

**Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Chemie – biologie se zaměřením na vzdělávání



Běla Marie Samková

Isomerie ve výuce chemie
Isomerism in Chemical Education

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Teplá, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně pod vedením RNDr. Milady Teplé, Ph.D. a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne:

.....

podpis

Chtěla bych poděkovat své vedoucí bakalářské práce RNDr. Miladě Teplé, Ph.D za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá výukou tématu isomerie na středních školách. Teoretická část obsahuje rešerši výukových materiálů a zařazení tématu v rámci RVP G a ŠVP vybraných škol. V praktické části je vytvořena PowerPointová prezentace s otáčivými 3D modely molekul. K prezentaci jsou vytvořeny didaktické poznámky a její zařazení do vzdělávacího procesu na středních školách včetně prolínání s dalšími tématy organické chemie. Součástí praktické části je také námět na aktivity k tématu isomerie. V návrhu didaktických materiálů je kladen důraz na fixování prostorové představy struktury organických molekul.

Klíčová slova

Isomerie, středoškolské vzdělávání, organická chemie, vzdělávací materiály, modely molekul, vizualizace

Abstract

The bachelor thesis focuses on isomerism teaching at secondary schools. The theoretical part is dedicated to the research of educational materials and the classification of the topic within RVP G and chosen school curricula. In the practical part of the thesis, a powerpoint presentation with rotating 3D models of molecules is created. The presentation is accompanied by didactical materials, suggestions of implementation into the educational process as well as its relations with other topics of organic chemistry. Within the practical part, proposals of activities concerning isomerism are included. In the presented didactical materials, fixation of the spatial imagination of structure of organic molecules is strengthened.

Key words

Isomerism, High School Education, Organic Chemistry, Educational Materials, Molecular Models, Visualization

Seznam použitých zkratk:

2D - dvojdimenzionální, dvojrozměrný

3D - trojdimenzionální, trojrozměrný

RVP - rámcový vzdělávací program

RVP G - rámcový vzdělávací program pro gymnázia

ŠVP - školní vzdělávací program

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Cíle bakalářské práce	9
2	Teoretická část	10
2.1	Rešerše dostupných didaktických materiálů	10
2.1.1	Učebnice	10
2.1.2	Videa	13
2.1.3	Prezentace	16
2.1.4	Výukové webové stránky	20
2.1.5	Aktivizující metody ve výuce tématu isomerie	24
2.2	Zastoupení tématu isomerie ve vzdělávacích programech pro gymnázia	26
2.2.1	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G)	26
2.2.2	Školní vzdělávací program (ŠVP)	27
2.3	Aktivizující metody ve výuce chemie	28
2.3.1	Kužel učení	29
2.3.2	Aktivizující metody	30
3	Praktická část	32
3.1	Výkladová powerpointová prezentace	32
3.1.1	Didaktické poznámky k prezentaci	34
3.2	Návrh na aktivizaci žáků: Stavba modelů podle předlohy	55
3.2.1	Stavba modelů podle obrázků	56
3.2.2	Stavba modelů podle chemických vzorců	57
3.3	Zařazení materiálů do výuky	58
4	Diskuse	60
5	Závěr	63
6	Použité zdroje	64
7	Přílohy	1

1 Úvod

Téma isomerie zahrnuje schopnost prostorové představivosti a pochopení organických molekul jako 3D struktur. Isomerie na střední škole bývá vysvětlena po ukončení celku anorganické chemie v úvodu do organických sloučenin. Žáci tedy ještě dobře neznají organické sloučeniny, na kterých si rozdíly jednotlivých isomerů ukazují. Omezení se při výuce na použití tištěných materiálů jen s chemickými vzorci a obrázky molekul může vést k chybné fixaci molekul jako 2D struktur. Z vlastní zkušenosti vím, že tato chyba pak může žáky provázet celou výukou organické chemie. I pro mne bylo toto téma při studiu na střední škole náročné. Z tématu jsem si odnesla zkreslenou představu o prostorovém znázornění molekul a v průběhu dalšího studia mi tato chybná interpretace bránila v pochopení významných souvislostí týkající se stereochemie.

Velmi důležitým prvkem motivace je pocit smyslu: vím, proč se to učím. Na střední škole jsem postrádala vysvětlení významu isomerie. Výklad byl omezen na definice a klasifikaci isomerie. Chyběla odpověď na otázky: „K čemu je dobré umět rozlišovat dvě molekuly se stejným konstitučním vzorcem?“ „Jsou rozdíly mezi dvěma chirálními látkami významné?“ apod. Vysoký nárok na prostorovou představivost spolu s absencí smyslu dělají z tématu isomerie ne příliš motivační kapitolu na úvod do organické chemie.

Jako dobrovolník již řadu let působím v Junáku. Absolvovala jsem řadu kurzů o vedení lidí a přípravě dalších vzdělávacích akcí. Sama se na přípravě takových kurzů podílím. Z vlastní zkušenosti vím, že nejpřínosněji hodnotí účastníci programy, kde od začátku znali cíl programu a věděli, proč je téma důležité. Při závěrečných zkouškách se navíc ukazuje, že nejlepší dopad mají také programy, ve kterých si účastníci kurzu znalosti a dovednosti mohli sami vyzkoušet.

Tyto zkušenosti byly hlavními důvody k výběru tématu bakalářské práce. Mou snahou je žákům předávat potřebné informace zajímavou formou, aby se žák mohl podílet na výuce pomocí aktivizujících metod výuky a tak přebíral zodpovědnost za své vzdělávání. Žák by měl mít k dispozici vhodný didaktický materiál, který dokáže, i přes nedostatečné znalosti organických sloučenin, nabídnout přehledný výklad isomerie s příklady 3D modelů molekul. Při výuce by se měla objevit i aktivita, která zahrnuje práci s modely a žák tak získá lepší podmínky ke správné interpretaci rozdílů mezi isomery a zároveň si tak prakticky vyzkouší sestavení molekuly v prostoru.

1.1 Cíle bakalářské práce

Cíle bakalářské práce jsou:

- Provést analýzu v současné době závazných kurikulárních dokumentů.
- Provést rešerši vzdělávacích materiálů, které se zabývají tématem isomerie ve výuce chemie a které mohou učitelé použít pro přípravu vyučovací hodiny. Konkrétně provést analýzu učebnic, videí, prezentací, vybraných závěrečných prací, výukových webových portálů a materiálů vytvořených pro zvýšení aktivizace žáků během výuky. Sledovat pojetí výuky isomerie v těchto materiálech, jak je strukturovaná, jakým způsobem pracují s prostorovým pojetím molekul isomerů (dynamická či pouze statická vizualizace), a jestli obsahují otázky nebo úkoly pro žáky.
- Na základě rešerše materiálů vytvořit vzdělávací materiály podporující výuku isomerie ve výuce chemie středních škol.
- K vytvořeným materiálům sepsat metodiku, jak s novými materiály ve výuce chemie pracovat.

2 Teoretická část

Teoretická část je zaměřena na rešerši dostupných didaktických materiálů, které učitelé mohou využít pro výuku tématu isomerie. Konkrétně jsou v ní sledovány učebnice, videa, prezentace, výukové webové stránky a aktivizující materiály. Tato kapitola též řeší zastoupení tématu isomerie v rámcových vzdělávacích programech (RVP) a také ve školních vzdělávacích programech (ŠVP) vybraných gymnáziích s různým zaměřením. Závěr teoretické části je věnován stručné teorii výukových metod se zaměřením na aktivizující metody.

2.1 Rešerše dostupných didaktických materiálů

Jedním z cílů bakalářské práce je vytvoření didaktických materiálů k tématu isomerie. Před samotným zpracováním materiálů byla provedena rešerše zabývající se analýzou středoškolských učebnic a na internetu dostupných prezentací, videí, výukových webových stránek a aktivizujících materiálů. Rešerše uvedených učebních pomůcek byla vždy vztahována k tematickému celku isomerie a byla zařazena z důvodu posouzení rozsahu uváděných informací a vzdělávacího obsahu. Dalším důvodem rešerše bylo posouzení vhodnosti analyzovaných materiálů pro středoškolskou výuku. Cílem bylo zjistit, zda výukové materiály splňují odborné i didaktické zpracování a také použitelnost ve výuce či při samostudiu.

2.1.1 Učebnice

Pro účely rešerše středoškolských učebnic ve vztahu k tématu isomerie byly vybrány tři učebnice, které podle výzkumu uskutečněného v bakalářské práci Marie Huvarové z roku 2010 patří mezi nejpoužívanější učebnice pro vlastní přípravu a inspiraci učitelů (1). Jedná se o učebnice: Chemie pro čtyřletá gymnázia, 2. díl (autoři: A. Mareček a J. Honza), Přehled středoškolské chemie (autoři: J. Vacík a kol.) a Odmaturuj z chemie (M. Benešová a kol.). Na základě rešerše bylo zjišťováno, jakým způsobem je toto téma zpracováno v učebnicích středních škol.

2.1.1.1 Honza, J.; Mareček, A. Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl (2)

Autory knihy jsou Jaroslav Honza, a Aleš Mareček, Učebnici vydalo nakladatelství Olomouc v roce 1998.

Učebnice je určena pro žáky středních škol a má tři díly. První díl se zabývá obecnou chemií, úvodem do anorganické chemie, nepřechodnými kovy a názvoslovím anorganických sloučenin. Druhý díl učebnice se zabývá elektrochemií, tvary molekul, kyselinami a zásadami, komplexy a především přechodnými kovy. Poslední část druhého dílu se věnuje úvodu do organické chemie a výkladu uhlovodíků. Třetí díl učebnice je rozdělena na dva celky – Deriváty uhlovodíků a Biochemii.

V druhém díle této učebnice je kapitola s názvem „Izomerie“ s jedinou podkapitolou „Izomerie konstituční“. Isomerii je zde věnována jedna stránka učebnice. Začíná odstavcem, který popisuje, co to je isomerie. Následuje rozdělení konstituční isomerie na řetězovou, polohovou, skupinovou a tautomerii. U každého druhu je uvedena jeho definice a příklad isomerních molekul.

Ostatní typy isomerie jsou pak vysvětlovány jako součást jiných témat. Například v kapitole „Uhlovodíky s jednoduchými vazbami“ jsou téměř čtyři stránky věnovány isomerii konformační a konfigurační. Isomerie *cis/trans* je obsažena v kapitole „Uhlovodíky s dvojnými vazbami“. Optické isomerii je věnována samostatná kapitola ve třetím díle učebnice.

2.1.1.2 Vacík, J. a kol. Přehled středoškolské chemie (3)

Autorem knihy je Jiří Vacík a kolektiv. Učebnici vydalo nakladatelství SPN – pedagogické nakladatelství, a.s. v roce 1999.

Učebnice je určena pro žáky středních škol. Tématu isomerie jsou v učebnici věnovány téměř tři stránky. Začíná definicí isomerie. Následuje tabulka s příklady konstitučních izomerů. Pod tabulkou je v jedné větě popsáno, v čem spočívají jednotlivé typy konstitučních izomerů. Dalším tématem jsou konfigurační isomery. Opět jsou nejdříve ukazovány příklady molekul isomerů v tabulce (dvě dvojice *cis/trans* isomerů a pak jedna dvojice molekul isomerů kyseliny mléčné). Text pod tabulkou pokračuje vysvětlením *cis/trans* isomerie: „*Cis-trans isomery se liší konfigurací ligandů buď na dvojných vazbách, nebo na cyklech. Mají rozdílné fyzikální i chemické vlastnosti.*“ (3, str. 227) Tím je téma *cis/trans* isomerie uzavřeno a pokračuje vysvětlení

optických antipodů. Těm je pak věnována největší část. V textu jsou často odkazy na jiné kapitoly v učebnici.

2.1.1.3 Benešová, M. a kol. Odmaturuj! z chemie (4)

Autorem této učebnice je Marika Benešová a kolektiv. Učebnici v roce 2014 vydalo nakladatelství Didaktis – Brno.

Učebnice je určena pro žáky středních škol jako příprava k maturitní zkoušce z chemie. Tématu isomerie je v učebnici věnována přibližně jedna stránka. Začíná definicí isomerie a pokračuje definicí jednotlivých typů isomerů (konstituční isomery, konformační isomery, konfigurační isomery, enantiomery). Popisy jednotlivých typů jsou doplněny strukturním vzorcem příkladu daného isomeru. Kapitola je zakončena definicí racemické směsi. Na okraji stránky jsou poznámky, které téma doplňují. Tato učebnice mi přijde užitečná na zopakování tématu, obsahuje totiž nejdůležitější body a pojmy. Na pochopení látky a první seznámení s tématem mi přijde nedostačující. Učivo je vedeno pomocí pojmů. U optické isomerie je uvedeno: „*jeden z dvojice enantiomerů označujeme písmenem D, druhý písmenem L (označení nesouvisí se směrem otáčení roviny polarizovaného světla).*“ Tedy je uvedeno, s čím značení enantiomerů nesouvisí, ale zcela chybí, s čím označení souvisí. Z konstitučních isomerů je uveden pouze příklad isomerie dimethyletheru a ethanolu. V textu jsou použity pojmy „chirální centrum“, „asymetrický uhlík“, které ale nejsou vysvětleny.

2.1.1.4 Shrnutí rešerše učebnic

Z kapitol 2.1.1.1. až 2.1.1.3. vyplývá, že středoškolské učebnice se neshodují ve výkladu tématu isomerie. Jednotlivé učebnice se liší v zaměření na určitý typ isomerie. V učebnici Chemie pro čtyřletá gymnázia je věnován největší prostor isomerii konstituční, v učebnici Odmaturuj! z chemie je zase věnováno nejvíce prostoru konfigurační isomerii. Učebnice se také liší v systému výkladu isomerie. V učebnici Chemie pro čtyřletá gymnázia jsou jednotlivé typy isomerie vysvětlovány v různých kapitolách na rozdíl od ostatních učebnic, které všechny typy vysvětlují v jedné kapitole. Učebnice Odmaturuj! z chemie neřadí konformaci mezi typy isomerie. Problematika není v žádné učebnici dostatečně vysvětlena pro plné pochopení tématu. Učebnice nevedou žáky k reálné představě molekul, protože se omezují pouze

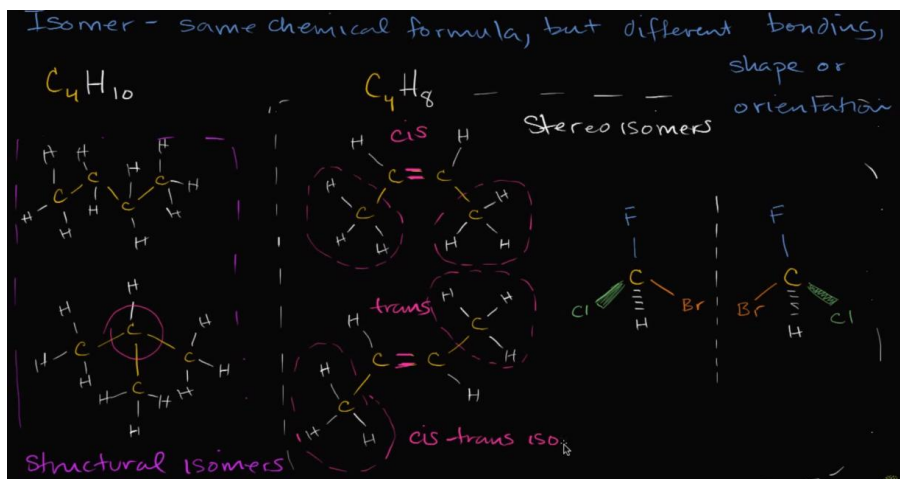
na chemické vzorce molekul, což může vést k miskoncepci některých typů isomerie. Žák si tak nemusí správně představit 3D strukturu.

2.1.2 Videá

Videa jsou jedny z učebních pomůcek, které učitelé mohou využít k oživení výuky. Mohou vhodně doplnit výklad, nebo částečně i výklad nahradit. Byla vybrána tři výuková videa zabývající se tématem isomerie. Jsou to videa, která patří mezi první zobrazované výsledky v září 2017 po zadání hesla „isomers“ do kolonky vyhledávání na stránce www.youtube.com. Níže je komentován obsah videí a jejich použitelnost při výuce tématu isomerie.

2.1.2.1 *Isomers / Properties of carbon / Biology / Khan Academy (5)*

Video má 6:48 minut, je v angličtině s anglickými titulky. Ukazuje konstituční – řetězovou isomerii, geometrickou a optickou isomerii vybraných molekul. Konkrétně řetězových isomerů butanu, geometrických isomerů butenu a optických isomerů halogenderivátů methanu. Probíhá formou zápisu na černou tabuli, kde jsou různými barvami popsány molekuly (viz obrázek č. 1). Postupně se k molekulám dopisují další informace barevným perem. Dohromady je na jednom snímku videa použito až 7 barev. Během videa se dopisuje definice isomerie, popisy jednotlivých isomerií. Ve videu je více než 6 minut věnováno popisu isomerie z hlediska vazeb a orientace atomů uhlíku vůči sobě. Posledních 30 vteřin je věnováno důsledkům rozdílných vlastností isomerů v praxi. V rámci školní výuky je lepší, aby zápis na tabuli s výkladem prováděl přímo učitel. Video tedy může doplnit výuku isomerie na střední škole spíše jen jako samostudium. Nevýhodou je, že žáci k jeho pochopení musí ovládat anglický jazyk a především znát správnou anglickou odbornou terminologii týkající se tématu isomerie. Ke konci videa je tabule nepřehledná díky množství použitých popisků a různých barev.



Obrázek č. 1: Video: Isomers, properties of carbon (5)

2.1.2.2 What are structural isomers | Chemistry for All | FuseSchool (6)

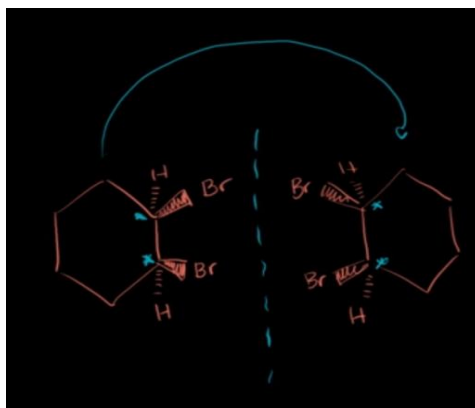
Video má 5:07 minut, je v angličtině s anglickými titulky. Jeho tématem jsou pouze řetězové isomery butanu. Během videa dochází k interakci s žáky, kdy jsou žáci vyzýváni, aby sami nakreslili molekulu butanu, spočítali počet uhlíků nejdelšího řetězce molekuly, nebo se pokusili pojmenovat molekulu 3-ethyl-3-methylpentanu. Jako řešení video uvádí název molekuly: 3,3-methyl ethyl pentan. Video obsahuje pohyblivé animace. Příklady řetězové isomerie a její dopad na fyzikální chování jednotlivých isomerů jsou demonstrovány na příkladu vývoje složení benzínu. Ve videu dochází k propojení isomerie s tématy jako je názvosloví nebo ochrana životního prostředí. Video je vhodné k doplnění výuky konstituční – řetězové isomerie na střední škole. I když animace a způsob vysvětlování tématu je vhodný spíše pro základní školy (popř. nižší stupeň víceletých gymnázií). Kladně lze hodnotit dávání isomerie do souvislosti s konkrétními příklady, se kterými se žáci „běžně“ setkávají (např. zmíněné sloučeniny tetraethylolova, které se však v současnosti již nepoužívají).



Obrázek č. 2: Video: What are structural isomers (6)

2.1.2.3 Stereoisomers, enantiomers, diastereomers, constitutional isomers (7)

Video má 13:35 minut. Je v angličtině s anglickými titulky. Probíhá formou zápisu na černou tabuli, kde jsou různými barvami popsány molekuly (viz obrázek č. 3). Během videa se obraz posouvá níž po černé tabuli a ukazují se další molekuly. Postupně se k molekulám dopisují další informace barevným perem. Na příkladu molekul cyklobutanolu a tetrahydrofuranu je znázorněna konstituční isomerie. Při vysvětlování stereoisomerie jsou nejprve ukazovány totožné molekuly bromfluorethanu, které jsou ale různě otočené. Video klade nároky na představivost, když naznačuje, jakým způsobem se otáčí molekula bromfluorethanu tak, aby bylo jasné, že je totožná s druhou molekulou bromfluorethanu a nejde tedy o isomerii. Na halogenderivátech nasycených uhlovodíků jsou vysvětlovány pojmy enantiomer, diastereoisomer, meso sloučeniny. Video je vhodné jako doplnění výuky tématu isomerie, nebo jako zopakování tématu. Informace jsou na tabuli přehledné a vysvětleny srozumitelně. Nevýhodou je časová náročnost. Video totiž zabere jednu třetinu vyučovací hodiny. Navíc je pro žáky lepší, aby v rámci školní zápisu na tabuli s výkladem prováděl přímo učitel. Toto video je dostupné i s českými titulky na webové stránce Khanovy školy (8).



Obrázek č. 3: Video: Stereoisomers, enantiomers, diastereomers, constitutional isomers (7)

2.1.2.4 Shrnutí rešerše videí

Všechny materiály obsahují znalosti na úrovni středních škol. Druhé video (kapitola 2.1.2.2) informace podává formou, která spíše odpovídá žákům základní školy. Všechna videa jsou v anglickém jazyce, což může značně komplikovat pochopení tématu. Kromě

prvního videa, které je v závěru zaplněno schémata a texty různých barev, jsou videa přehledná.

Přestože všechna videa obsahují téma konstituční isomerie, první i druhé video (kapitola 2.1.2.1 a 2.1.2.2) uvádí příklad pouze řetězové isomerie. Pouze druhé video obsahuje úlohy pro žáky. Řešení jedné z úloh (pojmenování znázorněné molekuly) je ale chybné. Žáci si tak mohou špatně fixovat názvosloví organických sloučenin.

Všechna videa se omezují na statické znázornění molekul. Přestože video What are structural isomers (kapitola 2.1.2.2) pracuje s pohyblivými obrázky, molekuly jsou také pouze statické. Navíc žádné video neukazuje modely molekul, pracují pouze s chemickými vzorci. Protože jsou vzorce zobrazovány jako 2D, může u žáků dojít k chybné interpretaci. Žáci si tak mohou zafixovat chybnou představu molekul a isomerii mohou vnímat jako problematiku omezenou na 2D prostor.

2.1.3 Prezentace

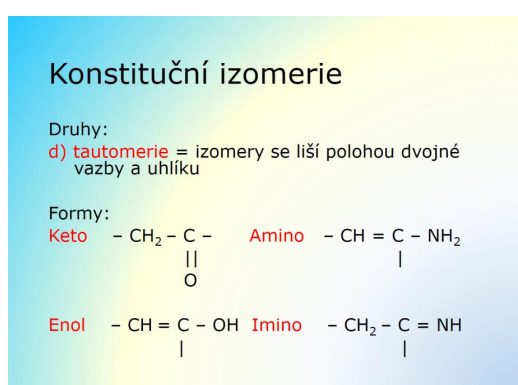
Velmi častou učební pomůckou učitelů při výkladu látky bývají powerpointové prezentace. Jejich výhodou je to, že učitelé mají předem vytvořenou osnovu, mohou demonstrovat probírané učivo pomocí předem připravených obrázků, schémat, nebo grafů. Pro učitele je takto zvolená forma často jednodušší, než celé obrázky kreslit na tabuli. Prezentace může žákům sloužit jako výukový materiál. Prezentaci si může učitel sám vytvořit, nebo použít nějakou již připravenou. Na webu bylo k dispozici několik prezentací, které se věnují tématu isomerie. Níže jsou komentována tři z nich. Jsou to první odkazy, které v říjnu 2017 zobrazil internetový vyhledávač Google po zadání hesla: „Prezentace výuka isomerie“ resp. „Prezentace výuka izomerie“ a obsahovaly úlohu pro žáky (samostatná práce, didaktický test, skupinová práce aj.).

