

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

**Výuka biochemie na ZŠ, SŠ a všech stupních
gymnázií, použití modelů při výuce chemie**

Bakalářská práce

Libuše Ryněšová

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

České Budějovice 2023

Rynešová, L., 2023: Výuka biochemie na ZŠ, SŠ a všech stupních gymnázií, použití modelů při výuce chemie. [Teaching biochemistry at primary, secondary and all levels of grammar schools, use of models in chemistry teaching. Bc. Thesis, in Czech.] – 45 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotation

In the theoretical part, the bachelor's thesis is focused on the scope of teaching biochemistry in primary, secondary and grammar schools, which results from the Framework and School Educational programs. The second part of the theoretical part focuses on the description and functions of individual chemical models used in teaching. In the practical part, worksheets were prepared for the use of models in teaching chemistry classes at selected elementary and grammar school.

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne 11. 4. 2023

Rynešová Libuše

Poděkování

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

Dále děkuji Mgr. Jiřímu Švehlovi ze ZŠ Velešín a Mgr. Janě Hudákové z Gymnázia Jírovcova České Budějovice za odborné vedení při výuce s chemickými modely.

A taky děkuji mé rodině za podporu.

Obsah

1.	ÚVOD	1
2.	TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1	HISTORIE BIOCHEMIE JAKO VĚDY	2
2.2	BIOCHEMIE V SOUČASNOSTI	3
2.3	VÝUKA BIOCHEMIE NA ZŠ, SŠ A GYMNÁZIÍCH	4
2.3.1	Požadavky na výuku chemie a biochemie vyplývající z RVP ZV	5
2.3.2	Požadavky na výuku chemie a biochemie vyplývající z RVP G	5
2.3.3	Stav výuky chemie a biochemie v současnosti na vybraných školách	6
2.3.3.1	ŠVP Základní škola Velešín	6
2.3.3.2	ŠVP Gymnázium Jírovcova	7
2.3.3.2.1	ŠVP pro nižší stupeň osmiletého gymnázia	7
2.3.3.2.2	ŠVP pro vyšší stupeň osmiletého gymnázia a pro čtyřleté gymnázium	8
2.4	CHEMICKÉ MODELY	10
2.4.1	Účel chemických modelů	10
2.4.1.1	Přírodovědná gramotnost	12
2.4.1.2	Teorie učení	12
2.4.2	Typologie modelů při výuce chemie	13
2.4.2.1	Teoretické chemické modely	14
2.4.2.2	Materiální chemické modely	14
2.4.2.2.1	Kuličkové modely	15
2.4.2.2.2	Tyčinkové modely	16
2.4.2.2.3	Kalotové modely	17
2.4.2.2.4	Dreidingovy modely	18
2.4.2.2.5	Modely krystalových struktur	19
3.	PRAKTICKÁ ČÁST	20
3.1	VYUŽITÍ CHEMICKÝCH MODELŮ V HODINÁCH CHEMIE NA ZŠ VELEŠÍN	20
3.2	VYUŽITÍ CHEMICKÝCH MODELŮ V HODINÁCH CHEMIE NA GYMNÁZIU JÍROVCOVA	23
3.3	SESTAVENÍ MODELU DNA	27
3.4	MOŽNOSTI VYUŽITÍ MODELŮ V JINÝCH PŘEDMĚTECH A PROPOJENÍ PŘEDMĚTŮ DÍKY BIOCHEMII	31
4.	VÝSLEDKY A DISKUSE	32
5.	ZÁVĚR	35
6.	POUŽITÉ ZDROJE	36
7.	POUŽITÉ ZDROJE OBRÁZKY	39
8.	PŘÍLOHY	40

Cíle práce

- Zjistit rozsah výuky biochemie v rámci hodin chemie na ZŠ, SŠ a gymnáziích,
- rozpracovat téma použití výukových modelů při výuce v hodinách chemie,
- použít chemické modely v hodinách chemie na vybraných ZŠ a nižších stupních gymnázií, vyhodnotit přínosy/nevýhody použití modelů při výuce chemie,
- sestavit model DNA, navrhnout možnost použití modelů v dalších předmětech a popsat možnost propojení různých předmětů díky biochemii.

1. Úvod

Tématem mé bakalářské práce je „Výuka biochemie na ZŠ, SŠ a všech stupních gymnázií, použití modelů při výuce chemie“. Toto téma jsem si vybrala z důvodu, že je biochemie velmi často opomíjené téma při výuce žáků a studentů. To samé lze říct i o využití modelů při výuce, přestože mohou v mnoha ohledech pomoci žákům při prostorové orientaci.

První část teoretické části bakalářské práce je zaměřena na rozsah výuky biochemie na základních školách, středních školách a gymnáziích, který vyplývá z Rámcového vzdělávacího programu (RVP). Další kapitola je věnována bližšímu popisu hodinové dotace a očekávaných výstupů vyplývajících ze Školních vzdělávacích programů (ŠVP) vybraných škol.

Druhá část práce je zaměřena na chemické modely. V jedné z podkapitol je popsán účel využití chemických modelů, jako je přírodovědná gramotnost a teorie učení.

Teoretická část je ukončena typologií materiálních chemických modelů.

Praktická část práce je věnována využití chemických modelů v hodinách chemie na vybrané základní škole a gymnáziu. V obou případech je vypracován pracovní list, který umožňuje zopakování probraného učiva a užití modelů v praxi. Dále je v práci popsána stavba velkého desetiřstvého modelu dvojité šroubovice DNA. Na konci této části následuje popis možnosti propojení předmětů díky biochemii a návrh využití modelů při výuce v jiných předmětech.

2. Teoretická část

2.1 Historie biochemie jako vědy

Historie biochemie sahá až do 18. století. Díky A. L. Lavoisierovým objevům byla zjištěna úloha uhlíku, vodíku a kyslíku v živočišném a rostlinném organismu. Úloha neméně důležitého dusíku byla objasněna až v 19. století (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

Ve 40. letech 19. století vznikla biochemie jako samostatná moderní věda a převzala část problematiky, kterou do té doby zkoumala organická chemie. Na její vývoj měl velký vliv J. von Liebig. V jedné ze svých prací, konkrétně v *Chemie a její použití v zemědělství a fyziologii* (1840), popsal svou minerální teorii. V ní se správně domníval, že metabolismus je základem života a je tvořen chemickými pochody (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

V 19. století probíhal po několik desetiletí spor o podstatě kvašení. Někteří chemici, mezi které se řadili např. A. L. Lavoisier a J. von Liebig, podporovali mechanickou hypotézu kvašení, tedy že kvašení je způsobeno inertními chemickými reakcemi. Zatímco jiní zastávali vitalistickou interpretaci kvašení vycházející z faktu, že kvašení je způsobeno živými buňkami). Mezi zastánce vitalistické interpretace patřil také L. Pasteur, který zjistil, že kvašení je chemický děj závislý na mikrobech (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

Spor mezi von Liebigem a Pasteurem se stal velmi důležitým pro vývoj biochemie. M. Traube, majitel vinných sklepů v Německu, byl jedním z prvních, který poukázal na to, že chemické pochody v organismech jsou závislé na činnosti fermentů, které jsou produkovány mikroby, a proto je potřeba správná teorie kvašení pro pochopení chemie živého (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

Chemickou podstatu kvašení objevil až německý profesor E. Buchner a tím podpořil von Liebigovu teorii, že kvašení je chemický proces. Tímto objevem bylo urychleno vyčlenění biochemie z organické chemie a fyziologie (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

Vývoj biochemie byl také podpořen výzkumem fotosyntézy. Francouzští chemici na začátku 19. století získali zelené barvivo, které nazvali chlorofyl. Na objevení chlorofylu navázal německý fyzik a chemik Ch. J. D. Grotthus, který sledoval vztah mezi schopností rostliny vázat sluneční energii a jejím zeleným zbarvením; studoval tzv. fotochemické reakce. Na tyto

teorie navázali další vědci a identifikovali glukosu jako první metabolit fotosyntézy (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

Vzhledem ke všem zmíněným okolnostem, bylo 19. století pro vývoj biochemie velmi důležité. Je potřeba také zmínit výzkum a objev významné skupiny látek – nukleových kyselin, který probíhal právě v tomto století. Jedním z průkopníků genetiky byl J. G. Mendel, roku 1865 otiskl své poznatky v *Pokusy s rostlinnými kříženci* (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

Ve 20. století se obor biochemie značně specializoval. Na začátku století se začaly zkoumat hormony a vitamíny. Pokrok v tomto odvětví byl ale pomalý, a proto byla problematika vitamínů vyřešena až kolem roku 1940. Po roce 1940 se pozornost zaměřila na problematiku fotosyntézy a metabolismu. Při tomto výzkumu byly využity zkušenosti získané při řešení problematiky hormonů a vitamínů (Historie chemie – studijní materiál, 2011).

2.2 Biochemie v současnosti

Biochemie je jedna z nejdůležitějších přírodních věd. Nelze ji jednoznačně zařadit do chemie, či biologie, neboť zkoumá, jak chemické procesy ovlivňují fyziologické děje probíhající uvnitř živého organismu. Jinými slovy ji lze také nazvat chemií života (Mareček a Honza, 2000).

Živé organismy se velmi liší ve svých makroskopických vlastnostech, ale na biochemické úrovni jsou si velmi podobné. Studie společných vlastností, jako jsou např. enzymy katalyzující metabolické dráhy, metabolické dráhy samotné či zakódování a vyjádření dědičné informace prokázaly, že většina forem života vznikla ze stejného předka (Voet a Voet, 2011).

I když je biochemie jako věda velmi rozsáhlá, zabývá se pouze omezeným počtem otázek, mezi které patří:

- „*Jaké jsou chemické a trojrozměrné struktury biologických molekul a sestav, jak tyto struktury tvoří a jak se s nimi mění jejich vlastnosti.*“
- *Jak fungují proteiny; tedy jaké jsou molekulární mechanismy enzymatické katalýzy, jak receptory rozpoznávají a vážou specifické molekuly a jaké jsou intramolekulární a*

intermolekulární mechanismy, kterými si receptory přenášejí informace o svých vazebných stavech.

- *Jak se projevuje genetická informace a jak se přenáší na budoucí buněčné generace.*
- *Jak se syntetizují biologické molekuly a sestavy.*
- *Jaké jsou kontrolní mechanismy, které koordinují nesčetné biochemické reakce, které probíhají v buňkách a organismech.*
- *Jak buňky a organismy rostou, diferencují a rozmnožují se.*“ (Voet a Voet, 2011)

2.3 Výuka biochemie na ZŠ, SŠ a gymnáziích

V České republice je výuka vymezena zákonem č. 561/2004 Sb., též známým pod názvem „Školský zákon“, který nabyl účinnosti 1. 1. 2005. Poslední novelizace proběhla k 1. 2. 2022. Pro každý obor vzdělání je podle § 3 odst. 1 vydán Rámcový vzdělávací program (RVP). RVP se vydává pro předškolní, základní, základní umělecké, střední i jazykové vzdělání a vymezuje povinný obsah, rozsah a podmínky vzdělávání (561/2004 Sb. Školský zákon, 2010).

