Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Vizualizace v chemii: Porovnání efektivity počítačového modelování a 3D modelů ve výuce

Diplomová práce

Bc. Libuše Rynešová

Vedoucí práce: prof. Mgr. Ivana Kutá Smatanová, Ph.D.

České Budějovice 2025

Rynešová, L., 2025: Vizualizace v chemii: Porovnání efektivity počítačového modelování a 3D modelů ve výuce. [Visualization in Chemistry: Comparing the effectiveness of computer modeling and 3D models in teaching. Mgr. Thesis, in Czech.] – 55 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotation

This diploma thesis focuses on visualization in chemistry, specifically comparing physical 3D models with computer modeling and their effectiveness in supporting students' spatial imagination.

The theoretical part focuses on the concept of visualization, its characteristics and the possibilities of visual representation in chemistry. Furthermore, two types of visualization tools are discussed in detail - physical 3D models and computer modeling, with specific examples.

In the practical section, a worksheet was developed for gymnasium teaching to facilitate the use of a chosen visualization software program. Additionally, a questionnaire survey was carried out to assess high school students' and teachers' experiences with the selected visualization tools.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

Dále prohlašuji, že jsem nástroj/e nebo službu/y generativní umělé inteligence ChatGPT použila v souladu s akademickou etikou za účelem hledání zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 14. 4. 2025

Rynešová Libuše

Poděkování

Děkuji paní prof. Mgr. Ivaně Kuté Smatanové, Ph.D za odborné vedení, cenné rady a ochotu v průběhu vypracovávání dioplomové práce.

Dále děkuji Mgr. Petře Habertové za odborné vedení při výuce na Gymnáziu Česká.

V neposlední řadě také děkuji mé rodině a partnerovi za podporu.

Obsah

1. ÚVOD 1

2. TEORETICKÁ ČÁST 2

2.1 VIZUALIZACE 2

2.1.1 Proces vizualizace 3

2.2 VIZUÁLIE 5

2.2.1 Vizuálie ve vzdělávání 7

2.2.1.1 Teorie duálního kódování 8

2.2.1.2 Kognitivní teorie multimediálního učení 8

2.2.1.3 Teorie kognitivní zátěže 9

2.2.1.4 Teorie obrazu 9

2.3 VIZUALIZAČNÍ METODY 10

2.3.1 2D vs 3D vizualizace v chemii 11

2.4 FYZICKÉ 3D MODELY 11

2.4.1 Typy fyzických 3D modelů 11

2.4.2 Výhody a nevýhody fyzických modelů 13

2.5 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ MOLEKUL 14

2.5.1 Molecular constructor 15

2.5.2 KingDraw 16

2.5.3 MolView 16

2.5.4 ChemSketch 17

3. PRAKTICKÁ ČÁST 19

3.1 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ V HODINÁCH CHEMIE NA GYMNÁZIU ČESKÁ 19

3.2 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ 24

3.2.1 Dotazník pro učitele SŠ 25

3.2.2 Dotazník pro studenty SŠ 26

3.2.2.1 Základní informace o respondentovi 26

3.2.2.2 Zkušenosti s vizualizací v chemii 28

3.2.2.3 Porovnání 3D modelů a počítačového modelování 30

3.2.2.4 Otázky a názor na budoucnost 34

4. VÝSLEDKY A DISKUSE 36

5. ZÁVĚR 39

6. POUŽITÉ ZDROJE 40

7. POUŽITÉ ZDROJE OBRÁZKY 42

8. PŘÍLOHY 43

Cíle práce

- Definovat a rozpracovat téma použití počítačových a 3D modelů při výuce chemie na SŠ a gymnáziích
- Zjistit možnosti aplikace počítačových programů používaných při výuce chemie
- Porovnat pohled na použití vizualizace v chemii z hlediska vyučujících a samotných studentů
- Zhodnotit efektivitu počítačového modelování versus 3D modelů

1. Úvod

Tématem této diplomové práce je „Vizualizace v chemii: Porovnání efektivity počítačového modelování a 3D modelů ve výuce“. Toto téma jsem si vybrala z důvodu, že vizualizace představuje klíčovou roli ve výuce chemie, jelikož struktury molekul jsou pro studenty velmi těžko představitelné. A s neustále se rozvíjející technologií je důležité porovnat efektivitu tradičních fyzických modelů s moderním počítačovým modelování.

Teoretická část této práce je zaměřena na termín vizualizace, jeho definici a význam ve vzdělávání. Rozvíjí, co tento pojem znamená a jaké vizuální reprezentace v chemii existují. Dále jsou zde více rozebrány dvě vizualizační metody, konkrétně 2D a 3D vizualizace.

Tato část práce je ukončena dvěma kapitolami, věnujícími se fyzickým 3D modelům a počítačovému modelování a jejich popisu.

Praktická část práce se zabývá výukou na gymnáziu s počítačovým modelováním a také dotazníkovému šetření. Toto šetření je zaměřeno na studenty a učitele SŠ a jejich zkušenost s vybranými vizualizačními pomůckami – fyzickými 3D modely a počítačovém modelování.

2. Teoretická část

2.1 Vizualizace

Vizualizace představuje klíčový přístup, se kterým se setkáváme nejen ve vzdělávacím prostředí, ale také v každodenním životě. Hraje zásadní roli při usnadňování pochopení složitých konceptů a napomáhá efektivnějšímu učení i komunikaci. Díky vizualizaci dokážeme překlenout propast mezi abstraktními pojmy a jejich konkrétním uplatněním v praxi, což vede k hlubšímu porozumění a snadnější aplikaci získaných znalostí.

Ve školství se vizualizace uplatňuje jako multidisciplinární metoda, která propojuje různé obory a usnadňuje pochopení učiva studentům s odlišnými styly učení. Obzvláště v chemii, kde se pracuje s mikroskopickými a často obtížně představitelnými jevy, vizualizace umožňuje studentům lépe porozumět strukturám, reakcím a procesům, které probíhají na molekulární úrovni. Díky tomu se výuka stává přístupnější a efektivnější, což zvyšuje šance všech studentů na úspěch a rozvíjí jejich schopnost analytického myšlení.
Na začátek je vhodné si shrnout, co vizualizace znamená. Podle oxfordského slovníku je to pojem procesu, který popisuje transformaci:
„za účelem vytvoření mentální vize, představy nebo obrazu (něčeho, co není viditelné nebo přítomné zraku, nebo abstrakce); zviditelnit mysli nebo představivosti.“ (The Oxford English dictionary, 1989) (pozn. vlastní překlad)

V. Spousta (2007) definoval vizualizaci jako proces, při kterém se nějaký jev (objekt nebo proces), jeho struktura, systémové vazby a typické vlastnosti převedou do formy, která umožňuje jeho vnímání zrakem. Tato forma, která je poté vnímána zrakem se nazývá vizuália.

Vizuálie napomáhají k vyšší pozornosti, soustředěnosti, rozvíjejí paměť, fantazii a představivost. Podněcují k myšlení, které je podpořeno systematickým přístupem a tříděním zobrazených jevů, se zaměřením na jejich klíčové znaky a vzájemné souvislosti (Spousta, 2007).

Přenos informací se dnes výrazně liší od pomalého a neuspěchaného přenosu a zpracování informací v minulosti. Dnešní proces přenosu má své výhody, ale také nevýhody. Umožňuje přenést více informací najednou, ale na druhou stranu může docházet ke ztrátě propojování

znalostí a podpořit vlastnosti, jako např. povrchnost. Bez zpracování a uspořádání nově přijatých informací není možné si jejich větší množství udržet v paměti (Spousta, 2007).

Jak uvedl V. Spousta (2007) ve svém díle, v rámci vizuální komunikace lze rozlišit několik úrovní informací:

- *„syntaktickou – týká se způsobu vizualizace, její formy,*
- *sémantickou – vztahuje se k významu toho, co je předmětem vizualizace,*
- *pragmatickou – týká se způsobu praktického využití vizualizovaných informací“.*

Vizualizace tedy napomáhá k pochopení, transformaci učiva do podoby lépe zapamatovatelné a v neposlední řadě k rekonstruování učiva v okamžiku, kdy se objeví nové znalosti (Čáp a Mareš, 2007).

Je důležité si ale uvědomit, že vizualizace nese také některá didaktická rizika:

- pokud je studentovi předána hotová podoba problému a není tím pádem podporován v procesu přechodu mezi konkrétním a abstraktním, může dojít k potlačení rozvoje abstraktního myšlení,
- při zvolení nevhodného vizuálního prostředku (model, graf) pro přenos informace může dojít k mylnému fixování představ,
- jestliže dojde k nadměrnému využívání vizualizačních prostředků, není možné vyloučit, že student nebude věnovat takovou pozornost verbálnímu textu a zároveň může dojít k potlačení jeho myšlenkové a poznávací aktivity. Proto se vizuália používají ve spojení s verbálním komentářem na problém, jelikož poté dochází k tvorbě logicky strukturované dovednostní soustavě (Spousta, 2007).

2.1.1 Proces vizualizace

Vizualizace je složitý proces, který lze rozdělit do jednotlivých klíčových kroků. Jedná se o mapování, výběr, prezentaci, interaktivitu, lidské faktory a hodnocení. Tyto kroky tvoří hlavní aspekty tvorby vizualizace s cílem zajistit její přesnost a efektivitu. V této podkapitole budou jednotlivé kroky krátce definované.

1) Mapování – tento proces se zabývá přenosem informace do vizuální podoby. Jinými slovy jde o to, jak data znázornit tak, aby byla srozumitelná a odpovídala svému

významu. Pro kvalitní mapování platí, že mezi daty a jejich vizuální podobou existuje jasný a přesný vztah. Toho lze dosáhnout využitím různých dobře definovaných algoritmů (Khan a Khan, 2011).

2) Výběr – při výběru dochází k rozhodování o tom, která data z dostupných informací se využijí pro konkrétní úkol. Tento proces úzce souvisí s tím, jaký cíl má vizualizace splnit. Správný výběr dat je zásadní, jelikož nesprávně zvolená data mohou vést k nesprávným závěrům a způsobit výrazné ztráty (časové, finanční) (Khan a Khan, 2011).

3) Prezentace – v kontextu vizualizace znamená perspektivní prezentace efektivní uspořádání a zobrazení informace tak, aby bylo snadno pochopitelné. Po výběru dat a jejich korektním vizuálním zpracování je klíčová jejich přehledná a logická prezentace, aby uživatelé snadno porozuměli jejich významu (Khan a Khan, 2011).

4) Interaktivita – označuje funkce a nástroje, které umožňují uživatelům pracovat se zobrazovanými daty, tzn. upravovat, zkoumat a přizpůsobovat je. Díky interaktivitě mohou uživatelé lépe porozumět informacím, analyzovat je a objevovat nové souvislosti (Khan a Khan, 2011).

5) Lidské faktory – jsou velmi důležitým aspektem vizualizace. Tento krok zahrnuje především použitelnost a dostupnost. Z toho vyplývá, že vizualizace by měla být intuitivní a snadno ovladatelná nejen pro běžné uživatele, ale také pro osoby se speciálními potřebami. Při návrhu vizualizace je důležité brát ohled na lidské vnímání a kognitivní procesy (Khan a Khan, 2011).

6) Hodnocení – po vytvoření vizualizačního rozhraní dochází k poslednímu a velmi důležitému kroku a to zhodnocení. Cílem je zhodnotit, jestli vizualizace plní účel a zda je efektivní pro uživatele (Khan a Khan, 2011).

2.2 Vizuálie

Jak již bylo zmíněno, psaný či mluvený projev je doplňován vizuáliemi, které v mnoha případech mohou napomoci k pochopení, ucelení a roztřídění nově přijatých informací. V dnešní době se rozdělují podle různých hledisek a do několika typů:

1) *Způsob zobrazení skutečnosti – podle stupně abstrakce rozlišujeme:*
   - *zobrazení realistické – např. fotografie, obraz, kresba*
   - *zobrazení schematické – např. technický náčrt, model*
   - *zobrazení symbolické – chemický vzorec, algoritmus matematické operace*
2) *Způsob prezentace:*
   - *vizuália statická – např. obraz, přírodnina, schematická kresba*
   - *vizuália dynamická – např. výbušný motor v akci, funkční model parního stroje, filmový záznam operace*
3) *Obsah (a forma) zobrazené skutečnosti:*
   - *reálný předmět – např. dokument, obraz*
   - *kopie – např. dokumentu, obrazu*
   - *model – např. maketa sportovního stadionu, architektonické památky*
   - *symbol – např. dopravní značky, informační návěsti, zákazy, logo*
   - *znak, kód – např. různé typy výtvarného provedení písmen*
4) *Formu zobrazení (prostorovou rozměrnost):*
   - *dvojrozměrná vizuália – např. kresba, diagram*
   - *trojrozměrná vizuália – např. zkamenělina, minerál, stereometrický model*
5) *Druh smyslových analyzátorů (receptorů):*
   - *pouze vizuální – např. fotodokumentace*
   - *audiovizuální – např. televizní hra, dokument, reportáž*
6) *Psychologickou hodnotu a funkci vizuálií:*
   - *stimulační*
   - *aktivizační*
   - *koncentrační*
   - *kognitivně-regulační*
   - *imaginativní*
   - *syntetizující*
   - *fixační*

- *kreativní*

7) *Sociologickou hodnotu a funkci vizuálií:*
   - *komunikační*
   - *orientační*
   - *regulační*
   - *selektivní*
   - *expresivní*
8) *Edukologickou hodnotu a funkci vizuálií:*
   - *poznávací*
   - *vzdělávací*
   - *výchovná*
   - *komunikativní*
   - *transformující*
9) *Didaktickou hodnotu a funkci vizuálií:*
   - *motivační*
   - *expoziční*
   - *fixační*
   - *diagnostická*
   - *aplikační.“* (Spousta, 2007)

Ve školním prostředí představují nezaměnitelnou roli, jelikož jejich didaktické funkce se mění ve vztahu k fázím vyučovacího procesu. Následující tabulka byla vytvořena podle Spousty (2007) a dává do souvislosti jednotlivé fáze vyučovacího procesu a didaktickými funkcemi vizuálií.

Tabulka I: Souvislost mezi fázemi vyučovacího procesu a didaktickými funkcemi vizuálií.

