

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta
Katedra anorganické chemie



Chemická vazba ve výuce

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:	Bc. Barbora Palůchová
Studijní obor:	Chemie pro vzdělávání – biologie
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	Mgr. Peter Antal, Ph.D.
Rok:	2022
Místo:	Olomouc

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s vyznačením všech použitých pramenu a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním diplomové práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Olomouci dne:

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala panu Mgr. Peteru Antalovi, Ph.D. za odborné vedení této práce, za jeho ochotu, rady, připomínky a čas, který do mě investoval. Ráda bych také poděkovala slečně Adéle Pačlové za zaučení s animačními programy. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za jejich vytrvalou podporu během mého vysokoškolského studia.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Bc. Barbora Palůchová
Název práce	Chemická vazba ve výuce
Typ práce	díplomová
Pracoviště	Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci
Vedoucí práce	Mgr. Peter Antal, Ph.D.
Rok obhajoby práce:	2022
Abstrakt	Díplomová práce se věnuje tématu chemická vazba ve výuce chemie. Teoretická část obsahuje analýzu nepoužívanějších učebnic chemie pro střední školy. V rámci praktické části byla pomocí dotazníku zjišťována úroveň náročnosti vybraných témat chemie z pohledu studentů. Dále bylo vytvořeno výukové video s použitím moderních informačně-komunikačních technik. Na závěr byl zhodnocen potenciální didaktický přínos výukového videa z hlediska studentů, resp. náročnost přípravy z hlediska pedagoga.
Klíčová slova	chemická vazba, výuka chemie, video, Vyond, Adobe
Počet stran	55
Počet příloh	1
Jazyk	český

Bibliographical identification

Autor's first name and surname	Bc. Barbora Palůchová
Title	Chemical bond in education
Type of thesis	diploma
Department	Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, Palacký University Olomouc
Supervisor	Mgr. Peter Antal, Ph.D.
The year of presentation	2022
Abstract	<p>The diploma thesis deals with the topic of chemical bond in teaching of chemistry. The theoretical part of the thesis contains an analysis of the most used chemistry textbooks for secondary schools. Within the practical part, the level of difficulty of selected topics of chemistry was determined by questionnaire. Furthermore, an educational video was created using modern information techniques. In the end potential benefits of the instructional video from students and teachers point of view of was discussed.</p>
Keywords	chemical bond, chemistry teaching, video, Vyond, Adobe
Number of pages	55
Number of appendices	1
Language	Czech

OBSAH

1.	Úvod.....	1
2.	Cíle práce.....	2
3.	Teoretická část.....	3
3.1	Chemická vazba.....	3
3.1.1	Definice chemické vazby.....	3
3.1.2	Druhy chemických vazeb	4
3.1.3	Teorie popisující chemickou vazbu.....	8
3.1.4	Molekulové orbitály	12
3.1.5	Řád vazby	13
3.1.6	Vazba σ a π	14
3.1.7	Teorie hybridizace a metoda VSEPR	16
3.1.8	Lokalizace vazeb	20
3.2	Didaktická část.....	20
3.2.1	Kurikulární dokumenty RVP a ŠVP.....	20
3.2.2	Didaktická analýza učiva o chemické vazbě ve středoškolských učebnicích	21
4.	Praktická část.....	30
4.1	Dotazník – nejnáročnější téma chemie	30
4.2	Tvorba videa jako studijního materiálu	31
4.2.1	Definování obsahu.....	32
4.2.2	Načrtnutí jednotlivých částí videa	32
4.2.3	Nakreslení grafických objektů pro video.....	33
4.2.4	Animace objektů.....	37
4.2.5	Sepsání doprovodného mluveného slova	38
4.2.6	Nahrání mluveného slova	39
4.2.7	Střih audiovizuálního snímku.....	39
4.3	Vytvoření VSEPR diagramu.....	41
5.	Diskuze a výsledky.....	42
5.1	Dotazník náročnosti chemických témat.....	42
5.2	Přínos videa jako vzdělávacího materiálu	43
5.3	Náročnost tvorby videa.....	46
5.4	Dostupnost videí jako vzdělávacích materiálů	47
6.	Závěr.....	49
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam tabulek.....	52
7.	Seznam použité literatury.....	53

1. ÚVOD

Ultimativním úkolem pedagoga je předat znalosti. Aby předání informace bylo efektivní, lze využít mnoho technik. Učitel jinak předává znalosti svým posluchačům, když vysvětluje sčítání, jinak učí-li o vymření Přemyslovců, jinak pokud vysvětluje příčestí minulé a jinak pokud učí svářet. Literatura se shodne na jednom, nejvíce se člověk naučí zkušeností (Schank, Berman, and Macpherson 1999; Dewey 1986). V průmyslu se tato skutečnost uplatňuje pomocí tzv. 10-20-70 pravidla (Eichinger and Lombardo 1996; Clardy 2018), které zjednodušeně říká, že většinu věcí se člověk naučí zkušeností. Některou látku ale zkušeností předat nemůžete, dokonce ji nemůžete ani žákům ukázat a samotné vysvětlení mnohdy nestačí ani pro vysokoškolské studenty. Příkladem takové látky je výuka chemické vazby.

Přestože je chemická vazba dostatečně popsána v odborné literatuře, není tomu tak v literatuře pro střední školy. Samotné téma je velice abstraktní, tudíž také velice náročné pro žáky středních škol. Abstraktní myšlení se u lidského jedince začíná rozvíjet okolo 13. roku, proto je tahle látka často zařazena v RVP až do výuky pro 8. ročník. Jakožto pedagog chci předávat informace kvalitně, srozumitelně, ale zároveň efektivně. Proto jsem se rozhodla, že budu zkoumat, jakou mírou zlepší výuku tohoto tématu využití techniky naučného videa. Inspirací mi byla doba kovidová, kdy se mnoho učitelů muselo naučit s moderními technologiemi, ale také tzv. generace Z, která hojně využívá aplikací jako např. Youtube. Já osobně se navíc domnívám, že právě tyto platformy jsou mladším generacím mnohem bližší než knihy.

Předložená diplomová práce se věnuje tématu chemická vazba a poskytuje náhled, jak toto téma popisuje dostupná středoškolská literatura z hlediska odborného, ale také jaké je postavení tohoto tématu v RVP a ŠVP. Součástí didaktické části práce je analýza učiva na téma chemická vazba ve středoškolských učebnicích. V praktické části práce je popis postupu přípravy samotného naučného videa. Následuje hodnocení náročnosti tvorby a přínosu takového typu studijního materiálu. V rámci výsledků je diskutován návrh optimální metodiky pro výuku chemické vazby.

2. CÍLE PRÁCE

K cílům předložené diplomové práce patří:

- 1) vypracování přehledu středoškolských učebnic chemie na téma chemická vazba,
- 2) vytvoření názorného studijního materiálu pro výuku ve formě animace,
- 3) zhodnocení přínosu názorného studijního materiálu ve formě animace.

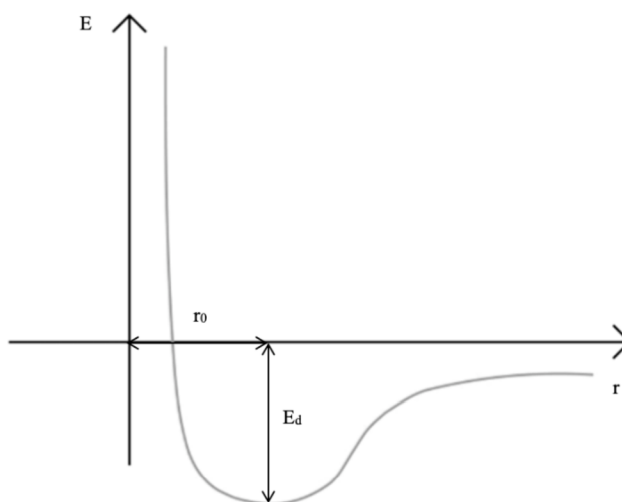
3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Chemická vazba

Přestože nejnovější periodická tabulka prvků obsahuje 118 prvků (IUPAC 2021), je popsáno mnohem větší množství různých látek (řádově 10^6 až 10^7) (Vacík 2017). Je to dáno schopností atomů slučovat se se stejnými nebo jinými atomy a vytvářet tak molekuly. Atomy v molekule drží při sobě silami, které se nazývají chemické vazby.

3.1.1 Definice chemické vazby

V literatuře nalezneme různé definice chemické vazby. (Cídllová, Mokrá, and Valová 2008) definují chemickou vazbu následovně. Chemická vazba je specifický typ interakce mezi ˇasticemi, při jejımz vzniku dochází ke sniˇizenı energie systému. Aby mohly atomy vzajemne interagovat, musí se k sobě pribliˇzıt na takovou vzdálenost, kdy jeden na druhý zaˇnou působit. Při takovém pribliˇzenı neboli srazce, dochází k pruniku atomových orbitalů a za vhodných podmínek k jejich spojení za uvolnění energie (viz Obr. 1).



Obr. 1: Graf vzájemného silového působení dvou atomů v závislosti na vzdálenosti mezi nimi, kde E je potenciální energie soustavy dvou atomů, r je vzdálenosti mezi jádry atomů, r_0 je délka chemické vazby a E_d je disociační energie. Převzato z (Cídllová, Mokrá, and Valová 2008).

Vznik chemické vazby muzeme pribliˇzıt na příkladu systému dvou atomů, které se k sobě postupne pribliˇzujı. Při pribliˇzovanı dochází k vzajemne interakci neboli silovému působení. Energie tohoto systému (potenciální energie) se v důsledku působení

přitažlivých sil zmenšuje se zmenšující se mezijadernou vzdáleností. Při určité vzdálenosti nastává prudké snížení energie systému a dochází ke vzniku chemické vazby. Tento stav lze definovat pomocí disociační energie (E_d) a délky vazby (r_0). Disociační energie je energie potřebná k rozštěpení chemické vazby. Jinak řečeno energie, kterou je potřeba dodat systému na oddálení atomů na vzdálenost, kde už nedochází k vzájemnému silovému působení. Velikost disociační energie je shodná s vazebnou energií. Vazebná energie je energie uvolněná při vzniku jedné chemické vazby. Běžně se uvádí energie uvolněná při vzniku 1 molu vazeb, tzv. molární vazebná energie. Délka vazby r_0 je průměrná mezijaderná vzdálenost čili vzdálenost středů jader tvořících vazbu. Tuto veličinu je poměrně snadné zjistit experimentálně pomocí rentgenostrukturní analýzy.

3.1.2 Druhy chemických vazeb

Na základě charakteru či způsobu vzniku je možné chemické vazby rozdělit na několik druhů. Rozlišujeme následující druhy chemické vazby:

- kovalentní
 - polární,
 - nepolární,
- iontová,
- koordinačně-kovalentní,
- kovová,
- mezimolekulární interakce (slabé vazebné interakce)
 - Van der Waalsovy síly,
 - vodíkové můstky.

Kovalentní vazba

Kritérium určující kovalentní vazbu je elektronegativita. Pokud se chemická vazba vytvoří mezi dvěma atomy, mezi jejichž elektronegativitami je rozdíl vyšší než 1,7 ($\Delta X > 1,7$), pak tuto vazbu nazýváme kovalentní. Kovalentní vazbu lze dále dělit na polární a nepolární.

Nepolární vazba je taková, kdy platí $\Delta X < 0,4$. Nepolární vazbu tvoří atomy, jejichž rozdíl elektronegativit je nulový nebo velmi malý. Jako příklad molekuly s nepolární vazbou lze uvést H_2 , N_2 , O_2 , CO , CH_4 . To znamená, že vazebné elektrony mezi dvěma atomy jsou sdílené takřka rovnoměrně neboli netvoří se parciální náboje. Důsledkem přítomnosti nepolárních vazeb jsou nízké body varu a tání a velmi nízká elektrická vodivost.

Polární vazba je taková, kdy rozdíl elektronegativit atomů je v rozmezí 0,4 až 1,7 ($0,4 < \Delta X < 1,7$). Jako příklad molekuly s polární vazbou lze uvést např. H_2O , HCl , HI a NH_3 . Důsledkem takového rozdílu elektronegativit je posunutí elektronů směrem k atomu s vyšší elektronegativitou (zvýšení elektronové hustoty) a vznik parciálních (neboli částečných) nábojů. Na atomu s vyšší elektronegativitou vzniká záporný parciální náboj (δ^-) a na atomu s nižší elektronegativitou vzniká kladný parciální náboj (δ^+). V porovnání s látkami tvořenými molekulami s nepolární vazbou mají látky tvořeny molekulami s polární vazbou vyšší teploty tání, teploty varu a elektrickou vodivost.

Iontová vazba

Iontová vazba je určena podobně jako kovalentní vazba rozdílem mezi elektronegativitami atomů tvořících tuto vazbu. Iontová vazba vzniká mezi atomy s vysokým rozdílem elektronegativit ($\Delta X > 1,7$). Elektronegativnější z atomů tvořících vazbu přijímá valenční elektron atomu s nižší elektronegativitou. Elektron je úplně posunut k atomu s vyšší elektronegativitou. Takový atom se potom stává aniontem, druhý atom kationtem. Příkladem látek s iontovou vazbou jsou $NaCl$, KI , CaF_2 a $CsCl$. Látky, ve kterých jsou částice (ionty) vázány iontovou vazbou mají vysoké teploty tání a varu. V důsledku silného elektrostatického působení mezi ionty je jejich pohyblivost nízká, a proto v tuhém stavu nevedou elektrický proud. Naopak jejich vodní roztoky anebo taveniny v důsledku přítomnosti volných iontů dobře vedou elektrický proud.

Koordináčně-kovalentní vazba

Koordináčně-kovalentní vazba je vlastnostmi podobná kovalentní vazbě. Rozdílem je způsob vzniku. Kovalentní vazby vznikají tak, že vazebné elektrony jsou

poskytnuty oběma atomy, které tvoří chemickou vazbu. Koordinačně-kovalentní (také donor-akceptorová) vazba vzniká ale tak, že celý vazebný elektronový pár tvořící vazbu je poskytnut pouze jedním atomem. Takový atom se označuje jako donor (neboli dárce). Atom, který vazebný elektronový pár přijímá do svého volného orbitalu, se nazývá akceptor (neboli příjemce). Tento druh vazby je typický pro komplexní sloučeniny.

Kovová vazba

Mezi atomy kovů vzniká specifický typ chemické vazby, který se označuje jako kovová vazba. V krystalové mřížce se kolem kationtů kovů volně pohybují jejich elektrony. Tento jev se nazývá elektronový plyn a velice dobře vysvětluje vynikající tepelnou a elektrickou vodivost kovů, stejně jako jejich lesk, neprůhlednost a mechanické vlastnosti. Kovová vazba je způsobena elektrostatickou přitažlivostí kationtů kovů, a právě již zmíněných volně se pohybujících valenčních elektronů.

Mezimolekulární interakce

Vzájemné silové působení nevzniká jenom mezi atomy tvořící molekuly (kovalentní vazba), ionty tvořící krystaly (iontová vazba) nebo atomy kovů (kovová vazba), ale také i mezi částicemi (atomy, molekuly). Toto silové působení je výrazně slabší, a proto se také označuje jako mezimolekulární interakce nebo slabé vazebné interakce. Mezi tyto interakce řadíme vodíkové můstky a Van der Waalsovy síly.

