnil. Míra jistoty odpovědi ve skupině 1 byla 1 bod, což logicky odpovídá i celkové úspěšnosti této úlohy. Ve skupině 2 to bylo 1,5 bodu.

Úlohu čtyři řešilo správně 22 % žáků ve skupině 1 a 13 % žáků ve skupině 2. Ve obou skupinách bylo více žáků, kteří se pokusili o vyřešení úlohy, ale často jim unikly určité detaily, např. v ketoformě ponechali dvojnou vazbu na uhlíkatém řetězci, či si nespočítali uhlíky a vytvořili delší nebo kratší řetězec. Ve skupině 2 se objevil případ, kdy byl žák schopný zapsat slovní zdůvodnění odpovědi, ale praktickou úlohu měl špatně. Proto můžeme v grafu slovního zdůvodnění vidět vyšší procenta úspěšnosti, než v grafu správnosti odpovědi. Míra jistoty v této úloze byla u žáků 1. skupiny 1,44 bodu. Ve skupině 2 to bylo 1,38 bodu.

Úspěšnost v úloze pět byla o něco málo vyšší. Ve skupině 1 vyřešilo úlohu správně 22 % žáků, ve skupině 2 to bylo 25 % žáků. Tato úloha navazovala na úlohu 4, žáci měli ve vytvořených strukturách označit, která je v ketoformě, a která v enolformě. Ve skupině 2 si můžeme všimnout, že procento úspěšnosti v praktické úloze je o něco

vyšší než v úloze 4, ač spolu úlohy souvisí. Je to z toho důvodu, že se objevili žáci, kteří jak jsem zmiňovala dříve, udělali v praktické úloze 4 drobné chyby, např. vytvořili uhlíkatý řetězec delší nebo kratší než bylo v zadání. Na druhou stranu ale byli schopni v úloze 5 na strukturách zvýraznit, že pokud je ve struktuře skupina -OH, jde o enolformu. Naopak pokud je ve struktuře -C=O, jde o ketoformu. Na druhou stranu pokud se podíváme na graf slovního zdůvodnění odpovědi, nebylo pravidlem, že pokud by žáci správně vyřešili praktickou úlohu, tak by i správně odpověď zdůvodnili. Žáci mnohdy jen vytvořili požadovanou odpověď, ale svůj způsob řešení již nijak nezdůvodnili a zanechali kolonku prázdnou. Míra jistoty odpovědi ve skupině 1 byla 1,22 bodu. Ve skupině 2 dosahovala 1,63 bodu.

Úlohu šest správně řešilo 56 % ve skupině 1 a 38 % žáků ve skupině 2. Žáci měli určit, zda je sloučenina opticky aktivní či není. Svoji odpověď správně zdůvodnilo 22 % žáků ve skupině 1 a 19 % žáků ve skupině 2. Ve své podstatě mohli žáci svoji odpověď v praktické úloze tipnout, proto je možné, že žáci, kteří úlohu vyřešili správně, ale odpověď nezdůvodnili, měli pouze štěstí v tipu. Míra jistoty odpovědi ve skupině 1 byla 1,44 bodu. Ve skupině 2 to byly 2 body.

V úloze sedm procentuální úspěšnost ve skupině 1 dosahovala 44 % a ve skupině 2 50 %. Úspěšnost ve slovním zdůvodnění odpovědi je ale opět nižší, konkrétně ve třídě skupině 1 33 % a ve skupině 2 19 %. V tomto případě je opět možnost, že správná odpověď v praktické úloze byla jen pouze díky tipu. Míra jistoty ve skupině 1 byla 2,11 bodu. Ve skupině 2 byla 1,75 bodu.

V úloze osm měli žáci určit priority substituentů na zadané sloučenině. Tuto úlohu ve skupině 1 nevyřešil správně nikdo. Ve skupině 2 ji správně vyřešilo 13 % žáků. Úspěšnost ve slovním zdůvodnění odpovědi v tomto případě odpovídá úspěšnosti v řešení praktické úlohy. Míra jistoty ve skupině 1 byla 1,11 bodu. Ve skupině 2 dosahovala 1,75 bodu.

Poslední úlohu číslo devět správně řešilo 22 % ve skupině 1 a 25 % žáků ve skupině 2. V této úloze měli žáci určit, zda je zadaná sloučenina v konfiguraci L- nebo D-. Jelikož slovně svoji odpověď nezdůvodnil ani jeden žák, je možné že správné odpovědi v praktické úloze byly pouze opět na principu správného tipu. Míra jistoty ve skupině 1 byla 1 bod. Ve skupině 2 to bylo 1,75 bodu.

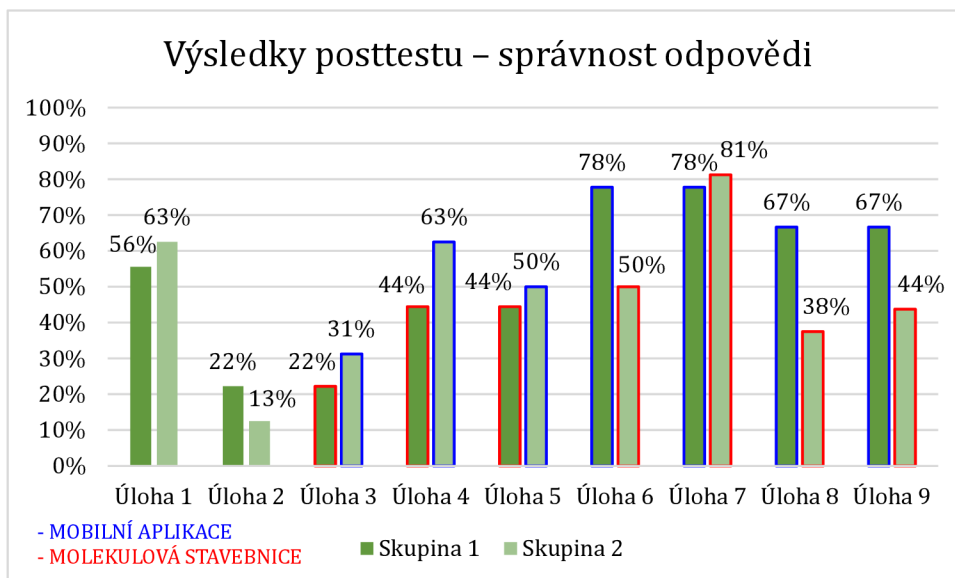
Pretest nám tedy ukazuje výchozí úroveň testovaných znalostí a dovedností, na základě které se po absolvování alternativní výuky izomerie s podporou navržených pracovních listů a molekulových modelů bude vyhodnocovat, zda dojde k navýšení vědomostí v této oblasti učiva či nikoliv. Výchozí úroveň vědomostí je v obou skupinách srovnatelná.

6.1.2 Výsledky posttestu

Tato kapitola prezentuje výsledky posttestu, který žáci obou skupin psali po absolvování výuky s navrženými pracovními listy a molekulovými modely. Ve výsledcích se porovnává, zda došlo k nárůstu správně řešených úloh a dále, zda lze ve výsledcích vysledovat vyšší rozdíly v závislosti na využitém vizualizačním prostředku při výuce. Výsledky v jednotlivých úlohách rozeberu dále podrobněji, včetně kvalitativní analýzy odpovědí respondentů i se zaměřením na nalezené miskoncepce, které z odpovědí respondentů vyplývají.

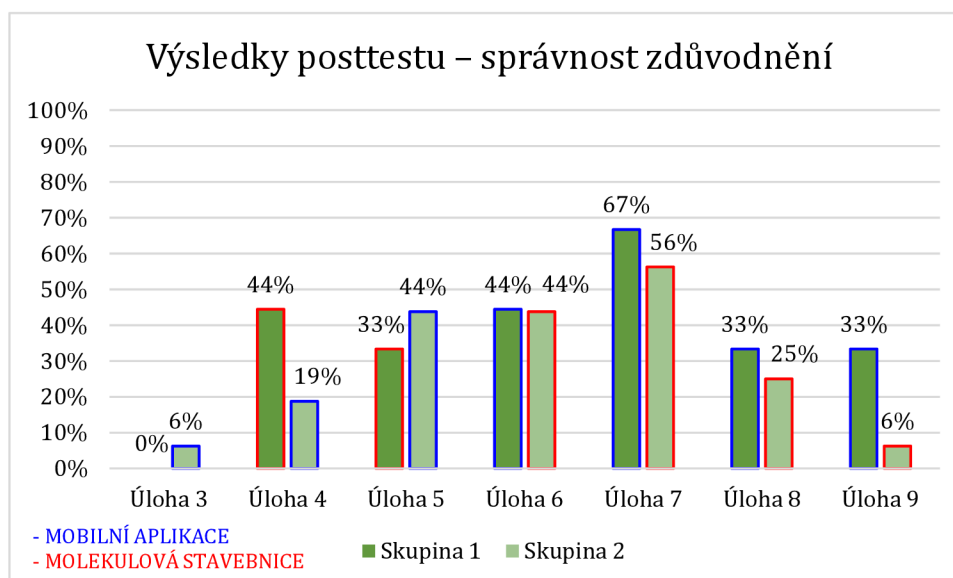
Pro přehled výsledků jsou opět přiloženy grafy. V grafu je nově barevně odlišován použitý vizualizační prostředek. Červené ohraničení sloupců znamená využití molekulové stavebnice skupinou při intervenci. Modré ohraničení sloupců znamená využití mobilní aplikace skupinou při intervenci. Jelikož úlohy jedna a dva jsou v podstatě učivem obou intervencí, nejsou barevně odlišeny.

Jak můžeme vidět na obrázku 17, v žádné ze skupin se v úlohách nedosáhlo 100% úspěšnosti. Nejvyšší procento úspěšnosti můžeme sledovat například v úlohách 6 a 7 u skupiny 1 a v úloze 7 u skupiny 2. Při výpočtu průměru bodového zisku za správné řešení úloh v posttestu získáváme ve skupině 1 průměrně **4,78** bodů. Ve skupině 2 je to průměrně **4,31** bodů. Výsledky jsou opět relativně blízké.



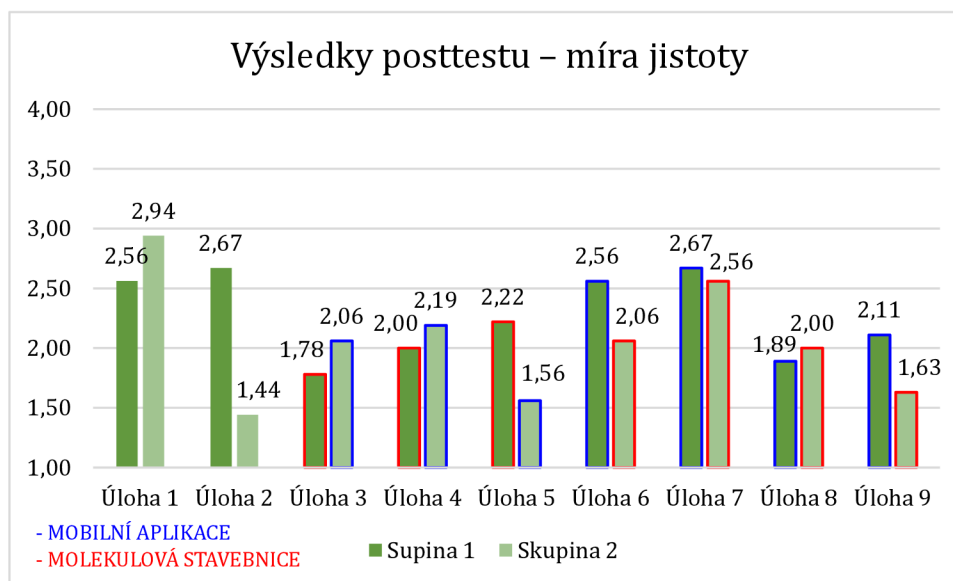
Obrázek 17 – Výsledky posttestu – správnost odpovědi

Graf na obrázku 18 ukazuje procentuální správnost ve slovním zdůvodnění odpovědi v jednotlivých úlohách. Nejnižší procento úspěšnosti můžeme vidět u úlohy 3. Naopak nejvyšších procent úspěšnosti ve slovním zdůvodnění dosahuje úloha 7. Za správné slovní zdůvodnění mohli respondenti v testu opět získat maximálně 7 bodů. V průměru získali respondenti skupiny 1 za správné zdůvodnění **2,56** bodů. Ve skupině 2 to byly v průměru **2** body.



Obrázek 18 – Výsledky posttestu – správnost zdůvodnění

Na obrázku 19 je graf míry jistoty v jednotlivých úlohách posttestu. Nejvyšší míru jistoty lze sledovat v úlohách 1, 6 a 7. Naopak nejnižší lze pozorovat ve skupině 2 u úloh 2, 5 a 9.



Obrázek 19 – Výsledky posttestu – míra jistoty

První úlohu správně řešilo 56 % žáků ve skupině 1 a 63 % žáků ve skupině 2. Opět se ale vyskytovaly případy odpovědí, které nemohly být uznány z důvodu záměny pojmů, které měli někteří žáci ukotveny v paměti. Například odpověď: „*Izomerie: máme dva prvky, které se shodují v počtu uhlíků a vodíků a v dalších věcech, ale mají třeba jiné funkční skupiny nebo počet vazeb.*“ Jak jsem uvedla dříve, po žácích se nevyžadovala přesná učebnicová definice a mohli se vyjádřit svými slovy, pokud výsledná odpověď dávala smysl. Zde respondent zaměnil pojem prvek a sloučenina, tudíž výsledná odpověď nedává smysl a je ve výsledku chybná. Takovýchto odpovědí se vyskytovalo více, např.: „*Ze stejného vzorce můžeme udělat i jiný prvek.*“ či „*Dva prvky, které mají stejný sumární vzorec, ale jiný strukturní.*“ Tuto skutečnost jsem později konzultovala s paními učitelkami a na konkrétní záměny pojmů je upozornila. Míra jistoty v obou skupinách u této úlohy mírně stoupla. Ve skupině 1 míra jistoty dosáhla 2,56 bodů. Ve skupině 2 to bylo 2,94 bodů.

V úloze dva měli žáci vyjmenovat typy izomerií. Jako správná odpověď se uvažovala taková, ve které žáci vyjmenovali všechny typy izomerií, které absolvovali v jednotlivých intervencích. Tuto úlohu správně vyřešilo pouze 22 % žáků ve skupině 1 a 13 % žáků ve skupině 2. Žáci byli ve většině případů schopni vyjmenovat

konstituční (funkční) skupinovou izomerii a tautomerii. Optickou izomerii ale ve většině případů nezapsali. Z toho důvodu je procento úspěšnosti v obou třídách poměrně nízké. Míra jistoty odpovědi ve skupině 1 byla 2,67 bodů. Ve skupině 2 byla míra jistoty o něco nižší a to 1,44 bodů.

Třetí úloha byla druhou nejhorší úlohou, co se týče procenta správných odpovědí. Ve skupině 1 to bylo 22 % správných odpovědí a ve skupině 2 to bylo 31 % správných odpovědí. Pokud se podíváme na slovní zdůvodnění odpovědí v této úloze, jsou i zde procenta velmi nízká. Ve skupině 1 nezdůvodnil odpověď nikdo. Ve skupině 2 vysvětlilo řešení pouze 6 % žáků. Pokud se podíváme na konkrétní řešení úloh, lze sledovat, že i po absolvování výuky převažovala miskoncepce, kterou jsem již popisovala v kapitole o průběhu intervencí. Žáci velice často nevytvořili skupinový izomer, ale polohový. Dalším opakujícím se jevem bylo, že žáci sice ve sktruktuře změnili funkční skupinu, ale nespočítali si počet atomů v obou strukturách, a tudíž nevytvořili izomer ale pouze úplně jinou sloučeninu. Posledním opakujícím se jevem špatného řešení bylo, že žáci nevytvořili skupinový izomer, ale tautomer. Tudíž zaměnili dva typy izomerií, které absolvovali v jedné intervenci ve dvou pracovních listech. Míra jistoty odpovědi v této úloze ve skupině 1 byla 1,78 bodu. Ve skupině 2 to bylo 2,06 bodu. Míra jistoty tedy mírně stoupla, ale ne nijak markantně, čemuž výsledně odpovídá i procento správného řešení úlohy.

Úlohu číslo čtyři správně řešilo již vyšší procento žáků. Ve skupině 1 to bylo 44 % správně řešících, ve skupině 2 to bylo 63 %. Většina žáků se pokusila o vyplnění úlohy, ale často opět vznikly chyby z nepozornosti. Žáci si nespočítali počet atomů ve sloučeninách, a tudíž jim nevznikaly tautomery, ale úplně jiné sloučeniny. Ve skupině 1 všichni, kteří správně řešili praktickou úlohu, byli schopni i slovně zdůvodnit svoji odpověď. Ve skupině 2 svoji odpověď zdůvodnilo jen 19 % žáků. Míra jistoty odpovědi ve skupině 1 stoupla na 2 body. Ve skupině 2 mírně stoupla na 2,19 bodů.