2.1.3.1 Typy vzorců, stavba molekul a izomerie v organické chemii (9)

Powerpointová prezentace vznikla díky dotacím Evropské unie do rozvoje vzdělávání v roce 2013. Autorem je Ivana Töpferová, učitelka na Střední průmyslové škole v Mladé Boleslavi. Je určena pro výuku chemie v prvním ročníku střední školy.

Prezentace má 21 snímků. První dva snímky obsahují jen název a informace o prezentaci. Na 3. až 8. snímku jsou základní informace o struktuře organických látek. Tyto snímky se zabývají typy vzorců, názvoslovím a typy modelů. Od 8. snímku do snímku 16. se prezentace věnuje isomerii. Začíná definicí isomerie a pokračuje

rozdělením na různé typy isomerií. Prezentace obsahuje konstituční isomerii (řetězová, polohová, funkční a tautomerie) a stereoisomerii. V rámci stereoisomerie se věnuje konfigurační isomerii (geometrická a optická) a konformační isomerii. Na snímcích je vždy definice daného druhu isomerie a pak několik molekul, na kterých lze tento typ demonstrovat. Po tématu isomerie následují dva snímky, které ukazují typy uhlíkových řetězců a vazby v molekulách organických sloučenin. Prezentace končí zadáním skupinové práce s modely. Na posledních dvou snímcích jsou použité zdroje. V prezentaci převažuje text nad obrázky. Obrázky jsou pouze 4 a další 3 pak jako zadání skupinové práce s modely.



Obrázek č. 4: Prezentace: Typy vzorců, stavba molekul a izomerie v organické chemii
(9)

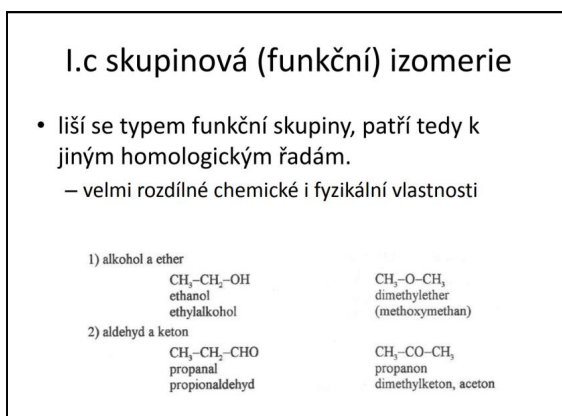
2.1.3.2 *Izomerie, Reakce organických sloučenin, Názvosloví organické chemie (10)*

Autorem prezentace je Tomáš Hauer z 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Prezentace má 56 snímků a v sobě nese tři velká témata: Isomerii, reakce organických sloučenin a názvosloví chemie. Tématu isomerie je věnována hned první část (snímek 2 až 29). Na konci některých tematických celků jsou testy. Následující rozbor bude věnován pouze první polovině prezentace (do snímku 29).

Snímek 2 nese informaci o tom, co je isomerie. Na dalších snímcích se rozebírají jednotlivé typy isomerií: konstituční (strukturní) – řetězová, polohová, skupinová, tautomerie. Následuje test s devíti otázkami. Otázky jsou otevřené, pouze otázka č. 6 nabízí na výběr jednu správnou odpověď ze 4 alternativ (a-d). Dál se prezentace věnuje tématu konfigurační isomerie – geometrické (jsou jí věnovány 4 snímky) a optické (7 snímků). Poslední částí se zabývá tématem konformace. Po něm následuje

test shrnující konfigurační isomerii a konformace. Test obsahuje 8 otevřených otázek a jednu otázku, která nabízí jednu správnou odpověď ze 4 alternativ (a-d).

V celé části isomerie je pouze jeden barevný obrázek. Převažuje text, který je doplněn o racionální vzorce molekul (viz Obrázek č. 5.)



Obrázek č. 5: Prezentace: Izomerie, reakce organických sloučenin, názvosloví organické chemie (10)

2.1.3.3 Opakování – Isomerie (11)

Powerpointová prezentace vznikla díky dotacím Evropské unie do rozvoje vzdělávání v roce 2012. Autorem je Sylva Kalenská. Prezentace vznikla na Gymnáziu Vítězslava Nováka v Jindřichově Hradci. Tento didaktický materiál je určen pro 3. ročník středních škol.

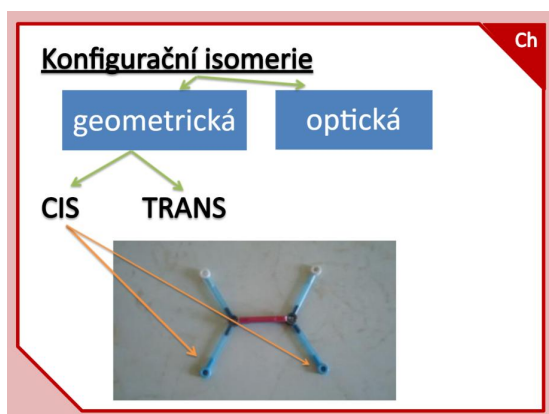
Prezentaci tvoří 18 snímků. Na prvním snímku je sdělení o projektu, při kterém prezentace vznikla. Druhý snímek nese název dokumentu, autora, zařazení tématu do oblasti a oboru vzdělávání a další obecné informace o dokumentu. Na třetím snímku je anotace dokumentu: „Cílem tohoto DUMu je seznámit studenty s problematikou isomerie v organické chemii. Látka obsahuje základní typy isomerie se zaměřením na isomerii konstituční. Optické isomerii bude věnována samostatná kapitola. V závěru prezentace studenti zodpoví otázky k tématu a sestaví ze stavebnic určených pro chemii organické modely.“ (11, snímek č. 3)

Snímky 4 až 6 se věnují isomerii obecně. Obsahují definici a rozdělení isomerie na konstituční, kterou dále dělí na řetězovou, polohovou, skupinovou a tautomerii, a konfigurační, kterou dále dělí na geometrickou a optickou.

Snímky 7 až 11 se zabývají konstituční isomerií. Každému typu konstituční isomerie (řetězová, polohová, skupinová a tautomerie) je věnován jeden snímek. Na snímcích je definice daného typu isomerie, která je demonstrována na příkladu sloučenin.

Snímky 12 až 16 se věnují stereoisomerii neboli konfigurační isomerii. Presentace se zabývá pouze geometrickou isomerií, optická isomerie není v prezentaci vysvětlována.

Na 17. snímku jsou 4 úkoly, které mohou žáci vyplnit s pomocí prezentace. V prezentaci jsou 2 barevné obrázky a barevné schéma rozdělení isomerů (viz obrázek č. 6). V textu se objevuje schematické znázornění molekul, barevné šipky či zvýraznění důležitých částí textu nebo molekul. Presentace interaguje s žáky. Na snímku 14 se ptá na typ isomeru, který je na fotce, na snímku 16 je instrukce: „Zakreslete (E)-but-2-en“.



Obrázek č. 6: Presentace: Opakování – Isomerie (11)

2.1.3.4 Shrnutí rešerše powerpointových prezentací

První a třetí z analyzovaných prezentací jsou určeny pro střední školy. Druhá prezentace vznikla na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy, lze tedy předpokládat, že je určena studentům vysoké školy.

Prezentace jsou přehledné a mají podobnou strukturu.

Prezentace byly vybrány tak, aby obsahovaly zapojení žáků. První z analyzovaných prezentací (kapitola 2.1.3.1) obsahuje zadání skupinové práce. Druhá prezentace (kapitola 2.1.3.2) obsahuje dva krátké testy pro žáky na ověření, zda rozumí tématu. Poslední z hodnocených prezentací (kapitola 2.1.3.3) obsahuje několik úkolů, které žáci vyplňují s pomocí prezentace a tím si téma zopakují.

Prezentace s názvem Opakování: Isomerie (kapitola 2.1.3.3) obsahuje nafocené modely sloučenin sestavené pomocí stavebnice chemických modelů. V dalších prezentacích jsou při uvádění příkladů isomerů použity jen chemické vzorce sloučenin.

Všechny analyzované prezentace se opět omezují pouze na statické znázornění rozdílu dvou isomerů. Žáci si tak mohou fixovat nesprávnou představu molekul jako 2D objektů, což může vést k nepochopení celé isomerie. Nutno ale dodat, že prezentace s názvem „Typy vzorců, stavba molekul a izomerie v organické chemii“ pracuje se stavebnicí modelů. Pokud jsou tedy statické obrázky v prezentaci doplněny o práci s modely molekul, žáci lépe pochopí problematiku isomerie. Samotná prezentace je však, stejně jako ostatní, pro správné pochopení nedostačující.

2.1.4 Výukové webové stránky

Dalšími analyzovanými učebními pomůckami byly výukové webové stránky (neboli vzdělávací internetové portály). Vzdělávacích portálů mohou využívat jak samotní žáci např. při samostudiu, tak učitelé pro přípravu vyučovací hodiny. Učitelé se mohou těmito webovými portály inspirovat, mohou na nich nacházet materiály vhodné do výuky (např. výše zmíněná videa, prezentace nebo animace) či alespoň vzdělávací obsah, který mohou ve své školní praxi využít. Výukové webové stránky předkládají vzdělávací obsah spíše v ucelené podobě, což je výhodou na rozdíl od izolovaných videí či prezentací. Byly vybrány tyto chemické portály: www.e-chembook.eu, www.mojechemie.cz a www.galenus.cz. Portály www.e-chembook.eu a www.mojechemie.cz patří mezi první odkazy, které se zobrazily (v říjnu 2017) po zadání hesla „výuka chemie isomerie“ resp. „výuka chemie izomerie“ do internetového vyhledávače Google. Poslední web byl vybrán, jako zástupce dalších výukových webů, které nejsou přímo chemické, ale obsahují nějaké specifické téma s chemií související, v tomto případě zdraví, výživu a biochemii.

2.1.4.1 www.e-chembook.eu (12)

Na stránkách www.e-chembook.eu je uvedena charakteristika tohoto webu:

„E-ChemBook je vzdělávací portál, který má za cíl být elektronickou příručkou chemie využitelnou při studiu na gymnáziích a jiných školách, přípravě k maturitě i přijímacím zkouškám na vysoké školy.“ Autorem webu je Jan Břížďala.

Isomerii se na výukovém webu www.e-chembook.cz věnuje článek Isomerie organických sloučenin. Výklad isomerie začíná dvěma odstavci o historii objevování isomerie, poté následuje informace o rozdělení isomerie: „*Izomerie může být konstituční (řetězová, polohová a skupinová) anebo prostorová (konformační, geometrická a optická).*“ (13)

Konstituční isomerie je vysvětlována pomocí odstavců, které doplňují tabulky s příklady konstitučních isomerů. V tabulce jsou vždy uvedeny konfigurační vzorce molekul s barevně vyznačenými rozdíly ve vzorcích, a názvy opět s barevně rozlišenými rozdíly v názvech. Nakonec je v tabulce uvedeno srovnání teploty tání a teploty varu.

Konformační i geometrické isomery jsou také vysvětlovány pomocí tabulek doplňující odstavce věnující se jednotlivým druhům konformačních isomerů. Tabulky srovnávají jednotlivé isomery. Je uveden název isomeru, sumární vzorec a o jaký typ konformace nebo geometrického isomeru se jedná. V tabulce je nakreslená také struktura molekuly. U geometrických isomerů je uvedeno i určení „významnějšího substituentu“.

Optickým isomerům se věnují čtyři odstavce doplněné obrázkem „chirálního atomu uhlíku“ resp. lépe řečeno stereogenního centra a schématem otáčení roviny polarizovaného světla. Celý výklad je zakončen úlohou, ve které žáci mají za úkol nakreslit vzorce různých molekul a určit typ isomerie.

Na postranních lištách vedle hlavního textu jsou doplňující a zajímavé informace.

Geometrické izomery se liší umístěním charakteristických skupin vůči rovině určené násobnou vazbou. Tyto izomery se označují pomocí předpon **E-** a **Z-** (obecnější než dříve více používané předpony **trans-** a **cis-**). Uvedené písmenné označení má původ v němčině a udává, zda „významnější“ substituenty leží „proti sobě“ („*entgegen*“ = proti, odtud **E-**), nebo „společně“ u sebe („*zusammen*“ = spolu, odtud **Z-**).



Molekula cyklohexanu C_6H_{12} ve své **židličkové konformaci**

Předpony **E-** a **Z-** jsou obecnější a byly zavedeny z důvodu nedostatečnosti předpon **cis-** a **trans-** pro popis vícesubstituovaných sloučenin.

Obrázek č. 7: Výukový web: www.e-chembook.eu (13)

2.1.4.2 www.mojechemie.cz (14)

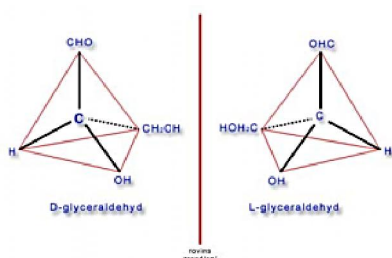
Na webu www.mojechemie.cz je uvedena charakteristika tohoto webu: „*Tento web zabývájící se biochemií, organickou chemií, anorganickou chemií a chemií obecnou*

vznikl jako prostředek předání informací ze světa chemie (jak na úrovni středoškolské, tak na úrovni vysokoškolské) široké veřejnosti.“ (15) Kontaktní osobou za tým autorů je Kateřina Kedrová. Tento web dále odkazuje na stránku www.osel.cz, na které jsou podle autorů webu www.mojechemie.cz „články, které byly přeloženy z odborných časopisů (publikovaných většinou v anglickém jazyce) a které byly přepsány do nenáročné formy.“ (16) Dále odkazují na již neexistující stránky Milady Teplé (www.teplamilada.wz.cz), ze kterých byla některá schémata na stránkách www.mojechemie.cz převzata.

Chemicky zaměřený portál www.mojechemie.cz obsahuje kapitolu s názvem Organická chemie: Úvod. Kapitola má pět částí: Hybridizace orbitalů, chemická vazba, chemické vzorce, chemické reakce, isomerie. Další text bude věnován pouze poslední části, která souvisí přímo s isomerií.

Výklad začíná definicí pojmu isomerie a jejím základním dělením. Konstituční isomery jsou popsány třemi větami a je uvedeno rozdělení konstituční isomerie s využitím několika geometrických vzorců molekul isomerů. Konfiguračním isomerům (konkrétně geometrické a optické isomerii) je věnován větší prostor. Geometrické isomery popisuje odstavec doplněný strukturním vzorcem *E*-3-methylpenta-1,3-dienu. V odstavci je vysvětlen rozdíl mezi isomery *cis/trans* a *E/Z*. Optické isomerii je věnován zbytek kapitoly. V textu je vysvětlena zvláště D/L isomerie a *R/S* isomerie (resp. určení relativní vs. absolutní konfigurace). Text je doplněn o několik obrázků se vzorci molekul, z nichž jeden je barevný. U *R/S* isomerie je výklad zaměřen na určení *R* nebo *S* formy. Začíná určením důležitosti substituentu, vhodným zakreslením geometrického tvaru molekuly. Vysvětluje také pravidla pro překreslování molekul do takového postavení, kdy nejméně důležitý substituent směřuje dozadu, a tak lze určit *R* nebo *S* formu molekuly. Poslední odstavec se věnuje názvosloví chirálních sloučenin.

D/L izomerie



Standardem pro určování D/L izomerie sacharidů je glyceraldehyd. (D-glyceraldehyd je v podstatě R-glyceraldehyd, a L-glyceraldehyd je v podstatě S-glyceraldehyd)

O optické aktivitě rozhoduje směr vazby hydroxi skupiny na posledním chirálním uhlíku (ve fischerově vzorci). K tomu je nutno doplnit, že u fischerovy projekce jdou svislé vazby za rovinu nákresny a horizontální jsou před ní. Tato projekce se ale u více uhlíkatých sloučenin strukturně nekreslí.

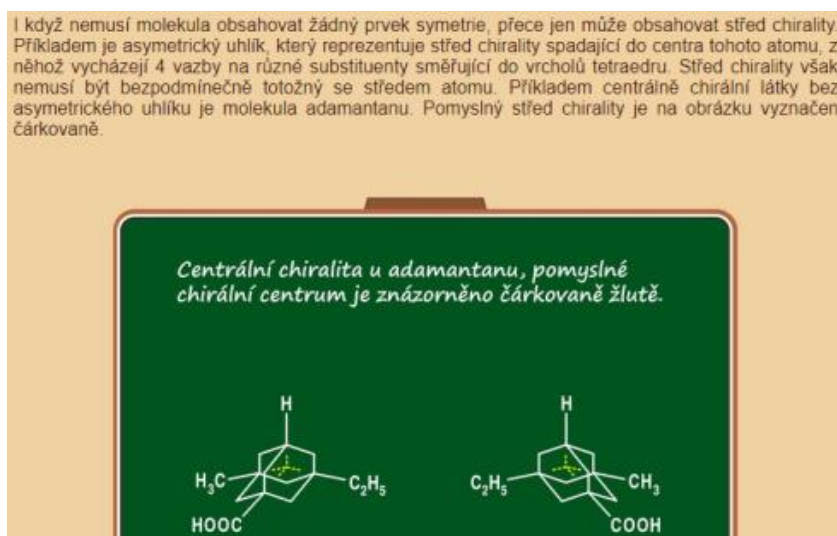
Obrázek č. 8: Výukový web: www.mojechemie.cz (17)

2.1.4.3 www.galenus.cz (18)

Autorem stránek je Karel Gebauer, který se podle webových stránek www.galenus.cz „více než 30 let zabývá problematikou biochemie a fyziologie tkání.“

Na webových stránkách je uvedeno, že „Stránky jsou určeny jako studijní pomůcka zaměřené na trávení, vstřebávání a metabolismus živin, energetický metabolismus a popis souvisejících procesů.“ Webový portál obsahuje tři kapitoly, ve kterých se vysvětluje termín isomerie. První kapitola se věnuje steroidům. V této kapitole je jeden odstavec věnován *cis/trans* isomerům. Druhá kapitola nese název: „Izomery“. V této kapitole jsou stručně vysvětleny strukturní (konstituční) isomery, konformační isomery a stereoisomery. Následuje slovníček pojmů, ve kterém jsou pouze tři vysvětlené pojmy (konfigurace, enantiomery, diastereomery) a dál je téma nedokončené. Poslední kapitola se zabývá chiralitou a optickou isomerií.

Optická isomerie je vysvětlována na monosacharidech. V první části kapitoly je uvedeno vysvětlení rozdílu mezi pojmy konfigurace a konformace. Dále jsou vysvětleny pojem chiralita a asymetrický uhlík a je ukázáno, jakou mají mezi sebou souvislost. Následuje vysvětlení Fischerovy projekce. Posledním tématem je určení *R/S* konfigurace. Některá témata jsou vysvětlována na zelené tabuli, větší část výkladu je ale obsažena v souvislém textu (viz Obrázek č. 9). Tento web je vhodný pro výklad optické isomerie, především pro vysvětlení pojmů chirální a asymetrický a rozdílu mezi těmito pojmy.



Obrázek č. 9: Výukový web: www.galenus.cz (19)

2.1.4.4 Shrnutí rešerše výukových webových portálů

Z kapitol 2.1.4.1 až 2.1.4.3 vyplývá, že výukové webové portály obsahující kapitoly týkající se isomerie se zaměřují více na definice a popis isomerie, než na názorné příklady. Ve všech analyzovaných materiálech převažuje text nad obrázky. Navíc se tyto studijní materiály omezují pouze na 2D statickou vizualizaci, což může pak vést k miskoncepci isomerie. Při takovém znázornění molekul isomerů si žáci obvykle musí třetí rozměr domyslet, případně s ním vůbec nepočítají. Pohyblivé modely molekul by přitom mohly přispět ke správné interpretaci vysvětlované problematiky a navíc by mohly žáky zaujmout více, než statické obrázky, s jakými se setkávají v učebnici.

2.1.5 Aktivizující metody ve výuce tématu isomerie

Kromě klasických výukových materiálů se začíná ve výuce stále častěji užívat aktivizujících metod. Jednou z těchto metod je didaktická hra. Učitelé mohou na internetu vyhledávat i návody a podklady pro takové hry. Přestože je na internetu mnoho volně dostupných výkladových materiálů (prezentací, videí a obdobných učebních pomůcek), aktivizujících materiálů k tématu isomerie je naopak minimum. Přes značné úsilí byly vyhledány pouze dvě závěrečné práce popisující didaktické hry k tématu isomerie (viz dále).

2.1.5.1 Pexeso, černý Petr a Kvarteto na téma isomerie ve výuce chemie

Didaktické hry vhodné pro výuku isomerie byly nalezeny v diplomové práci Ondřeje Šustky z roku 2010 s názvem: „*Specifické činnosti učitele chemie a jeho žáků na téma: Izomerizace*“. (20) V poslední kapitole této práce nalezneme návod na pexeso: „*Pexeso je známá dětská hra, kde se hledají dvojice stejných obrázků. Jako chemickou obdobu této hry může učitel využít izomery různých molekul. Správný pár samozřejmě tvoří cis a trans izomery molekul o stejném sumárním vzorci. Tato hra umožňuje i více variant, které můžeme využívat podle jejich obtížnosti.*“

V práci je popsáno pět možných variant karetních her:

a) Pexeso zaměřené na strukturní vzorce isomerů

Na jednotlivé kartičky pexesa se zobrazí strukturní vzorce *cis* a *trans* isomerů. Podle obrázků lze pak přiřadit *cis* a *trans* isomery, aniž by žáci vůbec znali názvy zobrazených molekul na kartičkách. Jde pouze o grafické vyjádření jednotlivých molekul a ne o organické názvosloví.

b) Pexeso zaměřené na názvy isomerů

Na kartičkách pexesa jsou napsané pouze názvy molekul. Žák si pak musí danou molekulu představit a k ní hledat vhodnou dvojici.

c) Pexeso zaměřené na kombinace názvů a strukturních vzorců isomerů

Na kartičkách jsou zobrazeny strukturní vzorce a zároveň i názvy jednotlivých isomerů. Na jednotlivé kartičky pexesa se dají také připsat další charakteristiky (molární hmotnosti, body tání, vzhled látky atd.).

d) Karetní hra Černý Petr

Karetní hra Černý Petr je variantou předchozí zmíněné hry Pexeso: „*Hra černý Petr, upravená do stejného tématu jako zmiňované pexeso, je další možnou variantou.*“ (20) Není přesněji specifikováno, jakým způsobem karetní hru Pexeso přetvořit na hru Černý Petr. Lze předpokládat, že z Pexesa jednu kartu odebereme a její dvojice se pak stane kartou Černého Petra.

e) Karetní hra Kvarteto

Poslední hrou uvedenou v diplomové práci O. Šušťka je další modifikace hry Pexeso: „*Při využití strukturních vzorců a názvů cis a trans izomerů lze získat kombinaci čtyř karet stejného druhu. Tím vzniká kvarteto.*“ (20)

2.1.5.2 Elektronické pexeso

K diplomové práci Víta Fialy (21) byla vytvořena didaktická hra na procvičení organického názvosloví. Hru hrají žáci ve dvojici nebo každý sám. V pexesu, kde procvičují organické názvosloví, hledají žáci dvojici mezi modelem organické molekuly a jejím názvem. Modely se navíc dají přibližovat nebo lze s nimi otáčet. V diplomové práci je uvedeno: „*U uhlovodíků je dále zmíněna i konfigurační izomerie. Při práci s 3D modely se žáci detailně seznámí se strukturou molekul a mohou tak lépe rozdíly mezi jednotlivými typy izomerů.*“ (21) Podle autora práce by měla být hra k dispozici učitelům: „*Aby byla zajištěna distribuce vytvořené hry mezi učiteli, bude hra po obhájení diplomové práce zveřejněna na www.studiumchemie.cz – portále PŘF UK na podporu výuky chemie na základních a středních školách.*“ (21) Na stránkách však nebyla nalezena.