Podle zaměření daného oboru stanovuje RVP konkrétní cíle, délku, formy a povinný obsah vzdělávání. Musí být v souladu s nejnovějšími poznatky vědních disciplín, pedagogiky a psychologie. Podle těchto hledisek mohou být RVP upravovány Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy prostřednictvím odborníků vědy a praxe (561/2004 Sb. Školský zákon, 2010).

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT) schválilo s účinností od 1. 9. 2005 Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV). Dále dne 24. 7. 2007 MŠMT schválilo Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G) a Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou (RVP GSP) (Šulcová, 2008). Kvůli zaměření této bakalářské práce se budu dále věnovat RVP ZV a RVP G.

Podle schválených pokynů RVP si jednotlivé školy vytvářejí vlastní vzdělávací programy podle svého zaměření a možností – Školní vzdělávací programy (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022).

2.3.1 Požadavky na výuku chemie a biochemie vyplývající z RVP ZV

RVP ZV rozděluje vzdělávací obsah do devíti vzdělávacích oblastí, které jsou tvořeny tematicky si blízkými předměty. Toto rozdělení je platné pro základní vzdělávání a pro nižší stupně víceletých gymnázií (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022).

Jednou ze vzdělávacích oblastí je Člověk a příroda. Do této oblasti patří fyzika, přírodopis, zeměpis a chemie. Chemie je dále rozdělena na sedm podoborů:

- Pozorování, pokus a bezpečnost práce
- Směsi
- Částečné složení látek a chemické prvky
- Chemické reakce
- Anorganické sloučeniny
- Organické sloučeniny
- Chemie a společnost

Ze seznamu podoborů je zřejmé, že biochemie není v RVP ZV vyčleněna jako samostatný obor. Přesto je zmíněna v malé míře v očekávaných výstupech podoboru Organické sloučeniny.

Přesné znění očekávaného výstupu týkajícího se biochemie je: „*Žák uvede příklady zdrojů bílkovin, tuků, sacharidů a vitamínů.*“ (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022)

K úspěšnému absolvování tohoto výstupu se předpokládá, že žákům bude předneseno učivo týkající se přírodních látek – zdroje, vlastnosti a příklady funkcí bílkovin, tuků, sacharidů a vitamínů (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022).

2.3.2 Požadavky na výuku chemie a biochemie vyplývající z RVP G

Na čtyřletých gymnáziích a vyšších stupních víceletých gymnázií je vzdělávací obsah rozdělen podle RVP G. Ten jej rozděluje do osmi vzdělávacích oblastí. Chemie opět spadá do oblasti Člověk a příroda, společně s biologií, fyzikou, geologií a geografii (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022).

Zároveň je chemie rozdělena do čtyř podoborů:

- Obecná chemie

- Anorganická chemie
- Organická chemie
- Biochemie

Podle tohoto rozdělení RVP G vyčleňuje biochemii jako samostatný obor. Přepokládá se, že žákům bude předneseno učivo týkající se lipidů, sacharidů, proteinů, nukleových kyselin, enzymů, vitamínů a hormonů.

Z toho vyplývají očekávané výstupy, kterými jsou:

- *„Žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech.*
- *Žák charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam.“* (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022)

Jak už bylo zmíněno, biochemie není obor, který je možné jednoznačně začlenit do výuky. Proto se i její výuka může lišit. Na některých školách může být vyučována s biologií, či chemií a jinde je od nich oddělena (RVP – Rámcové vzdělávací programy, 2022).

2.3.3 Stav výuky chemie a biochemie v současnosti na vybraných školách

Pro naplnění cílů práce byly vybrány Základní škola Velešín a Gymnázium Jírovcova v Českých Budějovicích.

2.3.3.1 ŠVP Základní škola Velešín

Chemie na Základní škole Velešín je vyučována po dvou hodinách týdně v 8. a 9. ročníku ve specializovaných učebnách chemie a informatiky. Výuka není pouze monologická, ale i praktická ve formě laboratorních cvičení, či exkurzí (ZŠ Velešín, 2016).

Výuka chemie míří k rozvoji zájmu o základní chemické látky, pojmy, zákonitosti a chemické procesy. Dále se zaměřuje na upevnění znalostí o bezpečnosti práce s chemikáliemi podle daných pravidel a na upevnění dovedností poskytnou první pomoc při styku s nebezpečnými látkami.

Biochemie je vyučována v 9. ročníku. Přesný výstup vyplývající ze ŠVP ZŠ Velešín, který musí žák splnit, zní: „Žák vyjmenuje zdroje bílkovin, sacharidů a tuků a vitamínů v potravě, uvede jejich vlastnosti a biologický význam.“ (ZŠ Velešín, 2016)

2.3.3.2 ŠVP Gymnázium Jírovce

Gymnázium Jírovce je všeobecně zaměřené čtyř – a osmileté gymnázium orientované na matematiku a přírodní vědy. Vzhledem k tomu, že se jedná o víceleté gymnázium, tak je potřeba rozlišit ŠVP a jeho výstupy pro nižší stupeň osmiletého gymnázia a pro vyšší stupeň osmiletého gymnázia a čtyřleté gymnázium.

Výuka neprobíhá pouze formou monologu. Žáci si ověřují bezpečnost práce a praktické dovednosti při práci v laboratoři. Laboratorní cvičení jsou nedílnou součástí oboru Chemie v sekundě. V tercii a kvartě jsou tato cvičení realizována ve vyučovacím předmětu Práce s laboratorní technikou. Ten je jedním ze dvou školou vybraných tematických okruhů oblasti Člověk a svět práce (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovce).

Hodiny jsou realizované v odborných a kmenových třídách. Laboratorní cvičení probíhají v chemické laboratoři. Z důvodu nižší kapacity laboratoří je ve většině případů třída na laboratorní cvičení rozdělena na dvě skupiny (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovce).

2.3.3.2.1 ŠVP pro nižší stupeň osmiletého gymnázia

Vzdělávací obsah předmětu chemie v ŠVP pro nižší gymnázia vychází ze vzdělávacího obsahu oboru Chemie v RVP pro základní vzdělání. Tento předmět umožňuje žákům seznámit se se stavbou a přeměnami látek, s jejich využitím a významem v běžném životě (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovce).

Tabulka I: Hodinová dotace výuky chemie v jednotlivých ročnících

Ročník	Prima	Sekunda	Tercie	Kvarta
Týdenní počet vyučovacích hodin	-	2	2	1

Z tabulky lze vyčíst, že celková hodinová dotace výuky chemie je na nižším stupni gymnázia 5 hodin.

Čistá biochemie je vyučována na začátku kvarty. Rozpracované školní výstupy, které musí žák splnit, jsou:

- „Žák rozliší sacharidy, tuky, bílkoviny.
- Žák uvede příklady zdrojů těchto látek pro člověka.
- Žák posoudí různé potraviny z hlediska obecně uznávaných zásad zdravé výživy.
- Žák charakterizuje fotosyntézu a dýchání.
- Žák uvede podmínky pro průběh fotosyntézy a její význam pro život na Zemi.“ (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovcova)

2.3.3.2.2 ŠVP pro vyšší stupeň osmiletého gymnázia a pro čtyřleté gymnázium

Vzdělávací obsah předmětu chemie v ŠVP vychází ze vzdělávacího obsahu oboru Chemie v RVP pro střední vzdělávání. Do toho RVP jsou zahrnuty první až třetí ročníky čtyřletého gymnázia a páté až sedmé ročníky osmiletého gymnázia (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovcova).

Tabulka II: Hodinová dotace výuky chemie v jednotlivých ročnících na osmiletém gymnáziu

Ročník	Kvinta	Sexta	Septima	Oktáva
Týdenní počet vyučovacích hodin	2 + 1	2 + 1	2	3

Celková hodinová dotace výuky na vyšším stupni osmiletého gymnázia činí 8 hodin. Při týdenní dotaci chemie 3 hodiny probíhá výuka v kvintě a sextě 2 vyučovacích hodiny a 1x za dva týdny jsou laboratorní cvičení. V septimě probíhají 2 vyučovacích hodiny, v oktávě 3 vyučovacích hodiny ve formě volitelného vyučovacího předmětu Seminář a cvičení z chemie.

Tabulka III: Hodinová dotace výuky chemie v jednotlivých ročnících na čtyřletém gymnáziu

Ročník	1. Ročník	2. ročník	3. ročník	4. ročník
Týdenní počet vyučovacích hodin	3 + 0,5	2 + 1	2	3

Na čtyřletém gymnáziu je celková hodinová dotace 8,5 hodin. Při dotaci 3,5 hodiny probíhá výuka v 1. ročníku 2 vyučovacích hodiny a 1x za čtyři týdny je laboratorní cvičení. Při týdenní dotaci 3 hodin ve 2. ročníku je výuka rozdělena na 2 vyučovacích hodiny a 1x za dva týdny je

laboratorní cvičení. Ve 3. a 4. ročníku probíhá Seminář a cvičení z chemie. Ve 3. ročníku po 2 vyučovacích hodinách týdně a ve 4. ročníku po 3 hodinách týdně.

S výukou biochemie se začíná v septimě/3. ročníku v rámci předmětu chemie. Ve školních výstupech je již zmíněna biochemie jako samostatný obor. Školní výstupy týkající se biochemie, které musí žák splnit, jsou:

- „Žák definuje obor biochemie, umí charakterizovat živé soustavy a uvést jejich vlastnosti.
- Žák objasní funkci chemických sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v lidském těle.
- Žák pojmenuje přírodní látky (sacharidy, lipidy, bílkoviny), uvede jejich význam.
- Žák uvede chemické složení, stavbu, příklady názvů jednotlivých skupin sacharidů.
- Žák charakterizuje redukující a neredukující sacharidy.
- Žák uvede chemické složení, rozdělení a využití lipidů.
- Žák vysvětlí esterifikaci a hydrolýzu tuků.
- Žák charakterizuje AK, nepolární, polární, kyselé a zásadité, esenciální a neesenciální.
- Žák vysvětlí vznik peptidické vazby a její důkazy.
- Žák popíše složení nukleotidů, strukturu DNA, RNA a jejich význam.
- Žák vysvětlí přenos genetické informace.
- Žák používá pojem anabolismus, katabolismus, makroergní sloučeniny (ATP, ADP).
- Žák vysvětlí základní redoxní děje v živých soustavách, přeměny v Krebsově cyklu.
- Žák objasní základní anaboličké procesy a kataboličké štěpení sacharidů, lipidů a bílkovin (glykolýza, fotosyntéza, beta oxidace, štěpení bílkovin a jejich biosyntéza).
- Žák vysvětlí vzájemné propojení metabolických reakcí.“ (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovcova)

Studenti mají možnost si vybrat volitelný vyučovací předmět Seminář a cvičení z chemie.

