

**Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání – Biologie se zaměřením na vzdělávání



Hana Josífková

Struktura monosacharidů ve výuce chemie
Structure of Monosaccharides in Chemical Education

Typ závěrečné práce:

Bakalářská práce

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

Praha, 2018

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Milady Teplé, Ph.D. Řádně jsem odcitovala a uvedla v seznamu všechny použité prameny, informační zdroje a literaturu.

Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne:

.....

podpis

Tímto bych ráda poděkovala své školitelce RNDr. Miladě Teplé, Ph.D. za užitečné rady, trpělivost a především čas, který mi věnovala při psaní této bakalářské práce.

Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zabývá tématem struktura monosacharidů a je zaměřena na jeho zpracování v podobě výukových materiálů určené pro výuku chemie na středních školách. Je rozdělena na dvě části. Teoretická část je věnována analýze kurikulárních dokumentů – rámcových vzdělávacích programů a vybraných školních vzdělávacích programů, dále pak analýze středoškolských učebnic a jiných výukových materiálů, rovněž videí a animací. Praktická část představuje zpracované materiály v podobě PowerPointové prezentace a flashových animací, které na prezentaci navazují. Společně s prezentací jsou v praktické části uvedeny didaktické poznámky, které slouží jako manuál pro vedení vyučovací hodiny na střední škole.

Klíčová slova

Sacharidy, struktura, vzdělávací materiály, střední škola, animace, Adobe Animate CC

Abstract

This thesis deals with the topic of monosaccharides structure and it is focused on the processing in the form of educational materials for secondary school. It is divided into two parts. The theoretical part is devoted to the analysis of curricular documents – Framework Educational Programmes and School Educational Programmes, then the analysis of secondary school textbooks and other educational materials. There is also the analysis of videos and animations. The practical part presents educational materials in the form of PowerPoint presentation and flash animations. There are also didactic notes which serve as a manual for lessons of chemistry on secondary school.

Key words

Saccharides, Structure, Educational materials, Secondary school, Animation, Adobe Animate CC

Seznam zkratek:

2D	Dvoudimenzionální
3D	Trojdimenzionální
CD-ROM	Compact Disc Read-Only Memory
RVP	Rámcový vzdělávací program
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia
RVP GSP	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou
ŠVP	Školní vzdělávací program

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíle	9
3	Teoretická část.....	10
3.1	Téma struktura sacharidů v rámcových vzdělávacích programech.....	10
3.1.1	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia	10
3.1.2	Školní vzdělávací program (ŠVP).....	10
3.2	Analýza výukových materiálů.....	12
3.2.1	Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl (6).....	13
3.2.2	Přehled středoškolské chemie (7).....	14
3.2.3	Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia (8).....	16
3.2.4	Odmaturuj! z chemie (10)	16
3.2.5	Učební text – Sacharidy a jejich metabolismus	17
3.2.6	Studijní text – Sacharidy	19
3.2.7	Závěry z analýzy středoškolských učebnic, studijního a učebního textu.....	20
3.2.8	Carbohydrates Part 1: Simple Sugars and Fischer Projections	21
3.2.9	Cyclization of Glucose	23
3.2.10	Glucosa ciclación	24
3.2.11	Ciclación de la glucosa.....	25
3.2.12	Cyklizace glukosy	26
3.2.13	Závěry z analýzy videí a animace	28
3.3	Adobe Animate CC	28
4	Praktická část.....	30
4.1	Animace	30
4.1.1	Ovládání animací	30
4.1.2	Animace 1	30
4.1.3	Animace 2	31
4.1.4	Animace 3	32
4.2	PowerPointová prezentace	34
5	Diskuze	43
6	Závěr.....	45
7	Seznam použité literatury a internetových zdrojů	46
8	Přílohy diplomové práce.....	1

1 Úvod

Pro většinu žáků patří předmět chemie k jednomu z nejnáročnějších předmětů, se kterými se setkávají na druhém stupni základní školy a na škole střední. Je to zejména proto, že spousta okruhů a témat v rámci učiva chemie jsou pro žáky těžko uchopitelné. Kvůli náročnosti učiva pak žáci ztrácejí zájem o daný předmět. Do vyučovacích hodin by proto mělo být zařazeno co nejvíce prvků, které dodají žákům motivaci a napomůžou k pochopení probírané látky.

V rámci výuky se používají zejména učebnice, jež žákům slouží jako materiály, ve kterých si mohou dohledávat informace. Učebnice a učební texty však předkládají učivo na základě 2D zobrazení a statické vizualizace, ani vhodnou měrou nepodněcují aktivitu žáků. Vhodnými prvky, které přibližují realitu a zobrazují skutečnou podobu chemických látek ve 3D, jsou například tyčinkové a jiné modely, které někteří učitelé a didaktici považují za nedílnou součást výuky chemie. Pokud dojde i k propojení výkladu s aktivitou žáků, kdy si modely sestavují sami, pak se propojí různé smysly vnímání, což vede k efektivnějšímu získávání informací. K přesnější vizualizaci se mohou používat i vhodně zpracovaná videa a animace, která napomáhají k jasnější představě žáků o struktuře molekul. V dnešní době již existuje spousta zdrojů, ze kterých se takové materiály mohou ke vzdělávacím účelům volně čerpat, a proto jich lze plně využívat (samozřejmě po posouzení jejich vhodnosti do výuky učitelem). Důležité totiž je, aby žáci měli stále dostatečnou motivaci a neztráceli zájem o probírané učivo.

2 Cíle

Cíle bakalářské práce jsou:

- Provést analýzu kurikulárních dokumentů na státní a školní úrovni ve vztahu ke struktuře monosacharidů.
- Sepsat rešerši výukových materiálů vztahující se k tématu struktura monosacharidů, konkrétně nejvíce používaných středoškolských učebnic, obhájených vysokoškolských závěrečných prací, dále videí a animací volně dostupných na internetu.
- Vytvořit animace na téma struktura monosacharidů, které budou využitelné ve výuce chemie na středních školách. Animace se budou zaměřovat na zobrazení monosacharidů ve Fischerově projekci a na cyklizaci. Animace budou součástí vytvořené PowerPointové prezentace, která se využije v rámci vyučovací hodiny chemie a bude doplněna o metodické pokyny pro učitele.

3 Teoretická část

Teoretická část je věnována analýze rámcových vzdělávacích programů pro gymnázia a vybraných školních vzdělávacích programů ve vztahu ke struktuře sacharidů, dále pak rešerším středoškolských učebnic, obhájených vysokoškolských závěrečných prací, animací a videí vztahující se k danému tématu a problematice.

3.1 Téma struktura sacharidů v rámcových vzdělávacích programech

Rámcové vzdělávací programy (RVP) patří mezi hlavní kurikulární dokumenty, které definují úroveň vzdělávání ve školství v České republice, jsou tedy vytvářené na státní úrovni. Vymezuji závazné rámce pro jednotlivé etapy vzdělávání – předškolní, základní a střední vzdělávání. RVP stanovují konkrétní cíle, formy, délku a povinný obsah vzdělávání apod. Podle těchto a dalších pravidel stanovených právě v RVP si jednotlivé školy sestavují vlastní programové dokumenty, které jsou vytvářené na školní úrovni, tj. školní vzdělávací programy (ŠVP).

3.1.1 Rámcový vzdělávací program pro gymnázia

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G) i pro gymnázia se sportovní přípravou (RVP GSP) se rozděluje do 8 vzdělávacích oblastí. Předmět chemie patří do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*. Vzdělávací obsah je u obou programů rozdělen do 4 celků – *Obecná chemie, Anorganická chemie, Organická chemie, Biochemie*. (1, 2) V rámci bloku *Biochemie* je u RVP G i RVP GSP vymezen očekávaný výstup: „Žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech“. Jedná se o jedinou zmínku týkající se struktury organických látek (sacharidů). Jednotlivé školy si ve svých ŠVP definují vlastní očekávané výstupy a konkrétní učivo.

3.1.2 Školní vzdělávací program (ŠVP)

Byla vybrána 3 gymnázia, u kterých bylo sledováno, jakým způsobem je téma *Struktura sacharidů* zařazeno ve výuce chemie. Záměrně byla zvolena 3 gymnázia s různým zaměřením, aby bylo poukázáno na případné rozdíly v jejich ŠVP (byly porovnány očekávané výstupy a časová dotace předmětu chemie). První školou je *Gymnázium, Plzeň*, které poskytuje všeobecné gymnaziální vzdělání a zároveň se zaměřuje na matematiku a přírodní vědy. Další školou je *Gymnázium, Trutnov*, které se řadí mezi všeobecná gymnázia. Poslední vybranou školou je *Sportovní gymnázium Ludvíka Daňka, Brno*. Lze předpokládat, že gymnázium s rozšiřující výukou přírodních

věd se předmětu chemie bude věnovat nejvíce. Konkrétně tématu *Sacharidy* by mohl být věnován větší prostor ve srovnání s všeobecným či dokonce sportovním gymnáziem.

3.1.2.1 Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23

Na Gymnáziu, Plzeň, Mikulášské nám. 23 (oficiální název školy) je možné studovat několik vzdělávacích programů. Níže bude věnována řešerše ŠVP s názvem *Vzdělání – brána do života*, který byl vypracován pro vyšší stupeň čtyřletého, osmiletého a šestiletého gymnázia denního studia se zaměřením na matematiku a přírodní vědy (3). V tomto vzdělávacím programu je předmět chemie vyučován v 1. až 4. ročníku. Dle učebního plánu uvedeném v ŠVP jsou danému předmětu věnovány v 1., 2. a 4. ročníku 2 vyučovací hodiny, ve 3. ročníku 3 vyučovací hodiny. V prvním ročníku jsou také zařazeny 2 vyučovací hodiny týdně v rámci cvičení, které je v cyklu spolu se cvičením z biologie a fyziky (každý týden absolvuje žák dvouhodinové cvičení z jednoho z těchto tří předmětů). Ve třetím ročníku je na cvičení vyčleněna navíc 1 vyučovací hodina týdně. Téma *Sacharidy* je zařazeno do ročníku posledního. Jako očekávaný výstup vztahující se ke struktuře sacharidu je uvedeno: „Žák vyjádří acyklickou a cyklickou strukturu základních monosacharidů pomocí Fischerových, Tollensových a Haworthových vzorců, objasní pojmy aldosa a ketosa a odliší v molekule poloacetalový hydroxyl, vysvětlí optickou isomerii, popíše a vysvětlí jejich fyzikální a chemické vlastnosti“, k tomu se vztahuje konkrétní učivo: *Složení a struktura (acyklická a cyklická struktura, Fischerovy, Tollensovy a Haworthovy vzorce ribosy, deoxyribosy, glukosy a fruktosy, aldosa, ketosa, poloacetalový hydroxyl, chiralita molekuly, optické antipody monosacharidů), fyzikální a chemické vlastnosti.*

3.1.2.2 Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325

Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325 (oficiální název školy) poskytuje úplné střední vzdělání s maturitou v osmiletém a čtyřletém studiu. Níže jsou uvedena data z ŠVP s názvem „Školní vzdělávací program osmiletého Gymnázia Trutnov“, který je určen pro vyšší stupeň gymnázia (4). Předmět chemie je na gymnáziu vyučován v 1. až 3. ročníku s časovou dotací na každý rok 2,33 vyučovacích hodin. V rámci tohoto předmětu jsou zahrnuta praktická cvičení předmětu *Přírodovědné praktikum*, které je společné i pro předměty biologie a fyzika. Celek *Biochemie*, konkrétně učivo *Sacharidy*, je vyučováno ve 3. ročníku. Ve vztahu ke struktuře sacharidů je uveden

očekávaný výstup: „Žák charakterizuje sacharidy, zná jejich názvosloví. Zapiše strukturu monosacharidů pomocí Fischerova a Haworthova vzorce, vysvětlí vznik poloacetalu. Popíše význam základních monosacharidů. Vysvětlí vznik glukózy (fotosyntéza), alkoholové kvašení. Žák vysvětlí vznik disacharidů (glykosidová vazba), pojem redukující a neredukující disacharid“.

3.1.2.3 *Sportovní gymnázium Ludvíka Daňka, Brno*

Na Sportovním gymnáziu Ludvíka Daňka, Brno, Botanická 70, příspěvková organizace (oficiální název školy) je možné studovat dva vzdělávací programy – čtyřleté studium či šestileté studium. Níže bude rozebírán ŠVP čtyřletého studia (5). Předmět chemie je na tomto gymnáziu vyučován v 1. až 3. ročníku s časovou dotací 2 vyučovací hodiny na každý ročník. Celek *Biochemie*, konkrétně učivo *Sacharidy*, je zařazeno do učiva 3. ročníku. Jako očekávaný výstup k danému tématu je uvedeno pouze: „Žák objasní strukturu jednotlivých sloučenin“, více zmíněno není.

3.1.2.4 *Závěr plynoucí z analýzy vybraných ŠVP*

Gymnázia s různým zaměřením se předmětu chemie věnují v odlišném rozsahu. Porovnáním časových dotací výše uvedených vzdělávacích plánů lze konstatovat, že gymnázium zaměřující se na přírodní vědy věnuje předmětu chemie nejvíce prostoru, gymnázium se sportovním zaměřením naopak nejméně. Souvisejí s tím i uvedené očekávané výstupy v rámci konkrétního učiva *Sacharidy*. Nejobsáhlejší očekávané výstupy jsou právě v ŠVP gymnázia se zaměřením na přírodní vědy: „Žák vyjádří acyklickou a cyklickou strukturu základních monosacharidů pomocí Fischerových, Tollensových a Haworthových vzorců, objasní pojmy aldosa a ketosa a odliší v molekule poloacetalový hydroxyl, vysvětlí optickou isomerii, popíše a vysvětlí jejich fyzikální a chemické vlastnosti“, na rozdíl od gymnázia se sportovní přípravou, v jehož ŠVP je stručný výstup týkající se struktury monosacharidů: „Žák objasní strukturu jednotlivých sloučenin“.