Kromě tvorby vlastní hry autor diplomové práce prováděl řešerši chemických didaktických her, které byly v obhájených pracích na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty University Karlovy. Některé z popsaných her opakují

všeobecné znalosti z chemie, je možné předpokládat, že i téma isomerie v nich bude obsaženo.

2.1.5.3 Shrnutí rešerše materiálů pro aktivizaci žáků

Při rešerši aktivizujících metod týkajících se isomerie byly nalezeny pouze výše uvedené hry. Jedná se o klasické stolní karetní hry a elektronickou verzi karetní hry Pexeso. Při použití klasické stolní hry se může stát, že si žáci kartičky zapamatují, a tak hledáním správné dvojice (popř. čtveřice v případě Kvarteta) již nepochvičují znalosti isomerie jako spíše vlastní paměť. U elektronické verze je to eliminováno náhodným výběrem molekul ke hře. V práci Ondřeje Šústky (20) nejsou herní karty připraveny, učitel může přípravou karetní hry strávit více času, než je samotný herní čas. V práci Víta Fialy (21) jsou dvojice již připraveny, zároveň práce obsahuje návod, jak do hry přidat další dvojice molekul.

Elektronická verze pexesa navíc využívá 3D modelů chemických sloučenin, takže si žáci již při opakování chemického názvosloví fixují prostorové rozložení atomů v organických molekulách.

2.2 Zastoupení tématu isomerie ve vzdělávacích programech pro gymnázia

Rámcové vzdělávací programy (RVP) jsou hlavními kurikulárními dokumenty vytvářenými na státní úrovni. RVP vymezují závazné rámce vzdělávání pro jeho jednotlivé etapy (pro předškolní, základní a střední vzdělávání). Školní úroveň představují školní vzdělávací programy (ŠVP), podle nichž se uskutečňuje vzdělávání na jednotlivých školách. Školní vzdělávací program si vytváří každá škola podle zásad stanovených v příslušném RVP.

2.2.1 Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G)

V oblasti Člověk a příroda je v oboru chemie vymezen očekávaný výstup žáka jako „žák zhodnotí vlastnosti atomu uhlíku významné pro strukturu organických sloučenin“. (22) Je to jediná zmínka o struktuře organických sloučenin, do které by mohlo spadat téma isomerie. Učitelé si pak při sestavování školních vzdělávacích programů musí sami téma isomerie zařadit do vzdělávacích plánů a definovat výstupy žáka a konkrétní učivo.

2.2.2 Školní vzdělávací programy vybraných gymnázií (ŠVP)

Pro ukázkou toho, jakým způsobem je téma isomerie zpracováno ve školních vzdělávacích programech byly vybrány tři školy tak, aby jedna byla zástupcem přírodovědně zaměřeného gymnázia, druhá všeobecně zaměřeného gymnázia a třetí humanitně zaměřeného gymnázia. První vybranou školou jako zástupce škol s přírodovědným zaměřením je Gymnázium Botičská. Na oficiálních webových stránkách školy se uvádí, že: „*je tradičně zaměřené na přírodovědné předměty, zejména na biologii a chemii*“.⁽²³⁾ Lze tedy předpokládat, že chemii bude v ŠVP věnován větší prostor, než na klasickém gymnáziu. Druhou vybranou školou jako zástupce škol s všeobecným zaměřením je Gymnázium Mimoň. Jedná se o všeobecné gymnázium. Třetí vybranou školou jako zástupce škol s humanitním zaměřením je Biskupské gymnázium Brno, které nabízí obor humanitní čtyřleté studium pro absolventy ZŠ. Lze tedy předpokládat, že chemii bude v ŠVP v porovnání s ŠVP předchozích škol věnován menší prostor.

2.2.2.1 Gymnázium Botičská

Dle tematického plánu uvedeného v ŠVP gymnázia jsou chemii věnovány v prvním i ve druhém ročníku 2,5 hodiny týdně, ve třetím ročníku 3 hodiny týdně. Téma isomerie je zařazeno do druhého ročníku. V rámci celku Organická chemie je uvedeno učivo: „*Organické sloučeniny, struktura, reakce a názvosloví. Význam organických sloučenin, vaznost prvků, vazby, izomerie, reakce a názvosloví.*“,⁽²⁴⁾ A dále jsou specifikovány výstupy žáka „*Žák charakterizuje typy a vlastnosti vazeb, izomerii a vaznost typických prvků v organické chemii.*“⁽²⁴⁾

2.2.2.2 Gymnázium Mimoň

Podle učebního plánu Gymnázia Mimoň jsou předmětu chemie věnovány 2 hodiny týdně v druhém až osmém ročníku osmiletého studia a v každém ročníku čtyřletého studia. Téma Isomerie je zařazeno do šestého ročníku osmiletého gymnázia, tedy do druhého ročníku vyššího gymnázia. ŠVP vymezuje očekávané výstupy žáka takto: „*Žák se seznámí s názvoslovnými pravidly, základními reakcemi, izomerií, indukčním a mezomeriím efektem.*“⁽²⁵⁾ Témata učiva, které mají tento výstup podpořit, jsou: „*Struktura organických sloučenin. Vzorce a molekuly. Reakce organických sloučenin*“.⁽²⁵⁾ ŠVP zároveň uvádí průřezové téma s matematikou a tím jsou

prostorové tvary molekul. Je velmi důležité, že škola vnímá při výkladu struktury organických sloučenin i potřebu prostorové orientace, které se věnuje spíše matematika.

2.2.2.3 Biskupské gymnázium Brno

Dle tematického plánu uvedeného v ŠVP gymnázia jsou chemii v humanitně zaměřeném oboru věnovány 2 hodiny týdně v 1. až 3. ročníku. Termín isomerie není přímo zmíněn v ŠVP tohoto gymnázia. Pravděpodobně je obsažen ve vymezení výstupu žáka v rámci tematického celku Organická chemie – popisná část. *„Žáci umí vysvětlit rozdílnosti i podobnosti struktury ve vztahu k vlastnostem a použití jednotlivých zástupců organických chemických látek.“* (26)

2.2.2.4 Shrnutí analýzy ŠVP

Z kapitol 2.2.2.1 – 2.2.2.3 vyplývá, že téma isomerie je v ŠVP zmíněno buď jako výčet mezi dalšími pojmy v celku organické chemie (Gymnázium Botičská a Gymnázium Mimoň) nebo není zmíněno vůbec (Biskupské gymnázium Brno). V žádném není přesněji specifikováno. Určení, jaká témata a do jaké hloubky se budou v rámci isomerie probírat, je na samotném učiteli. Jak vychází z analýzy učebnic a dalších studijních materiálů, výklad isomerie se v různých materiálech liší.

2.3 Aktivizující metody ve výuce chemie

Jedním ze stanovených cílů bakalářské práce je vytvoření nových vzdělávacích materiálů pro výuku tématu isomerie na středních školách a tyto materiály zakomponovat do vzdělávacího procesu. Materiály budou vytvářeny s cílem zapojit žáky, tedy aktivizovat je. Tato kapitola bude věnována výuce jako takové a především aktivizujícím výukovým metodám.

Výuka je definovaná jako *„hlavní forma vzdělávací činnosti, při níž učitel a žáci vstupují do určitých vztahů a jejímž cílem je dosahování stanovených cílů.“* (27)

„Metodické jednání učitele vyrůstá z určité koncepce výuky, podílí se na organizaci výukového procesu a zajišťuje optimální vztah mezi všemi působícími činiteli. Nejadekvátnějším operativním nástrojem učitelovy vzdělávací kompetence je výuková metoda, neboť právě metoda zprostředkovává a zajišťuje dosažení vzdělávacích cílů.“ (28) *„Metoda působí komplexně a ovlivňuje celkový chod a výsledek výuky.“* (29)

Některé metody mohou být efektivnější, jiné jsou méně časově náročné nebo jsou jednodušší pro přípravu učitele. Při přípravě vyučovací hodiny je dobré si uvědomit, že každý žák může preferovat jiné metody a tedy je dobré, aby v hodině bylo využito několik různých výukových metod.

V odborné literatuře najdeme různé klasifikace výukových metod z různých hledisek. Níže jsou uvedeny příklady vybraných vyučovacích metod podle Maňáka a Ševce (28)

- Klasické výukové metody
 - metody slovní
 - metody názorně demonstrační
 - metody dovednostně praktické
- Aktivizující Metody
 - metody diskusní
 - metody heuristické, řešení problémů
 - metody situační
 - metody inscenační
 - didaktické hry
- Komplexní výukové metody

2.3.1 Kužel učení

V roce 1946 Edgar Dale poprvé publikoval diagram „kužel učení“ (z anglického „Cone of Experience“ či „Cone Of Learning“) v publikaci *Audio Visual Methods In Teaching*. (30) E. Dale v diagramu srovnává různé vyučovací metody podle efektivity vyučování. V horních patrech kužele jsou ty nejméně efektivní, naopak při základně jsou ty nejúspěšnější. Autor tohoto diagramu ve své publikaci také popsal, že efektivnost vyučování souvisí s tím, jestli se vyučovací metoda blíží realitě. Pokud žák je přímým účastníkem reálné situace a navíc získané informace prezentuje, naučí se více, než pokud jsou mu informace sdělovány pouze slovně. Od roku 1946 byl kužel učení postupně upraven. Na obrázku č. 10 je upravená verze přeložená do českého jazyka. Procenta uvedená v levé části diagramu vyjadřují průměrnou míru „zapamatování si“. Jinými slovy, kolik ze získaných informací si člověk uchová v paměti. Z obrázku č. 10 je patrné, že metody, při kterých jsou žáci sami aktivní, jsou na předání informací úspěšnější. (30)



Obrázek č. 10: Kužel zkušenosti (31)

2.3.2 Aktivizující metody

T. Kotrba a L. Lacina charakterizují aktivizující metody následovně: „*Aktivizující metody zlepšují proces výuky z metodického hlediska a činí vyučování efektivnějším. Hlavním cílem aktivizujících metod je změnit statické monologické metody v dynamickou formu, která vtáhne studenty nenásilným způsobem do problematiky a zvýší tak jejich zájem o probíranou tematiku*“. (32) Mezi pět základních skupin aktivizujících metod patří diskusní metody, metody heuristické, řešení problému, situační metody, inscenační metody a didaktické hry. (28)

Diskusní metody: „*Diskuse je taková forma komunikace učitele a žáků, při níž si účastníci navzájem vyměňují názory na dané téma, na základě svých znalostí pro svá tvrzení uvádějí argumenty, a tím společně nacházejí řešení daného problému.*“ (28)

Metody heuristické, řešení problémů: „*Heuristická činnost je způsob řešení problémů. Podstata této metody spočívá v tom, že nesdělujeme žákům vědomosti přímo. Ve výuce je vedeme k tomu, aby buď zcela samostatně, nebo s přiměřenou pomocí učitele došli k novým poznatkům vlastním myšlenkovým úsilím.*“ (33)

Situační metody: „Vztahují se na širší zázemí problému, na reálné případy ze života, které představují specifické, obtížné jevy vyvolávající potřebu vypořádat se s nimi, vyžadující angažované úsilí a rozhodování.“ (28)

Inscenační metody: „Podstatou inscenačních metod je sociální učení v modelových situacích, v nichž účastníci edukačního procesu jsou sami aktéry předváděných situací.“ (28)

Didaktická hra: „Hra je jedna ze základních forem činnosti člověka (vedle práce a učení), pro niž je charakteristické, že je to svobodně zvolená aktivita, která nesleduje žádný zvláštní účel, ale cíl a hodnotu má sama v sobě.“ (28) T. Kotrba a L. Lacina definují didaktickou hru takto: „Didaktická hra je forma seberealizace žáků, řízená určitými pravidly a sledující výchovně vzdělávací cíle“. (32) V literatuře jsou uvedené různé typy her a jejich různé klasifikace. Důležité je si uvědomit, že hra není pouze pro děti, ale je vhodným motivačním prvkem i pro dospívající a dospělé lidi. Každá hra má jasný cíl a pravidla, která určí, jakým způsobem se dá cíle dosáhnout. V některých hrách je silný prvek soutěživosti, v jiných je kladen nárok na kooperaci spoluhráčů, některé kombinují obojí. Účelem didaktických her je prohloubení a procvičení určitých znalostí a dovedností. Didaktická hra je stále jen prostředkem k naplnění didaktického cíle. Ačkoli jde o metodu efektivní a motivační, je třeba vždy zvážit, kolik času hra zabere a zda její zařazení nezabrání naplnění jiného cíle.

3 Praktická část

Praktická část práce představuje didaktické materiály podporující výuku tématu isomerie na středních školách. Jedná se o výkladovou powerpointovou prezentaci doplněnou o otáčivé modely molekul (kap. 3.1) a o návrhy na aktivizaci žáků (kap. 3.2). Kap. 3.3 pak představuje konkrétní návrh začlenění vytvořených materiálů do vzdělávacího procesu na středních školách, a to jejich zařazení do vyučovacích hodin organické chemie související s tématem isomerie. Materiály byly vytvářeny s ohledem na výsledky rešeršní části.

3.1 Výkladová powerpointová prezentace

Kapitola představuje podpůrnou vzdělávací prezentaci, která je vytvořena v programu Microsoft PowerPoint. Prezentace se skládá z 66 snímků a její vzdělávací obsah odpovídá úrovni středních škol s přírodovědným či všeobecným zaměřením. Do prezentace byly vloženy modely molekul, které byly vytvořeny v programu ACD/Chemsketch (Freeware) 2015 a Discovery Studio Visualizer v16.1.0.15350. Podkladem pro tvorbu vzdělávací prezentace byla odborná chemická literatura (34, 35, 36, 37, 38).

Úvod prezentace se věnuje pojmům: konstituce, konfigurace a konformace. Je stěžejní, aby žáci těmto pojmům porozuměli a uvedli rozdíl mezi nimi. Všechny tři pojmy totiž úzce souvisí s pojmem struktura, avšak nejedná se o synonyma. Na základě rozdílné struktury a nyní již záleží, zda se tím myslí konstituce, konfigurace či konformace, jsou jednotlivé stereoisomery rozlišovány na konstituční isomery, konfigurační isomery v některé literatuře i konformační isomery. Až žáci tyto pojmy pochopí, je možné přejít k dalším snímkům prezentace.

Prezentace pokračuje vysvětlením konstitučních isomerů a jejich základním rozdělením. Následují konfigurační isomery a jejich rozdělení. V této části se od žáků předpokládá používání abstraktního uvažování a jistá schopnost prostorové představivosti. Jako poslední typ isomerie jsou v prezentaci uvedeny konformační isomery.

Poslední kapitola se zabývá významem isomerie, uvádí rozdílné účinky molekul, které jsou si vzájemnými isomery.

V prezentaci se objevují otázky a úkoly, jejichž cílem je aktivizovat žáky a přimět je se zamyslet nad probíranou problematikou. Do prezentace bylo vloženo celkem

44 statických modelů molekul a 25 animací obsahující otáčivé modely vybraných molekul, na kterých učitel může demonstrovat rozdílné struktury isomerů. Žáci se pomocí „3D otáčivých modelů“ učí vnímat chemické molekuly jako 3D struktury, což může přispět k pochopení isomerie a pomoci žákům, kteří mají problémy s prostorovou představivostí. Jednotlivé snímky s didaktickými komentáři jsou součástí kap. 3.1.1. Obrázky jsou dále uváděny jako snímky z prezentace.

Vzdělávací cíle výukové PowerPointové prezentace jsou formulovány takto:

- Žák klasifikuje strukturu organických sloučenin a analyzuje konkrétní sloučeniny z pohledu konstituce, konfigurace a konformace.
- Žák klasifikuje, porovnává jednotlivé druhy isomerie (konstituční, konfigurační a konformační) a rozlišuje mezi nimi.
- Žák porovnává isomery a posoudí o jaký typ isomerie se jedná.
- Žák sestaví modely organických sloučenin na základě předlohy (obrázku modelu či strukturního vzorce).
- Žák porovná sestavené modely chemických sloučenin a určí typ isomerie, které mezi sebou modely mají.
- Žák odvodí z chemického vzorce/modelu molekuly, zda k ní existuje isomer a určí typ isomerie mezi možnými isomery.
- Žák vlastními slovy s použitím některých příkladů uvede konkrétní rozdíly v chemickém chování vybraných isomerů.
- Žák vyvodí obecné závěry odlišného chování isomerů a zdůvodní význam isomerie (v každodenním životě i ve vědě).

3.1.1 Didaktické poznámky k prezentaci

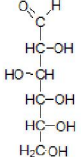
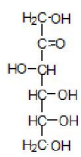
ISOMERIE

Běla Marie Samková
3. ročník bakalářského studia
Chemie-biologie se zaměřením na vzdělávání
Přírodovědecká fakulta UK

Snímek č. 1

ISOMERIE

- Isomerie je vzájemný stav dvou a více molekul se stejným sumárním vzorcem, ale lišící se strukturním uspořádáním atomů v molekule

<p>Glukosa</p>  <p>$C_6H_{12}O_6$</p>	<p>Fruktosa</p>  <p>$C_6H_{12}O_6$</p>
--	--

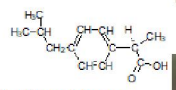
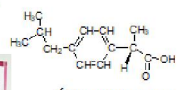
Snímek č. 2


Didaktické poznámky ke snímkům č. 1 až 2: Učitel uvede téma hodiny (snímek č. 2). Hodina by měla začít aktivně a motivačně a první seznámení s novým tématem by se mělo opírat o znalosti, které již žáci mají. Pomocí otázek je vhodné vtáhnout žáky do tématu. Co víme o cukrech uvedených na snímku? Jak je využíváme? Kde se vyskytují? Spočítejte atomy uhlíku u obou molekul, liší se? Spočítejte také atomy kyslíku a vodíku, liší se? Můžeme říct, že glukosa je ta samá sloučenina jako fruktosa?

ISOMERIE

- Znalost isomerie může pomoci předvídat stabilitu molekul, do jakých reakcí mohou vstupovat a jakým způsobem v nich reagují, nebo biologické účinky jednotlivých látek

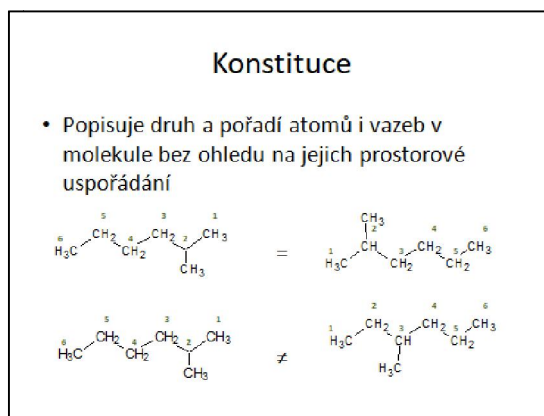
Ibuprofen

 <p>Neúčinná forma</p>	 <p>Účinná forma</p>
---	--



Snímek č. 3

Didaktické poznámky ke snímku č. 3: Na snímku je uveden význam isomerie. Učitel žákům může položit otázku: Kdo z vás si někdy vzal Ibuprofen a která z těchto látek vám způsobila úlevu od bolesti? Po kliknutí se zobrazí pod molekulami označení účinné a neúčinné formy. Žáci jsou vyzváni, ať najdou, v čem se liší vzorec účinné a neúčinné formy Ibuprofenu.

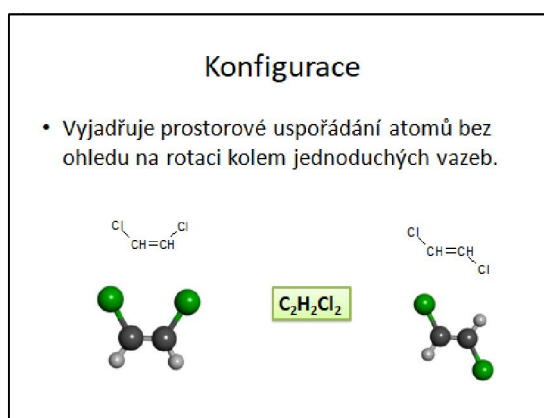


Snímek č. 4

Didaktické poznámky ke snímku č. 4: Na chemických vzorcích je znázorněno, že první dvě molekuly mají stejnou konstituci. Nezáleží, ze které strany je molekula rozepsaná, větvení je na druhém uhlíku. Pokud jsou žáci z předchozích hodin seznámeni s názvoslovím, je vhodné zde zopakovat, že uhlíky v řetězci číslujeme tak, aby větvení bylo na uhlíku s co možná nejnižším číslem.

Druhé dvě molekuly stejný vzorec nemají, větvení je na jiném uhlíku. Žáci si tuto skutečnost mohou ověřit tím, že si očíslojí uhlovodíkový řetězec zleva i zprava.

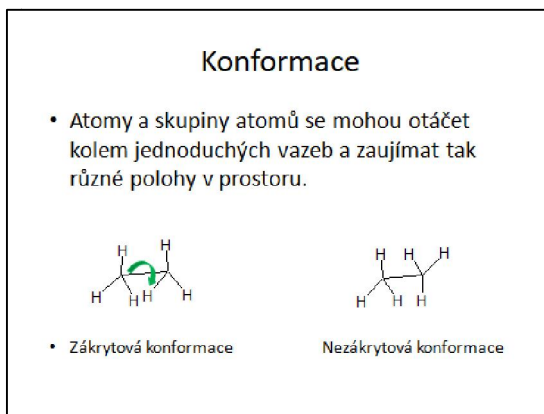
Učitel by pak měl situaci s větvením zobecnit. Konstituce mluví o tom, jak jsou v molekule uspořádány atomy, kde se řetězec větví, kde jsou umístěny násobné vazby a různé funkční skupiny.



Snímek č. 5

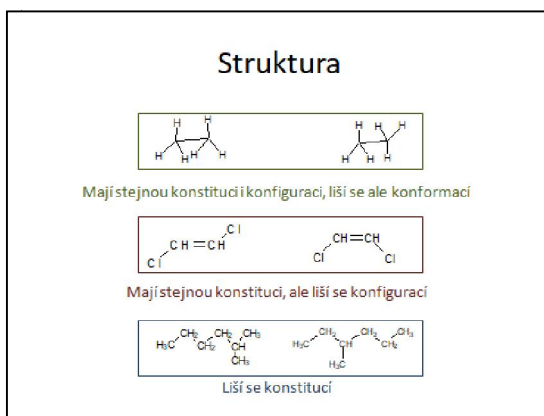
Didaktické poznámky ke snímku č. 5: Na snímku je znázorněna molekula 1,2-dichlorethenu. Na modelu je vidět prostorové uspořádání atomů. Vhodné je, aby si žáci ve dvojicích sestavili modely obou znázorněných látek (každý ze dvojice jiný

isomer) a pokusili se ho převést (přetočit) na model svého spolužáka. Nepodaří se jim to, aniž by museli model narušit (přerušit vazby). Není vhodné vykládat konfiguraci jako samostatný pojem, ale nové informace dávat do souvislosti s předchozími snímky. Učitel může aktivizovat žáky otázkou: Liší se tyto dvě molekuly konstitucí? Správná odpověď je, že neliší. Liší se konfigurací? Modely se liší prostorovým uspořádáním atomů chloru. Liší se tedy konfigurací. Jedná se o dvě rozdílné sloučeniny? Správná odpověď je „Ano“.