Pátou úlohu testu správně vyřešilo 44 % žáků skupiny 1 a 50 % žáků skupiny 2. Většina žáků se úlohu pokusila vyplnit, ale správné řešení bylo v tomto případě vázáno na správné řešení úlohy č. 5. Oproti pretestu ale zmizel jev, kdy by si některý z žáků dokázal poradit s úlohou č. 5, ale ne s úlohou č. 4. Svoji odpověď správně slovně zdůvodnilo 33 % žáků ve skupině 1 a 44 % žáků ve skupině 2. Nižší procento

je opět způsobeno tím, že žáci vysvětlení vynechali, protože považovali za dostačující, pokud jen ve strukturách vyznačili enol- a ketoformu. Míra jistoty v této úloze ve skupině 1 byla 2,22 bodů. Ve skupině 2 dosahovala 1,56 bodu. Průměrná míra jistoty tedy opět oproti pretestu stoupla.

Úlohu číslo šest správně řešilo 78 % žáků skupiny 1 a 50 % žáků skupiny 2. Svoji odpověď ale dokázalo správně zdůvodnit 44 % žáků v obou skupinách. Někteří žáci totiž odpověď zdůvodnili, ale nešlo zdůvodnění uznat. Žáci měli zapsat, zda je sloučenina opticky aktivní, či není. V některých zdůvodněních se objevovala odpověď typu: „*Ano je, protože stáčí rovinu polarizovaného světla.*“ Ano, opticky aktivní látky skutečně stáčí rovinu polarizovaného světla, ale toto zdůvodnění nevysvětluje, jak žák přišel na to, že sloučenina je opticky aktivní. Míra jistoty v této úloze byla 2,56 bodů. ve skupině 1 a 2,06 bodů ve skupině 2.

Sedmá úloha byla velice podobná úloze číslo šest. Žáci měli ve sloučenině vyznačit chirální centrum. Úlohu správně řešilo 78 % žáků skupiny 1 a 81 % žáků skupiny 2. O něco zde stoupla i procento správného slovního zdůvodnění odpovědi. Ve skupině 1 to bylo 67 % žáků a ve skupině 2 to bylo 56 % žáků. Procento úspěšnosti v praktické úloze je zde nejvyšší ze všech úloh. Žáci se i pokoušeli ve větší míře slovně zdůvodnit svoji odpověď. Některé chybné odpovědi se ale opakovaly, např.: „*Je navázána NH₂ skupina.*“ Někteří žáci si pravděpodobně udělali z intervencí závěr, že pokud je na sloučenině navázána aminoskupina, tak je na uhlíku poblíž ní chirální centrum. Jelikož pracovní list byl zaměřen na aminokyseliny, tak tomu tak skutečně ve všech případech sloučenin v pracovním listu bylo. Jako vysvětlení chirálního centra to ale není správně. Proto by bylo možná vhodné v pracovním listě zdůraznit, že na chirálním uhlíku jsou navázány čtyři různé substituenty a nemusí být přítomna aminoskupina. Co se týče míry jistoty žáků v této úloze, tak ve skupině 1 to bylo 2,67 bodů a ve skupině 2 v průměru 2,56 bodů.

Úloha osm navazovala na úlohu sedm. Pokud žáci správně určili chirální centrum v úloze sedm, měli v úloze osm určit priority substituentů na chirálním uhlíku. Ve skupině 1 úlohu správně řešilo 67 % žáků. Ve skupině 2 bylo procento úspěšnosti o něco nižší a to 37 % správných řešení. Slovní zdůvodnění dosahovalo ale opět nižších hodnot. Konkrétně ve skupině 1 to bylo 33 % a 25 % ve skupině 2. Častým jevem při slovním zdůvodněním bylo, že si žáci vzpomněli, že se priorita

substituentů určuje podle některé z hodnot v periodické soustavě prvků. Zaměnili ale protonové číslo za relativní atomovou hmotnost. Sice je to vedlo ke správnému určení priorit, ale jako vysvětlení je to chybné. Míra jistoty v této úloze ve skupině 1 byla 1,89 bodu a 2 body ve skupině 2.

Devátá a tedy poslední úloha navazovala na úlohy sedm a osm. Žáci měli po splněných předešlých úkolech určit, zda je aminokyselina v konfiguraci L- nebo D-. Úlohu ve skupině 1 vyřešilo 67 % žáků. Ve skupině 2 ji správně vyřešilo 44 % žáků. Když se ale opět podíváme na slovní zdůvodnění, procentuální úspěšnost je markantně nižší. Ve skupině 1 správně odpověď zdůvodnilo 33 % žáků, ve skupině 2 pouze 6 % žáků. Chybná zdůvodnění byla často z toho důvodu, že si žáci prohodili definici. Tedy tvrdili, že pokud je sloučenina v L- tak se otáčí doprava a pokud D- tak doleva. Tento fakt velmi ovlivnil výsledky slovního zdůvodnění. U žáků, kteří nesprávně řešili úlohy sedm a osm, a následně v úloze devět napsali správně konfiguraci, lze uvažovat opět o pouze správném tipu odpovědi. Míra jistoty v této úloze ve skupině 1 byla 2,11 bodu. Ve skupině 2 o něco nižší, konkrétně 1,63 bodu.

Celkové výsledky testů naznačují, že došlo k nárůstu vědomostí ve vybrané oblasti učiva izomerie. Nejhoršího výsledku bylo dosaženo u úlohy 3, týkající se konstituční funkční (skupinové) izomerie organických sloučenin. Zde vzniklo nejvíce nejasností a miskoncepcí. Proto je otázkou, zda je pro toto konkrétní téma pracovní list vhodně navržen. Konstituční izomerie se obvykle vyučuje souhrnně najednou (je takto zpracována i v různých učebních materiálech). Žáci se tak naučí, co je to konstituční izomerie obecně a poté rozlišují jednotlivé podtypy, tedy konstituční řetězovou izomerii, konstituční polohovou izomerii a konstituční funkční (skupinovou) izomerii. Možná by tedy bylo vhodné toto uskupení zachovat a pracovní list spojit dohromady a zaměřit spíše na rozlišování jednotlivých podtypů konstitučních izomerií, aby se zamezilo záměně pojmů. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u úlohy číslo sedm, ve které žáci označovali chirální centrum ve sloučenině.

Pokud se podíváme na barevně odlišené sloupce grafu podle využívaných vizualizačních prostředků ve skupinách, lze pozorovat, že o něco vyšších úspěchů dosahovaly v úlohách, které skupiny řešily s mobilní aplikací. Tyto rozdíly jsou nejvíce patrné pokud sledujeme úlohy 6, 8 a 9, které byly zaměřeny na učivo druhé intervence. Lepší výsledky s mobilní aplikací jsou ale patrné i v úlohách zaměřených

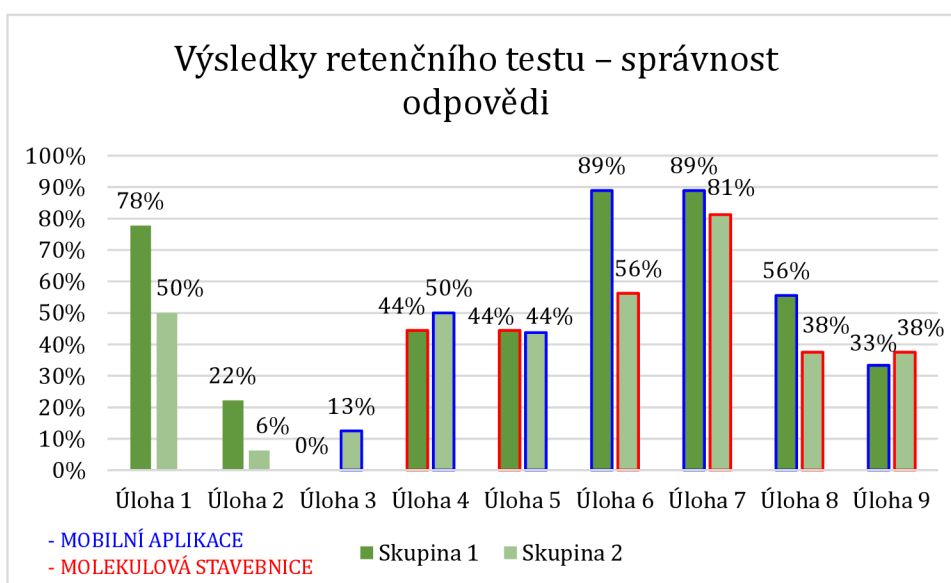
na učivo první intervence, např. úloha 4. Tento trend lze pozorovat i v procentuální úspěšnosti některých úloh se slovním zdůvodněním odpovědi.

6.1.3 Výsledky retenčního testu

Retenční test byl v obou skupinách napsán s odstupem dvou měsíců od posttestu. Retenční test slouží k vyhodnocení míry trvalosti dosažených vědomostí v dané oblasti učiva. Z důvodu přirozeného zapomínání vědomostí se předpokládá nižší úspěšnost než v posttestu. Vyšší úspěšnost než v pretestu značí trvalost nově vytvořeného poznatku. Retenční test byl zadán žákům neohlášeně, aby si předem nemohli učivo připomenout a doučit se z poskytnutých materiálů. Výsledky retenčního testu budou porovnávány s výsledky pretestu i posttestu.

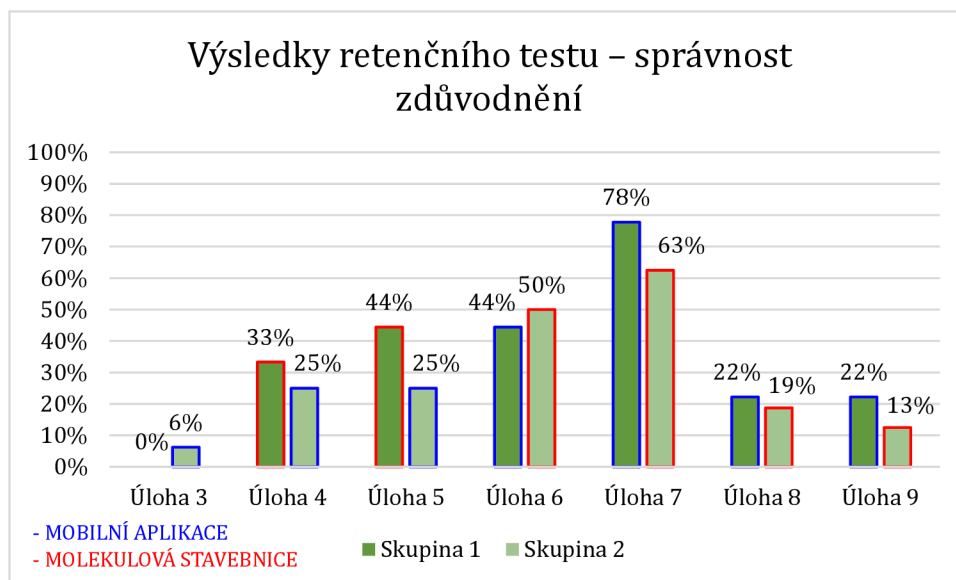
Pro přehled výsledků je opět přiložen graf, ve kterém jsou stejně jako u výsledku posttestů barevně odlišeny sloupce podle využitých vizualizačních prostředků v daných třídách. Na konci tedy opět zhodnotím, zda je míra uchovaných vědomostí nějak svázána s využitými vizualizačními prostředky.

Při celkovém pohledu na graf (viz Obrázek 20) lze sledovat, že nejhorších výsledků bylo dosaženo u úlohy 2 a 3. Nejlepší výsledky lze naopak pozorovat v úlohách 6 a 7 ve skupině 1 a v úloze 7 u skupiny 2. Průměrný zisk bodů v testu za správné odpovědi ve skupině 1 byl **4,56** bodů. Ve skupině 2 to bylo **3,75** bodů.



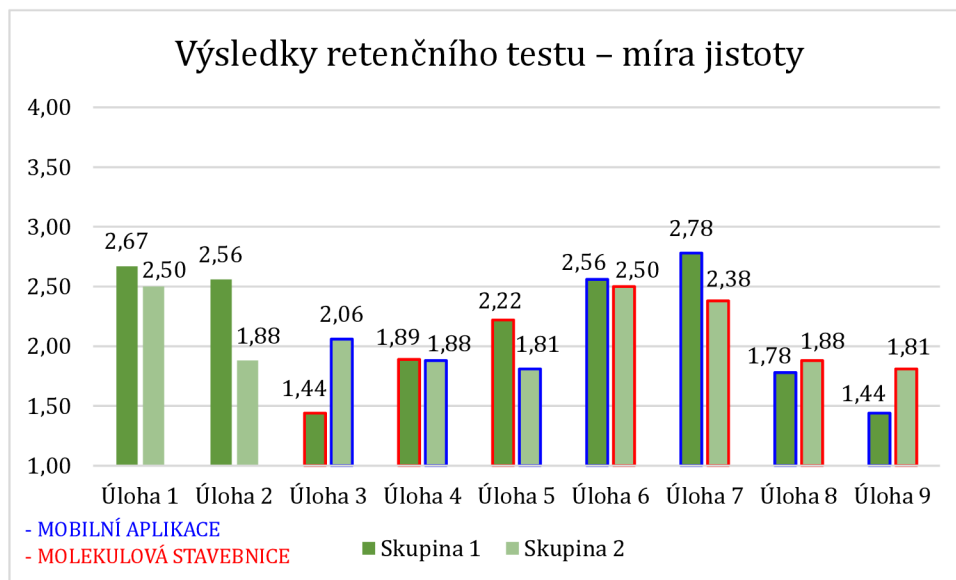
Obrázek 20 – Výsledky retenčního testu – správnost odpovědi

Graf na obrázku 21 ukazuje procentuální úspěšnost ve slovním zdůvodnění v jednotlivých úlohách. I zde došlo k nerovnoměrnému poklesu ve schopnosti slovně zdůvodnit odpověď. Nejmenší úspěšnost lze pozorovat v úloze 3. Naopak nejvíce správných řešení se objevilo v úloze 7 v obou skupinách. Průměrný počet bodů za správné zdůvodnění odpovědi ve skupině 1 byl **2,44** bodů. Ve skupině 2 o něco méně, konkrétně průměrně **2** body.



Obrázek 21 – Výsledky retenčního testu – správnost zdůvodnění

Na obrázku 22 lze vidět graf míry jistoty v jednotlivých úlohách retenčního testu. Nejvyšší míru jistoty si udržely úlohy 1 a 7. Nejnižší míra jistoty byla v úlohách 3 a 9 ve skupině 1.



Obrázek 22 – Výsledky retenčního testu – míra jistoty

První úlohu správně vyřešilo 78 % žáků skupiny 1 a 50 % žáků skupiny 2. Když ve skupině 1 porovnáme výsledky této úlohy v posttestu a retenčním testu, ukazuje se neočekávaný údaj. Procento správných řešení této úlohy o něco stoupl, ač žáci nebyli předem upozorněni na test a učivo si tak předem znovu nenastudovali. Přesný důvod tohoto výsledku neznáme, ale můžeme se domnívat. Jednou možnou teorií je známé pořekadlo: „*Chybami se člověk učí.*“, tedy že se někteří žáci mohli sami od sebe vrátit k prohlédnutí jim ponechaných pracovních listů po vyplnění posttestu, aby si zkontrolovali správné řešení, a tudíž jim pak mohlo zůstat více v paměti. Druhou teorií je možný vliv další výuky v daném období dvou měsíců. Žáci v běžných hodinách pokračovali v učivu organické chemie a k definici izomerie se mohli v některých tématech vracet. Výsledky druhé skupiny jsou opačné, zde procento správných odpovědí kleslo o 13 %. Míra jistoty odpovědi v této úloze ve skupině 1 o něco stoupla na 2,67 bodů. Ve skupině 2 o něco klesla a to na 2,50 bodu.

V úloze číslo dvě procento správných odpovědí skupině 2 opět kleslo a to na 6 %. Ve skupině 1 zůstal poměr stejný, konkrétně 22 %. Míra jistoty odpovědi byla ve skupině 1 o něco vyšší v porovnání se skupinou 2 a to 2,56 bodů. Ve skupině 2 byla míra jistoty 1,88 bodu.