Jak název napovídá, vodíkové můstky se tvoří mezi molekulami, které obsahují atom vodíku a atom s vysokou elektronegativitou, jenž obsahuje nejméně jeden volný elektronový pár. Typickým příkladem molekuly, která může tvořit vodíkové můstky je molekula vody. Jiným příkladem, kde vodíkové vazby hrají velice důležitou roli, jsou molekuly DNA, kde vlivem vodíkových můstků vzniká výsledné uspořádání do tvaru dvoušroubovice. Přítomnost vodíkových můstků v dané látce způsobuje výrazné zvýšení teplot tání a varu v porovnání s látkami podobnými, ale bez přítomnosti těchto interakcí. Jako příklad lze uvést porovnání teplot varu podobných binárních sloučenin v rámci jedné skupiny (postupné zvyšování molekulové hmotnosti): voda ($t_v = 100 \text{ °C}$) – sulfan ($t_v = -60,4 \text{ °C}$) – selan ($t_v = -42,4 \text{ °C}$) – telan ($t_v = -2 \text{ °C}$); fluorovodík ($t_v = 19,5 \text{ °C}$) –

chlorovodík ($t_v = -85,1 \text{ }^\circ\text{C}$) – bromovodík ($t_v = -66,8 \text{ }^\circ\text{C}$) – jodovodík ($t_v = -35,4 \text{ }^\circ\text{C}$) nebo amoniak ($t_v = -33,4 \text{ }^\circ\text{C}$) – fosfan ($t_v = -87,4 \text{ }^\circ\text{C}$) – arsan ($t_v = -62,5 \text{ }^\circ\text{C}$) – stiban ($t_v = -18 \text{ }^\circ\text{C}$).

Van der Waalsovy síly je souhrnný název pro dipólové interakce mezi atomy nebo molekulami. Existuje několik druhů těchto sil a lze je klasifikovat následně:

- interakce dipól – dipól,
- interakce dipól – iont,
- interakce dipól – indukovaný dipól (Debyeův efekt),
- Londonovy disperzní síly (Londonův efekt),
- hydrofobní interakce.

Interakce dipól – dipól je interakce vznikající mezi molekulami, které mají permanentní dipólový moment, obsahují polární kovalentní vazby.

Interakce dipól – iont je interakce mezi iontem a částí molekuly s opačným parciálním nábojem. Tento typ interakce se uplatňuje například při rozpouštění tuhých látek v rozpouštědle, kdy molekuly rozpouštědla obklopují ionty nebo molekuly vzniklé při rozpouštění. Tento jev se nazývá solvatace. Když je jako rozpouštědlo použita voda, tak se jedná o hydrataci.

Interakce dipól – indukovaný dipól je interakce mezi molekulou s permanentním a indukovaným dipólovým momentem. Tento typ interakce je odpovědný za překvapivou stabilitu hydrátů vzácných plynů.

Londonovy disperzní síly jsou interakce mezi atomy, které sice nemají permanentní dipólový moment, ale u kterých může docházet ke krátkodobým deformacím vedoucím ke vzniku určitého dipólového momentu. Je to nejslabší typ přitažlivé interakce, která působí mezi všemi atomy a molekulami. Tento typ interakce je odpovědný za to, že je možné zkapalnit nepolární plynné látky (např. vzácné plyny, H_2 , N_2).

Hydrofobní interakce jsou interakce uplatňující se mezi polárními a nepolárními částmi molekul. Příkladem jsou mastné kyseliny, které jsou tvořeny dlouhým nepolárním

řetězcem a polární karboxylovou skupinou. V polárním prostředí (např. voda) se polární skupina (hydrofilní část) orientuje směrem k polárnímu prostředí a nepolární (hydrofobní) část dál od polárního prostředí. Tento typ interakcí je odpovědný za vznik micel, membrán a povrchovou aktivitu látek.

3.1.3 Teorie popisující chemickou vazbu

Elektronová teorie chemické vazby

Skutečnost, že chemická vazba je zprostředkována elektrony, začala nabývat relevantnosti ihned po objevení elektronu (1897). Objevitel elektronu Joseph John Thomson předpokládal, že elektrony přechází z jednoho atomu na druhý (Vacík 2017). Tuto hypotézu posléze potvrdil (Abegg 1904), když objevil, že součet kladného a záporného mocenství je pro mnohé prvky roven osmi. Pojmy kladného a záporného mocenství zavedl (Drude 1904). Mocenství atomu, nebo přesněji formální mocenství atomu, je číslo udávající počet jednoduchých vazeb, který daný atom může tvořit. Kladné mocenství je počet elektronů, které je atom schopen odštěpit. Záporné mocenství je počet elektronů, které je atom schopen odštěpit.

Význam čísla osm později objasnil Bohrov model atomu (Bohr 1913), respektive z něj odvozené elektronové konfigurace atomů, kdy se ukázalo, že k dosažení konfigurace vzácných plynů, které jsou velice stabilní, a tudíž úplnému obsazení vnějších orbitalů s a p je potřeba osm elektronů neboli elektronový oktet. Chemická vazba vzniká tehdy, když se valenční elektrony přeskupí tak, že atomy dosáhnou stabilnější elektronové konfigurace, než měly původně (Vacík 2017). Elektronové konfigurace vzácného plynu může atom dosáhnout dvojím způsobem:

- 1) předáním valenčního elektronu, který je vzhledem k oktetovému pravidlu přebytečný, jinému atomu, který naopak elektron pro dosažení elektronové konfigurace vzácného plynu pozbývá. Takto z atomů vzniknou ionty. Mezi ionty mohou působit elektrostatické přitažlivé síly, které jsou podstatou iontové chemické vazby (Kossel 1916). Typickým příkladem je molekula chloridu sodného, kde atom sodíku předává svůj valenční elektron atomu chloru;

- 2) společným sdílením valenčního elektronu s valenčním elektronem jiného atomu tak, že oba atomy mají kompletně zaplněny vnější elektronové vrstvy. Takto vzniklá chemická vazba se nazývá vazba kovalentní (Lewis 1916).

Vlnově mechanický výklad chemické vazby – teorie valenční vazby

Teorie vlnově mechanického výkladu chemické vazby je vlastně již popsána v kapitole 3.1.1. Dle této teorie musí být splněny 3 podmínky k vytvoření chemické vazby. Pokud byť jen jedna podmínka není splněna, chemická vazba nevznikne. Těmito 3 podmínkami jsou:

- průnik atomových orbitalů,
- spojení atomových orbitalů a
- uvolnění energie.

Vznik molekuly z přibližujících se atomů lze studovat řešením Schrödingerovy rovnice pro různé vzdálenosti atomů (Vacík 2017). Výsledkem takového řešení je hodnota potenciální energie systému, vlnové funkce ψ (molekulového orbitalu). Čtverec $|\psi|^2$ udává rozložení elektronové hustoty v okolí jader. Jelikož přesné řešení Schrödingerovy rovnice lze získat pouze pro systém s jedním elektronem a maximálně dvěma jádry, využívají se na to různé přibližné zjednodušující metody (tzv. aproximace).

Jednou z těchto metod je metoda valenční vazby, zkráceně VB – z anglického valence bond (Heitler and London 1927). Metoda uvažuje dva dostatečně vzdálené atomy (např. vodíku) H_A s elektronem 1 charakterizovaný atomovou vlnovou funkcí $\psi_A(1)$ a atom H_B s elektronem 2 charakterizovaný atomovou vlnovou funkcí $\psi_B(2)$. Předpokládáme nejprve, že při dostatečném přiblížení zůstává elektron 1 stále v poli jádra A a současně elektron 2 v poli jádra B. Tuto situaci lze vystihnout součinem $\psi_A(1) \cdot \psi_B(2)$. Vzhledem k nerozlišitelnosti mikro částic (elektronů) musíme předpokládat, že elektrony se mohou vyměnit, takže v poli jádra A je elektron 2 a v poli jádra B je elektron 1. Tento stav lze popsat funkcí $\psi_A(2) \cdot \psi_B(1)$. Stav, kdy v poli každého jádra je jeden (libovolný) elektron, popisuje situaci v molekule vodíku a lze ji charakterizovat vlnovou funkcí $\psi_{(VB)}$:

$$\psi_{(VB)} = \psi_A(1) \cdot \psi_B(2) \pm \psi_A(2) \cdot \psi_B(1). \quad \text{Rov. 3.1}$$

Vlnová funkce $\phi_{(VB)+}$ popisuje molekulu vodíku v základním stavu, funkce $\phi_{(VB)-}$ popisuje první excitovaný stav molekuly. Závislost potenciální energie na vzdálenost r obou jader vypočítaná metodou VB je zobrazena na Obr. 1. Energie vazby E_D odečtená z křivky pro molekulu v základním stavu je poněkud menší než experimentálně zjištěná hodnota. Ukazuje se, že k získání správné potenciální křivky jsou ve vlnové funkci $\phi_{(VB)}$ nutné oba členy, což odpovídá Lewisově představě vzniku kovalentní vazby společným sdílením elektronového páru oběma atomy (Vacík 2017).

Vlnově mechanický výklad chemické vazby – teorie molekulových orbitalů

Další z aproximativních metod řešení Schrödingerovy rovnice je metoda molekulových orbitalů, zkráceně MO – také z anglického molecular orbital, kterou vypracovali Robert Mulliken a Friedrich Hund (Mulliken 1967). Přístup ke vzniku molekuly je u této metody opačný než u metody VB. Vznik molekuly se odvozuje od hypotetického atomu, který má stejný počet elektronů jako vznikající molekuly a takové jádro, aby jeho rozdělením mohla vzniknout jádra obou atomů budoucí molekuly. Pro vznik molekuly vodíku má takový hypotetický atom v jádru protony A a B a v elektronovém obalu dva elektrony. Oddálíme-li oba protony do vzdálenosti rovné dílce vazby r_0 (viz Obr. 1), vytvořili jsme vlastně z hypotetického atomu molekulu H_2 . Přitom každý z obou elektronů je v poli obou jader A a B. Vlnovou funkci popisující tento stav nazýváme molekulový orbital (zkratka MO) a budeme ji označovat $\psi_{(MO)}$. Hlavním problémem metody molekulových orbitalů je způsob, jak MO získat. Ukazuje se, že můžeme využít atomových orbitalů atomů, ze kterých se molekula skládá. Podívejme se nejprve na elektron 1. Je-li v těsné blízkosti jádra A, lze ho charakterizovat atomovým orbitalem $\psi_A(1)$. Je-li v těsné blízkosti jádra B, lze ho charakterizovat atomovým orbitalem $\psi_B(1)$. Chování elektronu v poli obou jader charakterizuje molekulový orbital $\psi(1)$, který můžeme vyjádřit jako lineární kombinaci atomových orbitalů (zkráceně LCAO z anglického linear combination of atomic orbitals):

$$\psi(1) = c_1 \cdot \psi_A(1) + c_2 \cdot \psi_B(1). \quad \text{Rov. 3.2}$$

Vezmeme-li v potaz symetrii molekuly vodíku (a tedy rovnost čtverce absolutních hodnot konstant c_1 a c_2), lze popsat chování obou elektronů v poli obou jader vlnovou funkcí $\psi_{(MO)}$:

$$\begin{aligned}\psi_{(MO)} &= \psi(1) \cdot \psi(2) = [\psi_A(1) \pm \psi_B(1)] \cdot [\psi_A(2) \pm \psi_B(2)] \\ &= \psi_A(1) \cdot \psi_A(2) + \psi_B(1) \cdot \psi_B(2) \pm \psi_A(1) \\ &\quad \cdot \psi_B(2) \pm \psi_A(2) \cdot \psi_B(1)\end{aligned}\quad \text{Rov. 3.3}$$

Člen $\psi_A(1) \cdot \psi_A(2)$ charakterizuje přítomnost obou elektronů v poli jádra A a u vodíku odpovídá přítomnosti iontové formy $H_A^- H_B^+$ a člen $\psi_B(1) \cdot \psi_B(2)$ charakterizuje přítomnost obou elektronů v poli jádra B a odpovídá přítomnosti iontové formy $H_A^+ H_B^-$ (Vacík 2017).

Porovnání teorie valenční vazby a teorie molekulových orbitalů

Označíme-li vlnovou funkci

$$\psi_{koval.} = \psi_A(1) \cdot \psi_B(2) + \psi_A(2) \cdot \psi_B(1) \quad \text{Rov. 3.4}$$

jako kovalentní příspěvek k chemické vazbě a vlnovou funkci

$$\psi_{iont.} = \psi_A(1) \cdot \psi_A(2) + \psi_B(1) \cdot \psi_B(2) \quad \text{Rov. 3.5}$$

jako iontový příspěvek k chemické vazbě, lze rovnici 3.1 a 3.3 přepsat do tvaru

$$\psi_{(VB)} = \psi_{koval.} \quad \text{Rov. 3.6}$$

$$\psi_{(MO)} = \psi_{koval.} + \psi_{iont.} \quad \text{Rov. 3.7}$$

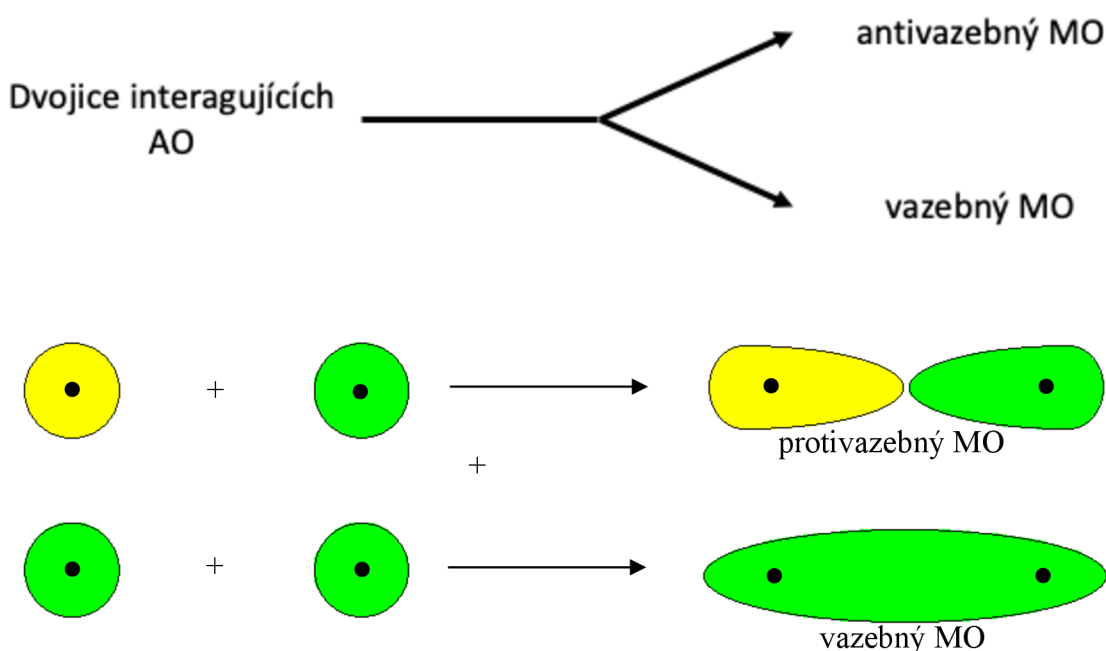
Ze experimentu (Vacík 2017) se ukázalo, že metoda VB iontový příspěvek nedoceňuje a metoda MO jej naopak přeceňuje. Nejblíže ke skutečné vlnové funkci má vlnová funkce daná vztahem

$$\psi = \psi_{koval.} + k\psi_{iont.}, \quad \text{Rov. 3.8}$$

kde k je konstanta, která má pro různé molekuly hodnotu v rozmezí $0 < k < 1$. Např. pro molekulu vodíku je $k = 0,17$.

3.1.4 Molekulové orbitály

Při překryvu a interakci atomových orbitalů vzniká mezi dvěma atomy prostor s velkou elektronovou hustotou. Tento prostor se nazývá molekulový orbital. Při interakci dvou AO vznikají dvojice MO (viz Obr. 2). Jeden z dvojice MO se nazývá vazebný MO a jeho výsledná energie je nižší než energie AO. Druhý se nazývá antivazebný MO (nebo také protivazebný) a má vyšší energii než AO i vazebný MO.