Snímek č. 6

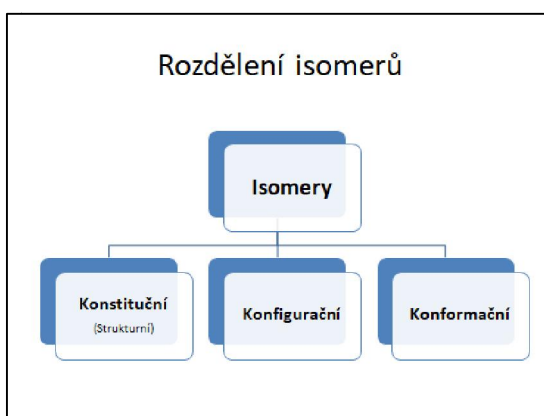
Didaktické poznámky ke snímku č. 6: Na snímku jsou uvedeny dvě konformace molekuly ethanu. Vhodné je, aby si žáci ve dvojicích sestavili modely molekuly ethanu (jeden ze dvojice zákrytovou formu, druhý nezákrytovou) a pokusili se ho převést (přetočit) na model svého spolužáka. Nyní se jim to podaří otáčením kolem jednoduché vazby. Žáci porovnají obě molekuly z hlediska konstituce, konfigurace a následně určí, v čem se liší. Správnou odpovědí je, že se neliší ani konstitucí ani konfigurací. **Nejedná se tedy o dvě rozdílné látky, ale o identickou sloučeninu, jejíž molekuly se liší konformací.** Pojem konformační isomer může být pro žáky matoucí. Je zapotřebí žákům řádně vysvětlit, že konformační isomery jsou v prostoru různě orientované molekuly stejné sloučeniny a že mohou mezi sebou přecházet pouhou rotací kolem jednoduché vazby, na rozdíl od konstitučních či konfiguračních isomerů, u nichž vzájemné isomery jsou odlišné chemické látky.



Snímek č. 7

Didaktické poznámky ke snímku č. 7: Na snímku č. 7 jsou pojmy konstituce, konfigurace, konformace porovnané. Učitel nechá žáky vlastními slovy pomocí snímku č. 7 vysvětlit jednotlivé pojmy. Žáci by si měli uvědomit že:

- mají-li dvě látky **stejnou konformaci**, potom musí mít stejnou konfiguraci i konstituci. Jedná se o totožné látky identicky orientované v prostoru.
- mají-li dvě látky **stejnou konfiguraci**, potom musí mít stejnou konstituci, ale mohou se lišit konformací. Jedná se o totožné látky.
- mají-li dvě látky **odlišnou konstituci**, potom musí mít odlišnou konfiguraci i konformaci. Nejedná se o totožné látky.
- mají-li dvě látky **odlišnou konfiguraci**, potom musí mít odlišnou konformaci. Nejedná se o totožné látky.



Snímek č. 8

Didaktické poznámky ke snímku č. 8: Na snímku č. 8 je uvedený diagram znázorňující rozdělení isomerů.

Konstituční (strukturní) isomery

- Isomery, které se liší povahou a pořadím atomů a vazeb v molekulách (**konstitucí**)

Snímek č. 9

Řetězové isomery

- Řetězové** isomery se liší uspořádáním uhlovodíkového řetězce
- Úkol: Vytvořte co nejvíce různých molekul, které obsahují právě 6 atomů uhlíku a 14 atomů vodíku.*

Snímek č. 10

Našli jste všechny?

C₆H₁₄

Snímek č. 11

C₅H₁₂


- Pentan
 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- 2-methylbutan
 $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- 2,2-dimethylpropan
 $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_3$


Snímek č. 12

Didaktické poznámky ke snímkům č. 9 až 12: Snímek č. 9 uvádí rozdělení konstituční isomerie. Žáci se pokusí odhadnout, v čem se budou lišit isomery v jednotlivých skupinách: řetězové, polohové a funkční/skupinové. Pojmy uvedené v závorkách jsou v prezentaci zařazeny z toho důvodu, že se s nimi žáci mohou setkat v literatuře či jiných studijních materiálech, je proto dobré se s nimi seznámit.

Na snímku č. 10 je zadání úkolu, jehož řešení pak odhalí snímek č. 11. Žáci úkol vypracovávají ve skupinách (je vhodný menší počet žáků na skupinu) pomocí stavebnice chemických modelů. Pokud tato stavebnice není k dispozici, žáci úkol vypracovávají do sešitu. Snímek č. 12 ukazuje další příklad řetězové isomerie.

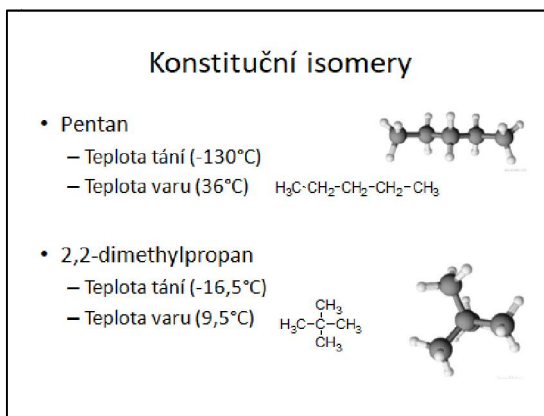
Otáčivé modely, instrukce a informace:

Po kliknutí na obrázek:  se v prezentaci přeskočí na snímek, na kterém se všechny modely otáčí.

Pro pokračování v prezentaci je třeba kliknout na obrázek: .

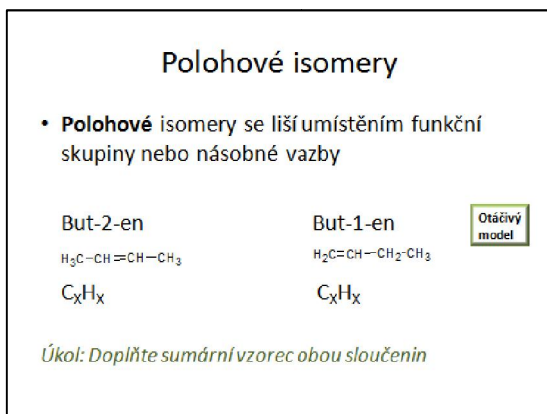
Po kliknutí na pravé tlačítko myši se otáčivá animace zastaví. Po kliknutí na levé tlačítko myši se model opět začne otáčet.

Přestože konstituční isomerie neřeší prostorové uspořádání, je důležité žáky s trojrozměrným uspořádáním seznámit. Lépe si tak zafixují představu trojrozměrného uspořádání molekul a u dalších druhů isomerie pro ně bude jednodušší se v modelu zorientovat. Z toho důvodu je vhodné také zařazení práce s modely.

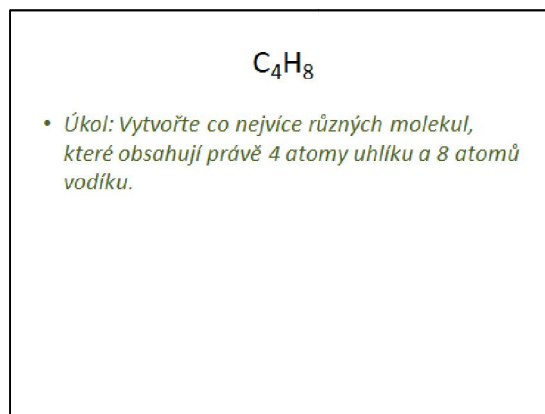


Snímek č. 13

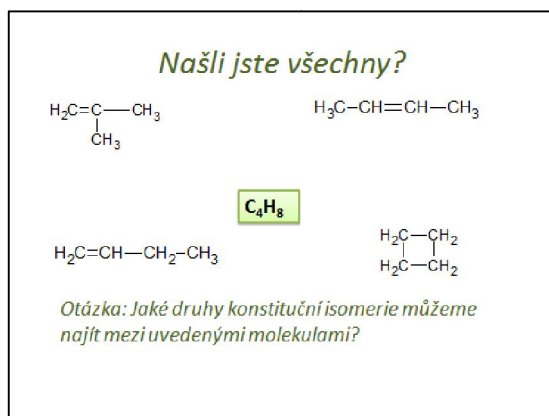
Didaktické poznámky ke snímku č. 13: Snímek zobrazuje rozličné vlastnosti dvou řetězových konstitučních isomerů. Na snímku učitel demonstruje, že větvení řetězce ovlivní teplotu tání a varu. V případě isomerů pentanu a 2,2-dimethylpropanu činí rozdíl teplot tání 113,5 °C.



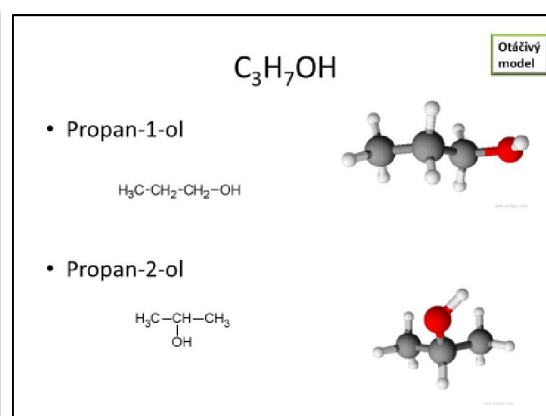
Snímek č. 14



Snímek č. 15



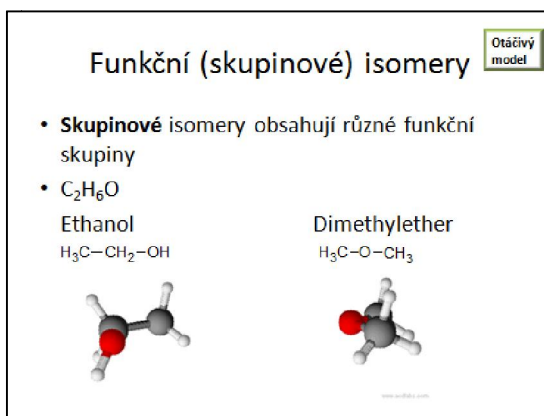
Snímek č. 16



Snímek č. 17

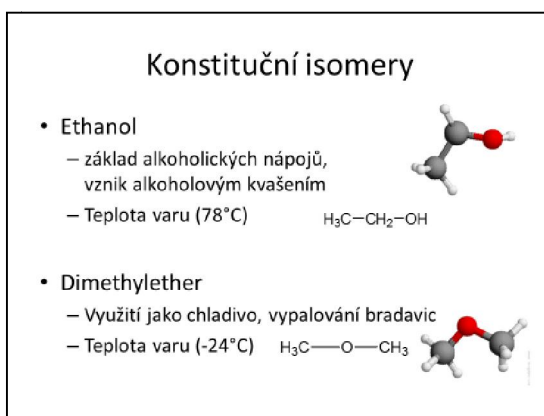
Didaktické poznámky ke snímkům č. 14 až 17: Na snímku č. 14 je uvedená definice polohových isomerů. Je vhodné ji dát do souvislosti s řetězovou isomerií, kde se jedná o polohu atomů uhlíku v řetězci. U polohové isomerie se řeší poloha násobných vazeb a funkčních skupin. Je zde odkaz na snímek s otáčivými modely butenu (but-2-enu a but-1-enu). Obsahuje úkol pro žáky, který vede žáky k uvědomění, že obě sloučeniny mají stejný sumární vzorec, ale liší se polohou násobné vazby. Žáci si tak znovu uvědomí definici isomerie a může to některým z nich pomoci se zorientovat v tématu. Snímek č. 15 obsahuje podobné zadání úkolu jako snímek č. 10. Je vhodné použít stavebnici s modely, případně lze i zakreslit isomer do sešitu. Na snímku č. 16 je řešení. Učitel by měl upozornit na molekulu cyklobutanu a 2-methylpropanu, které s ostatními molekulami tvoří řetězovou isomerii. Ostatní molekuly mezi sebou jsou isomerní z hlediska polohové isomerie (but-1-en a but-2-en). Žáky k uvědomění této skutečnosti vede otázka na snímku č. 16. Při položení otázky učitel dá krátký čas na to, aby si každý žák mohl ve třídě rozmyslet svou odpověď. Tak se zapojí větší část třídy, než když jeden hned otázku zodpoví a ostatní se tak nemusí nad problémem zamýšlet. Tato otázka pomůže zopakovat předchozí informace a dát je do souvislosti s novými. Tím je zajištěna lepší orientace v tématu a fixace znalostí.

Na snímku č. 17 jsou dvě molekuly alkoholu s odkazem na animaci molekul. Učitel tak ukazuje, že polohová isomerie se neomezuje jen **na polohu násobných vazeb, ale také funkčních skupin (alkoholové skupiny, halogenu, aldehydové skupiny a další).**



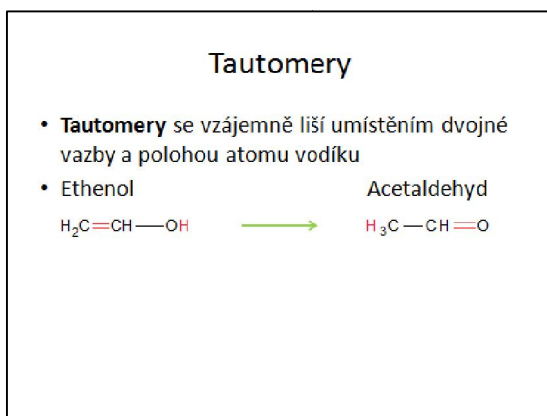
Snímek č. 18

Didaktické poznámky ke snímku č. 18: Na snímku je odkaz na otáčivé molekuly. Na nich učitel demonstruje v prostoru polohu kyslíkového atomu.

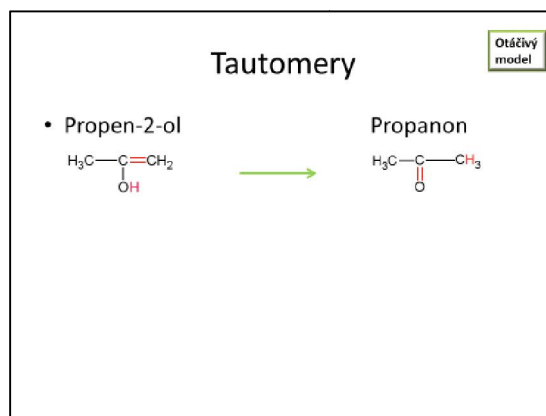


Snímek č. 19

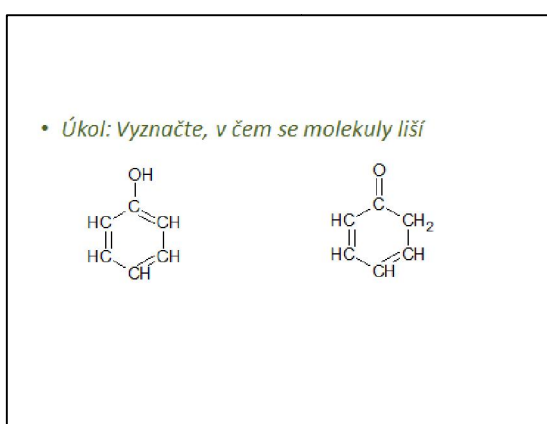
Didaktické poznámky ke snímku č. 19: Snímek zobrazuje rozlišné vlastnosti dvou funkčních konstitučních isomerů. Ethanol jako součást alkoholických nápojů žáci pravděpodobně znají, proto je doporučeno začít tímto příkladem. Učitel žáky znovu upozorňuje na skutečnost, že molekuly ethanolu mezi sebou vytváří vodíkové vazby, což má za důsledek vyšší teplotu varu této sloučeniny. Molekula dimethyletheru nemá na atomu kyslíku navázaný atom vodíku, nevytváří vodíkové vazby. Důsledkem je, že teplota varu dimethyletheru je o $102^{\circ}C$ nižší než ethanolu. Učitel pak může doplnit, že značné odlišení chemických vlastností u funkčních isomerů je dáno tím, že jsou zde přítomny jiné funkční skupiny.



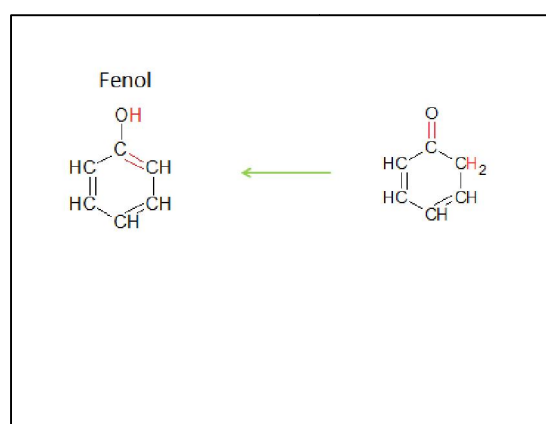
Snímek č. 20



Snímek č. 21



Snímek č. 22



Snímek č. 23

Didaktické poznámky k snímkům č. 20 až 23: Pomocí snímků č. 20 až 23 učitel žáky seznámí se speciální skupinou funkčních isomerů – tautomerů. Snímek č. 20 odkazuje na otáčivé modely, na kterých učitel v prostoru demonstruje umístění dvojné vazby a atomu vodíku.

Zelená šipka na snímcích znázorňuje přechod méně stabilní formy na stabilnější.

Na snímku č. 22 je zadání úkolu. Žáci úkol vypracovávají samostatně do sešitu.

Na snímku č. 23 si ověří správnost vypracování. Učitel upozorní, že ne vždy je stabilnější keto-forma. Zde je stabilnější alkohol (fenol), molekula vpravo neexistuje.

Konfigurační isomery

- Isomery, které mají stejný molekulový vzorec a stejnou konstituci, ale liší se prostorovým uspořádáním atomů v molekulách (**konfigurací**)

```

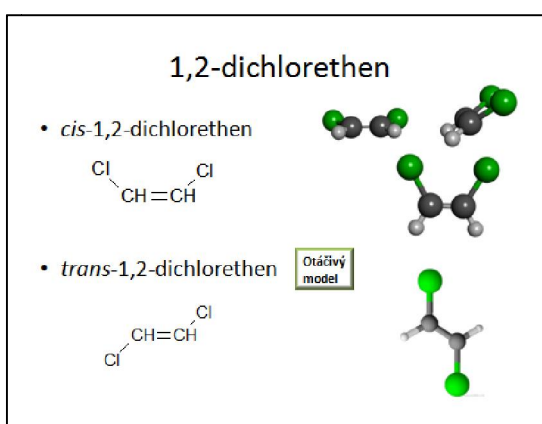
graph TD
    A[Konfigurační] --> B[Geometrické]
    A --> C[Diastereoisomery]
    A --> D[Enantiomery]
    
```

Snímek č. 24

Geometrické isomery

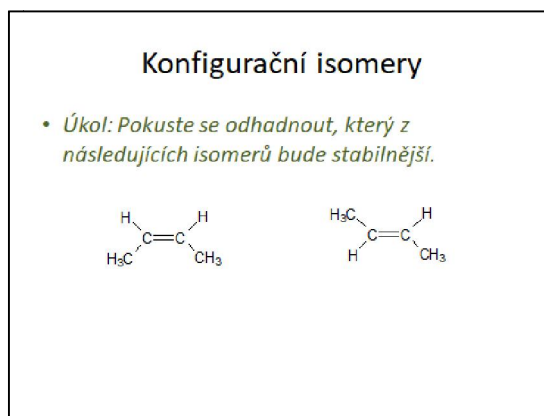
- Isomery se liší konfigurací skupin navázaných na uhlíkových atomech spojených dvojnou vazbou nebo na cyklech
- *cis* - „na stejné straně“
- *trans* - „na opačné straně“

Snímek č. 25



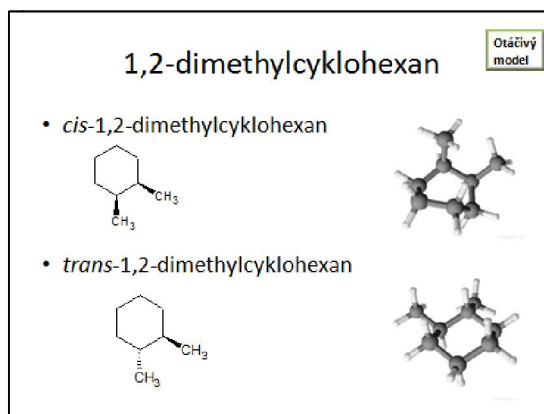
Snímek č. 26

Didaktické poznámky ke snímkům č. 24 až 26: Na snímku č. 24 je rozdělení konfigurační isomerie. Učitel zdůrazní, že v předchozí části byla probrána konstituční isomerie a nyní je tématem konfigurační isomerie. Se žáky zopakujte pojmy ze snímků č. 4. až 7. (Konstituce, konfigurace, konstituce). Pomocí následujících snímků (č. 25 až 28) učitel vykládá geometrické isomery. Na otáčivém modelu *trans*-1,2-dichlorethenu se žáci přesvědčí, že molekula je planární.



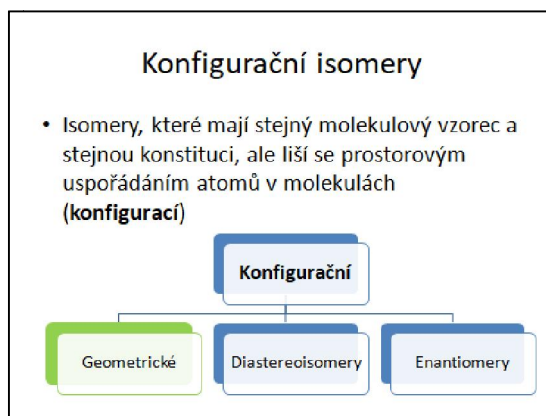
Snímek č. 27

Didaktické poznámky ke snímku č. 27: Učitel vyzve žáky, aby si rozmysleli, který z isomerů bude stabilnější. Po krátké pauze na rozmyšlení nechá třídu hlasovat. Po hlasování učitel prozradí, že stabilnější je *trans*-but-2-en (molekula vpravo), protože methylové skupiny se v poloze *cis* odpuzují, navzájem si brání. Učitel na tomto příkladu vysvětluje, že znalost isomerie nám pomáhá porovnat stabilitu molekul a odhadnout, která forma bude ve směsi dvou isomerů převládat.



Snímek č. 28

Didaktické poznámky ke snímkům č. 28: Na snímku č. 28 je u molekul 1,2-dimethylhexanu použito značení „klínku“ a „čárkované vazby“. Je potřeba žákům vysvětlit, že je tak zde rozlišeno, která vazba jde „nad“ rovinu kruhu a která „pod“ rovinu kruhu tvořenou atomy uhlíku molekuly cyklohexanu. Tento rozdíl pak ještě demonstují otáčivé modely molekul.



Snímek č. 29

Didaktické poznámky ke snímku č. 29: Tento snímek je orientační. Znárodnuje, že se zabýváme stále konfiguračními isomery s tím, že geometrické isomery jsou probrané (zeleně znázorněno), a že následující snímky se budou věnovat zbývajícím typům konfiguračních isomerů (modře znázorněny).

Chirální objekt

- Objekty, které nejsou totožné se svým zrcadlovým obrazem

- *Otázka: Poznáte při nasazování zimních rukavic, která patří na levou a která na pravou ruku?*

Snímek č. 30

Achirální objekt

- Objekt, který je totožný se svým zrcadlovým obrazem

Snímek č. 31

Chirální x achirální

- Chirální molekula NEMÁ prvek symetrie
- Achirální molekula MÁ prvek symetrie

chirální

achirální

- Prvek symetrie může být například rovina. Rovina symetrie rozděluje těleso tak, že jedna polovina je zrcadlovým obrazem druhé poloviny
- *Úkol: Zkuste ve třídě najít nějaký chirální a nějaký achirální objekt.*

Snímek č. 32

Stereogenní centrum

Otáčivý model

- Příčinou chiralitý molekul je nejčastěji přítomnost stereogenního centra.
- Například atom uhlíku s čtyřmi různými substituenty

Snímek č. 33


Didaktické poznámky ke snímkům č. 30 až 33: Dříve, než jsou probírány enantiomery a diastereoizomery je potřeba, aby žáci znali termíny chirální objekt, achirální objekt, chiralita a stereogenní centrum.