V úloze tři došlo k největšímu propadu ve správných odpovědích. Ve skupině 1 úlohu nevyřešil nikdo, ve skupině 2 úlohu správně vyřešilo 13 % žáků. Opět se objevovaly případy, kdy žáci buď vytvořili polohový izomer, nebo sice vytvořili sloučeninu s jinou funkční skupinou, ale nezachovali stejný počet atomů ve sloučenině, tudíž vznikla úplně jiná sloučenina a ne konstituční funkční izomer. Pro ujasnění nemluvíme o odlišném počtu uhlíků, ale například zvýšili i počet kyslíků. Kleslo i procento správných slovních zdůvodnění odpovědi. Ve skupině 1 to bylo 0 % správného slovního zdůvodnění úlohy. Ve skupině 2 správně úlohu zdůvodnilo 6 % žáků. Míra jistoty v této úloze byla ve skupině 1 nižší, konkrétně 1,44 bodu. Ve skupině 2 byla míra jistoty 2,06 bodu (tedy stejná jako v posttestu).

Čtvrtou úlohu správně vyřešilo 44 % žáků ve skupině 1 a 50 % žáků ve skupině 2. Ve skupině 2 tedy došlo k mírnému propadu opět o 13 %. Ve skupině 1 zůstala procenta v porovnání s procenty posttestu stejná. Svoji odpověď dokázalo správně zdůvodnit ve skupině 1 33 % žáků a ve skupině 2 25 % žáků. Míra jistoty v této úloze ve skupině 1 byla 1,88 bodu, ve skupině 2 skoro stejně, konkrétně 1,89 bodu.

Úlohu číslo pět správně vyřešilo 44 % žáků skupiny 1 a stejně tak i 44 % žáků skupiny 2. Ve skupině 2 tedy opět došlo k mírnému propadu, ve skupině 1 zůstala procenta stejná. Svoji odpověď správně zdůvodnilo 44% žáků skupiny 1 a 25 % žáků skupiny 2. Míra jistoty odpovědi v této úloze u žáků skupiny 1 byla 2,22 bodů. U žáků skupiny 2 to bylo 1,81 bodu.

Šestou úlohu vyřešilo správně 89 % žáků skupiny 1 a 56 % žáků skupiny 2. V tomto případě se opět objevily nečekané výsledky, konkrétně mírný nárůst správných odpovědí. Přesný důvod opět neznáme, ale teorie by mohly být stejné jako jsem uváděla v jednom z dřívějších odstavců. Svoji odpověď správně zdůvodnilo 44 % žáků ve skupině 1 a 50 % ve skupině 2. Míra jistoty ve skupině 1 byla 2,56 bodů. Ve skupině 2 dosahovala 2,50 bodu.

Úlohu číslo sedm správně vyřešilo 89 % žáků ve skupině 1 a 81 % ve skupině 2. Svoje řešení správně zdůvodnilo 78 % žáků ve skupině 1 a 63 % žáků ve skupině 2. Míra jistoty v této úloze ve skupině 1 byla 2,78 bodů a ve skupině 2 byla 2,38 bodů

U úlohy osm došlo v obou skupinách k poklesu procent správných řešení. Ve skupině 1 to bylo 56 % správných řešení, ve skupině 2 38 % správných řešení. Procenta správných slovních zdůvodnění byla ještě nižší, ve skupině 1 22 % a ve skupině 2 19 %. Míra jistoty v této úloze též o něco klesla v obou skupinách a to na 1,78 bodu ve skupině 1 a 1,88 bodu ve skupině 2.

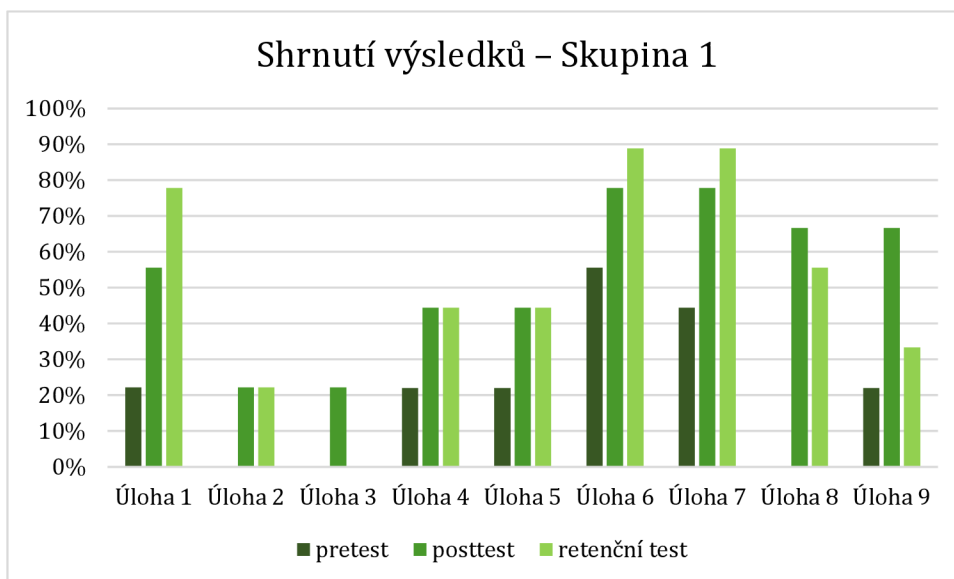
V úloze devět se vyskytlo nečekaně více odlišností. Opět zde došlo k vyššímu úbytku správných odpovědí. Ve skupině 1 úlohu správně vyřešilo 33 % žáků a ve skupině 2 38 % žáků. Svoji odpověď ale dokázalo správně zdůvodnit jen 22 % žáků ve skupině 1 a 13 % ve skupině 2. Odlišnosti v řešeních nastaly právě ve slovním zdůvodnění. Někteří žáci totiž začali určování konfigurace popisovat jinak. Pravděpodobně u nich došlo k pomíchání informací z intervencí a běžných hodin. Někteří se totiž snažili popsat určení konfigurace tak, jak tomu byli učeni u sacharidů pod vedením paní učitelky. Tedy, že se snažili aminokyselinu zapsat do Fisherovy projekce a poté určovali, zda je aminoskupina vpravo či vlevo. Učivo se jim tedy smísilo dohromady a nevedlo to poté ke správným řešením. Míra jistoty odpovědi byla v této úloze 1,44 bodu ve skupině 1 a 1,81 bodu ve skupině 2.

Pokud i zde porovnáme výsledky v závislosti na využitých vizualizačních prostředcích, opět se objevuje trend, že o něco lepších výsledků ve více úlohách dosahovali žáci, kteří v hodinách pracovali s mobilní aplikací. Lze tedy usuzovat, že zvolené vizualizační prostředky měly odlišný vliv na uchování vědomostí.

6.1.4 Shrnutí a porovnání výsledků didaktických testů

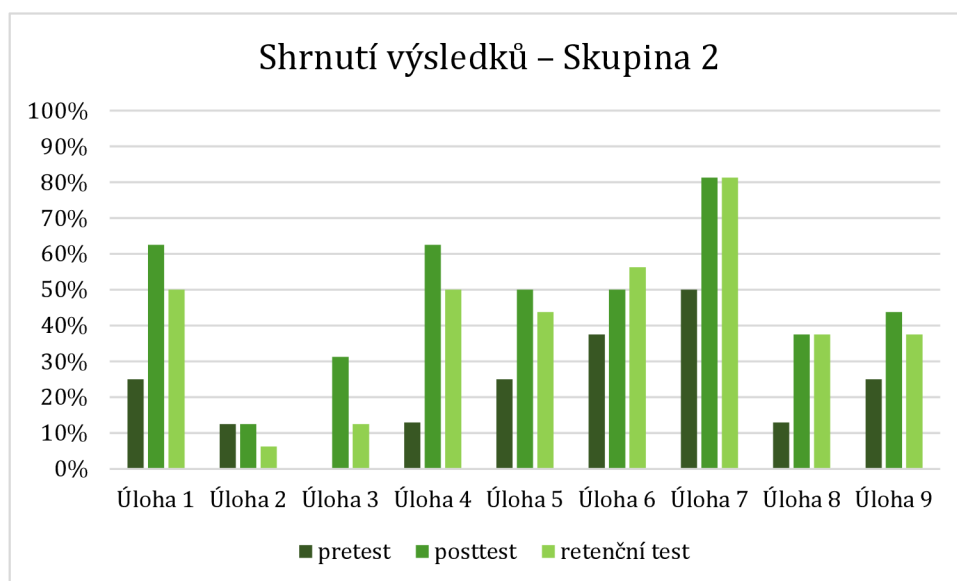
Výsledky celého pedagogického experimentu ukazují, že alternativní koncepce výuky izomerie organických sloučenin vedla k jistému nárůstu vědomostí u testovaných skupin žáků. Některé pracovní listy byly ale efektivnější než jiné. K největšímu nárůstu správnosti odpovědí došlo v didaktických testech u úloh 6 a 7 zaměřených na učivo třetího pracovního listu *Optická aktivita – hydroxykyseliny*. Čtvrtý pracovní list *Biochemie – konfigurace aminokyselin*, testovaný v úlohách 8 a 9, měl také pozitivní efekt, ale došlo zde po uplynutí delší doby k většímu propadu vědomostí. O něco horších výsledků dosahovaly úlohy 4 a 5 zaměřené na učivo pracovního listu *Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků*. Nejhůře pak dopadla úloha 3 zaměřená na učivo pracovního listu *Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků*. Zde vzniklo nejvíce miskonceptů a došlo k největšímu propadu vědomostí.

Následující graf na obrázku číslo 23 porovnává výsledky správných řešení úloh v jednotlivých testech u skupiny 1. Lze pozorovat, že v posttestu došlo k nárůstu správných řešení ve všech úlohách oproti pretestu. V retenčním testu došlo k nepředpokládanému nárůstu správných řešení v úlohách 1, 6 a 7. Teorie vzniku tohoto jevu, jsem již uváděla výše. V ostatních úlohách buď zůstala správnost řešení na stejné úrovni, nebo klesla. V úloze 3 ale došlo k propadu vědomostí na úroveň pretestu.



Obrázek 23 – Shrnutí výsledků – Skupina 1

Graf na obrázku 24 zobrazuje porovnání výsledků správných řešení v jednotlivých testech ve skupině 2. Oproti skupině 1 zde nedošlo k častějšímu jevu, kdy by v retenčním testu vědomosti narostly, jev lze pozorovat pouze v úloze 6. Na tento jev mohou mít vliv odlišní vyučující a tím i jiný běh výuky mezi posttestem a retenčním testem. V posttestu lze sledovat nárůst vědomostí ve všech úlohách mimo úlohu 2. V této úloze došlo v retenčním testu i k největšímu propadu vědomostí až pod úroveň pretestu. V úloze 3, ve které ve skupině 1 došlo k propadu na úroveň pretestu (v tomto případě na nulu), byl u této skupiny mezi posttestem a retenčním testem zaznamenán také velký propad, konkrétně z 31 % na 13 %. V ostatních úlohách retenčního testu pak došlo buď k uchování vědomostí na stejné úrovni, nebo k jejich mírnému propadu, ale ne pod úroveň pretestu.



Obrázek 24 – Shrnutí výsledků – Skupina 2

Při celkovém pohledu respondenti dosahovali nejnižší úspěšnosti v řešení úlohy 2 a 3. Úloha číslo 2 nebyla praktická, ale vyžadovala vyjmenování si jednotlivých typů izomerií a jejich vypsání. Neúspěšnost v této úloze ukazuje na nízké zapamatování pojmů i na jejich nízkou trvalost. V úloze 3 naopak vzniklo mnoho miskoncepcí, viz. podkapitola 6.1.2 *Výsledky posttestu*, které se prolínaly všemi didaktickými testy v řešení této úlohy.

Nejlepších výsledků se dostává v úlohách 6 a 7 zaměřených na určení chirálního centra ve sloučenině. Velké procento žáků si tuto dovednost osvojilo a též ve vysoké míře uchovalo do retenčního testu. V tomto případě tedy pracovní listy a práce s vizualizačními prostředky bez ohledu na jejich typ mohly výrazně podpořit osvojení poznatků.

Žáci mnohdy dělali až zbytečné chyby z nepozornosti. Často se objevovalo, že si nespočítali počet atomů ve sloučeninách, a tudíž netvořili izomery, ale zcela jiné sloučeniny. Jak již bylo zmiňováno dříve, častým jevem byla i záměna pojmů, které nešlo v testech přehlížet. Jako žáci vyššího stupně gymnázia by již měli mít přehled v těchto pojmech a správně je užívat. Těmito chybami mohly být výsledky zkresleny, učivo sice žáci pochopili, ale z důvodu dřívějšího neosvojení základních pojmů to snižuje bodový zisk v testech.

Při souhrnném pohledu lze říci, že až na zmiňované úlohy 2 a 3 se znalosti žáků nesnížily pod úroveň pretestu. Jak bylo řečeno dříve, již před intervencí měli mít žáci povědomí o daném učivu a měli ho probrané z běžných hodin, proto lze z výsledků usuzovat, že po intervencích došlo u některých žáků k posílení vědomostí a jejich dlouhodobému uchování.

Tabulka číslo 3 shrnuje průměrné hodnoty získaných bodů v jednotlivých testech v obou skupinách. Průměrné bodové zisky jsou poměrně nízké, je to pravděpodobně způsobeno velkým rozdílem mezi žáky, kdy někteří dosahovali v testech i plného počtu bodů, jiní naopak nezískali jediný bod. Z porovnání hodnot je vidět nárůst správnosti odpovědí mezi pretestem a posttestem u skupiny 1 o **3,22** bodu a u skupiny 2 o **2,31** bodu a pokles mezi posttestem a retenčním testem u skupiny 1 o **0,22** bodu a u skupiny 2 o **0,56** bodu. Z porovnání těchto hodnot je vidět, že u skupiny 1 došlo k vyššímu nárůstu správnosti odpovědí v posttestu a zároveň k menšímu propadu správnosti odpovědí v retenčním testu. Ve správnosti slovního zdůvodnění lze opět pozorovat nízké průměry zisku bodů. Při porovnání hodnot lze vidět nárůst správnosti zdůvodnění mezi pretestem a posttestem u skupiny 1 o **1,56** bodu a u skupiny 2 o **1,13** bodu. Pokles mezi posttestem a retenčním testem u skupiny 1 je o **0,12** bodu. U skupiny 2 k poklesu nedošlo. V tabulce je porovnána i průměrná míra jistoty v jednotlivých testech. Ve skupině 1 stoupla v posttestu míra jistoty oproti pretestu o **0,81** bodu a ve skupině 2 o **0,36** bodu. V retenčním testu míra jistoty ve skupině 1 klesla o **0,12** bodu oproti posttestu. Ve skupině 2 naopak nepatrně stoupla o **0,03** bodu.

Tabulka 3 – Porovnání průměrných bodových zisků v testech

	Skupina 1	Skupina 2
<i>Průměr získaných bodů v testech za správné odpovědi (max. 9b):</i>		
pretest	1,56	2
posttest	4,78	4,31
rozdíl bodů pre/post	+ 3,22	+ 2,31
retenční test	4,56	3,75
rozdíl bodů post/ret	- 0,22	- 0,56
<i>Průměr získaných bodů v testech za správné zdůvodnění odpovědi (max. 7b):</i>		
pretest	1	0,875
posttest	2,56	2
rozdíl bodů pre/post	+ 1,56	+ 1,13
retenční test	2,44	2
rozdíl bodů post/ret	- 0,12	0
<i>Průměrná míra jistoty v testech:</i>		
pretest	1,46	1,69
posttest	2,27	2,05
rozdíl bodů pre/post	+ 0,81	+ 0,36
retenční test	2,15	2,08
rozdíl bodů post/ret	- 0,12	+0,03

Míra jistoty v odpovědích se sice oproti pretestu v obou třídách mírně zvedla, v žádné z úloh se ale průměr nezdvihl nad 3b. Míra jistoty je velmi subjektivní údaj a záleží na sebevědomí žáků. Při výsledném porovnání byla nejnižší jistota v úloze tři ve všech provedených testech (čemuž odpovídají i výsledky správnosti odpovědi a správnosti zdůvodnění). Naopak nejvyšší jistota se objevovala ve všech testech v obou skupinách u úlohy 7 (opět to odpovídá výsledkům správnosti odpovědi a správnosti zdůvodnění).

V tabulkách 4 a 5 lze sledovat porovnání průměrných bodových zisků v testech ve správnosti odpovědi v závislosti na využitém vizualizačním prostředku v intervencích. Výsledky v tabulkách ukazují, že na základě porovnání rozdílů průměrných bodových zisků z odpovídajících úloh ve skupinách byl vyšší nárůst mezi pretestem a posttestem identifikován vždy v případě využití mobilní aplikace. Naopak menší propad mezi posttestem a retenčním testem byl v případě využití molekulové stavebnice. Z těchto výsledků můžeme usuzovat na to, že mobilní aplikace více přispívá k osvojení poznatků, jejich vyšší trvalosti ale může být

posílena prací s molekulovou stavebnicí. Vhodnou alternativní výukou by pravděpodobně mohlo být kombinování vizualizačních prostředků.