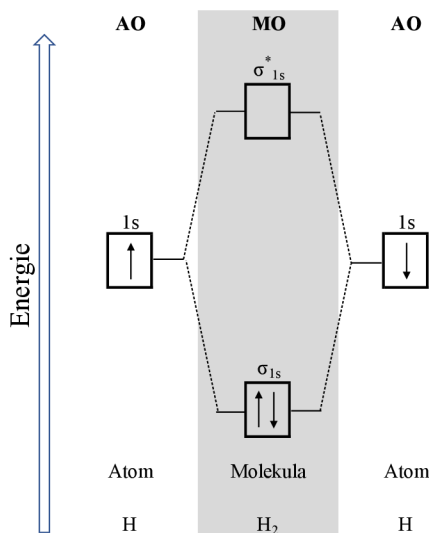
Obr. 2: Schéma vzniku molekulových orbitalů. Upraveno z (Cídllová, Mokrá, and Valová 2008).

Elektrony obsazují MO dle stejných pravidel, která platí pro obsazování AO. Platí zde následující principy či pravidla:

- výstavbový princip (pravidlo o nejnižší celkové energii systému),
- Pauliho princip výlučnosti a
- Hundovo pravidlo.

Vznik MO se znázorňuje pomocí tzv. molekulárně-orbitalových diagramů. V těchto diagramech jsou znázorněny energetické hladiny AO (po krajích), energetické hladiny vazebného i antivazebného MO (uprostřed) a zaplnění hladin elektrony, kdy šipka

symbolizuje elektron s daným spinem. Příklad MO diagramu pro molekulu vodíku je uveden na Obr. 3.



Obr. 3: Diagram MO molekuly H₂. Převzato z (Cídllová, Mokrá, and Valová 2008).

3.1.5 Řád vazby

Zaplnění vazebných MO se energie systému snižuje, zatímco zaplněním protivazebných MO se energie systému zvyšuje (viz Obr. 3). Celková energie systému určuje, zdali vazba vznikne, či nikoliv. Čím je celková energie nižší, tím pevnější je vazba. Řád vazby je veličina zavedená pro charakterizaci vazby. Řád udává počet elektronových párů, které se skutečně podílejí na tvorbě vazby. Řád vazby se počítá dle rovnice 3.9.

$$\text{řád vazby} = \frac{n_{\text{vaz.}} - n_{\text{protivaz.}}}{2} \quad \text{Rov. 3.9}$$

Řád vazby udává násobnost vazby a její pevnost. V Tab. 1 jsou uvedena experimentální data potvrzující vztah mezi vypočítaným řádem vazby, násobností a pevností vyjádřenou energií vazby. Obecně lze říct, že (Cídllová, Mokrá, and Valová 2008):

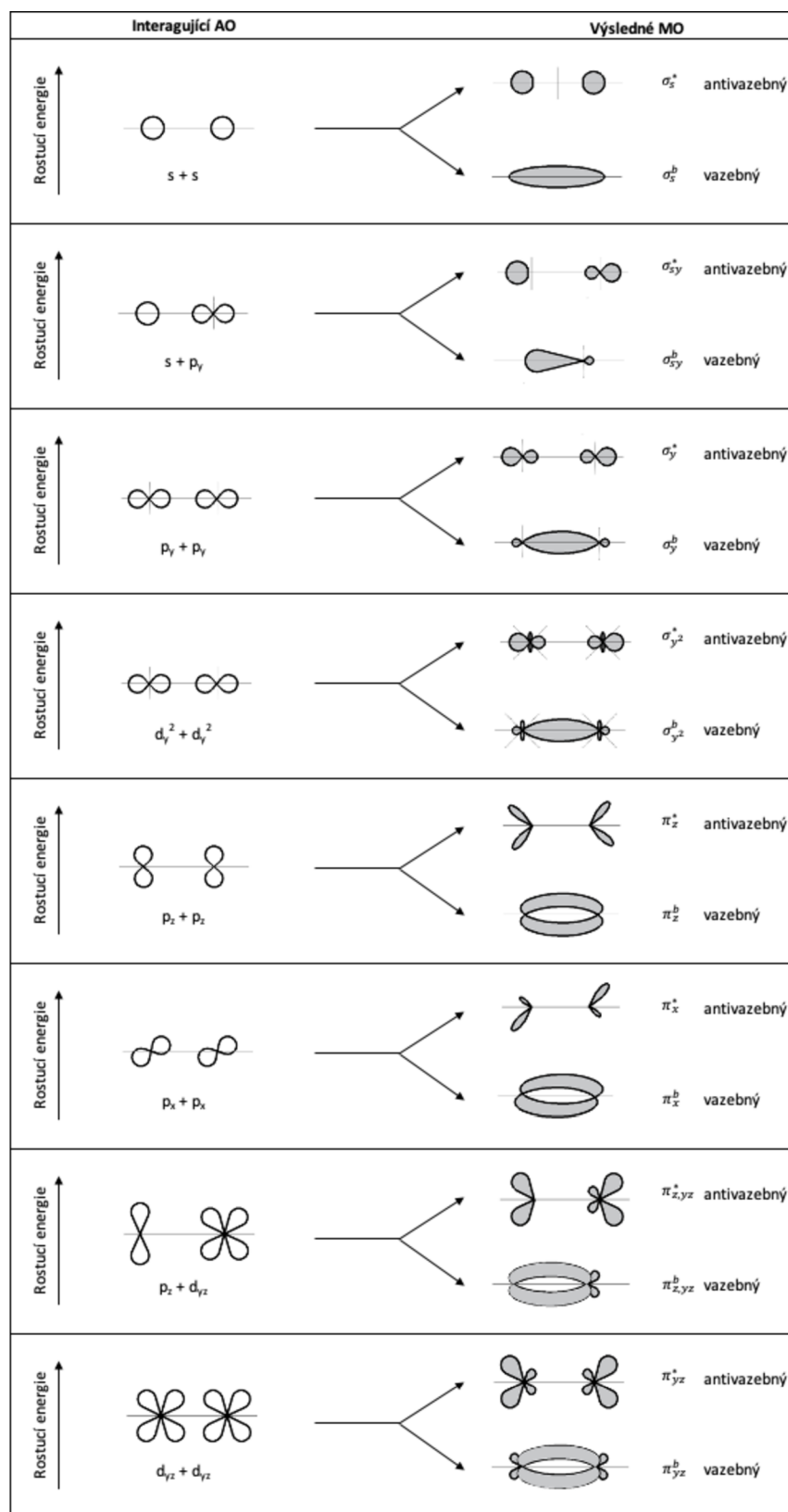
- větší řád vazby znamená vyšší vazebnou energii,
- větší řád vazby znamená pevnější vazba,
- pevnější vazba odpovídá kratší délce vazby,
- řád vazby se přibližně rovná násobnosti vazby.

Tab. 1: Porovnání vlastností chemické vazby. Vzato z (Cídllová, Mokr, and Valová 2008).

Vazba	Řád vazby	Energie vazby (kJ·mol ⁻¹)	Délka vazby (pm)
C – C	1	346,9	154
C = C	2	607,0	135
C ≡ C	3	838,3	121

3.1.6 Vazba σ a π

Další mořnost, jak charakterizovat molekuly, je počet vazeb σ a π . (Vacík, 2017) popisuje vazbu σ tak, ře její obsazen vazebnho orbitalu σ není kompenzováno obsazenm odpovídajících protivazebných orbitalů σ^* . Stejn tak vazba π m obsazen vazebnho orbitalu π , kter není kompenzování obsazenm odpovídajících protivazebných orbitalů π^* . (Cídllová, Mokr, and Valová 2008) popisuje vazby (respektive orbitaly) σ a π podle distribuce elektronov hustoty. Uvádí, ře molekulov orbital σ má velkou elektronovou hustotu na spojnici jader vázaných atomů, zatímco molekulov orbital π m elektronovou hustotu nad a pod, respektive před a za spojnicí jader vázaných atomů.



Obr. 4: Znáornění interagujících atomových orbitalů (AO) a molekulových orbitalů (MO)vzniklých jejich překryvem. Upraveno podle (Cídllová, Mokrá, and Valová 2008).

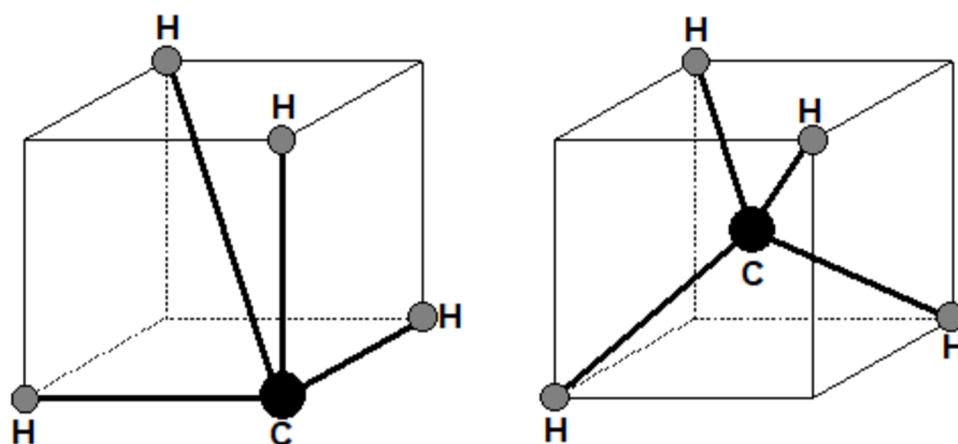
S molekulovými orbitaly σ a π souvisí také násobnost chemické vazby. Je-li kovalentní vazba tvořena jedním elektronovým párem, jedná se o vazbu jednoduchou. Dvojná vazba je zprostředkována dvěma elektronovými páry a je tvořena jednou vazbou σ a jednou vazbou π . Trojná vazba se účastní tři elektronové páry a taková vazba je tvořena jednou vazbou σ a dvěma vazbami π .

Tab. 2: Porovnání vazeb s různou násobností.

Násobnost vazby	Příklad znázornění vazby	Obsazení MO
Jednoduchá	$C - C$	σ
Dvojná	$C = C$	σ, π
Trojná	$C \equiv C$	σ, π, π

3.1.7 Teorie hybridizace a metoda VSEPR

Bylo zjištěno, že u víceatomových molekul nejsou jejich tvary a energie vazeb získané teoreticky na základě teorie molekulových orbitalů rovny experimentálně získaným hodnotám (Cídllová, Mokrý, and Valová 2008). Dle teorie MO by v molekule methanu měly vzniknout dva druhy vazeb: tři vazby sp (s vazebným úhlem 90°) a jedna vazba ss . Experimentálně bylo ale zjištěno, že všechny vazby mají stejnou velikost vazebného úhlu, a to sice $109,5^\circ$. Znázornění tvaru molekuly methanu dle teorie MO a experimentu je uvedeno na Obr. 5.



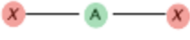


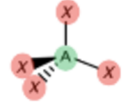
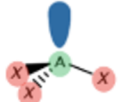







Obr. 5: Porovnání tvaru molekuly CH_4 vypočteného pomocí teorie MO (vlevo) a stanoveného experimentálně (vpravo). Vzato z (Čídlková, Mokrý, and Valová 2008).

Na základě tohoto zjištění byla zavedena teorie hybridizace, která lépe vyhovuje víceatomovým molekulám, jejichž středový atom neobsahuje volný valenční elektronový pár. Chování elektronu lze popsat lineární kombinací původních AO. Takto získané AO nazýváme hybridizované atomové orbitály (HAO). Na rozdíl od tvorby MO, kde se MO získávají lineární kombinací AO na různých atomech, dle teorie hybridizace se kombinují AO na jednom atomu. Množství HAO získaných hybridizací je roven počtu použitých AO. Díky HAO dochází ke zvýšení překryvu oproti překryvu s původními AO, tudíž i pevnější vazbě. Prostorová orientace HAO je taková, že je minimalizováno odpuzování elektronů ve vazbě.

Existují několik druhů hybridizace:

- sp^3 , které se účastní jeden orbital 2s a tři orbitály 2p,
- sp^2 , které se účastní jeden orbital 2s a dva orbitály 2p, jeden 2p AO zůstává bez změny,
- sp , které se účastní jeden orbital 2s a jeden orbital 2p, v atomu zůstávají dva 2p AO beze změny,
- sp^3d ,
- sp^3d^2 .

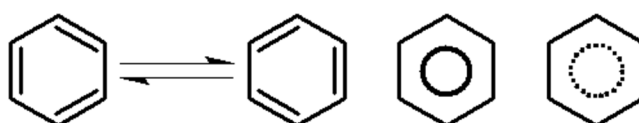
Pro případy, kdy jsou na centrálním atomu přítomny nevazebné elektronové páry byla v roce 1957 zavedena upravená teorie hybridizace tzv. VSEPR (z anglického The Valence Shell Electron Pair Repulsion) (Gillespie 2008). Dle této metody je možné určit geometrii molekul, kdy jsou brány v potaz jak valenční elektrony, tak nevazebné elektronové páry ve valenční sféře. Tato metoda předpokládá, že volné i vazebné elektronové páry se okolo centrálního atomu uspořádají tak, aby jejich vzdálenost byla maximální (Vacík 2017). Tvar molekul určené dle metody VSEPR jsou na Obr. 6.

AXE vzorec	Geometrie molekuly	Vazebný úhel	Tvar molekuly
AX_2E_0	Lineární	180°	
AX_3E_0	Trigonálně planární	120°	
AX_2E_1	Lomený tvar	119°	
AX_4E_0	Tetraedr	$109,5^\circ$	
AX_3E_1	Trigonálně pyramidální	$107,3^\circ$	
AX_2E_2	Lomený tvar	$104,5^\circ$	
AX_5E_0	Trigonální bypyramida	$90^\circ, 120^\circ, 90^\circ$	
AX_4E_1	Houpačka	$86,5^\circ, 102^\circ, 187^\circ$	
AX_3E_2	Tvar T	$87,5^\circ, 185^\circ$	
AX_2E_3	Lineární	180°	
AX_6E_0	Oktaedr	90°	
AX_5E_1	Čtvercová pyramida	$84,8^\circ, 180^\circ$	

Obr. 6: Tvary molekul dle VSEPR. Vytvořeno podle (Čidlová, Mokrý, and Valová 2008).

3.1.8 Lokalizace vazeb

Vazby lze dělit na lokalizované a delokalizované. Za lokalizovanou vazbu považujeme takovou, která je umístěna mezi dva sousední atomy, valenční elektrony jsou rozmístěny právě mezi tyto dva atomy. Můžeme říct, že se lokalizovaná vazba nachází na přesně určeném místě. Naopak delokalizovaná vazba je taková, která nemá přesně určené místo a je rozprostřena mezi více atomy. Můžeme ji označit za putující vazbu. Delokalizované vazby jsou typické pro molekuly s konjugovanými vazbami.



Obr. 7: Možné způsoby znázornění strukturního vzorce benzenu.

Typickou molekulou s konjugovanými vazbami je benzen (viz Obr. 7). Benzen dle jeho struktury obsahuje tři jednoduché vazby a tři dvojně vazby. Teoretická délka jednoduché vazby by měla být $1,54 \cdot 10^{-10}$ m a délka dvojně vazby $1,33 \cdot 10^{-10}$ m (Vacík 2017). Experimentálně bylo ale zjištěno, že všechny vazby mají stejnou délku, a to sice zhruba $1,4 \cdot 10^{-10}$ m. (Vacík 2017) Tento jev lze na základě vlnově-mechanického výkladu vysvětlit delokalizací vazeb π . Z tohoto důvodu se lze setkat s jiným zápisem struktury benzenu (viz Obr. 7).

3.2 Didaktická část

3.2.1 Kurikulární dokumenty RVP a ŠVP

Kurikulární dokumenty mají dvě úrovně, státní a školní. Státní úroveň společně s NVP (Národní vzdělávací program) zahrnuje i RVP (Rámcový vzdělávací program), který vymezuje závazné rámce pro předškolní, základní a střední vzdělávání. Školní úroveň představuje ŠVP (Školní vzdělávací program), který si každá škola zhotovuje sama dle zásad příslušného RVP (Maňák and Knecht 2007; Jeřábek 2007).