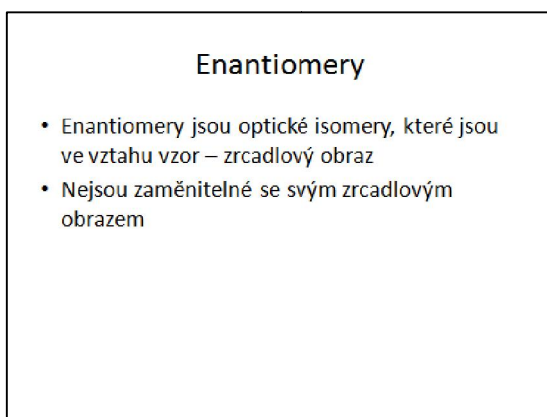
Otázka na snímku č. 30 vede k uvědomění, že levá i pravá rukavice mají odlišný střih, protože levá a pravá ruka jsou nezaměnitelné. Učitel nechá žáky si pomocí vlastních rukou vyzkoušet, že levá i pravá ruka jsou zrcadlové obrazy a zároveň jsou nezaměnitelné.

K lepšímu pochopení je také uveden opačný pojem – achirální objekt. Oba pojmy (achirální i chirální) jsou porovnané na snímku č. 32. Učitel pak žáky vyzve k hledání chirálních a achirálních objektů ve třídě. Je lepší, když si žák může objekt vzít do ruky a prohlédnout si ho, hledat prvek (např. rovinu) symetrie a představit si zrcadlový obraz. Pouhé ukazování nebo jmenování objektů nemusí vést ke správné představě.

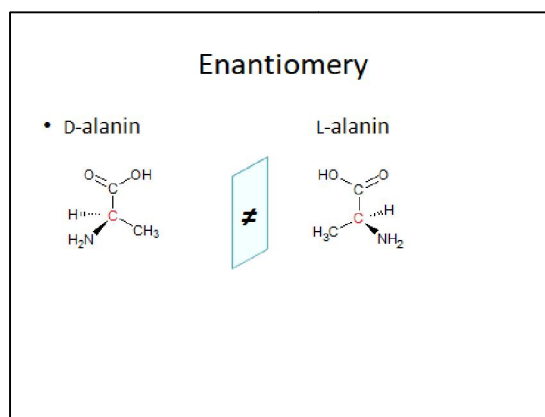
Na snímku 33 je vysvětlen pojem stereogenní centrum. Učitel by měl žáky upozornit, že se v některých učebnicích mohou ještě setkat s pojmy: centrum chiraloty, chirální uhlík, asymetrický uhlík. Chirální uhlík je uhlík nesoucí 4 různé substituenty a je již podskupinou stereogenních center.

Je potřeba žáky upozornit, že molekuly vlevo (přirovnané k levé a pravé ruce) nejsou

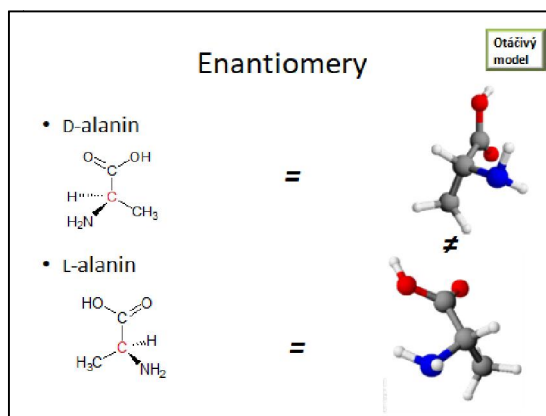
totožné s molekulou vpravo. Po kliknutí na ikonu:  učitel žákům ukáže molekulu butan-2-olu v prostoru. Na ní žáci mohou zopakovat pojmy: stereogenní centrum a achirální objekt.



Snímek č. 34



Snímek č. 35



Snímek č. 36

Didaktické poznámky ke snímkům č. 34 až 36: Podle snímků učitel vysvětluje problematiku enantiomerů. Na snímku č. 34 je uvedena definice. Učitel položí žákům otázku: Jsou enantiomery chirální nebo achirální objekty?

Na snímku č. 35 je nejprve mezi molekulami zrcadlo, které znázorňuje, že se jedná o zrcadlové obrazy. Jsou tedy chirální. Červeně je zvýrazněno stereogenní centrum. Po kliknutí myši se objeví symbol „není rovno“, který dává najevo, že molekuly nejsou totožné. Žáci jsou vyzváni, ať ze stavebnice chemických modelů vytvoří obě sloučeniny. Práci je možno zadat do dvojice či větší skupiny, učitel by pak měl dohlížet, že se zapojují všichni.

Na snímku 36 pak jsou modely molekul z předchozího snímku i s odkazem na jejich animaci. Učitel nejprve kliknutím zobrazí symbol „rovná se“, který ukazuje, že chemický vzorec vlevo odpovídá tyčinkovému modelu vpravo. Učitel pak vyzve některého žáka, který může přímo na modelech ukázat stereogenní centrum a porovná chemický vzorec a model tak, že ukáže na modelu, kde jsou jednotlivé atomy (kde je znázorněn kyslík, kde je dusík, kde jsou uhlíky a vodíky). Na otáčivém modelu pak učitel ukazuje rozmístění atomů v prostoru, žáci porovnávají vytvořené modely z chemické stavebnice modelů s animací. Učitel vyzve žáky, ať se snaží oba modely natočit tak, aby byly totožné (přesně se překrývaly). Tím si žáci ověří, že molekuly jsou nezaměnitelné.

Použití stereodeskriptorů D- a L- je vysvětleno v didaktických poznámkách u snímku č. 39.

Konfigurační isomery

- Smysly mohou reagovat různě na různé enantiomery

Methylthiohexanol

voní ovocnou vůní

silná cibulová až siráá vůně

- *Úkol: Nalezněte v molekule stereogenní centrum*

Snímek č. 37

Didaktické poznámky ke snímku č. 37: Na snímku je příklad enantiomérů 3-methylthiohexan-1-olu. Naše čichové buňky vnímají každý enantiomer jinak. Žáci si pomocí úkolu v prezentaci zopakují pojem „stereogenní centrum“.

Diastereoismery

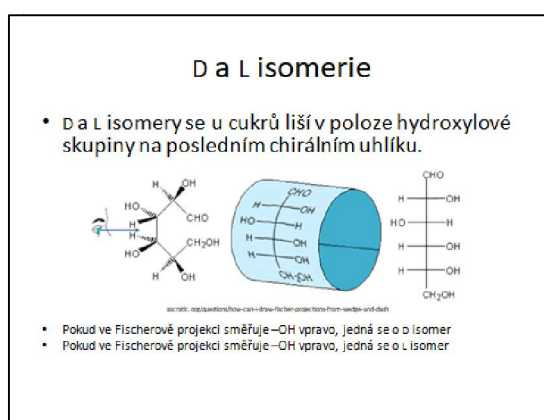
Otáčivý model

- Prostorové isomery, které nejsou navzájem zrcadlovými obrazy.
- Mají alespoň jedno stejné a jedno opačně konfigurované centrum chiraloty

Snímek č. 38

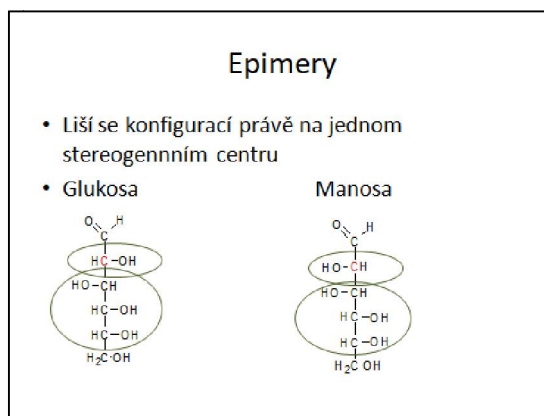
Didaktické poznámky ke snímku č. 38: Než učitel představí snímek č. 38, nechá žáky ve dvojicích sestavit modely D-threosy a D-erythrosy (předlohou pro sestavení modelů bude pro žáky učitelův nákras jejich perspektivních vzorců na tabuli (Fischerovy vzorce žáci zatím neznají). Žáci nemusí při této aktivitě znát terminologii monosacharidů. Učitel žáky vyzve, ať se snaží oba modely natočit tak, aby byly totožné (přesně se překrývaly). Tím si žáci ověří, že molekuly jsou nezaměnitelné (přestože mají molekuly stejnou konstituci, liší se rozdílnou konfigurací, jedná se tedy o konfigurační isomery). Následně učitel žákům položí otázku, zda jsou molekuly chirální (zda si jsou svými zrcadlovými obrazy). Žáci by měli dojít k závěru, že nejsou chirální. Učitel tedy vyvozuje společně s žáky nový typ isomerů – diastereoismery. Učitel promítne snímek

č. 38 a žáky seznámí s definicí. Na snímku upozorní žáky, že zrcadlovým obrazem molekuly vlevo není molekula vpravo. Pravidlo „diastereoisomery mají alespoň jedno stejně a jedno opačně konfigurované centrum chiralidy“ učitel uvede jako pomůcku, která žákům umožní jednodušší rozlišení enantiomerů a diastereoisomerů. Učitel pak tuto skutečnost demonstruje pomocí prezentace. Po kliknutí se objeví označené atomy uhlíku č. 3 na obou modelech molekul, učitel ukáže, že mají stejnou konfiguraci. Po kliknutí zmizí a s dalším kliknutím se označí atomy uhlíku č. 2 na obou molekulách. Učitel upozorní na odlišnou konfiguraci.



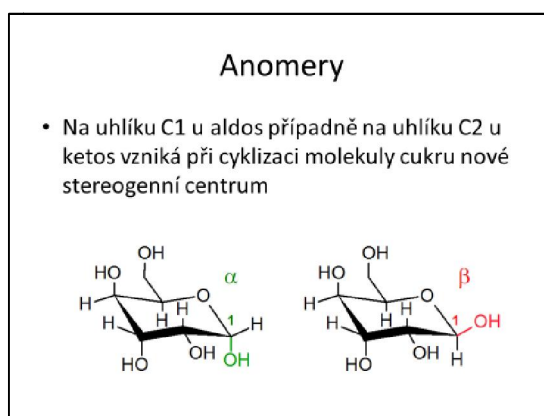
Snímek č. 39

Didaktické poznámky ke snímku č. 39: Snímek č. 39 je doplněn z důvodu použití Fischerových vzorců ve výukové prezentaci. Učitel snímek zařadí až při výkladu struktury monosacharidů. Na snímku je obrázek, který demonstruje, jakým způsobem se znázorňují molekuly ve Fischerově projekci. Je vhodné, aby učitel s použitím stavebnice modelů 3D model molekuly sacharidu (D-glukosy) překreslil na tabuli ve Fischerově projekci. Teprve potom vysvětlí rozdíl mezi D a L molekulami. Žáci by si měli sami vyzkoušet zápis Fischerovy projekce s využitím stavebnice (z modelu vytvořit projekci a též z projekce model).



Snímek č. 40

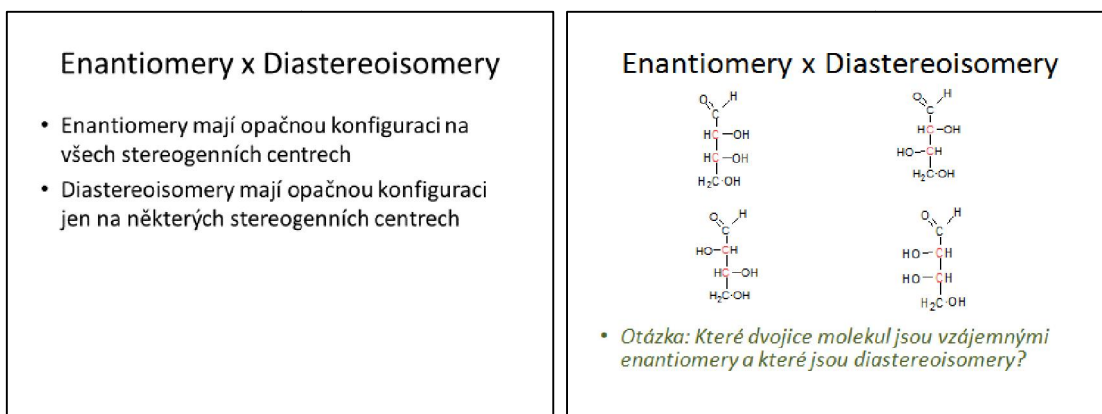
Didaktické poznámky ke snímku č. 40: Snímky č. 40 a 41 učitel zařadí až při výkladu struktury monosacharidů. Epimery jsou speciální případ diastereoisomerů (u trios enantiomerů), které se liší polohou substituentů pouze na jediném stereogenním centru. Snímek obsahuje animace, které tuto skutečnost znázorňují. Učitel nejprve vyzve žáky, aby na obou molekulách ukázali všechna stereogenní centra. Červeně označený uhlík znázorňuje stereogenní centra, která se liší svou konfigurací. Po kliknutí se zvýrazní rozdílné části molekul, které po dalším kliknutí zmizí. S dalším kliknutím se zvýrazní stereogenní centra se stejnou konfigurací.



Snímek č. 41

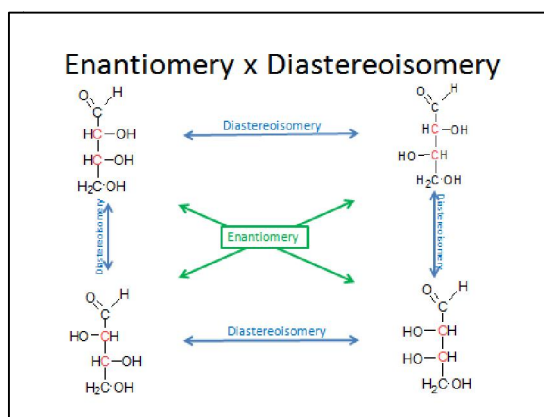
Didaktické poznámky ke snímku č. 41: Snímky č. 40 a 41 učitel zařadí až při výkladu struktury monosacharidů. Učitel demonstruje speciální případ isomerů vyskytující se u cyklických sacharidů (jedná se o speciální typ epimerů). Díky přítomnosti velmi reaktivní karbonylové skupiny a zároveň hydroxylové skupiny v molekule monosacharidů může proběhnout intramolekulární adice za vzniku hemiacetalu. Nově vzniklá hydroxylová skupina se nazývá poloacetalový hydroxyl. Uhlíkový atom

karbonylové skupiny u cyklické formy se stává novým stereogenním centrem. Můžeme tedy rozlišovat dva optické isomery tzv. anomery. Směřuje-li poloacetalový hydroxyl na stejnou stranu (nad či pod rovinu kruhu v Haworthových vzorcích) jako skupina -CH₂OH (tj. skupina určující jedná-li se o D- či L- konfiguraci), jedná se o β-anomer. U α-anomerů je jejich orientace vzhledem k rovině kruhu opačná. Poté u D-monosacharidů poloacetalový hydroxyl v Haworthových vzorcích u β-anomerů směřuje nahoru, u α-anomerů směřuje dolů (u L-monosacharidů je tomu naopak).



Snímek č. 42

Snímek č. 43

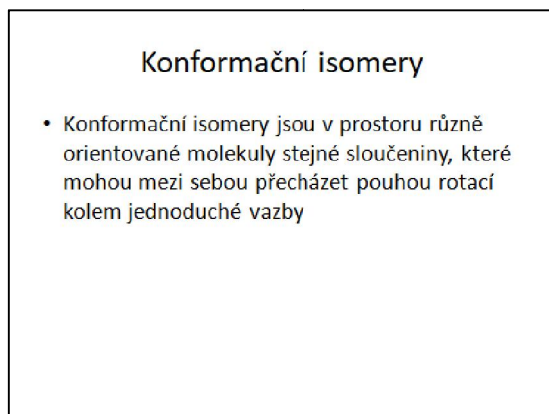


Snímek č. 44

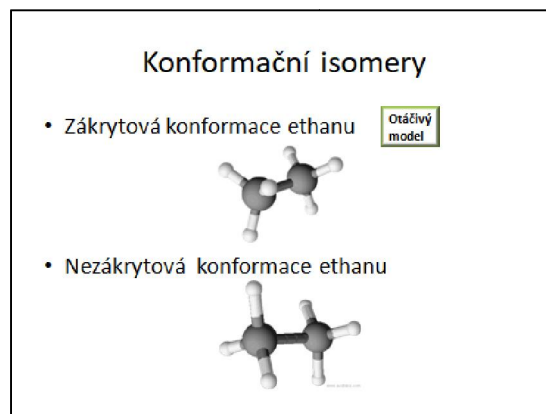
Didaktické poznámky ke snímkům č. 42 až 44: Snímky obsahují porovnání enantiomerů a diastereoismery. Na snímku č. 43 je žákům zadán úkol, aby porovnali všechny uvedené molekuly mezi sebou a určili, které molekuly jsou vzájemnými enantiomery a které diastereoismery. Žáci si tak procvičí znalosti obou pojmů a rozdílů mezi nimi.

Na snímku č. 44 je řešení tohoto úkolu. Učitel na molekulách, které jsou si vzájemnými enantiomery, ukazuje, že jsou vzájemnými zrcadlovými obrazy. U diastereoismery

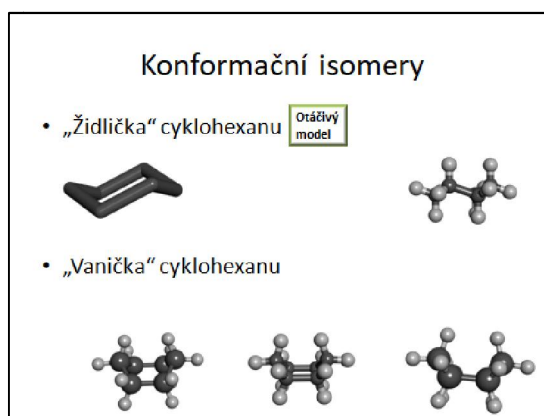
tomu tak není. Červeně jsou vyznačena stereogenní centra. Žáci u molekul, které jsou vzájemnými diastereoisomery ukazují, která stereogenní centra mají stejnou a která rozdílnou konfiguraci. Pro lepší orientaci v obrázku jsou uvedeny Fischerovy vzorce molekul.



Snímek č. 45



Snímek č. 46



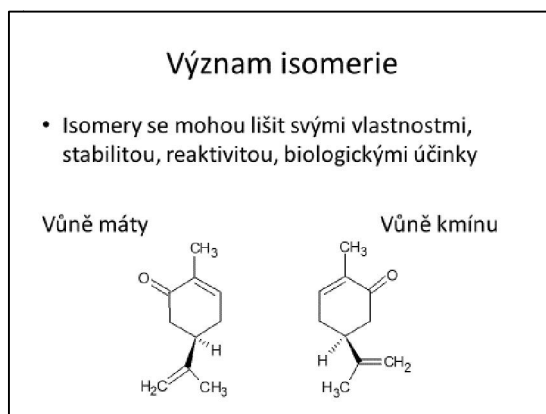
Snímek č. 47

Didaktické poznámky ke snímkům č. 45 až 47: Učitel podle snímků opakuje problematiku konformačních isomerů. Na snímku č. 45 je definice konformačních isomerů. Na snímku č. 46 a 47 jsou pak příklady konformačních isomerů, na kterých učitel demonstruje rozdíly v konformaci. Na začátku jsou žáci vyzváni, aby připomněli, co znamená pojem „konformace“ (viz snímek č. 6) a pokusili se ze znalosti tohoto pojmu odvodit, čím se budou vzájemně lišit konformační isomery. Po kliknutí se objeví definice konformačních isomerů. Žáci jsou vyzváni, aby vytvořili ze stavebnice modelů molekulu ethanu. Pokusí se ji pak porovnat mezi spolužáky. Učitel se žáků ptá: Vytvořili všichni úplně totožný model? V čem se jednotlivé modely liší? Můžete podle

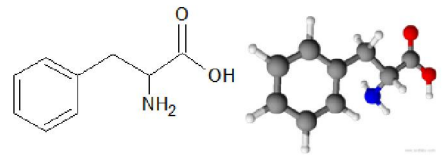
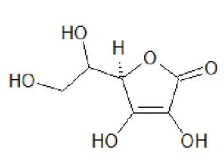
spolužákova modelu přetvořit svůj model, aniž byste museli molekulu rozebrat? Pokuste se o to!

Na snímku č. 46 je model molekuly ethanu ve dvou konformacích. Učitel může ukázat i zákrytovou konformaci ethanu pomocí otáčivého modelu. Pak vyzve žáky, aby se pokusili bez rozebrání a opětovného složení na své molekule ethanu vytvořit zákrytovou konformaci. Pak žáci stejným způsobem vytvoří i nezákrytovou konformaci. Učitel naváže informací, že přerušení vazby si žádá více energie než pouhé otočení kolem této vazby. A tedy molekuly mohou lépe měnit konformaci než konfiguraci. Tato zkušenost pomůže fixovat znalost o volném otáčení kolem jednoduché vazby.

Na snímku č. 47 jsou uvedené konformace cyklohexanu. Učitel přepne v prezentaci na otáčivý model molekuly cyklohexanu a žáci se podle tohoto modelu snaží sestavit model židličkové konformace cyklohexanu. Učitel obchází třídu a pomáhá žákům. Po sestavení učitel vrátí prezentaci zpět na snímek č. 47 a žáci se pokusí přetvořit molekulu do vaničkové konformace cyklohexanu, aniž by porušili vazby modelu. Důležitá je diskuse nad stabilitou jednotlivých konformací.



Didaktické poznámky ke snímku č. 48: Po probrání jednotlivých druhů isomerie následuje poslední část výkladu, která se zabývá významem isomerie. Vysvětluje významné projevy isomerie v praxi. Některé rozdílné vlastnosti isomerů již byly v předchozím výkladu uvedeny (např. rozdíl teplot varu dimethyletheru a ethanolu, snímek č. 19). Na snímku je příklad enantiomerů karvonu. Naše čichové buňky vnímají každý enantiomer jinak. Žáci by dle uvedených vzorců měli určit typ isomerie (konfigurační, 2 enantiomery) a označit stereogenní centrum.



<h3 style="text-align: center;">Konfigurační isomery</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Různé enantiomery mají různé biologické účinky • Léky, hormony, vitamíny <div style="text-align: center;">  </div>	<h3 style="text-align: center;">Vitamin C</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Jedna forma biologicky aktivní, druhá není <div style="text-align: center;">  <p>Biologicky aktivní forma</p> </div>
--	---

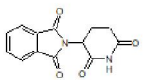
Snímek č. 49

Snímek č. 50

Thalidomid

- Jedna forma působí účinně proti těhotenským nevolnostem
- Druhá forma způsobuje vývojové vady plodu

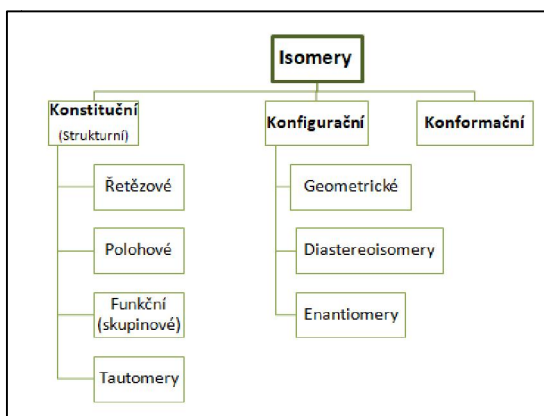





Snímek č. 51

Didaktické poznámky ke snímkům č. 49 až 51: Poslední tři snímky shrnují význam isomerie a doplňují o další zajímavé případy. Na snímku č. 49 učitel doplní, že naše tělo pracuje s L-aminokyselinami. Při syntéze vlastních bílkovin používáme téměř výhradně L-formy. Naopak monosacharidy, které se běžně vyskytují v organismu, patří do D-řady. Také enzymy, které katalyzují reakce, kterých se účastní L-formy aminokyselin a D-formy cukrů, jsou pro tyto formy specifické. Na obrázku (chemický vzorec i chemický model) na snímku č. 49 je příklad aminokyseliny D-fenylalaninu, která potlačuje bolest a zmírňuje depresivní stavy. V chemickém vzorci není znázorněno, o jaký enantiomer se jedná. Učitel může vyzvat žáky k nalezení stereogenního centra. Na snímku č. 50 je příklad vitamínu C neboli kyseliny L-askorbové (vzorec na snímku). Jeho enantiomer kyselina D-askorbová není vitamínem. Na snímku č. 51 je příklad Thalidomidu. U toho se učitel může zastavit a vyprávět žákům příběh dětí narozených s vývojovou vadou v 50. až 60. letech 20. století nebo zadat aktivitu (např. referát) na toto téma přímo žákům. Reálný příběh dopadů různého účinku dvou

vzájemných enantiomerů pomůže žákům pochopit význam isomerie. Stručně a zajímavě je tento příběh uveden např. v článku na české Wikipedii (39). Učitel na příběhu ukazuje důležitost znalosti isomerie v praxi. Při syntéze nových léků je třeba zvážit možné isomery syntetizované látky a izolovat účinnou formu od neúčinné nebo až nebezpečné formy. Pro žáky jsou reálné příběhy důležitým motivačním prvkem.