Tabulka 4 – Porovnání průměrných bodových zisků v úlohách 3–5 (1. intervence)

	Skupina 1 (molekulová stavebnice)	Skupina 2 (mobilní aplikace)
pretest	0,44	0,375
posttest	1,11	1,44
rozdíl pre/post	+ 0,67	+ 1,065
retenční test	0,88	1,06
rozdíl post/ret	- 0,23	-0,38

Tabulka 5 – Porovnání průměrných bodových zisků v úlohách 6–9 (2. intervence)

	Skupina 1 (mobilní aplikace)	Skupina 2 (molekulová stavebnice)
pretest	1,22	1,25
posttest	2,88	2,13
rozdíl pre/post	+ 1,66	+ 0,88
retenční test	2,66	2,13
rozdíl post/ret	- 0,22	0

6.2 Preference a názory respondentů na použité vizualizační prostředky

Součástí posttestu byl i Dotazník 2, který jsem představila v kapitole 4.2 *Metody a nástroje sběru dat*, podkapitola 4.2.2 *Dotazníky*. Až na první otázku byly dotazy koncipované jako položky s otevřenou odpovědí, proto nelze data shrnout do tabulky ani grafu, tudíž výsledky shrnu pouze slovně a představím některé konkrétní odpovědi žáků. Pro otázku 1 je vytvořena tabulka, která je slovně zhodnocena. Dotazník 2 ukazuje na preference a názor respondentů na zvolené vizualizační prostředky.

Vyhodnocení odpovědi na otázku 1 (viz Tabulka 6): „Při zpětném pohledu na absolvované hodiny, byla pro tebe lepší práce s molekulovou stavebnicí nebo aplikací?“

Tabulka 6 – Výsledek dotazníku 2 – otázka 1

	molekulové stavebnice	mobilní aplikace	neutrální názor
Skupina 1 (N=9)	5	4	0
Skupina 2 (N=16)	5	9	2

Ve skupině 2 si molekulovou stavebnicí vybralo pět žáků z celkových šestnácti. Devět žáků se přiklonilo k mobilní aplikaci. V této třídě si tedy mobilní aplikace získala vyšší oblibu než molekulová stavebnice. Dva žáci se výběru zdrželi a napsali, že nevědí, co si vybrat. Ve skupině 1 se k molekulové stavebnicí přiklonilo pět žáků z celkových devíti. K mobilní aplikaci pak zbylí čtyři žáci. Zde jsou tedy výsledky dost blízké, ale o jeden bod si více polepšila molekulová stavebnice.

Vyhodnocení odpovědí na otázku 2: „Uved' výhody a nevýhody práce s molekulovou stavebnicí.“

Jako výhody molekulových stavebnic nejčastěji žáci uváděli, že si molekulu více představili v prostoru a mohli ji pozorovat ve fyzické podobě. Objevil se názor, že si žák při zpětném pohledu více pamatuje na práci se stavebnicí než s mobilní aplikací. Jeden žák též uvedl, že práci s molekulovou stavebnicí vnímá jako zábavnější. Jako nevýhody se opakovaly odpovědi typu: „méně přehledná, moc s ní ve škole nepracujeme, tak to neznáme“, „člověk musí vědět, co je co a jak se tvoří dvojná vazba, pomalé“, „byla pomalá, musel jsem si pamatovat jaký prvek má jako barvu, rozpadala se“, „snáze udělám chybu, není tak přehledná“. V tomto případě se tedy potvrdilo to, co bylo rozebíráno v teoretické části, tedy že žáci musí získat s prací se stavebnicí jistou zkušenost a zapamatovat si, jak jsou jednotlivé atomy ve stavebnici rozlišeny a jak se mezi sebou propojují. Dalšími uváděnými nevýhodami bylo že žáci nemají stavebnici po ruce a pokud by ji chtěli, museli by si ji koupit. Jako úsměvné uvedu opakující se odpovědi žáků: „stavebnice je moc zastaralá a smrdí stářím“. I tato odpověď může ve své podstatě některé žáky ovlivnit, co se týče vztahu k samotné práci se stavebnicemi v hodinách. Někteří žáci mohou na výuku pohlížet jako na atraktivní pokud je „nová a moderní“ a může to zvyšovat jejich zájem o vzdělávání.

Vyhodnocení odpovědí na otázku 3: „Uved' výhody a nevýhody práce s mobilní aplikací.“

Mezi výhody uváděli žáci jednodušší ovládání, rychlejší stavbu struktur. Žáci oceňovali, že i přesto že šlo o mobilní aplikaci tak si mohli struktury prohlédnout ve 3D. Jako další výhody uváděli žáci: „je bezplatná, má mnoho funkcí“, „jednodušší skladba, lépe se to dá představit, práci, kterou jsme museli udělat při skládání, udělá appka za nás“, „vždy u sebe“, „lze ji využít kdykoliv a kdekoliv“. Jako nevýhody práce s mobilní aplikací žáci uváděli: „nelze molekulu vzít do ruky, existuje jen ve virtuální verzi“, „není to fyzické, učení jen pohledem“, „zabírá místo v telefonu“. Někteří žáci uvedli, že se v mobilní verzi molekul hůře orientovali a nebyla pro ně tak přehledná, jako fyzický molekulový model sestavený z molekulové stavebnice. Jedna žákyně pak uvedla jako nevýhodu, že jí aplikace nefungovala. Tuto skutečnost jsme museli řešit už v průběhu intervence a žákyni poskytnout jiný mobil. Dosud se ale nepřišlo na to, proč pouze jí aplikace nefungovala.

Vyhodnocení dobrovolně poskytnutých komentářů ve čtvrté položce Dotazníku 2:

Poslední kolonka dotazníku byla věnována případným dobrovolným komentářům žáků. Jen málo žáků se rozhodlo do této kolonky něco napsat. Objevily se komentáře typu: „*Hodiny byly velice zábavné.*“, „*Super hodiny, zase něco jiného.*“, „*Moc nemám rád chemii, spíš nesnáším, ale s tou aplikací to šlo.*“

6.3 Limitující faktory provedení pedagogického experimentu

Tato práce má některé limity, které si jako autorka uvědomuji. Za prvé je to celkově nízký počet respondentů, jejichž data bylo možné zařadit do zpracování výsledků a jejich rozdílný počet ve skupinách. Experiment probíhal v běžných školních podmínkách v období zimy až brzkého jara, kdy byla ve škole poměrně vysoká nemocnost žáků a bylo prakticky nemožné zajistit, aby se všech fází experimentu zúčastnili všichni žáci. Cílem bylo provést pedagogický experiment ve dvou skupinách s křížením faktorů a zároveň zachovat integritu školních tříd, tudíž nebylo možné počty respondentů nějakým způsobem ovlivnit. Zároveň s vysokými gymnaziálními nároky na dynamiku výuky a množství probíraného učiva, nebylo

možné s časovým plánem pedagogického experimentu příliš manipulovat, nebo získat další vyučovací hodiny navíc.

Druhým limitem práce jsou respondenti, kteří o chemii nejeví zájem. Pedagogický experiment byl proveden v podmínkách heterogenní třídy, tudíž se zde vyskytovali i žáci, kteří nejen že neměli příliš velké znalosti z učiva chemie, ale nejevili ani zájem učivo pochopit. I tak se ale sledoval jejich přístup v hodinách a názor na takto pojatou výuku. Tedy zda u nich nedošlo k vyšší aktivitě a zájmu, i přesto, že je pro ně chemie a priori nezajímavá.

Třetím limitem bylo, že každou třídu vede jiná paní učitelka. Ač byly obě paní učitelky ochotné a pedagogického experimentu se účastnily, každá vede svoji výuku jinak a třídy tak byly zvyklé jinak pracovat. To mohlo ovlivnit výsledky retenčního testu.

Závěr

Cílem diplomové práce *Výuka izomerie organických sloučenin s podporou molekulových modelů na střední škole*, bylo představit alternativní koncepci výuky zaměřenou na výuku izomerie organických sloučenin na středních školách za využití molekulových modelů a ověřit její efektivitu ve školní praxi.

V teoretické části jsou představeny molekulové modely ve výuce chemie, jejich rozdělení a význam. Je zde představen pojem vizuální gramotnost a její úrovně podle obtížnosti. Dále je popsána konkrétní problematika vizuální gramotnosti ve vědě a jsou představeny některé studie, které se zabývají využitím molekulových modelů v hodinách chemie. V další části jsou rozlišeny fyzické molekulové modely a digitální modely, které lze ve školních podmínkách využívat a jsou uvedeny jejich rozdíly. Druhá kapitola teoretické části je zaměřena na alternativní koncepci výuky izomerie organických sloučenin. Je zde představena podstata aktivizačních metod a vše je opřeno o tzv. kužel učení. Tato kapitola též obsahuje popsané pracovní listy, které byly vytvořeny v bakalářské práci a některé aspekty jejich vzniku a využití.

Praktická část je zaměřena na pedagogický experiment, který byl navržen pro ověření efektivity takto pojaté výuky. V první kapitole jsou představeny cíle práce. Druhou kapitolu tvoří design pedagogického experimentu popisující obsah a technické zabezpečení testovaných intervencí a metody a nástroje sběru dat. V další kapitole je popsána realizace pedagogického experimentu. Poslední část je věnovaná výsledkům pedagogického experimentu. Realizace praktické části cílila na čtyři výzkumné otázky:

1. Jaký efekt na nárůst a trvalost vědomostí má alternativní koncepce výuky?

Výsledky ukazují, že po absolvování alternativní koncepce výuky došlo k nárůstu vědomostí ve vybrané oblasti učiva izomerie v obou skupinách a v obou intervencích. Jako nejefektivnější se ukázala výuka chiralit sloučenin, nejmenší efektivitu pak lze pozorovat u výuky konstituční funkční izomerie.

2. Mají na pochopení učiva vliv zvolené vizualizační prostředky (molekulové stavebnice vs. mobilní aplikace)?

V tomto případě výsledky práce ukázaly, že o něco vyšších přírůstků dosahovaly skupiny v intervencích, ve kterých byla výuka podpořena mobilní aplikací. Na druhou stranu nižší poklesy bodových zisků v retenčních testech byly identifikovány v případě podpory výuky molekulovou stavebnicí.

3. Jaké preference vizualizačního prostředku mají testovaní žáci?

Na základě výsledků dotazníku preferencí a na základě rozhovoru s focus group nelze jednoznačně určit preferovaný vizualizační prostředek testovaných žáků, protože ve skupině 1 nebyly preference nijak výrazně nakloněny pouze k jednomu z vizualizačních prostředků, výsledky jsou si v Dotazníku 2 blízké. Ve skupině 2 více žáků preferovalo využití mobilních aplikací, na druhou stranu se ale dva žáci zdrželi hlasování z důvodu nerozhodnosti.

4. Jaká jsou žáky vnímaná pozitiva a negativa použitých vizualizačních prostředků (molekulové stavebnice vs. mobilní aplikace)?

Jako pozitiva molekulové stavebnice vnímali žáci například její fyzickou podobu a že si ji mohou sami osahat a natáčet jak potřebují, jako negativa vnímali žáci problematiku stavby struktur a vysoké nároky na znalost některých specifíků práce s molekulovou stavebnicí. Jako pozitiva mobilní aplikace vnímali žáci jednodušší práci s ní či možnost mít aplikaci kdykoliv po ruce. Jako negativa pak vnímali absenci fyzické podoby sestavovaných struktur.

Výsledky této diplomové práce korespondují s výsledky některých odborných prací uváděných v teoretické části. Ve studii Ferk et al. (2003) byl pozorován jev, kdy žáci středních škol dosahovali lepších výsledků, pokud v hodině pracovali s digitálními modely. Tento fenomén lze pozorovat i ve výsledcích této práce v jednotlivých grafech výsledků didaktických testů. Projevil se i závěr studie Sadykov a Čtrnáctová (2019), tedy že si žáci rychleji osvojili práci s informačními a komunikačními technologiemi, než práci s klasickými molekulovými modely. Toto potvrzovali i na základě sebepojetí někteří žáci v Dotazníku 2.

Z průběžných výsledků ale vyplynulo, že výuka konstituční funkční (skupinové) izomerie v jedné intervenci s výukou tautomerie vedla u některých žáků ke zmatení a záměně pojmů. Stejně tak i vyplynula potřeba vyučovat konstituční izomerii jako

celek a porovnávat její typy najednou mezi sebou, aby žáci lépe pochopili podstatu tohoto jevu. V učivu chiralitě pak vyplynula potřeba výuky tohoto učiva na různých skupinách látek naráz, aby nevznikla vazba na konkrétní substituent. Určování chiralitě zadané sloučeniny v úloze 7 se ale ukázalo z hlediska všech testů jako nejméně úspěšná co se týče aplikace získaných dovedností.

Seznam obrázků

- Obrázek 1 – Kužel učení (přeloženo z Brissel et al., 2013)
- Obrázek 2 – Molymod (Molymod®, 2023)
- Obrázek 3 – Molekulové modely I. (bazarymesec, 2022)
- Obrázek 4 – Design pedagogického experimentu (autorská práce)
- Obrázek 5 – Aplikace KingDraw Chemical Structure Editor (KingDraw HD, 2022)
- Obrázek 6 – Úloha 1 a 2 didaktického testu (autorská práce)
- Obrázek 7 – Úloha 3 didaktického testu (autorská práce)
- Obrázek 8 – Úlohy 4 a 5 didaktického testu (autorská práce)
- Obrázek 9 – Úlohy 6 a 7 didaktického testu (autorská práce)
- Obrázek 10 – Úlohy 8 a 9 didaktického testu (autorská práce)
- Obrázek 11 – Průběh realizace pedagogického experimentu (autorská práce)
- Obrázek 12 – Výsledky dotazníku 1 – Skupina 1 (N=9)
- Obrázek 13 – Výsledky dotazníku 1 – Skupina 2 (N=16)
- Obrázek 14 – Výsledky pretestu – správnost odpovědi
- Obrázek 15 – Výsledky pretestu – správnost zdůvodnění
- Obrázek 16 – Výsledky pretestu – míra jistoty
- Obrázek 17 – Výsledky posttestu – správnost odpovědi
- Obrázek 18 – Výsledky posttestu – správnost zdůvodnění
- Obrázek 19 – Výsledky posttestu – míra jistoty
- Obrázek 20 – Výsledky retenčního testu – správnost odpovědi
- Obrázek 21 – Výsledky retenčního testu – správnost zdůvodnění
- Obrázek 22 – Výsledky retenčního testu – míra jistoty
- Obrázek 23 – Shrnutí výsledků – Skupina 1
- Obrázek 24 – Shrnutí výsledků – Skupina 2

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Dotazník 1

Tabulka 2 – Dotazník 2

Tabulka 3 – Porovnání průměrných bodových zisků v testech

Tabulka 4 – Porovnání průměrných bodových zisků v úlohách 3–5 (1. intervence)

Tabulka 5 – Porovnání průměrných bodových zisků v úlohách 6–9 (2. intervence)

Tabulka 6 – Výsledek dotazníku 2 – otázka 1

Seznam použité literatury

BAZARYMESEC. Molekulové modely stavebnice 1. Rok 1977 učební pomůcka Československo. In: *Aukro.cz* [online]. 2022-02-04 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://aukro.cz/molekulove-modely-stavebnice-1-rok-1977-ucebni-pomucka-ceskoslovensko-7004622895>

BRISSEL, L.; MOREL, L. a DUPONT, L. Contribution to setting up a sustainable learning in an eco-neighborhood development plan based on "Serious game." *2013 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE) & IEEE International Technology Management Conference* [online]. IEEE, 2013, s. 1-14 [cit. 2024-06-28]. ISBN 978-1-4673-7383-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ITMC.2013.7352607>

CIBULKA, R.; VÁLEK, J. a SLÁDEK, P. Digitalizace pro všechny předměty? *A. Konopásková. Využívání digitální gramotnosti učitelů ve výuce – Odborná konference sítě TTnet ČR*. 1. vyd. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, 2019, s. 16-22. ISBN 978-80-7481-201-9.

COPOLO, C. E. a HOUNSHELL, P. B. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. *Journal of Science Education and Technology* [online]. 1995, 4, s. 295–305 [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF02211261>

DALE, E. *Audio-visual methods in teaching*. Vydání 3. Michiganská univerzita: Dryden Press, 1946, 546s. ISBN 0039100545.