Fáze vyučovacího procesu	**Didaktické funkce vizuálií**
Motivace	Podporují studentův zájem o problematiku a podněcují ho k uvažování a hledání spojitostí.
Expoziční fáze	Vizuálie se zde využívají k propojení studentovo konkrétních poznatků a prekonceptů, které získal během studia.
Fáze vytváření pojmů a vědomostních struktur	Přispívají k porozumění a uchopení pojmů, jelikož zefektňují vnímání a usnadňují proces jejich osvojování.
Fixační fáze	Napomáhají k upevňování struktur a propojenosti nově nabytých poznatků (i mezioborově).
Fáze formování pracovních metod	V tomto případě je učitel využívá k upevnění a tvoření efektivních pracovních postupů.
Fáze vytváření dovedností (a návyků)	Podle druhů dovedností, které si žák osvojuje se jejich funkce mohou lišit. Můžou např. prezentovat různé formy instruktáže pro nějakou konkrétní činnost.
Aplikace vědomostí a dovedností	Vizualizační prostředky zde mohou brát jako zdroj úloh, základ pro řešení daného problému i způsob prezentace dosažených výsledků.
Fáze syntetizování vědomostí	Pomáhají k opakování, shrnutí a zafixování nových informací, ale také k zhodnocení dosažených poznatkových systémů.
Závěrečná fáze	V této fázi umožňují zhodnotit získané znalosti.
Opakování	Umožňují efektivně zopakovat dané informace, a to nejen nově získané, ale i již získané.

2.2.1 Vizuálie ve vzdělávání

Při pozorování procesu učení prostřednictvím vizuálních materiálů je nezbytné nejprve představit teoretické přístupy, které se v této oblasti nejčastěji uplatňují. Tyto přístupy jsou zaměřené na rozlišování senzorických kanálů (např. sluchového a vizuálního) a na to, jak jsou informace reprezentovány (např. textové a obrazové). Současně se věnují omezené kapacitě pracovní paměti jedince, která silně ovlivňuje efektivitu zpracování informace (Janko *et al.*, 2018).

Na těchto principech jsou založeny teorie, které se zabývají učením z vizuálních materiálů. Jedná se o teorii duálního kódování, kognitivní teorie multimediálního učení, teorie kognitivní zátěže a teorie obrazu. V následujících podkapitolách se budu věnovat právě těmto teoriím.

2.2.1.1 Teorie duálního kódování

Tato teorie vychází z předpokladu, že informace, jak verbální (textové), tak nonverbální (obrazové), jsou v lidské mysli zpracovány odlišně.

Verbální zpracování informací umožňuje detailnější a postupné zpracování jazykových informací. Pracuje se s lingvistickými logogeny (jednotkami). Nonverbální systém pracuje s generátory obrazu, využívá paralelních simultánních procesů, tím dochází k přenosu zprostředkované skutečnosti najednou (prostorová a synchronní informace) (Janko *et al.*, 2018).

Z pohledu učení je optimální, pokud je určitá informace zpracována oběma kanály najednou. Začleňování nových informací do stávajících kognitivních struktur díky propojování slovních spojení a vizuálních analogií se jeví jako velice přínosné (Janko *et al.*, 2018).

2.2.1.2 Kognitivní teorie multimediálního učení

Tato teorie vychází z předpokladu, že informace jsou zpracovávány dvěma oddělenými kanály – verbálním a vizuálním. Každý z těchto kanálů se specializuje na specifický typ podnětů, čímž umožňuje efektivnější učení a lepší porozumění obsahu.
Vše je spojeno se senzorickou pamětí, která zaznamenává jak verbální, tak vizuální podněty. Tyto podněty jsou dočasně krátkodobě uchovávané pracovní pamětí. Má však omezenou kapacitu. Informace ukládá dlouhodobá paměť (Janko *et al.,* 2018).

V pracovní paměti se tištěná slova zpracovávají v obrazovém kanálu, následně se přesouvají do verbálního kanálu a vše se propojuje s předchozími znalostmi (Janko *et al.,* 2018).

Je důležité, aby kognitivní (poznávací) náročnost zprostředkované informace nepřekročila kapacitu pracovní paměti. Nejvíce přínosné by bylo, aby se poznatky a získané informace uložily v dlouhodobé paměti (Janko *et al.*, 2018).

2.2.1.3 Teorie kognitivní zátěže

V tomto případě teorie říká, že pro efektivní učení je důležité, aby bylo učení organizováno ve shodě s lidským kognitivním systémem. Důležitost je zde kladena na spolupráci senzorické, pracovní krátkodobé a dlouhodobé úrovni lidské paměti (Janko *et al.*, 2018).

V krátkodobé paměti dochází ke zpracování přijatých informací, které jsou poté přesunuty do dlouhodobé, která je relativně neomezená. Tento proces a jeho efektivita může být ovlivněn kvalitou logických vazeb mezi zvládanými informacemi různých mír (Janko *et al.*, 2018).

Učební materiály by měly být připravovány tak, aby snižovaly kognitivní zátěž potřebnou pro osvojení. To znamená, že dochází k eliminaci tří efektů, což umožňuje porozumět vzdělávacímu efektu. Tyto efekty jsou:

- *„Efekt rozdělení pozornosti – informace prezentované různými smyslovými kanály nejsou vzájemně provázeny.*
- *Efekt redundance – edukační materiál obsahuje nadbytečné informace.*
- *Efekt modality – informace nejsou prezentovány s ohledem na využití více smyslových kanálů (např. verbálním a vizuálním).“* (Janko *et al.*, 2018)

2.2.1.4 Teorie obrazu

Teorie obrazu se opírá o moderní sémiotiku a zaměřuje se na vztah mezi příjemcem vizuální informace a samotným vizuálním prvkem. Cílem této teorie je posoudit jak kvalitně a efektivně vizuální prvek předává informace. Klíčovým faktorem je spojení mezi zobrazovanou reprezentací a reálným jevem. To vyžaduje správné fungování vztahu mezi znakem (symbolickým vyjádřením) a objektem, který je tímto znakem zastoupen (princip detonace) (Janko *et al.*, 2018).

Každý vizuální prvek obsahuje tři základní informace sdělení:

1. „Frame message“ (rámcové poselství) – informuje, že se jedná o vizuální sdělení (např. graf), nikoliv o náhodný obrazový prvek.
2. „Outer message“ (vnější poselství) – říká, jak si má uživatel vizuálie interpretovat a „číst“.

3. „Inner message“ (vnitřní poselství) – sděluje konkrétní obsah, např. vztahy mezi objekty, které znázorňuje. (Janko *et al.,* 2018).

Pro lepší pochopení a využití vizuálií je vhodné kombinovat různé její složky.

Tyto teorie poskytly jakýsi základ pro další výzkumy. Z těchto výzkumů vyplývá, že využití vizuálií umožňuje snižovat kognitivní zátěž a tím mohou být přínosné zejména pro začátečníky s nižší úrovní znalostí. Začátečníkům nejčastěji vyhovují kombinace textové a obrazové prezentace problému či informace, jelikož se zaměřují spíše na povrchové struktury. Zatímco odborníkům nebo zkušenějším studentům vyhovují spíše textové či obrazové materiály, protože umějí lépe zpracovávat informace odděleně, bez nutnosti kombinace forem prezentace (Janko *et al*., 2018).

Nicméně je velmi důležité si uvědomit, že pro efektivní využívání vizualizačních prvků ve výuce je nutné zohlednit nejen individuální kognitivní schopnosti studentů, ale i specifika konkrétního učebního celku.

2.3 Vizualizační metody

Vavra *et al*. (2011) se ve svém výzkumu věnovali vizualizaci v přírodovědném vzdělání a identifikovali tři rozdíly v pojetí vizualizace:

- Objekty vizualizace – v tomto případě se jedná o obrázky, 3D modely, schématické nákresy, počítačové grafiky, simulace, animace a videa. Tyto prvky lze zobrazovat různými způsoby – na papíře, obrazovkách počítačů, interaktivních tabulí či ve videoformátu. Často jsou doplněny jinými smyslovými podněty (např. zvukem) a tím dochází k usnadnění jejich pochopení.
- Introspektivní vizualizace – jsou pojmy, které si vytváříme a zobrazujeme v mysli. Můžeme říct, že se jedná o imaginární vizuální prostředky.
- Interpretační vizualizace – spočívá ve vytváření významu na základě vizuálních objektů nebo introspektivních vizualizací, které jsou vnímány v kontextu našich dosavadních zkušeností, znalostí a přesvědčení. Tento proces zahrnuje kognitivní činnost, tedy změnu myšlení vyvolanou interakcí s vizuálním prvkem nebo jeho hlubší analýzou.

Jinými slovy lze říct, že první kategorie zahrnuje fyzické objekty, jako jsou obrázky či počítačové vizualizace. Druhá tvoří obrazy vytvářené v mysli (mentální schémata, představy) a poslední oblastí jsou kognitivní procesy spojené s intepretací fyzických nebo mentálních vizualizací. Toto rozdělení je důležité pro pochopení, jak vizualizace funguje a pro nalezení nejúčinnějšího způsobu jejího využití ve výuce (Vavra *et al.*, 2011).

2.3.1 2D vs 3D vizualizace v chemii

Chemie je jeden z mnoha předmětů, který je založen na vizuální prezentaci pojmů a souvislostí. Zejména v organické chemii je vizualizace nedílnou součástí výuky. Nejtradičnějším způsobem předávání informací pomocí vizuálií je rozhodně 2D prezentace v učebnicích, studijních materiálech či nákresech na tabuli. Ne tak rozšířenou, ale určitě žádoucí formou je 3D prezentace.

V minulosti proběhly výzkumy, které se zaměřily na srovnání efektivity 2D a 3D vizualizace ve výuce. Z těchto výzkumů vyšlo několik názorů na jednotlivé vizualizace. Oke a Alam (2010) se ve své studii věnovali srovnáním efektivity 2D a 3D vizualizace při výuce organické chemie.

2.4 Fyzické 3D modely

Fyzické 3D modely využívané ve výuce chemie se také nazývají materiální modely. Toto téma bylo více rozpracované v bakalářské práci Rynešová (2023), kde jsem se zabývala různými typy těchto modelů a jejich využitím ve výuce. Mezi nejčastěji používané modely patří tyčinkové, kuličkové, kalotové a Dreidingovy modely, stejně tak modely krystalických struktur (Ingham, 1988). Tato kapitola shrnuje poznatky o jednotlivých typech těchto modelů a porovnává jejich přínosy a omezení.

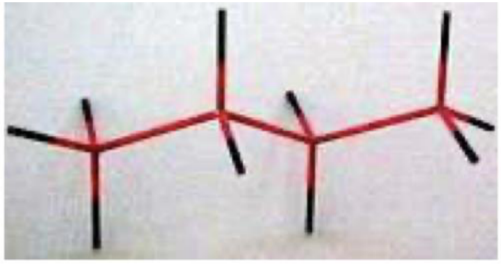
2.4.1 Typy fyzických 3D modelů

1) Kuličkové modely – jsou složeny z tyčinek představující chemické vazby a z barevných kuliček, které reprezentují atomy. Využívají se pro znázornění molekulových struktur a prostorového uspořádání. Jsou velice přehledné a jednoduché, ale naopak nevystihnou

přesnou velikost jednotlivých atomů (Types of Molecular Models, Whipple Museum) (Difference Between Ball and Stick and Space Filling Model, 2010).

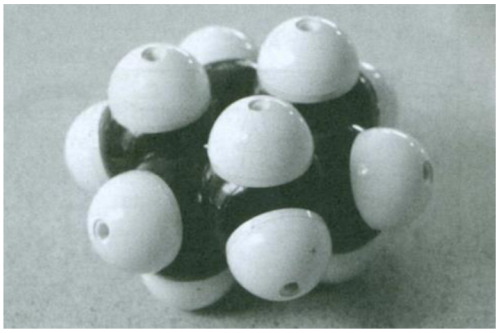
Obrázek 1: Kuličkový model ethanu (Procházka, 2007).

2) Tyčinkové modely – namísto kuliček se u těchto modelů využívají pouze tyčinky spojené do daných struktur. To umožňuje znázornění složitějších struktur. Tento typ je vhodné využívat při studiu izomerie a uspořádání velkých molekul (Types of Molecular Models, Whipple Museum) (JoVE).



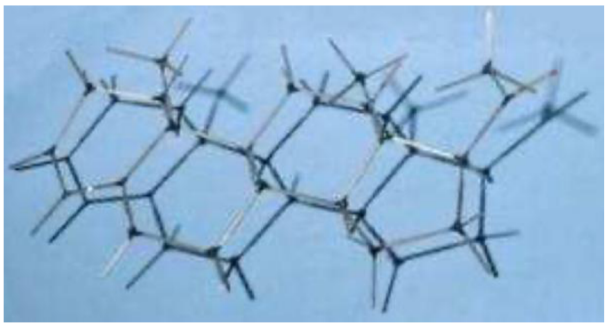
Obrázek 2: Tyčinkový model butanu (Procházka, 2007).

3) Kalotové modely – tento typ modelů je poměrně specifický, jelikož atomy jsou tu představeny jako Van der Waalsovy koule. To umožňuje realističtější znázornění prostorového zaplnění molekuly. Na druhou stranu nelze u těchto modelů odlišit vazby jednoduché a násobné (Reed College).



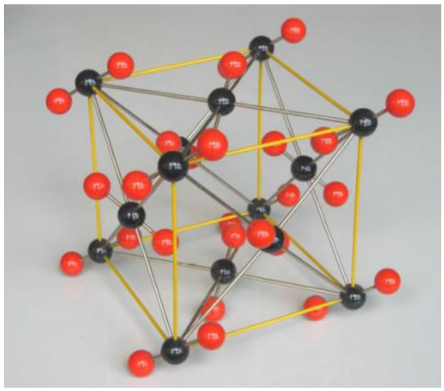
Obrázek 3: Kalotový model cyklohexanu (Marek, 2013).

4) Dreidingovy modely – jsou velmi podobné tyčinkovým modelům. Jsou užitečné při vizualizaci vazebných úhlů a prostorových vztahů v organických sloučeninách (Natural Products Science in Chicago).



Obrázek 4: Dreidingův model (Procházka, 2007).

5) Modely krystalových struktur – se využívají pro znázornění struktury pevných látek, jako jsou kovy nebo iontové sloučeniny. Atomy jsou zde reprezentovány barevnými kuličkami a jejich spojení může, ale nemusí odpovídat realitě (Types of Molecular Models, Whipple Museum).