RVP – Rámcový vzdělávací program

RVP je veřejně dostupný dokument. (Jeřábek 2007) podává informace o RVP. Rámcový vzdělávací program vychází z koncepce celoživotního učení, formuluje

očekávané úrovně vzdělávání stanovené pro všechny absolventy jednotlivých etap vzdělávání. Podporuje profesní růst učitelů. Klade důraz na rozvoj klíčových kompetencí a jejich provázanost s obsahem vzdělávání a uplatnění vědomostí a dovedností v praktickém životě. Je určen pro tvorbu ŠVP.

ŠVP – Školní vzdělávací program

ŠVP je veřejně dostupný dokument. Každá škola si sama zhotovuje svůj školní vzdělávací plán. Je to také jedno z kritérií pro určování kvality školy.

3.2.2 Didaktická analýza učiva o chemické vazbě ve středoškolských učebnicích

Učebnice jsou jednou ze základních učebních pomůcek, která ovlivňuje vzdělání ve všech školách a na všech stupních vzdělávání. Učebnice má funkci – prezentovat informace, hlavně v dnešní době, kdy žáci mají nepřehledné množství informačních zdrojů a zároveň se setkávají i s dezinformacemi. Další úlohou učebnice je motivovat žáky k učení, pokud učebnice bude nevýrazná a nezajímavá žáci nejsou příliš ochotni se z ní vzdělávat. Naopak barevné a zajímavé učebnice v žácích vzbuzují zájem o daný předmět.

Učebnice má žáky vést k osvojování učiva. Čím více budou žáci při učení aktivní, tím více se jejich poznatky prohlubují a zároveň jsou motivováni k dalšímu učení. Funkce řízení žákova učení je důležitá v hlavně v situacích, kdy se žáci učí z textu bez přítomnosti a pomoci učitele.

Jednou z dalších funkcí je zajištění sebehodnocení žákova učení. Učebnice by tedy měla obsahovat klíč se správnými odpověďmi, popřípadě výsledky řešených úloh. Učebnice jsou důležité nejen pro žáky ale i pro učitele, kteří je využívají pro přípravy na vyučovací hodiny. Výhodou tedy mohou být i metodické příručky pro učitele.

Kritéria hodnocení tématu chemická vazba v učebnicích pro střední školy

Po prozkoumání vybraných středoškolských učebnic pro předmět chemie s tematikou chemická vazba byla vybrána následující kritéria. O jednotlivých kritériích se dočteme v publikaci (Maňák and Knecht 2007).

První kategorií hodnocení je obsah učebnic. Obsah musí být vybírán tak, aby odpovídal požadavkům kurikulárních dokumentů a zároveň byl v souladu se vzdělávacími cíli. V rámci obsahu byla hodnocena tři kritéria:

- rozsah učiva,
- přiměřená obtížnost a
- odborná správnost.

Rozsah učiva je hodnocen podle toho, zda daná kapitola obsahuje veškeré důležité body k pochopení učiva. Tyto body byly zvoleny po hlubším pochopení tématu a po nastudování vybraných ŠVP. Jako zásadní body jsem navrhla:

- Molekula (definice),
- typy vazeb (nepolární, polární, iontová, kovová, koordinačně kovalentní, vazba σ , π),
- energie chemické vazby (disociační a vazebná),
- délka vazeb,
- slabé vazebné interakce (Vodíkové můstky, Van der Waalsovy síly).

Dalším hodnotícím kritériem je přiměřená obtížnost. Jde o velmi podstatnou didaktickou zásadu. Učebnice by neměly žáky přehlcovat fakty a pojmy. Učící text by měl být napsán odborně správně.

Druhou kategorií hodnocení je struktura učebnic. Zde byly hodnocena tři kritéria: srozumitelnost, přehlednost a souvislý text.

Srozumitelnost je podstatná pro motivaci žáků v učení. Text musí být psán na úrovni chápání žáků. Se srozumitelností úzce souvisí i další kritéria tedy přehlednost a souvislost textu. Jedná se především o to, jakým způsobem je učící text psán – velikost písma, odrážky, odstavce, zvýrazněná slova atd. Dále by text měl být ucelený a věty by na sebe měly plynule navazovat.

Třetí kategorií je názornost učiva. Do této kategorie byla zahrnuta dvě kritéria: obrázky a tabulky. Názornost je další důležitou didaktickou zásadou. Chemie je velice

abstraktní předmět, a právě tato kategorie by měla být v učebnicích chemie rozvinuta co nejvíce, aby žákům přiblížila a usnadnila chápání probíraného učiva.

Čtvrtou a zároveň poslední kategorií je sebereflexe neboli sebehodnocení. Tuto sebereflexi žáci mohou vykonat v rámci otázek a úloh, které se nejčastěji nacházejí na konci kapitol. Dobrá učebnice by měla obsahovat klíč správných odpovědí a výsledků k těmto úlohám a úkolům. Protože teprve tehdy tato sebereflexe plní motivační funkci, pokud si žák svůj výkon může zkontrolovat.

Tab. 3: Vzorová tabulka pro hodnocení učebnic chemie

Vzor			
	Hodnocená kritéria	Bodové hodnocení	
OBSAH	Rozsah učiva	5	15
	Přiměřená obtížnost pro SŠ	5	
	Odborná správnost	5	
STRUKTURA	Srozumitelnost	5	15
	Přehlednost	5	
	Souvislý text	5	
NÁZORNOST	Obrázky	5	10
	Tabulky	5	
SEBEREFLEXE	Otázky a úkoly	5	10
	Správné odpovědi a výsledky	5	
	Celkový počet bodů		50

Analýza tématu chemická vazba ve vybraných středoškolských učebnicích

Pro analýzu bylo vybráno pět nejčastěji využívaných učebnic na středních školách. Vybrané literární tituly:

- MAREČEK A., HONZA J. (2000): Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl. Nakladatelství Olomouc, Olomouc.
- VACÍK J. (1999): Přehled středoškolské chemie. 4. vyd., v SPN - pedagogickém nakl. 2. vyd.: SPN - pedagogické nakladatelství, Praha.
- FLEMR V., DUŠEK B. (2007): Chemie obecná a anorganická I pro gymnázia 2. vyd., v SPN – pedagogickém nakl. 2. vyd.: SPN – pedagogické nakladatelství, Praha
- BENEŠOVÁ M. et al (2002): Odmaturuj! z chemie, Didaktis, Brno

- RŮŽIČKOVÁ K., KOTLÍK B. (2011): Chemie v kostce pro střední školy. Fragment, Praha.

1. Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl

Tab. 4: Chemie pro čtyřletá gymnázia 1 díl

Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl			
	Hodnocená kritéria	Bodové hodnocení	
OBSAH	Rozsah učiva	5	14
	Přiměřená obtížnost pro SŠ	5	
	Odborná správnost	4	
STRUKTURA	Srozumitelnost	5	15
	Přehlednost	5	
	Souvislý text	5	
NÁZORNOST	Obrázky	5	5
	Tabulky	0	
SEBEREFLEXE	Otázky a úkoly	5	10
	Správné odpovědi a výsledky	5	
	Celkový počet bodů		44

Učebnice **Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl** splňuje všechny stanovené body k tématu chemická vazba, rozsahem však převyšuje požadavky na žáka střední školy. Text je až na některé pasáže přiměřeně obtížný a srozumitelný. I když je učebnice psaná jako souvislý text bez odrážek, tak je velmi přehledná. Kladně hodnotím zvláště důležité pojmy, které žákům usnadňují orientaci v textu. Učebnice obsahuje spousty tabulek a obrázků, které se snaží přiblížit probíranou látku. Jako jedna z mála učebnic obsahuje otázky a úkoly pro tvorbu sebereflexe. Na konci učebnice se nachází i správné odpovědi k těmto úlohám. Navíc k edici těchto učebnic byla vydána *Sbírka řešených příkladů z chemie*, kde se nachází další úlohy k procvičování. Celkově tato učebnice získala 49 bodů.

2. Přehled středoškolské chemie

Tab. 5: Přehled středoškolské chemie (Vacík)

Přehled středoškolské chemie			
	Hodnocená kritéria	Bodové hodnocení	
OBSAH	Rozsah učiva	5	13
	Přiměřená obtížnost pro SŠ	3	
	Odborná správnost	5	
STRUKTURA	Srozumitelnost	5	14
	Přehlednost	4	
	Souvislý text	5	
NÁZORNOST	Obrázky	5	10
	Tabulky	5	
SEBEREFLEXE	Otázky a úkoly	0	0
	Správné odpovědi a výsledky	0	
	Celkový počet bodů	37	

Učebnice **Přehled středoškolské chemie** obsahově splňuje veškeré stanovené body, ale dle mého názoru přesahuje požadavky na učivo pro žáka na střední škole. V některých kapitolách není učivo v souladu s jinými předměty např. v kapitole Molekulové orbitály, kde je zapotřebí mít větší matematické poznatky, než které žák v prvním ročníku má. Text je formulován náročnější formou, proto by tato učebnice byla více vhodná jako nástavba do vyšších ročníků. V učebnici převažuje souvislý text, ve kterém jsou důležité pojmy vyznačeny tučně. Styl obrázků a tabulek je sjednocený, ale na první pohled nezajímavý. Ve srovnání s dnešními grafickými možnostmi je učebnice zastaralá. Celkově zde chybí možnost provedení sebereflexe získaných poznatků. Tato učebnice získala v součtu 37 bodů.

3. Chemie obecná a anorganická I

Tab. 6: Chemie obecná a anorganická I

Chemie obecná a anorganická I			
	Hodnocená kritéria	Bodové hodnocení	
OBSAH	Rozsah učiva	5	15
	Přiměřená obtížnost pro SŠ	5	
	Odborná správnost	5	
STRUKTURA	Srozumitelnost	5	15
	Přehlednost	5	
	Souvislý text	5	
NÁZORNOST	Obrázky	5	10
	Tabulky	5	
SEBEREFLEXE	Otázky a úkoly	5	10
	Správné odpovědi a výsledky	5	
	Celkový počet bodů	50	

Učebnice **Chemie (obecná a anorganická)** je svým rozsahem poměrně adekvátní. Text je psán srozumitelně a je přiměřeně obtížný pro žáka střední školy. Dále je text rozdělen do dvou sloupců, které tak zvyšují přehlednost a snadnější orientaci. Učebnice je plná schémat, obrázků a tabulek, které navíc obsahují i vysvětlivky. Důležité pojmy jsou zvýrazněné tučně. Velmi kladně hodnotím celkové shrnutí učiva na konci kapitol, na shrnutí dále navazují otázky a úlohy, kterými si žák může ověřit, zda dané látky rozumí. Správné řešení k těmto úlohám se nacházejí na konci učebnice. Učebnice celkově získala 50 bodů.

4. Odmaturuj! z chemie

Tab. 7: Odmaturuj z chemie

Odmaturuj z chemie			
	Hodnocená kritéria	Bodové hodnocení	
OBSAH	Rozsah učiva	5	15
	Přiměřená obtížnost pro SŠ	5	
	Odborná správnost	5	
STRUKTURA	Srozumitelnost	5	15
	Přehlednost	5	
	Souvislý text	5	
NÁZORNOST	Obrázky	1	1
	Tabulky	0	
SEBEREFLEXE	Otázky a úkoly	0	0
	Správné odpovědi a výsledky	0	
	Celkový počet bodů		31

Učebnice **Odmaturuj! z chemie** je srozumitelně a poměrně čtivě napsaná. Obsahuje veškeré významné body k tématu chemická vazba. Celý text je přiměřeně obtížný, spíše lehčí. Učebnice je velmi přehledná, text je psaný za použití krátkých vět v odrážkách. Přehlednosti dále přispívá doplňující text nacházející se ve sloupci na pravé straně. Podkapitola chemická vazba obsahuje minimum obrázků a tabulky či schémata dokonce zcela chybí. Dalším nedostatkem je absence otázek a úkolů pro sebereflexi. Učebnice celkově získala 31 bodů.

5. Chemie v kostce

Tab. 8: Chemie v kostce

Chemie v kostce			
	Hodnocená kritéria	Bodové hodnocení	
OBSAH	Rozsah učiva	5	15
	Přiměřená obtížnost pro SŠ	5	
	Odborná správnost	5	
STRUKTURA	Srozumitelnost	4	11
	Přehlednost	5	
	Souvislý text	2	
NÁZORNOST	Obrázky	5	10
	Tabulky	5	
SEBEREFLEXE	Otázky a úkoly	0	0
	Správné odpovědi a výsledky	0	
	Celkový počet bodů		36

Učebnice **Chemie v kostce** obsahuje základní informace o všech požadovaných bodech učiva. Dále obsahuje minimum textu, který je buďto psaný heslovitě anebo v bodech, což snižuje celkovou srozumitelnost. Jednotlivé podkapitoly jsou přehledné, ale text není moc souvislý. Na konci každé podkapitoly jsou zdůrazněné pojmy, které by měl žák vědět. Kladně hodnotím přehlednost a názornost obrázků, grafů a schémat. V kapitole chemická vazba se sice nachází pár příkladů na určování tvaru molekul, tyto příklady jsou však už vypracované a zcela chybí jakákoliv možnost procvičování nebo tvorbu sebereflexe ve formě otázek a úkolů. Celkově tato učebnice získala 36 bodů.

4. PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Dotazník – nejnáročnější téma chemie

Pro potvrzení, nebo vyvrácení hypotézy, že chemická vazba je jedno z nejtěžších témat, jsem vytvořila dotazník, jehož cílem bylo zjistit, jak náročnost tématu chemické vazby vnímají samotní žáci. Samotný dotazník lze vidět na Obr. 8. Pro zjednodušení žáci nemuseli sestavit témata dle náročnosti, ale pouze měli za úkol vybrat tři libovolná témata, která vnímají jako nejnáročnější z uvedených nehledě na pořadí. Mohli vybírat celkem z 10 témat, která jsem sestavila na základě zkušeností a dostupné literatury středoškolské chemie. Témata můžete naléznout na Obr. 8.

Dotazníkové šetření bylo realizováno v rámci pedagogické praxe na vyšším gymnáziu. Vybraní žáci (3. ročník gymnázia, poslední ročník povinné chemie) tedy měli možnost zhodnotit a porovnat všechna uvedená témata, jelikož během svého studijního života se se všemi setkali. 3. ročník vyššího gymnázia je poslední ročník, kde je ještě chemie zařazena do povinného rozvrhu. Dotazník byl rozdán celkem 82 žákům.

Náročnost chemických témat

1. Jaká 3 témata jsou podle vás nejnáročnější?

- Struktura atomu
- Periodická soustava prvků
- Chemická vazba
- Chemická termodynamika
- Reakční kinetika
- Chemická rovnováha
- Uhlovodíky
- Deriváty uhlovodíků
- Názvosloví
- Vyčíslování chemických rovnic

Obr. 8: Dotazník týkající se náročnosti chemických témat pro středoškoláky.

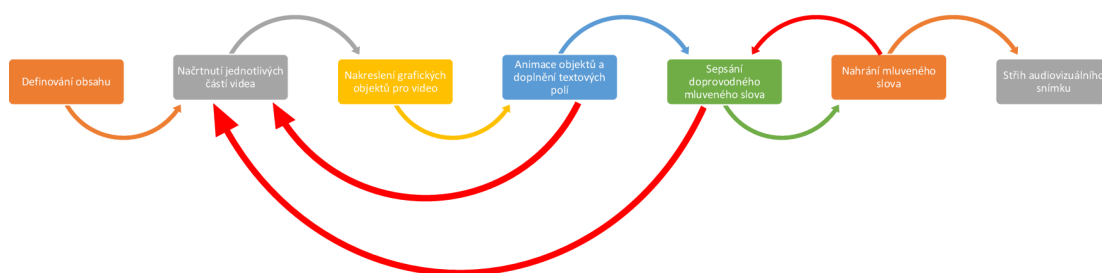
4.2 Tvorba videa jako studijního materiálu

Nejprve bylo potřeba rozmyslet samotný proces tvorby videa splňujícího předpoklad, že se zároveň jedná o studijní materiál. Kroky podniknuté pro efektivní a úspěšný proces tvorby videa byly následující:

1. definování obsahu,
2. načrtnutí jednotlivých částí videa,
3. nakreslení grafických objektů pro video,
4. animace objektů a doplnění textových polí,
5. sepsání doprovodného mluveného slova,
6. nahrání mluveného slova,
7. stříh audiovizuálního snímku.