FATEMAH, A.; RASOOL, S. a HABIB, U. Interactive 3D Visualization of Chemical Structure Diagrams Embedded in Text to Aid Spatial Learning Process of Students. *Journal of Chemical Education* [online]. 2020, 97(4), s. 992-1000 [cit. 2024-02-20]. ISSN 0021-9584. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00690>

FERK, V.; VRTACNIK M.; BLEJEC, A. a GRIL, A. Students' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education* [online]. 2003, 25(10), s. 1227-1245 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/0950069022000038231>

FERK, V.; VRTAČNIK, M.; GILBERT, J. K. a PEKLAJ, C. In-service and pre-service teachers' opinion on the use of models in teaching chemistry. *Acta Chimica Slovenica* [online]. 2006, 53(3), s. 381-390. [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/287162980> In-service and pre-service teachers' opinion on the use of models in teaching chemistry

HARRISON, A. G. a TREAGUST, D. F. Modelling in Science Lessons: Are There Better Ways to Learn With Models? *School Science and Mathematics* [online]. 2010, 98, s. 420-429 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17434.x>

CHRÁSKA, M. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. Vydání 2. Praha: Grada, 2016, 256 s. ISBN 978-80-247-5326-3.

JANÍKOVÁ, M. a VLČKOVÁ, K. *Výzkum výuky – tematické oblasti, výzkumné přístupy a metody*. 1. vyd. Brno: Paido, 2009, 179s. Pedagogický výzkum v teorii a praxi, sv. 13. ISBN 978-80-7315-180-5.

KingDraw HD. *GooglePlay.com* [online]. ©2022 [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kingagroot.kingdrawhd&hl=en_US

KLÁSEK, A. *Organická chemie: bakalářský směr*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 112s. ISBN 80-7318-483-4.

KOŠEK, O.; VYSKOČIL, J. a JODAS B. Reálná molekulární vizualizace v hodinách fyziky a chemie na základních a středních školách. *Chemické Listy* [online]. 2014, 108(9), s. 897-902 [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/472>

KOZMA, R. B. a RUSSELL, J. Students Becoming Chemists: Developing Representationl Competence. *Visualization in Science Education* [online]. 2005, 1, s. 121-145 [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8

KRIČFALUŠI, D.; PRÁŠILOVÁ, J. a TRČKOVÁ, K. Konstituční izomerie (využití tyčinkových modelů při výuce řetězové izomerie alkanů). *J. Slavík, J. Stará, K. Uličná,*

a P. Najvar, et al., *Didaktické kazuistiky v oborech školního vzdělávání*. Brno: Masarykova univerzita. 2017, s. 233-242.

MAŇÁK, J. *Aktivizující výukové metody*. In: Metodický portál: Články [online]. 23. 11. 2011 [cit. 2024-02-12]. Dostupný z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/14483/AKTIVIZUJICI-VYUKOVE-METODY.html>

MENSOVÁ, Kateřina. *Aplikace principu názornosti při výuce izomerie na střední škole*. Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Katedra chemie. Vedoucí práce RNDr. Veronika MACHKOVÁ, Ph.D.

MESSARIS, P. Visual Aspects of Media Literacy. *Journal of Communication* [online]. 1998, 48(1), s. 70-80 [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1998.tb02738.x>

MIU*, B. Teaching The Concept Of Isomerism In Organic Chemistry In High School Education. In E. Soare, & C. Langa (Eds.), *Education Facing Contemporary World Issues. European Proceedings of Social and Behavioural Sciences, Future Academy* [online]. 2019, 67, s. 363-373 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.15405/epsbs.2019.08.03.43>

Molymod®. *Molymod.com* [online]. ©2023 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://molymod.com/sets/>

MYŠKA, K.; KOLÁŘ, K. a MAREK, M. *Vzorce, modely a počítačová grafika ve výuce chemie*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2006, 75 str. ISBN 80-7041-979-2.

RAHORSCH, P. a FROLÍK, F. Pedagogický konstruktivismus a možnosti jeho aplikace ve výuce geografie. *Geografické rozhledy* [online]. 2021, 30(2), s. 34-37 [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/348575147 Pedagogicky konstruktivismus a moznosti jeho aplikace ve vyuce geografie](https://www.researchgate.net/publication/348575147_Pedagogicky_konstruktivismus_a_moznosti_jeho_aplikace_ve_vyuce_geografie)

SADYKOV, T. a ČTRNÁCTOVÁ, H. Application interactive methods and technologies of teaching chemistry. *Chemistry Teacher International* [online]. 2019, 1(2), s. 20180031 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0031>

SIEGLOVÁ, D. *Konec školní nudy: didaktické metody pro 21. století*. První vydání. Praha: Grada, 2019, 336 s. ISBN 978-80-271-2254-7.

SKŘEHOT, P. A.; MAREK, J.; KOŽMÍN, P. a SKŘEHOTOVÁ, M. Nová právní úprava pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými směsmi. *Chemické Listy* [online]. 2016, 110(7), s. 517-523 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/185>

ŠVAŘÍČEK, R. a ŠEĎOVÁ, K. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2007. 384 s. ISBN 978-80-7367-313-0.

TEPLÁ, M.; DISTLER, P. a ŠMEJKAL, P. Přehled a využití mobilních aplikací ve výuce chemie. *Chemické Listy* [online]. 2021a, 115(12), s. 679-684 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3971>

TEPLÁ, M.; TEPLÝ, P.; DISTLER, P. a ŠMEJKAL, P. Vzdělávací 3D modely Corinth a jejich využití ve výuce chemie a ostatních přírodovědných předmětech. *Chemické Listy* [online]. 2021b, 115(7), s. 383-386 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3881>

URHAHNE, D.; NICK, S. a SCHANZE, S. The Effect of Three-Dimensional Simulations on the Understanding of Chemical Structures and Their Properties. *Research in Science Education* [online]. 2009, 39(4), s. 495-513 [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9091-z>

ZORMANOVÁ, L. *Výukové metody v pedagogice: tradiční a inovativní metody, transmisivní a konstruktivistické pojetí výuky, klasifikace výukových metod*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012, 155 s. ISBN 978-80-247-4100-0.

Přílohy

Příloha 1 – 1. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí.	80
Příloha 2 – 1. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.....	82
Příloha 3 – Autorské řešení 1. pracovního listu.....	84
Příloha 4 – 2. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí	86
Příloha 5 – 2. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.....	88
Příloha 6 – Autorské řešení 2. pracovního listu.....	90
Příloha 7 – 3. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí	92
Příloha 8 – 3. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.....	95
Příloha 9 – Autorské řešení 3. pracovního listu.....	98
Příloha 10 – 4. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí.....	101
Příloha 11 – 4. Pracovní list – práce s mobilní aplikací	104
Příloha 12 – Autorské řešení 4. pracovního listu	107
Příloha 13 – Pretest + posttest + retenční test.....	110
Příloha 14 – Vybrané vyplněné testy	112

1. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí.

Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků.

1. Než začneš pracovat s molekulovou stavebnicí, zapiš, co jsou kyslíkaté deriváty. Jaké sloučeniny mezi ně patří? Jaké jsou jejich funkční skupiny?

2. Sestav si strukturu ethanolu a strukturu dimethyletheru. Struktury porovnej:

	ethanol	dimethylether
počet uhlíků		
počet vodíků		
počet kyslíků		
sumární vzorec		
racionální vzorec		
typ řetězce		
funkční skupina		

3. Tomuto jevu se v organické chemii říká **izomerie**. Zde jde konkrétně o **konstituční skupinovou (nebo také funkční) izomerii**. Na základě porovnání struktur v tabulce napiš definici této izomerie:

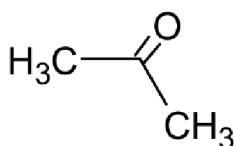
Definice:

Zapamatuj si:

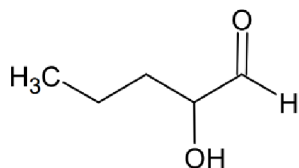
Tomuto jevu se v organické chemii říká konstituční skupinová (nebo také funkční) izomerie. Sloučeniny mají stejné atomové složení (sumární vzorec), ale liší se funkční skupinou.¹

Procvičování:

A. Z molekulové stavebnice si sestav následující sloučeninu. Pojmenuj sloučeninu a vytvoř její skupinový konstituční izomer přesunutím funkční skupiny na stavebnici na krajní uhlík, zakresli jeho strukturu a pojmenuj ho.



B. Sestav si z molekulové stavebnice strukturu následující sloučeniny. Poté přesuň části molekuly tak, abys vytvořil/a konstituční skupinový izomer této sloučeniny. Zakresli jeho strukturu. Jak pojmenuješ obě sloučeniny? Jaké jsou jejich funkční skupiny? Pozor na správné určení, co je funkční skupina a co pouze substituent!



C. Vytvoř si z molekulové stavebnice strukturu 1-butanalu. Vytvoř jeho konstituční polohový izomer. Zakresli jeho strukturu. Jak ho pojmenuješ?

1. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.

Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků.

1. Než začneš pracovat s mobilní aplikací, zapiš, co jsou kyslíkaté deriváty. Jaké sloučeniny mezi ně patří? Jaké jsou jejich funkční skupiny?

2. V aplikaci si sestav strukturu ethanolu a strukturu dimethyletheru (struktury si vytvoř na jednom listu vedle sebe a převed' do 3D). Struktury porovnej:

	ethanol	dimethylether
počet uhlíků		
počet vodíků		
počet kyslíků		
sumární vzorec		
racionální vzorec		
typ řetězce		
funkční skupina		

3. Tomuto jevu se v organické chemii říká **izomerie**. Zde jde konkrétně o **konstituční skupinovou (nebo také funkční) izomerii**. Na základě porovnání struktur v tabulce napiš definici této izomerie:

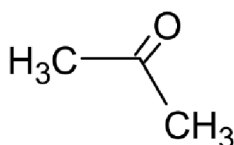
Definice:

Zapamatuj si:

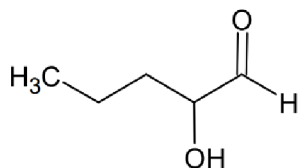
Tomuto jevu se v organické chemii říká konstituční skupinová (nebo také funkční) izomerie. Sloučeniny mají stejné atomové složení (sumární vzorec), ale liší se funkční skupinou.¹

Procvičování:

A. V aplikaci si sestav následující sloučeninu. Pojmenuj sloučeninu a vytvoř její skupinový konstituční izomer přesunutím funkční skupiny na stavebnici na krajní uhlík, zakresli jeho strukturu a pojmenuj ho.



B. Sestav si v aplikaci strukturu následující sloučeniny. Poté přesuň části molekuly tak, abys vytvořil/a konstituční skupinový izomer této sloučeniny. Zakresli jeho strukturu. Jak pojmenuješ obě sloučeniny? Jaké jsou jejich funkční skupiny? Pozor na správné určení, co je funkční skupina a co pouze substituent!



C. Vytvoř si v aplikaci strukturu 1-butanalu. Vytvoř jeho konstituční skupinový izomer. Zakresli jeho strukturu. Jak ho pojmenuješ?

Autorské řešení 1. pracovního listu (molekulová stavebnice + mobilní aplikace).

Konstituční funkční (skupinové) izomery kyslíkatých derivátů uhlovodíků.

1. Než začneš pracovat s molekulovou stavebnicí/mobilní aplikací, zapiš, co jsou kyslíkaté deriváty. Jaké sloučeniny mezi ně patří? Jaké jsou jejich funkční skupiny?

2. Sestav si strukturu ethanolu a strukturu dimethyletheru. Struktury porovnej:

	ethanol	dimethylether
počet uhlíků	2	2
počet vodíků	6	6
počet kyslíků	1	1
sumární vzorec	C ₂ H ₆ O	C ₂ H ₆ O
racionální vzorec	CH ₃ CH ₂ OH	CH ₃ OCH ₃
typ řetězce	acyklický	acyklický
funkční skupina	hydroxylová	etherová

3. Tomuto jevu se v organické chemii říká **izomerie**. Zde jde konkrétně o **konstituční skupinovou (nebo také funkční) izomerii**. Na základě porovnání struktur v tabulce napiš definici této izomerie:

Definice:

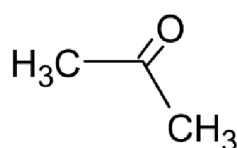
Konstituční skupinové izomery mají stejné atomové složení, ale liší se typem funkční skupiny.

Zapamatuj si:

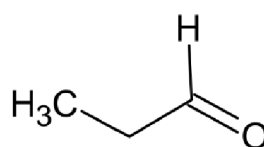
Tomuto jevu se v organické chemii říká konstituční skupinová (nebo také funkční) izomerie. Sloučeniny mají stejné atomové složení (sumární vzorec), ale liší se funkční skupinou.¹

Procvičování:

A. Z molekulové stavebnice si sestav následující sloučeninu. Pojmenuj sloučeninu a vytvoř její skupinový konstituční izomer přesunutím funkční skupiny na stavebnici na krajní uhlík, zakresli jeho strukturu a pojmenuj ho.

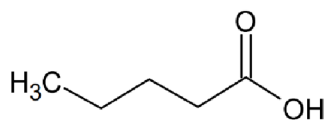


aceton

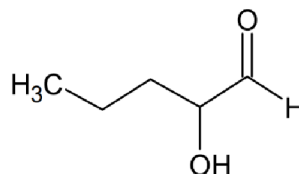


propanal

B. Sestav si z molekulové stavebnice strukturu následující sloučeniny. Poté přesuň části molekuly tak, abys vytvořil/a konstituční skupinový izomer této sloučeniny. Zakresli jeho strukturu. Jak pojmenuješ obě sloučeniny? Jaké jsou jejich funkční skupiny? Pozor na správné určení, co je funkční skupina a co pouze substituent!

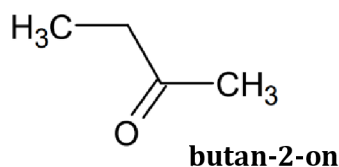
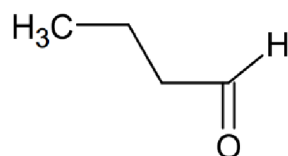


**kyselin pentanová -
karboxylová skupina**



**2-hydroxypentanal
- aldehydická
skupina**

C. Vytvoř si z molekulové stavebnice strukturu 1-butanalu. Vytvoř jeho konstituční polohový izomer. Zakresli jeho strukturu. Jak ho pojmenuješ?



butan-2-on

2. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí.

Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků.

1. Sestav si strukturu 1-propen-2-olu a propanonu. Poté zakresli jejich struktury.

2. Struktury porovnej:

	1. struktura	2. struktura
počet uhlíků		
počet vodíků		
počet kyslíků		
sumární vzorec		
systematický název		
umístění násobné vazby		
další prvek lišící se polohou		
funkční skupina derivátu		

Zapamatuj si:

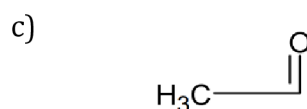
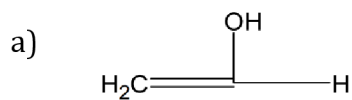
Tomuto typu izomerie se v organické chemii říká **tautomerie**. Stejně jako ve všech ostatních typech izomerie se různé sloučeniny v něčem shodují a v něčem liší. Zapiš podle srovnávací tabulky definici této izomerie.¹

Definice:

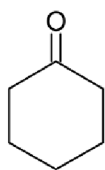
3. V případě, že je v tautomeru hydroxylová skupina, označuje se tento tautomer jako enol forma. Pokud je v tautomeru ketoskupina, mluvíme o keto formě tautomeru. Urči, která ze sloučenin z úkol 1 je enol forma a která keto forma.

Procvičování:

A. K následujícím sloučeninám přiřaď, zda jsou v **keto** nebo **enol** formě.



B. Z molekulové stavebnice si sestav následující strukturu sloučeniny, přesuň části molekuly tak, aby vznikl její tautomer. Zakresli jeho strukturu.



C. Napiš vzorce a systematické názvy keto-enol tautomerů acetaldehydu:

keto forma →

enol forma →

2. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.

Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků.

1. Sestav si strukturu 1-propen-2-olu a propanonu (prohlédni si je ve 3D). Poté zakresli jejich struktury.

2. Struktury porovnej:

	1. struktura	2. struktura
počet uhlíků		
počet vodíků		
počet kyslíků		
sumární vzorec		
systematický název		
umístění násobné vazby		
další prvek lišící se polohou		
funkční skupina derivátu		

Zapamatuj si:

Tomuto typu izomerie se v organické chemii říká **tautomerie**. Stejně jako ve všech ostatních typech izomerie se různé sloučeniny v něčem shodují a v něčem liší.

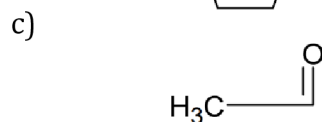
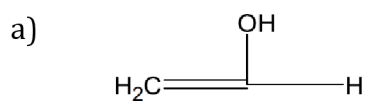
Zapiš podle srovnávací tabulky definici této izomerie.¹

Definice:

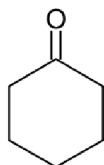
3. V případě, že je v tautomeru hydroxylová skupina, označuje se tento tautomer jako enol forma. Pokud je v tautomeru ketoskupina, mluvíme o keto formě tautomeru. Urči, která ze sloučenin z úkol 1 je enol forma a která keto forma.