Vyplývající výstupy biochemie pro seminář ve 3. ročníku/septimě jsou tyto:

- „Žák vysvětlí stavbu a mechanismus působení enzymů, třídění enzymů a jejich názvosloví.
- Žák objasní základní principy regulace a aktivity enzymů.
- Žák uvede příklady enzymových reakcí.
- Žák definuje vitamíny, pojednává o jejich významu.

- *Žák vyjmenuje nejdůležitější vitamíny rozpustné ve vodě a v tucích, uvede jejich zdroje, oblast působení a projevy avitaminóz.*
- *Žák vysvětlí vztah vitamínu a enzymu.*
- *Žák definuje hormon, vysvětlí jejich funkci, uvede příklady.*“ (Školní vzdělávací program/Gymnázium Jírovcova)

V oktávě/4. ročníku biochemie vyučována není.

2.4 Chemické modely

Všechny chemické látky jsou složeny z atomů. Samotné atomy se kolem nás vyskytují pouze vzácně. Většinou se spojují pomocí chemické vazby do větších celků, molekul. Pokud se zajímáme o určitou chemickou látku, uvažujeme převážně o atomech, které jsou ve sloučenině. Neuvědomujeme si, že uspořádání atomů může mít u některých molekul velký vliv na chování a vlastnosti (Kodíček et al., 1997) (Pečová, 2002).

Nejjednodušší vyjádření složení chemické látky je pomocí chemického vzorce tzv. sumárního vzorce. Ve vzorcích se pro znázornění jednotlivých atomů, vyskytujících se v dané molekule, využívají zkratky prvků z periodické tabulky. Dále se formou pravého dolního indexu zapisují čísla, která vyjadřují, kolik prvku je v molekule obsaženo.

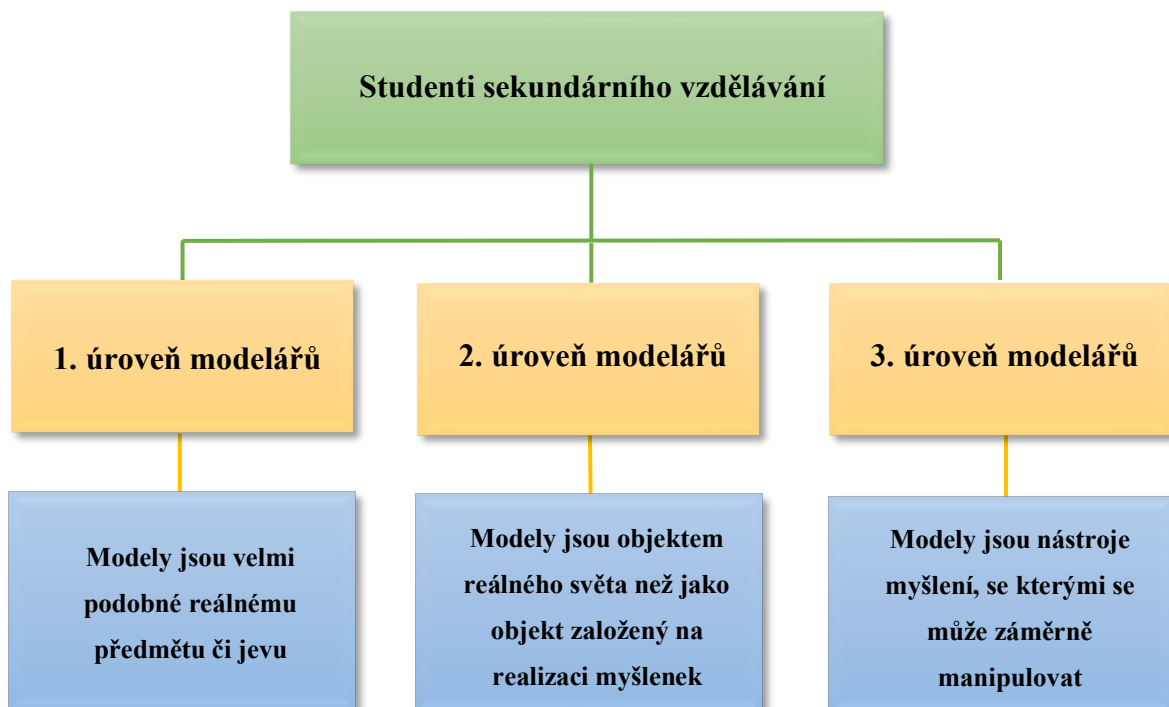
Sumární vzorce nám však říkají pouze jaké a kolik atomu prvku se v molekule nachází. Proto existují ještě strukturní vzorce, které vyjadřují stavbu molekuly ve 2D prostoru. Tyto vzorce mimo jiné poskytují informace o propojenosti a orientaci atomů. Je nutné si uvědomit, že atomy a molekuly nejsou v reálu dvojrozměrné, ale trojrozměrné – mají délku, šířku a hloubku. Pro některé studenty chemie může být proto náročné představit si, jak ve skutečnosti vypadají (Kodíček et al., 1997) (Pečová, 2002).

2.4.1 Účel chemických modelů

Při studiu chemie je velmi časté, že zkoumané látky a procesy nejsou hmatatelné. Vědci vytvářejí hypotézy o jejich struktuře a funkci, které musí být ověřeny na modelech, či pomocí počítačových simulací. Ověřené informace jsou poté vloženy do vzdělávacích obsahů jednotlivých předmětů (Jančaříková a Jančařík, 2017).

Pro studenty může být velmi náročné představit si 2D podoby struktur ve 3D měřítku. Je potřeba podpořit růst schopnosti vizualizace a práce s modely. Studie PISA prokázaly, že práce s modely je pro mnoho studentů příliš náročná a v některých případech si nedokáží uvědomit, co daný model představuje. Modely využívané při výuce jsou objekty, které umožňují konkretizovat abstraktní pojmy. Slouží k přirovnání reálné podstaty a obohacují představy studentů (Jančaříková a Jančařík, 2017).

Modely však nejsou přesnou kopií reality. Jsou upraveny a uzpůsobeny tak, aby při jejich stavbě došlo k prohlutí odbornosti a názornosti (Kolář et al., 2006). V minulosti proběhl výzkum, který rozdělil studenty sekundárního vzdělávání do tří úrovní modelářů. První úroveň dosáhlo velké množství studentů nižšího sekundárního vzdělávání. Tito studenti věří, že modely jsou velmi podobné reálnému předmětu či jevu a nehledají za jejich použitím význam. Spoléhají na to, že modely jsou správné. Studenti druhé úrovně vnímají modely spíše jako objekt reálného světa než jako objekt založený na realizaci myšlenek. Do třetí úrovně se řadí odborníci. Pro ně jsou modely nástroje myšlení a můžou s nimi záměrně manipulovat tak, aby jim vyhovovaly (Harrison a Treagust, 2000).



Obrázek 1: Rozdělení studentů sekundárního vzdělání do tří úrovní vnímání modelů.

Z tohoto výzkumu vyplývá, že studenti velmi často vnímají modely jako reprezentující skutečnost a hledají ten nejlepší, který jim vyhovuje při učení.

2.4.1.1 Přírodovědná gramotnost

Program pro mezinárodní hodnocení studentů (Programme for International Student Assessment, PISA) ověřoval roku 2006 a 2015 přírodovědnou gramotnost jako hlavní testovanou oblast. Definice přírodní gramotnosti byla použita z roku 2015 a zní následovně: „*Přírodovědná gramotnost je schopnost přemýšlet a jednat ve všech věcech souvisejících s přírodními vědami a jejich principy jako aktivní občan.*“ (Blažek et al., 2019)

Pro přírodovědné předměty se šetření provádí každé 3 roky. V roce 2006 byl výsledek gramotnosti žáků statisticky významně lepší než průměr zemí OECD. Při dalším šetření roku 2015 bylo skóre výrazně nižší, a to o 20 bodů. Tím se Česká republika zařadila do skupiny s průměrnou hodnotou výsledku. Průměrná hodnota výsledku v roce 2018 vzrostla pouze o 4 body, přesto se díky tomu Česká republika zařadila do skupiny s lepším výsledkem, než je průměr v zemích EU a OECD (Blažek et al., 2019).

PISA poukazuje na důležitost používání aktivizujících a motivujících metod v hodinách chemie. Využívání modelů při výuce je podle šetření důležitou didaktickou součástí výuky. Chemie je na rozdíl od ostatních předmětů obrazově a obsahově náročná. Právě kvůli tomu je důležité, aby učitel nevedl výuku pouze formou monologu a diskuze, ale zakomponoval do ní i modely probíraných jevů (Blažek et al., 2019).

2.4.1.2 Teorie učení

Při výuce chemie mohou učitelé využít všech pět smyslů, i když chuť jen omezeně. Sampath (1990) ve svém díle uvedl procentuální podíl jednotlivých smyslů na učení. Na učení se podílí chuť z 1 %, hmat z 1,5 %, vůně z 3,5 %, sluch z 11 % a zrak z 83 %. Z tohoto rozdělení je zřejmé, že pokud má být výuka efektivní, musí být složena z činností, které cílí na různé smysly (Sampath, 1990).

Materiály, které vyžadují pouze pasivní zapojení žáka do výuky, nejsou většinou účinné. Účinnější jsou ty, které umožňují pracovat ve skupinách, či s materiálními modely, jež mimo

jiné pomohou rozvinout schopnost manuální práce. To má také vliv na to, co si žáci pamatují. Sampath (1990) uvádí, že žáci si pamatují:

- 20 % toho, co slyší
- 30 % toho, co vidí
- 50 % toho, co vidí a slyší
- 80 % toho, co říkají
- 90 % toho, co říkají a dělají.

2.4.2 Typologie modelů při výuce chemie

Studenti se při studiu chemie nejčastěji setkávají s chemickými strukturami ve 2D formě v prezentacích či v učebnicích. Toto je jednoduchá a užitečná forma, jak oboznámit co nejvíce studentů se strukturou probíraného jevu nebo procesu. Bohužel někdy nevystihuje důležitá fakta jako např. vlastnosti a chování. Ukázání vztahů mezi jednotlivými částmi pomocí trojrozměrných modelů je nezbytné ve všech fázích učení chemie (Ingham, 1988).

Pojem model lze definovat různými způsoby. Slovník spisovného jazyka českého (2011) uvádí následující: Model je:

- „*Věc nebo osoba, která je předlohou pro umělecké zpracování, zvláště výtvarné.*
- *Provedení stavby, stroje, různých výrobků jako návrh, vzor nebo napodobeninu (často ve zmenšeném měřítku) pro účely výzkumné, výstavní, vyučovací.*
- *Formální vyjádření (např. soustava rovnic) zkoumaného jevu (systému) sloužící jako vyjádření skutečnosti.*“

Maňák uvedl, že model chápeme jako: „*prostředek, který zobecňuje sice nesourodé, ale činnostně spojené a organizačně funkčně svázané projevy edukační praxe.*“ (Maňák et al., 2004)

Z těchto definicí lze usoudit, že existují dva typy modelů: teoretické a materiální. Do teoretických lze v přírodních vědách zařadit modely vztahů a procesů, zatímco do materiálních se zařazují modely objektů, které jsou existujícími předměty (Průcha, 2017). Klasifikace modelů záleží ve většině případů na osobních preferencích, díky velké diverzitě a specifického využití.