Celý proces neprobíhal čistě lineárně z jednoho kroku na druhý, ale v některých fázích jsem objevila nové souvislosti nebo dostala podněty, které mě donutily upravit

vzhled a obsah jednotlivých částí videa. Proto jsem se vrátila ke druhému kroku, upravila skici a následně zase pokračovala dle schématu na Obr. 9. Kroky, ze kterých jsem se k úpravě skic vracela, byly kroky 4 a 5, tedy animace objektů a doplnění textových polí a sepsání doprovodného mluveného slova. Další fází, kde jsem se vrátila k předešlému kroku, byla fáze 6, čili nahrání mluveného slova, kdy jsem upravovala stylistiku a složení vět, aby mluvený projev byl srozumitelnější.



Obr. 9: Schéma procesu tvorby videa jako studijního materiálu.

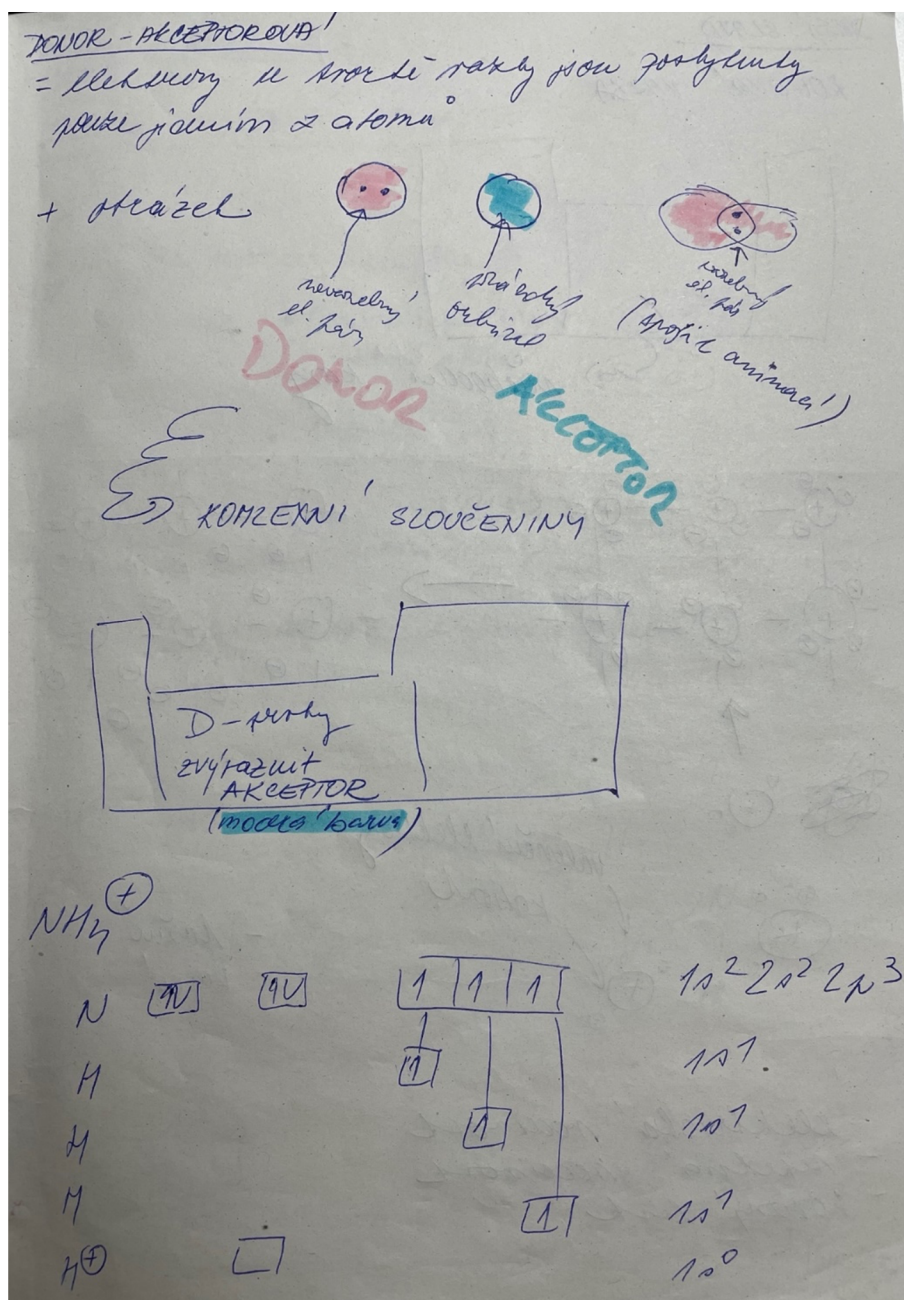
4.2.1 Definování obsahu

První krok celého procesu, tedy definování obsahu, který bude výsledné video obsahovat, vycházel zejména z odborné literatury a RVP. Na základě těchto dvou zdrojů jsem určila podtémata, která by měla být ve videu vysvětlena. Těmito podtématy jsou:

- definice chemické vazby,
- podmínky vzniku chemické vazby,
- typy chemické vazby a
- slabé vazebné interakce.

4.2.2 Načrtnutí jednotlivých částí videa

Na základě prvního kroku jsem se snažila zvizualizovat své myšlenky. Co by měl jednotlivý moment videa obsahovat, v jakém pořadí, s jakou doprovodnou animací a s jakým rozvržením na plátně, jsem jednoduše kreslila tužkou na papír v chronologickém pořadí. Jak takové zhmotnění myšlenkového procesu probíhalo, můžete vidět na Obr. 10. Výsledkem prvního kroku byly náčrty jednotlivých částí videa, které sice nebyly přesně zakreslené, ale na druhou stranu byly detailně obsáhlé. Sloužily jako hlavní zdroj informací pro následující kroky.



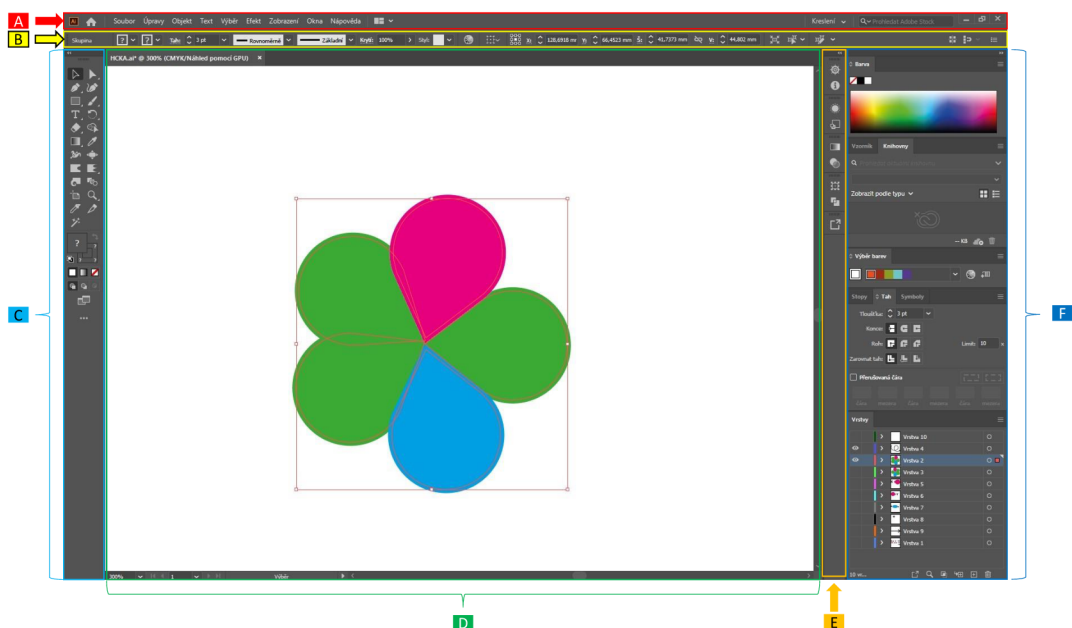
Obr. 10: Ukázka náčrtku pro animaci.

4.2.3 Nakreslení grafických objektů pro video

Prvotní náčrty byly provedeny na objekty v digitálních prostředí. Jako vhodný nástroj pro tento účel se ukázal být software Adobe Illustrator. Je to editor vektorové grafiky, který umožňuje nejen kreslit grafické prvky jakéhokoliv tvaru a složitosti, ale také kupříkladu import prvků, které uživatel nakreslí na papír.

Příručka uživatele Adobe Illustrator (Adobe 2007) popisuje vektorovou grafiku následovně: „Vektorové grafiky (někdy také nazývané *vektorové tvary* nebo *vektorové objekty*) jsou tvořeny čarami a křivkami definovanými matematickými objekty nazývanými *vektory*, které popisují obraz podle jeho geometrických vlastností. Vektorové grafiky můžete libovolně přemísťovat nebo měnit bez ztráty detailů nebo zřetelnosti, protože jsou nezávislé na rozlišení – zachovávají si ostré hrany i při změně velikosti, při tisku na PostScriptové tiskárně, při uložení do souboru PDF, nebo při importu do aplikace pracující s vektorovou grafikou. V důsledku toho jsou vektorové grafiky nejlepší volbou pro kresby, jako jsou například loga, které budou používány v různých velikostech a pro různá výstupní média.“

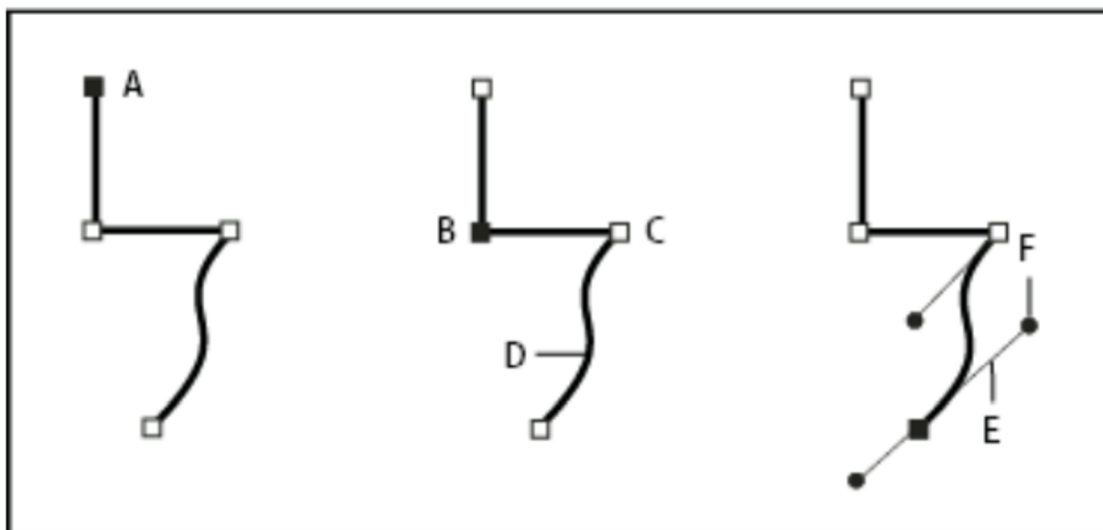
Pracovní plocha je rozdělena do několika různých prvků. Tyhle prvky jsou ukázány a pojmenovány na Obr. 11. Horní pruh nabídek obsahuje nabídky příkazů. Panel nástrojů obsahuje nástroje pro vytváření a úpravu grafických prvků, související nástroje mohou být uspořádány do jednoho seskupení. Pruh voleb obsahuje volby pro vybraný nástroj. Okno dokumentu zobrazuje pracovní soubor, např. na Obr. 11 se jedná o skupinu vektorů znázorňující atomové orbitály. Panely (někdy také palety) v pravé části obrazovky pomáhají monitorovat a upravovat soubor, na Obr. 11 můžeme vidět paletu barvy, pomocí které můžeme upravovat barvy objektů, paletu tahu, kde lze zvolit zakončení vektoru, nebo paletu vrstev, která umožňuje např. zobrazovat a skrývat jednotlivé vrstvy.



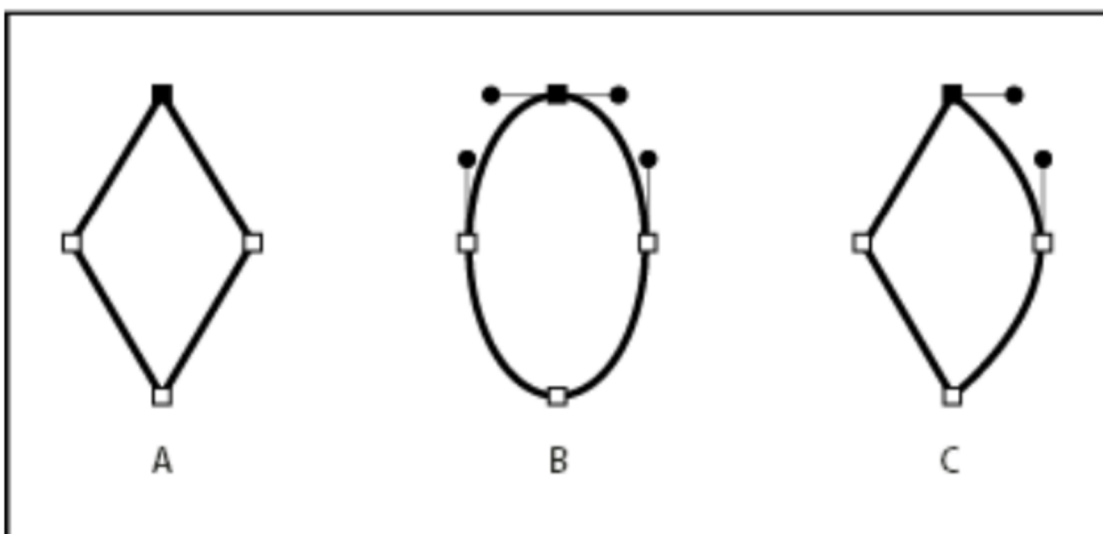
Obr. 11: Pracovní plocha Adobe Illustrator rozdělená do několika různých prvků: A – pruh nabídek, B – pruh voleb, C – paleta nástrojů, D – okno dokumentu, E – ukotvené panely sbalené do ikon a F – skupina tří palet (panelů) ve svislé zásuvce.

Účel, kvůli kterému jsem využila Adobe Illustrator, bylo nakreslení grafických prvků, které v následujících krocích mohu použít. Kreslení v programu probíhá pomocí nástrojů, zmíním zde alespoň část z nich: pero, oblouk, spirála, elipsa, mnohoúhelník, hvězda, tužka, čára. Pro úpravu tvarů lze pak použít následující nástroje: výběr, kouzelná hůlka, laso, otočení, zrcadlení, změna velikosti, zkosení, změna tvaru, pokřivení, prolnutí, oblast oříznutí, guma, ručička, lupa. Zvolení nástroje záleží na požadovaném tvaru a složitosti grafického prvku, ale také na schopnostech a zkušenostech uživatele. Nebudu popisovat postup nakreslení jednotlivých objektů, jelikož by popis musel být velice obsáhlý a nejedná se o hlavní téma této diplomové práce.