Procvičování:

A. K následujícím sloučeninám přiřiš, zda jsou v **keto** nebo **enol** formě.



B. V aplikaci si sestav následující strukturu sloučeniny, přesuň části molekuly tak, aby vznikl její tautomer. Zakresli jeho strukturu.



C. Napiš vzorce a systematické názvy keto-enol tautomerů acetaldehydu:

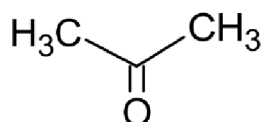
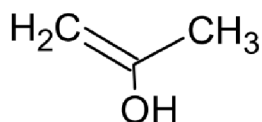
keto forma →

enol forma →

Autorské řešení 2. pracovního listu (molekulová stavebnice + mobilní aplikace).

Tautomerie a kyslíkaté deriváty uhlovodíků

1. Sestav si strukturu 1-propen-2-olu a propanonu. Poté zakresli jejich struktury.



2. Struktury porovnej:

	1. struktura	2. struktura
počet uhlíků	3	3
počet vodíků	6	6
počet kyslíků	1	1
sumární vzorec	C ₃ H ₆ O	C ₃ H ₆ O
systematický název	1-propen-2-ol	propanon
umístění násobné vazby	mezi 1. a 2. uhlíkem	násobná vazba součástí ketoskupiny (C=O)
další prvek lišící se polohou	vodík	vodík
funkční skupina derivátu	hydroxylová	karbonylová

Zapamatuj si:

Tomuto typu izomerie se v organické chemii říká **tautomerie**. Stejně jako ve všech ostatních typech izomerie se různé sloučeniny v něčem shodují a v něčem liší.

Zapiš podle srovnávací tabulky definici této izomerie.¹

Definice:

Tautomery mají stejné atomové složení (sumární vzorec), ale liší se umístěním dvojnásobné vazby ve své struktuře a zároveň se liší polohou jednoho atomu vodíku.

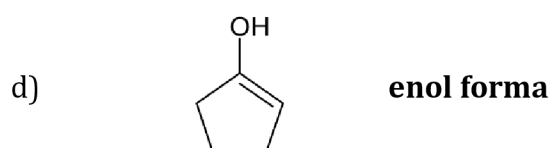
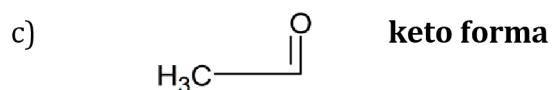
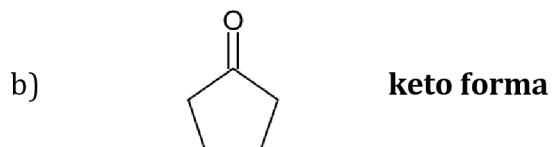
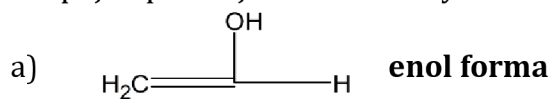
3. V případě, že je v tautomeru hydroxylová skupina, označuje se tento tautomer jako enol forma. Pokud je v tautomeru ketoskupina, mluvíme o keto formě tautomeru. Urči, která ze sloučenin z úkol 1 je enol forma a která keto forma.

1-propen-2-ol → enol forma

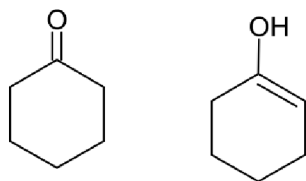
propanon → keto forma

Procvičování:

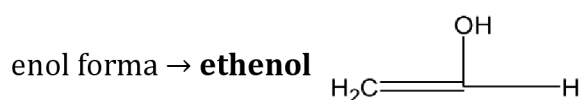
A. Spoj odpovídající si tautomery a formy:



B. Z molekulové stavebnice si sestav následující strukturu sloučeniny, přesuň části molekuly tak, aby vznikl její tautomer. Zakresli jeho strukturu.



C. Napiš vzorce a systematické názvy keto-enol tautomerů acetaldehydu:



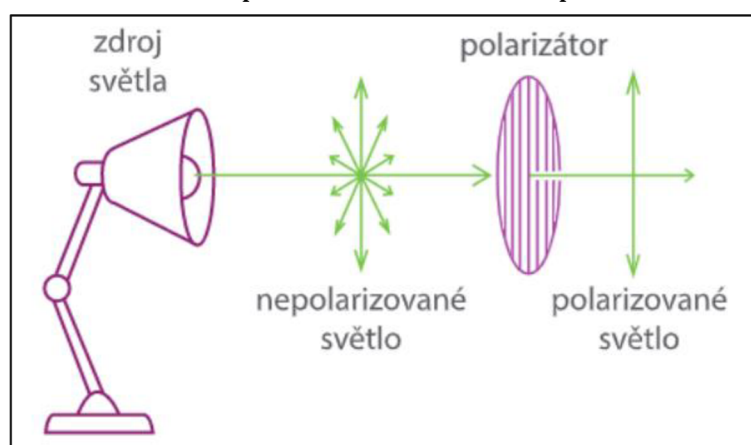
3. Pracovní list – práce s molekulovou stavebnicí.

Optická aktivita – hydroxykyseliny.

1. Vysvětli, co je světlo.

2. Co je to polarizované světlo?

3. Opticky aktivní látky stáčí rovinu polarizovaného světla, a to buď doprava nebo doleva. Na obrázku máš nepolarizované světlo, které se po průchodu tzv. polarizátorem změnilo na světlo polarizované. V čem se pak daná světla tedy liší?



Obrázek č. 1: Polarizované světlo¹

4. Důvodem této vlastnosti stáčet rovinu polarizovaného světla je **chirální centrum**, které se v takových látkách nachází. Nejčastěji je chirálním centrem uhlík, na který jsou navázány 4 různé substituenty. Sestav si pomocí molekulové stavebnice strukturu 2-hydroxypropanové kyseliny a kyseliny propanové.

- Zakresli jejich struktury:

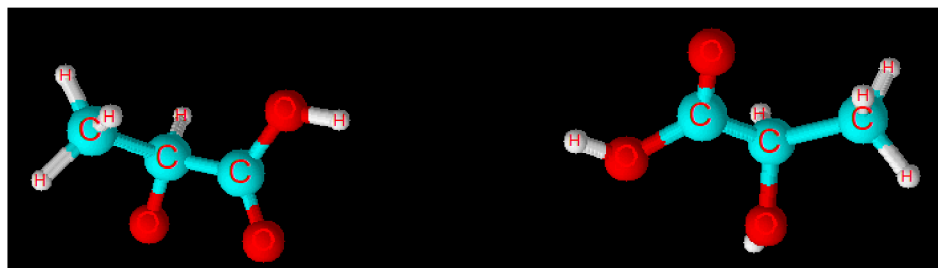
- Označ si u obou struktur uhlík č. 2:

- Urči, jaké jsou na uhlíku č. 2 navázány substituenty:

- Jak se sloučeniny liší?

- Která sloučenina má chirální uhlík ve své struktuře?

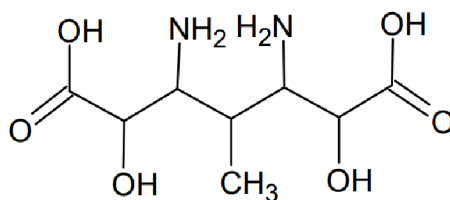
5. Chirální látka je asymetrická a nejde ji přetáčením, posouváním ani převrácením přenést na její zrcadlový obraz. Chirální sloučeniny pak díky této vlastnosti vytváří tzv. enantiomery. Sestav si podle obrázku následující sloučeniny a ověř si, zda opravdu nelze tyto sloučeniny přetáčením, či natáčením převést jedna v druhou.²



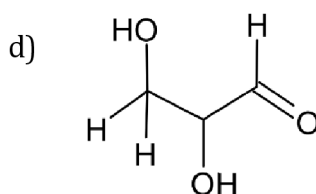
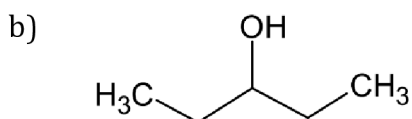
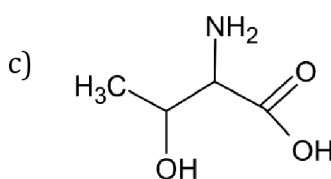
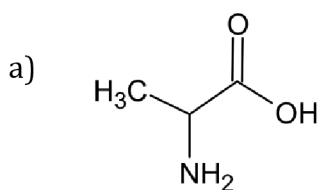
(Obrázek vytvořen v programu ChemSketch)

Procvičování:

A. Látky mohou mít i více než jen jeden chirální uhlík. Najdi a označ (*) v následující sloučenině všechny chirální uhlíky.



B. Očísluj si ve strukturách uhlíky, urči navázané funkční skupiny a vyber, která z látek je opticky aktivní.



C. Máš zadané 4 sloučeniny: *kyselinu butanovou, butanon, 2-butanol a propanol*. Zakresli jejich vzorce a urči, která z látek je opticky aktivní.

-
1. KREPL, Ondřej a Jan KLUSÁK. Polarizované světlo a fotoelasticita. In: *Docplayer.cz* [online]. Ústav fyziky materiálů AV ČR Brno. © 2022 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11093192-Polarizovane-svetlo-a-fotoelasticita.html>
 2. ČERVINKA, Otakar. Chiralita a pojmy s ní související. *Chemické listy* [online]. 1999, (93), 294-305 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_05_294-305.pdf

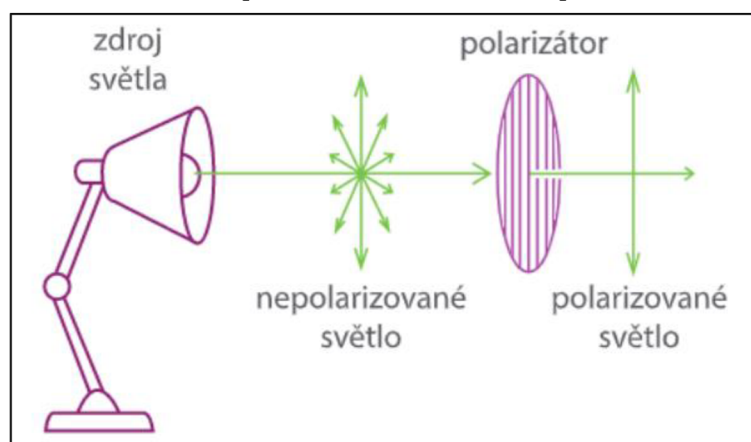
3. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.

Optická aktivita – hydroxykyseliny.

1. Vysvětli, co je to světlo.

2. Co je to polarizované světlo?

3. Opticky aktivní látky stáčí rovinu polarizovaného světla, a to buď doprava nebo doleva. Na obrázku máš nepolarizované světlo, které se po průchodu tzv. polarizátorem změnilo na světlo polarizované. V čem se pak daná světla liší?



Obrázek č. 1: Polarizované světlo¹

4. Důvodem této vlastnosti stáčet rovinu polarizovaného světla je **chirální centrum**, které se v takových látkách nachází. Nejčastěji je chirálním centrem uhlík, na který jsou navázány 4 různé substituenty. Sestav si v aplikaci strukturu 2-hydroxypropanové kyseliny a kyseliny propanové.

- Zakresli jejich struktury:

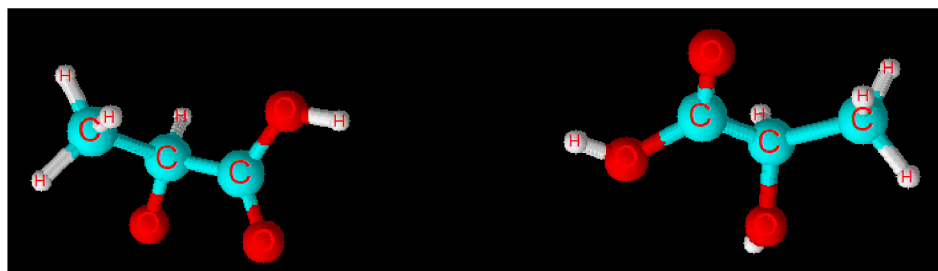
- Označ si u obou struktur uhlík č. 2:

- Urči, jaké jsou na uhlíku č. 2 navázány substituenty:

- Jak se sloučeniny liší?

- Která sloučenina má chirální uhlík ve své struktuře?

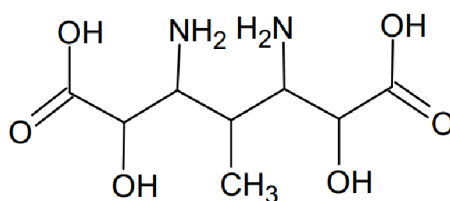
5. Chirální látka je asymetrická a nejde ji přetáčením, posouváním ani převrácením přenést na její zrcadlový obraz. Chirální sloučeniny pak díky této vlastnosti vytváří tzv. enantiomery.



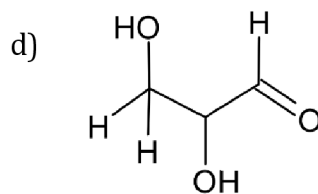
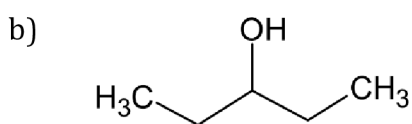
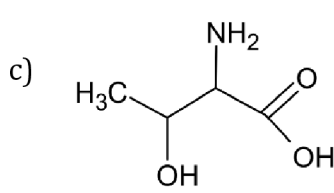
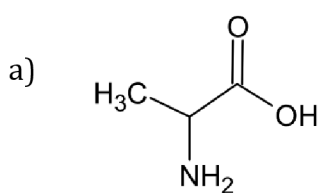
(Obrázek vytvořen v programu ChemSketch)

Procvičování:

A. Látky mohou mít i více než jen jeden chirální uhlík. Najdi a označ (*) v následující sloučenině všechny chirální uhlíky.



B. Očísluj si ve strukturách uhlíky, urči navázané funkční skupiny a vyber, která z látek je opticky aktivní.



C. Máš zadané 4 sloučeniny: *kyselinu butanovou, butanon, 2-butanol a propanal*. Zakresli jejich vzorce a urči, která z látek je opticky aktivní.

-
1. KREPL, Ondřej a Jan KLUSÁK. Polarizované světlo a fotoelasticita. In: *Docplayer.cz* [online]. Ústav fyziky materiálů AV ČR Brno. © 2022 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11093192-Polarizovane-svetlo-a-fotoelasticita.html>
 2. ČERVINKA, Otakar. Chiralita a pojmy s ní související. *Chemické listy* [online]. 1999, (93), 294-305 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_05_294-305.pdf

Autorské řešení 3. pracovního listu (molekulová stavebnice + mobilní aplikace).

Optická aktivita – hydroxykyseliny.

1. Vysvětli, co je světlo.

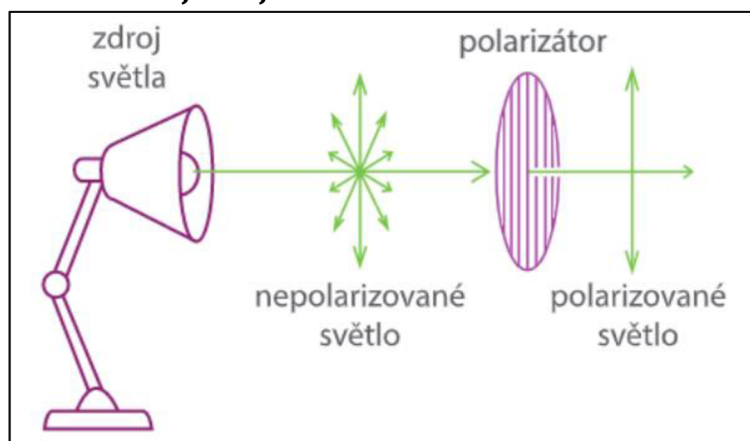
Jde o viditelnou část elektromagnetického záření, které kmitá ve více směrech.

2. Co je to polarizované světlo?

Polarizované světlo, je světlo, které po průchodu polarizátorem kmitá pouze v jednom směru.

3. Opticky aktivní látky stáčí rovinu polarizovaného světla, a to buď doprava nebo doleva. Na obrázku máš nepolarizované světlo, které se po průchodu tzv. polarizátorem změní na světlo polarizované. V čem se pak daná světla tedy liší?

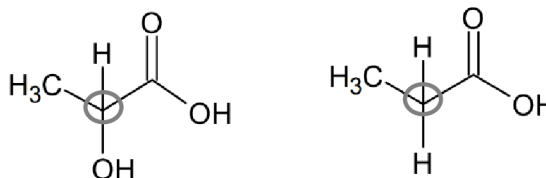
Nepolarizované světlo se šíří ve všech možných směrech, zatímco polarizované světlo se šíří jen v jedné rovině.