Důležité je si uvědomit, jak takové modely vznikají a jakou plní funkci. Při vytváření nových modelů je potřeba dodržovat určité podmínky. Důležitá je interpretace informací, které má daný model zprostředkovat. Hunter (1999) ve své práci uvádí několik podmínek, které by měl správný model splňovat:

- Názornost
- Pravdivost
- Jednoznačnost
- Správnost podle zadání reality.

2.4.2.1 Teoretické chemické modely

Teoretické modely jsou velmi důležité, neboť je na nich založen celý vývoj chemie. Díky nim se mohou vytvářet nové vědecké teorie, které jsou dále zkoumány. Tyto modely mají při výuce chemie několik funkcí. Verbalizují model a tím dojde ke stylizování podmínek dané teorie. Obeznamená žáky s pojmy z teorie, lze je využít při řešení chemických problémů a v neposlední řadě předají studentům informace o samotné teorii (Nodzyńska, 2014).

Ve výuce chemie nejsou teoretické modely tvořeny žáky. Z praxe je ověřeno, že ve většině případů jsou plně zformulované a zpracované. V takové podobě jsou poté předány žákům buď učitelem, nebo v učebních materiálech. Žáci nevytváří svoje vlastní teoretické modely sami kvůli časové náročnosti, intelektuálnímu omezení souvisejícím s věkem a nízké znalosti o daném jevu (Nodzyńska, 2014).

Na druhou stranu materiální modely mohou být skládány a tvořeny samotnými žáky. Existují různé stavebnice molekul ať už biologických nebo chemických.

2.4.2.2 Materiální chemické modely

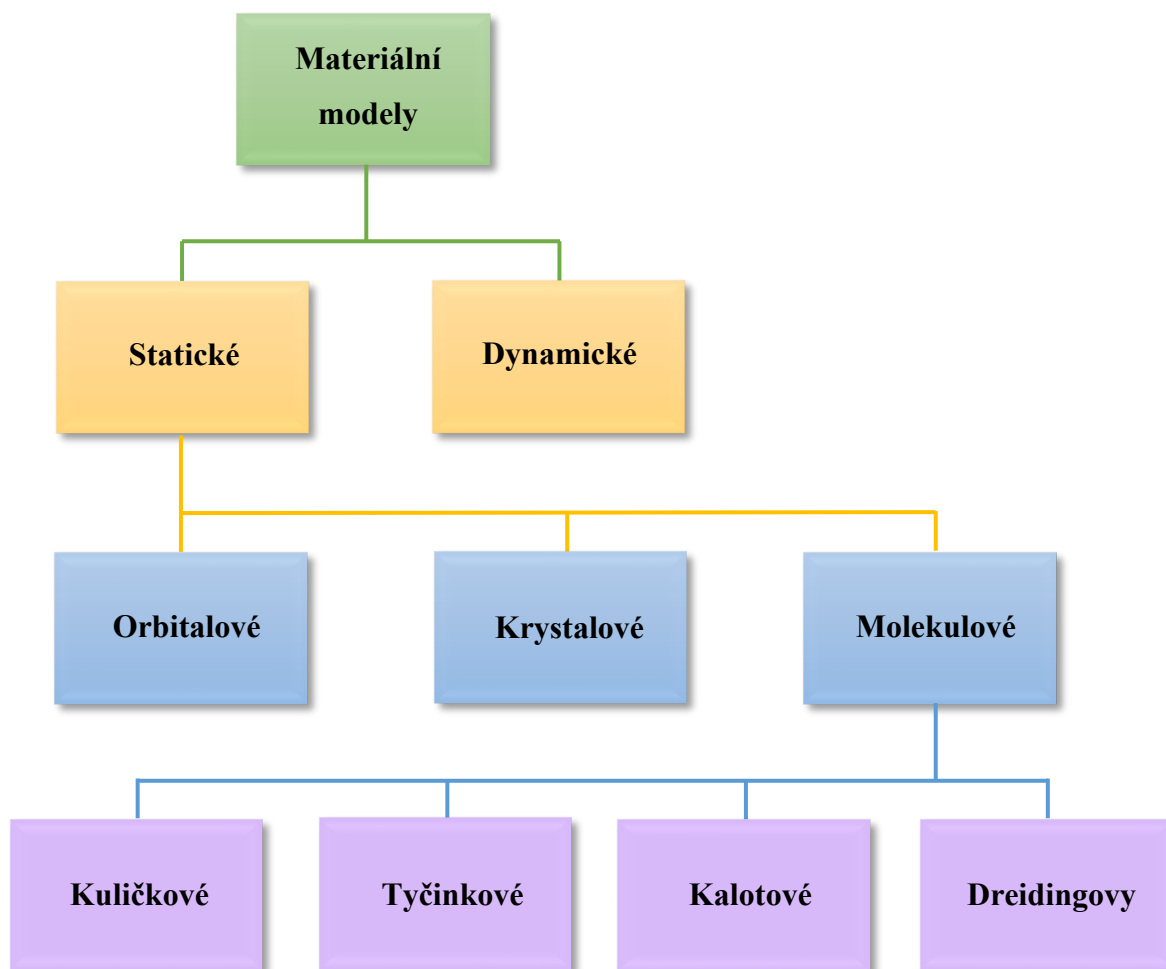
K nejčastěji využívaným modelům ve výuce patří materiální chemické modely, které jsou trojrozměrné. Tyto modely jsou založeny na již zmíněných teoretických. Jejich výhodou je, že hmatatelně znázorňují představy o struktuře. K nejčastěji využívaným materiálním modelům patří modely molekul a modely krystalických struktur.

Ve výuce se nejčastěji využívají následující trojrozměrné materiální modely (Ingham, 1988):

- Kuličkové, tyčinkové, kalotové a Dreidingovy modely

- Modely krystalických struktur

Inghamová ve své práci představila tradiční schéma materiálních modelů, které je vyobrazeno na obrázku 1 (Ingham, 1988).



Obrázek 2: Schéma materiálních modelů.

V následující části práce budou popsány molekulové modely.

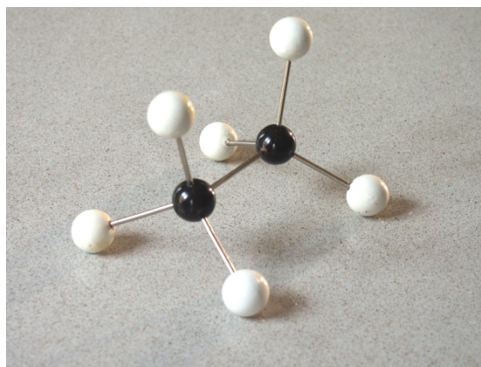
2.4.2.2.1 Kuličkové modely

Kuličkové modely jsou nejpoužívanějším typem chemických modelů zobrazujících molekulovou strukturu. Jsou vhodné, jak pro stavbu struktury jednoduchých molekul, také pro stavbu struktur složitějších molekul.

Modely jsou složeny z kuliček různých barev a velikostí. Každá kulička má v sobě několik děr. Počet děr závisí na počtu vazeb, které může atom představený kuličkou tvořit s jinými atomy. Dále jsou tvořeny z ohebných, či neohebných tyčinek, které představují vazby. Při použití těchto modelů lze vyjádřit i násobnost vazby. Dvojně vazby jsou tvořeny dvěma tyčinkami a trojně vazby třemi (Types of Molecular Models, Whipple Museum) (Difference Between Ball and Stick and Space Filling Model, 2010).

Tyto modely, díky jejich přehlednosti, umožňují znázornit prostorové uspořádání atomů v molekule a ukázat vlastnosti jednotlivých vazeb, jako např. vazebné úhly a vazebnou délku. Kromě toho na nich lze demonstrovat rotaci skupin atomů kolem jednoduché vazby a nemožnost rotace na dvojných a trojných vazbách (Difference Between Ball and Stick and Space Filling Model, 2010).

Nevýhodou je, že různé velikosti kuliček neodpovídají realitě a spíše symbolicky vyjadřují vyplnění v prostoru.

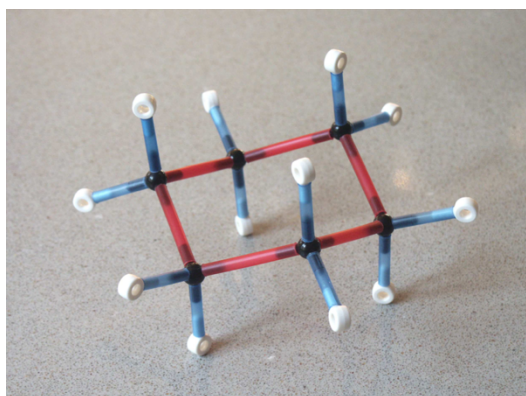


Obrázek 3: Kuličkový model ethanu (Marek, 2013).

2.4.2.2.2 Tyčinkové modely

Tyčinkové modely jsou velmi podobné kuličkovým. Liší se tím, že atomy zde nejsou představovány kuličkami. Tyto modely jsou tvořeny pouze tyčinkami, které představují vazby. Jednotlivé tyčinky jsou spojeny plastovými, či kovovými dílky. Atomy a elektronové orbitály jsou znázorněny různými barvami na tyčinkách (Types of Molecular Models, Whipple Museum).

Výhodou tohoto typu modelů je, že velmi dobře ukazují strukturu větších a složitějších molekul. Přehledně ukazují všechny vazby v molekule, jejich délky a úhly. Naopak nevýhodou je, že se na těchto modelech nedá sledovat vyplnění prostoru v molekule (JoVE).



Obrázek 4: Tyčinkový model cyklohexanu (Marek, 2013).

2.4.2.2.3 Kalotové modely

Kalotové modely jsou speciálním typem chemických modelů. Používají se ke znázornění skutečného objemu atomů a celé molekuly, často při zobrazování organických molekul (Reed College).

Pro jejich konstrukci jsou velmi důležité Van der Waalsovy vazebné poloměry atomů. Van der Waalsův poloměr popisuje, jak blízko se dva atomy mohou k sobě přiblížit, pokud nejsou spojeny kovalentní vazbou. Každý atom je znázorněn jako Van der Waalsova koule, která má ve středu jádro atomu. Velikost koule je závislá na elektronové hustotě každého atomu (Reed College) (JoVE).