Snímek č. 52

Didaktické poznámky ke snímku č. 52: Snímek shrnuje všechny probrané druhy isomerie. Může sloužit jako zopakování tématu, nebo jako přehled, který si žáci překreslí do sešitu a můžou se k němu kdykoliv vrátit. Tímto snímkem výkladová prezentace končí, následuje příloha snímků otáčivých modelů molekul, na které jsou ve výkladové prezentaci odkazy.

3.2 Návrh na aktivizaci žáků: Stavba modelů podle předlohy

Jak již bylo uvedeno v úvodu bakalářské práce, kromě používání vhodných vzdělávacích materiálů je pro optimalizaci výuky přínosné, aby žáci byli během výuky aktivizováni. Dalším z cílů bakalářské práce bylo tedy připravit aktivity, které zahrnují práci s modely a žák tak získá lepší podmínky ke správné interpretaci rozdílů mezi isomery a zároveň si tak prakticky vyzkouší sestavení modelu molekuly v prostoru. Byly navrženy dvě praktické aktivity.

V první aktivitě žáci sestavují reálný model podle obrázku kuličkového modelu, v druhé sestavují model podle chemického strukturálního vzorce. Žáci vždy převádí molekulu z 2D zobrazení do 3D. Ke stavbě modelů mohou používat stavebnici chemických modelů. Stavebnice modelů však nabízí předdefinované úhly mezi jednotlivými vazbami, žák pak nemusí nad úhly vazeb přemýšlet a vymýšlet je sám. Je tedy možné

pracovat pouze s různě barevnou modelínou (barvy viz níže) místo atomů a s párátky jako vazbami. V aktivitách se trénuje žákova prostorová představivost. Učitel může pozorovat, zda je představa žáků o 3D struktuře molekul správná, nebo je potřeba žákovi ke správné představě ještě dopomoci.

Pracují-li žáci s modelínou a s párátky: Párátka v aktivitách představují jednotlivé vazby, z modelíny žáci vytvoří kuličky o průměru přibližně 1 cm, které znázorňují jednotlivé atomy. Barvy modelíny používají podle CPK coloring stanovené podle Koltuna (40) (vodík: bílá, uhlík: černá, dusík: modrá, kyslík: červená, chlor: zelená).

Aktivity (3.2.1 a 3.2.2) jsou navrženy pro polovinu třídy, konkrétně pro 16 žáků. V případě uvedení aktivity pro celou třídu je potřeba obrázky namnožit dvakrát. Pak budou mít vždy dva žáci totožnou předlohu. Předlohy jsou navrženy tak, aby sestavené modely vzájemně tvořily isomery.

Z aktivizačních metod mají navrhnuté aktivity nejbližší k didaktickým hrám. Žáci mají zadaná pravidla a cíl aktivity (např. sestavit model molekuly dle obrázku, najít spolužáka s isomerním modelem a určit typ isomerie). Žáci se při aktivitě seberealizují a zároveň při aktivitě fixují poznatky ze struktury organických sloučenin. Tedy jsou splněny všechny parametry z definice dle T. Kotrby a L. Laciny. (32)

3.2.1 Stavba modelů podle obrázků

Níže navrhovanou aktivitu je vhodné do výuky zařadit ihned po/během probrání pojmů konformace, konstituce, konfigurace. Cílem aktivity je, aby žáci porozuměli rozdílům mezi těmito pojmy a uměli teorii aplikovat na konkrétních modelech organických látek. Předlohou pro sestavení modelů jsou v této aktivitě obrázky tyčinkového modelu molekuly. Obrázky znázorňují molekulu ze tří různých stran. Každý žák dostane set těchto tří obrázků a snaží se podle nich sestavit model molekuly. Učitel může nejprve poskytnout žákům první dva obrázky. Budou-li mít žáci se sestavením modelu molekuly problémy, může učitel poskytnout třetí obrázek. Po sestavení se pokusí najít mezi spolužáky isomerní molekulu ke svému modelu (molekulu mající stejný sumární vzorec). Po tom, co takového žáka najde, společně porovnají oba modely a určí, zda se liší konstitucí, konfigurací či konformací, resp. mohou určit typ isomerie (viz tabulka č. 1). K hledání spolužáka, který vytvořil isomerní model, mohou žáci použít pouze vyrobené modely, nikoliv předlohy, podle kterých své modely vytvářeli. Obrázky jsou uvedené v příloze č. 1.

Tabulka 1: Sety isomerů k aktivitě 1. Tabulka shrnuje páry isomerů, které žáci modelují a přiřazují.

Číslo setu	Systematický název 1. modelu	Systematický název 2. modelu	Typ isomerie
1	butan	2-methylpropan	konstituční – řetězová
2	propan-2-ol	propan-1-ol	konstituční – polohová
3	2-chlorpropan-1-ol	1-chlorpropan-2-ol	konstituční – polohová
4	ethylmethylether	propan-1-ol	konstituční – funkční
5	<i>trans</i> -1,2-dimethylhexan	<i>cis</i> -1,2-dimethylhexan	konfigurační – geometrická
6	L-2-aminobutan-1,3-diol	D-2-aminobutan-1,3-diol	konfigurační – enantiomery
7	butan-1,2,3-triol	butan-1,2,3-triol	konfigurační – diastereoisomery
8	chlorthan	chlorthan	konformační

3.2.2 Stavba modelů podle chemických vzorců

Níže navrhovanou aktivitu je vhodné do výuky zařadit až po probrání celé kapitoly deriváty uhlovodíků. Žáci pracují se strukturními vzorci uhlovodíků a jejich derivátů a je žádoucí, aby již chápali, jaké konkrétní molekuly vzorce představují. Cílem aktivity je, aby žáci na základě strukturního vzorce sestavili model organické sloučeniny a určili její isomery.

Předlohou pro sestavení modelů je v této aktivitě chemický vzorec molekuly. Stejně jako u předchozího případu žák po sestavení modelu hledá mezi spolužáky isomerní molekulu ke svému modelu. Po tom, co takového žáka najde, společně porovnají oba modely a určí typ isomerie (viz tabulka č. 2). K hledání spolužáka, který vytvořil isomerní model, mohou žáci použít pouze vyrobené modely, nikoliv předlohy, podle kterých své modely vytvářeli. Chemické vzorce jsou uvedené v příloze č. 2. U této aktivity je třeba žákům zdůrazňovat, aby nezapomínali doplnit vodíky, které v chemických vzorcích jsou pro zkrácení zápisů často vynechané. Učitel obchází žáky a pomáhá jim, připomíná čtyřvalentnost uhlíku a směřuje jejich práci ke zdárnému výsledku.

Tabulka 2: Sety isomerů k aktivitě 2. Tabulka shrnuje páry isomerů, které žáci modelují a přiřazují.

Číslo setu	Systematický název 1. modelu	Systematický název 2. modelu	Typ isomerie
1	pent-2-en	cyklopentan	konstituční – řetězová
2	but-2-en	but-1-en	konstituční – polohová
3	methylester ethanové kyseliny	propanová kyselina	konstituční – funkční
4	dimethylketon	propen-2-ol	konstituční – tautomery
5	<i>Trans</i> -ethen-1,2-diol	<i>cis</i> -ethen-1,2-diol	konfigurační – geometrická
6	L-2-aminopropanová kyselina (L-alanin)	D-2-aminopropanová kyselina (D-alanin)	konfigurační – enantiomery
7	2,3-dichlorbutan-1-ol	2,3-dichlorbutan-1-ol	konfigurační – diastereoisomery
8	cyklohexanol (židlička)	cyklohexanol (vanička)	konformační

3.3 Zařazení materiálů do výuky

Problematika isomerie prolíná celou kapitolu organické chemie. Nelze tedy materiály zařadit pouze do úvodu organické chemie, i když by se to mohlo zdát jako výhodné řešení, tj. probrat tento problematický úsek uceleně a propojeně. Žáci nemají v této fázi dostatečné znalosti ze struktury organických sloučenin a bylo by to pro ně mnoho nových pojmů a informací najednou.

Materiály (PowerPointovou prezentaci i návrhy na aktivizační metody) je vhodné ve výuce chemie použít následovně:

- Snímky 1 až 8 zařadit na začátek kapitoly organická chemie. Jedná se o snímky, které se týkají vysvětlení pojmů konstituce, konfigurace a konformace.
- Aktivitu „Stavba modelů podle obrázků“ zařadit po probrání úvodních snímků (1 až 8). Žáci si „osahají“ modely molekul. Na základě vytvořených modelů a hledání isomerů žáci rozliší mezi konstitucí, konfigurací a konformací.
- Snímky 9 až 13 (řetězové isomery), 45 a 46 (konformační isomery) zařadit k alkanům.
- Snímky 14 až 17 (polohové isomery), snímek 47 (konformační isomerie cyklohexanu) a snímky 24 až 28 (geometrické isomery) zařadit k alkenům, alkynům a cykloalkanům.
- Snímky 17 až 19 (polohové, funkční isomery) zařadit k halogenderivátům a též kyslíkatým derivátům uhlovodíků.
- Snímky 20 až 23 (tautomerie) zařadit ke kyslíkatým derivátům uhlovodíků.

- Snímky 29 až 33 (vysvětlení pojmů chirální, achirální a stereogenní centrum) zařadit k aminokyselinám a též monosacharidům.
- Snímky 34 až 37 (enantiomery) zařadit k aminokyselinám.
- Snímky 38 až 41 (diastereoismery, epimery, anomery, D a L isomery) zařadit ke struktuře monosacharidů.
- Snímky 42 až 44 (diastereoismery x enantiomery) zařadit k monosacharidům.
- Snímky 48 až 51 (význam isomerie) zařadit ihned po probrání tématu enantiomerie.
- Aktivitu „Stavba modelů podle chemických vzorců“ a snímek 51 zařadit po probrání derivátů uhlovodíků.

4 Diskuse

Z rešerše dostupných materiálů podporující výuku isomerie vyplynulo, že většina z nich vysvětluje isomerii pomocí 2D obrázků. V RVP není pojem isomerie přímo zmíněn, v analyzovaných ŠVP některých škol je zařazen mezi další pojmy týkající se organické chemie. Lze usuzovat, že učitelům tak chybí opěrný bod a sami musí rozhodnout jak, v jakém rozsahu a jestli vůbec téma isomerie vysvětlit. V učebnicích není téma jednotně zpracované, což učiteli může komplikovat přípravu. Může se také stát, že žáci v průběhu studia vymění učebnici a téma isomerie bude vysvětleno jiným způsobem, což může být pro žáky zmatečné.

Videa analyzovaná v kapitole 2.1.2 pro využití ve výuce chemie nedoporučuji. Téma je náročné na prostorovou představivost, spolu s anglickým jazykem je tak obtížné na pochopení. Výuková videa vysvětlující struktury molekul by měla obsahovat animace, které pomáhají znázornit 3D struktury molekul. Ve videích jsou uváděny především statické chemické vzorce, které učitel může napsat na tabuli.

Analyzované prezentace jsou omezené na statické znázornění molekul. Oceňuji ale zapojení stavebnice modelů a další úkoly pro žáky, které napomáhají správnému pochopení isomerie. Prezentace jsou velmi stručné. Obsahují především definice a příklady. Chybí v nich vysvětlení termínů použitých v definicích. Prezentace bych doporučila jako shrnutí isomerie, nebo její přehled.

Použití výukových portálů bych doporučila k přípravě pro učitele, nebo pro žáky jako doplnění výkladu. Žákům jako předchozí výukové materiály nabízí totiž pouze statické zobrazení molekul. Je však nutné počítat s tím, že téma isomerie může být jinak zpracované s použitím jiných termínů, než jak bylo žákům předané v klasické výuce.

Ve většině případů jsem v analyzovaných materiálech postrádala aktivizaci žáků. Až na výjimky (prezentace a některé další materiály) byl výklad omezen na definice a příklady isomerů. Dále mě překvapilo, že se v materiálech téměř nepracuje s významem isomerie. Chybí tedy zásadní prvek motivace: vím, proč se to učím.

Posledním vyhledávaným materiálem byly materiály pro aktivizaci žáků – konkrétně byly nalezeny didaktické hry. V práci Ondřeje Šústky (20) tyto hry pracovaly jen s 2D materiály, jednalo se ve všech případech o karetní hry. Elektronické pexeso Víta Fialy (21) obsahovalo 3D modely organických sloučenin, se kterými se navíc dalo otáčet. Žáci tak získávají hravou formou představu o 3D struktuře organických

sloučenin, která je důležitá pro pochopení isomerie. Pexeso bylo zaměřeno primárně na procvičení názvosloví organické chemie.

Ze závěrů, které vyplynuly z rešerše didaktických materiálů k tématu isomerie, jsem se rozhodla pro zpracování praktické části. Nedostatky, které mi vadily u analyzovaných materiálů, jsem se snažila odstranit při tvorbě výukových materiálů či návrhů na vzdělávací aktivity. Výsledkem tvorby byla výkladová prezentace vytvořená v programu Microsoft PowerPoint a návrhy na aktivizující metody včetně podkladů. Materiály byly vytvářeny pro středoškolské vzdělávání na úrovni vyššího stupně gymnázia. Výkladová prezentace obsahuje část zabývající se významem isomerie. Nabízí vysvětlení pojmů, podle kterých je isomerie rozdělena a které se později v prezentaci objeví v definicích. V prezentaci jsou aktivizující otázky a úkoly pro žáky. Výklad isomerie je doplněn o 3D modely molekul v podobě elektronické (do prezentace jsou vloženy animace otáčivých molekul různých isomerů) i v podobě reálných modelů (práce se stavebnicí chemických modelů). Důležitým aspektem při práci s prezentací je prolínání obsaženého vzdělávacího obsahu celou kapitolou organická chemie. Protože na začátku studia organické chemie žáci neznají většinu molekul, na kterých se jednotlivé příklady demonstrují, přijde mi nevhodné celou prezentaci zařadit před probrání uhlovodíků a jejich derivátů. Do úvodu bych zařadila jen její začátek (snímky 1 až 7), následující snímky pak dle konkrétních probíraných témat ve výuce chemie. Aby však byla zachována celistvost tématu a žáci měli přehled o isomerii, doporučuji ji zařadit také po probrání derivátů uhlovodíků.

Výkladová prezentace je doplněna o didaktické poznámky, které mají učitelům pomoci využít všechny nabízené funkce prezentace a výuku vést tak, aby žáci měli co nejlepší podmínky pro pochopení základů, na nichž stojí organická chemie.

Prezentace aktivizuje žáky nejrůznějšími způsoby. Jak již je výše uvedeno, samotná prezentace obsahuje otázky a úkoly, na které pak následně může navázat diskuse. V didaktických poznámkách pro učitele je navíc také doporučené zařazení práce s modely. V některých částech je doporučeno vést výuku heuristickou metodou. Jako příklad uvádím úvod do diastereoisomerů, kdy žáci sestaví modely sloučenin, které jsou vzájemnými konfiguračními isomery, ale nejsou ani geometrickými isomery ani enantiomery. Takto sami žáci vyvozují nový typ isomerie za pomoci učitele, který je k tomuto poznání dovede.

Jedním z cílů této práce bylo na základě rešerše materiálů též vytvořit aktivizační vzdělávací materiály podporující výuku isomerie ve výuce chemie středních škol. Protože z rešerše vyplynulo, že učitelé nemají k dispozici nápady na aktivity, které by pracovaly s tématem isomerie jinak, než ve formě 2D, rozhodla jsem se takovou aktivitu vytvořit. Z aktivizačních metod pak mají navrhnuté aktivity nejbližší k didaktickým hrám.

Při první navržené aktivitě žáci tvoří dle obrázků modelů modely reálné. Obrázky jsou znázorněny ze tří různých úhlů (zpředu, z boku a shora), aby byly zachyceny všechny atomy a vazby mezi nimi, a tak bylo jasné, v jakém postavení vůči sobě jsou jednotlivé části modelu. Protože v organické chemii máme určitá pravidla (např. čtyřvaznost uhlíku), může žákovi stačit pohled ze dvou stran (první dva obrázky), protože podobu molekuly je možné pomocí těchto pravidel odvodit. Třetí pohled je tak možná přidat jako doplňující pro žáky, kteří budou mít s aktivitou obtíže. Sestavením modelu aktivita nekončí. Žáci pak ve třídě hledají isomerní model a určují typ isomerie. Toto hledání může přispívat k motivaci žáků, zároveň ke kooperaci žáků mezi sebou a v neposlední řadě také procvičení znalostí strukturní chemie.

Druhá aktivita pak je obdobná, ale vyžaduje znalost chemických vzorců organických sloučenin. Je vhodné ji tedy uvádět až po znalosti derivátů uhlovodíků.

Pro aktivitu byly zvoleny takové modely molekul organických sloučenin, které mají vhodnou strukturu na znázorňování isomerie, resp. typů isomerie.

Při aktivitách mohou žáci narazit na více možných řešení. Například dva žáci sestaví model molekuly propan-1-olu a hledají model isomerní molekuly. Tím může být model ethylmethyletheru nebo propan-2-olu. Zároveň ale také molekuly ethylmethylether a propan-2-ol jsou isomerní. Učitel tak musí kontrolovat práci žáků. Pokud zůstane dvojice žáků, kteří oba budou mít modely stejných molekul, mohou určit správně typ isomerie konformační, protože lze očekávat, že nesestaví zcela identickou molekulu. Řešení uvedené v tabulce č. 1 tedy není jediné správné.

Učitel může podpořit motivaci některých žáků tím, že přidá další herní prvek a tím je soutěživost. Obě aktivity mohou být uvedeny jakou soutěží: Kdo první sestaví správně svůj model? Kdo první nalezne isomerní model ke svému modelu a správně určí typ isomerie? Je zapotřebí zmínit, že soutěživost může být zároveň i velmi demotivační pro žáky, kteří mají s aktivitou obtíže a zažívají místo úspěchu a odměny (=vítězství ve hře) neúspěch.

5 Závěr

Všechny stanovené cíle bakalářské práce byly splněny.

Teoretická část práce se zabývala rešerší dostupných didaktických materiálů, RVP G a vybraných ŠVP s různým zaměřením ve vztahu k tématu isomerie. Rešerše didaktických materiálů byla zaměřena na učebnice, studijní texty, videa, prezentace, výukové webové stránky a aktivizující materiály. Závěr teoretické části byl věnován stručné teorii výukových metod se zaměřením na aktivizující metody.

Praktická část práce byla zaměřena na tvorbu nových vzdělávacích pomůcek. Při vytváření nových materiálů byl kladen důraz na aktivizaci žáků, názornost a 3D vizualizaci. Konkrétně byly vytvořeny tyto materiály:

- výuková PowerPointová prezentace na téma isomerie s otáčivými modely molekul vybraných organických sloučenin (do prezentace bylo vloženo celkem 44 statických modelů molekul a 25 animací otáčivých modelů molekul, které byly vytvořeny v programu ACD/Chemsketch (Freeware) 2015 a Discovery Studio Visualizer v16.1.0.15350),
- náměty na aktivity fixující znalosti isomerie a rozvíjející prostorovou představivost organických molekul.

K materiálům byly sepsány didaktické poznámky k vytvořené prezentaci a bylo navrženo konkrétní zařazení vytvořených materiálů do výuky chemie na středních školách.