Obrázek č. 1: Polarizované světlo¹

4. Důvodem této vlastnosti stáčet rovinu polarizovaného světla je **chirální centrum**, které se v takových látkách nachází. Nejčastěji je chirálním centrem uhlík, na který jsou navázány 4 různé substituenty. Sestav si pomocí molekulové stavebnice strukturu 2-hydroxypropanové kyseliny a kyseliny propanové.

- Zakresli jejich struktury:



- Označ si u obou struktur uhlík č. 2:

- Urči, jaké jsou na uhlíku č. 2 navázány substituenty:

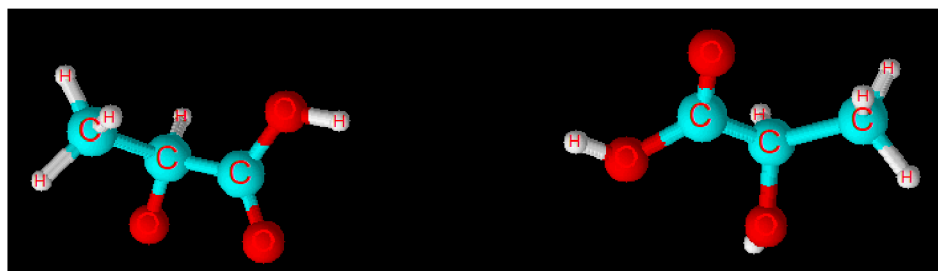
- **kyselina 2-hydroxypropanová: karboxylová skupina, hydroxylová skupina, methylová skupina, vodík**

- **kyselina propanová: karboxylová skupina, methylová skupina, dva vodíky**

- Jak se sloučeniny liší? **Liší se jednou navázanou skupinou, kyselina 2-hydroxypropanová má místo jednoho vodíku navázanou hydroxylovou skupinu, zatímco kyselina propanová má dva vodíky.**

- Která sloučenina má chirální uhlík ve své struktuře? **2-hydroxypropanová kyselina**

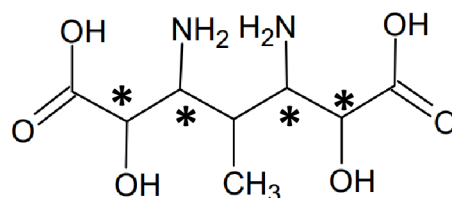
5. Chirální látka je **asymetrická** a nejde ji přetáčením, posouváním ani převrácením přenést na její zrcadlový obraz. Chirální sloučeniny pak díky této vlastnosti vytváří tzv. **enantiomery**. Sestav si podle obrázku následující sloučeniny a ověř si, zda opravdu nelze tyto sloučeniny přetáčením, či natáčením převést jedna v druhou.²



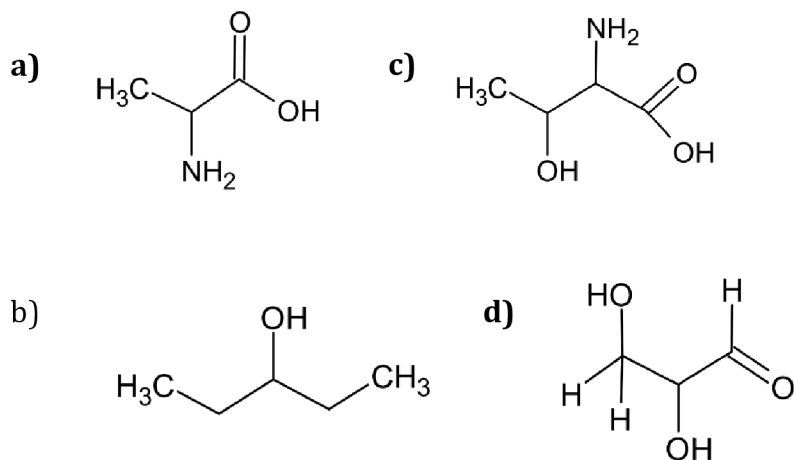
(Obrázek vytvořen v programu ChemSketch)

Procvičování:

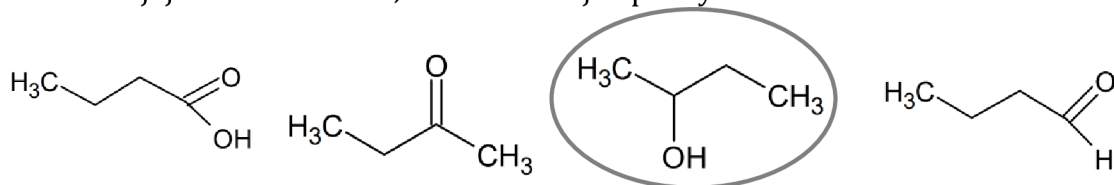
A. Látky mohou mít i více než jen jeden chirální uhlík. Najdi a označ (*) v následující sloučenině všechny chirální uhlíky.



B. Očísluj si ve strukturách uhlíky, urči navázané funkční skupiny a vyber, které z látek jsou opticky aktivní.



C. Máš zadané 4 sloučeniny: kyselinu butanovou, butanon, 2-butanol a propanal. Zakresli jejich vzorce a urči, která z látek je opticky aktivní.



1. KREPL, Ondřej a Jan KLUSÁK. Polarizované světlo a fotoelasticita.

In: *Docplayer.cz* [online]. Ústav fyziky materiálů AV ČR Brno. © 2022 [cit. 2022-05-30].

Dostupné z: <https://docplayer.cz/11093192-Polarizovane-svetlo-a-fotoelasticita.html>

2. ČERVINKA, Otakar. Chiralita a pojmy s ní související. *Chemické listy* [online]. 1999, (93),

294-305 [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <http://w.chemicke->

[listy.cz/docs/full/1999_05_294-305.pdf](http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_05_294-305.pdf)

4. Pracovní list – práce s mobilní aplikací.

Biochemie – konfigurace aminokyselin.

1. Co je to **chirální uhlík**?

2. Co určuje **prioritu** substituentů? Jaká hodnota v periodické soustavě prvků?

3. Z molekulové stavebnice si sestav aminokyselinu alaninu (2-aminopropanová kyselina) a zakresli její strukturní vzorec.

4. Označ si ve struktuře alaninu **chirální uhlík**.

5. Prioritu substituentů tedy určuje hodnota protonového čísla. Čím má navázaný atom na chirálním uhlíku **vyšší protonové číslo, tím má vyšší prioritu**. Urči prioritu substituentů tak, že je očísľuješ od 1 (substituent s nejvyšší prioritou) do 4 (substituent s nejnižší prioritou).

6. Celou strukturu si natoč tak, aby substituent s nejnižší prioritou směřoval dozadu (směrem od tvého těla). Který substituent to v tvém případě je?

7. Uchop si vazbu mezi chirálním uhlíkem a substituentem s nejnižší prioritou a začni strukturou otáčet ve směru 1 à 2 à 3 podle priorit ostatních substituentů. Otáčí se struktura doprava nebo doleva?

8. V případě, že se struktura otáčí doprava, jde o D-aminokyselinu. Pokud se otáčí doleva, jde o L-aminokyselinu. Urči, kterou konfiguraci má tebou sestavená struktura.

9. Porovnej si své řešení se spolužáky. Shodují se vaše řešení?

10. Jde na chirálním uhlíku přeskládat substituenty tak, aby se jim změnila konfigurace?

11. Ze svého pozorování sepiš závěr.

Závěr:

Zapamatuj si:

Na chirálním uhlíku lze popsat dvě konfigurace. U substituentů, které jsou navázány na chirálním uhlíku se určí prioritita, podle hodnoty protonového čísla navázaného atomu prvků.

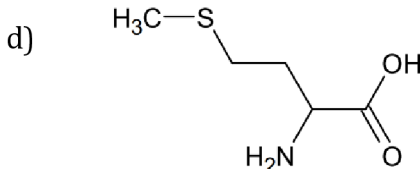
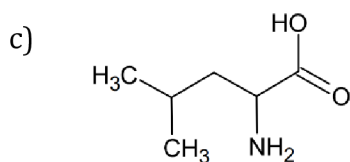
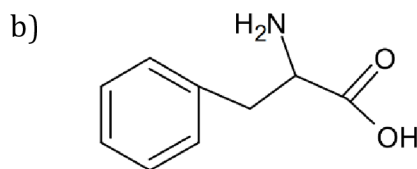
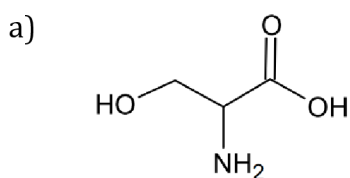
V případě, že se při otáčení substituentů ve směru 1 → 2 → 3 podle priorit, otáčí molekula **doprava**, jde o **konfiguraci D-** (u ostatních sloučenin, které nepatří mezi aminokyseliny a cukry, se používá **označení R-**).

V opačném případě, tedy při **otáčení doleva**, jde o **konfiguraci L-** (u ostatních sloučenin, které nepatří mezi aminokyseliny a cukry, se používá **označení S-**).¹

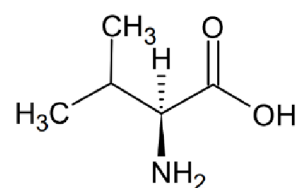
Z biologického hlediska jsou významné L-aminokyseliny, které jsou součástí proteinů (proteinogenní). D-aminokyseliny pak najdeme například ve stěně bakterií.²

Procvičování:

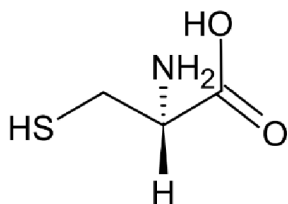
A. U následujících aminokyselin vyznač pomocí hvězdičky chirální uhlíky.



B. Sestav si strukturu, kterou vidíš na obrázku. Urči priority substituentů a celkovou konfiguraci aminokyseliny. Aminokyselinu pojmenuj.



C. Sestav si strukturu, kterou vidíš na obrázku. Urči prioritu substituentů, správně si strukturu natoč a urči celkovou konfiguraci aminokyseliny. Aminokyselinu pojmenuj.



D. Jedna z proteinogenních aminokyselin opticky aktivní není. O kterou aminokyselinu jde?

1. BŘÍĎALA, Jan. *Organická chemie pro gymnázia* [online]. Třebíč: E-ChemBook, © 2022 [cit. 2022-06-01]. ISBN 978-80-270-8161-5. Dostupné z: <https://www.e-chembook.eu/organicka-chemie>

2. VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. 161 s. ISBN 80-7183-083-6.

4. Pracovní list – práce s mobilní aplikací

Biochemie – konfigurace aminokyselin.

1. Co je to **chirální uhlík**?
2. Co určuje **prioritu** substituentů? Jaká hodnota v periodické soustavě prvků?
3. V aplikaci si sestav strukturu aminokyseliny alaninu (2-aminopropanová kyselina) a zakresli její strukturní vzorec.
4. Označ si ve struktuře alaninu **chirální uhlík**.
5. Prioritu substituentů tedy určuje hodnota protonového čísla. Čím má navázaný atom na chirálním uhlíku **vyšší protonové číslo, tím má vyšší prioritu**. Urči prioritu substituentů tak, že je očísľuješ od 1 (substituent s nejvyšší prioritou) do 4 (substituent s nejnižší prioritou).
6. Celou strukturu si natoč tak, aby substituent s nejnižší prioritou směřoval dozadu (směrem od tvého těla). Který substituent to v tvém případě je?
7. Nyní pomyslně dokola otáčej substituenty ve směru 1 à 2 à 3 podle priorit ostatních substituentů. Otáčí se struktura doprava nebo doleva?
8. V případě, že se struktura otáčí doprava, jde o D-aminokyselinu. Pokud se otáčí doleva, jde o L-aminokyselinu. Urči, kterou konfiguraci má tebou sestavená struktura.
9. Porovnej si své řešení se spolužáky. Shodují se vaše řešení?

10. Jde na chirálním uhlíku přeskládat substituenty tak, aby se jim změnila konfigurace?

11. Ze svého pozorování sepiš závěr.

Závěr:

Zapamatuj si:

Na chirálním uhlíku lze popsat dvě konfigurace. U substituentů, které jsou navázány na chirálním uhlíku se určí prioritita, podle hodnoty protonového čísla navázaného atomu prvků.

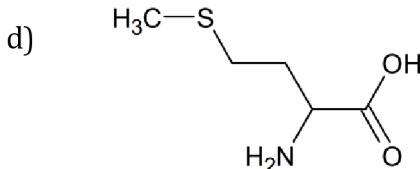
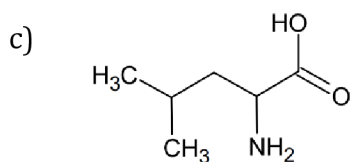
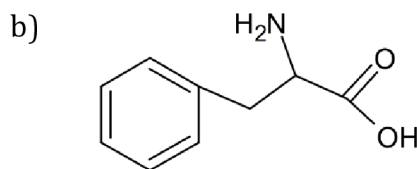
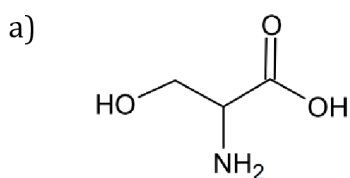
V případě, že se při otáčení substituentů ve směru 1 → 2 → 3 podle priorit, otáčí molekula **doprava**, jde o **konfiguraci D-** (u ostatních sloučenin, které nepatří mezi aminokyseliny a cukry, se používá **označení R-**).

V opačném případě, tedy při **otáčení doleva**, jde o **konfiguraci L-** (u ostatních sloučenin, které nepatří mezi aminokyseliny a cukry, se používá **označení S-**).¹

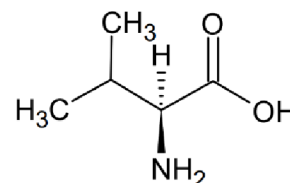
Z biologického hlediska jsou významné L-aminokyseliny, které jsou součástí proteinů (proteinogenní). D-aminokyseliny pak najdeme například ve stěně bakterií.²

Procvičování:

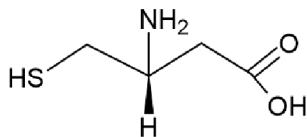
A. U následujících aminokyselin vyznač pomocí hvězdičky chirální uhlíky.



B. Sestav si strukturu, kterou vidíš na obrázku. Urči priority substituentů a celkovou konfiguraci aminokyseliny. Aminokyselinu pojmenuj.



C. Sestav si strukturu, kterou vidíš na obrázku. Urči prioritu substituentů, správně si strukturu natoč a urči celkovou konfiguraci aminokyseliny. Aminokyselinu pojmenuj.



D. Jedna z proteinogenních aminokyselin opticky aktivní není. O kterou aminokyselinu jde?

1. BŘÍĎALA, Jan. *Organická chemie pro gymnázia* [online]. Třebíč: E-ChemBook, © 2022 [cit. 2022-06-01]. ISBN 978-80-270-8161-5. Dostupné z: <https://www.e-chembook.eu/organicka-chemie>

2. VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. 161 s. ISBN 80-7183-083-6.

Autorské řešení 4. pracovního listu (molekulová stavebnice + mobilní aplikace).

Biochemie – konfigurace aminokyselin.

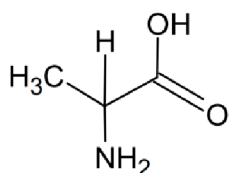
1. Co je to **chirální uhlík**?

Aby byl uhlík chirální, musí mít na sobě navázány 4 různé substituenty.

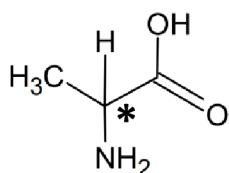
2. Co určuje **prioritu** substituentů? Jaká hodnota v periodické soustavě prvků?

Prioritu určuje hodnota protonového čísla. Se vzrůstajícím protonovým číslem roste i priorita.

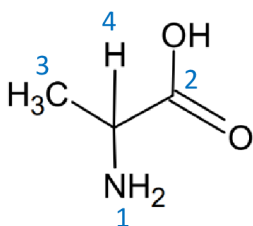
3. Z molekulové stavebnice si sestav aminokyselinu alaninu (2-aminopropanová kyselina) a zakresli její strukturní vzorec.



4. Označ si ve struktuře alaninu **chirální uhlík**.



5. Prioritu substituentů tedy určuje hodnota protonového čísla. Čím má navázaný atom na chirálním uhlíku **vyšší protonové číslo, tím má vyšší prioritu**. Urči prioritu substituentů tak, že je očísľuješ od 1 (substituent s nejvyšší prioritou) do 4 (substituent s nejnižší prioritou).



6. Celou strukturu si natoč tak, aby substituent s nejnižší prioritou směřoval dozadu (směrem od tvého těla). Který substituent to v tvém případě je?

Vodík.