Obrázek 5: Model krystalové struktury (Marek, 2013).

2.4.2 Výhody a nevýhody fyzických modelů

Fyzické modely umožňují u studentů rozvíjet prostorovou představivost. Přestože 2D znázornění poskytuje přehledné a efektivní informace o struktuře, tak pro studenty s omezenou prostorovou představivostí může být náročné interpretovat správný trojrozměrný tvar molekuly (Rynešová, 2023).

Další výhodu je, že modely oživují výuku a zvyšují tak zájem studentů. To může velmi ovlivnit jejich motivaci k učení, a to zejména platí pro studenty, kteří nejsou zvyklí na práci se stavebnicemi molekul. Na druhou stranu, pokud se s nimi studenti setkávají opakovaně, postupně ztrácejí zájem a dochází ke snížení efektivity výuky.
Kromě toho jsou tyto modely snadno dostupné a nevyžadují technologické vybavení, což umožňuje jejich využití ve školství.

Ačkoliv mají fyzické modely řadu výhod, jejich využití přináší také několik omezení. Jedna z nevýhod je ta, že velikost kuliček a tyčinek často neodpovídají skutečným poměrům atomů, což může vést ke zkreslené představě.
Pokud budou studenti pracovat se stavebnicemi molekul, a ne hotovými modely, je nutné je nejdříve seznámit s manuály a celkově jednotlivými částmi stavebnic. To je velmi náročné nejen časově, ale také na přípravu (Rynešová, 2023).

Zatímco tyto modely umožňují studentům pracovat interaktivně se strukturami a poskytují reálný přístup k prostorovému uspořádání atomů, počítačové modelování umožňuje pracovat také s rotací, měřítkem a simulací molekulových interakcí. Následující kapitoly se proto budou věnovat počítačovému modelování.

2.5 Počítačové modelování molekul

Klíčová metoda vizualizace, která se využívá nejen ve vědeckém výzkumu, ale také ve výuce chemie, je počítačové modelování molekul. Tato metoda umožňuje vytvářet molekulární systémy, zkoumat jejich vlastnosti, dynamiku a v neposlední řadě, umožňuje lepší pochopení chemických interakcí na atomární úrovni (Malý, b.d.).

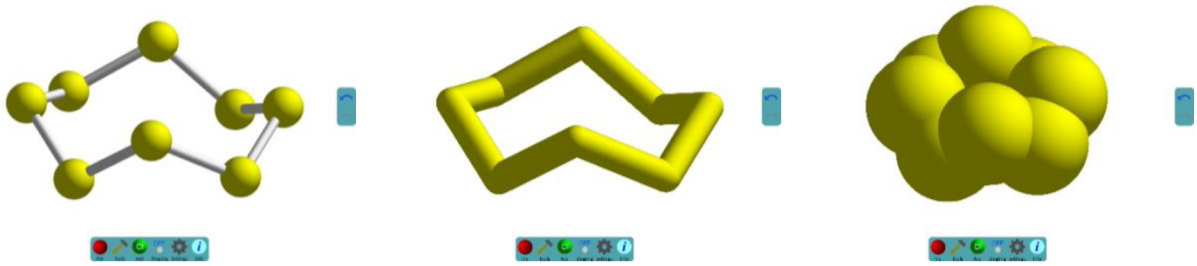
Tvorbou reálné molekuly pomocí počítače lze sledovat její chování za různých podmínek, což představuje obrovskou výhodu oproti tradičním fyzickým 3D modelům. Tyto simulace nabízí také větší přesnost, flexibilitu a možnost zkoumání dynamických procesů, jako jsou chemické reakce, konformační změny či molekulární interakce. Hlavní zásada počítačového modelování je použití empirických silových polí. Ty popisují interakce mezi atomy a molekulami. Tato pole zahrnují kovalentní vazby, úhly, torze ale i elektrostatické a van der Waalsovy síly. Díky tomu je možné předpovědět chování molekul, jejich stabilitu nebo reaktivitu v různých prostředí (Malý).

V následujících kapitolách budou podrobněji popsány jednotlivé programy pro tvorbu 3D modelů. Jedná se o programy, které jsou uživatelsky nenáročné, a proto vhodné do školního prostředí.

2.5.1 Molecular constructor

Molecular constructor (MC) je aplikace pro tvorbu 3D molekul a jejich úpravu. Tato aplikace umožňuje nejen molekuly vytvářet, ale také umožňuje optimalizovat jejich geometrickou strukturu (Molecular constructor, FAQ).

Tento program je možné stáhnout na počítači, ale také je podporován mobilními zařízeními. Mobilní aplikace je v některých funkcích (např. různé možnosti výběru atomů, centrování molekuly či resetování pohledu) omezena, ale na základní funkce tyto limitace nemají vliv (Molecular constructor, FAQ).



Obrázek 6: Kuličkový, tyčinkový a kalotový model molekuly siry S_8 vytvořený v programu Molecular constructor (foto autorka).

MC je velmi jednoduchý a uživatelsky nenáročný. Uživatelé si mohou vybrat v jakém typu modelu (kuličkový, tyčinkový, kalotový) bude jejich molekula prezentována. Vlastnost tohoto programu, která může být jak výhodou, tak nevýhodou je, že molekula je rovnou tvořena ve 3D vizualizaci a není tak možné ji převést do 2D rozhraní.

Mezi hlavní nevýhodu aplikace rozhodně patří, že modely neukazují reálný poměr velikostí atomů a dále neukazují volné elektronové páry.

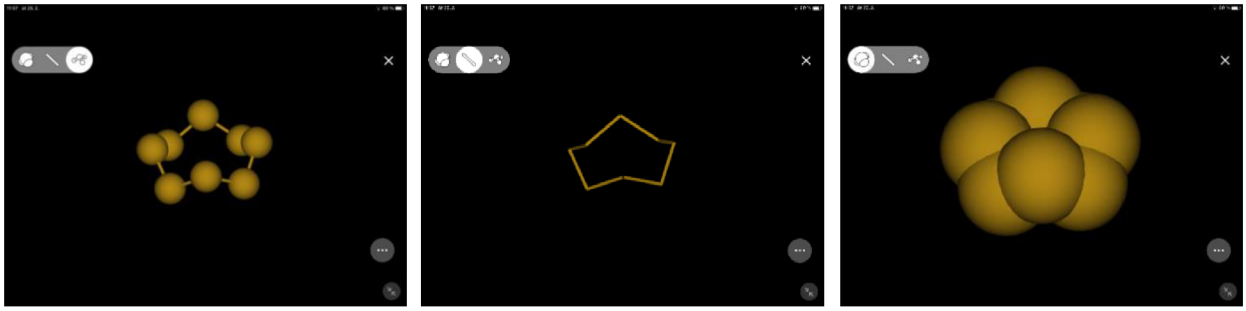
2.5.2 KingDraw

KingDraw je bezplatný kreslící editor pro tvorbu a úpravu chemických reakcí, molekul a organických schémat. Tento editor je dostupný na mobilních zařízeních s operačními systémy Android a iOS a tím je uživatelsky dostupnější, na rozdíl od jeho konkurentů, kterými jsou primárně desktopové kreslící softwary – ChemDraw (KingDraw).

Tato aplikace je velice přehledná a uživatelsky dostupná, proto je velmi oblíbená zejména u vysokoškolských studentů. Mezi její hlavní funkce patří:

- rychlé kreslení – nabídka předdefinovaných struktur, koster struktur, vazeb a atomů poskytuje možnost rychlé tvorby molekul/struktur ve 2D rozhraní a následné vizualizaci ve 3D;
- konverze mezi IUPAC názvy a chemickými strukturami – aplikace umožňuje uživatelům vytvořit molekulu na základě vložení názvu a naopak, což usnadňuje identifikaci a pojmenování sloučenin;
- kreslení gesty – toto kreslení zvyšuje efektivitu práce (KingDraw).

Přestože lze vytvořené struktury převést do 3D rozhraní, je důležité si uvědomit, že se jedná primárně o nástroj pracující s 2D vizualizací. Není tedy možné struktury upravovat, pokud je prezentujeme ve 3D (KingDraw).



Obrázek 7: Kuličkový, tyčinkový a kalotový model molekuly S_8 vytvořený v programu KingDraw (foto autorka).

2.5.3 MolView

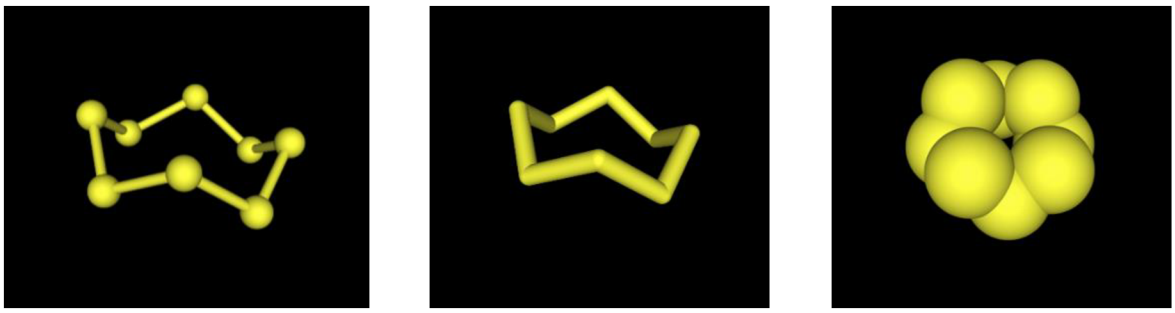
MolView je bezplatná internetová stránka, která prošla v roce 2024 aktualizací. Slouží pro kreslení chemických struktur a jejich vizualizaci ve 3D rozhraní. Opět se jedná o uživatelsky

nenáročný a jednoduchý editor jehož výhodou je, že k jeho funkčnosti není potřeba instalace dodatečného softwaru (ChemRobotics Pharma).

Webový prohlížeč je složen ze dvou částí – editoru struktur a prohlížeče 3D vizualizace. Editor je obklopen obklopen třemi panely nástrojů, které uživatel může při své práci využít. MolView je velmi podobný programu KingDraw a to zejména v těchto vlastnostech:

- umožňuje rychlou kresbu struktur ve 2D rozhraní a následný převod do 3D, které umožňuje molekulu otáčet a prohlížet z různých úhlů (ChemRobotics Pharma).

Dále podporuje vyhledávání v různých vědeckých databázích jako např. PubChem a zobrazení nalezených struktur. Mezi hlavní výhody této aplikace rozhodně patří to, že je dostupná z jakéhokoli zařízení (ChemRobotics Pharma).



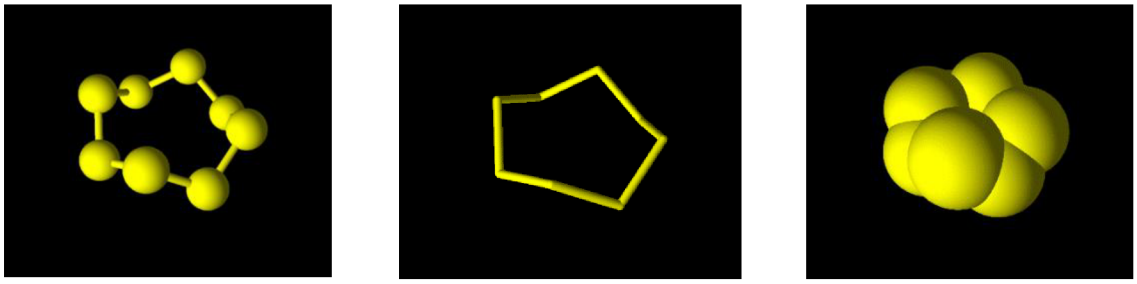
Obrázek 8: Kuličkový, tyčinkový a kalotový model molekuly S_8 vytvořený v programu MolView (foto autorka).

2.5.4 ChemSketch

ACD/ChemSketch je program, který je zaměřený na kreslení a modelování chemických sturktur. Jedná se o program, který ve své freewarové verzi slouží pro nekomerční a akademické účely, proto je velmi oblíbený zejména u pedagogů a studentů (ACD/Labs).

Stejně jako již zmíněné editory (KingDraw, MolView) se jedná o editor, který pracuje převážně s 2D rozhraním, ale poskytuje možnost vizualizace vytvořených molekul i ve 3D. velkou výhodou tohoto programu je automatické generovaání IUPAC názvů a možnost výpočtu různých vlastností, jako je molekulová hmotnost, hustota či molární refraktivita (ACD/Labs).

Je nutné si ale uvědomit, že tento program je podporován pouze operačním systémem Windows.



Obrázek 9: Kuličkový, tyčinkový a kalotový model molekuly S_8 vytvořený v programu ChemSketch (foto autorka).

3. Praktická část

Pro praktickou část této práce bylo vybráno Gymnázium Česká v Českých Budějovicích, na kterém proběhla výuka s pracovním listem (Příloha 1). Při jehož vypracovávání studenti využívali počítačové modelování a zároveň si zopakovali probrané učivo.

Dále byly vytvořeny dotazníky jak pro učitele, tak pro studenty středních škol, které byly zaměřeny na jejich zkušenosti s vizualizací v hodinách chemie.

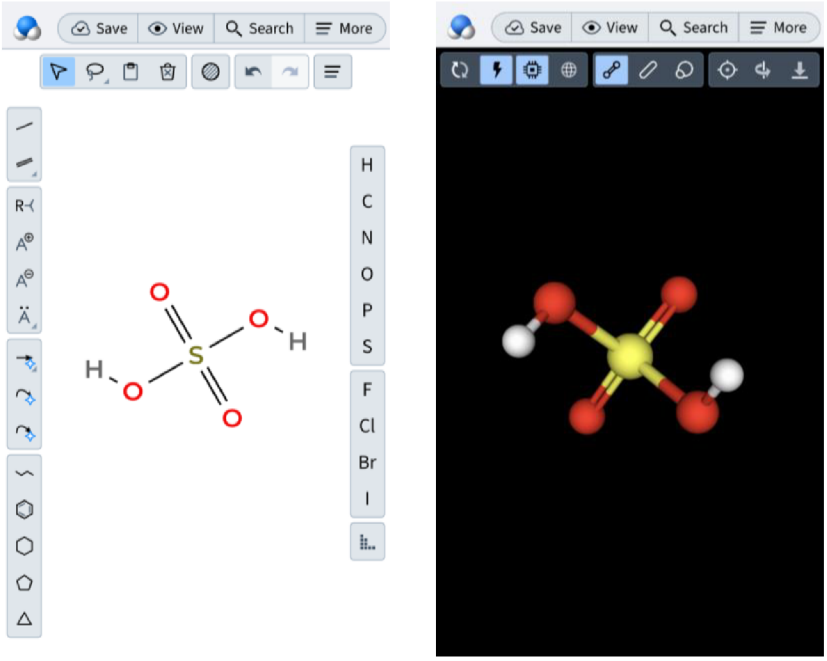
3.1 Počítačové modelování v hodinách chemie na Gymnáziu Česká

Výuka na gymnáziu probíhala s využitím programu MolView. Jak jsem zmínila v teoretické části (5.2.3), jedná se o program, který je volně přístupný na internetu, což byl jeden z hlavních důvodů pro výběr tohoto programu – studenti si ho nemuseli stahovat a instalovat. Další výhodou byla možnost molekulu nejprve nakreslit ve 2D formě, se kterou se studenti setkávají častěji a až pozdější vizualizace ve 3D režimu. V neposlední řadě byl tento program vybrán kvůli své jednoduchosti a intuitivnímu ovládání.