Nicméně obecně popíšu alespoň mnou nejčastěji používané nástroje pro kreslení, a to sice pero, čáru a přidání kotevního bodu. Využitím zmíněných nástrojů lze vytvořit tzv. *cesty*, což jsou vektory, které lze následně modifikovat. Pomocí kotevních bodů lze cesty rozdělit na menší části (segmenty). Pomocí směrových úseček a bodů lze upravovat zakřivení jednotlivých segmentů (viz Obr. 12). Kotevní body jsou dvojího druhu – rohové a hladké. Rozdíl mezi těmito druhy kotevních bodů je zobrazen na Obr. 13.

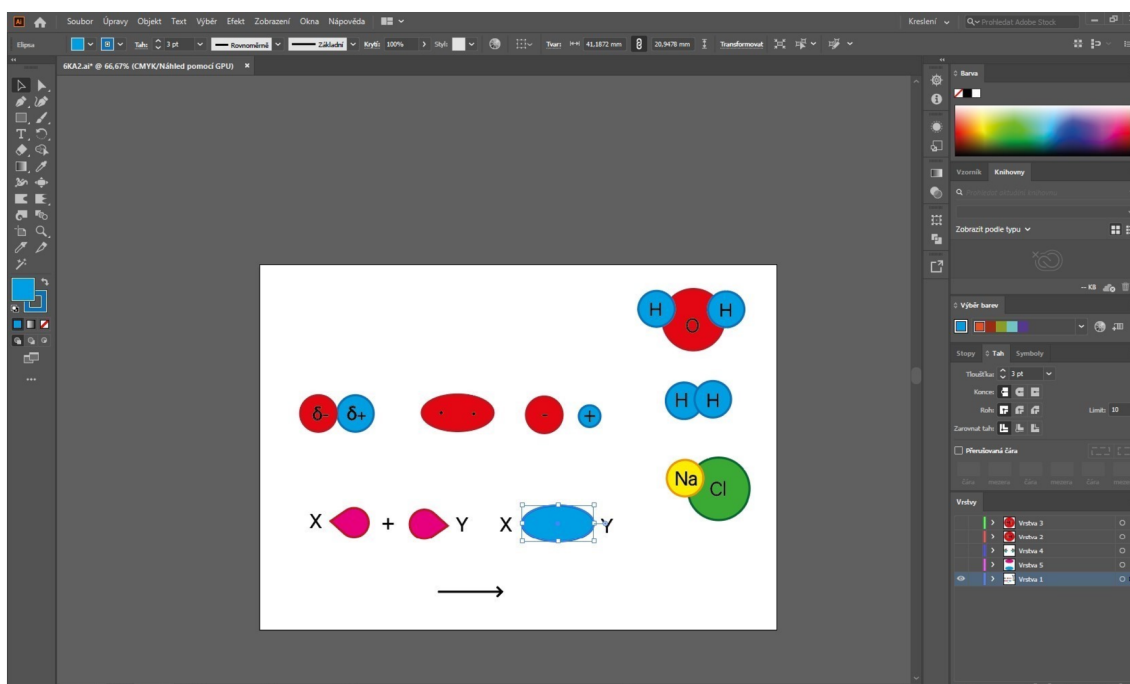


Obr. 12: Možnosti nakreslení (upravení) cesty v Adobe Illustrator. A – vybraný (plný) koncový bod, B – vybraný kotevní bod, C – nevybraný kotevní bod, D – zakřivený segment cesty, E – směrová úsečka, F – směrový bod. Převzato z (Adobe 2007).



Obr. 13: Obrazce vytvořené pomocí různých druhů kotevních bodů. A – obrazec se čtyřmi rohovými body, B – obrazec se čtyřmi hladkými body, C – obrazec kombinující rohové a hladké body. Převzato z (Adobe 2007).

Vytvořené obrazec lze dále např. vybarvit nástrojem plechovka. Samozřejmostí je možnost vložení textového prvku pomocí nástroje text. Lze upravovat font textu, jeho velikost nebo umístění. Na Obr. 14 je ukázán moment z tvorby molekulových schémat, kde jsou využity nejen vektorové grafiky, ale také textová pole. Abych dokončené grafické prvky mohla použít v následujících krocích, nakonec jsem je exportovala do souboru formátu PNG.



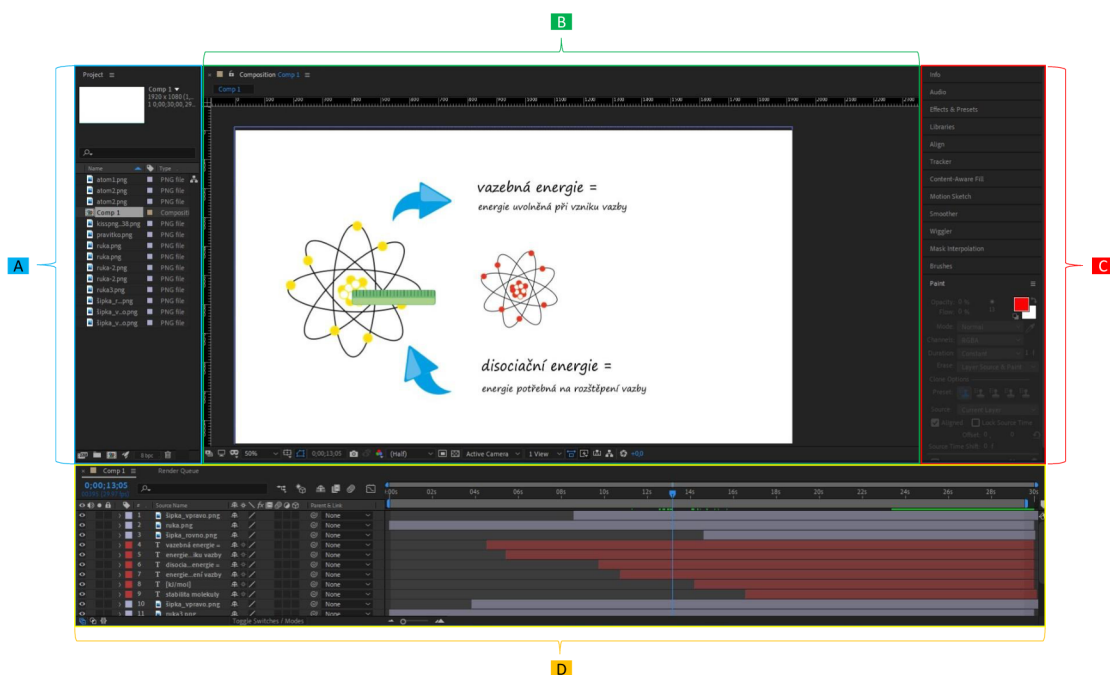
Obr. 14: Pracovní plocha Adobe Illustrator vyobrazující tvorbu molekulových schémat.

4.2.4 Animace objektů

Jakmile jsem měla nakreslené objekty, které jsem chtěla zobrazit ve výsledném videu, mohla jsem je rozhybat pomocí animačního programu Adobe After Effects. V tomto programu je možné tvořit tzv. *projekty*, což je soubor prvků a pravidel pro jejich animaci. Tyto soubory nazýváme kompozice. Stejně jako v minulé kapitole zde nebudu vysvětlovat podrobně tvorbu jednotlivých kompozic, nicméně postup vysvětlím alespoň rámcově a zmíním nejdůležitější kroky a nástroje.

V mém případě bylo potřeba nejprve importovat jednotlivé prvky, které jsem vytvořila v předcházejícím kroku. Po importu, se jednotlivé soubory zobrazí v souboru prvků (viz Obr. 15). Položky v souboru prvků lze poté libovolně vkládat do kompozice. Jakmile je prvek vložený do kompozice, zobrazí se také tzv. *renderovací frontě*. V renderovací frontě vidíme časování zobrazení jednotlivých prvků v kompozici. Je zde také možné znázornit si nějaký prvek jinou barvou. Renderovací fronta napomáhá uživateli řízení tvorby kompozice, lze zde také vidět překrytí jednotlivých prvků, jejich čas vzniku nebo zániku.

Nejdůležitějším nástrojem pro účely této diplomové práce byla nepochybně tzv. *skica pohybu*. Tímto nástrojem může uživatel vykreslit pohyb jednotlivých prvků a následně tomuto pohybu nastavit pravidla, jako je např. rychlost pohybu. Způsob tvorby pohybové skici v Adobe After Effects lze přirovnat k tvorbě cesty v Adobe Illustrator, kterou jsem popsala v předchozí kapitole 4.2.3. Skicu pohybu lze nakreslit úplně, nebo využít tzv. klíčových snímků, což jsou pouze jakési body a pohyb mezi těmito body je interpolován. V tomto kroku jsem také vytvořila efekt ruky, která píše nebo kreslí jednotlivé textové či grafické objekty, a doplnila textová pole. Z této fáze jsem se několikrát vrátila až ke druhému kroku procesu, jelikož mě napadly nové souvislosti a některé části videa jsem upravovala.



Obr. 15: Pracovní plocha Adobe After Effects. A – soubor prvků projektu, B – okno kompozice, C – panel nástrojů, D – renderovací fronta.

V mém postupu jsem vytvořila pouze části výsledného videa. Jednotlivé projekty vytvořené v Adobe After Effects jsem vyrenderovala a uložila do souboru ve formátu AVI.

4.2.5 Sepsání doprovodného mluveného slova

Jakmile jsem měla jednotlivé části videa vytvořené, spouštěla jsem si je v chronologickém pořadí a sepisovala doprovodný mluvený projev. Výsledkem byl tedy

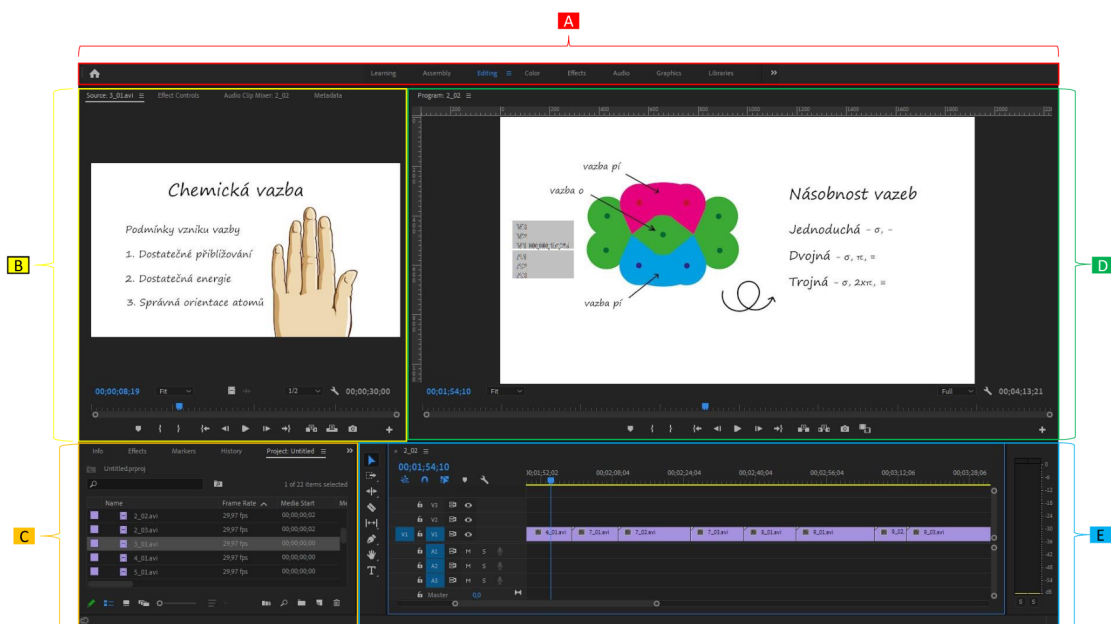
projev, který obsahoval každé slovo, které jsem v následujícím kroku plánovala vyslovit. Z tohoto kroku jsem se několikrát vrátila až ke kroku druhému, protože mě napadlo několik podnětů, jak výsledné video vylepšit.

4.2.6 Nahrání mluveného slova

Sepsaný projev jsem v tomto kroku nejprve přečetla bez nahrávání, abych si mluvené slovo natrénovala a ujasnila styl a intonaci projevu. Následně jsem projev nahrávala. Pokud jsem se přeřekla nebo se mi nějaká část nejevila jako dobrá, tak jsem ji v dané nahrávce zopakovala. První nahrávku jsem po nahrání celou poslechla a pasáže, kde se mi přednes nelíbil, namluvila znovu na druhou nahrávku. Obě nahrávky jsem posléze poslechla ještě jednou a zapsala si části, kdy se mi vlastní projev jevil jako srozumitelný a správný. Tyhle momenty jsem sepsala do časové osy a poskládala výslednou sekvenci jednotlivých částí audiozáznamu.

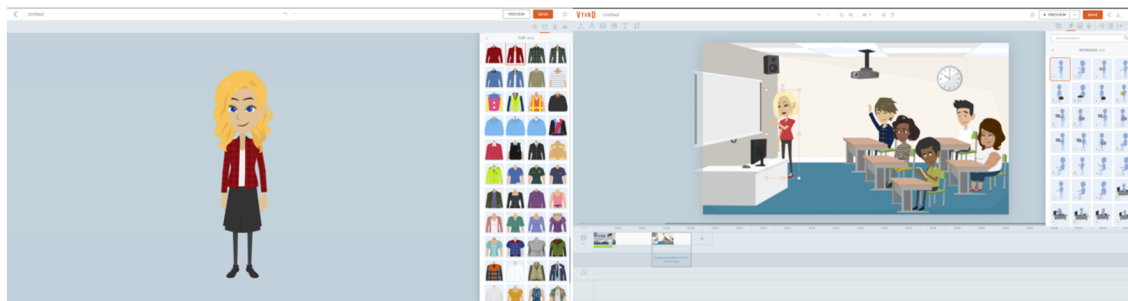
4.2.7 Střih audiovizuálního snímku

Téměř poslední fází celého procesu tvorby videa je střih pomocí video editoru Adobe Premiere Pro. Přestože program umožňuje upravovat barvy klipů a tvořit různé efekty, cílem tohoto kroku v mé diplomové práci je spojit dosud vytvořené animace a nahraný mluvený projev tak, aby vznikl ucelený audiovizuální snímek. Pro tyto účely jsem pracovala výhradně v pracovním prostředí editing (viz Obr. 16). Právě v prostředí editing, neboli střih, je možné uspořádat importované klipy do požadované sekvence. Každou sekvenci je možné rozdělit, zrychlit, zpomalit nebo zkrátit zleva i zprava. Prvky je možné i překrývat, čehož se využívá při vkládání audia. Jakmile bylo video sestříháno, zbývalo už pouze zkontrolovat výsledek opakovaným shlédnutím.

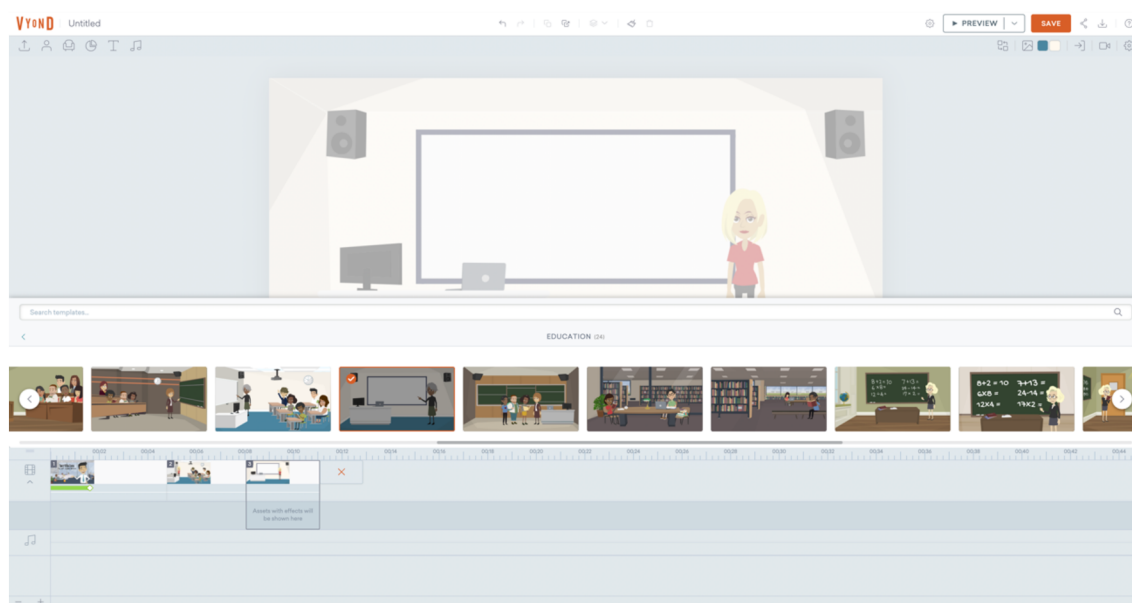


Obr. 16: Pracovní plocha Adobe Premiere Pro. A – pruh nabídek, B – náhled kompozice, C – soubor kompozic projektu, D – náhled projektu, E – renderovací fronta.

Nechtěla jsem, aby video sestávalo pouze z momentů, kdy je popisováno nebo vysvětlováno téma. Abych do videa přidala dynamiku a hravost, využila jsem pro finální střih videa internetový program Vyond. Ten umožňuje tvořit videa s využitím předdefinovaných animací a objektů, zároveň umožňuje import videí či obrázků. Chtěla jsem video zasadit do prostoru třídy, kde pedagog vysvětluje látku. Toho jsem docílila právě pomocí Vyondu, kdy jsem upravila předlohu a importovala vytvořené video. Vyond umožňuje sestavit charakter, zasadit jej do situace a prostředí (viz Obr. 17 a Obr. 18). Následně jsem pouze nastavila požadovanou sekvenci předlohy a videa a výsledné video pro účely studijního materiálu uložila a exportovala do formátu MP4.



Obr. 17: Prostředí online softwaru Vyond – sestavení charakteru a zasazení do prostoru.



Obr. 18: Prostředí online softwaru Vyond – přidání nové scény.

Video lze zhlédnout na tomto odkazu: <https://youtu.be/TMkUVjKw-zE>.

4.3 Vytvoření VSEPR diagramu

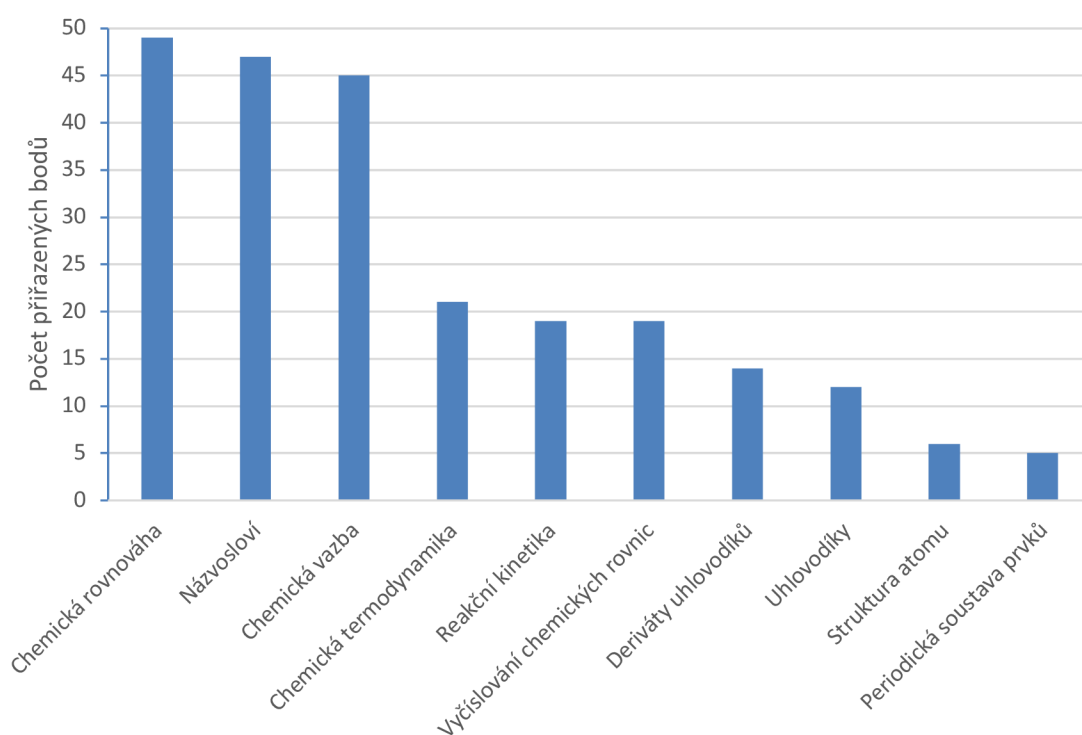
Jako poslední aktivitu v rámci praktické části diplomové práce řadím vytvoření diagramu VSEPR. V dostupné literatuře jsem nenašla takový diagram, který by teorii znázorňoval jednoduše, tj, ve formě tabulky se sloupci tzv. AXE vzorce, pojmenování molekulové geometrie, vazebný úhel a molekulový tvar, a zároveň vizuálně s využitím barevných molekulových tvarů. Proto jsem diagram vytvořila nový dle mých vlastních požadavků. Diagram je uveden v teoretické části diplomové práce v kapitole 3.1.7 (viz Obr. 6).

5. DISKUZE A VÝSLEDKY

5.1 Dotazník náročnosti chemických témat

Přestože byl dotazník tázající se na nejnáročnější témata středoškolské chemie podán celkem 82 žákům, platných jich bylo pouze 79. Každý disponoval třemi hlasy a měl je přiřadit těm tématům, která vnímá jako nejnáročnější. Celkem tedy bylo rozděleno 237 bodů. Vyhodnocení proběhlo tak, že se sečetly celkové body jednotlivých témat a následně byla témata seřazena podle celkového množství přiřazených bodů.

Dotazník ukázal, že žáci vnímají jako nejnáročnější témata chemickou rovnováhu, názvosloví a chemickou vazbu. Chemická vazba se umístila na třetím místě s celkovým počtem 45 bodů. Na prvním místě se umístila chemická rovnováha se 49 body a na druhém názvosloví s 47 body. Na opačném konci pak bylo téma periodické soustavy prvků s pouhými 5 body a struktura s 6 body. Ostatní témata obdržela body v rozmezí 12 až 21. Graficky znázorněné výsledky můžete vidět na Obr. 19.



Obr. 19: Výsledky dotazníku nejnáročnějších témat středoškolské chemie.

Dotazník potvrdil mou hypotézu, že chemická vazba je pro studenty náročné téma. Přestože je chemie exaktní věda, kvůli své náročnosti se může jevit pro žáky středních škol jako velice abstraktní. Témata chemie se často věnují jevům, které si není možné nijak osahat. Chemické vazbě můžeme tyto přívlastky přiřadit. I proto je podle mě zrovna chemická vazba na předních příčkách náročnosti.

5.2 Přínos videa jako vzdělávacího materiálu

Každý student nejenže má jinou úroveň chápání, vnímání a schopnost učit se, ale zároveň má také jiné požadavky na metodu a techniku učitele. Tomuto tématu se odborná literatura věnuje podrobně a vyšly z ní různé typy posluchačů (Pashler et al. 2008; Ormrod 2013). Patrně nejznámějším rozdělením posluchačů na jednotlivé typy, je metoda VARK. (Fleming 1995) tvrdí, že posluchači mají 4 oblasti vnímání, podle kterých jsou schopni si dlouhodobě zapamatovat látku s různou mírou. V našich systémech je nejčastější metodou pro učení metoda čtení. Nicméně nemusí se jednat o metodu nejefektivnější. Fleming rozděluje způsoby, pro které mají posluchači preference k přijímání informací, na následující:

- V (z anglického visuals) – vizuální, obrazový nebo zrakový,
- A (z anglického aural) – auditivní nebo sluchový,
- R (z anglického read) – verbální nebo slovní,
- K (z anglického kinesthetics) – pohybový.

Studenti, u kterých dominuje styl učení V, se nejefektivněji učí tehdy, když jsou jim informace podávány neverbálně pomocí obrazového materiálu. Nejlépe si zapamatují informace předané formou obrázků, grafů, schémat, diagramů, map, fotografií, videí nebo filmů. Také jim pomáhá zdůrazňování textových částí graficky např. s využitím šipek, podtržení nebo podbarvení. Učivo si pamatují pomocí zraku.

Auditivní posluchači preferují přijímání informací pomocí sluchu. Preferují proto přednášky, nahrávky mluveného slova nebo dialog. Text si rádi čtou nahlas, protože jim to pomáhá k zapamatování.

Pro verbální skupinu žáků je nejefektivnější, když mohou informace přijímat z psaného slova. Čtení textu někdy doplňují zapisováním poznámek. Mnohdy si dokážou text fotograficky zapamatovat.

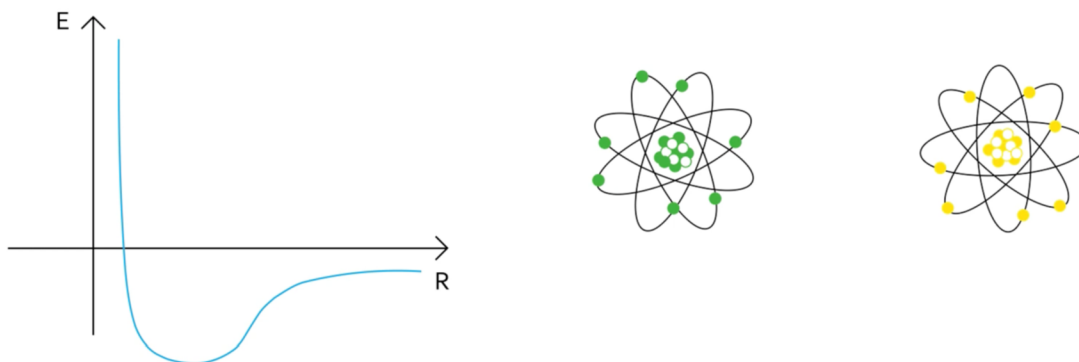
Poslední skupina tzv. kinestetiků se nejefektivněji učí využitím co nejvíce smyslů včetně dotyku, poslechu, čichu, chuti, pohledu. Potřebují s informacemi něco dělat, vyzkoušet si je, ověřit, pohybovat, dotýkat se. Učenou látku si potřebují prakticky vyzkoušet. Preferují metodu pokusu a k porozumění jim napomáhají přirovnání, metafory nebo příklady z praxe.

V praxi by bylo velice neefektivní, kdyby učitel nejprve zjistil, do jaké skupiny jeho studenti patří, rozřídil je, upravil metodu a techniku vyučování dané látky pro konkrétní třídy a poté učil každou skupinu zvlášť. Navíc i tento postup by nemusel přinést nejlepší výsledky, jelikož studenti často nejsou zařazeni pouze do jedné ze skupin, nedá se říct, že jejich preference k jednotlivým metodám by byly binární. Naopak jejich preference se liší mírou a může existovat student, jenž dokáže efektivně přijímat informace auditivně a zároveň vizuálně.

Video vzniklé v rámci předložené práce je sestaveno tak, aby z něj mohli efektivně čerpat 3 skupiny posluchačů dle metody VARK. Každé podtéma je podpořeno grafickým obsahem v podobě obrázků nebo grafů, textovým obsahem zdůrazňujícím nejdůležitější informace, a navíc také mluveným přednesem. Příklad momentu z videa můžete vidět na Obr. 20, kde je mluvené slovo podpořeno vypíchnutím podmínky pro vytvoření chemické vazby textovou formou a následné přiblížení atomů zobrazeno pomocí grafu a obrázků.

Chemická vazba

Dostatečné přiblížení a energie



Obr. 20: Výstřížek z videa, ve kterém se popisuje jedna z podmínek vytvoření chemické vazby.

Každé podobně sestavené video tedy uspokojí 3 ze 4 skupin posluchačů, pouze kinestetikové mohou mít problém s učením. Vybrat vhodnou techniku a metodu pro vyučování tématu chemické vazby pro skupinu pohybových žáků je ale velice problematické, ne-li nemožné. Video jakožto vzdělávací materiál pro studenty považují za velice dobrou metodu nejen z výše uvedených důvodů. Kromě toho to může být pro žáky zpestření běžných frontálních hodin. Pokud se video studentům zpřístupní, mohou si jej navíc pustit kdykoliv a kdekoliv, např. před závěrečným testem si mohou látku jednoduše zopakovat, aniž by museli být ve škole. V běžné vyučovací hodině se navíc může stát, že studenta něco vyruší, nějaké informace nepostřehne, ale bojí se učitele zeptat, aby se k informaci vrátil nebo ji vysvětlil znovu. V případě videa se jednoduše vrátí o několik momentů nazpět. Pokud učitel absentuje, může zastupující pedagog hodinu nahradit právě videem k dané látce, aniž by do hloubky tématu rozuměl. Další výhodou je detailní příprava na složité téma, které žáci mohou chápat velice špatně a pro pochopení potřebují grafické doplnění. V případě takto náročných témat si žáci navíc mohou látku kdykoliv připomenout.

5.3 Náročnost tvorby videa

Přestože video vytvořené pro vzdělávací účely má pro žáky mnoho výhod, pro pedagoga to již tak jednoznačné není. Tvorba videa je velice náročný proces, a to jak časově, tak také znalostně a nákladově. Celý proces popsany na Obr. 9 totiž počítá s tím, že uživatel má dostupný software a je znalý postupů a technik, jak video vytvořit. Pokud tyto dva faktory vynecháme, i tak byla časová náročnost na tvorbu videa pro výukové účely na téma chemická vazba výrazná. Tvorba videa trvala celkem 32,5 hodin čistého času. Rozdělení náročnosti podle jednotlivých fází je uvedeno v Tab. 9. Kdybychom přičetli čas potřebný k seznámení se s jednotlivým softwarem, tento celkový čas by se jistě znásobil. Časová náročnost se sice mění podle zpracovávaného tématu, nicméně i jednoduché téma se bude jistě pohybovat spíše v rozmezí desítek nežli jednotek hodin čistého času.

Tab. 9: Časová náročnost jednotlivých fází procesu tvorby videa.

Část procesu	Časová náročnost (hod)
Definování obsahu	4,0
Načrtnutí jednotlivých částí videa	6,0
Nakreslení grafických objektů pro video	8,5
Animace objektů a doplnění textových polí	8,0
Sepsání doprovodného mluveného slova	2,0
Nahrání mluveného slova	3,0
Střih audiovizuálního snímku	3,0

Kromě náročnosti na čas, může být celý proces také nákladný na finance. V mnou popsaném procesu bylo využito následujícího softwaru: Adobe Illustrator, Adobe After Effects, Adobe Premiere Pro a Vyond. Programy od společnosti Adobe lze zakoupit na měsíční bázi nebo v ročním předplatném, stejnými způsoby lze zakoupit také přístup do

programu Vyond. Potenciální měsíční náklady jsou uvedeny v Tab. 10. Pokud by se povedlo tvorbu videa zorganizovat do časového rámce jednoho měsíce, licence pro jednotlivý software by celkově stály 3 870 Kč při zakoupení licencí pouze na jeden měsíc, nebo 2 4210 Kč na měsíc v případě ročního předplatného. Hodnotit finanční náročnost tvorby videa, ale není jednoznačné, jelikož školy mohou mít software k dispozici i pro jiné účely, nebo mohou využívat alternativních programů s jinou cenou licencí. Existují také bezplatné alternativy zmíněného softwaru (kromě Vyondu).

Tab. 10: Finanční náročnost na jednotlivý software použitý při tvorbě videa.

Software	Poplatek při zakoupení licence pouze na měsíc (Kč)	Měsíční poplatek při zakoupení licence na rok (Kč)
Adobe Illustrator	930	620
Adobe After Effects	930	620
Adobe Premiere Pro	930	620
Vyond	1 080	550

Patrně největším příspěvkem k celkové náročnosti tvorby videa je ovšem nutnost naučit se video vytvořit. To vyžaduje nejen kreativní schopnosti, které se nelze naučit, ale také technické schopnosti. Naučit se vytvořit video může trvat desítky hodin a jedná se o činnost, se kterou se nejspíše žádný pedagog neseťkal ani v rámci vysokoškolského, ani následujícího profesního vzdělávání.

5.4 Dostupnost videí jako vzdělávacích materiálů

Jelikož jsem video pro vzdělávací účely zhodnotila jako velice přínosné pro žáky, ale zároveň náročné na přípravu pro pedagogy, rozhodla jsem se udělat také výzkum veřejně dostupných materiálů k tématu chemické vazby. Na stránkách ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT 2021) lze nalézt sekci určenou pro pedagogy pro účely výuky na dálku. V téhle sekci ministerstvo doporučuje zdroje pro výuku jednotlivých předmětů, chemie nechybí. Ovšem pokud budete hledat materiál pro výuku

chemické vazby, až na jednu výjimku budete hledat marně. K tématu chemické vazby se dostanete pouze přes jeden odkaz uvedený v doporučených zdrojích, a to sice přes odkaz vedoucí na VŠCHT e-learning pro SŠ (VŠCHT 2021). I tak je obsáhlost tohoto zdroje sporná.

Pokud byste hledali pouze videozdroje, stránky ministerstva vás odkážou na tento článek (Michal Ostrý 2019). V něm jsou uvedeny různé zdroje, na kterých lze nalézt videa, jež lze potenciálně využít ke vzdělávacím účelům. Z těchto zdrojů jsem pro výzkum vybrala následující jako relevantní: NEZkreslená věda, Na ubrousek, Na potítku nebo Vědecké kladiivo. Tyto zdroje jsem ještě rozšířila o ČT edu. Bohužel téma chemické vazby nenajdete ani v jednom z uvedených zdrojů. Ve většině případů jsou zpracována buďto témata relativně jednoduchá pro výuku nebo videa věnující se zajímavostem či aktualitám.

Při výzkumu jsem byla až překvapena úrovní materiálů, které ministerstvo doporučuje. Zároveň bych očekávala v době, kdy kvůli pandemii covid-19 byli žáci dlouhé týdny odkázáni na distanční výuku, lepší přístupnost a systematičnost pro hledání zdrojů pro pedagogy. Věřím, že by jim to výrazně ulehčilo práci.

Díky výše zmíněným poznatkům ohledně videa jako výukového materiálu (pozitivní přínos pro žáky, velká náročnost na tvorbu pro pedagogy, nedostupnost některých témat mezi ministerstvem doporučenými zdroji) jsem usoudila, že by bylo vhodné celý proces centralizovat. Domnívám se, že MŠMT by mělo zrevidovat dostupnost zdrojů, prioritizovat témata pro tvorbu videí a následně zorganizovat tvorbu videí, která by následně byla dostupná všem pedagogům v Česku. Touto cestou by se zlepšila dostupnost výukových videí, která by měla dle mých poznatků přínos pro žáky nejen středních škol, a zároveň by odpadla náročnost na tvorbu videí pro jednotlivé pedagogy. Dokonce si dokážu představit model, kdy by pedagogové (v případné spolupráci s profesionály z oboru videografiky) byli odměňováni za tvorbu videí, která by následně byla veřejně publikována v rámci programu MŠMT. Takovým způsobem by celá tvorba byla poměrně dobře škálovatelná.

6. ZÁVĚR

Cíli této diplomové práce bylo především vypracovat přehled stavu výuky chemie na téma chemická vazba prostřednictvím analýzy dostupné literatury, vytvořit názorný studijní materiál ve formě videa pro výuku tématu chemické vazby a následné zhodnocení přínosu takového studijního materiálu. Kromě toho byl úvod práce věnován teorii zabývající se chemickou vazbou, byly vysvětleny jak základy, tak také širší souvislosti.

Velká část didaktické práce byla věnována prvnímu cíli této práce, tj. analýze dostupné literatury pojednávající o chemické vazbě. Na základě předem definovaných pravidel bylo hodnoceno celkem 5 učebnic chemie. Nejlepšího výsledku dosáhla Chemie obecná a anorganická I pro gymnázia autorů (Flemr and Dušek 2007), která dosáhla maximálního možného skóre.

V rámci praktické části byl vypracován dotazník, který měl ověřit, s jakou mírou náročnosti studenti vnímají téma chemické vazby. To bylo srovnáno s dalšími 9 tématy a obsadilo celkově 3. místo. Nicméně jednoznačně se umístilo mezi nejnáročnější trojicí, kterou žáci vnímali jako výrazně náročnější než témata zbylá. Další praktickou částí bylo vytvoření VSEPR diagramu, který by byl více vizuální než jiné dostupné diagramy.

Největší část praktické části byla věnovaná samotné tvorbě videa. Proces tvorby videa je v práci popsán do takové míry, která odpovídá účelu práce. Video pro výukové účely je v práci hodnoceno jako velice přínosné pro žáky. Doporučuji zařadit video do výuky z čistě praktických důvodů, mezi které patří dostupnost, pomoc při vysvětlování těžkých témat, vizualizace problematiky a efektivita přenosu informací dle VARK metody. Na druhou stranu z práce vyplývá, že tvorba videa je velice náročný proces, který není v silách jednotlivých pedagogů. Celý proces by se měl centralizovat pod záštitou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Zároveň z práce vyplývá, že pro téma chemické vazby neexistuje veřejně dostupný zdroj, který by bylo možné s žáky sdílet a zároveň by splňoval všechny přednosti mnou vytvořeného videa.

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1: GRAF VZÁJEMNÉHO SILOVÉHO PŮSOBNÍ DVOU ATOMŮ V ZÁVISLOSTI NA VZDÁLENOSTI MEZI NIMI, KDE E JE POTENCIÁLNÍ ENERGIE SOUSTAVY DVOU ATOMŮ, R JE VZDÁLENOSTI MEZI JÁDRY ATOMŮ, R_0 JE DÉLKA CHEMICKÉ VAZBY A E_D JE DISOCIAČNÍ ENERGIE. PŘEVZATO Z (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	3
OBR. 2: SCHÉMA VZNIKU MOLEKULOVÝCH ORBITALŮ. UPRAVENO Z (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	12
OBR. 3: DIAGRAM MO MOLEKULY H_2 . PŘEVZATO Z (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	13
OBR. 4: ZNÁZORNĚNÍ INTERAGUJÍCÍCH ATOMOVÝCH ORBITALŮ (AO) A MOLEKULOVÝCH ORBITALŮ (MO) VZNIKLÝCH JEJICH PŘEKRYVEM. UPRAVENO PODLE (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	15
OBR. 5: POROVNÁNÍ TVARU MOLEKULY CH_4 VYPOČTENÉHO POMOCÍ TEORIE MO (VLEVO) A STANOVENÉHO EXPERIMENTÁLNĚ (VPRAVO). VZATO Z (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	17
OBR. 6: TVARY MOLEKUL DLE VSEPR. VYTVOŘENO PODLE (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	19
OBR. 7: CHEMICKÁ STRUKTURA BENZENU. VZATO Z REAXYS.	20
OBR. 8: DOTAZNÍK TÝKAJÍCÍ SE NÁROČNOSTI CHEMICKÝCH TÉMAT PRO STŘEDOŠKOLÁKY.	31
OBR. 9: SCHÉMA PROCESU TVORBY VIDEO JAKO STUDIJNÍHO MATERIÁLU.	32
OBR. 10: UKÁZKA NÁČRTKU PRO ANIMACI.	33
OBR. 11: PRACOVNÍ PLOCHA ADOBE ILLUSTRATOR ROZDĚLENÁ DO NĚKOLIKA RŮZNÝCH PRVKŮ: A – PRUH NABÍDEK, B – PRUH VOLEB, C – PALETA NÁSTROJŮ, D – OKNO DOKUMENTU, E – UKOTVENÉ PANELY SBALENÉ DO IKON A F – SKUPINA TŘÍ PALET (PANELŮ) VE SVISLÉ ZÁSUVCE.	35
OBR. 12: MOŽNOSTI NAKRESLENÍ (UPRAVENÍ) CESTY V ADOBE ILLUSTRATOR. A – VYBRANÝ (PLNÝ) KONCOVÝ BOD, B – VYBRANÝ KOTEVNÍ BOD, C – NEVYBRANÝ KOTEVNÍ BOD, D – ZAKŘIVENÝ SEGMENT CESTY, E – SMĚROVÁ ÚSEČKA, F – SMĚROVÝ BOD. PŘEVZATO Z (ADOBE 2007).	36
OBR. 13: OBRAZCE VYTVOŘENÉ POMOCÍ RŮZNÝCH DRUHŮ KOTEVNÍCH BODŮ. A – OBRAZEC SE ČTYŘMI ROHOVÝMI BODY, B – OBRAZEC SE ČTYŘMI HLADKÝMI BODY, C – OBRAZEC KOMBINUJÍCÍ ROHOVÉ A HLADKÉ BODY. PŘEVZATO Z (ADOBE 2007). ...	36
OBR. 14: PRACOVNÍ PLOCHA ADOBE ILLUSTRATOR VYOBRAZUJÍCÍ TVORBU MOLEKULOVÝCH SCHÉMAT.	37
OBR. 15: PRACOVNÍ PLOCHA ADOBE AFTER EFFECTS. A – SOUBOR PRVKŮ PROJEKTU, B – OKNO KOMPOZICE, C – PANEL NÁSTROJŮ, D – RENDEROVACÍ FRONTA.	38

OBR. 16: PRACOVNÍ PLOCHA ADOBE PREMIERE PRO. A – PRUH NABÍDEK, B – NÁHLED KOMPOZICE, C – SOUBOR KOMPOZIC PROJEKTU, D – NÁHLED PROJEKTU, E – RENDEROVACÍ FRONTA.	40
OBR. 17: PROSTŘEDÍ ONLINE SOFTWARE VYOND – SESTAVENÍ CHARAKTERU A ZASAZENÍ DO PROSTORU.	40
OBR. 18: PROSTŘEDÍ ONLINE SOFTWARE VYOND – PŘIDÁNÍ NOVÉ SCÉNY.	41
OBR. 19: VÝSLEDKY DOTAZNÍKU NEJNÁROČNĚJŠÍCH TÉMAT STŘEDOŠKOLSKÉ CHEMIE. .	42
OBR. 20: VÝSTŘÍŽEK Z VIDEA, VE KTERÉM SE POPISUJE JEDNA Z PODMÍNEK VYTVOŘENÍ CHEMICKÉ VAZBY.	45

SEZNAM TABULEK

TAB. 1: POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ CHEMICKÉ VAZBY. VZATO Z (CÍDLOVÁ, MOKRÁ, AND VALOVÁ 2008).	14
TAB. 2: POROVNÁNÍ VAZEB S RŮZNOU NÁSOBNOSTÍ.	16
TAB. 3: VZOROVÁ TABULKA PRO HODNOCENÍ UČEBNIC CHEMIE.....	23
TAB. 4: CHEMIE PRO ČTYŘLETÁ GYMNÁZIA I DÍL	25
TAB. 5: PŘEHLED STŘEDOŠKOLSKÉ CHEMIE (VACÍK).....	26
TAB. 6: CHEMIE OBECNÁ A ANORGANICKÁ I.....	27
TAB. 7: ODMATURUJ Z CHEMIE	28
TAB. 8: CHEMIE V KOSTCE.....	29
TAB. 9: ČASOVÁ NÁROČNOST JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ PROCESU TVORBY VIDEA.	46
TAB. 10: FINANČNÍ NÁROČNOST NA JEDNOTLIVÝ SOFTWARE POUŽITÝ PŘI TVORBĚ VIDEA.	47

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Abegg, Richard. 1904. "Die Valenz Und Das Periodische System. Versuch Einer Theorie Der Molekularverbindungen." *Zeitschrift Für Anorganische Chemie* 39 (1): 330–80.

Bohr, Niels. 1913. "I. On the Constitution of Atoms and Molecules." *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* 26 (151): 1–25.

Cídllová, Hana, Zuzana Mokrá, and Barbora Valová. 2008. "Obecná Chemie." Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, Pedagogická fakulta

Clardy, Alan. 2018. "70-20-10 and the Dominance of Informal Learning: A Fact in Search of Evidence." *Human Resource Development Review* 17 (2): 153–78.

Dewey, John. 1986. "Experience and Education." In *The Educational Forum*, 50:241–52. Taylor & Francis.

Drude, Paul. 1904. "Optische Eigenschaften Und Elektronentheorie." *Annalen Der Physik* 319 (9): 677–725.

Eichinger, R, and M Lombardo. 1996. "The Career Architect Development Planner." *Lominger Limited, Minneapolis*.

Fleming, Neil D. 1995. "I'm Different; Not Dumb. Modes of Presentation (VARK) in the Tertiary Classroom." In *Research and Development in Higher Education, Proceedings of the 1995 Annual Conference of the Higher Education and Research Development Society of Australasia (HERDSA), HERDSA*, 18:308–13.

Fleml, Vratislav, and Bohuslav Dušek. 2007. *Chemie I:(Obecná a Anorganická): Pro Gymnázia*. SPN-pedagogické nakladatelství.

Gillespie, R J. 2008. "Fifty Years of the VSEPR Model." *Coordination Chemistry Reviews* 252 (12–14): 1315–27.

Heitler, Walter, and Fritz London. 1927. "Wechselwirkung Neutralere Atome Und Homöopolare Bindung Nach Der Quantenmechanik." *Zeitschrift Für Physik* 44 (6–7): 455–72.

IUPAC. 2021. "Periodic Table of Elements." International Union of Pure and Applied Chemistry. 2021. <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>.

Jeřábek, Jaroslav. 2007. *Rámcový Vzdělávací Program pro Gymnázia: RVP*. VÚP.

Kossel, Walther. 1916. "Über Molekülbildung Als Frage Des Atombaus." *Annalen Der Physik* 354 (3): 229–362.

Lewis, Gilbert N. 1916. "The Atom and the Molecule." *Journal of the American Chemical Society* 38 (4): 762–85.

Maňák, Josef, and Petr Knecht. 2007. *Hodnocení Učebnic*. Paido.

Michal Ostrý. 2019. "Jak Se Vzdělávat ve Volných Chvilích? Zkuste YouTube!" Perpetuum.Cz. November 21, 2019. <https://perpetuum.cz/2019/11/jak-se-vzdelavat-ve-volnych-chvilich-zkuste-youtube/>.

MŠMT. 2021. "Chemie - Webový Portál k Výuce Na Dálku." 2021. <https://nadalku.msmt.cz/cs/vzdelavaci-zdroje/chemie>.

Mulliken, Robert S. 1967. *Spectroscopy, Molecular Orbitals, and Chemical Bonding*. Norstedt.

Ormrod, Jeanne Ellis. 2013. *Educational Psychology: Pearson New International Edition: Developing Learners*. Pearson Higher Ed.

Pashler, Harold, Mark McDaniel, Doug Rohrer, and Robert Bjork. 2008. "Learning Styles: Concepts and Evidence." *Psychological Science in the Public Interest* 9 (3): 105–19.

Schank, Roger C, Tamara R Berman, and Kimberli A Macpherson. 1999. "Learning by Doing." *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory 2* (2): 161–81.

Team, Adobe Creative. 2007. "Adobe Illustrator CS3." *Adobe Systems Incorporated. San Jose, California.*

Vacík, Jiří. 2017. *Obecná Chemie*. Státní pedagogické nakladatelství.

VŠCHT. 2021. "Příprav Se - Obecná a Anorganická Chemie - Chemická Vazba." 2021. <https://e-learning.vscht.cz/mod/page/view.php?id=13069>.