Kalotové modely jsou společně s kuličkovými nejpoužívanějšími typy. Tyto dva typy se ale od sebe liší znázorněním chemických vazeb. Rozdíl je v tom, že kuličkové modely využívají pro znázornění struktury kuličky a tyčky, zatímco v kalotových modelech jsou struktury dány pouze koulemi bez tyček. Z toho vyplývá, že v kalotových modelech nerozeznáme, jestli se jedná o jednoduchou, či násobnou vazbu (Reed College).



Obrázek 5: Kalotový model benzenu (Marek, 2013).

2.4.2.2.4 Dreidingovy modely

Dreidingovy modely (Natural Products Science in Chicago) jsou velmi podobné tyčinkovým modelům. Jsou složeny pouze z tyčinek, které jsou spojeny kovovými částmi. Využívají se především ke znázornění struktury molekul, ale i krystalů.

Stejně jako tyčinkové modely jsou vhodné pro znázornění jednotlivých úhlů mezi vazbami či izomerie uhlíkového řetězce v organických sloučeninách. Jejich nevýhodou je, že neukazují rozměry atomů vyskytujících se v molekule.

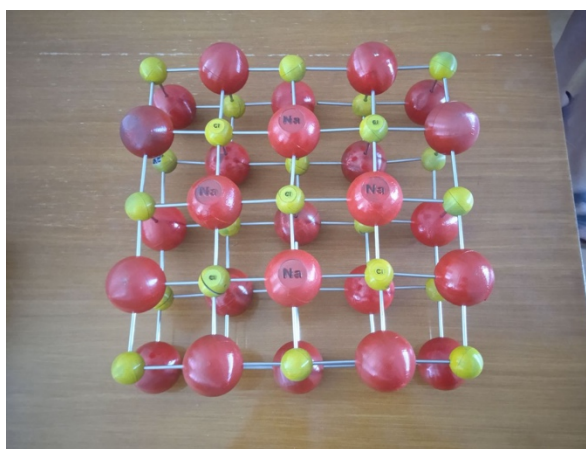


Obrázek 6: Dreidingův model (Procházka, 2007).

2.4.2.2.5 Modely krystalových struktur

Modely krystalových struktur se uplatňují při znázornění struktury pevných látek (např. kovů). Ve většině případů, model této struktury představuje nejmenší možnou část, která popisuje obecné uspořádání atomů v krystalové mřížce.

Tato struktura je tvořena z jednotlivých atomů, které jsou rozmístěné pravidelně. Atomy jsou v těchto modelech prezentovány různě barevnými kuličkami. Dále jsou spojeny tyčinkami, které mohou (ale nemusí) znázorňovat jednotlivé vazby mezi atomy (Types of Molecular Models, Whipple Museum).



Obrázek 7: Model krystalové mřížky (Hejsek, 2022).

3. Praktická část

Pro praktickou část bakalářské práce byly vybrány ZŠ Velešín a Gymnázium Jírovcova. V obou školách byly v hodinách chemie testovány dva pracovní listy. Při jejich zpracování využili žáci a studenti modely. Pracovní listy (Příloha 1 a 2) byly vytvořeny po předchozí domluvě s vedoucími učiteli tak, aby vycházely ze Školních vzdělávacích programů vybraných škol. Při práci s pracovními listy si žáci zopakovali probrané učivo a vyzkoušeli si práci se stavebnicemi modelů.

Dále byl sestaven velký desetivrstvý model DNA, který byl využit při výuce biochemie na PřF JU a také v průběhu Dne otevřených dveří na uvedené fakultě JU.

3.1 Využití chemických modelů v hodinách chemie na ZŠ Velešín

Pro výuku na ZŠ Velešín jsem připravila pracovní list (Příloha 1) na téma Uhlovodíky. Pracovní list byl zaměřen na základy chemie uhlovodíků, které jsou vyučovány v 9. třídě ZŠ.

Uhlovodíky

Uhlovodíky jsou sloučeniny, jejichž základní stavební jednotkou jsou atomy a

Dělíme je do 4 hlavních skupin. V přesmyčkách najdi název těchto skupin:

- S jednoduchou vazbou se nazývají: (LAKAYN)
- S jednou dvojnou vazbou se nazývají: (EKALYN)
- S jednou trojnou vazbou se nazývají: (YALYKN)
- S benzenovým jádrem: (RANEY)

Pojmenuj dané molekuly:







Spoj molekuly s názvy:


propan


ethyn


propan-1-ol


1,3-dichlorbutan


naftalen

• Zmíněné molekuly vymodeluj pomocí stavebnice

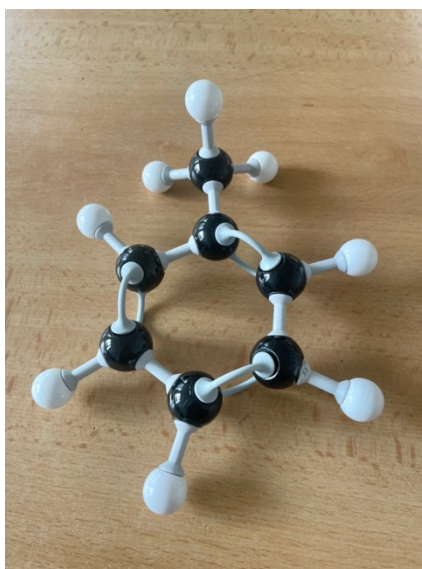
Obrázek 8: Pracovní list Uhlovodíky.

Výuka probíhala formou laboratorních cvičení. Žáci nepracovali samostatně, ale po dvojicích, kvůli nižšímu počtu molekulových stavebnic. Stavebnice byly od firmy Molymod pro Anorganickou a organickou chemii.

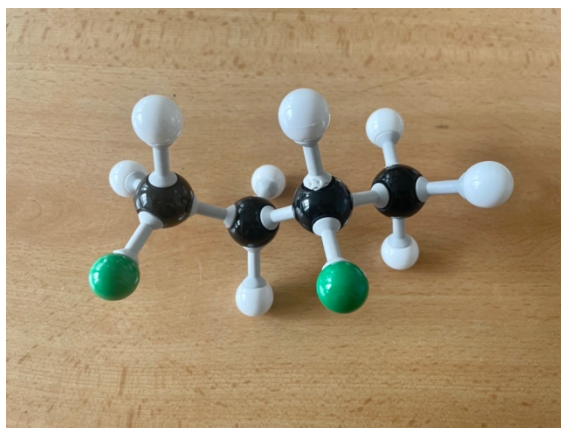
V úvodní části hodiny byly žákům rozdány pracovní listy společně se stavebnicemi. Žáci si poté samostatně, či za pomoci zápisu v sešitech, zkusili vyplnit pracovní list, který byl následně společně zkontrolován. Po zkontrolování začali tvořit molekuly z pracovního listu.



Obrázek 9: Propyn (foto autorka).

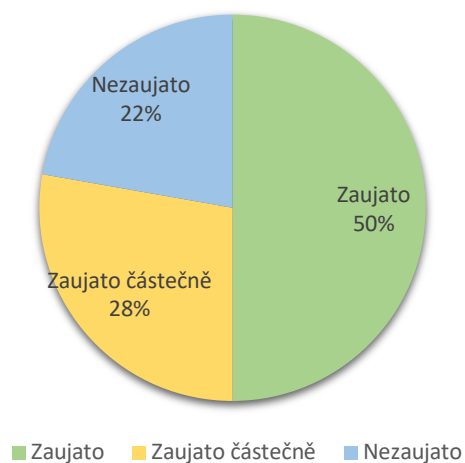


Obrázek 10: Toluen (foto autorka).



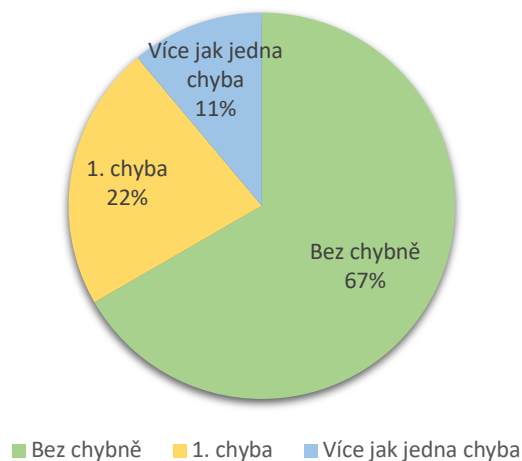
Obrázek 11: 1,3-dichlorbutan (foto autorka).

Zaujetí žáků při skupinové práci



Sestavováním modelů a vyplňováním pracovního listu se na ZŠ Velešín zabývalo 18 žáků. 9 žáků bylo zcela zaujato, 5 žáků pracovalo podle pokynů a 4 žáci neprojevovali zájem o práci se stavebnicemi.

Správnost sestavení chemických modelů



Při sestavování modelů byla sledována i chybovost. 12 žáků z 18 sestavilo modely bez chyby. 4 s jednou chybou a 2 žáci s více jak jednou chybou.

3.2 Využití chemických modelů v hodinách chemie na Gymnáziu Jírovcova

Při výuce s modely na gymnáziu jsem se setkala s žáky ve třetím ročníku osmiletého gymnázia (tercie), pro které jsem si připravila pracovní list (Příloha 2) na téma Chemická vazba. Toto téma se vyučuje již v sekundě, ale kvůli jeho důležitosti jej bylo potřeba zopakovat.

Chemická vazba

Všechny chemické látky jsou složeny z atomů. Samotné atomy se kolem nás vyskytují pouze vzácně (např. vzácné plyny). Ve většině případů se spojují do větších celků – molekul. Při tvorbě molekul jsou spojeny Ta vzniká buď sdílením, nebo přijímáním a odevzdáváním nepárových valenčních elektronů mezi atomy.

Typ vazby určíme podle ΔX - atomů. Jednotlivé hodnoty elektronegativity atomů nalezneme v periodické soustavě prvků. Podle tohoto hlediska rozlišujeme vazbu kovalentní a iontovou. Kovalentní vazba se dále dělí na

Doplň tabulku:

Vazba	Kovalentní		Iontová
Rozdíl elektronegativity			
Příklady			

Dělení kovalentní vazby

Kovalentní vazba se dále může dělit podle prostorového uspořádání na a

Nebo podle násobnosti na:

-, ta je tvořena jednou vazbou
-, ta je tvořena jednou vazbou a jednou vazbou
-, ta je tvořena jednou vazbou a dvěma vazbami

Uveďte a nakreslete ke každému z těchto typů vazby příklad molekuly, ve které se nachází (nezapomeňte zakreslit i volné elektronové páry, pokud je to nutné):

Nakreslete vzorce následujících sloučenin a poté je vymodelujte pomocí chemických modelů:

- H_2O

- CO

- CO_2

Pokud máte hotovo, zkuste zakreslit i vzorec molekuly Si_4 :

Obrázek 12: Pracovní list Chemická vazba.