MolView je složen z kreslící bílé tabule a tří panelů – nahoře, nalevo a vpravo. Horní panel zahrnuje základní funkce jako např. kurzor, laso, smazání či šipky na pohyb zpět/vpřed. Mimo jiné obsahuje i rozšířené funkce jako je např. výběr mezi strukturálním a skeletovým vzorcem. Funkce v tomto panelu se změní, jakmile se přepne do 3D režimu. V tomto režimu nabízí kromě jiného, výběr mezi jednotlivými režimy zobrazení (kuličkový, tyčinkový, kalotový režim).

Nad horním panelem se také nachází hlavička celé aplikace, která byla při výuce hojně využívaná, jelikož umožňuje přepnout 2D rozhraní na 3D a zároveň poskytuje možnost vyhledávat konkrétní molekuly.

Levý panel dává možnost si vybrat z některých předdefinovaných struktur, vazeb (podle násobnosti) a také umožňuje znázornit náboj molekuly nebo volné elektronové páry. V pravém panelu lze nalézt všechny prvky periodické tabulky a periodickou tabulku samotnou.



Obrázek 10: Vizualizace molekuly H_2SO_4 ve 2D a 3D rozhraní v programu MolView.

Pro výuku na gymnáziu byl vytvořen pracovní list na téma Vizualizace molekul. Jednalo se o studenty druhého ročníku vyššího gymnázia, kteří mají za sebou studium periodické tabulky. Jednotlivé molekuly, se kterými poté studenti pracovali, byly vybrány tak, aby s nimi studenti byli již seznámeni z dřívějška. Na obrázku 11 si lze vytvořený pracovní list prohlédnout.

Vizualizace molekul

- V prohlížeči otevřete program MolView (můžete využít QR kód).
- Prohlídněte si jednotlivé panely v aplikaci, vyzkoušejte různé funkce aplikace a dále přejděte na další cvičení v pracovním listu.

Cvičení 1: Objevování tvarů molekul

1. Otevři **MolView** v internetovém prohlížeči.
2. Vyhledej následující molekuly a přepni je do 3D režimu (pomocí ikonky View -> Viewer), kde se podívej na jednotlivé režimy zobrazení:
   - Voda (H_2O)
   - Amoniak (NH_3)
   - Oxid uhličitý (CO_2)
   - Oxid siřičitý (SO_2)
3. Pozoruj jejich prostorové uspořádání. Zapiš odpovědi na otázky:
   - Jaký je rozdíl, mezi jednotlivými režimy (kuličkový, tyčinkový, kalotový)?
   - Které molekuly mají lineární tvar?
   - Jaký tvar má molekula amoniaku a proč?

Cvičení 2: Skládačka chemických látek

1. Vypsané molekuly si vyhledej v aplikaci, přepni do 3D vizualizace.
2. Tvým úkolem je napsat ke vzorci systematický název a následně spojit obrázky s jednotlivými názvy, podle toho, jak se ti zobrazily v aplikaci.

NaCl	$Ba(NO_3)_2$	K_2CO_3	KCN
_____	_____	_____	_____

Cvičení 3: Modelování vlastní molekuly

1. Otevři **kreslící plochu** v MolView.
2. Vytvoř následující molekuly ručně a následně si je zkontroluj v databázi molekul:
   - Kyselinu dusičnou (HNO_3)
   - Sirovodík (H_2S)
   - Kyselinu sírovou (H_2SO_4)
3. Přepni modely do **space-filling** (kalotového) režimu a popiš (nakresli), jak molekula vypadá ve 3D.
4. Pro každou molekulu zjisti její **oxidační číslo centrálního atomu** (pomocí internetu nebo chemických pravidel).

Cvičení 4: Vyhledávání chemických struktur

1. V MolView přepni na vyhledávání databáze.
2. Najdi molekulu tetrafluormethanu (CF_4) a methanu (CH_4).
3. Jaký mají tyto molekuly tvar? Co mají společné a čím se naopak od sebe liší? Pozorování zakresli a popiš (můžeš použít internet).
4. Vyhledej na internetu, proč je tetrafluormethan považován za skleníkový plyn.

Zhodnocení

Jaké cvičení vám dělala největší problém a proč?

Jaké naopak bylo nejlehčí a proč?

Bavilo by Vás, kdyby bylo počítačové modelování zařazeno více do výuky? Proč.

Pokud ti zbyde čas, naskenuj si prosím tento QR kód a vyplň tento krátký dotazník:

Obrázek 11: Pracovní list na téma Vizualizace molekul (také jako Příloha 1).

Na začátku vyučovací hodiny bylo studentům představeno téma a zároveň jim byly představeny jednotlivé úkoly v pracovním listu, se kterými se během výuky setkají. Následně jim byl rozdán pracovní list, a ještě před samotným vyplňováním listu dostali studenti několik minut na to, aby si mohli prohlédnout vybranou aplikaci a zjistit její základní funkce. Poté přistoupili k samostatné práci.

Seznamování s aplikací trvalo déle, než bylo očekáváno. Ve zpětné vazbě od studentů na práci s programem bylo několikrát zdůrazněno, že pokud by byli s programem seznámeni dříve, bylo by to pro ně podnětnější a více obohacující. Z časových důvodů bohužel nebylo možné tuto část realizovat.

V prvním cvičení „Objevovaní tvarů molekul“ se studenti stále seznamovali s aplikací. Toto cvičení bylo vytvořeno tak, aby studenti vyhledávali v databázi aplikace konkrétní molekuly a dále je převáděli do 3D vizualizace. Po zobrazení všech molekul ve všech zobrazovacích režimech (kuličkový, tyčinkový, kalotový) jim byly položeny dvě otázky, a to konkrétně na prostorovou orientaci.

Studenti bez problému dokázali přepnout do 3D rozhraní, ale nerozuměli jednotlivým režimům zobrazení. Z jejich reakce vyplynulo, že se s tímto zobrazením molekul ještě nesetkali, a tak bylo nutné do práce studentů zasáhnout a vysvětlit si jednotlivé pojmy.

Druhé cvičení „Skládačka chemických látek“ bylo opět vytvořeno pro vyhledávání v databázi. Tentokrát byly studentům poskytnuty vzorce molekul a následně také obrázky i jejich vytvořené modely v aplikaci MolView. Nejdříve bylo potřeba napsat ke vzorcům jejich názvy a poté k nim přiřadit obrázky.

Toto cvičení nedělalo studentům velké problémy a stalo se spíše „záchytným“ cvičením při práci s programem.

V dalším cvičení už studenti modelovali molekuly. Jednalo se konkrétně o tři molekuly a po jejich vytvoření si je vizualizovali ve 3D rozhraní v kalotovém režimu.

Díky tomuto cvičení si studenti uvědomili, že přestože dané molekuly znají a dokáží určit oxidační číslo centrálního atomu, tak jim činní velké potíže správně molekulu namalovat a uspořádat atomy do správného prostorového uspořádání.

V posledním cvičení se opět věnovali vyhledávání chemických struktur.

K tomuto cvičení se většina studentů nedostala kvůli delší časové dotaci na seznámení se s programem, ale studentům, kteří jej stihli nedělalo potíže.

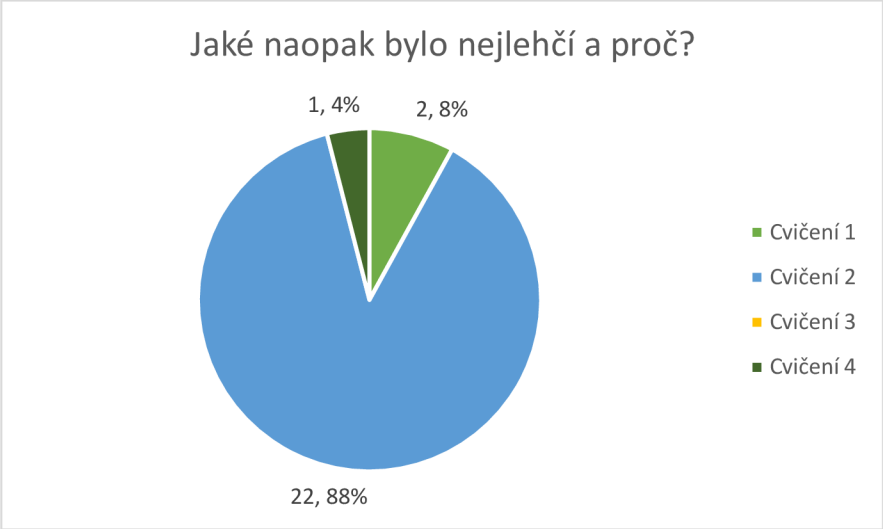
Na konci pracovního listu byly studentům položeny otázky na zhodnocení práce s programem.

Na první otázku „Která cvičení vám dělala největší problém a proč?“ uvedlo 21 studentů z 25 cvičení 3 (Modelování vlastní molekuly) a zbylí 4 studenti zmínili cvičení 1 (Objevování tvarů molekul).

Obrázek 12: Cvičení, které způsobovalo největší problém studentům.

Hlavními důvody výběru 3. cvičení byly obtíže studentů se správnou manipulací s programem a také fakt, že přestože molekuly znali teoreticky, nedokázali si představit jejich prostorové uspořádání. Důvod pro výběr 1. cvičení byl krátké seznámení s programem.

U druhé otázky „Které cvičení naopak bylo nejlehčí a proč?“ odpověděli 2 studenti z 25, že nejlehčí bylo cvičení 1. 22 studentů uvedlo cvičení 2 a 1 cvičení 4.



Obrázek 13: Cvičení, které způsobovalo nejmenší problém studentům.

Pro výběr 1. a 4. cvičení uvedli studenti stejné důvody a to, že se jednalo převážně o vyhledávání. Většina studentů uvedla jako nejlehčí cvičení č. 2, jelikož obsahovalo molekuly, které studenti dobře znali a nemuseli tak nic vyhledávat a až po vyplnění si je zobrazili ve 3D režimu.

Poslední a rozhodně nejdůležitější otázkou, kterou měli studenti zodpovědět, bylo, zda by je bavilo, kdyby se počítačové modelování častěji zařazovalo do výuky. Z 25 studentů jich 23 odpovědělo kladně, a to z několika důvodů:

- jedná se o zpestření výuky (oživení výkladu),
- nalákání studentů k chemii,
- podpora vizualizace prostorového uspořádání molekul.

Na druhou stranu, zbylí dva studenti zmínili, že jsou spokojeni s běžnou výukou a nemají potřebu zakomponovat tyto programy do výuky.

3.2 Dotazníkové šetření

V rámci dotazníkového šetření byly vytvořeny dva dotazníky (Příloha 2 a 3) pomocí platformy Google forms, které byly následně distribuovány online. První dotazník byl určen pro učitele středních škol, zatímco druhý cílil na studenty. Oba dotazníky byly vytvořeny tak, aby poskytly informace o využívání vizualizačních pomůcek při hodinách chemie, hlavně 3D fyzických modelů a počítačového modelování.

Dotazníky byly sestaveny tak, aby zahrnovaly několik dílčích informací:

- základní informace o respondentovi,
- zkušenosti s vizualizací v chemii,
- porovnání 3D modelů a počítačového modelování,
- otázky a názor na budoucnost.

Před samotným rozesláním byly šířeny pouze v omezeném počtu pro zjištění případných nedostatků. Samotný sběr dat probíhal po dobu 2 týdnů, přičemž cílem bylo v obou případech získat 100 – 150 respondentů.

3.2.1 Dotazník pro učitele SŠ

Výzkum tohoto dotazníku (Příloha 2) se zaměřil na učitele různých typů středních škol. Šíření dotazníku se uskutečnilo pomocí sociálních sítí – facebookových skupin a také byly požádány o vyplnění a přeposlání daného dotazníku paní učitelky, se kterými jsem se seznámila v průběhu studia na střední a vysoké škole.

Počet respondentů nebyl dostatečný k tomu, aby byly získané výsledky považované za validní a spolehlivé. Přesto bylo zjištěno, že i když mají učitelé s výukou zkušenost v průměru více jak 10 let, tak není běžné, aby se pravidelně setkávali s možností počítačové vizualizace. Pokud se s touto výukovou metodou setkali, pracovali s programy jako ChemLab, Chem3D a ChemSketch.

Mezi nejčastěji využívané vizualizační pomůcky byly vybrány fyzické 3D modely a také schémata a obrázky v učebnicích. Dále učitelé doplnili, že využívají také nástěnné plakáty a krátká videa. Na otázku, jak často pracují s těmito pomůckami, většina respondentů odpověděla, že pouze příležitostně či několikrát do měsíce.

Podle průzkumu jsou fyzické 3D modely pro učitele velmi přitažlivé, protože nabízejí studentům možnost hmatové interakce a usnadňují porozumění těm, kteří nejsou technicky zaměřeni. Na druhou stranu jsou hlavními nevýhodami vysoké pořizovací a údržbové náklady a omezené množství dostupných modelů a variant molekul.

Největší výhodou počítačového modelování je podle učitelů přístup k velkému množství molekul a simulací. Naopak jako nevýhody vybraly možnost rozptýlení studentů při práci s počítačem a náročnost práce pro méně technický zdatné studenty.