7. Uchop si vazbu mezi chirálním uhlíkem a substituentem s nejnižší prioritou a začni strukturou otáčet ve směru 1 à 2 à 3 podle priorit ostatních substituentů. Otáčí se struktura doprava nebo doleva?

Podle sestavené struktury.

8. V případě, že se struktura otáčí doprava, jde o D-aminokyselinu. Pokud se otáčí doleva, jde o L-aminokyselinu. Urči, kterou konfiguraci má tebou sestavená struktura.

Podle sestavené struktury.

9. Porovnej si své řešení se spolužáky. Shodují se vaše řešení?

Záleží na způsobu sestavení struktury.

10. Jde na chirálním uhlíku přeskládat substituenty tak, aby se jim změnila konfigurace?

Ano, je to možné.

11. Ze svého pozorování sepiš závěr.

Závěr:

Na chirálním uhlíku vznikají dva druhy konfigurací. U konfigurace záleží na prvotním navázání substituentů na chirální uhlík a na jejich prioritách.

Zapamatuj si:

Na chirálním uhlíku lze popsat dvě konfigurace. U substituentů, které jsou navázány na chirálním uhlíku se určí priorita, podle hodnoty protonového čísla navázaného atomu prvků.

V případě, že se při otáčení substituentů ve směru 1 → 2 → 3 podle priorit, otáčí molekula **doprava**, jde o **konfiguraci D-** (u ostatních sloučenin, které nepatří mezi aminokyseliny a cukry, se používá **označení R-**).

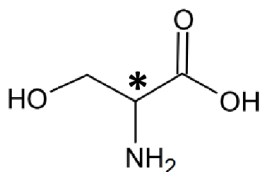
V opačném případě, tedy při **otáčení doleva**, jde o **konfiguraci L-** (u ostatních sloučenin, které nepatří mezi aminokyseliny a cukry, se používá **označení S-**).¹

Z biologického hlediska jsou významné L-aminokyseliny, které jsou součástí proteinů (proteinogenní). D-aminokyseliny pak najdeme například ve stěně bakterií.²

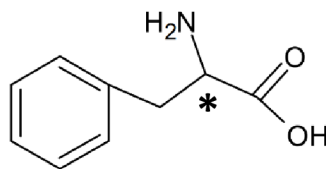
Procvičování:

A. U následujících aminokyselin vyznač pomocí hvězdičky chirální uhlíky.

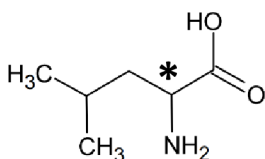
a)



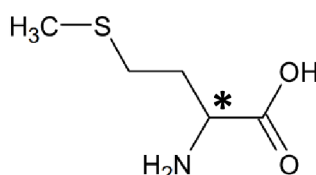
b)



c)



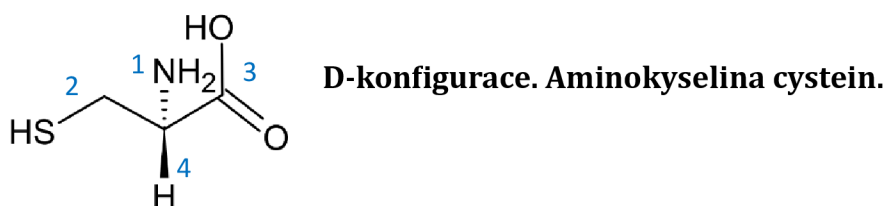
d)



B. Sestav si strukturu, kterou vidíš na obrázku. Urči priority substituentů a celkovou konfiguraci aminokyseliny. Aminokyselinu pojmenuj.



C. Sestav si strukturu, kterou vidíš na obrázku. Urči prioritu substituentů, správně si strukturu natoč a urči celkovou konfiguraci aminokyseliny. Aminokyselinu pojmenuj.



D. Jedna z proteinogenních aminokyselin opticky aktivní není. O kterou aminokyselinu jde?

Glycin.

1. BŘÍĎALA, Jan. *Organická chemie pro gymnázia* [online]. Třebíč: E-ChemBook, © 2022 [cit. 2022-06-01]. ISBN 978-80-270-8161-5. Dostupné z: <https://www.e-chembook.eu/organicka-chemie>

2. VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. 161 s. ISBN 80-7183-083-6.

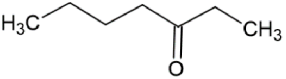
pretest + posttest + retenční test

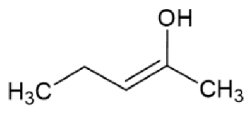
Jméno:

Třída:

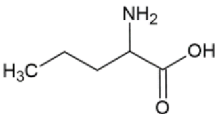
1. Úloha:			
Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii.			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

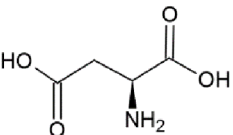
2. Úloha:			
Jaké typy izomerie znáte? Uved'te konkrétní příklad.			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

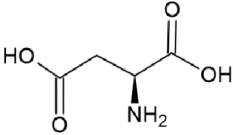
3. Úloha:			
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.			
			
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

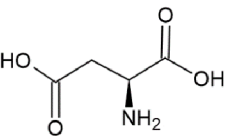
4. Úloha:			
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.			
			
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

5. Úloha:			
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.			
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

6. Úloha:			
Je tato sloučenina opticky aktivní?			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

7. Úloha:			
U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

8. Úloha:			
Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

9. Úloha:			
Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?			
			
<ul style="list-style-type: none"> Slovně zdůvodněte svoji odpověď: 			
<ul style="list-style-type: none"> Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí: 			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

Vybrané vyplněné testy.

4

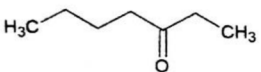
Pretest

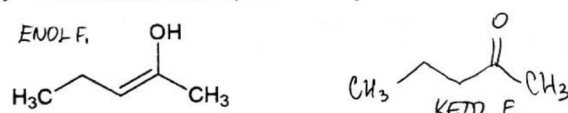
Jméno:

Třída:

1. Úloha:			
Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii. <i>= látky mají stejný strukturní vzorec, rozdílné struktury - liší se</i>			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

2. Úloha:			
Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad. <i>TAUTOMERIE, OPTICKÁ IZOMERIE, KONFORMAČNÍ</i>			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

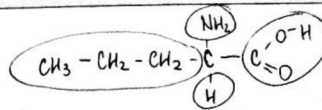
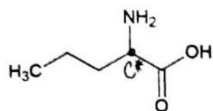
3. Úloha:			
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.			
			
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

4. Úloha:			
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.			
			
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: <i>dvojná vazba a funkční skupina se přesune</i>			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

5. Úloha:			
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.			
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: <i>keto je stabilnější než enol forma</i>			
• Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:			
Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne

Úloha:

Je tato sloučenina opticky aktivní?



je opticky aktivní

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *vyplývá ze zde chirální centrum → 4 různé substituenty*

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:

Zcela ano

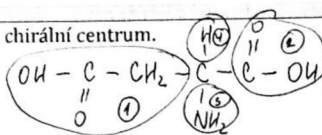
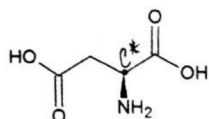
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

7. Úloha:

U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.



- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *je zde 4 různé substituenty*

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:

Zcela ano

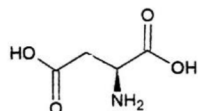
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

8. Úloha:

Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).



viz úloha 7

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *dle vzrůstajícího protonového čísla*

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:

Zcela ano

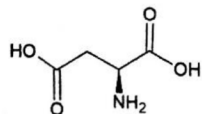
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

9. Úloha:

Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?



- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpověď jistí:

Zcela ano

Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

4 Posttest

1. Úloha:
Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii.
izomerie = stejná molekula se liší tím, že mají stejný sumární vzorec, ale rozdílnou strukturu

- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

2. Úloha:
Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad.
kauzomerie, konstituční izomerie, optická izomerie

- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

<u>Zcela ano</u>	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
------------------	----------	---------	----------

3. Úloha:
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.

CCCCCCCC(=O)C CCCCCCCC=O

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

4. Úloha:
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.

CC=CC(O)C CC(=O)CC

enol *keto*

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *dodává se příměstně dvojná vazba*
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

<u>Zcela ano</u>	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
------------------	----------	---------	----------

5. Úloha:
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *keto - obs. kelo št. enol -> obs. OH št.*
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

<u>Zcela ano</u>	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
------------------	----------	---------	----------

6. Úloha:
Je tato sloučenina opticky aktivní?

CC[C@H](N)C(=O)O

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *ano je opticky aktivní, protože má C* jsou 4 různé substituenty*
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

<u>Zcela ano</u>	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
------------------	----------	---------	----------

7. Úloha:
U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.

OC(=O)C[C@H](N)C(=O)O

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *na druhé jsou navázané 4 různé substituenty*
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

<u>Zcela ano</u>	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
------------------	----------	---------	----------

8. Úloha:
Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).

OC(=O)C[C@H](N)C(=O)O

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *podle CIP pravidel*
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
----------------------	-----------------	---------	----------

9. Úloha:
Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?

OC(=O)C[C@H](N)C(=O)O *L-konfiguraci*

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *podle priority substituentů*
- Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
----------------------	-----------------	---------	----------

Retenční test

1. Úloha:
Vysvětlíte, co je to izomerie v organické chemii. *obor, který zkoumá látky, které mají stejný kóvalentní vzorec, ale rozdílný strukturní vzorec*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

2. Úloha:
Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad. *tautomerie, optická izomerie, konformační izomerie, konstituční izomerie*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

3. Úloha:
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.

CCCC(=O)C CCCC

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

4. Úloha:
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.

CC=CC(O)C *enol* CC(=O)CC *keto*

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

5. Úloha:
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *keto - oba keto skupina, enol - oba atomy vodíku skup.*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí: *rychle*

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

6. Úloha:
Je tato sloučenina opticky aktivní?

CC[C@H](N)C(=O)O

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *ano, je → obs. C* chirální uhlík*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

7. Úloha:
U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.

OC(=O)C[C@H](N)C(=O)O

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *protože má čtyř různými substituenty*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

8. Úloha:
Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).

OC(=O)C[C@H](N)C(=O)O

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *podle klasifikace pro CIP → C=O > H > OH*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

9. Úloha:
Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?

OC(=O)C[C@H](N)C(=O)O *L-konfigurace*

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *protože podle priority jsou 3 směry hod. vůči 4.*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	----------	---------	----------

4

Pretest

Jméno

Třída:

1. Úloha:

Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii. *MĚCO S ASYMETRIÍ*

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

Spíš ano

Spíš ne

 Vůbec ne

2. Úloha:

Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad.

ZADNE' KEBO POKA' FUNKČNÍ?

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

 Zcela ano

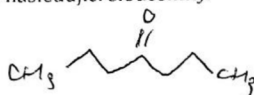
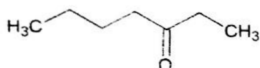
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

3. Úloha:

Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.



- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

KETON CO JE FUNKČNÍ IZOMER (ALE VĚDĚL JSEM TO)

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

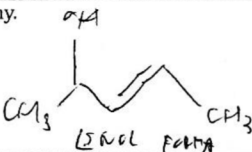
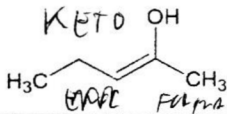
Spíš ano

Spíš ne

 Vůbec ne

4. Úloha:

Vytvořte tautomer následující sloučeniny.



- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

MECHANIZM CO JE TAUTOMER

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

Spíš ano

Spíš ne

 Vůbec ne

5. Úloha:

V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

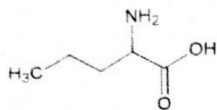
Zcela ano

Spíš ano

 Spíš ne

Vůbec ne

Úloha:
Je tato sloučenina opticky aktivní?



NE

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

DEBÍ TAD CHIRÁLNÍ UHLÍK

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

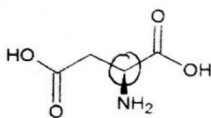
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

7. Úloha:

U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.



- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

TAD JE CHIRÁLNÍ UHLÍK

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

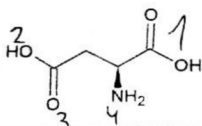
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

8. Úloha:

Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).



- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

TIPUJU

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

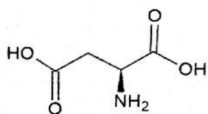
Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

9. Úloha:

Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?



V L-

- Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

TIPUJU

- Zaškrtněte, jak jste si svojí odpovědí jistí:

Zcela ano

Spíš ano

Spíš ne

Vůbec ne

4

1. Úloha:
Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii.
ПОЛНОЕ ИЛИ ЧАСТИЧНОЕ РАВЕНСТВО АТОМОВ, НЕКОТОРЫЕ ИЗ НИХ СТОЯТ НА РАВНОУРОВНЬИ ВЪЗРАЖ

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

2. Úloha:
Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad.
ІЗІОМЕРІЯ, ІЗОМЕРІЯ ФУНКЦІОНАЛІ, ФУНКЦІОНАЛІ

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	<u>Vůbec ne</u>
-----------	----------	---------	-----------------

3. Úloha:
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.

CCCCCCCC(=O)C CCCCCCCC(O)C

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: ZMĚNILA SE FUNKCE SKUPINA

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

4. Úloha:
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.

CCCC(O)C CCCC=C

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: JAK JSOU PŘÍSLUŠELI

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

5. Úloha:
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: TÍPULU

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	Spíš ano	Spíš ne	<u>Vůbec ne</u>
-----------	----------	---------	-----------------

6. Úloha:
Je tato sloučenina opticky aktivní?

CCCC(N)C(=O)O ANO - MA CHIRÁLNÍ UHLÍK

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď:

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

7. Úloha:
U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.

CCCC(N)C(=O)O

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: C - MA 4 RŮZNÉ SUBSTITUENTY

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

8. Úloha:
Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).

CCCC(N)C(=O)O

1. NH₂
2. COOH
3. CH₂
4. H

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: OD NAJTEŽŠÍHO PŘÍSLUŠELI

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

9. Úloha:
Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?

CCCC(N)C(=O)O V L.

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: BUDUČÍ VOČIT VE SPŘEDU OD VĚTŠÍHO PRŮMĚRU

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jisti:

Zcela ano	<u>Spíš ano</u>	Spíš ne	Vůbec ne
-----------	-----------------	---------	----------

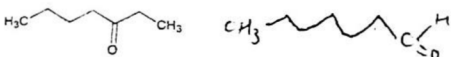
Retenční test

1. Úloha:
Vysvětlete, co je to izomerie v organické chemii.
ROZLIŠNĚNÍ JEDNÉ POUŽÍVÁNÍ ZBĚHŮJÍCÍ JEDNÉ, ALKYLATION JINAK

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

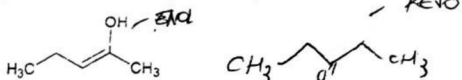
2. Úloha:
Jaké typy izomerie znáte? Uveďte konkrétní příklad. *KONSTRUKČNÍ, SUBSTITUČNÍ*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

3. Úloha:
Vytvořte konstituční (funkční) izomer následující sloučeniny.


• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *2 KROKŮV JEDNĚ UJEDNĚ ALDEHYD*
(ZAPRA PLNĚNÍ JINAK)

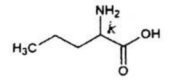
• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

4. Úloha:
Vytvořte tautomer následující sloučeniny.


• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *LMĚNA V POLOZE JEDNĚ JEDNĚ*

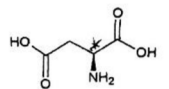
• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

5. Úloha:
V úloze č. 4 vyznačte, která sloučenina je v keto-, a která v enol- formě.
 • Slovně zdůvodněte svoji odpověď:
 • Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

6. Úloha:
Je tato sloučenina opticky aktivní?
 *ANO*

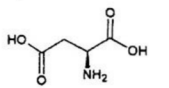
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *NEJEDNÁ SE O CHIRÁLNÍ UHLÍK*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

7. Úloha:
U následující sloučeniny vyznačte chirální centrum.


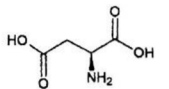
• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *V BĚHO C ME 4 RŮZNÉ SUBSTITUENTY*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

8. Úloha:
Po vyznačení chirálního centra u sloučeniny v úloze 7, vyznačte priority substituentů (1-4).
 *1. COOH, 2. OH, 3. NH2, 4. H*

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *OD NEJTOŽITĚJŠÍHO PO NEJLEHČÍ*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne

9. Úloha:
Je tato aminokyselina (stejná sloučenina, jako v úlohách 7. a 8.) v L- nebo D- konfiguraci?
 *L*

• Slovně zdůvodněte svoji odpověď: *MA PŘÍLOŽENÝ CHIRÁLNÍ UHLÍK JE OH VLEVO*

• Zaškrtněte, jak jste si svoji odpověď jistí:
 Zcela ano Spíš ano Spíš ne Vůbec ne