3.2 **Analýza výukových materiálů**

Kapitola se zabývá rešeršemi výukových materiálů vztahující se k problematice struktury sacharidů, jako jsou učebnice, učební texty, videa či animace. Také je věnována analýze obhájených vysokoškolských závěrečných prací, které se danou problematikou zabývaly.

První část, tj. kapitoly 3.2.1 až 3.2.7, se věnuje analýze středoškolských učebnic, které obsahují učivo organické chemie a biochemie, konkrétně téma sacharidy se zaměřením na strukturu monosacharidů, a učebních textů, které byly vytvořeny v rámci vypracování závěrečných vysokoškolských prací. Byly vybrány učebnice *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl* (6), *Přehled středoškolské chemie* (7), *Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia* (8), jelikož tyto tři zmíněné byly v dotazníkovém šetření Milana Klečky vyhodnoceny jako nejpoužívanější učebnice ve výuce chemie na střední škole (9), dále pak *Odmaturuj! z chemie* (10). Do analýzy byl také zapojen učební text Milana Šmídla, který vznikl na základě vypracování disertační práce (11), která byla v roce 2013 obhájena. Byl také zanalyzován studijní text Anny Steinbauerové, který byl vytvořen v rámci vypracování diplomové práce (12), která byla obhájena v roce 2009. První část analýzy tedy představuje materiály, ve kterých je učivo prezentováno především na základě statické vizualizace.

Druhá část, tj. kapitoly 3.2.8 až 3.2.13, se věnuje analýze videí a animací, které jsou volně dostupné na internetu a zabývají se učivem sacharidy, konkrétně strukturou monosacharidů. Pomocí klíčových slov jako *structure of saccharides*, *structure of carbohydrates*, *Fischer projection*, *cyclization of glucose* apod. byla na internetu vyhledána dostupná videa, která byla následně zařazena do rešerše v této části práce. V těchto materiálech se předpokládá, že učivo bude předkládáno na základě propojení textu či mluveného komentáře s dynamickou vizualizací (např. animací) děje, ne pouze na základě statického znázornění.

3.2.1 Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl (6)

Autoři: Aleš Mareček, Jaroslav Honza

Rok vydání: 2000

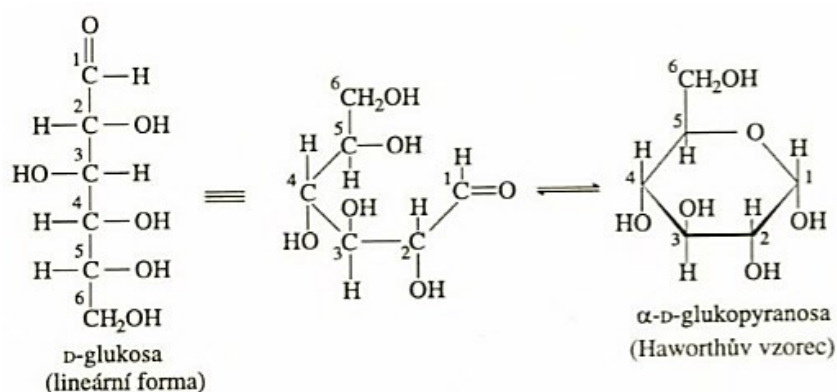
Nakladatelství: Olomouc

Učebnice se rozděluje na tři celky. První celek navazuje na předchozí díl učebnice a zabývá se deriváty uhlovodíků. Druhá část je věnována učivu biochemie a třetí oddíl obsahuje názvosloví derivátů uhlovodíků a konkrétní příklady na procvičení. Jednotlivé části jsou rozčleněny do kapitol. Pozornost analýzy byla věnována především druhému celku – biochemii, a to konkrétně sacharidům.

Tato pasáž je rozdělena do dvou větších bloků – popisný a dynamický. Popisná část se zabývá strukturou a vlastnostmi studovaných látek, dynamická se věnuje látkovým a energetickým změnám uvnitř živých soustav. O tématu sacharidy pojednává

samostatná kapitola, která je věnována především charakteristice, rozdělení a významu těchto látek. Jejich metabolismem se zabývá kapitola s názvem *Metabolismus sacharidů*.

V kapitole *Sacharidy* se čtenář nejprve dozví o obecné charakteristice a významu těchto látek, následně o tom, jak se rozdělují. Další podkapitoly se věnují jednotlivým skupinám jako jsou monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Každá skupina obsahuje charakteristiku, konkrétní zástupce a jejich vlastnosti a význam. Objevují se zde vzorce sacharidů jak v acyklické, tak v cyklické podobě, přechod mezi Fischerovým a Haworthovým vzorcem je znázorněn pomocí téměř zacykleného mezistupně (viz obrázek č. 1).



Obrázek č. 1 – Cyklizace glukosy (6)

Kapitola *Metabolismus sacharidů* je rozdělena na dvě části – katabolismus a biosyntézu sacharidů. V první podkapitole jsou popsány děje jako glykolýza, mléčné a alkoholové kvašení, oxidační dekarboxylace pyruvátu, Krebsův cyklus, dýchací řetězec, oxidační fosforylace a pentosový cyklus. Ve druhé podkapitole je popsána fotosyntéza. V celé kapitole nechybějí ani obrázky a schémata pro lepší zorientování se v dané problematice.

Důležité pojmy jsou v učebnici zvýrazněny tučně, doplňující informace se od hlavního textu odlišují menší velikostí písma. Učebnici v závěru doplňují i přílohy, které obsahují strukturní vzorce různých organických látek.

3.2.2 Přehled středoškolské chemie (7)

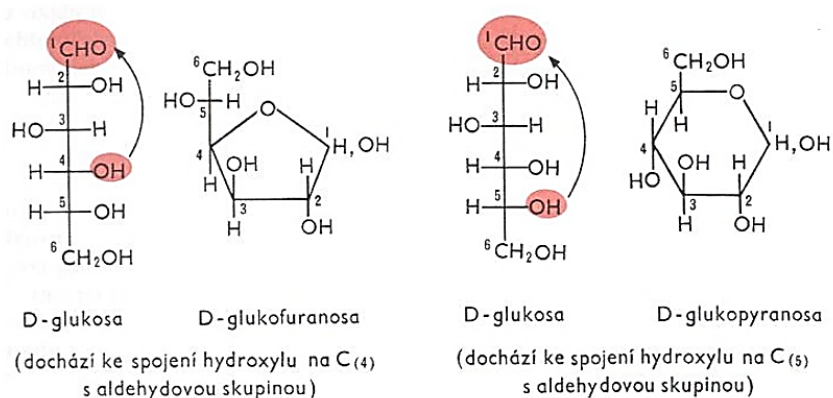
Autoři: Jiří Vacík a kolektiv

Rok vydání: 1995

Nakladatelství: SPN – pedagogické nakladatelství

Učebnice je rozdělena do 6 větších oddílů – *Úvod, Obecná chemie, Anorganická chemie, Organická chemie, Základy biochemie* a *Osobnosti významné pro rozvoj chemie*. Téma sacharidy je zde zahrnuto v oddílu *Organická chemie* (v kapitole *Přírodní látky*). Pátá část – *Základy biochemie* – věnuje pozornost metabolismu těchto přírodních látek a seznamuje čtenáře s jinými biologicky významnými sloučeninami.

Podkapitola *Sacharidy* je úvodem pro ostatní podkapitoly jako *Acyklické struktury monosacharidů, Cyklické struktury monosacharidů, Chemické vlastnosti monosacharidů, Oligosacharidy* a *Polysacharidy*. V úvodu je velmi stručně připomenut proces fotosyntézy a dále je zmíněno rozdělení sacharidů. Následující podkapitoly obsahují charakteristiku jednotlivých skupin, jejich vlastnosti, konkrétní zástupce a jejich stručný popis a význam. V těchto pasážích se vyskytují vzorce určitých sloučenin, ačkoli pouze ve Fischerově projekci. Haworthovy vzorce jsou zde znázorněny pouze pro dva monosacharidy v různých konfiguracích (α/β -D-konfigurace ribosy a glukosy). Přechod mezi Fischerovým a Haworthovým vzorcem není dostatečně vysvětlen, je naznačen pouze šipkou (viz obrázek č. 2).



Obrázek č. 2 – Naznačení zacyklení glukosy (7)

V oddílu *Základy biochemie* je zařazena kapitola *Energetika biochemických procesů*, která zahrnuje podkapitoly *Fotosyntéza, Respirační řetězec, Oxidační (aerobní) fosforylace*. Následující kapitola *Metabolismus sacharidů* obsahuje podkapitoly *Odbourávání sacharidů, Glykolýza, Citrátový cyklus, Kvašení (fermentace)* a *Regulace metabolismu*. Všechny výše zmíněné podkapitoly se věnují dané problematice a jsou doplněny velice zjednodušenými schématy.

Důležité pojmy jsou v textu zvýrazněné tučným písmem, menší velikostí písma se zde neodlišují doplňující informace, ale spíše jakési vysvětlující poznámky. V učebnici narazíme na různé tabulky, jednoduchá schémata a obrázky.

3.2.3 Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia (8)

Autoři: Karel Kolář, Milan Kodíček, Jiří Pospíšil

Rok vydání: 2005

Nakladatelství: SPN – pedagogické nakladatelství

Učebnice se rozděluje na dva hlavní oddíly: *Organická chemie – chemie sloučenin uhlíku* a *Biochemie*. Do druhého celku spadá kapitola *Sacharidy*, která se dále dělí na 4 podkapitoly – *Struktura a názvosloví monosacharidů*, *Jednotlivé monosacharidy*, *Oligosacharidy*, *Polysacharidy*.

Kapitola *Sacharidy* nejprve poskytuje úvodní charakteristiku, základní rozdělení a funkce těchto látek. První podkapitola *Struktura a názvosloví monosacharidů* zahrnuje rozdělení monosacharidů, popisuje chiralitu (v jednotlivých strukturních vzorcích však nejsou hvězdičkou chirální uhlíky označeny) a konfiguraci D/L. Dále je uveden pojem poloacetalový hydroxyl a s ním spojená isomerie α/β . Přechod mezi lineární a cyklickou formou není dostatečně vysvětlen a znázorněn. Autoři ani neuvádějí název v literatuře často užívaného typu vzorce cyklické formy, tedy Haworthův vzorec. V další podkapitole *Jednotlivé monosacharidy* jsou charakterizovány základní monosacharidy jako D-glukosa, D-fruktosa apod., nejsou však uvedeny vzorce jednotlivých látek. V podkapitole *Oligosacharidy* jsou popsány vlastnosti jednotlivých disacharidů, dále je zde znázorněna reakce dvou monosacharidů za vzniku disacharidu (konkrétně α -D-maltosy), další disacharidy jsou znázorněny pomocí cyklických vzorců. Bohužel není dostatečně vysvětlen vznik a rozdíl mezi α/β -glykosidovou vazbou.

Celá kapitola je doplněna o různé chemické pokusy, otázky a úkoly. Každá podkapitola obsahuje shrnutí, které se od hlavního textu liší barvou písma. Důležité pojmy a informace jsou zvýrazněny tučně, doplňující informace jsou psány menší velikostí písma.

3.2.4 Odmaturuj! z chemie (10)

Autoři: Marika Benešová, Erna Pfeiferová, Hana Satrapová

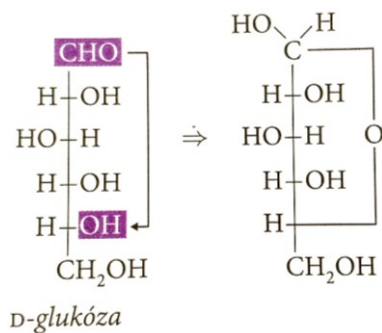
Rok vydání: 2014

Nakladatelství: Didaktis

Učebnice se skládá ze 4 hlavních celků – *Obecná chemie*, *Anorganická chemie*, *Organická chemie* a *Biochemie*. Oddíl *Biochemie* zahrnuje kapitolu *Sacharidy*, která se dále dělí na tři podkapitoly – *Monosacharidy*, *Oligosacharidy*, *Polysacharidy*.

Obsahuje také kapitolu s názvem *Metabolismus*, do které se řadí podkapitola *Metabolismus sacharidů*.

V kapitole *Sacharidy* se čtenář nejprve seznámí s obecnou charakteristikou těchto látek, s jejich stavbou, funkcí a významem. Následují podkapitoly, které obsahují charakteristiku dané skupiny, popis struktury látek, jejich vlastnosti a konkrétní zástupce. V podkapitole *Monosacharidy* autorky čtenáři představují všechny tři typy vzorců – Fischerův, Tollensův, Haworthův. O každém typu je sepsána nejprve krátká charakteristika. V acyklické formě je v učebnici zobrazeno více monosacharidů (D/L-glukosa, D-ribosa, D-fruktosa, D-galaktosa). Přechod mezi jednotlivými vzorci je znázorněn pomocí schématu – nejprve přechod mezi Fischerovým a Tollensovým vzorcem naznačen šipkou (viz obrázek č. 3), dále zacyklení do Haworthova vzorce – následně je přechod popsán i slovně.