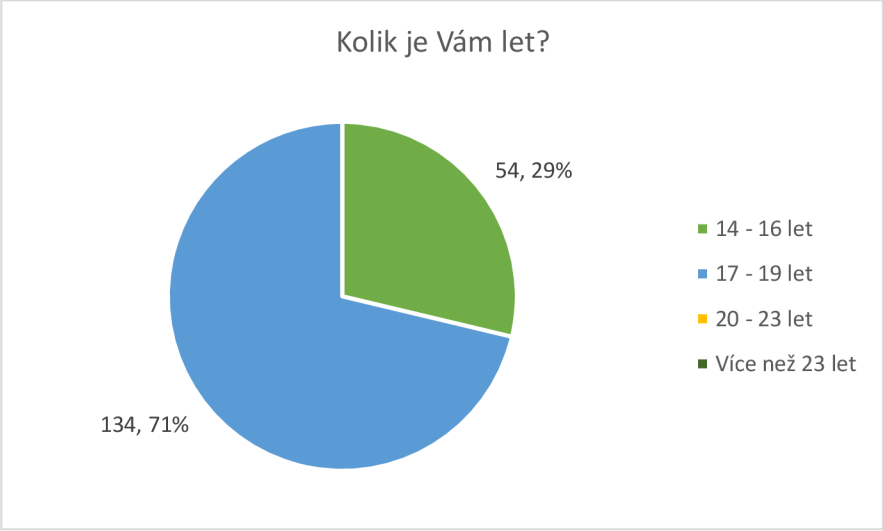
Z dotazníkového šetření vyplynulo, že učitelé mají dostatečné školní vybavení pro využívání počítačového modelování ve výuce chemie, ale nejvíce jim pro práci s nimi chybí odborné školení pro učitele.

3.2.2 Dotazník pro studenty SŠ

Tato podkapitola se věnuje vyhodnocení dotazníkového šetření zaměřeného na studenty SŠ (Příloha 3).

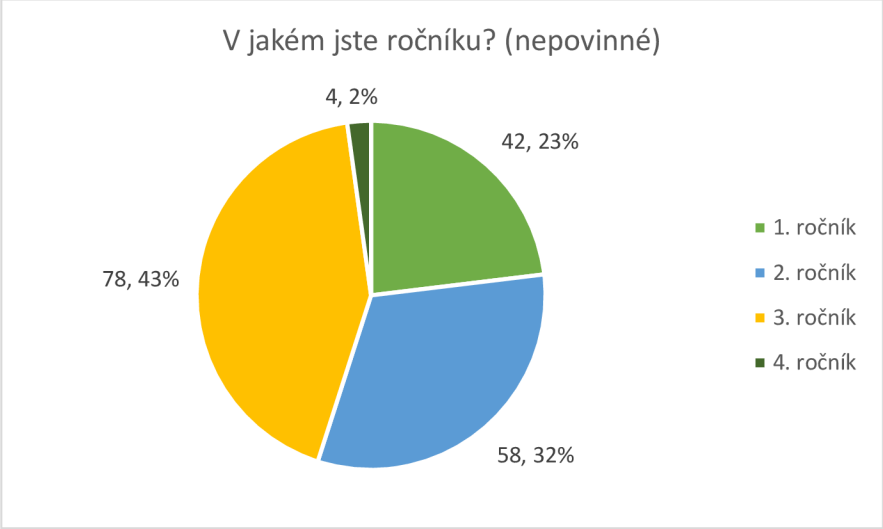
3.2.2.1 Základní informace o respondentovi

Do šetření se zapojilo 188 respondentů, kteří poskytli vhled do využívání vizualizačních pomůcek ve výuce chemie, což předčilo predikovaný počet respondentů. 29 % respondentů bylo ve věku 14 – 16 let a zbylých 71 % ve věku 17 – 19 let.



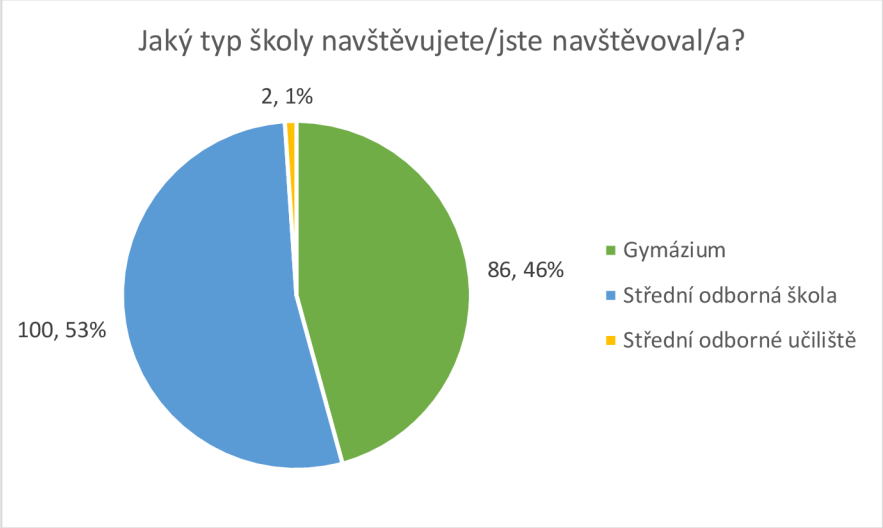
Obrázek 14: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č.1.

Ze 43 % se jednalo o studenty třetího ročníku, dále ze 32 % o studenty 2. ročníku, z 23 % o studenty 1. ročníku a ze 2 % o studenty posledního 4. ročníku.



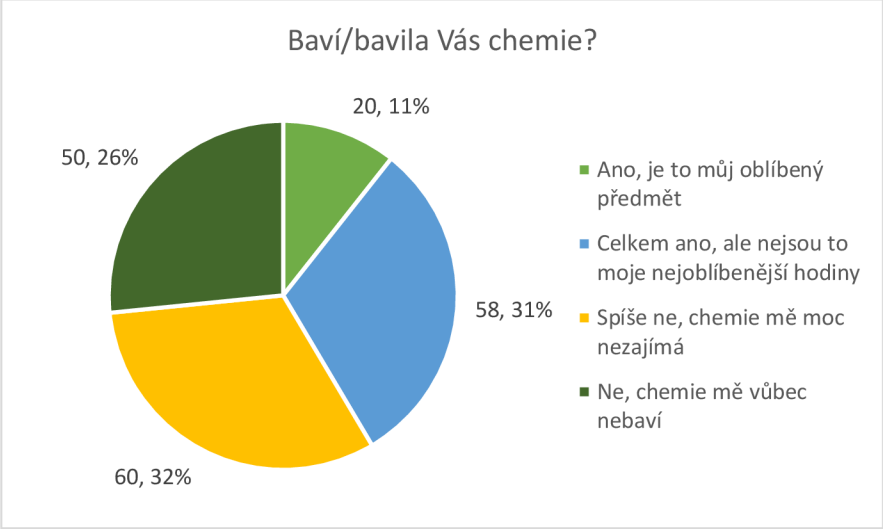
Obrázek 15: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 2.

Jednalo se o studenty, kteří navštěvují z 53 % střední odbornou školu, z 46 % gymnázium a z 1 % střední odborné učiliště.



Obrázek 16: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 3.

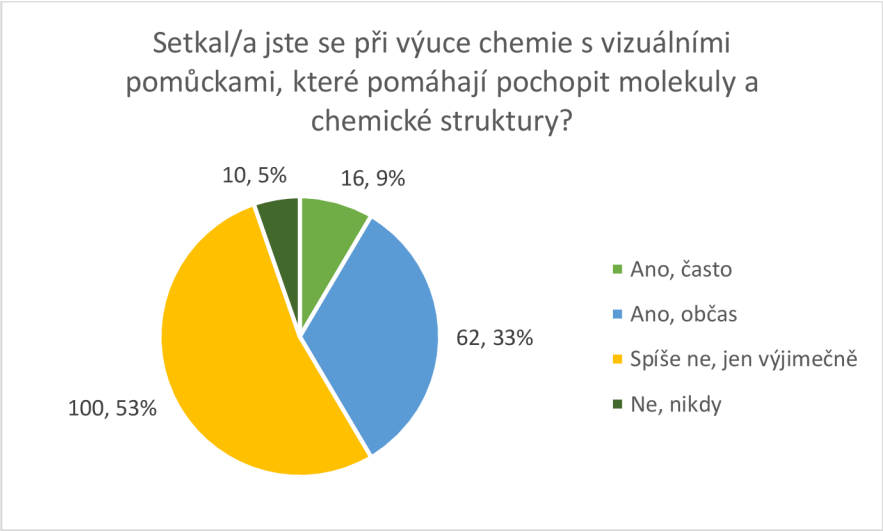
Další otázka byla zaměřena na vztah studentů k chemii. Ze šetření bylo zjištěno, že pouze 11 % řadí chemii ke svým oblíbeným předmětům. Naopak 26 % vybralo opačnou odpověď – ne, chemie mě vůbec nebaví. Většina z dotázaných k ní přistupuje neutrálně – 31 % uvedlo, že je celkem baví, ale nepatří mezi jejich oblíbené hodiny a 32 % vybralo odpověď, že je chemie spíše nebaví a nezajímá.



Obrázek 17: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 4.

3.2.2.2 Zkušenosti s vizualizací v chemii

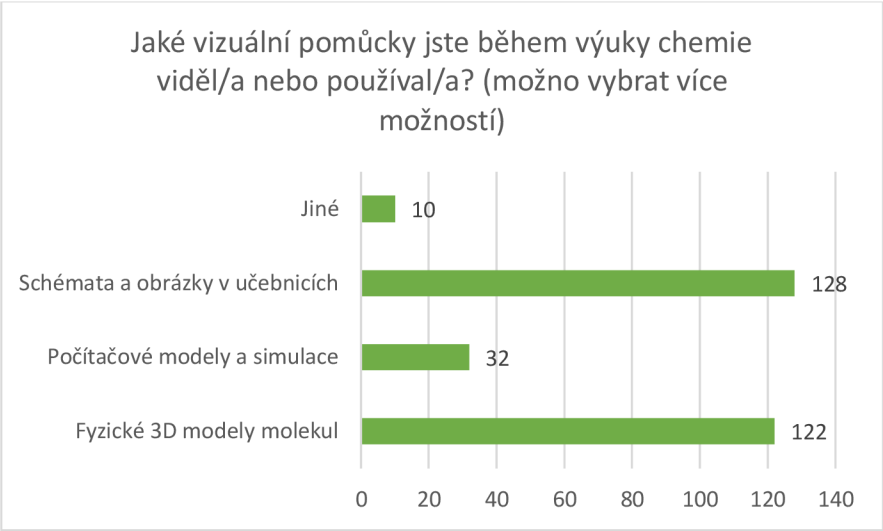
Vzhledem k zaměřenosti tohoto šetření byla následující otázka formulována tak, zda se studenti při výuce chemie setkali a setkávají s vizuálními pomůckami, které pomáhají pochopit molekuly a chemické struktury. Majoritní část respondentů odpovědělo, že ne. Konkrétně 53 % odpovědělo, že spíše ne, jen výjimečně a 5 % že nikdy. 33 % odpovědělo že ano, občas, ale pouze 9 % se s nimi setkávají často.



Obrázek 18: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 5.

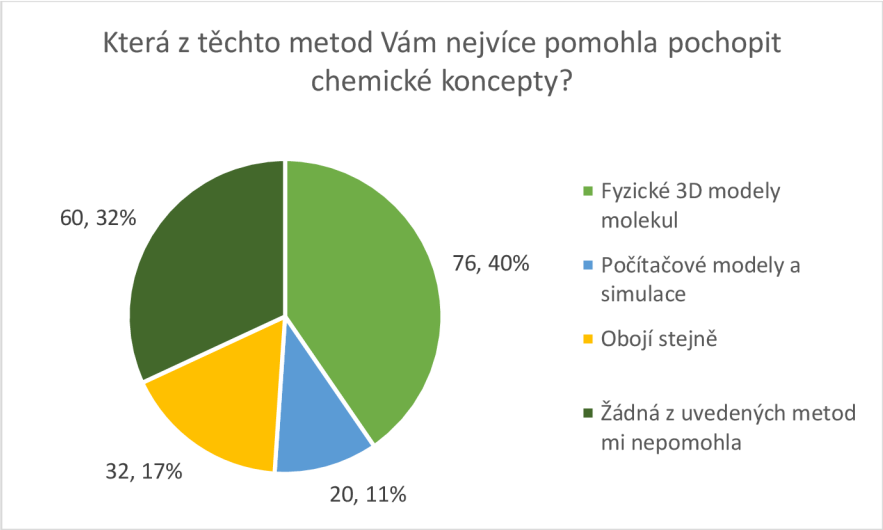
V návaznosti na tuto otázku byly studenti tázání, jaké vizuální pomůcky při hodinách využívali. Jednalo se o otázku s možností výběru více odpovědí a také jedné otevřené (Jiné).

Nejčastěji se studenti setkávají se schématy a obrázky v učebnicích, ale zároveň jsou i velmi rozšířené fyzické 3D modely molekul. Naopak počítačové modelování není ve výuce až tak běžné. 10 respondentů vybralo možnost Jiné a uvedli, že se nesetkali ani s jedním typem zde uvedených pomůcek.



Obrázek 19: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 6.

Poslední otázka v této sekci byla zaměřena na metody, které pomohly studentům pochopit chemické koncepty. Fyzické 3D modely molekul pomohly 40 % respondentům. 11 % označilo jako pomáhající počítačové modely a simulace. 17 % prohlásilo, že obě metody pomáhají stejně a zbylých 32 % respondentů označilo, že žádná z uvedených metod jim nepomohla v pochopení chemických konceptů.