6 Použité zdroje

1. HUVAROVÁ, Marie. *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Universita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra anorganické chemie. Vedoucí práce Marta Klečková.
2. HONZA, Jaroslav a Aleš MAREČEK. *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. 2. přeprac. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998. ISBN 80-7182-056-3.
3. A VACÍK, Jiří. *Přehled středoškolské chemie*. 4. vyd., v SPN - pedagogickém nakl. 2. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 1999. ISBN 80-7235-108-7.
4. BENEŠOVÁ, Marika, Erna PFEIFEROVÁ a Hana SATRAPOVÁ. *Odmaturuj! z chemie*. 2. přeprac. vyd. Brno: Didaktis, c2014. Odmaturuj!. ISBN 978-80-7358-232-6.
5. Khan Academy. Isomers, Properties of carbon, Biology. In: *YouTube* [online]. 7. 7. 2015 [cit. 2017-10-08]. Dostupné z: www.youtube.com/watch?v=z8M4EciPpYI (kanál uživatele Khan Academy)
6. FuseSchool – Global Education, What are structural isomers, Chemistry for All, In: *YouTube* [online]. 27. 10. 2016 [cit. 2017-09-15]. Dostupné z: www.youtube.com/watch?v=NgzFok_BA_0
7. Khan Academy, Stereoisomers, enantiomers, diastereomers, constitutional isomers and meso compounds. In: *YouTube* [online]. 28. 7. 2010 [cit. 2017-09-20]. Dostupné z: www.youtube.com/watch?v=457xnJv8000
8. Stereoisomery, enantiomery, diastereomery, konstituční isomery a meso sloučeniny. In: *Khanovaskola.cz* [online]. [cit. 2017-09]. Dostupné z: khanovaskola.cz/blok/24/182-stereochemie
9. TÖPFEROVÁ, Ivana. Typy vzorců, stavba molekul a izomerie v organické chemii. In: *Ve škole* [online]. 26. 2. 2013 [cit. 2017-10-4]. Dostupné z: www.veskole.cz/dumy/stredni-skola/typy-vzorcu-stavba-molekul-a-izomerie-v-organicke-chemii-1
10. HAUER, Tomáš. Izomerie Reakce organických sloučenin Názvosloví organické chemie. In: *Traged.borec.cz* [online]. [cit. 2017-10-6]. Dostupné z: traged.borec.cz/2.pdf

11. KALENSKÁ, Sylva. Opakování - Isomerie. In: *Slideplayer.cz* [online]. 10. 9. 2012 [cit. 2017-10-6]. Dostupné z: slideplayer.cz/slide/2858661/
12. BŘÍŽĎALA, Jan. *E-ChemBook: Multimediální učebnice chemie* [online]. ©2018 [cit. 2017-10-08]. Dostupné z: www.e-chembook.eu
13. BŘÍŽĎALA, Jan. Izomerie organických sloučenin. *E-ChemBook: Multimediální učebnice chemie* [online]. ©2018 [cit. 2018-11-01]. Dostupné z: www.e-chembook.eu/cz/organicka-chemie/Izomerie-organickyh-sloucenin.pdf
14. KEDROVÁ, Kateřina. *Moje Chemie* [online]. ©2011 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: www.e-chembook.eu
15. KEDROVÁ, Kateřina. Tým *MojeChemie.cz*. *Moje Chemie* [online]. ©2011 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: www.mojechemie.cz/MojeChemie:MojeChemie
16. KEDROVÁ, Kateřina. Aktuality. *Moje Chemie* [online]. ©2011 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: www.mojechemie.cz/MojeChemie:Aktuality
17. KEDROVÁ, Kateřina. Organická chemie: Úvod. *Moje Chemie* [online]. ©2011 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: www.mojechemie.cz/Organická_Chemie:Úvod
18. GEBAUER, Karel. *Institut Galenus* [online]. ©2008-2018 [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: www.galenus.cz
19. GEBAUER, Karel. Chiralita. *Institut Galenus* [online]. ©2008-2018 [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: www.galenus.cz/clanky/biochemie/biochemie-chemie-chiralita
20. ŠŮSTEK, Ondřej. *Specifické činnosti učitele chemie a jeho žáků na téma: Izomerizace*. Praha, 2010. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra chemie a didaktiky chemie. Vedoucí práce: Karel Holada.
21. FIALA, Vít. *Jednoduché počítačové hry pro výuku chemie - možnosti a limity*. Praha, 2016. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Petr Šmejkal.
22. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický, 2007. [cit. 2018-03-09]. ISBN 978-80-87000-11-3. Dostupné z: www.nuv.cz/file/159
23. O škole. In: *Gymnázium Botičská* [online]. ©2012 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: <http://www.gybot.cz/rubrika/5-O-skole/index.htm>
24. Chemie. In: *Gymnázium Botičská* [online]. [cit. 2017-10-14]. Dostupné z: www.gybot.cz/data/g/X/4/08-Chemie.pdf

25. 08 ŠVP Chemie. In: *Gymnázium Mimoň* [online]. [cit. 2017-10-11]. Dostupné z: <http://www.gymi.cz/gymi-dokumenty/svp>
26. ŠVP – čtyřleté studium. In: *Bi'gy'* [online]. [cit. 2017-10-08]. Dostupné z: <https://www.bigy.cz/obsah/skolni-vzdelavaci-program>
27. MAŇÁK, Josef. *Nárys didaktiky*. Brno: Masarykova univerzita, 1990. ISBN 80-210-0210-7.
28. MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
29. VALIŠOVÁ, Alena a Hana KASÍKOVÁ. *Pedagogika pro učitele*. Praha: Grada, 2007. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-1734-0.
30. DALE, Edgar. *Audio-visual methods in teaching*. New York: Dryden Press, 1946.
31. Kužel učení. In: *O úspěchu* [online]. 19. 8. 2011 [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: nd05.jxs.cz/691/676/972e982b2a_79060104_o2.png
32. KOTRBA, Tomáš a Lubor LACINA. *Praktické využití aktivizačních metod ve výuce*. Brno: Společnost pro odbornou literaturu - Barrister & Principal, 2007. ISBN 978-80-87029-12-1.
33. PECINA, Pavel a Lucie ZORMANOVÁ. *Metody a formy aktivní práce žáků v teorii a praxi*. Brno: Masarykova univerzita, 2009. ISBN 978-80-210-4834-8.
34. PACÁK, Josef. *Jak porozumět organické chemii*. Vyd. 3. V Praze: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1837-1.
35. VESELÝ, Jan. Chiralita a její význam pro život a chemii. In: *slideslive.com* [online]. 9. 12. 2014 [cit. 2018-1-08]. Dostupné z: slideslive.com/38892661/chiralita-a-jeji-vyznam-pro-zivot-a-chemii
36. KROUTIL, Jiří. *Problémy ve stereochemii uhlikatých sloučenin* [online]. [cit. 2018-1-12]. Dostupné z: kubusz.net/axialni_chiralita.pdf
37. ČERVINKA, Otakar. Chiralita a pojmy s ní související. *Chemické listy* [online]. 1999, 93(5) [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_05_294-305.pdf
38. VOET, Donald a Judith G. VOET. *Biochemie*. Přeložil Arnošt KOTYK. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85605-44-9.

39. Thalidomid. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, © 2017 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: cs.wikipedia.org/wiki/Thalidomid
40. KOLTUN, L. Walter. *Space filling atomic units and connectors for molecular model*. 23. února 1965. Přihl. 23. února 1962. United States Patent 3170246. Dostupné z: www.freepatentsonline.com/3170246.html

Obrázky použité ve výukové PowerPointové prezentaci

41. Snímek č. 3 Ibuprofen: [ibuprofen-tablet.jpg](#). In: *ECPlaza* [online]. 1996 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: weifangfactory.en.ecplaza.net/products/ibuprofen-tablet-400mg_3613681
42. Snímek č. 30 Chiralita: HOVORKOVÁ, Ivana. [01201m.jpg](#). In: *ChemPoint* [online]. Brno: Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, ©2018 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: www.chempoint.cz/chiralni-latky-v-prostredi
43. Snímek č. 32 Chirální a achirální objekty (upraveno z): Chiral and achiral molecules. In: *Socratic* [online]. 2015 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: socratic.org/questions/what-are-chiral-and-achiral-molecules
44. Snímek č. 33 Stereogenní centrum: [Chirality_with_hand.jpg](#). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 2011-10-22 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17071045
45. Snímek č. 39 Fischerův vzorec: Z., Ernest. Fischer. In: *Socratic* [online]. 2016-04-14 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: socratic.org/questions/how-can-i-draw-fischer-projections-from-wedge-and-dash
46. Snímek č. 51 Thalidomid kids: MCCOMBE, Leonard. [GettyImages_50674351_helix.jpg](#). In: *Helix* [online]. Northwestern University, 2009-07-28 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: helix.northwestern.edu/article/thalidomide-tragedy-lessons-drug-safety-and-regulation
47. Snímek č. 51 Thalidomid kids: [Hoto2_bebe-nu.jpg](#). In: *Science-Based Pharmacy* [online]. 2011-08-18 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: sciencebasedpharmacy.wordpress.com/2011/08/18/oh-yeah-thalidomide-wheres-your-science-now/

Ostatní obrázky byly vytvořeny autorkou bakalářské práce

7 Přílohy

Seznam tištěných příloh

Příloha č. 1: Obrázky modelů k aktivitě v kapitole 3.2.2.	2
Příloha č. 2: Chemické vzorce k aktivitě v kapitole 3.2.2.	10

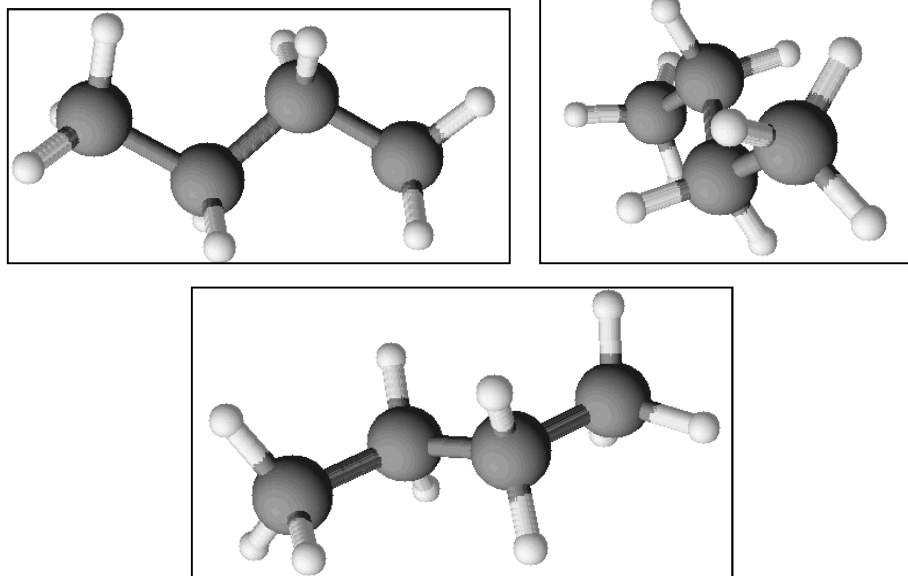
Seznam elektronických příloh

Příloha č. 3: CD-ROM s výukovou prezentací	
--	--

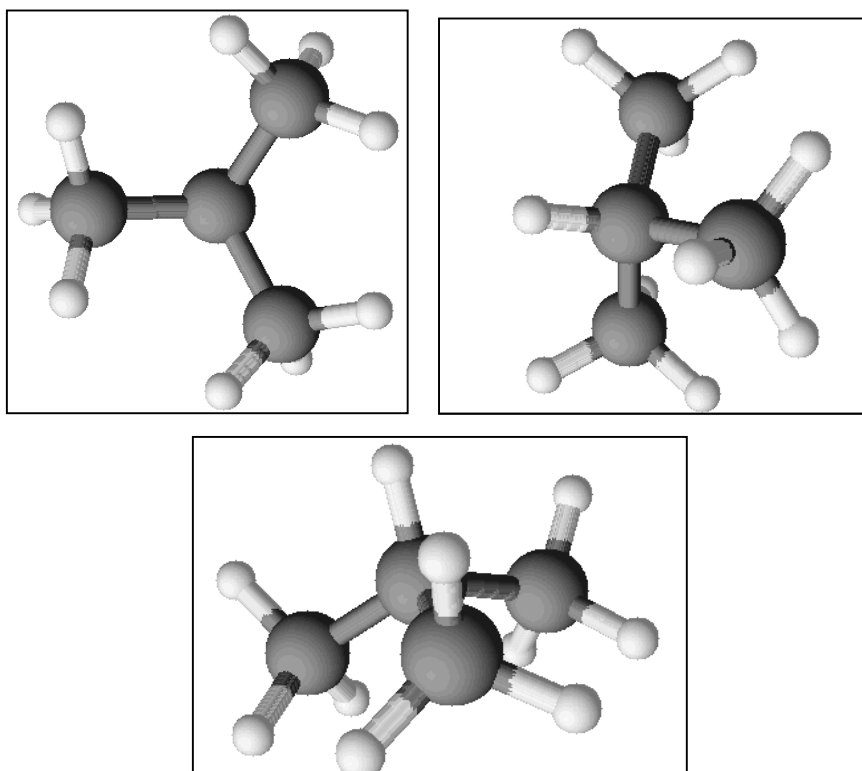
Příloha č. 1: Obrázky modelů k aktivitě v kapitole 3.2.1.

Obrázky:

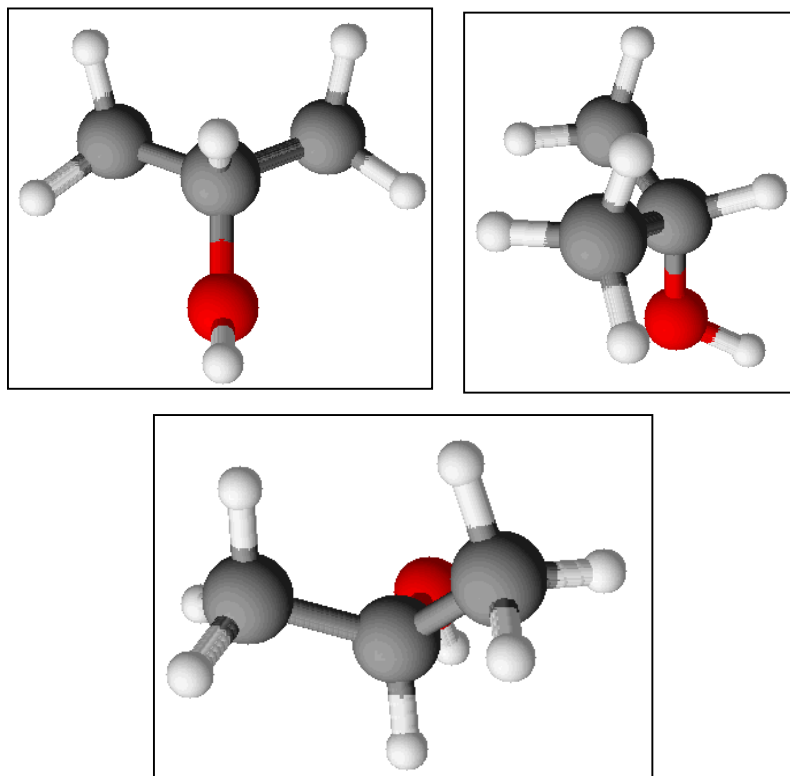
Set č. 1: Konstituční isomery (řetězové): žák 1



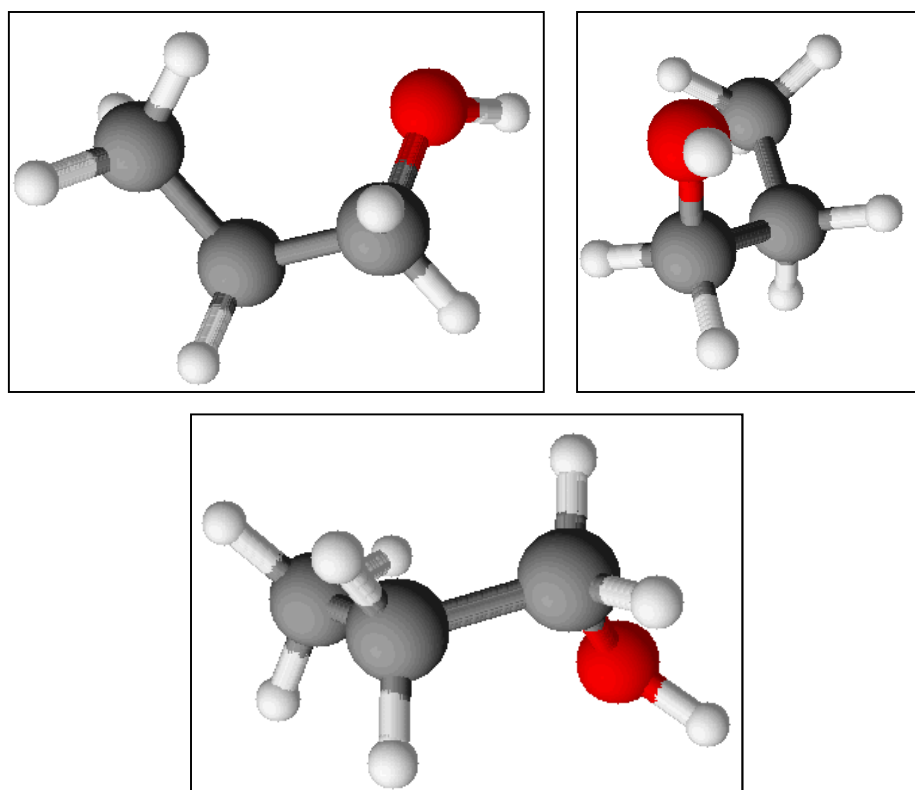
Set č. 1: Konstituční isomery (řetězové): žák 2



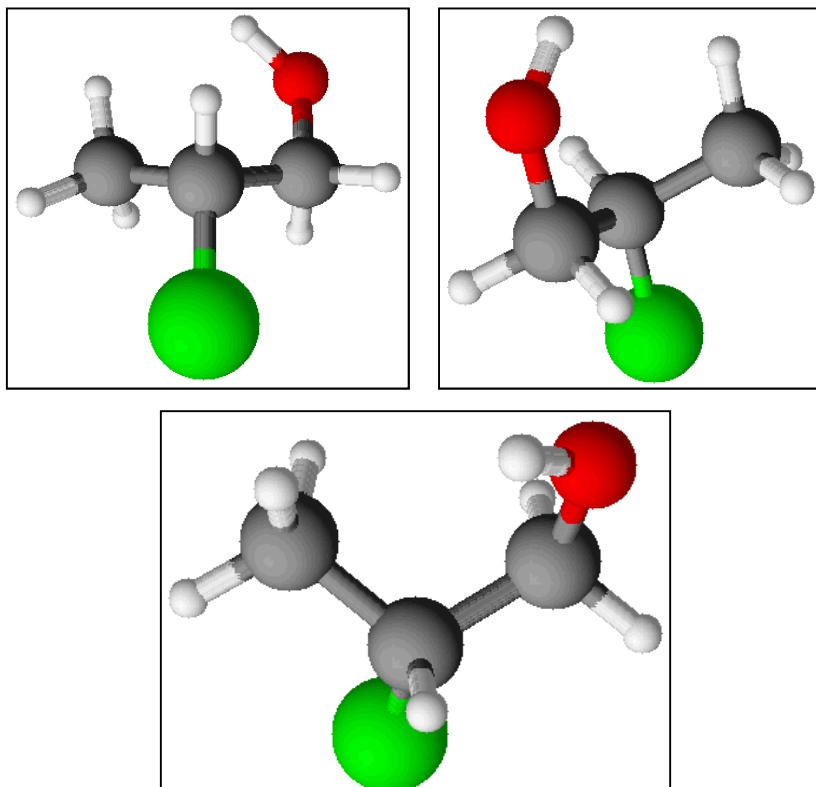
Set č. 2: Konstituční isomery (polohové): žák 1



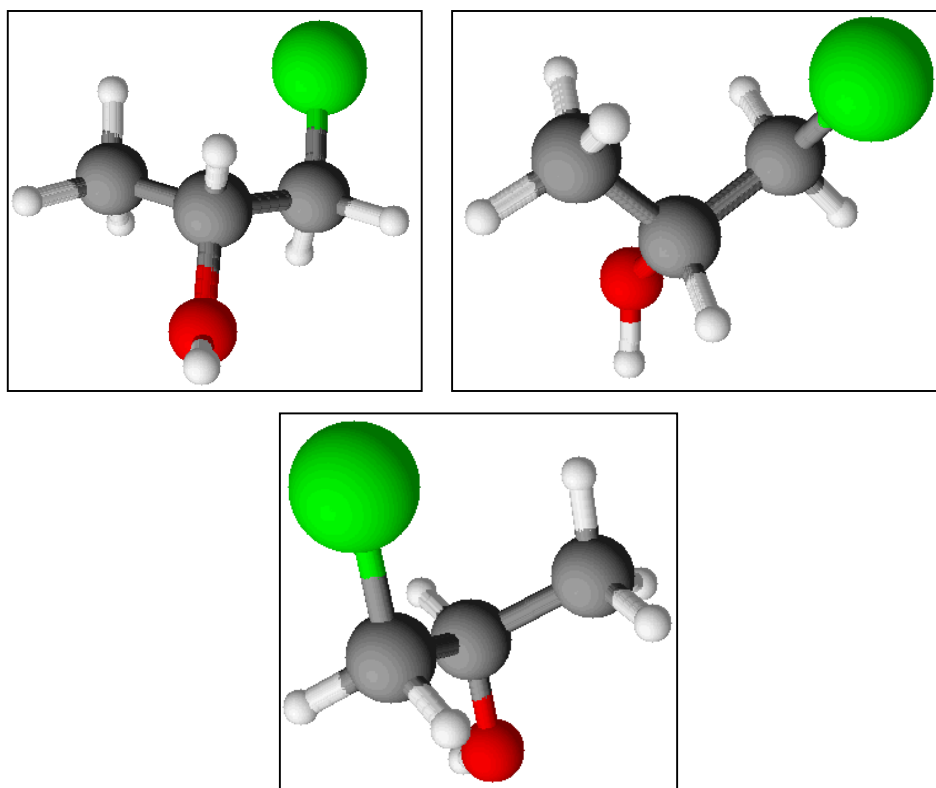
Set č. 2: Konstituční isomery (polohové): žák 2



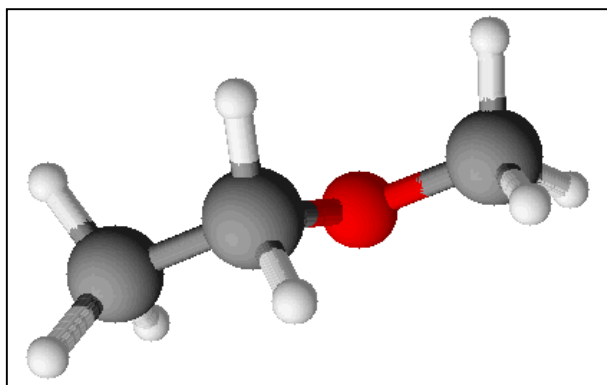
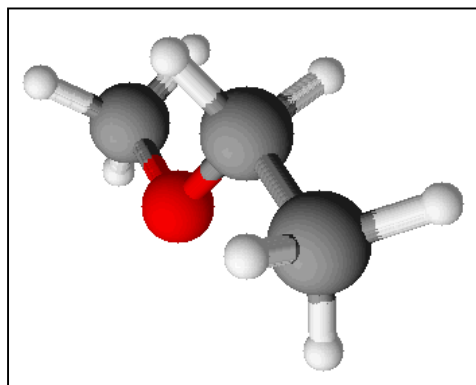
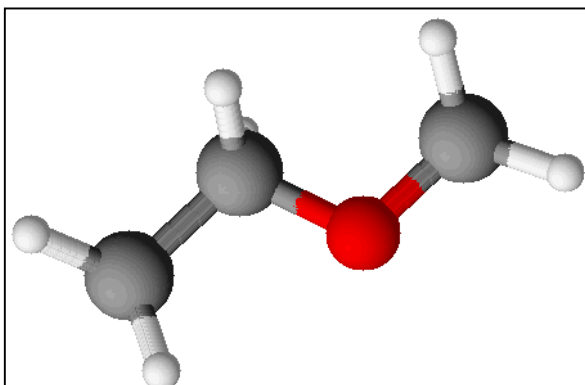
Set č. 3: Konstituční isomery (polohové): žák 1



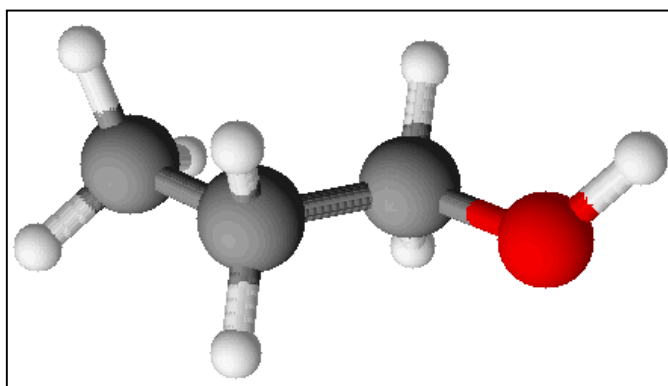
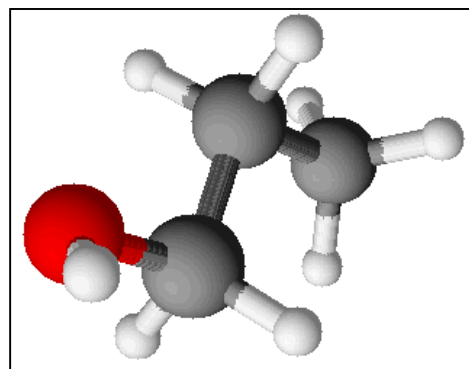
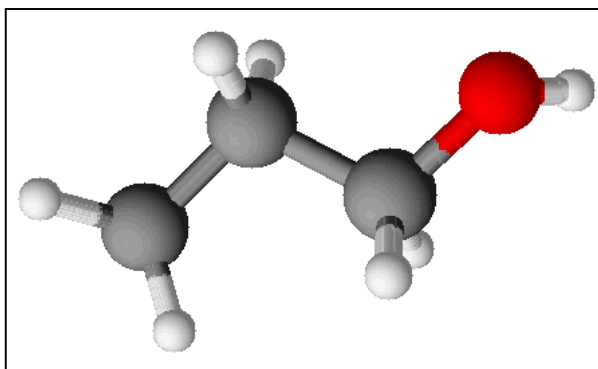
Set č. 3: Konstituční isomery (polohové): žák 2