V tomto případě byla úvodní část hodiny věnována teoretickým znalostem o chemické vazbě. Toto téma zpracovali žáci pomocí pracovního listu. List byl vytvořen formou doplňování do textu a následné kresby jednotlivých molekul. Žáci pracovali nejdříve samostatně a poté následovala společná kontrola. Přestože byla tato látka probírána o rok dříve, žáci o ní měli velký přehled a dostatek znalostí.

Dále následovala práce s modely. Každý žák pracoval se stavebnicí Molymod Anorganická a organická chemie jako na ZŠ Velešín. Nejdříve sestavovali dříve nakreslené molekuly z pracovního listu: H_2O , CO , CO_2 a S_8 . V tuto chvíli nastaly komplikace, jelikož žáci neznali nazpaměť barvy kuliček jednotlivých atomů a manuály v mnohých setech chyběly. Proto bylo potřeba stavbu modelů pozastavit a společně si zopakovat a napsat na tabuli barvy reprezentující atomy H, O, C a S.



Obrázek 13: Voda (foto autorka).



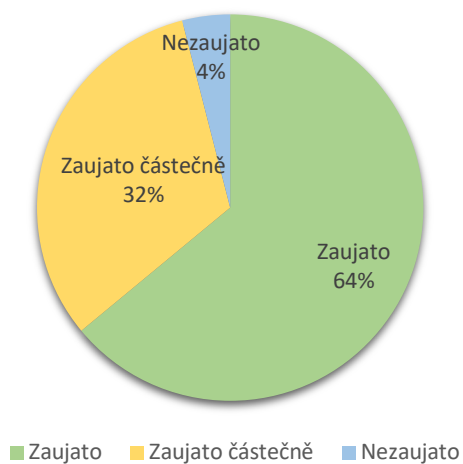
Obrázek 14: Oxid uhličitý (foto autorka).



Obrázek 15: Chlorovodík (foto autorka).

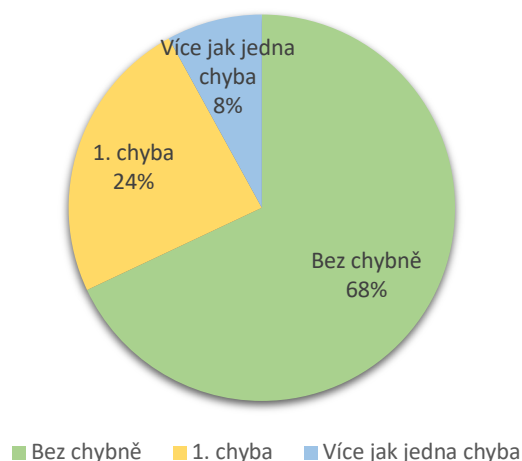
Po vymodelování daných molekul měli žáci čas vytvořit další molekuly, se kterými byli již dříve seznámeni.

Zaujetí žáků při práci



Celkem 25 žáků se na Gymnáziu Jírovcova zabývalo pracovním listem a sestavováním modelů. Při práci projevilo 16 žáků zájem, 8 pracovalo podle pokynů a 1 žák neprojevilo o práci zájem.

Správnost sestavení chemických modelů

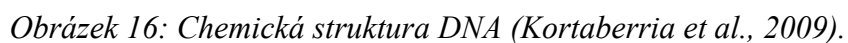


17 žáků z 25 sestavilo modely molekul bez chyby. 6 žáků s jednou chybnou a 2 více s jak jednou chybou.

3.3 Sestavení modelu DNA

Deoxyribonukleová kyselina (DNA) je tvořena řetězci z cukrů spojených esterovou vazbou s fosfátovými skupinami a bázemi, které jsou připojené ke každému cukru. Báze jsou rozděleny do čtyř typů: adenin, thymin, cytosin a guanin. Jednotlivé báze jsou mezi sebou spojeny vodíkovými můstky, které stabilizují tvar celé molekuly DNA – dvojitou šroubovici (Kortaberria et al., 2009).

Jak je vidět na obrázku 16, báze jsou mezi sebou spojeny různým počtem vodíkových můstků. Adenin a thymin se párují pomocí dvou vazeb, zatímco cytosin s guaninem pomocí tří.



Stavebnice je složena z pěti sad modelů, kdy každá sada reprezentuje dvě vrstvy. Takže stavebnice obsahuje pět thymin – adenin a pět cytosin – guanin vrstev, které jsou uspořádány do sekvence ve vzestupném pořadí: T-A C-G G-C T-A C-G A-T G-C C-G T-A A-T.

Jednotlivé komponenty pro dvě vrstvy jsou rozděleny do tří sáčků. Každý sáček je popsán písmenem A, B, nebo C. Obsah každého sáčku je popsán v níže uvedených tabulkách IV, V a VI.

Tabulka IV: Obsah sáčku A pro sestavení 2 párů bází

Množství částí	Prvek	Barva	Množství děr
4	Uhlík	Černá	5
14	Uhlík	Černá	3
11	Dusík	Modrá	3
3	Kyslík	Červená	2
2	Dusík	Modrá	2
2	Dusík	Modrá	3
5	Vodík	Bílá	2
1	Uhlík	Černá	4
1	Kyslík	Červená	1

Tabulka V: Obsah sáčku B pro sestavení ribózo-fosfátových částí

Množství částí	Prvek	Barva	Množství děr
20	Uhlík	Černá	4
4	Fosfor	Fialová	4
12	Kyslík	Červená	2
8	Kyslík	Červená	1

Tabulka VI: Obsah sáčku C

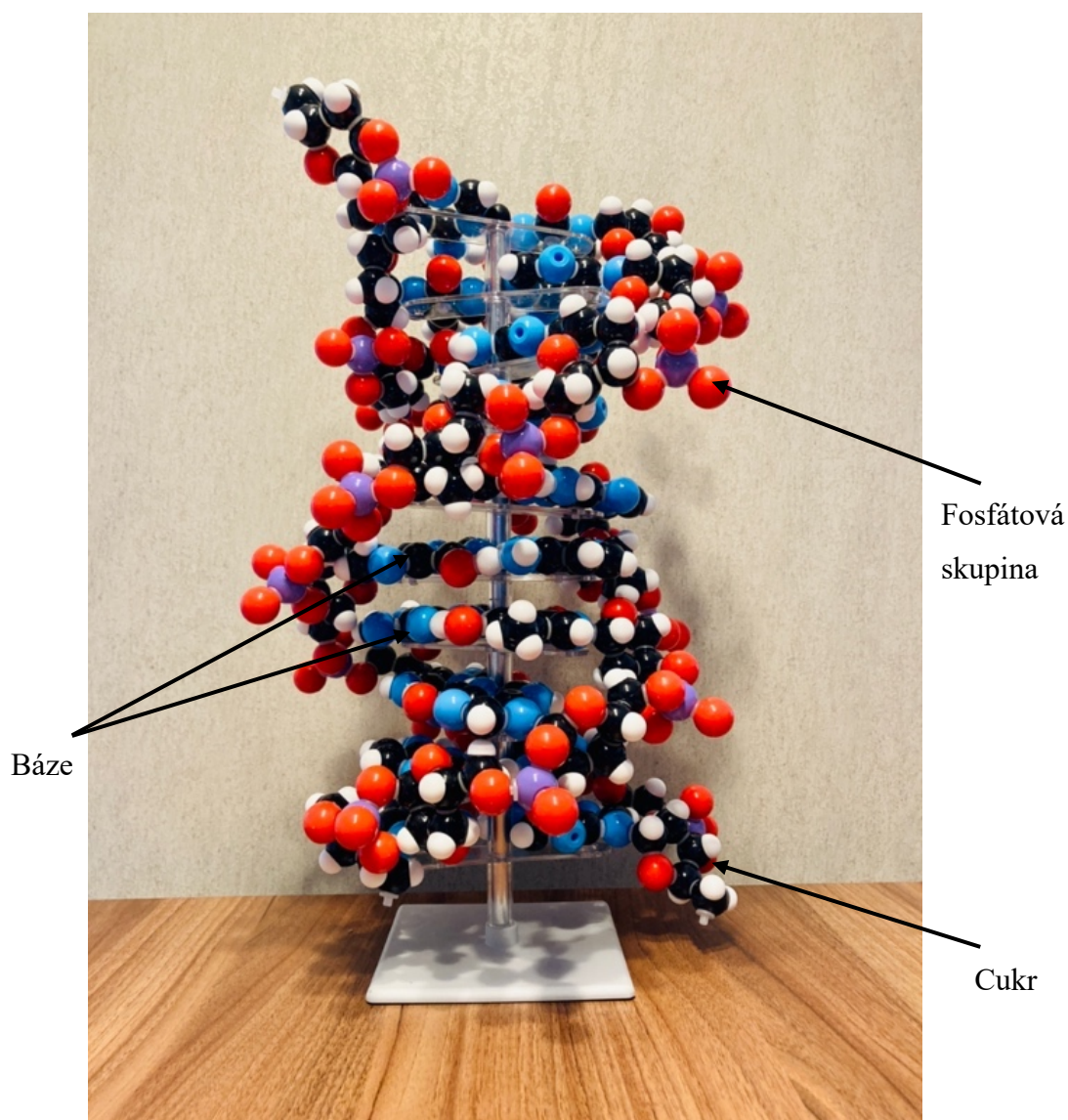
Množství částí	Prvek	Barva	Množství děr
40	Vodík	Černá	1
110	Spojky	Průhledné	-
2	Nástroj na odstranění vazby	-	-
2	Nástroj k přidání vazby	-	-

Celkově je model složen z 640 ks atomů, 750 ks vazeb a 1 ks stojanu a dosahuje výšky cca 50 cm.

Při stavbě modelu DNA byly jako první sestaveny 2 páry bází ze sáčku A. Cytosin se pároval s guaninem pomocí tří vazeb a adenin s thyminem pomocí dvou vazeb. Po jejich sestavení

bylo potřeba upevnit báze na podložku, která umožňuje udržet jejich lineární tvar a lepší manipulaci. Takto připravené báze byly ukotveny na stojan a mezi každou vrstvu byl vložen plastový klín pro udržení potřebného prostoru. V dalším kroku byly ze sáčku B sestaveny ribózo-fosfátové řetězce, pomocí kterých byly spojeny již připravené báze na stojanu.

Tento postup byl zopakován ještě čtyřikrát, dokud nebylo spojeno všech deset vrstev modelu, podle zmíněné sekvence.



Obrázek 17: Model DNA (foto autorka).

3.4 Možnosti využití modelů v jiných předmětech a propojení předmětů díky biochemii

Jak už bylo řečeno, modely jsou důležitou součástí výuky. Není nutné je využívat pouze při výuce chemie. Biologie a fyzika je s tímto oborem velmi propojená, a proto se modely mohou využít i při výuce těchto předmětů. Ve fyzice se pomocí modelů může vysvětlit např. téma Změna skupenství. Na druhou stranu při výuce fotosyntézy v biologii může učitel sestavit jednotlivé molekuly ze sumární reakce: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. Žáci si poté můžou sami zkusit sestavit výslednou rovnici v reálu.