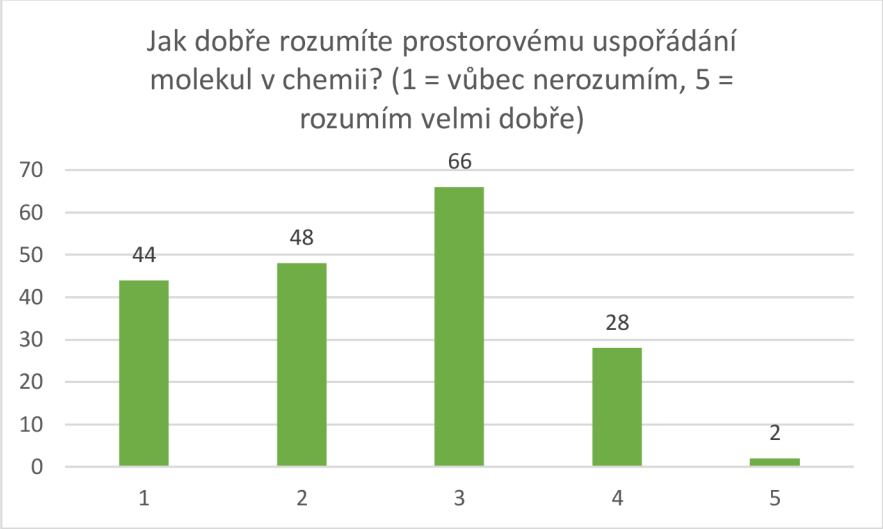


Obrázek 20: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 7.

3.2.2.3 Porovnání 3D modelů a počítačového modelování

Tato část dotazníku cílila na zjištění rozsahu znalostí studentů o prostorovém uspořádání molekul a porovnání vizualizačních pomůcek, pro podporu této dovednosti.

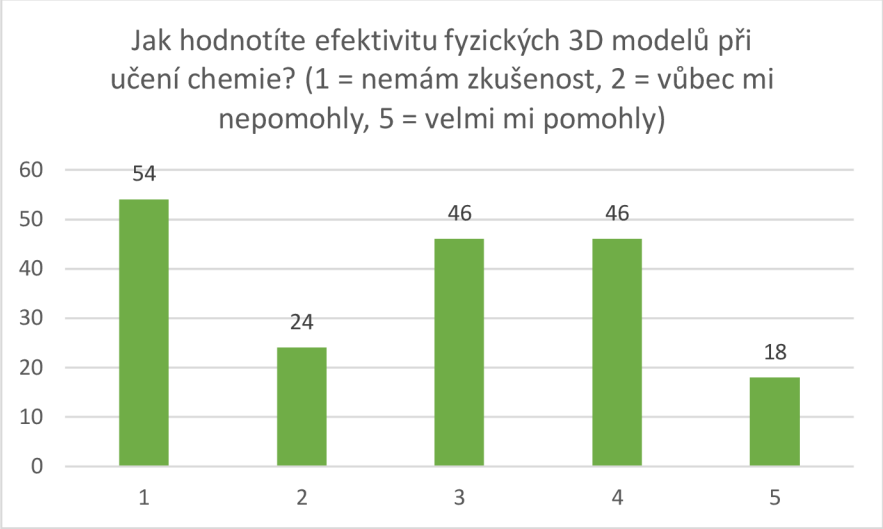
Výsledky otázky č. 8 ukazují, že studenti vnímají prostorové uspořádání molekul s obtížemi a tím pádem, je možné jejich úroveň porozumění označit jako průměrnou až podprůměrnou. Hlubší pochopení této problematiky vykazuje pouze nižší část respondentů a jedinci s lépe rozvinutou touto dovedností se vykytují spíše ojediněle.



Obrázek 21: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 8.

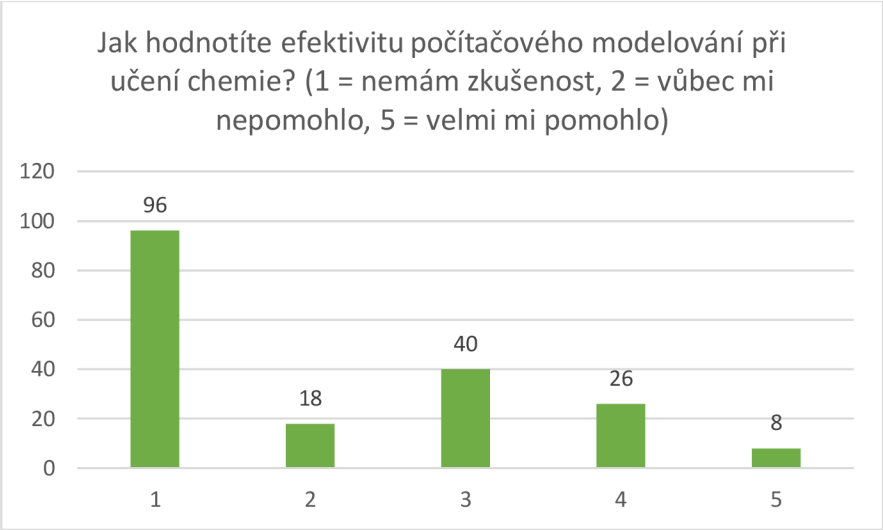
Další otázky cílily na zjištění míry využívání vizualizačních pomůcek a jejich efekt na učení studentů.

Ze šetření vyplývá, že největší počet respondentů (58) nemá s využitím fyzických 3D modelů při výuce zkušenost. Na druhou stranu pouze 18 respondentů ohodnotilo práci s modely nejvyšší známkou 5 - velmi mi pomohly. Největší skupina respondentů vybrala hodnotu 3 a 4, z čehož lze usuzovat, že tyto modely jsou užitečná pomůcka do výuky, ale ne nezbytná. Odpovědi zbylých respondentů, kteří vybrali hodnotu 2 ukazují, že ne u všech studentů měly tyto modely přínos.



Obrázek 22: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 9.

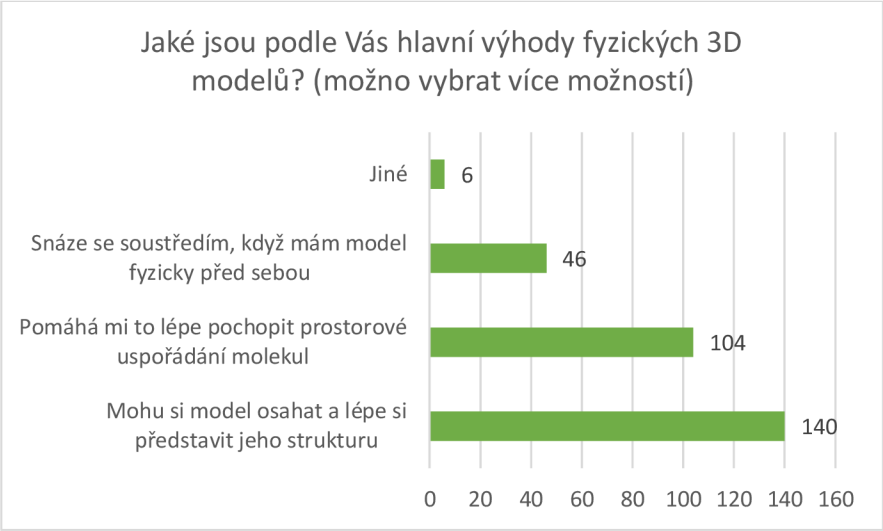
Stejně jako u předchozí otázky je patrné, že ani počítačové modelování není ve výuce nějak běžné. 96 studentů s touto metodou nemá vůbec žádné zkušenosti a pouze 8 jich ohodnotilo nejvyšší známkou. Také méně studentů, na rozdíl od fyzických modelů, ohodnotilo efektivitu počítačového modelování známkou 3 a 4. Toto naznačuje, že počítačové modelování není pro studenty tolik dostupné či intuitivní.



Obrázek 23: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 10.

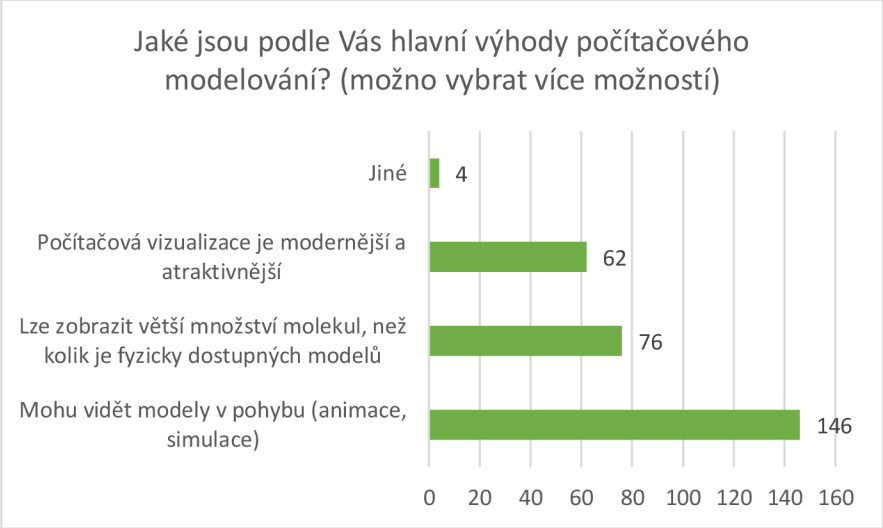
Možnost osahat si fyzický model se v šetření stala hlavní výhodou těchto vizualizačních pomůcek. Tuto možnost si vybralo 140 respondentů. Díky tomu si studenti mohou lépe představit strukturu molekul a v návaznosti na to i prostorové uspořádání. 46 respondentů

uvedlo, že se i lépe soustředí, pokud mají model fyzicky před sebou a zbylých 6 respondentů uvedlo v možnosti Jiné, že žádné jejich výhody nevidí.



Obrázek 24: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 11.

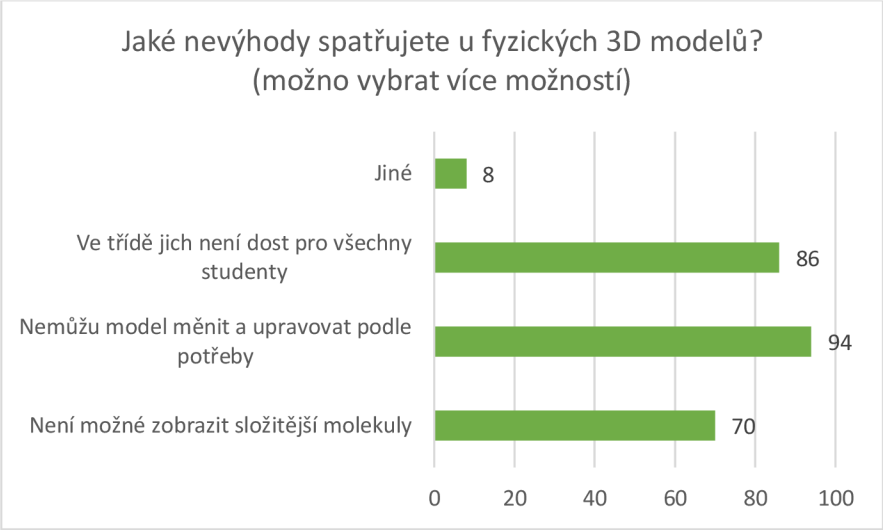
Počítačové modely byly respondenty označeny jako přínosné hlavně kvůli možnosti vidět molekuly v pohybu pomocí animace či simulace. Tuto výhodu označilo 146 respondentů. Druhou nejčastěji zmiňovanou výhodou, kterou vybralo 76 respondentů, byla možnost zobrazení většího množství molekul, než kolik je fyzicky dostupných. 62 studentů uvedlo, že počítačová vizualizace je modernější a atraktivnější. Možnost Jiné využili pouze 4 respondenti a stejně jako u fyzických modelů uvedli, že nevidí žádné výhody.



Obrázek 25: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 12.

Stejně jako u výhod vizualizačních pomůcek bylo důležité zjistit i to, v čem studenti vidí jejich nevýhody.

U fyzických modelů respondenti nejčastěji uváděli nemožnost měnit model podle potřeby – 94 respondentů. Další největší nevýhodu spatřuje 86 respondentů v množství modelů, které nemusí být dostatečné pro všechny studenty. 70 respondentů spatřuje problém ve skutečnosti, že pomocí těchto modelů nelze zobrazit složitější molekuly. Pouze malá část (8 studentů) zvolilo možnost Jiné. Poté doplnili, že buď nevidí žádné nevýhody, nebo jejich nevýhoda je ta, že je nedostávají do ruky.



Obrázek 26: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 13.

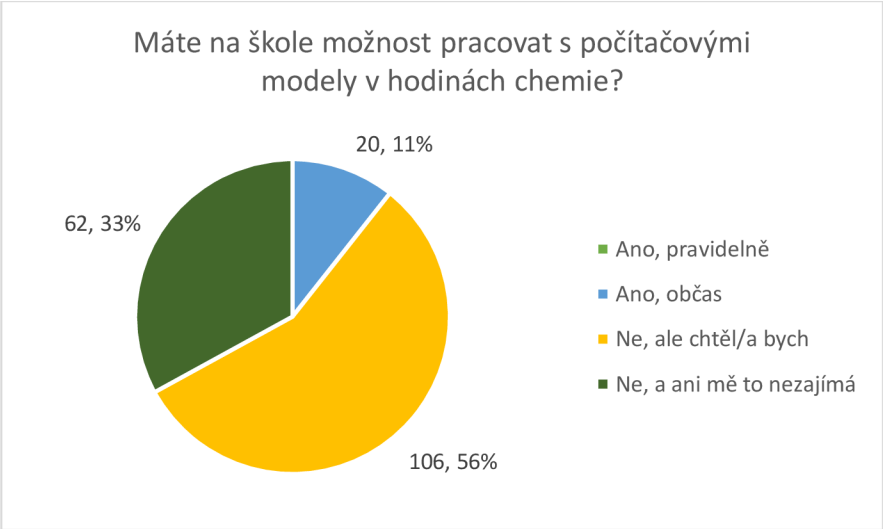
Hlavní nevýhodou u počítačového modelování se stala se 116 respondenty složitost práce s programem. Dalším negativním prvkem studenti zvolili snadná rozptýlenost u počítače, kterou označilo 60 studentů. 44 % uvedlo, že počítačové modely nejsou tak názorné jako fyzické. Možnost Jiné si vybralo 6 studentů a jako důvod výběru zmínila, že buď s programy nepracovali anebo nevidí žádné nevýhody.

Obrázek 27: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 14.