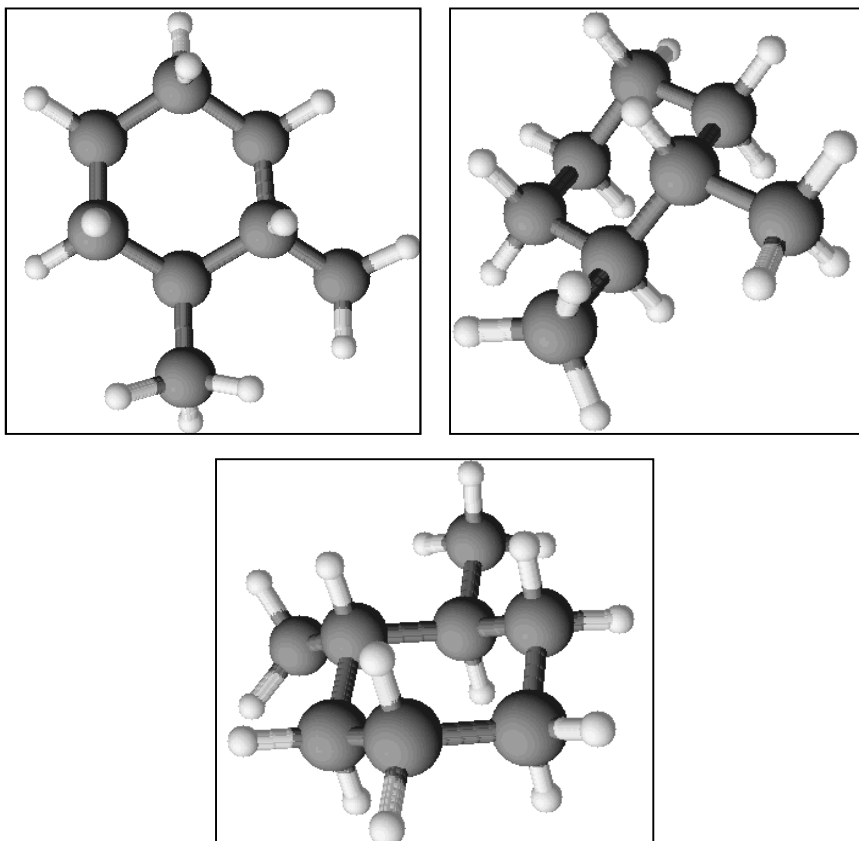
Set č. 4: Konstituční isomery (funkční): žák 1



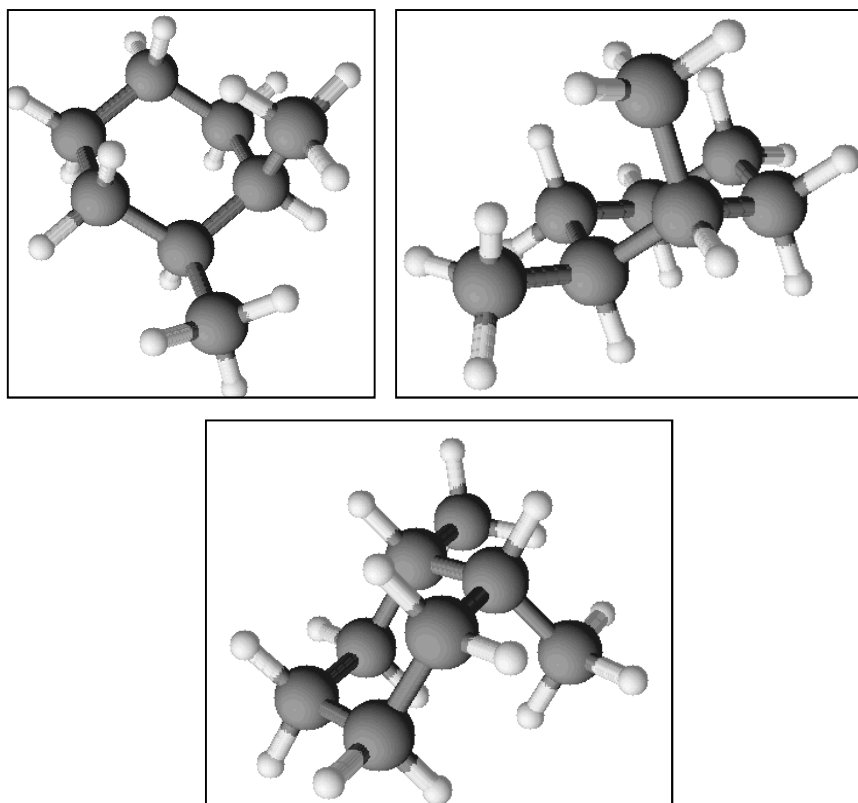
Set č. 4: Konstituční isomerie (funkční): žák



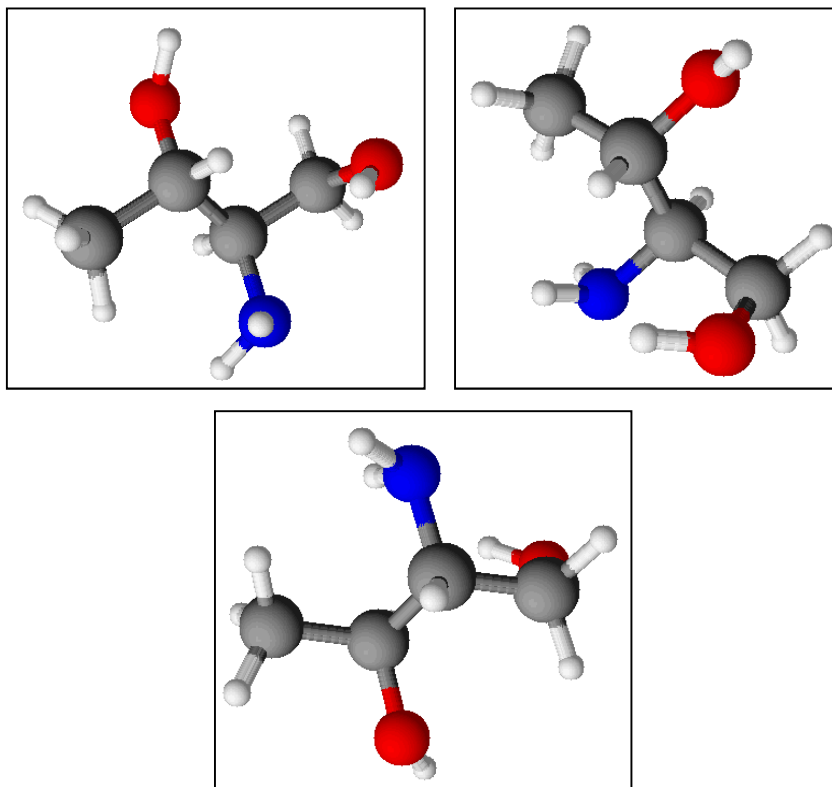
Set č. 5: Konfigurační isomerie (geometrická): žák 1



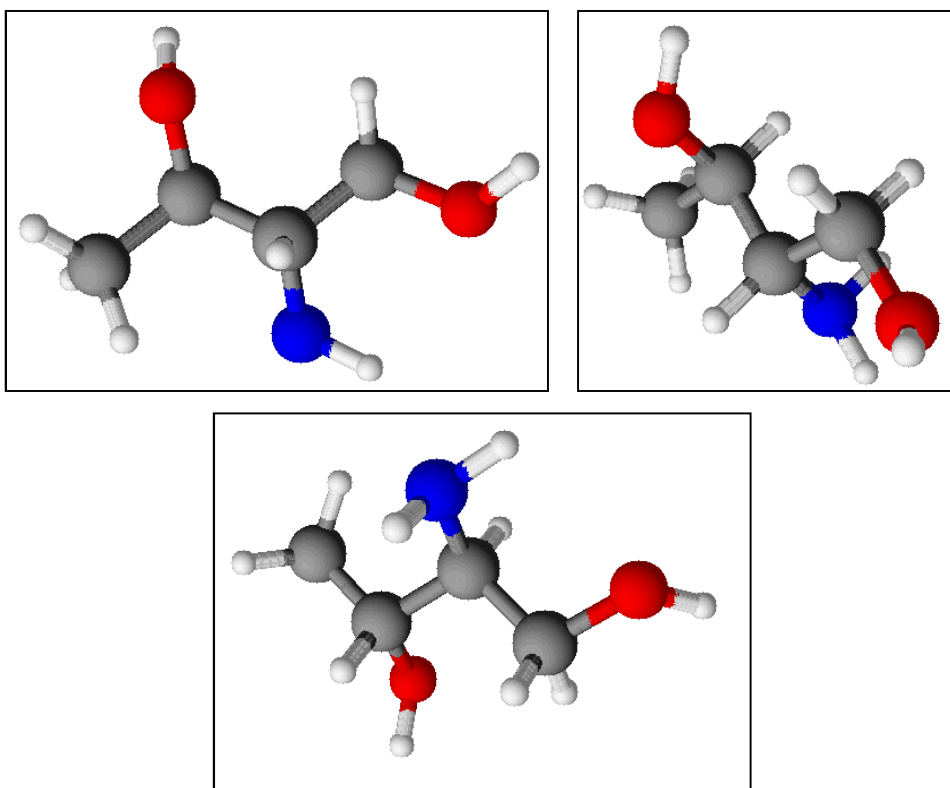
Set č. 5: Konfigurační isomerie (geometrická): žák 2



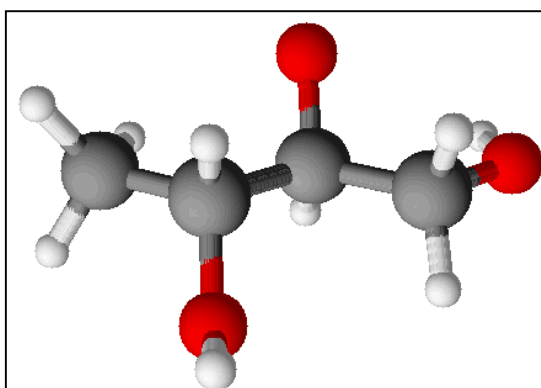
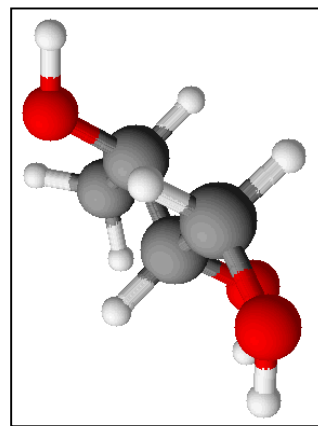
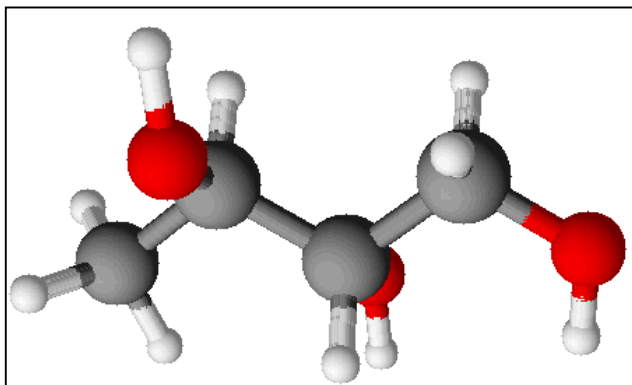
Set č. 6: Konfigurační isomerie (enantiomery): žák 1



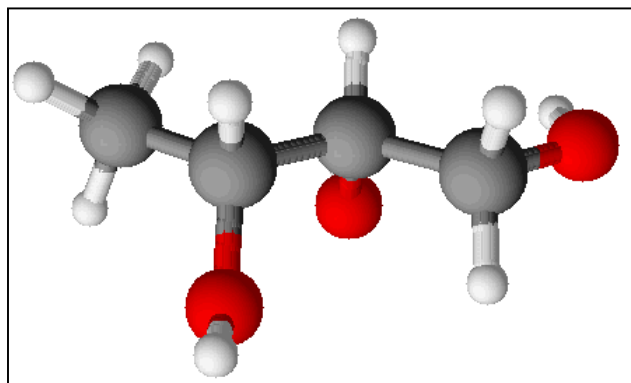
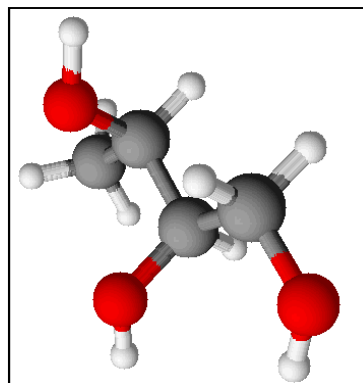
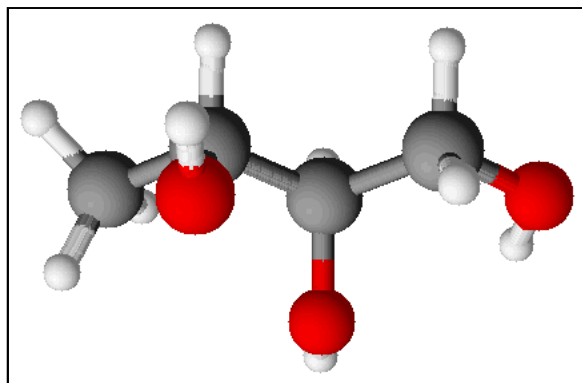
Set č. 6: Konfigurační isomerie (enantiomery): žák 2



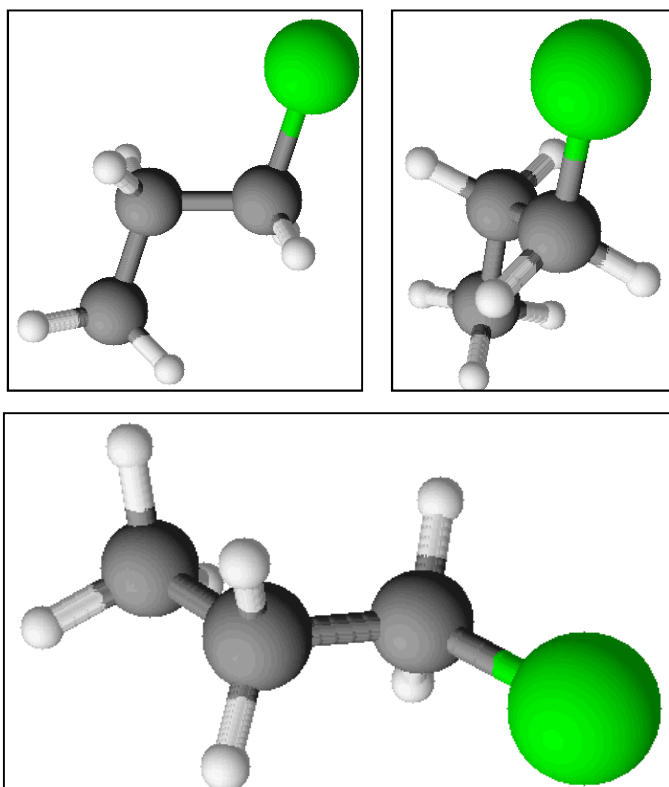
Set č. 7: Konfigurační isomery (diastereoisomery): žák 1



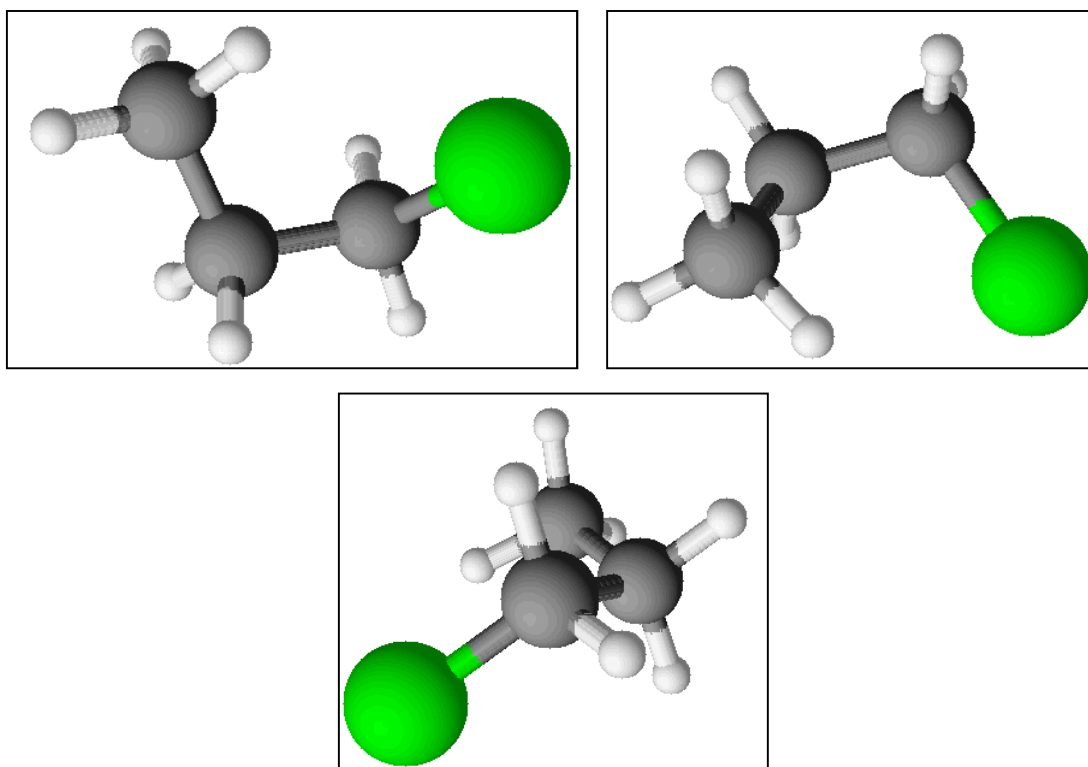
Set č. 7: Konfigurační isomery (diastereoisomery): žák 2



Set č. 8: Konformační isomery: žák 1



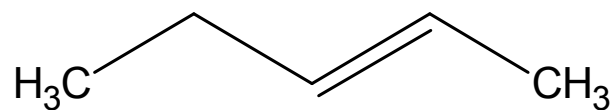
Set č. 8: Konformační isomery: žák 2



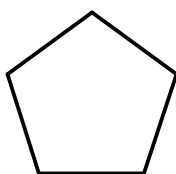
Příloha č. 2: Chemické vzorce k aktivitě v kapitole 3.2.2.

Chemické vzorce:

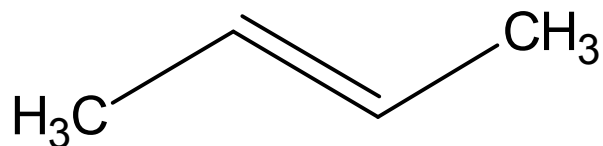
Set č. 1: Konstituční isomerie (řetězová): žák 1



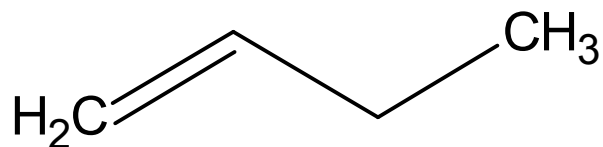
Set č. 1: Konstituční isomerie (řetězová): žák 2



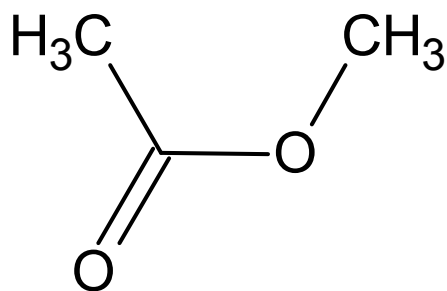
Set č. 2: Konstituční isomerie (polohová): žák 1



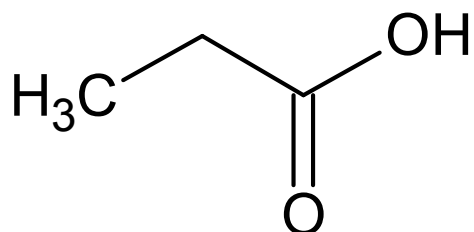
Set č. 2: Konstituční isomerie (polohová): žák 2



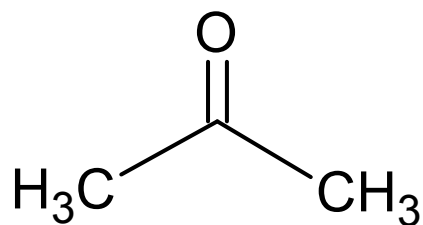
Set č. 3: Konstituční isomerie (funkční): žák 1



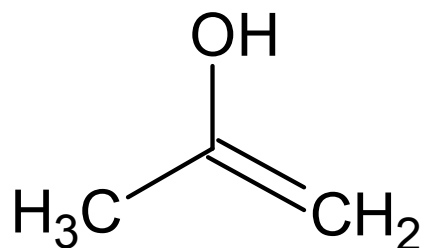
Set č. 3: Konstituční isomerie (funkční): žák 2



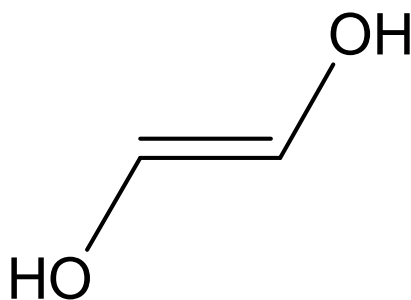
Set č. 4: Konstituční isomerie (tautomery): žák 1



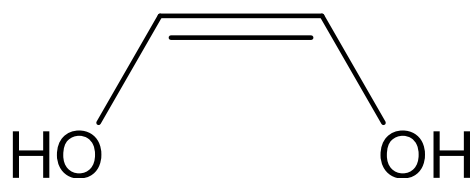
Set č. 4: Konstituční isomerie (tautomery): žák 2



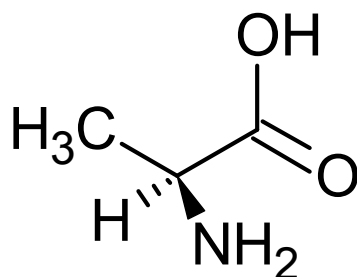
Set č. 5: Konfigurační isomerie (geometrická): žák 1



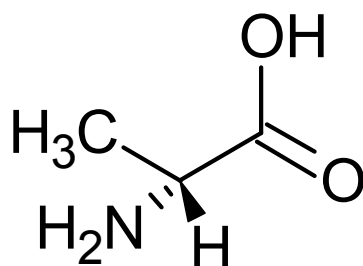
Set č. 5: Konfigurační isomerie (geometrická): žák 2



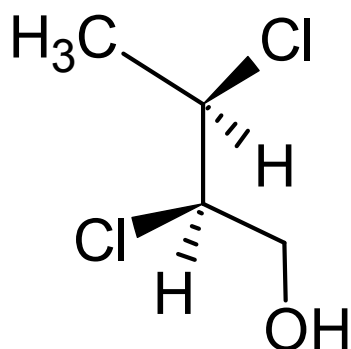
Set č. 6: Konfigurační isomerie (enantiomery) : žák 1



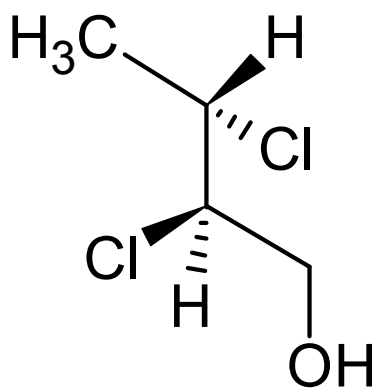
Set č. 6: Konfigurační isomerie (enantiomery) : žák 2



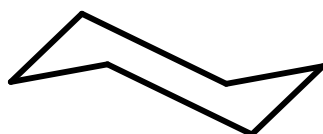
Set č. 7: Konfigurační isomerie (diastereoisomery): žák 1



Set č. 7: Konfigurační isomerie (diastereoisomery): žák 2



Set č. 8: Konformační isomerie: žák 1



Set č. 8: Konformační isomerie: žák 2