Biochemie je velmi zajímavý obor, který nemusí být vyučován pouze v chemii či být zmíněn v biologii. Lze jej zařadit i do jiných předmětů. Jedním z takových předmětů, ve kterém by bylo možné vyučovat biochemii je např. Pracovní výchova. V tomto předmětu si žáci osvojují základní pracovní činnosti, jako je např. vaření.

Právě při vaření by bylo možné zmínit potraviny bohaté na sacharidy, lipidy, bílkoviny, vitamíny a minerální látky. Dále by bylo vhodné seznámit žáky s enzymy, které jsou důležitou součástí trávení potravy. Mohl by se zjednodušeně popsat metabolismus sacharidů, lipidů a bílkovin.

Dalším předmětem obsahujícím výuku biochemie by mohla být Výchova ke zdraví. V tomto předmětu by se část výuky mohla zaměřit na zjišťování energetických hodnot potravin.

Při výtvarné výchově by žáci mohli vytvářet pomocí kašírování zjednodušené modely molekul vyskytujících se např. v Krebsově či dýchacím cyklu a vytvořit tyto cykly v 3D verzi.

Spojením chemie, matematiky a tělesné výchovy by mohlo být komplexně probráno téma cukry, tuky a bílkoviny. V chemii by se probraly základní informace o těchto skupinách. V matematice by žáci spočítali jejich procentuální množství v určitém výrobku a přepočítali tyto hodnoty na kilokalorie. A při tělesné výchově by za pomoci chytrých hodinek sledovali, za jak dlouho se tyto hodnoty spálí silovým tréninkem.

V českém jazyce by mohli vytvořit pozvánku na projektový den v rámci Světového dne vitamínů, který je slaven 2. listopadu.

4. Výsledky a diskuse

Výuka chemie a biochemie spadá v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání a gymnázia do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Dále je tento obor rozdělen v RVP ZV do devíti podoborů a v RVP G do čtyř podoborů.

V RVP ZV není biochemie vyčleněna jako jeden z podoborů a vyučuje se v omezené míře jako součást podoboru Organické sloučeniny. Nedostatek znalostí, které žáci získají ohledně biochemie při základním vzdělávání, může z mého hlediska způsobit propad v oblíbenosti tohoto oboru, jelikož si žáci nedokážou představit, co přesně se pod pojmem biochemie skrývá. To může způsobit i nechuť učit se biochemii na vyšším stupni školního vzdělávání, protože je chápána jako něco „nového“ a neznámého, co se musí ještě naučit. RVP G vyčleňuje biochemii jako samostatný obor a je ji vyčleněna vyšší hodinová dotace. Nicméně nedostatek znalostí z tohoto oboru může podle mého názoru vést ke značným problémům při výuce na středních školách a gymnáziích.

Na Základní škole Velešín a nižším stupni Gymnázia Jírovce je biochemie vyučována v 9. ročníku/kvartě. Na vyšším stupni Gymnázia Jírovce je vyučována v 3. ročníku v rámci předmětu Chemie a dále si mohou žáci zvolit předmět Seminář a cvičení z chemie, ve kterém je také vyučována.

Výuka chemie může být pro mnohé žáky velmi náročná, neboť si nedokážou představit určité jevy a procesy. Proto je velmi důležité tyto jevy zviditelnit. Jak napsal Košek a kol. (reference) molekulární vizualizace je důležitou složkou výuky nejen chemie, ale i dalších předmětů. V dnešní době se využívají dva druhy vizualizace. V prvním případě se molekuly zobrazují pomocí softwarů a druhou možností je využití stavebnic v praxi. V mnoha případech je ideální tyto dvě možnosti kombinovat.

Díky výuce pomocí molekulárních stavebnic jsem si ověřila mnou predikované výhody a nevýhody jejich využití. Jasnou výhodou modelů je rozvinutí prostorové orientace žáků. 2D struktury modelů jsou velmi efektivním a účelným zdrojem přenosu informace o dané molekule, ale pro žáky s malou představivostí jsou na rozdíl od 3D struktur značně nepraktické.

Zda jsou 3D modely výhodné při výuce zkoumala studie, která učila žáky středních škol struktury organických molekul pomocí čtyř typů znázornění: 2D struktury v učebnicích, 3D kuličkové modely, 3D počítačové modely a kombinace počítačových a kuličkových modelů. Žáci byli rozděleni do skupin a pomocí testů byly poté zkoumány výsledky (Copolo a Hounshell, 1995).

Ukázalo se, že úspěšnost žáků v určitých skupinách se mění podle formy testu, který byl použit. Pouze u testu s 2D strukturami molekul z učebnice nebyl pozorován mezi skupinami velký rozdíl (Copolo a Hounshell, 1995).

Dále si žáci díky nim mohou uvědomit, že všechny atomy nejsou stejně velké a umožní jim atomy porovnávat mezi sebou. V neposlední řadě je stavění modelů oživením hodiny. V mnoha případech a i z vlastní zkušenosti vím, že jsou modely nošeny do hodin učiteli a žáci nemají šanci si je sestavit sami, částečně i proto, že hodinová dotace není dostačující.

Na problém s nedostačující hodinovou dotací poukazuje i studie, která byla prováděna mimo Českou republiku. Zde se setkali se špatným výkonem u žáků při pojmenovávání organických molekul a izomerie. Pro zlepšení jejich výkonu byla do výuka zavedena práce s molekulárními modely. Studie prokázala, že po práci s modely se výkon žáků zlepšil, ale kvůli nedostatečné hodinové dotaci není možné je využívat pravidelně (Gyashi et al., 2018).

Jak již bylo řečeno, stavění modelů je pro žáky ze začátku velmi zajímavé, ale po určité době začínají ztrácet zájem. S tímto problémem jsem se setkala i na školách, kde jsem praktickou část práce vykonávala. Žáci na ZŠ nebyli zvyklí na využívání molekulárních stavebnic, a proto je práce s nimi bavila. Na druhou stranu žáci gymnázia s nimi v minulosti již pracovali. Vzhledem k tomu museli být na konci hodiny motivováni, neboť nedávali pozor a stavěli modely nereálných molekul.

Mezi nevýhody práce s modely bych zařadila to, že si žáci při práci s modely povídají, kuličky samy o sobě velmi rachotí, a proto je velmi náročné upoutat pozornost žáků. Také pro jedince s menší fyzickou silou může být náročné spojovat kuličky k sobě pomocí vazeb.

Jednou z největších nevýhod, jak uvádí i Košek a kol. (reference) je ta, že pro práci s molekulárními stavebnicemi je nesmírně důležitá předchozí příprava. Každý set obsahuje

manuál s informacemi o tom, jaký atom která kulička představuje. Pokud dojde ke ztrátě těchto manuálů, žáci nedokážou správně určit potřebné atomy. Z tohoto důvodu je důležité práci se stavebnicemi rozdělit do několika kroků, kdy první krok musí být informační. V tomto kroku se žáci seznámí s potřebnými atomy a vazbami a nakreslí si molekuly na papír. V dalším kroku je postaví pomocí stavebnice.

Při výuce se nepoužívají stavebnice molekul pouze pro prezentaci jednodušších molekul. Tyto sety jsou vytvářeny i pro stavbu složitějších molekul jako je např. molekula DNA. S touto molekulou se žáci setkávají již při výuce biologie člověka a chemie na základních školách/nížších stupních gymnázií. Podrobněji se tímto tématem zabývají na vyšších stupních středených škol/gymnázií. Struktura molekuly DNA je pro představivost velmi náročná zejména proto, že jednotlivé báze se párují jiným počtem vodíkových můstků a molekula má podobu dvojité dvoušroubovice, která je ve většině případů pravotočivá.

5. Závěr

Cílem teoretické části této bakalářské práce bylo zhodnotit, do jaké míry se vyučuje biochemie na ZŠ, SŠ a gymnáziích v rámci hodin chemie. Z odborné literatury vyplývá, že hodinová dotace na ZŠ a nižších stupních gymnázií je nedostatečná. Na SŠ a vyšších stupních gymnázií je hodinová dotace zvýšená, přesto není dostačující k ukotvení všech důležitých znalostí týkajících se biochemie. Dále bylo cílem práce seznámení se s prací a typologií molekulových modelů při výuce chemie.

Praktická část byla zaměřena na využití chemických modelů na vybrané základní škole a na nižším stupni víceletého gymnázia. Vytvořené pracovní listy byly po diskusi s vedoucími učiteli na vybraných školách využity k zopakování probrané látky a k práci se stavebnicemi modelů. Po konzultacích s vedoucími učiteli byly popsány výhody a nevýhody použití modelů. Práce s nimi se ukázala jako účinná, ale z dlouhodobého hlediska neproveditelná.

6. Použité zdroje

561/2004 Sb. Školský zákon. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění*) [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-561> [cit. 27.10.2022].

BLAŽEK, Radek et al., 2019. *Mezinárodní šetření PISA 2018: národní zpráva: přírodovědná gramotnost*. Praha: Česká školní inspekce. 32-36 str.

COPOLLO, Cynthia E. a Paul B. HOUNSHELL, 1995. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. *Journal of Science Education and Technology*. 4, 295-305. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02211261#citeas> [cit. 31.3.2023].

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. 8.12.2022].

GYASI, Harriet et al., 2018. The Effect of Molecular Model Sets on Students' Academic Performance in Naming Organic Compounds. *Education*. 8(3), 37-41. ISSN: 2162-9463. Dostupné z: <http://article.sapub.org/10.5923.j.edu.20180803.01.html#Ref> [cit. 31.3.2023].

HARRISON, Allan G. a David TREAGUST, 2000. A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22:9, 1011-1026, DOI: 10.1080/095006900416884

Historie chemie – studijní materiál, 2011. *Pedagogická fakulta MU* [online]. Dostupné z: <https://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/19/biochemie-vice.html> [cit. 27.10.2022].

HUNTER, Madeline C., 1999. *Účinné vyučování v kostce*. 1. vydání. Praha: Portál. 101 str. ISBN 80-7178-220-3

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.

JANČAŘÍKOVÁ, Kateřina a Antonín JANČAŘÍK, 2017. Modely v didaktice biologie. *Biologie. Chemie. Zeměpis*. **26**(1), 2-4. ISSN 2533-7556. Dostupné z: <https://bichez.pedf.cuni.cz/archiv/article/1> [cit. 30.11.2022].

JoVE, Peer Reviewed Scientific Video Journal – Methods and Protocols. Chapter 3.3: *Molecular Models* [online]. Dostupné z: <https://www.jove.com/science-education/11251/molecular-models> [cit. 8.12.2022].

KODÍČEK, Milan et al., 1997. *Chemie II (organická a biochemie)*. Olomouc: SPN - pedagogické nakladatelství, ISBN 80-85937-49-2.