3.2.2.4 Otázky a názor na budoucnost

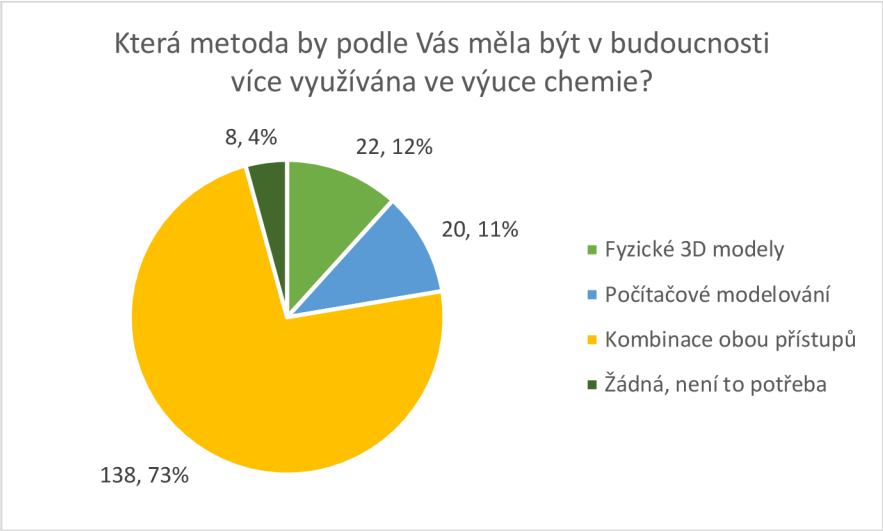
Poslední část dotazníku byla věnovaná zjištění rozšířenosti počítačového modelování a preferencím studentům.

Ze šetření vyplývá, že více jak polovina respondentů (56 %) neměla možnost s počítačovými modely pracovat, přestože by o tuto metodu výuky měli zájem. Dalších 33 % se také s touto metodou nesetkala, ale ani nemají zájem s těmito modely pracovat. Zbylých 11 % procent má možnost je využívat alespoň občas. Z těchto výsledku lze usoudit, že přestože je mezi studenty značný zájem o využití počítačových modelů, jejich zapojení do výuky je stále omezené.



Obrázek 28: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 15.

Jedna z posledních otázek se zaměřila na výběr mezi metodami, které podle studentů více zefektivní výuku chemie. Konkrétně se jedná o metody, které byly zahrnuty v dotazníkovém šetření, a to: fyzické 3D modely a počítačové modelování. Z výsledku lze vyčíst, že většina respondentů (73 %) upřednostňuje kombinaci obou metod. Podobné množství respondentů vybralo fyzické 3D modely (12 %) anebo počítačové modelování (11 %). Nejmenší skupiny a to konkrétně 4 % respondentů uvedlo, že není potřeba ani jedna metoda.



Obrázek 29: Otázka z dotazníku pro studenty SŠ č. 16.

Poslední otázka v dotazníku „máte nějaké vlastní zkušenosti, postřehy nebo nápady k tomuto tématu?“ byla nepovinná a žádný respondent se k ní nevyjádřil.

4. Výsledky a diskuse

Vizualizace je pojem, který má mnoho definic. Lze říci, že se jedná o proces, při kterém se nějaké stavy, struktury či objekty přetransformují z abstraktní podoby, která je méně pochopitelná na podobu více pochopitelnou – viditelnou. Tyto viditelné podoby se následně nazývají vizuália nebo také vizuálie.

Proces vizualizace je velmi náročný a může být také velmi snadno ovlivněn. Proto je rozdělen do jednotlivých 6 kroků – mapování, výběru, prezentace, interaktivita, lidské faktory a hodnocení. Tyto kroky zabezpečí správný přenos informací a tvorbu vizuálie.

Vizuália jsou velmi důležitou didaktickou pomůckou a z tohoto důvodu se rozdělují na mnoho podtypů. Nelze je rozdělit pouze podle jejich prostorové rozměrnosti (2D – kresba, schéma; 3D – minerál, model). Rozdělují se také i podle toho, jaké mají psychologické, sociologické hodnoty a funkce, nebo podle formy zobrazené zkušenosti či mnoha dalších kritérií. To má následně vliv na jejich funkci. Důležité tedy je, aby při výběru vizuálie byl kladen důraz na to, v jaké fázi vyučovacího procesu je používaná a podle toho byla vhodně vizuália vybraná.

Vizualizace prostorového uspořádání molekul je pro mnoho studentů velmi náročná. V dnešní době lze využít ve výuce chemie různé možnosti zobrazení molekul, jako třeba počítačové modelování nebo fyzické 3D modely.

Využívání počítačového modelování pro zviditelnění různých jevů není žádnou novinkou. Počítačová chemie se využívala už v 50. letech minulého století, ale díky rozvoji techniky se tato možnost dostala i k široké veřejnosti (Janderka, 2000). Díky tomu je možné využívat tuto metodu i v současné výuce chemie.

Počítačové modelování ve výuce jsem si sama vyzkoušela na Gymnázium Česká pomocí programu MolView. Studenti si jej nemuseli stahovat a díky školní internetové síti měl každý neomezený přístup pro práci s programem. Tento program umožňuje pracovat nejdříve ve 2D režimu, který je studentům bližší a následně provést vizualizaci ve 3D.

Jednotlivá cvičení z pracovního listu poté poukázala na jednotlivé klady a zápory využívání těchto programů ve výuce chemie.

Bylo zjištěno, že fáze seznamování s programem byla pro studenty náročnější a bylo zapotřebí zvýšit časovou dotaci na tuto fázi. Z tohoto důvodu by bylo vhodné při příštím používání programu věnovat více času na zaškolení studentů.

Díky zpětné vazbě od studentů na cvičení z pracovního listu se prokázalo, že mají různé úrovně porozumění v prostorovém uspořádání molekul. Přepínaní mezi 2D a 3D rozhraním jim nečinilo potíže, ale neorientovali se v jednotlivých zobrazovacích režimech, jelikož se s nimi předtím nesetkali.

Nejnáročnějším cvičením se stalo modelování konkrétních molekul. Studentům se zdálo moc obtížné, jelikož sami nedokázali správně prostorově spojit jednotlivé atomy molekul. Tímto se prokázalo, že teoretické znalosti o molekule nestačí k pochopení 3D struktur.

Přestože nebylo počítačové modelování pro studenty tak intuitivní, jak by se původně očekávalo, většina z nich by zařadila tento druh vizualizace do běžné výuky. Hlavním důvodem je, že vnímají tento druh výuky jako zpestření a zároveň dělá výuku chemie atraktivnější.

V roce 2021 proběhla studie, která potvrdila, že využití různých vizualizačních metod, tedy i počítačového modelování, podporuje jak porozumění, tak zájem studentů o výuku a významně přispívá k motivaci studentů (Chia-Yin Lin a Hsin-Kai Wu, 2021).

Dotazníkové šetření poté prokázalo, že studenti středních škol se pravidelně nesetkávají se zařazením vizualizačních pomůcek – fyzické 3D modely či počítačového modelování – do hodin chemie. Pokud ale zařazeny jsou, jedná se spíše o fyzické 3D modely. Počítačové modelování není nijak běžné, přestože studenti by o jeho implementaci do výuky měli zájem.

Autorky Lytvynova a Medvedieva (2020) ve svém článku uvedli, že postupné zavádění počítačového modelování do vzdělávání přinese mnoho výhod. Nejen že pomůže studentům pochopit chemické koncepty, ale také výrazně zlepší kvalitu výuky – dojde k individualizaci ve vzdělávání jednotlivců či skupinových prací.

Také ale zmiňují, že pro to, aby se počítačové modelování stalo efektivním nástrojem ve výuce, je potřeba myslet i na přípravu a proškolení učitelů. Tento fakt zmínili i učitelé z mého

dotazníkového šetření. Ti uvedli, že přestože mají na školách dostatek technického vybavení, chybí jim kurzy a školení na toto téma. Proto častěji využívají 3D modely a schémata ve vyučovacích materiálech.

Data z turecké studie naznačují, že vizualizační pomůcky by se měly brát jako součást celkového kurikula, a ne jako nástroje, které doplňují výuku. Je nutné dávat pozor, aby jejich implementace do výuky byla správně naplánovaná, jinak může dojít ke snížení jejich efektivity a mohou být kontraproduktivní. Pravidelné využití těchto pomůcek přispívá ke zlepšení dovedností studentů, ať už reprezentativních či konceptuálních (Silva a Arroio, 2022).

5. Závěr

Závěr teoretické části této práce se soustředil na rozvoj konceptu vizualizace a aplikaci 3D fyzických modelů i počítačového modelování na středních školách. Z odborné literatury vyplývá, že vizualizace představuje transformaci abstraktních konceptů do viditelných a uchopitelných úkazů. Druhá část práce se detailněji zabývala různými typy 3D modelů a vybranými počítačovými programy pro modelování molekul v kontextu chemického vzdělávání.

Praktická část se zpočátku zaměřila na aplikaci počítačového modelování na jednom vybraném gymnáziu. Během práce se studenty s pracovním listem a programem MolView se ukázaly jak přínosy, tak nedostatky integrace počítačového modelování do výuky chemie.

Proběhla také dvě dotazníková šetření, která se soustředila na zkušenosti studentů a učitelů středních škol s využíváním vizualizačních nástrojů – konkrétně fyzických 3D modelů a počítačového modelování – v rámci běžné výuky chemie. Analýza dat odhalila, že i přes zájem obou skupin o častější zařazení těchto pomůcek do výukového procesu, jejich skutečné využití zůstává méně časté. Mezi hlavní výhody patří zlepšená pochopitelnost složitých chemických konceptů a podpora interaktivního učení, zatímco nevýhody zahrnují jednak náklady na pořízení materiálu a omezenou dostupnost modelů v různých variantách, ale také nepřipravenost učitelů tyto programy při výuce využívat.

6. Použité zdroje

ACD/Labs. *ACD/ChemSketch – Chemical Drawing Software*. Dostupné z: https://www.acdlabs.com/products/chemsketch/ [cit. 27.2.2025].

ČÁP, Jan a Jiří MAREŠ, 2007. *Psychologie pro učitele*. Vyd. 2. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-273-7.

Difference Between Ball and Stick and Space Filling Model. *Compare the Difference Between Similar Terms, Difference Between* [online]. Copyright © 2010. Dostupné z: https://www.differencebetween.com/difference-between-ball-and-stick-and-space-filling-model/ [cit. 24.2.2025].

ChemRobotics Pharma. *MolView Manual*. Dostupné z: https://chemroboticspharma.com/molview/docs/manual.pdf [cit. 27.2.2025].

CHIA-QIN LIN a HSIN-KAI WU, 2021. *Effects of different ways of using visualizations on high school students' electrochemistry conceptual understanding and motivation towards chemistry learning*. CHemistry Education Research and Practice 22, 786 – 801. Dostupné z: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/rp/d0rp00308e [cit. 1.4.2025].

INGHAM, Angela M., 1988. *Models in chemical education: An investigation into their uses.* USA: University of Surrey. Doctor thesis in the department of Educational Studies.

JANDERKA, Pavel, 2000. *Molekulové modelování a teoretická chemie na PC*. Chemické listy, 94, s. 28-38. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2000_01_05.pdf [cit. 31.3.2025].

JANKO, T. et al., 2018. *Vizuálie v geografickém vzdělávání: přehledová studie*. Scientia in Educatione, *9* (2), 4-21. https://doi.org/10.14712/18047106.1027 [cit. 30.1.2025].

JoVE, Peer Reviewed Scientific Video Journal – Methods and Protocols. Chapter *3.3: Molecular Models*. Dostupné z: https://www.jove.com/science-education/11251/molecular-models [cit. 24.2.2025].

KHAN, Muzammil a Sarwar Shah KHAN, 2011. *Data and Information Visualization Methods, and Interactive Mechanisms: A Survey*. International Journal of Computer Applications. 34 -1. DOI=10.5120/4061-5722

KingDraw. *KingDrawAPP Chemical Structure Formula Editor – User Guide, Version 2.3.0*. Dostupné z: http://windows.download.kingdraw.cn/KingDrawAPP_Chemical_Structure_Formula_Editor_V2.3.0_User_Guide.pdf [cit. 27.2.2025].

LYTVYNOVA, Svitlana a Mariia MEDVEDIEVA, 2020. *Educational Computer Modelling in Natural Sciences Education: Chemistry and Biology Aspects*. Dostupné z: https://ceur-ws.org/Vol-2732/20200532.pdf [cit. 1.4.2025].

MALÝ, Marek, b.d.. *Molekulární modelování I – dílčí opora pro kurzy*. Katedra fyziky, PřF UJEP. Dostupné z: https://physics.ujep.cz/~mmaly/vyuka/PocModCastSoust_III/opory/MolekularniModelovani_I.pdf?utm_source=chatgpt.com [cit. 24.2.2025].

Molecular constructor, FAQ. Dostupné z: https://molconstr.com/faq/ [cit. 24.2.2025].

Natural Products Science in Chicago - Dreiding Model Exchange. Guido Pauli Natural Products Science and Research at UIC Chicago. Dostupné z: https://gfp.people.uic.edu/dreiding/dreidingexchange.htm [cit. 24.2.2025].

OKE, Oloruntegbe Kunle a Gazi Mahabubul ALAM, 2010. *Comparative evaluation of the effectiveness of 2 and 3D visualizations in students' understanding of structures of organic molecules*. International Journal of the Physical Sciences 5(5). 605 – 616.

Reed College. *ROCO Chapter 2: Space-filling Models*. Dostupné z: https://www.reed.edu/chemistry/ROCO/Geometry/space_filling.html [cit. 24.22.2025].

RYNEŠOVÁ, Libuše, 2023. *Výuka biochemie na ZŠ, SŠ a všech stupních gymnázií, použití modelů při výuce chemie*. Bakalářská práce: Jihočeská univerzita, České Budějovice.

SILVA, A. J. P. a Agnaldo ARROIO, 2022. *The role of time in the use of visualization in chemical education: Pre-service teacher practices*. Journal of Turkish Science Education, 19(3), 786-807. Dostupné z: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1365366.pdf [cit. 1.4.2025].

SPOUSTA, Vladimír, 2007. *Vizualizace: gnostický a komunikační prostředek edukologických fenoménů*. Spisy Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-4420-3.

Types of Molecular Models, Whipple Museum. *Whipple museum*. Dostupné z: https://www.whipplemuseum.cam.ac.uk/explore-whipple-collections/models/modelling-chemistry/types-molecular-models [cit. 24.2.2025].

VAVRA, K. L. et al, 2011. *Visualization in Science Education*. ASEJ, Volume 41, Number 1, 22 – 30. ISSN 0701-1024

WEINER, Edmund. a John SIMPSON (ed.), 1989. *The Oxford English dictionary*. Vol. 20, Wave - Zyxt. 2nd ed. / prepared by J.A. Simpson and E.S.C. Weiner. Oxford: Clarendon Press. ISBN 0-19-861186-2.

7. Použité zdroje obrázky

MAREK, Milan, 2013. *Molekulární modely ve výuce organické chemie na gymnáziu.* Rigorózní práce: PF UK, Praha. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/61264 [cit. 11.13.2025].

PROCHÁZKA, Jan, 2007. *Vizualizace molekul popsaných v ženevském názvosloví.* Bakalářská práce: Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/13019/BPTX_2006_1_11320_0_224584_0_45032.pdf?sequence=1&isAllowed=y [cit. 11.3.2025].

8. Přílohy

Příloha 1: Pracovní list Gymnázium Česká

Vizualizace molekul

- V prohlížeči otevřete program MolView (můžete využít QR kód).
- Prohlídněte si jednotlivé panely v aplikaci, vyzkoušejte různé funkce aplikace a dále přejděte na další cvičení v pracovním listu.

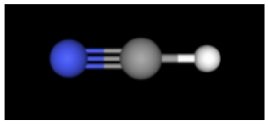
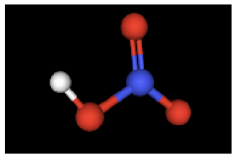
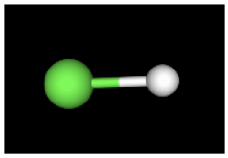
Cvičení 1: Objevování tvarů molekul

1. Otevři **MolView** v internetovém prohlížeči.
2. Vyhledej následující molekuly a přepni je do 3D režimu (pomocí ikonky View -> Viewer), kde se podívej na jednotlivé režimy zobrazení:
   - Voda (H_2O)
   - Amoniak (NH_3)
   - Oxid uhličitý (CO_2)
   - Oxid siřičitý (SO_2)
3. Pozoruj jejich prostorové uspořádání. Zapiš odpovědi na otázky:
   - Jaký je rozdíl, mezi jednotlivými režimy (kuličkový, tyčinkový, kalotový)?
   - Které molekuly mají lineární tvar?
   - Jaký tvar má molekula amoniaku a proč?

Cvičení 2: Skládačka chemických látek

1. Vypsané molekuly si vyhledej v aplikaci, přepni do 3D vizualizace.
2. Tvým úkolem je napsat ke vzorci systematický název a následně spojit obrázky s jednotlivými názvy, podle toho, jak se ti zobrazily v aplikaci.

$NaCl$	$Ba(NO_3)_2$	K_2CO_3	KCN
_____	_____	_____	_____

Cvičení 3: Modelování vlastní molekuly

1. Otevři **kreslicí plochu** v MolView.
2. Vytvoř následující molekuly ručně a následně si je zkontroluj v databázi molekul:
   - Kyselinu dusičnou (HNO_3)
   - Sirovodík (H_2S)
   - Kyselinu sírovou (H_2SO_4)
3. Přepni modely do **space-filling** (kalotového) režimu a popiš (nakresli), jak molekula vypadá ve 3D.

4. Pro každou molekulu zjisti její **oxidační číslo centrálního atomu** (pomocí internetu nebo chemických pravidel).

Cvičení 4: Vyhledávání chemických struktur

1. V MolView přepni na vyhledávání databáze.
2. Najdi molekulu tetrafluormethanu (CF_4) a methanu (CH_4).
3. Jaký mají tyto molekuly tvar? Co mají společné a čím se naopak od sebe liší? Pozorování zakresli a popiš (můžeš použít internet).

4. Vyhledej na internetu, proč je tetrafluormethan považován za skleníkový plyn.

Zhodnocení

Jaké cvičení vám dělala největší problém a proč?

Jaké naopak bylo nejlehčí a proč?

Bavilo by Vás, kdyby bylo počítačové modelování zařazeno více do výuky? Proč.

Pokud ti zbyde čas, naskenuj si prosím tento QR kód a vyplň tento krátký dotazník:

Příloha 2: Dotazník pro učitele SŠ

DOTAZNÍK PRO UČITELE STŘEDNÍ ŠKOLY

Vizualizace v chemii: Porovnání efektivity počítačového modelování a 3D modelů ve výuce

Úvod

Dobrý den,
ráda bych Vás požádala o vyplnění krátkého anonymního dotazníku k mé diplomové práci. Dotazník se zaměřuje na využití vizualizace ve výuce chemie, konkrétně na porovnání počítačového modelování a fyzických 3D modelů. Vaše odpovědi pomohou zhodnotit efektivitu těchto metod a jejich přínos pro studenty.

Vyplnění dotazníku Vám zabere přibližně 5–10 minut.

Děkuji za Váš čas a ochotu!

I. ZÁKLADNÍ INFORMACE O RESPONDENTOVI

1. Jak dlouho vyučujete chemii?
   - a) méně než 5 let
   - b) 5–10 let
   - c) 11–20 let
   - d) více než 20 let
2. Na jakém typu školy učíte?
   - a) Gymnázium
   - b) Střední odborná škola
   - c) Střední odborné učiliště
   - d) Jiná (uveďte): _____
3. Jaké třídy nejčastěji učíte? (možno vybrat více možností)
   - a) 1. ročník
   - b) 2. ročník
   - c) 3. ročník
   - d) 4. ročník

II. ZKUŠENOSTI S VIZUALIZACÍ V CHEMII

4. Jak často využíváte ve výuce vizuální pomůcky?
   - a) Při každé hodině
   - b) Několikrát do měsíce
   - c) Příležitostně
   - d) Téměř nikdy
5. Jaké typy vizuálních pomůcek používáte? (možno vybrat více možností)
   - a) Fyzické 3D modely (např. molekulární modely)
   - b) Počítačové modely (např. simulace, 3D vizualizace)

- c) Schémata a obrázky v učebnicích
- d) Jiné (uveďte): _____

6. Setkal/a jste se při své praxi s možností využití počítačového modelování ve výuce chemie?
   - a) Ano, aktivně ho využívám
   - b) Ano, ale nevyužívám ho pravidelně
   - c) Ano, ale nemám k němu přístup
   - d) Ne, nesetkal/a jsem se s touto možností
7. Pokud ano, s jakými programy jste se setkal/a či jaké jste využíval/a?

   - Odpověď: _____

III. POROVNÁNÍ 3D MODELŮ A POČÍTAČOVÉHO MODELOVÁNÍ

8. Která metoda podle Vás pomáhá studentům lépe pochopit prostorové uspořádání molekul?

   - a) Fyzické 3D modely
   - b) Počítačové modely
   - c) Obojí stejně
   - d) Nevím

9. Jak hodnotíte efektivitu fyzických 3D modelů ve výuce chemie?
   (1 = vůbec nepomáhají, 5 = velmi pomáhají)
   - 1 - 2 - 3 - 4 - 5
10. Jak hodnotíte efektivitu počítačového modelování ve výuce chemie?
    (1 = vůbec nepomáhá, 5 = velmi pomáhá)
    - 1 - 2 - 3 - 4 - 5
11. Jaké jsou podle Vás hlavní výhody fyzických 3D modelů? (možno vybrat více možností)

    - a) Hmatová zkušenost
    - b) Snazší pochopení pro méně technicky orientované studenty
    - c) Nezávislost na technice (počítače, internet)
    - d) Jiné (uveďte): _____

12. Jaké jsou podle Vás hlavní výhody počítačového modelování? (možno vybrat více možností)

    - a) Možnost animace a interaktivního zobrazení
    - b) Přístup k velkému množství molekul a simulací
    - c) Lepší propojení s moderní vědou a praxí
    - d) Jiné (uveďte): _____

13. Jaké nevýhody spatřujete u fyzických 3D modelů? (možno vybrat více možností)

    - a) Omezený počet modelů a variant molekul
    - b) Časová náročnost při manipulaci ve výuce
    - c) Náklady na pořízení a údržbu
    - d) Jiné (uveďte): _____

14. Jaké nevýhody spatřujete u počítačového modelování? (možno vybrat více možností)

- a) Technické požadavky (potřeba počítačů/tabletů, software)
- b) Náročnost pro méně technicky zdatné studenty
- c) Možnost rozptýlení studentů při práci s počítačem
- d) Jiné (uveďte): _____

IV. PRAKTICKÉ OTÁZKY A NÁZOR NA BUDOUCNOST

15. Máte na své škole dostatečné vybavení pro využívání počítačového modelování ve výuce chemie?

- a) Ano
- b) Částečně
- c) Ne

16. Pokud ne, co Vám nejvíce chybí?

- a) Software
- b) Hardware (počítače, tablety)
- c) Odborná školení pro učitele
- d) Jiné (uveďte): _____

17. Jaká metoda podle Vás bude v budoucnosti dominovat výuce chemie?

- a) Fyzické 3D modely
- b) Počítačové modelování
- c) Kombinace obou přístupů
- d) Jiná (uveďte): _____

18. Máte nějaké vlastní zkušenosti, postřehy nebo nápady k tomuto tématu? (Nepovinné)

- Odpověď: _____

ZÁVĚR

Děkuji za Váš čas a ochotu podělit se o své zkušenosti!

Příloha 3: Dotazník pro studenty SŠ

DOTAZNÍK PRO STUDENTY STŘEDNÍ ŠKOLY

Vizualizace v chemii: Porovnání efektivity počítačového modelování a 3D modelů ve výuce

Úvod

Dobrý den,
ráda bych Vás požádala o vyplnění krátkého anonymního dotazníku k mé diplomové práci. Dotazník se zaměřuje na Vaše zkušenosti s různými vizuálními pomůckami při výuce chemie. Zajímá mě, jaké metody považujete za nejpřínosnější pro pochopení chemických konceptů, zejména prostorového uspořádání molekul.

Vyplnění dotazníku Vám zabere přibližně 5–10 minut.

Děkuji za Váš čas a ochotu!

I. ZÁKLADNÍ INFORMACE O RESPONDENTOVI

1. Kolik je Vám let?
   - a) 14 – 16 let
   - b) 17 – 19 let
   - c) 20 – 23 let
   - d) Více než 23 let
2. V jakém jste ročníku?
   - a) 1. ročník
   - b) 2. ročník
   - c) 3. ročník
   - d) 4. ročník
3. Jaký typ školy navštěvujete?
   - a) Gymnázium
   - b) Střední odborná škola
   - c) Střední odborné učiliště
4. Baví Vás chemie?
   - a) Ano, je to můj oblíbený předmět
   - b) Celkem ano, ale nejsou to moje nejoblíbenější hodiny
   - c) Spíše ne, chemie mě moc nezajímá
   - d) Ne, chemie mě vůbec nebaví

II. ZKUŠENOSTI S VIZUALIZACÍ V CHEMII

5. Setkal/a jste se při výuce chemie s vizuálními pomůckami, které pomáhají pochopit molekuly a chemické struktury?
   - a) Ano, často
   - b) Ano, občas

- c) Spíše ne, jen výjimečně
- d) Ne, nikdy

6. Jaké vizuální pomůcky jste během výuky chemie viděl/a nebo používal/a? (možno vybrat více možností)
   - a) Fyzické 3D modely molekul
   - b) Počítačové modely a simulace
   - c) Schémata a obrázky v učebnicích
   - d) Jiné (uveďte): _____
7. Která z těchto metod Vám nejvíce pomohla pochopit chemické koncepty?
   - a) Fyzické 3D modely
   - b) Počítačové modely
   - c) Obojí stejně
   - d) Žádná z uvedených metod mi nepomohla

III. POROVNÁNÍ 3D MODELŮ A POČÍTAČOVÉHO MODELOVÁNÍ

8. Jak dobře rozumíte prostorovému uspořádání molekul v chemii?
   (1 = vůbec nerozumím, 5 = rozumím velmi dobře)
   - 1 - 2 - 3 - 4 - 5
9. Jak hodnotíte efektivitu fyzických 3D modelů při učení chemie?
   (0 = nemám zkušenost, 1 = vůbec mi nepomohly, 4 = velmi mi pomohly)
   - 0- 1 - 2 - 3 - 4
10. Jak hodnotíte efektivitu počítačového modelování při učení chemie?
    (0 = nemám zkušenost, 1 = vůbec mi nepomohlo, 4 = velmi mi pomohlo)
    - 0 - 1 - 2 - 3 - 4
11. Jaké jsou podle Vás hlavní výhody fyzických 3D modelů? (možno vybrat více možností)

- a) Mohu si model osahat a lépe si představit jeho strukturu
- b) Pomáhá mi to lépe pochopit prostorové uspořádání molekul
- c) Snáze se soustředím, když mám model fyzicky před sebou
- d) Jiné (uveďte): _____

12. Jaké jsou podle Vás hlavní výhody počítačového modelování? (možno vybrat více možností)

- a) Mohu vidět modely v pohybu (animace, simulace)
- b) Lze zobrazit větší množství molekul, než kolik je fyzicky dostupných modelů
- c) Počítačová vizualizace je modernější a atraktivnější
- d) Jiné (uveďte): _____

13. Jaké nevýhody spatřujete u fyzických 3D modelů? (možno vybrat více možností)

- a) Není možné zobrazit složitější molekuly
- b) Nemůžu model měnit a upravovat podle potřeby
- c) Ve třídě jich není dost pro všechny studenty
- d) Jiné (uveďte): _____

14. Jaké nevýhody spatřujete u počítačového modelování? (možno vybrat více možností)

- a) Někdy je složité s programem pracovat
- b) Počítačové modely nejsou tak názorné jako fyzické modely
- c) Snadno se u počítače rozptýlím
- d) Jiné (uveďte): _____

IV. VAŠE PREFERENCE A NÁZOR NA BUDOUCNOST

15. Máte na škole možnost pracovat s počítačovými modely v hodinách chemie?

- a) Ano, pravidelně
- b) Ano, občas
- c) Ne, ale chtěl/a bych
- d) Ne, a ani mě to nezajímá

16. Která metoda by podle Vás měla být v budoucnosti více využívána ve výuce chemie?

- a) Fyzické 3D modely
- b) Počítačové modelování
- c) Kombinace obou přístupů
- d) Žádná, není to potřeba

17. Máte nějaké vlastní zkušenosti, postřehy nebo nápady k tomuto tématu? (Nepovinné)

- Odpověď: _____

ZÁVĚR

Děkuji za Váš čas a ochotu podělit se o své zkušenosti! Tento dotazník je anonymní a Vaše odpovědi budou použity pouze pro účely diplomové práce.