Obrázek č. 3 – Přechod mezi Fischerovým a Tollensovým vzorcem (10)

Podkapitola *Metabolismus sacharidů* se zabývá dvěma tématy – katabolismem a anabolismem sacharidů. Zde jsou popsány dva děje – glykolýza a fotosyntéza. Krebsův cyklus, dýchací řetězec a další děje jsou v této učebnici zařazeny v samostatné kapitole.

Důležité pojmy jsou odlišeny od ostatního textu barevným písmem, pro zajímavosti a doplňující informace je na každé stránce vyhrazen pruh po celé délce okraje, kde se na začátku každé kapitoly nachází také její osnova. Text je doplněn barevnými obrázky a schématy.

3.2.5 Učební text – Sacharidy a jejich metabolismus

Učební text byl vytvořen v rámci vypracování disertační práce Milanem Šmídlem v roce 2013. Disertační práce s názvem *Analýza učebnic a tvorba učebních textů s tematickým celkem sacharidy a jejich metabolismus pro školy gymnaziálního typu* (11) se v teoretické části věnuje popisu tvorby učebnic, využití materiálu z pohledu

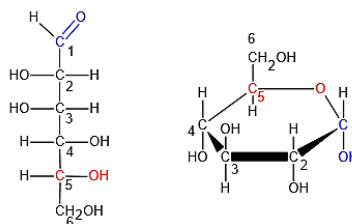
žáka a učitele apod. Praktická část je pak zaměřena na analýzu středoškolských učebnic a vytvořeného textu. Dále autor ověřil vědomosti z daného tematického celku u žáků středních škol na základě vyhodnocení konkrétního materiálu, výsledky pak byly porovnány a vyhodnoceny.

Učební text s názvem *Sacharidy a jejich metabolismus*, který je určen žákům gymnázií a jiných středních škol, se snaží o jednodušší vysvětlení učiva biochemie a spíše se zaměřuje na aplikaci poznatků v běžném životě. Obsahuje různé návody na laboratorní pokusy, otázky a úkoly k procvičení atp.

Text je rozdělen na 4 kapitoly: *Sacharidy a jejich vlastnosti, Přehled sacharidů, Fotosyntéza a Odbourávání sacharidů*. Do první části spadají následující podkapitoly: *Dělení sacharidů, Struktura, Vlastnosti a význam, Reakce*. Na začátku každé kapitoly se čtenář seznámí s tím, co se v následující části dozví, dále jsou zde uvedeny použité pojmy. V závěru kapitoly se nachází shrnutí učiva v bodech.

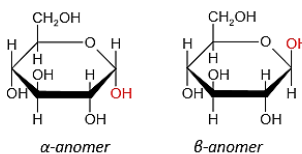
V podkapitole *Dělení sacharidů* autor popisuje možné rozdělení těchto látek na základě určitých kritérií (podle počtu strukturních jednotek, podle funkční skupiny, podle tvaru cyklické struktury, podle počtu uhlíků). V další podkapitole – *Struktura* – je čtenář nejprve seznámen s chiralitou a s tím související optickou aktivitou. Chirální uhlíky jsou ve Fischerově vzorci označeny hvězdičkou a zároveň je vysvětlena D/L-konfigurace. Dále jsou uvedeny jednotlivé typy vzorců. Autor představuje Fischerův a Hawortův vzorec, přechodný Tollensův vynechává. Dvě výše zmíněné projekce jsou na obrázku porovnány a barevně jsou vyznačeny odlišnosti a změny při přechodu z acyklické formy do cyklické (viz obrázek č. 4).

Obr. 8: Porovnání Fischerovy a Haworthovy projekce glukózy



Podle polohy hydroxylové -OH skupiny na původním karbonylovém uhlíku rozlišujeme dva **anomery**. Pokud jsou hydroxylové skupiny na prvním a druhém uhlíku na stejné straně (obě dole nebo nahoře), vzniká α -anomer, pokud jsou na opačných stranách, tak β -anomer.

Obr. 9: Anomery glukózy



Obrázek č. 4 – Typy vzorců a konfigurace α/β (11)

Rozdíly jsou sice barevně vyznačené, ale takové vysvětlení nemusí být pro každého čtenáře dostatečné. Není poukázáno na to, kde dochází k cyklizaci (to mohlo být naznačeno například šipkou). Navíc autor chybně vysvětluje rozdíl mezi anomery. Poloha hydroxylových skupin na prvním a druhém uhlíku vůči sobě není pro typ anomeru určující. Správně se u aldos posuzuje poloha hydroxylové skupiny na prvním uhlíku (u ketos na druhém uhlíku) a poloha celé $-\text{CH}_2\text{OH}$ skupiny na 5. uhlíku. V dalších podkapitolách jsou popsány vlastnosti a význam látek, dále jejich reakce, kde je vysvětlen vznik glykosidové vazby.

V druhé kapitole – *Přehled sacharidů* – je čtenář nejprve seznámen s charakteristikou a vlastnostmi základních monosacharidů, které jsou znázorněny pomocí cyklického vzorce a 3D struktury. Dále jsou uvedeny 3 základní disacharidy – sacharosa, maltosa a laktosa – u kterých je naznačen vznik glykosidové vazby mezi jednotlivými monosacharidy. Autor vynechal vysvětlení vzniku α/β -glykosidové vazby.

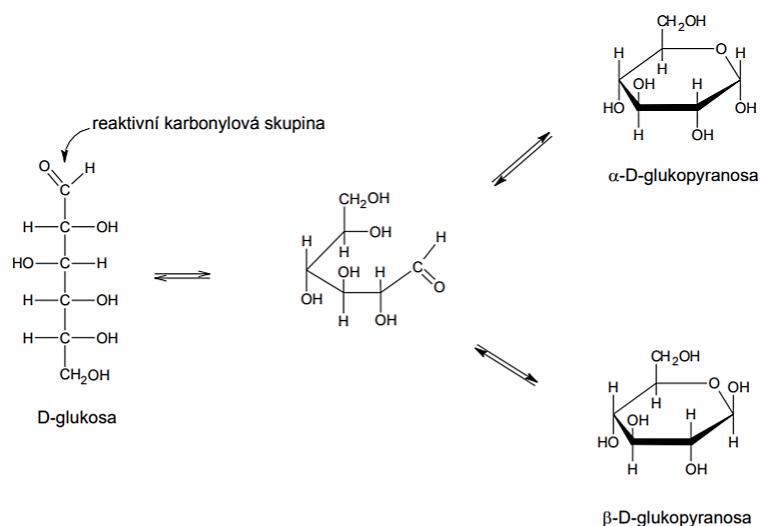
3.2.6 Studijní text – Sacharidy

Studijní text byl vytvořen v rámci vypracování diplomové práce s názvem *Sacharidy ve středoškolském vzdělávání* v roce 2009 Annou Steinbauerovou (12). Teoretická část této práce je věnována přehledu závazných pedagogických dokumentů týkající se výuky biochemie na středních školách a analýze vybraných středoškolských učebnic. V rámci praktické části byl vytvořen studijní text zaměřený na problematiku sacharidů, pracovní list na dané téma a samotný výukový program.

Studijní text je určen primárně pro středoškolské učitele a snaží se usnadnit orientaci v dané problematice. Skládá se z pěti kapitol – *Sacharidy*, *Monosacharidy*, *Oligosacharidy*, *Polysacharidy* a *Deriváty sacharidů*. Samotný studijní text pak autorce sloužil jako podklad k vypracování pracovního listu a výukového programu.

První kapitola je zaměřena na obecnou charakteristiku sacharidů, jejich funkce, stavbu a rozdělení. Druhá kapitola *Monosacharidy* je rozdělena do čtyř podkapitol – *Aldosy*, *ketosy*, *Poloacetalové formy*, *Mutarotace* a *Přehled a význam monosacharidů*. První podkapitola se věnuje dělení monosacharidů na aldosity a ketosity, přičemž je vysvětleno odvození jednotlivých monosacharidů a jsou uvedeny jejich vzorce v acyklické formě. Také je vysvětlena chiralita a konfigurace D/L. Podkapitola *Poloacetalové formy* je zaměřena na cyklizaci monosacharidů za vzniku poloacetalového hydroxyly. Tuto problematiku autorka vysvětluje na konkrétních příkladech – cyklizace D-glukosy a D-fruktosy. Jsou zde uvedeny všechny typy vzorců –

Fischerův, Tollensův, Haworthův a vzorce konformační. Přechod z Fischerovy projekce do Haworthova vzorce je znázorněn pomocí téměř zacykleného mezistupně (viz obrázek č. 5). Jednotlivé uhlíky však nejsou očíslovány a místo, kde dochází k zacyklení, mohlo být naznačeno například šipkou. Vzhledem k tomu, že text není určen žákům, ale je pro učitele, tak by však nemuselo dojít ke vzniku miskoncepce.



Obrázek č. 5 – Cyklizace D-glukosy (12)

Poslední podkapitola se věnuje přehledu a charakteristice základních monosacharidů, jsou uvedeny jejich Fischerovy i Haworthovy vzorce.

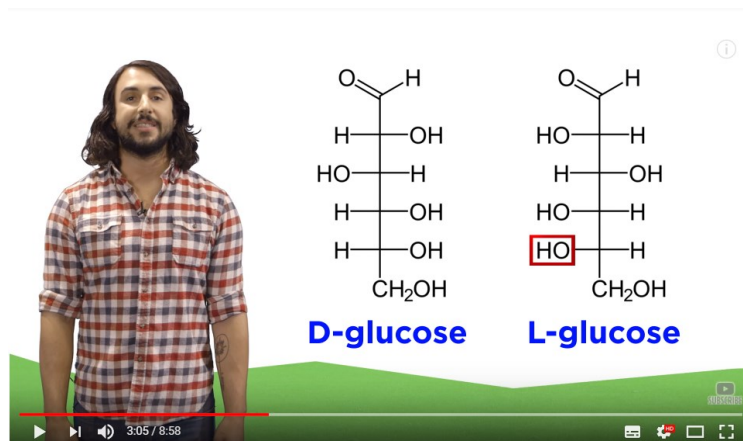
Další kapitoly *Oligosacharidy* a *Polysacharidy* se zaměřují na charakteristiku základních látek spadající do těchto skupin. V podkapitole *Disacharidy* jsou uvedeny vzorce jednotlivých látek, už však není znázorněn jejich vznik.

3.2.7 Závěry z analýzy středoškolských učebnic, studijního a učebního textu

Z kapitol 3.2.1 až 3.2.6 vyplývá, že středoškolské učebnice i studijní texty používané ve výuce biochemie se na vysvětlení a popis struktury sacharidů příliš nezaměřují. Problematika je většinou zmíněna pouze okrajově, v některých případech (např. v učebnici *Odmaturuj! z chemie*) je však vysvětlení dostačující. Učebnice i analyzované studijní texty se ovšem omezují na popis a statické znázornění jevu (obrázky, grafy), které v mnohých případech může vést k nesprávné interpretaci (miskoncept) nestacionárního děje, např. metabolických pochodů či přeměně acyklické formy sacharidu v cyklickou. Statické obrázky totiž nemusí předávat informaci v ucelené podobě a žák si musí mnohdy domyslet souvislosti.

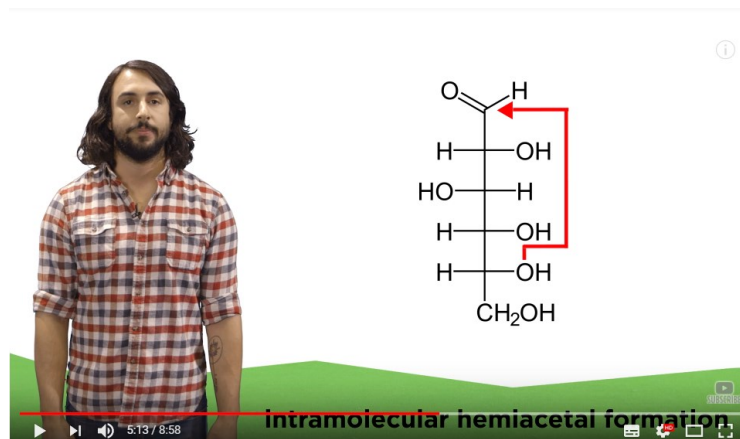
3.2.8 Carbohydrates Part 1: Simple Sugars and Fischer Projections

Video s názvem *Carbohydrates Part 1: Simple Sugars and Fischer Projections* (13) je volně dostupné na internetu (zdroj www.youtube.com). Ke dni 15. 2. 2018 mělo přes 136 000 zhlédnutí, ke dni 22. 4. 2018 167 000 zhlédnutí (nárůst o více jak 15 000 zhlédnutí za měsíc). Autorem je Dave Farina, absolvent univerzity California State University, Northridge, který se také několik let věnoval profesi učitele na různých středních školách. Vytváří videa, která by měla sloužit především studentům jako výukový materiál a ve kterých se věnuje tématům z oboru chemie, biologie a fyziky. Ve vybraném videu se autor zaměřil na monosacharidy, především jejich strukturu. Video je doprovázeno anglickým komentářem. Autor posluchači nejprve tyto látky přiblíží pomocí obecné charakteristiky, několika slovy vysvětlí chiralitu a následně způsob zobrazení molekuly glukosy pomocí Fischerovy projekce. Dále porovnává molekulu D-glukosy a L-glukosy z hlediska rozdílné konfigurace (viz obrázek č. 6).



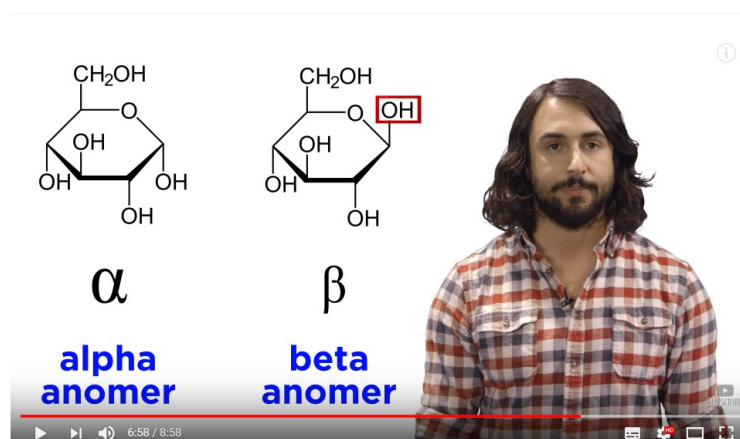
Obrázek č. 6 - Konfigurace D-glukosy a L-glukosy (13)

Posluchač je seznámen s lineární formou monosacharidu pomocí Fischerovy projekce a cyklickou formou látky v židličkové konformaci. Cyklizace je ve videu naznačena šipkou (hydroxylová skupina na posledním chirálním uhlíku atakuje aldehydovou skupinu), postavení hydroxylových skupin v cyklické formě už však vysvětleno není (viz obrázek č. 7).



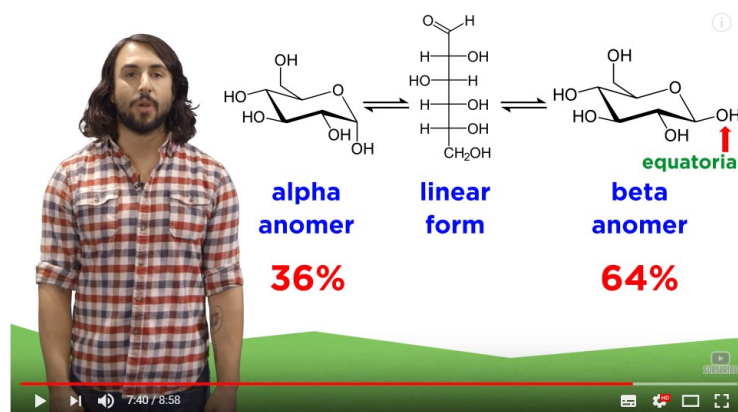
Obrázek č. 7 – Naznačení cyklizace monosacharidu (13)

Představena je také Haworthova projekce, kterou autor mimo jiné využívá i k představení dvou anomerů, tedy α/β -D-glukopyranosy (viz obrázek č. 8).



Obrázek č. 8 – Anomery α/β -D-glukopyranosa v Haworthově projekci (13)

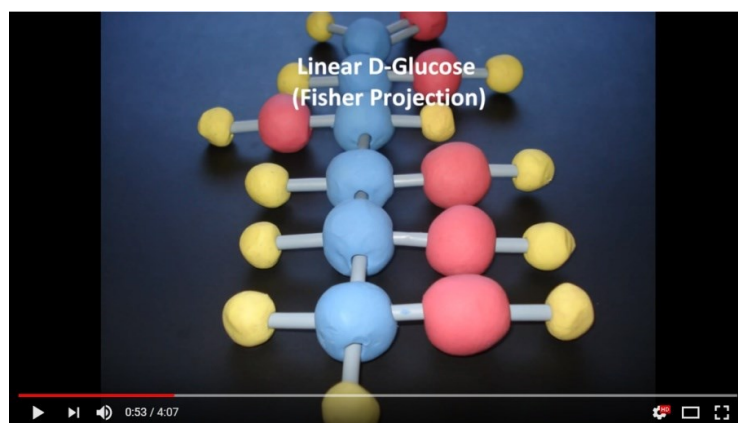
Několik slov autor také věnuje mutarotaci, kdy uvádí, že glukosa se vyskytuje v 64 % jako β -anomer kvůli ekvatoriální vazbě hydroxylové skupiny na 1. uhlíku v židličkové konformaci oproti axiální vazbě v α -anomeru (viz obrázek č. 9). Glukosa pak tedy na základě mutarotace přechází z jedné formy do druhé. Tímto tématem se ale spíše zabývá vysokoškolské vzdělávání, proto pro spoustu posluchačů může být tato informace nadbytečná.



Obrázek č. 9 – Mutarotace (13)

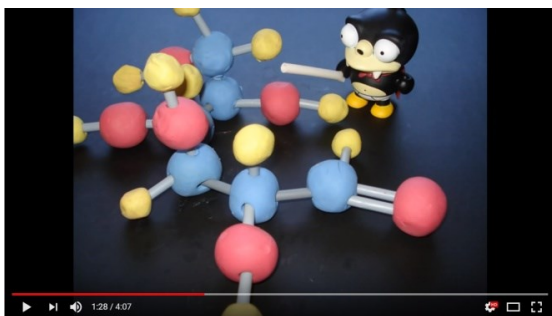
3.2.9 Cyclization of Glucose

Video s názvem *CHEM 153A: Cyclization of Glucose* (14) je volně dostupné na internetu (zdroj www.youtube.com). Ke dni 7. 1. 2018 mělo přes 25 000 tisíc zhlédnutí, ke dni 22. 4. 2018 přes 27 000 zhlédnutí (nárůst o přibližně 600 zhlédnutí za měsíc). Dle závěrečných titulků lze usuzovat, že autory byli studenti z University of California, Los Angeles. Ve videu je znázorněna cyklizace D-glukosy (přechod z Fischerovy projekce do Haworthovy). Autor za pomoci modelovací hmoty vytvořil modely, na kterých se pokusil znázornit cyklizaci glukosy. Použil nestandardní barevné označení jednotlivých atomů prvků (uhlík modrý, vodík žlutý, kyslík růžový). Nejprve je znázorněn vznik poloacetalu mezi skupinami R-OH a R-CHO (v modelech byly použity šipky z modelovací hmoty a spíše se jednalo o statickou interpretaci, kdy by stejným způsobem posloužila i klasická ilustrace). Následně byl ve videu předložen model molekuly D-glukosy jako rovinné molekuly (viz obrázek č. 6). Ani jeden z vazebních úhlů nebyl respektován. Zřejmě měl model asociovat Fischerův vzorec, který je určen pro 2D vizualizaci.

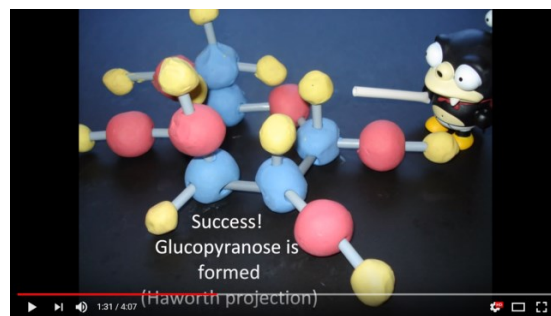


Obrázek č. 6 – D-glukosa ve Fischerově projekci (14)

Následně video znázorňuje zacyklení monosacharidu mezi 1. a 5. uhlíkem (viz obrázek č. 7), výsledkem je D-glukopyranosa v Haworthově projekci (viz obrázek č. 8). Při tomto zacyklení se autor již snažil částečně znázornit orientaci některých skupin v prostoru. Reakce karbonylové skupiny na 1. uhlíku a hydroxylové skupiny na 5. uhlíku však není detailněji znázorněna. Pohyb není plynulý, jedná se o sekvenci několika obrázků za sebou.



Obrázek č. 7 – Cyclizace D-glukosy (14)

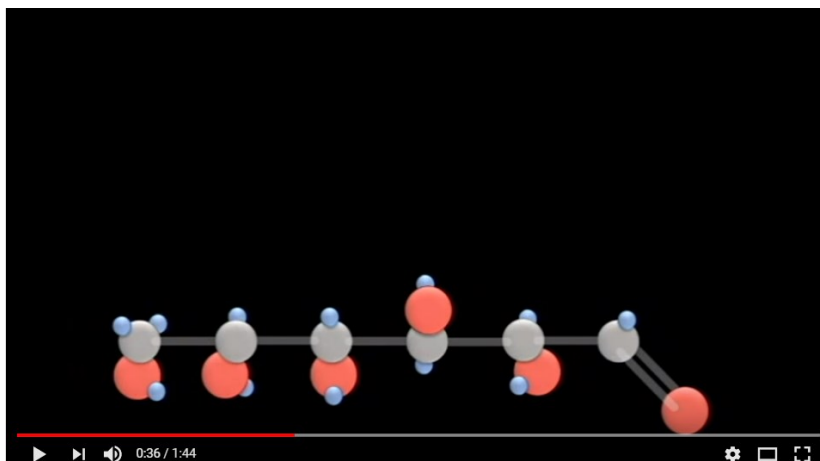


Obrázek č. 8 – D-glukopyranosa (14)

Závěrem videa jsou promítnuty různé modely obou anomerů – α/β -D-glukosy, kde jsou již správně znázorněny úhly mezi vazbami a jejich orientace do prostoru. Jejich rozdíl je vysvětlen polohou hydroxylové skupiny nacházející se na 1. uhlíku (zda vazba směřuje nahoru nebo dolů). Lépe by však tato problematika byla vysvětlena na základě vzájemné orientace hydroxylové skupiny na 1. uhlíku a celou -CH₂OH skupinou na 5. uhlíku vůči pomyslné rovině kruhu.

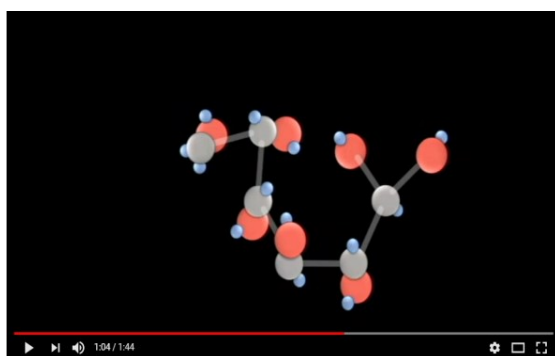
3.2.10 Glucosa ciclación

Video s názvem *Glucosa ciclación* (15) je na internetu volně dostupné video (zdroj www.youtube.com). Ke dni 7. 1. 2018 mělo něco málo přes 3000 zhlédnutí, ke dni 22. 4. 2018 o 400 více (nárůst cca o 110 zhlédnutí za měsíc). Autor je Hermann Emil Fischer. Jak autor sám v popisku u videa uvádí, jedná se o znázornění molekuly glukosy ve vodných roztocích, kdy glukosa zaujímá především cyklickou formu s vazbami mezi 1. a 5. uhlíkem. Na videu se nejprve zobrazuje lineární model molekuly. V modelu nejsou dodrženy vazebné úhly (atomy uhlíku leží v jedné přímce). Barevné označení jednotlivých atomů je opět nestandardní (vodík je znázorněn modře, uhlík šedě), je zde však naznačen rozdíl mezi velikostmi jednotlivých atomových poloměrů (viz obrázek č. 9). Model se postupně stáčí. Pohyb není plynulý, jedná se o sekvenci několika obrázků za sebou.

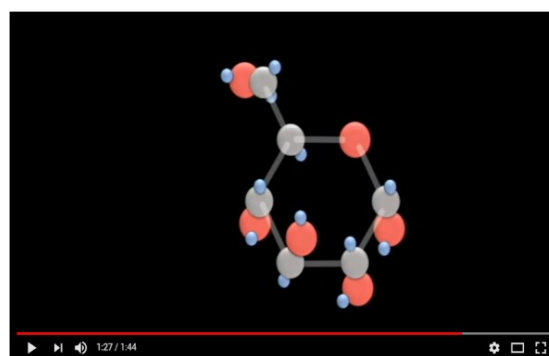


Obrázek č. 9 – Výchozí pozice k cyklizaci glukosy (15)

Ve videu je následně znázorněna reakce karbonylové skupiny na 1. uhlíku s molekulou vody za vzniku poloacetalu. Současně dochází k zacyklení molekuly glukosy, která se tak dostává do výhodnější polohy pro reakci hydroxylové skupiny na 5. uhlíku (viz obrázek č. 10). Výsledkem je glukopyranosa (viz obrázek č. 11).



Obrázek č. 10 – Cyklizace glukosy (15)

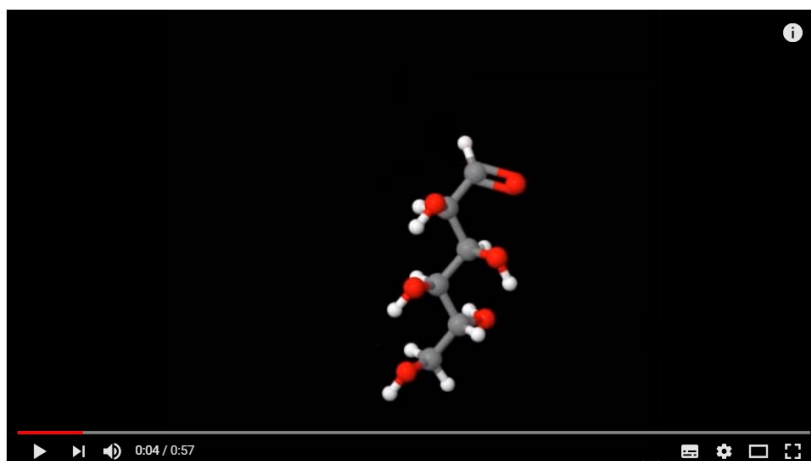


Obrázek č. 11 – Glukopyranosa (15)

V tomto videu není vysvětlen vznik jednotlivých anomerů.

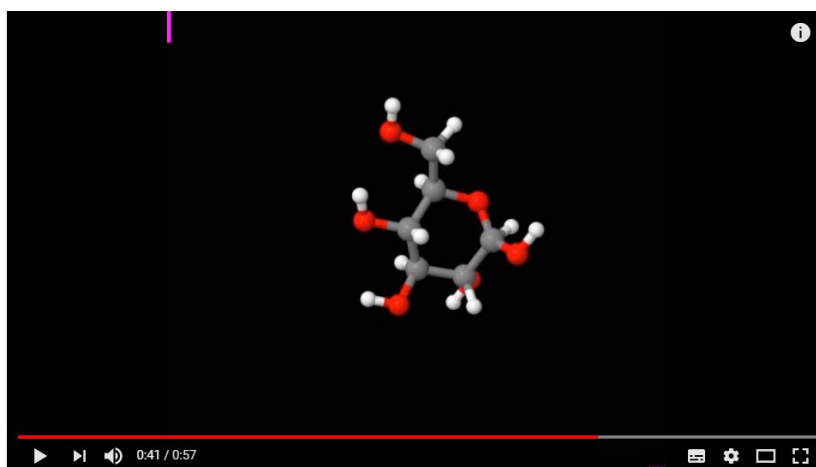
3.2.11 Ciclación de la glucosa

Video s názvem *Ciclación de la glucosa* (16) je na internetu volně dostupné video (zdroj www.youtube.com). Ke dni 7. 1. 2018 mělo přes 2200 zhlédnutí, ke dni 22. 4. 2018 něco málo přes 2700 zhlédnutí (nárůst o cca 140 zhlédnutí za měsíc). Video znázorňuje tvorbu pyranosového kruhu z glukosy ve formě otevřeného řetězce. Výchozí forma molekuly zobrazuje úhly mezi jednotlivými vazbami, barevné označení atomů je v porovnání s předchozími snímky standardní (viz obrázek č. 12). Pohyb molekuly není opět plynulý, jedná se o sekvenci několika obrázků za sebou.



Obrázek č. 12 – Glukosa ve formě otevřeného řetězce (16)

Ve videu je naznačena rotace mezi vazbami, čímž molekula dospěje do takové polohy, aby mohlo dojít k reakci karbonylové skupiny na 1. uhlíku a hydroxylové skupiny na 5. uhlíku. Zmíněná reakce je dobře znázorněna pomocí přechodu atomu vodíku z hydroxylové skupiny na karbonyl za vzniku nové hydroxylové skupiny na 1. uhlíku. Výsledkem je glukopyranosa (viz obrázek č. 13).



Obrázek č. 13 – Glukopyranosa (16)

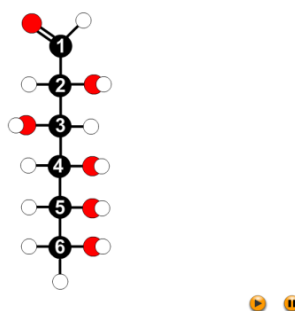
Video je doprovázeno španělským komentářem. Autor se věnuje pouze cyklizaci, anomery sacharidu představeny nejsou.

3.2.12 Cyklizace glukosy

Animace Cyklizace glukosy byla vytvořena v rámci vypracování diplomové práce s názvem *Sacharidy ve středoškolském vzdělávání* v roce 2009 Annou Steinbauerovou (12). Animace je volně dostupná na internetu na vzdělávacím portálu www.studiumbiochemie.cz (17). Autorka znázornila cyklizaci glukosy, kdy vychází

z lineárního modelu, který představuje Fischerovu projekci daného sacharidu. Nejsou zde tedy naznačeny úhly mezi jednotlivými vazbami, proto může dojít k určité miskoncepci. Uhlíky jsou číselně označeny, což by při pochopení dané problematiky mohlo být ulehčující (viz obrázek č. 14).

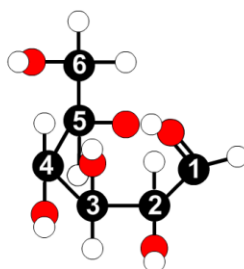
CYKLIZACE GLUKOSY



Obrázek č. 14 – Glukosa ve Fischerově projekci (17)

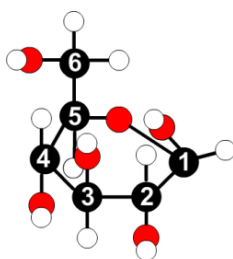
K cyklizaci dochází na základě rotace. Reakce karbonylové skupiny na 1. uhlíku s hydroxylovou skupinou na 5. uhlíku je naznačena pomocí přechodu atomu vodíku (viz obrázek č. 15) za vzniku nové hydroxylové skupiny a vazbou mezi kyslíkem (na 5. uhlíku) a 1. uhlíkem (viz obrázek č. 16). Výsledkem je glukopyranosa v Haworthově projekci.

CYKLIZACE GLUKOSY



Obrázek č. 15 – Přechod atomu vodíku (17)

CYKLIZACE GLUKOSY



Obrázek č. 16 – Vznik nové hydroxylové skupiny a vazby (17)

3.2.13 Závěry z analýzy videí a animace

Z kapitol 3.2.8 až 3.2.12 vyplývá, že na internetu existují volně dostupné materiály, které více méně dynamickým způsobem znázorňují daný děj. Takové materiály se často upřednostňují před různým statickým zobrazením, jelikož většinou ulehčují pochopení dané problematiky. Ne vždy jsou však tyto materiály zpracovány natolik výstižně, aby splnily svůj účel v celém rozsahu. Hlavním problémem je nesprávné uspořádání atomů a vazeb v prostoru. Ve většině animací či videích tvůrci chybně znázorňují molekuly sacharidů jako rovinné útvary. Dalším možným znázorněním molekul, které se objevilo v analyzovaném videu, je pomocí „3D kuličkových modelů (tzv. Balls and Sticks Model)“ (kap. 3.2.11), kde jsou již znázorněny správné úhly. Analyzovaná animace však nebyla příliš kvalitní (pohyb molekul není plynulý a působí rušivým dojmem). Lépe se dají dohledat zahraniční materiály s anglickým či jiným komentářem, české internetové stránky videa a podobné materiály příliš neposkytují. Komentář v cizím jazyce tedy pro české posluchače nemusí být vždy zcela pochopitelný.

3.3 Adobe Animate CC

Software Adobe Animate (dříve nazývaný Adobe Flash Professional) je animační program vyvinutý společností Adobe Systems sloužící ke tvorbě grafiky a animací, které lze publikovat pro televizní programy, online videa, videohry, webové stránky apod. (18)

Tvorba animací vyžaduje použití programovacího jazyka, kterým je ActionScript. Tento skriptovací jazyk dodává aplikacím interaktivitu, neboť umožňuje přidávat ovládací prvky přehrávání či datová zobrazení. Má svá syntaktická

pravidla, pomocí kterých lze vytvářet a ovládat objekty, které animacím dodávají onu interaktivitu. (19)

V nově vytvořených animacích (kap. 4.1) byly použity dva skripty. První skript byl použit pro tlačítko „pauza“. Po klepnutí na určenou instanci symbolu (konkrétně instanci tlačítka s názvem `buttonpause` se přehrávací hlava přesune na následující snímek a film se zastaví.

```
buttonpause.addEventListener(MouseEvent.CLICK, fl_ClickToGoToNextFrame)
;
function fl_ClickToGoToNextFrame(event: MouseEvent): void {
    stop();
}
```

Druhý skript byl vytvořen pro tlačítko „přehrát“. Po klepnutí na určenou instanci symbolu (konkrétně instanci tlačítka s názvem `buttonplay`) se přehrávací hlava přesune na určený snímek na časové ose a od tohoto snímku bude pokračovat v přehrávání.

```
buttonplay.addEventListener(MouseEvent.CLICK, fl_ClickToGoToAndPlayFromFrame_2);
function fl_ClickToGoToAndPlayFromFrame_2(event:MouseEvent):void
{
    play();
}
```

Existují různé typy formátů souborů používaných v aplikaci Adobe Animate CC, které umožňují přehrávání animací vytvořených v tomto programu. Soubor ve formátu FLA je pracovní verze, kterou lze otevřít pouze tehdy, jestliže má uživatel nainstalovaný program. V tomto formátu lze animaci dále upravovat. Soubor ve formátu SWF představuje výsledný produkt, který je určený k prohlížení a není možné ho dále upravovat, pro přehrání tohoto souboru musí však mít uživatel nainstalovaný plugin Adobe Flash Player. Soubor lze uložit i ve formátu HTML, který umožňuje přehrání produktu pomocí internetového prohlížeče. Pro správné fungování je zapotřebí, aby byl přítomen i swf soubor. (20)

4 Praktická část

Praktická část práce je zaměřena na tvorbu vzdělávacích materiálů, které se zabývají strukturou monosacharidů. Konkrétně byla vypracovaná výkladová PowerPointová prezentace (kap. 4.2) s propojením na flashové animace (kap. 4.1). Animace byly vytvořeny v programu Adobe Animate CC a byly zhotoveny s cílem znázornit didakticky vhodným způsobem skutečnou strukturu monosacharidů a jejich přepis do Fischerovy projekce, představit konfiguraci D/L, dále také přechod mezi acyklickou a cyklickou strukturou monosacharidů a v neposlední řadě demonstrovat anomery α/β (ilustrováno na molekule glukosy).

4.1 Animace

Animace byly vytvořeny v programu Adobe Animate CC (verze 18.0.1) s podporou programovacího jazyka ActionScript 3.0. Animace jsou součástí elektronické přílohy na CD-ROMu, který se spustí po vložení do mechaniky. Nachází se zde tři animace ve formátech *.fla, *.swf a *.html. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3, soubor ve formátu FLA lze otevřít pouze pomocí programu Adobe Animate CC, formát SWF představuje výslednou animaci, kterou je uživatel schopen si přehrát s podporou příslušného pluginu, formát HTML lze otevřít pomocí internetového prohlížeče. V animacích jsou zároveň použity Fischerovy a Haworthovy vzorce glukosy, které byly vytvořeny v programu ChemSketch (verze 12.01).

4.1.1 Ovládání animací

Po kliknutí na soubor Animace1.swf, Animace2.swf nebo Animace3.swf (nebo příslušné verze formátu HTML) se otevře okno se zvolenou animací. Všechny animace obsahují tlačítka, díky kterým může uživatel animaci ovládat.



Tlačítko *přehrát* – umožňuje spuštění animace při otevření souboru ve formátu *.swf nebo *.html, zároveň přehrává animaci po jejím zastavení tlačítkem *pauza*.

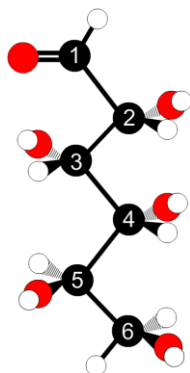


Tlačítko *pauza* – umožňuje zastavení animace v okamžiku, kdy uživatel na dané tlačítko klikne. Po kliknutí na tlačítko *přehrát* animace pokračuje v přehrávání.

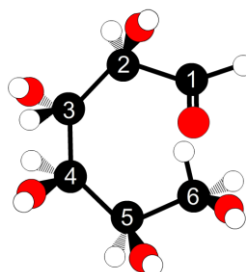
4.1.2 Animace 1

Animace 1 představuje acyklickou podobu glukosy, která není v lineární formě, ale zobrazuje úhly mezi jednotlivými vazbami. Pro lepší orientaci a představu jsou uhlíky očíslovány. Molekula glukosy je zobrazena v klínové projekci, ve které byly použity plné klíny pro znázornění vazeb směřujících „dopředu“ a příčně šrafované klíny

znázorňující vazby směřující „dozadu“ (viz obrázek č. 17). Po spuštění animace se molekula glukosy natočí do takové pozice, ze které je snazší pochopit její přepsání do Fischerova vzorce (viz obrázek č. 18).



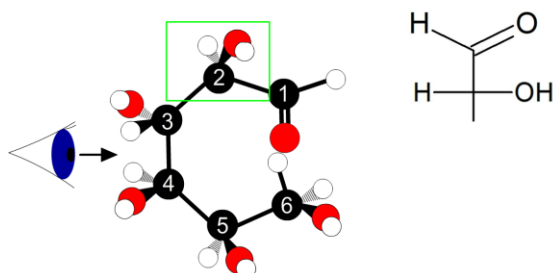
Obrázek č. 17 – Animace 1, výchozí forma



Obrázek č. 18 – Animace 1, výsledek

4.1.3 Animace 2

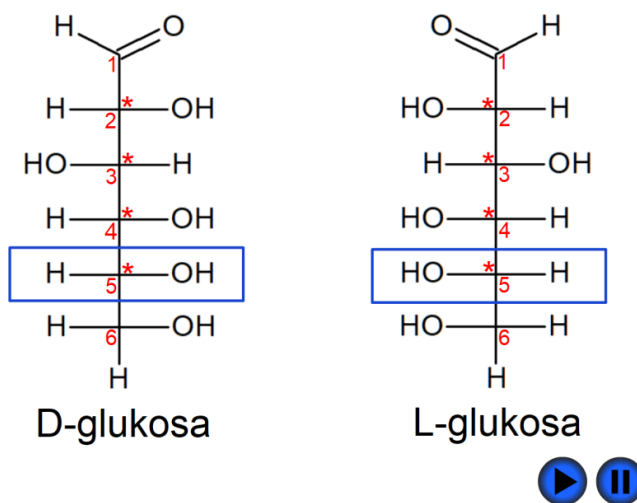
Animace 2 zobrazuje přepsání acyklické molekuly glukosy do Fischerova vzorce. Jako výchozí forma je použita molekula glukosy po natočení z Animace 1 (obrázek č. 18). Postupně se v animaci pomocí barevných rámečků zvýrazňují části molekuly po jednotlivých uhlících, které se přepisují do Fischerova vzorce (viz obrázek č. 19).



Obrázek č. 19 – Animace 2, přepis do Fischerova vzorce

Symbol oka naznačuje úhel pohledu, ze kterého se uživatel na model glukosy dívá. Při přepisu do Fischerovy projekce se pak vazby s plným klínem (směřující dopředu) zapisují na pravou stranu, vazby s šrafovaným klínem na levou. Ve výsledném

Fischerově vzorci jsou jednotlivé uhlíky očíslovány a hvězdičkou jsou naznačena chirální centra na uhlíku 2, 3, 4 a 5 (viz obrázek č. 20).

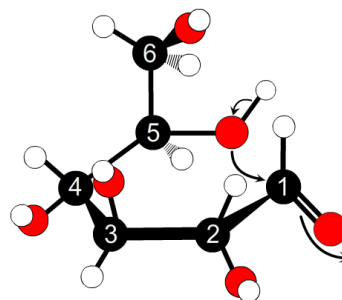
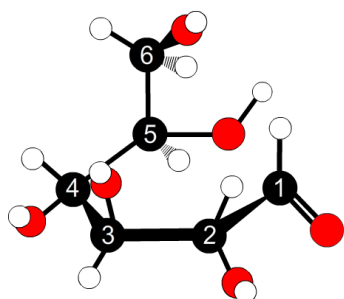


Obrázek č. 20 – Animace 2, D/L-glukosa ve Fischerově projekci

Modrý rámeček zvýrazňuje 5. uhlík, který je zároveň posledním chirálním uhlíkem v molekule glukosy, podle kterého se určuje její konfigurace. Pokud hydroxylová skupina navázaná na tento uhlík směřuje ve Fischerově vzorci doprava, jedná se o D-monosacharid (v animaci konkrétně o D-glukosu), jestliže směřuje doleva, jedná se o L-monosacharid. V případě, že všechny substituenty na chirálních centrech mají opačnou orientaci než původní D-glukosa, jedná se o L-glukosu, která je zrcadlovým obrazem D-glukosy, což je v animaci naznačeno „přetočením“ molekuly.

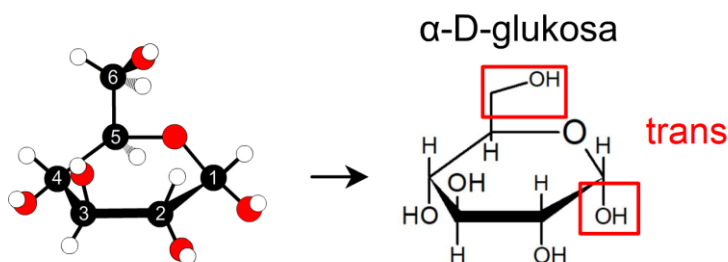
4.1.4 Animace 3

Animace 3 začíná cyklizací glukosy. Výchozí forma molekuly je acyklická, ale je již natočená tak, aby bylo jasné, na jakém místě dochází k cyklizaci. Molekula je vyobrazená tak, aby připomínala Haworthův vzorec. U 5. a 6. uhlíku jsou zachovány klínové vazby, aby bylo názornější, které vazby směřují dozadu nebo dopředu, u ostatních uhlíků jsou substituenty na uhlík připojeny normální vazbou, ale v porovnání s Haworthovou projekcí jsou úhly stále zachovány (viz obrázek č. 21). Následně je pomocí zahnutých šipek naznačen pohyb elektronů, kdy hydroxylová skupina na 5. uhlíku ztrácí vodík (resp. proton) a vytváří vazbu s 1. uhlíkem, čímž se molekula zacyklí do glukopyranosy, karbonylová skupina zaniká a na prvním uhlíku vzniká skupina hydroxylová (viz obrázek č. 22).



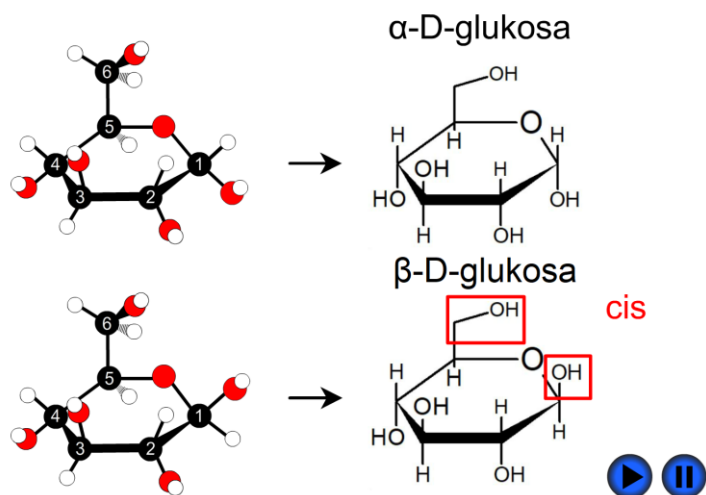
Obrázek č. 21 – Animace 3, začátek Obrázek č. 22 – Animace 3, naznačení zacyklení

Dále jsou použity vzorce vytvořené v programu ChemSketch. Glukopyranosa je zobrazena pomocí Haworthova vzorce, ve kterém jsou pomocí červených rámečků zvýrazněny dvě skupiny – hydroxylová skupina na 1. uhlíku a celá $-\text{CH}_2\text{OH}$ skupina na 5. uhlíku. Hydroxylová skupina na 1. uhlíku je vůči substituentu $-\text{CH}_2\text{OH}$ orientovaná *trans* (jedna skupina směřuje nad rovinu, druhá pod ni), takže se jedná o anomer α (viz obrázek č. 23).



Obrázek č. 23 – Animace 3, Haworthův vzorec představující anomer α -D-glukosu

Animace pokračuje zacyklením stejné molekuly, která má však karbonylovou skupinu natočenou tak, aby vznikl anomer β , u kterého jsou substituenty vůči sobě orientované *cis* (směřují nad rovinu kruhu) (21), což je opět zvýrazněné pomocí červených rámečků (viz obrázek č. 24).



Obrázek č. 24 – Animace 3, porovnání anomerů α/β -D-glukopyranosy

4.2 PowerPointová prezentace

Prezentace byla vytvořena v programu Microsoft PowerPoint (2016) a obsahuje 10 snímků a 1 snímek s použitými zdroji. Při vytváření prezentace byly použity obrázky stažené z internetu, které je možné použít, sdílet či upravovat (vyhledáno pomocí filtru), rovněž bylo zařazeno video, které je z volně dostupného zdroje. Zároveň prezentace obsahuje chemické vzorce a struktury vytvořené v programu ChemSketch (verze 12.01). Níže jsou uvedeny konkrétní snímky s didaktickými poznámkami. Prezentace neobsahuje příliš mnoho teoretických informací, předpokládá se, že bude sloužit pouze jako podklad k výkladu učitele. K aktivizaci žáků je vhodné zařadit do výuky molekulovou stavebnici. Tímto stylem výuky žák propojí hned tři smysly – sluch, zrak, hmat. Výuka bude pro žáky více atraktivní a zapamatování učiva by pak mělo být efektivnější než při pouhé prezentaci učiva, při které jsou žáci pasivními pozorovateli.

Prezentace je součástí elektronické přílohy společně s výše uvedenými animacemi. Zároveň je k dispozici stažené video ve formátu MP4, které je vloženo do snímku 2 v prezentaci. Pro navržené použití prezentace ve výuce je zapotřebí mít všechny zde uvedené soubory uložené v téže složce.

Vzdělávací cíle vyučovací hodiny s použitím PowerPointové prezentace jsou stanoveny takto:

- Žák porozumí pojmům sacharid a cukr.
- Žák uvede princip chemického pokusu zaznamenaného na videu.
- Žák rozliší pojmy monosacharid, disacharid, oligosacharid, polysacharid, aldosa (aldohexosa) a ketosa (ketohehexosa).

- Žák s využitím stavebnice sestaví tyčinkový model acyklické D-glukosy.
- Žák na základě sestaveného modelu napíše Fischerův vzorec D-glukosy.
- Žák z Fischerova vzorce určí konfiguraci D/L. K D-monosacharidu zakreslí jeho L-isomer (a obráceně).
- Žák z acyklického modelu sestaví model cyklický (a obráceně).
- Žák rozliší pyranosu a furanosu.
- Žák na základě sestaveného cyklického modelu D-glukosy či z Fischerova vzorce zapíše jeho Haworthův vzorec.
- Žák rozliší anomery α a β .

Snímek č. 1

Jedná se o úvodní snímek, kdy učitel uvede téma hodiny. Termín sacharidy může být pro některé žáky cizím slovem, titulní obrázek by tedy měl navodit určitou představu o tom, jakých látek se toto učivo týká. Učitel by měl vysvětlit rozdíl mezi pojmy sacharid a cukr. Je vhodné propojit výuku s každodenním životem (cukr krystal, cukr moučka, ovocný cukr, hroznový cukr apod.) – tedy s žáky na téma „cukr“ či „sacharid“ diskutovat.



Obrázek č. 25 – Snímek č. 1

Snímek č. 2

Do snímku č. 2 bylo vloženo video s názvem *Dehydratace cukru kyselinou sírovou* (22), které je volně dostupné na internetu (zdroj www.youtube.com). Video slouží k uvědomění žáků, z kterých prvků se sacharidy skládají, zároveň to může být prvek zpestřující výuku a na úvod vyučovací hodiny i prvek motivační.



Obrázek č. 26 – Snímek č. 2

Didaktické poznámky: Video začíná tím, že se do kádinky s cukrem (sacharosa) nalije koncentrovaná kyselina sírová. Následně můžeme pozorovat barevné změny, kdy cukr nejprve hnědne (karamelizuje) a poté zčerná (uhelnatí). Princip pokusu spočívá v tom, že koncentrovaná kyselina sírová má silné dehydratační účinky a organickým látkám je schopna odnímat molekuly vodíku a kyslíku v poměru 2:1 (tedy vodu). Uhlík, který tvoří kostru organických látek, se vyloučí, a proto sacharosa zčerná. Učitel žákům nejprve řekne, jaké dvě výchozí látky do reakce vstupují, a po přehrání videa může být vedena diskuze o tom, jak a proč pokus probíhal. Nějaké vědomosti mají žáci již z anorganické chemie, proto učitel může klást takové otázky, kterými je dovede ke správné odpovědi.

Snímek č. 3

Jedná se o snímek, který je věnovaný rozdělení sacharidů, dále je obsah prezentace směřován pouze na skupinu monosacharidy.

ROZDĚLENÍ



Monosacharid



Disacharid



Polysacharid (3)

- MONOSACHARIDY
- OLIGOSACHARIDY (2-10 monosacharidových jednotek)
- POLYSACHARIDY (>10 monosacharidových jednotek)

Obrázek č. 27 – Snímek č. 3

Didaktické poznámky: Učitel žáky seznámí s rozdělením sacharidů na jednotlivé skupiny. Vysvětlení struktury týkající se počtu monosacharidových jednotek lze ilustrovat na vloženém obrázku. Ve výčtu je použit termín *oligosacharidy*, ale na obrázku jsou znázorněny *disacharidy*. Učitel tedy vysvětlí rozdíl mezi těmito pojmy – oligosacharidy je společný název pro skupinu sacharidů skládajících se ze 2-10 monosacharidových jednotek, termín disacharidy se používá pro takovou skupinu sacharidů, která zahrnuje látky skládající se právě ze 2 monosacharidových jednotek.

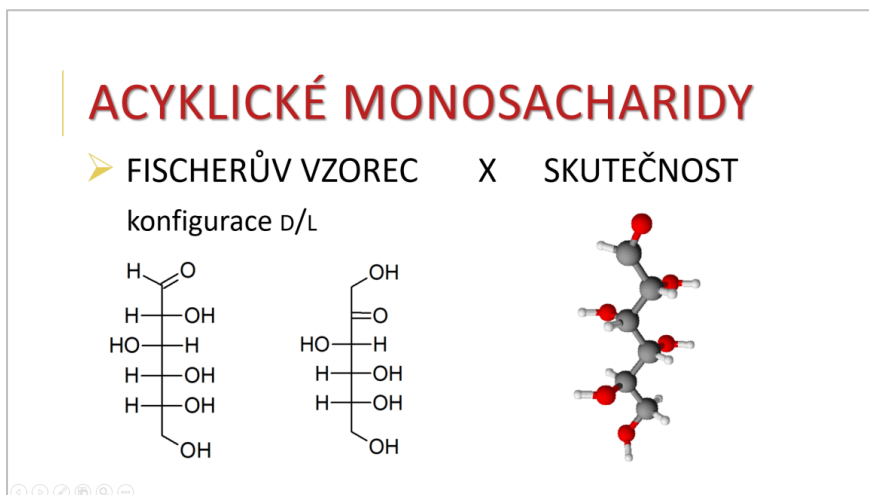
Snímek č. 4



Obrázek č. 28 – Snímek č. 4

Didaktické poznámky: Snímek č. 4 je zaměřen na strukturu monosacharidů. Učitel žákům sdělí, že základními prvky tvořící sacharidy jsou uhlík, kyslík a vodík. V rámci toho může vzpomenout na zhlédnuté video, které tuto skutečnost potvrzuje. Dále jsou žáci seznámeni s rozdělením monosacharidů na acyklické a cyklické. Ve struktuře acyklických monosacharidů se objevuje karbonylová skupina, která může být aldehydová nebo ketonová (podle její polohy v řetězci molekuly). Na základě těchto informací mohou žáci k přiloženým obrázkům přiřadit odpovídající název karbonylové skupiny.

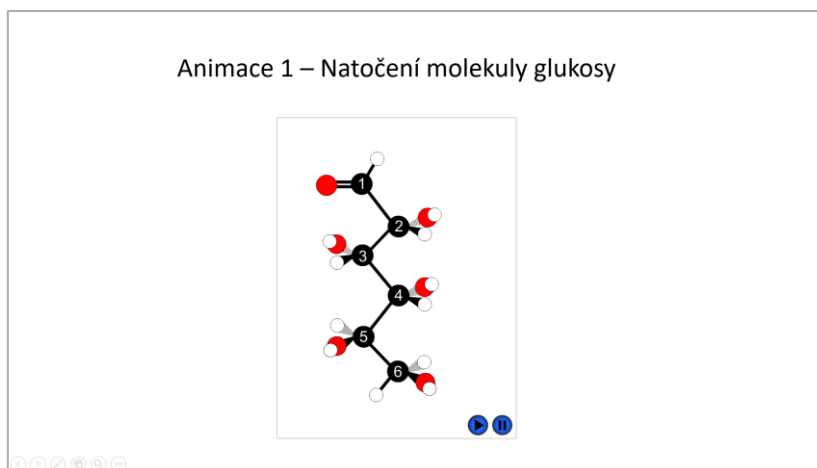
Snímek č. 5



Didaktické poznámky: Snímek č. 5 obsahuje 2 Fischerovy vzorce – aldohexosu (monosacharid složený z 6 uhlíků obsahující aldehydovou skupinu, konkrétně glukosa) a ketohexosu (monosacharid složený z 6 uhlíků obsahující ketonovou skupinu, konkrétně fruktosa). Učitel může připomenout rozdíl mezi těmito skupinami v jejich umístění v řetězci již na konkrétním příkladu. Dále žákům představí Fischerův vzorec, který se používá pro zobrazení acyklické struktury monosacharidů, a upozorní na to, že se žákům může jevit, že tento vzorec znázorňuje monosacharid jako planární, lineární molekulu, což neodpovídá skutečnému prostorovému uspořádání atomů v molekule monosacharidu. Žáci se podle dostupnosti pomůcek rozdělí do skupin, ve kterých si na základě předlohy uvedené v prezentaci (obrázek na snímku č. 5 vpravo) sestaví pomocí molekulové stavebnice tyčinkový model D-glukosy.

Snímek č. 6

Do snímku č. 6 je vložen soubor Animace1.html jako hypertextový odkaz. Animace se spustí po kliknutí na obrázek. Animaci lze ovládat pomocí modrých tlačítek (viz kapitola 4.1.1).

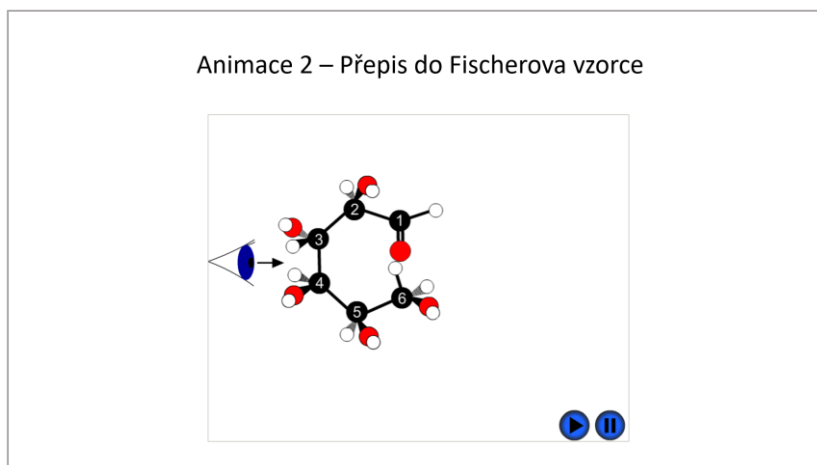


Obrázek č. 30 – Snímek č. 6

Didaktické poznámky: Jestliže mají žáci ve skupinách modely sestavené, může se Animace 1 využít jako návod k natočení molekuly glukosy. Pomocí tlačítek učitel animaci ovládá, postupně ji zastavuje a znovu přehrává.

Snímek č. 7

Do snímku č. 7 je vložen soubor Animace2.html jako hypertextový odkaz. Animace se spustí po kliknutí na obrázek. Animaci lze ovládat pomocí modrých tlačítek (viz kapitola 4.1.1).



Obrázek č. 31 – Snímek č. 7

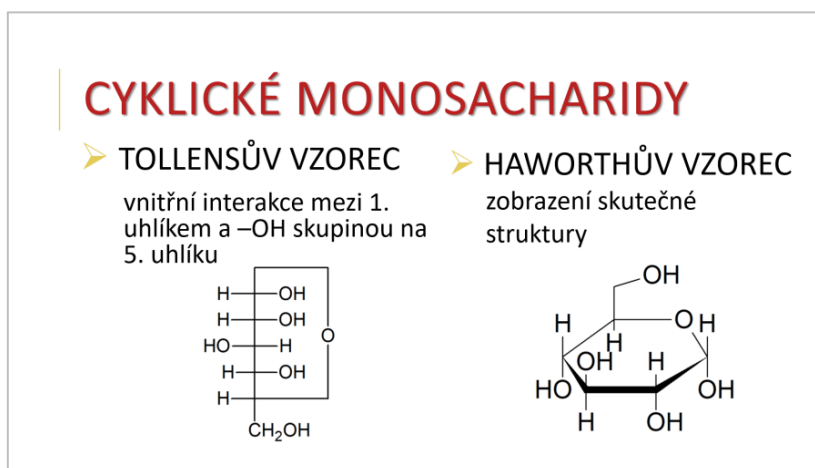
Didaktické poznámky: Pokud mají žáci molekuly natočené (orientované do prostoru) podle Animace 1, přesune se učitel na snímek 7, který obsahuje video s druhou animací. Žáci si natočí sestavený model tak, aby na něj koukali ze stejného úhlu, který je naznačen šipkou mířící od symbolu oka. Učitel upozorní žáky, že při sestavování

Fischerova vzorce je zapotřebí, aby skupina s nejvyšší prioritou, tedy uhlík s nejvyšším oxidačním číslem (uhlík č. 1 u aldós, uhlík č. 2 u ketos), byl nahoře. Učitel spustí animaci, ve které se postupně zvýrazňují jednotlivé uhlíky a molekula je přepisována do Fischerova vzorce. Učitel animaci po jednotlivých krocích zastaví, aby si žáci mohli správnost ověřit na sestavených modelech. Animace pokračuje určením konfigurace D/L. Učitel vysvětlí, proč jsou některé uhlíky chirální (všechny 4 vazby musí nést odlišný substituent) a následně se podle posledního chirálního uhlíku určí konfigurace monosacharidu. Pokud hydroxylová skupina na posledním stereogenním centru ve Fischerově projekci směřuje doprava, jedná se o D-monosacharid, pokud doleva, pak jde o L-monosacharid.

Učitel upozorní žáky na to, že chirální uhlíky se ve Fischerově vzorci znázorňují do kříže, kde vodorovné čáry představují vazby vystupující před nákresnu a svislé čáry reprezentují vazby směřující za nákresnu.

Učitel může žáky seznámit s pojmy levotočivé a pravotočivé opticky aktivní látky a jejich značením v názvu molekul. Poté je vhodné upozornit na nesouvislost tohoto značení s konfigurací D/L.

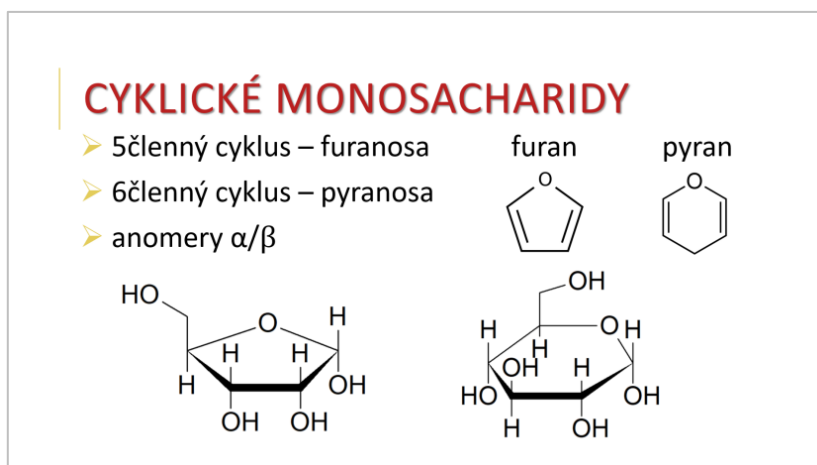
Snímek č. 8



Obrázek č. 32 – Snímek č. 8

Didaktické poznámky: Snímek č. 8 představuje cyklické monosacharidy. Učitel žáky seznámí s dalšími typy vzorců, kterými lze monosacharidy zapsat, a vysvětlí rozdíly mezi nimi – Tollensův vzorec znázorňuje, jaké skupiny spolu interagují a kde tedy dochází k cyklizaci, řetězec je uzavřený, ale monosacharid je stále „lineární“; Haworthův vzorec zobrazuje reálnější podobu cyklického monosacharidu.

Snímek č. 9

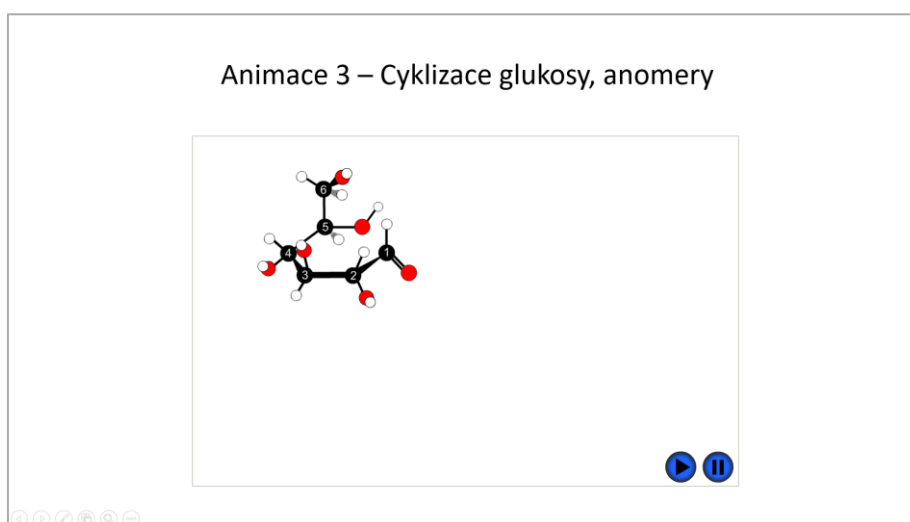


Obrázek č. 33 – Snímek č. 9

Didaktické poznámky: Na snímku č. 9 jsou vyobrazeny dvě formy cyklických monosacharidů – furanosa a pyranosa. Učitel žákům vysvětlí rozdíl mezi nimi. Pokud máme 5členný cyklus, který je složený ze 4 atomů uhlíku a 1 atomu kyslíku, pak se taková forma nazývá furanosa, jejíž název je odvozen od furanu. Jestliže je cyklus 6členný, tedy obsahuje 5 atomů uhlíku a 1 atom kyslíku, pak se jedná o pyranosu, jejíž název je odvozen od pyranu.

Snímek č. 10

Do snímku č. 10 je vložen soubor Animace3.html jako hypertextový odkaz. Animace se spustí po kliknutí na obrázek. Animaci lze ovládat pomocí modrých tlačítek (viz kapitola 4.1.1).

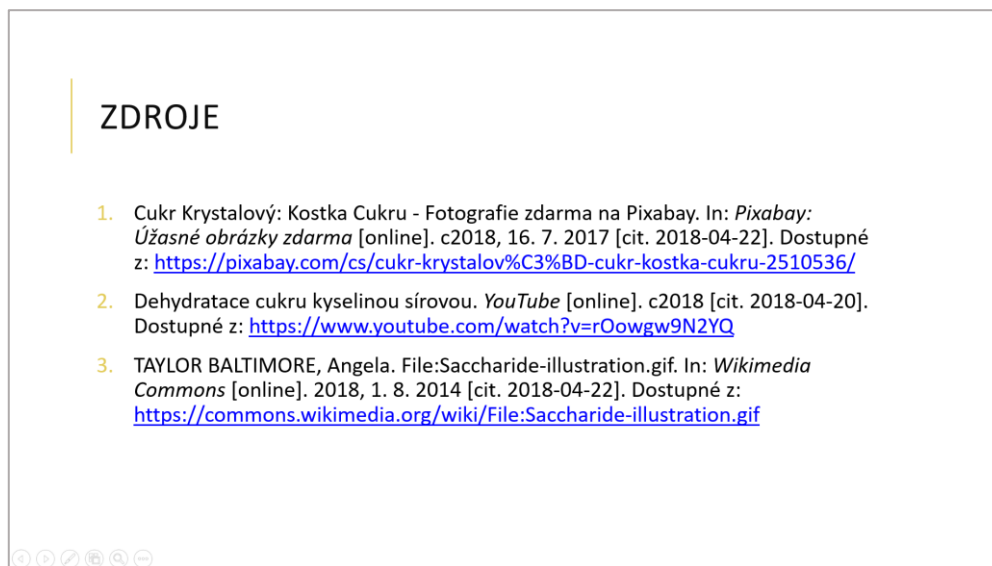


Obrázek č. 34 – Snímek č. 10

Didaktické poznámky: Snímek č. 10 obsahuje poslední animaci, která znázorňuje cyklizaci glukosy a představuje dva anomery α/β . Žáci pořád pracují se sestaveným modelem – natočí si molekulu tak, aby odpovídal počátečnímu obrázku v animaci a podle animace řetězec molekuly glukosy uzavrou a získají tak cyklickou podobu (učitel animaci zastavuje, aby žáci měli na práci čas a také prostor ke kontrole s animací). Učitel žáky upozorní na to, že je zapotřebí v tyčinkovém modelu nahradit atom uhlíku v konfiguraci sp^2 za atom uhlíku v konfiguraci sp^3 . Na základě získaných informací mohou určit, zda se jedná o furanosu nebo pyranosu. Animace pokračuje zobrazením molekuly pomocí Haworthova vzorce, ve kterém jsou vyznačené posuzované substituenty, které svým postavením odpovídají anomeru α . Následně je v animaci zobrazena i cyklizace druhého anomeru, Žáci si pomocí modelů mohou ověřit, že Haworthův vzorec může chybně navodit dojem, že molekula je planární (vazby cyklu leží v jedné rovině). Žáci si podle animace sestaví na svých modelech oba anomery, aby tak pochopili rozdíl mezi nimi.

Snímek č. 11

Snímek č. 11 obsahuje zdroje, ze kterých byly čerpány použité obrázky a video (22, 23, 24).



Obrázek č. 35 – Snímek č. 11

5 Diskuze

Jedním z předem stanovených cílů bylo provést analýzu hlavních kurikulárních dokumentů určených pro gymnázia. RVP G i RVP GSP poskytují pouze obecné informace o zařazení tématu *Sacharidy* do výuky chemie. Podle těchto informací si pak jednotlivé školy specifikují učivo a očekávané výstupy ve svých vlastních ŠVP. Byly vybrány tři ŠVP gymnázií s různým zaměřením, aby mohlo být porovnáno, jakým způsobem se liší zařazení tématu *Struktura sacharidů* ve výuce chemie. Podle očekávání se výuka na gymnáziu se zaměřením na přírodní vědy věnuje danému tématu nejvíce a obsahuje nejrozsáhlejší očekávané výstupy, avšak i v ŠVP sportovního gymnázia je zahrnut výstup týkající se struktury monosacharidů: „Žák objasní strukturu jednotlivých sloučenin“.

Byla provedena rešerše výukových materiálů. Rešerše byla nejprve věnována středoškolským učebnicím, ze kterých byly vybrány ty, které se podle průzkumu (9) používají ve výuce chemie nejvíce. Učebnice se řadí mezi materiály, které prezentují učivo na základě statické vizualizace. Použitím nedostatečně vysvětlených Fischerových a jiných vzorců pak může docházet ke špatnému pochopení dané problematiky. V těchto vzorcích nejsou dodrženy vazebné úhly a uspořádání atomů v prostoru, molekuly sacharidů pak vypadají jako planární útvary s atomy uhlíků ležící v jedné přímce (lineární tvar hlavního řetězce). K podkladům se statickým způsobem prezentace učiva patří také učební texty. Mezi těmito materiály nebyl nalezen jediný, který by zmínil perspektivní vzorce acyklických monosacharidů. Většina analyzovaných učebních textů byla určena spíše učitelům jako podklad k jejich výkladu, proto má zde pedagog prostor k tomu, aby možné mylné vnímání struktury acyklických monosacharidů upřesnil.

Dalšími analyzovanými výukovými materiály byla videa a animace. Tyto materiály předkládají učivo dynamickým způsobem. Video a animace by mohly být vhodným prvkem pro zpestření výuky a zvýšení její atraktivity, zároveň by mohly napomáhat k lepšímu vnímání problematiky a být pro žáky poutavým prostředkem k získání informací. V analyzovaných materiálech vyjma jediného videa nebylo dodržováno správné uspořádání atomů a vazeb v prostoru. Analyzované animace i videa nebyly příliš kvalitní (rozmazanost, neplynulé přechody) a bohužel převážná část byla komentována v cizím jazyce.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvořit výukové materiály. Na základě nedostatků zjištěných v rešeršní části byly zhotoveny animace, které by měly žáky motivovat pro výuku zvoleného tématu a předkládají učivo takovým způsobem, aby byla dodržena správná struktura monosacharidů a nedocházelo tak k chybně vytvořeným představám. Dále byl důraz kladen na to, aby nejdůležitější jevy týkající se struktury monosacharidů (konfigurace, anomery aj.) byly vysvětleny správně, co nejvíce srozumitelně a názorně (s podporou vizualizačních prvků). V rámci praktické části byla vytvořena také prezentace jakožto podklad k výkladu učitele, která obsahuje minimální počet teoretických informací. Předpokládá se tedy, že během vyučovací hodiny nebudou žáci zahlceni množstvím faktických znalostí. PowerPointová prezentace je navržena pro úvodní hodinu, kterou se vstupuje do tématu *Sacharidy*. Svým rozsahem by měla pokrýt jednu vyučovací hodinu, ale v případě nesrovnalostí a potřebě procvičení daných jevů se může učivo v krátkosti zopakovat i během druhé vyučovací hodiny. Podstatné je, aby si žáci z hodiny odnesli to nejdůležitější – jaké je reálné uspořádání molekul monosacharidů v prostoru, případně další informace, které z učebnic (resp. statických obrázků) nezískají. Materiály jsou navrženy tak, aby samotní žáci nebyli pouze v roli pasivního pozorovatele, ale díky jejich činnosti v hodině (práce s molekulovou stavebnicí podle připojených animací) se do výuky aktivně zapojí. To by mohlo napomoci tomu, že daná vyučovací hodina bude žáky více bavit, čímž se eliminuje ztráta zájmu a rovněž bude pro učitele snazší předávat informace.

6 Závěr

Byly stanoveny tři hlavní cíle, které byly při vypracování této bakalářské práce splněny.

V teoretické části bylo nejprve téma *Sacharidy* zařazeno v rámci RVP G a RVP GSP do vzdělávací oblasti a obsahu a byl vymezen jeho očekávaný výstup. Konkrétnější očekávané výstupy týkající se tématu *Struktura sacharidů* a časová dotace předmětu chemie byly porovnány v rámci ŠVP třech gymnázií s různým zaměřením. Rešerše byla mimo jiné zaměřena na analýzu středoškolských učebnic, které se podle průzkumu M. Klečky (9) používají ve výuce chemie nejvíce. Ze závěru analýzy vyplývá, že ve většině případů se učebnice struktury sacharidů nevěnují v dostatečné míře, jinak tomu nebylo ani u studijních textů. V rámci teoretické části byla zpracována i rešerše videí a animací, které jsou volně dostupné na internetu. U takových materiálů se předpokládá, že daný děj bude znázorněn dynamickým způsobem, bude doplněn například o mluvený komentář a bude dodrženo uspořádání atomů a vazeb v prostoru. Mezi hodnocenými animacemi a videi však nebyl nalezen takový materiál, který by všechna uvedená kritéria splňoval.

V praktické části byla vypracována výkladová PowerPointová prezentace a tři flashové animace, které spolu souvisejí. Animace jsou zaměřeny na strukturu sacharidů, konkrétně na přepis do Fischerova vzorce, určení konfigurace D/L, cyklizaci monosacharidu a vysvětlení rozdílu mezi anomery α/β . Důraz je kladen především na to, aby byly dodrženy vazebné úhly, a aby tak uživatel získal představu o skutečné podobě. Tyto animace jsou propojeny s výkladovou prezentací, která slouží jako podklad k výkladu učitele. Prezentace je doplněna o didaktické poznámky, které by měly učiteli pomoci při postupu vedení vyučovací hodiny. Důraz je kladen také na aktivizaci žáků během hodiny, která je zprostředkována použitím molekulové stavebnice, což by mělo vést k lepšímu pochopení dané problematiky.

7 Seznam použité literatury a internetových zdrojů

1. BALADA, Jan. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, c2007. ISBN 978-80-87000-11-3.
2. BALADA, Jan. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou: RVP GSP*. V Praze: Výzkumný ústav pedagogický, c2007. ISBN 978-80-87000-12-0.
3. Vzdělání – brána do života. *Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23* [online]. Plzeň, Copyright © [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: https://www.mikulasske.cz/wp-content/uploads/2015/11/SVP1516v_mpr.pdf
4. Školní vzdělávací program osmiletého Gymnázia Trutnov. *Gymnázium Trutnov* [online]. Trutnov, Copyright ©M [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.gymnaziumtu.cz/files/g-tu-svp-8vg-15-16.pdf>
5. Školní vzdělávací program čtyřleté studium. *Sportovní gymnázium Ludvíka Daňka* [online]. Brno [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.sglbrno.cz/studium/dokumenty/svp-4lete.pdf>
6. MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA. *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-057-1.
7. VACÍK, Jiří. *Přehled středoškolské chemie*. 3. dopl. vyd., v SPN-pedag. nakl. 1. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 1995. ISBN 80-85937-08-5.
8. KOLÁŘ, Karel, Jiří POSPÍŠIL a Milan KODÍČEK. *Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 2005. ISBN 80-7235-283-0.
9. KLEČKA, M. *Teorie a praxe tvorby učebnic chemie pro střední školy*. Praha, 2011. Disertační práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce Prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.
10. BENEŠOVÁ, Marika, Erna PFEIFEROVÁ a Hana SATRAPOVÁ. *Odmaturuj! z chemie*. 2., přeprac. vyd. Brno: Didaktis, c2014. Odmaturuj!. ISBN 978-80-7358-232-6.
11. ŠMÍDL, M. *Analýza učebnic a tvorba učebních textů s tematickým celkem sacharidy a jejich metabolismus pro školy gymnaziálního typu*. Praha, 2013. Disertační práce. Studijní program Vzdělávání v chemii, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce Doc. PhDr. Jiří Škoda, Ph.D.

12. STEINBAUEROVÁ, A. *Sacharidy ve středoškolském vzdělávání*. Praha, 2009. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce Mgr. Milada Teplá (roz. Roštejnská), Ph.D.
13. Carbohydrates Part 1: Simple Sugars and Fischer Projections. *YouTube* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=wFYsufJ9XMM>
14. CHEM 153A: Cyclization of Glucose. *YouTube* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=F2QDNRcd3E0>
15. Glucosa ciclación. *YouTube* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Dan6FiMmuwM>
16. Ciclación de la glucosa. *YouTube* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Z4Knm6vCGXo>
17. Dílčí výukový materiál - Sacharidy. *Biochemie - vzdělávací portál* [online]. Praha, 2013 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky.html#2
18. Adobe Animate. *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 2001 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_Animate
19. Používání jazyka ActionScript v Animate CC. *Adobe Centrum nápovědy* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://helpx.adobe.com/cz/animate/using/actionscript.html>
20. Vytvářejte interaktivní webové dokumenty pro Flash v aplikaci InDesign. *Adobe Centrum nápovědy* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://helpx.adobe.com/cz/indesign/using/interactive-web-documents-flash.html>
21. MCMURRY, John. *Organická chemie*. V Brně: VUTIUM, 2007. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-3291-8.
22. Dehydratace cukru kyselinou sírovou. *YouTube* [online]. c2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=rOowgw9N2YQ>
23. Cukr Krystalový: Kostka Cukru - Fotografie zdarma na Pixabay. In: *Pixabay: Úžasné obrázky zdarma* [online]. c2018, 16. 7. 2017 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/cukr-krystalov%C3%BD-cukr-kostka-cukru-2510536/>
24. TAYLOR BALTIMORE, Angela. File:Saccharide-illustration.gif. In: *Wikimedia Commons* [online]. 2018, 1. 8. 2014 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saccharide-illustration.gif>

8 Přílohy diplomové práce

Elektronická příloha – CD-ROM:

Animace1.swf

Animace1 fla

Animace1.html

Animace2.swf

Animace2 fla

Animace2.html

Animace3.swf

Animace3 fla

Animace3.html

Struktura_monosacharidu.pptx

Dehydratace_cukru_kyselinou_sirovou.mp4