KOLÁŘ, Karel et al, 2006. *Počítačové modely ve výuce chemie*. 1. vydání. Hradec Králové: Gaudeamus. 74 str. ISBN 80-7041-991-1

KORTABERRIA, Galder et al., 2009. *Dynamics of deoxyribonucleic acid as studied by dielectric spectroscopy*. Biopolymers and Nanocomposites as Studied by Dielectric Spectroscopy. India: Transworld Research Network, ISBN: 978-81-7895-399-1

KOŠEK, O. et al., 2014. Reálná molekulární vizualizace v hodinách fyziky a chemie na základních a středních školách. *Chemické listy*, 108(9), s. 897–902. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/472> [cit. 8.3.2022].

MAŇÁK, J. et al., 2004. *Vybrané kapitoly z obecné didaktiky*. 2. vydání. Brno: Masarykova Univerzita. ISBN 80-210-2798-3

MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA, 2000. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. 1. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, ISBN 80-718-2057-1.

Natural Products Science in Chicago - Dreiding Model Exchange. Guido Pauli Natural Products Science and Research at UIC Chicago [online]. Dostupné z: <https://gfp.people.uic.edu/dreiding/dreidingexchange.htm> [cit. 8.3.2022]

NODZYŃSKA, Małgorzata, 2014. *Vizualizace v chemii a ve výuce chemie* [online]. Dostupné z https://is.muni.cz/el/1441/podzim2014/ch2mp_vis/um/BRNO-2014-CZ.pdf [cit. 7.12.2022].

PEČOVÁ, Danuše, 2002. *Organická chemie*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, ISBN 80-7182-142-X.

PRŮCHA, Jan, 2017. *Moderní pedagogika*. 6. vydání. Praha: Portál. 475 str. ISBN 978-80-262-1228-7

Reed College. *ROCO Chapter 2: Space-filling Models* [online]. Dostupné z: https://www.reed.edu/chemistry/ROCO/Geometry/space_filling.html [cit. 8.12.2022].

RVP – Rámcové vzdělávací programy - edu.cz. *edu.cz – Jednotný metodický portál MŠMT* [online]. Copyright © 2022. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/> [cit. 27.10.2022].

SAMPATH, Kumar, 1990. *Introduction to educational technology*. New Delhi: Sterling Publisher.

Školní vzdělávací program | Gymnázium Jírovcova. *Úvod | Gymnázium Jírovcova* [online]. Dostupné z: <https://jirovcovka.net/pro-uchazece/skolni-vzdelavaci-program.html> [cit. 25.11.2022].

ŠULCOVÁ, Renata, 2008. *Aktivizační metody a formy práce v chemickém vzdělávání v kontextu RVP – zaměřeno na přípravu učitelů chemie*. Disertační práce: PřF UK, Praha.

Types of Molecular Models, Whipple Museum. *Whipple museum* [online]. Dostupné z: <https://www.whipplemuseum.cam.ac.uk/explore-whipple-collections/models/modelling-chemistry/types-molecular-models> [cit. 8.12.2022].

Ústav pro jazyk český, v. v. i. *Slovník spisovného jazyka českého* [online]. Copyright © 2011. Dostupné z:

<https://ssjc.ujc.cas.cz/search.php?hledej=Hledat&heslo=model&sti=EMPTY&where=hesla&hsubstr=no> [cit. 7.12.2022].

VOET, Donald a Judith G. VOET, 2011. *Biochemistry*. Indianapolis, Indiana: John Wiley. ISBN 0470570954.

ZŠ Velešín. *Základní škola Velešín* [online]. Copyright © 2016 Všechna práva vyhrazena. Dostupné z: <https://www.zsvelesin.cz/rady-a-predpisy/> [cit. 25.11.2022].

7. Použité zdroje obrázky

HEJSEK, Michal a žáci 9.C a 9.A, 2022. *Modely krystalových struktur*. ZŠ a MŠ Kupkova, Břeclav, příspěvková organizace. Dostupné z: <https://www.printables.com/cs/education/231657-modely-krystalovych-struktur> [cit. 18.12.2022].

KORTABERRIA, Galder et al., 2009. *Dynamics of deoxyribonucleic acid as studied by dielectric spectroscopy*. Biopolymers and Nanocomposites as Studied by Dielectric Spectroscopy. India: Transworld Research Network, ISBN: 978-81-7895-399-1

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. 18.12.2022].

PROCHÁZKA, Jan, 2007. *Vizualizace molekul popsanych 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_2245_84_0_45032.pdf?sequence=1&isAllowed=y [cit. 18.12.2022].

8. Přílohy

Příloha 1: Pracovní list ZŠ Velešín

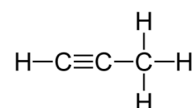
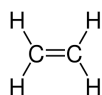
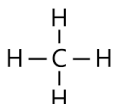
Uhlovodíky

Uhlovodíky jsou sloučeniny, jejichž základní stavební jednotkou jsou atomy a

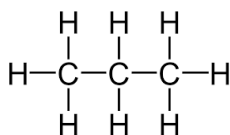
Dělíme je do 4 hlavních skupin. V přesmyčkách najdi název těchto skupin:

- S jednoduchou vazbou se nazývají: (LAKAYN)
- S jednou dvojnou vazbou se nazývají: (EKALYN)
- S jednou trojnou vazbou se nazývají: (YALYKN)
- S benzenovým jádrem:(RANEY)

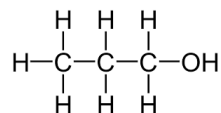
Pojmenuj dané molekuly:



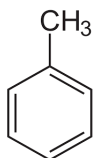
Spoj molekuly s názvy:



toluen

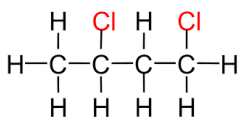


propan



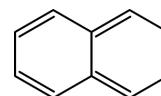
ethyn

propan-1-ol



1,3-dichlorbutan

naftalen



- Zmíněné molekuly vymodeluj pomocí stavebnice

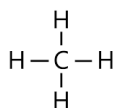
Uhlovodíky

Uhlovodíky jsou sloučeniny, jejichž základní stavební jednotkou jsou atomy **C** a **H**.

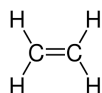
Dělíme je do 4 hlavních skupin. V přesmyčkách najdi název těchto skupin:

- S jednoduchou vazbou se nazývají: **ALKANY** (LAKAYN)
- S jednou dvojnou vazbou se nazývají: **ALKENY** (EKALYN)
- S jednou trojnou vazbou se nazývají: **ALKYNY** (YALYKN)
- S benzenovým jádrem: **ARENY** (RANEY)

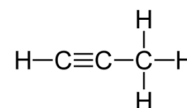
Pojmenuj dané molekuly:



METHAN

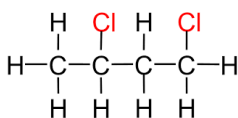
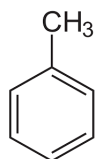
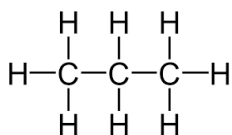


ETHEN



PROPYN

Spoj molekuly s názvy:



toluen

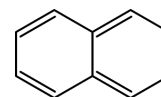
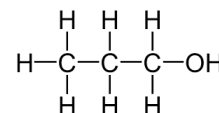
propan

ethyn

propan-1-ol

1,3-dichlorbutan

naftalen



- Zmíněné molekuly vymodeluj pomocí stavebnice

Příloha 3: Pracovní list Gymnázium Jírovcova

Chemická vazba

Všechny chemické látky jsou složeny z atomů. Samotné atomy se kolem nás vyskytují pouze vzácně (např. vzácné plyny). Ve většině případů se spojují do větších celků – molekul. Při tvorbě molekul jsou spojeny Ta vzniká buď sdílením, nebo přijímáním a odevzdáváním nepárových valenčních elektronů mezi atomy.

Typ vazby určíme podle ΔX - atomů. Jednotlivé hodnoty elektronegativity atomů nalezneme v periodické soustavě prvků. Podle tohoto hlediska rozlišujeme vazbu kovalentní a iontovou. Kovalentní vazba se dále dělí na a

Doplň tabulku:

Vazba	Kovalentní		Iontová
Rozdíl elektronegativity			
Příklady			

Dělení kovalentní vazby

Kovalentní vazba se dále může dělit podle prostorového uspořádání na a

Nebo podle násobnosti na:

-, ta je tvořena jednou vazbou
-, ta je tvořena jednou vazbou a jednou vazbou
-, ta je tvořena jednou vazbou a dvěma vazbami

Uved'te a nakreslete ke každému z těchto typů vazby příklad molekuly, ve které se nachází (nezapomeňte zakreslit i volné elektronové páry, pokud je to nutné):

Nakreslete vzorce následujících sloučenin a poté je vymodelujte pomocí chemických modelů:



Pokud máte hotovo, zkuste zakreslit i vzorec molekuly S_8 :

Příloha 4: Správné odpovědi; Pracovní list Gymnázium Jírovcova

Chemická vazba

Všechny chemické látky jsou složeny z atomů. Samotné atomy se kolem nás vyskytují pouze vzácně (např. vzácné plyny). Ve většině případů se spojují do větších celků – molekul. Při tvorbě molekul jsou spojeny **CHEMICKOU VAZBOU**. Ta vzniká buď sdílením, nebo přijímáním a odevzdáváním nepárových valenčních elektronů mezi atomy.

Typ vazby určíme podle ΔX – **RODÍLU ELEKTRONEGATIVITY** atomů. Jednotlivé hodnoty elektronegativity atomů nalezneme v periodické soustavě prvků. Podle tohoto hlediska rozlišujeme vazbu kovalentní a iontovou. Kovalentní vazba se dále dělí na **POLÁRNÍ** a **NEPOLÁRNÍ**.

Doplň tabulku:

Vazba	Kovalentní		Iontová
	POLÁRNÍ	NEPOLÁRNÍ	
Rozdíl elektronegativity	$X < 0,4$	$0,4 < X < 1,7$	$1,7 < X$
Příklady	HCl, H₂O	H₂, O₂	NaCl

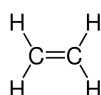
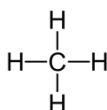
Dělení kovalentní vazby

Kovalentní vazba se dále může dělit podle prostorového uspořádání na **σ (SIGMA)** a **π (PÍ)**.

Nebo podle násobnosti na:

- **JEDNODUCHOU**, ta je tvořena jednou vazbou **σ**
- **DVOJNOU**, ta je tvořena jednou vazbou **σ** a jednou vazbou **π**
- **TROJNOU**, ta je tvořena jednou vazbou **σ** a dvěma vazbami **π**

Uveďte a nakreslete ke každému z těchto typů vazby příklad molekuly, ve které se nachází (nezapomeňte zakreslit i volné elektronové páry, pokud je to nutné):

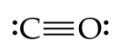


Nakreslete vzorce následujících sloučenin a poté je vymodelujte pomocí chemických modelů:

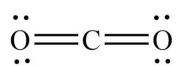
- H₂O



- CO



- CO₂



Pokud máte hotovo, zkuste zakreslit i vzorec molekuly S₈:

