

**Univerzita Karlova  
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Učitelství chemie pro střední školy – Učitelství biologie pro střední školy



**Bc. Hana Josífková**

Lipidy – Tvorba animací pro podporu vzdělávání v přírodních vědách

Lipids – Creating Animations to Support Education in the Natural Science

Typ závěrečné práce:

Diplomová práce

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

Praha, 2020

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou 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

Ráda bych poděkovala především své školitelce RNDr. Miladě Teplé, Ph.D. za všechny cenné rady, trpělivost, ochotu a především čas, který mi věnovala při psaní této diplomové práce. Zároveň děkuji rodině za velkou podporu během celého mého studia.

## **Abstrakt**

Předložená diplomová práce se zabývá tématem lipidy a je zaměřena na jeho zpracování v podobě výukových materiálů (studijního textu a souboru výukových animací) určených pro výuku chemie a biologie na středních školách. Práce je rozdělena na dvě části. V teoretické části jsou definovány stěžejní pojmy sloužící jako teoretická východiska: mezipředmětové vztahy, vizualizace, animace. Dále je provedena analýza RVP G a zastoupení tématu diplomové práce v tomto kurikulárním dokumentu. Závěr teoretické části je věnován stanovení kritérií pro analýzu výukových materiálů a charakteristice animačního programu Adobe Animate CC. V rámci praktické části je dle předem stanovených kritérií provedena analýza volně dostupných výukových materiálů, konkrétně animací dostupných na internetu. Dále jsou představeny výukové materiály, tj. soubor výukových animací vytvořený v programu Adobe Animate CC a studijní text, který slouží jako doprovodný materiál k výukovému programu. K materiálům je rovněž sepsána metodická příručka pro uživatele. Vytvořené materiály se soustředí na téma lipidy a s nimi spojené biologické membrány, kladou důraz na mezipředmětové vztahy chemie a biologie a propojují poznatky z obou těchto předmětů.

## **Klíčová slova**

Lipidy, biologické membrány, mezipředmětové vztahy, vizualizace, animace, přírodovědné vzdělávání, vzdělávací materiály, Adobe Animate CC

## **Abstract**

The diploma thesis deals with the topic of lipids and it is focused on the processing in the form of educational materials (educational text and educational animations) for chemistry and biology on secondary school. It is divided into two parts. The theoretical part defines the key concepts serving as theoretical background: interdisciplinarity, visualization, animation. There is also performed the analysis of RVP G and the representation of the topic of the diploma thesis in this curricular document. The final chapter of the theoretical part is dedicated to determining the criteria for the analysis of the educational materials and the characteristics of the animation program Adobe Animate CC. The analysis of available educational materials is performed according to predetermined criteria in the practical part, specifically animations available on the Internet. There are also introduced the educational materials so as the complex file of educational animations created in the program Adobe Animate CC and the educational text that serves as a guiding material to educational animation program. The materials include methodological guide for users. The created materials focus on the topic of the lipids and biological membranes, they emphasize interdisciplinarity of chemistry and biology and also connect knowledge from both of these subjects.

## **Key words**

Lipids, Biological membranes, Interdisciplinarity, Visualization, Animation, Science education, Didactic materials, Adobe Animate CC

## Seznam použitých zkratk:

2D	dvoudimenzionální
3D	trojdimenzionální
ADP	adenosindifosfát
AMK	aminokyselina
ATP	adenosintrifosfát
CD-ROM	Compact Disc Read-Only Memory
fps	Frames Per Second
GIF	Graphics Interchange Format
ICT	informační a komunikační technologie
MK	mastná kyselina
RVP	rámcový vzdělávací program
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia
RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
ŠVP	školní vzdělávací program

# Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle.....	10
3	Teoretická část.....	11
3.1	Mezipředmětové vztahy.....	11
3.1.1	Integrace a interdisciplinarita.....	12
3.2	Vizualizace.....	13
3.2.1	Vymezení pojmu vizualizace.....	13
3.2.2	Vizualizační prostředky a jejich funkce.....	14
3.3	Multimediální učební pomůcka.....	16
3.4	Animace.....	17
3.4.1	Výhody použití animací ve výuce.....	18
3.4.2	Nevýhody použití animací ve výuce.....	19
3.4.3	Doporučení pro tvorbu animací.....	19
3.5	Zastoupení tématu v RVP G.....	20
3.6	Kritéria pro hodnocení výukových materiálů.....	21
3.7	Adobe Animate CC.....	22
3.7.1	Popis programu Adobe Animate CC.....	23
3.7.2	Skriptovací jazyk a jeho syntaxe využitá v animacích.....	24
4	Praktická část.....	28
4.1	Analýza výukových materiálů.....	28
4.1.1	Cell Biology Animation.....	28
4.1.2	Wisc-Online.....	31
4.1.3	Wiley.....	35
4.1.4	Závěry z analýzy animací.....	41
4.2	Vzdělávací materiály.....	43
4.2.1	Výukový program <i>Lipidy</i> .....	43
4.2.2	Studijní text.....	53
5	Diskuse.....	72
6	Závěr.....	76
7	Použité zdroje.....	77
	Výukový program <i>Lipidy</i> : citace použitých obrázků.....	81
8	Přílohy.....	1

# 1 Úvod

Vzhledem k neustálému vývoji společnosti se logicky mění a zvyšují potřeby člověka. V návaznosti na tyto skutečnosti se musí přizpůsobovat i vzdělávání, a proto české školství prochází už několik let řadou změn. Učitelé se snaží vnést do výuky různé moderní způsoby. Tradiční pojetí učení (jako je např. frontální výuka a předávání hotových informací žákům, kteří jsou pak pouze pasivními účastníky výuky) je v současnosti doplňováno inovativními metodami, které mají snahu žáky zaujmout, aktivizovat je a vést je k rozvoji samostatnosti, představitosti i logického myšlení.

Hojně probíraným tématem českého školství je hledání vazeb a vztahů mezi jednotlivými předměty. Díky mezipředmětovým vztahům žáci získávají ucelenou představu o dané problematice, na kterou mohou pohlížet z mnoha různých úhlů. Informace jsou podávány v souvislostech a žáci jsou schopni poznatky získané v jednom předmětu využívat v předmětu jiném.

Přírodovědné předměty, jako je např. chemie a biologie, jsou si velice blízké svým obsahem. Vědní disciplína biochemie, jak už z názvu vyplývá, stojí na pomezí právě těchto dvou předmětů, a je proto žádoucí propojovat získávané poznatky a dávat je do souvislostí. Stejně je tomu i u tématu lipidy, které se svým obsahem dotýká jak předmětu chemie, tak biologie.

V souvislosti s aktivizací žáků se ve výuce hojně využívají učební pomůcky, které slouží především k dosažení vzdělávacích cílů. Těmi mohou být učebnice, pracovní listy, modely, prezentace nebo animace. Všechny tyto učební pomůcky usnadňují učitelům předávat dané informace a žákům napomáhají v pochopení probíraného učiva.

Problémem učebnic a jiných podobných pomůcek je skutečnost, že předkládají učivo na základě 2D zobrazení a statické vizualizace a podněcují tak aktivitu žáků pouze v malé míře. Naopak mezi pomůcky, které přibližují realitu a zobrazují skutečnou podobu například chemických molekul, patří 3D modely. Tyto prostředky považují někteří učitelé za nedílnou součást výuky. Při výuce lze využívat i jiné vizualizační prostředky, jako jsou např. animace či videa, které předkládají učivo na základě dynamické vizualizace. Napodobují různé děje, dodávají jim pohyb, zvyšují atraktivitu výuky a navíc mohou obsahovat interaktivní prvky, díky kterým dochází k aktivizaci žáků, kteří se tak přímo účastní procesu učení.

Na základě výše uvedených faktů byl stanoven hlavní cíl předkládané diplomové práce – vytvořit výukový soubor animací, který by propojoval poznatky z předmětu



chemie i biologie a tím podporoval mezipředmětové vztahy. Výukový materiál by mimo jiné sloužil ke zvýšení atraktivity výuky a k lepšímu znázornění a pochopení učiva dané problematiky. Animace by měly být využitelné při výuce v běžných i seminárních hodinách nebo jako studijní materiál při samostudiu.

Tématem výukových animací jsou lipidy a s nimi spojené biologické membrány. Dané téma se dotýká obou výše zmíněných přírodovědných předmětů, a proto je vhodné klást důraz mimo jiné též na mezipředmětové vztahy.

## 2 Cíle

Předkládaná diplomová práce si klade několik na sebe navazujících cílů.

- Sepsat rešerši zabývající se tématy mezipředmětové vztahy, vizualizace, animace. Tyto pojmy budou sloužit jako teoretická východiska pro praktickou část předkládané diplomové práce.
- Provést analýzu Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia ve vztahu k tématu lipidy.
- Dle předem stanovených kritérií analyzovat animace volně dostupné na internetu.
- Vytvořit soubor výukových animací na téma lipidy, který bude klást důraz na mezipředmětové vztahy. Výukový program bude využitelný v předmětech chemie a biologie a bude doplněn o metodickou příručku.
- Sepsat studijní text jakožto doprovodný materiál k výukovým animacím.

### 3 Teoretická část

Teoretická část diplomové práce je rozdělena do 7 kapitol. Na základě informací obsažených v těchto celcích byla sepsána část praktická, v rámci které byly dále vytvořeny výukové materiály.

#### 3.1 Mezipředmětové vztahy

V České republice program vzdělávání vymezují a popisují tzv. kurikulární dokumenty, které jsou vytvářeny na dvou úrovních. Na státní úrovni se jedná o rámcové vzdělávací programy (RVP), na úrovni školní se pak vzdělávání uskutečňuje dle školních vzdělávacích programů (ŠVP), které si jednotlivé školy vytvářejí samy. ŠVP vycházejí z RVP a musí s nimi být v souladu.

Mezi základními principy Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia (RVP G) je uvedeno, že RVP G podporuje komplexní přístup k realizaci vzdělávacího obsahu, včetně možnosti jeho vhodného propojování (1). V rámci charakteristiky vzdělávacího obsahu uvádí RVP G, že bude tento obsah v ŠVP rozpracován v podobě vyučovacích předmětů. Vzdělávací obsah jednoho oboru může převzít jeden vyučovací předmět nebo může být rozdělen mezi více vyučovacích předmětů nebo je možné obsah více oborů spojovat (integrovat) do jednoho předmětu. V ŠVP je také možno integrovat tematické okruhy, celky a témata různých oborů tak, aby byly maximálně podpořeny mezioborové (mezipředmětové) vztahy (1).

Předměty chemie a biologie (spolu s fyzikou, geografii a geologií) se řadí do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Tato vzdělávací oblast je v RVP G charakterizována několika odstavci. Mimo jiné se zde uvádí, má-li být přírodovědné vzdělávání na gymnáziu kvalitní a prakticky využitelné, je potřeba, aby se především orientovalo na hledání zákonitých souvislostí mezi aspekty přírodních objektů. Tyto objekty jsou převážně systémy nebo tyto systémy vytvářejí. Proto je při zkoumání přírody nezbytný komplexní, tj. multidisciplinární a interdisciplinární přístup. S tím souvisí i úzká spolupráce jednotlivých přírodovědných oborů. Vzdělávací oblast Člověk a příroda má tedy zároveň umožnit žákům poznávat, že bariéry mezi jednotlivými úrovněmi organizace přírody reálně neexistují, jsou často jen v našich izolovaných přístupech. Svým pojetím má tato oblast vytvářet prostředí koordinované spolupráce všech přírodovědných vzdělávacích oborů (1).

Pedagogický slovník J. Průchy, E. Walterové a J. Mareše (2) definuje pojem mezipředmětové vztahy jako „*vzájemné souvislosti mezi jednotlivými předměty, chápání příčin a vztahů, přesahujících předmětový rámec, prostředek mezipředmětové integrace.*“

Problematikou mezipředmětových vztahů se zabýval J. Janás, který ve své publikaci (3) uvedl, že přírodovědné předměty mají mnoho společného – co se týče obsahu i použitých metod. Uplatňování mezipředmětových vztahů je důležité zejména proto, aby nedocházelo ke zbytečnému dublování učiva, ale naopak aby bylo učivo účelně využíváno, prohlubováno a aplikováno. Pokud dochází k izolaci jednotlivých předmětů a jejich učiva, důsledkem je, že žáci nejsou schopni učivo těchto předmětů spojit.

Mezipředmětové vztahy závisí na koordinaci obsahové, časové, metodické a cílové. Úroveň obsahová a časová je částečně propracována v kurikulárních dokumentech, některé ŠVP mezipředmětové vztahy uvádějí u konkrétního učiva. V praxi se ale často stává, že k propojení předmětů téměř nedochází. Metodická koordinace a koordinace vzdělávacích cílů jsou velmi neprobádané. Paradoxem je, že na koordinaci vzdělávacích cílů v podobě žákovských kompetencí jsou založeny RVP (4).

J. Janás ve své knize (5) charakterizuje mezipředmětové vztahy v několika bodech:

Mezipředmětové vztahy

- jsou nezbytné k vytvoření ucelené představy žáků o přírodě a společnosti;
- usnadňují systematizaci poznatků z různých předmětů;
- napomáhají odstranit nežádoucí dublování učiva v jednotlivých předmětech;
- umožňují vytvářet dovednosti syntézy i transferu poznatků a pracovních metod z jednoho předmětu do druhého.

### 3.1.1 Integrace a interdisciplinarita

RVP umožňují integraci témat různých oborů pro maximální podporu mezipředmětových vztahů. Pojem integrace vzdělávacího obsahu je chápán jako „*propojení vzdělávacího obsahu na úrovni témat, tematických okruhů, případně vzdělávacích oborů oblastí, které umožňuje Rámcový vzdělávací program pro gymnázia.*“ Integrovaný předmět je pak definován jako „*předmět, který na úrovni Rámcového vzdělávacího programu integruje celé vzdělávací obsahy vzdělávacích oborů nebo jejich části*“ (1). Integrace přírodních věd je charakterizována jako „*přístupy, při nichž jsou koncepce a principy přírodních věd prezentovány tak, že vyjadřují základní jednotu přírodovědného myšlení a pojmů a potlačují přežilé nebo nevýznamné rozdíly mezi*

*různými oblastmi přírodních věd*“ (6). Při výuce přírodovědných předmětů by měla být věnována větší pozornost především takovým tématům, která mohou integrovat různé informace a pojmy do souhrnnějších celků, které budou vykazovat interdisciplinární charakter (7). Interdisciplinarita je v Pedagogickém slovníku (2) definována jako „*způsob výuky spojující poznatky a metody několika vědních disciplín*.“

V České republice je v této době výuka na základních školách ovlivněna Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání (RVP ZV). Tento program naznačuje možnost integrace jednotlivých předmětů, což je dále realizováno v ŠVP. Na většině základních škol se interdisciplinární přístup projevuje především na prvním stupni, kde se zavádějí integrované předměty *Prvouka* (1. – 3. třída), *Přírodopis a Vlastivěda* (4. – 5. třída). Na vyšším stupni jsou realizovány tzv. průřezová témata, mezi které patří např. environmentální výchova. Ta představuje oblast s největším průnikem učiva jednotlivých přírodovědných předmětů, které jsou zahrnuty do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* (6).

Hlavním cílem přípravy učitelů je v dnešní době zejména odborná znalost předmětu nebo předmětů. Tato skutečnost je spojena s rizikem, že se učitelé soustředí pouze na svůj obor, různí vyučující pak opakují učivo v několika předmětech, ale bez nijakých souvislostí. Tradičně se také oddělují oborové didaktiky, což se vylučuje s trendy ve výuce přírodovědných předmětů, které směřují k jejich integraci (6). Podle J. Trny by měla existovat didaktika přírodovědy, kterou chápe jako mezioborovou didaktickou disciplínu, pod kterou spadají didaktiky biologie, chemie, fyziky, geografie a geologie. Didaktika přírodovědy by neměla být pouhým sjednocením oborových didaktik, ale měla by přinášet novou kvalitu založenou na koordinaci, integraci a zobecnění poznání (8).

## 3.2 Vizualizace

Kapitola se věnuje vymezení pojmu vizualizace a popisuje jeho přínos ve výuce. Zároveň se soustředí na vizualizační prostředky a jejich funkce ve vzdělávání.

### 3.2.1 Vymezení pojmu vizualizace

V knize *Moderní vyučování* (9) autor uvádí, že informace vstupují do našeho mozku pomocí smyslů – z 87 % jsou mozkiem zpracovány informace předkládané vizuálně (zrakem), pouze z 9 % sluchem, zbylá 4 % pak připadají na ostatní smysly.

Z tohoto hlediska je vizualizace jedním z velmi přínosných způsobů, jak ve výuce žákům informace prezentovat.

Pojem vizualizace vychází z latinského *visus* – zrak, atribut *vizuální* pak znamená zrakový, zrakem vnímaný. Vizualizaci lze definovat jako „operaci transformující strukturu a systém určitého jevu a jeho charakteristické vlastnosti do zrakově vnímatelné podoby. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o činnost, kterou daný jev zviditelňujeme, tedy vizualizujeme“ (10).

Vizualizace je velmi efektivní a časově nenáročný způsob, jak přenos informací uskutečňovat. Důležitou roli při tom hrají smyslové receptory člověka, jelikož umožňují vznik vjemů a představ (11). Souvisí s tím i pojem vizuální gramotnost, který chápeme jako „soubor schopností a dovedností porozumět vizuálnímu materiálu, myslet a učit se v jeho termínech a používat ho při komunikaci s okolím“ (12). Vizuální materiál může mít různou podobu, rozumíme jím např. obraz, znak, symbol, tabulku aj. Termínem vizuální myšlení je myšlena schopnost vytvářet ve vědomí vizuální představy, s jejichž pomocí je pak možno řešit různé problémové situace (12).

V. Spousta podstatu vizualizace vnímá především v hledání, objevování a zviditelňování struktury určité části přírodní nebo sociální reality v podobě schématu nebo znakového systému. Výsledkem této činnosti je model, který může mít různou podobu (11).

### 3.2.2 Vizualizační prostředky a jejich funkce

Každý učitel se denně setkává, ať už jako uživatel nebo jako tvůrce, s učebními pomůckami. Je však nutné zamyslet se a věnovat náležitou pozornost jejich vhodnému zakomponování do vzdělávacího procesu. Svých výhod (jako např. efektivnější dosažení vzdělávacích cílů) totiž dosahují pouze při správném metodickém využívání. Nestačí pouze to, že je má učitel k dispozici, a neznamená to, že budou při osvojování vědomostí a dovedností užitečné a přínosné. Naopak při nevhodném použití mohou působit kontraproduktivně (13). Pedagogický slovník J. Průchy, E. Walterové a J. Mareše (2) uvádí poměrně obsáhlou, avšak výstižnou definici učebních pomůcek: „*Učební pomůcka je tradiční označení pro objekty, předměty zprostředkující nebo napodobující realitu, napomáhající větší názornosti nebo usnadňující výuku, např. přírodniny, obrazy, schémata, symboly, modely. Současná nabídka učebních pomůcek zahrnuje širokou škálu auditivních, vizuálních, obrazových a technických pomůcek, které jsou součástí vyučování.*“ B. Kujal ve svém Pedagogickém slovníku (14) uvádí, že učební pomůcky

se využívají zejména proto, aby se vytvořily podmínky pro intenzivnější vnímání učiva a aby do celkového procesu učení bylo zapojeno co nejvíce smyslů. O učebních pomůckách tedy můžeme říci, že zprostředkovávají a napodobují realitu, pomáhají při názornosti a usnadňují výuku (13). Můžeme je klasifikovat do různých kategorií podle různých kritérií. Jednou takovou kategorií mohou být pomůcky psychologicko-fyziologické, kritérium jsou pak smysly, na které pomůcky působí – např. vizuální, auditivní, dotykové, smíšené apod. (15).

Termínem vizuálie nebo vizualizační prostředky lze označit *předměty, jevy a jejich zobrazení či znázornění, které člověk vnímá zrakem* (10). Tyto prostředky můžeme rozdělit do tří skupin podle způsobu zobrazení skutečnosti: dvojrozměrné (2D), trojrozměrné (3D) vizuálie a reálné předměty (16).

#### 1. Didaktické obrazy (2D)

- a) stabilní obrazy – obrázky v učebnici, nástěnné obrazy, fotografie, grafy aj.
- b) pohyblivé obrazy – film, videozáznam, animace aj.
- c) stabilní a pohyblivé obrazy – aplikace na magnetickou tabuli, obrazy na monitoru počítače apod.

#### 2. 3D předměty – makety, modely

#### 3. Reálné předměty – přírodniny, preparáty, výrobky

V rámci vzdělávání jsou vizualizační prostředky využívány zejména pro jejich pedagogicko-didaktické funkce, zároveň plní i několik psychologických funkcí (10, 12, 16). Tyto funkce jsou shrnuty v následujících odstavcích.

##### 3.2.2.1 Pedagogicko-didaktické funkce

1. Explikativní
2. Demonstrativní
3. Instruktivní
4. Informativní
5. Fixační
6. Verifikační

Vizualizační prostředky se dají ve výuce využít při výkladu učiva, kterému mohou výrazně napomoci a vést ke splnění výukových cílů (explikativní funkce). Rovněž mohou usnadnit pochopení učiva, urychlují jeho osvojení a mnohdy i šetří čas, což znamená méně námahy jak pro žáka, tak pro učitele (demonstrativní funkce). Dále se mohou využít

při prezentaci určitých jevů či činností, kdy mohou sloužit i jako návod pro samostatnou práci žáků (instruktivní funkce). Zároveň je učitelé využívají při předkládání nových informací žákům (informativní funkce). Vizualizační prostředky se mnohdy využívají k upevňování vědomostí nebo dovedností (fixační funkce) a mohou sloužit i k ověření správných odpovědí žáků či testování jejich znalostí (verifikační funkce) (10, 12, 16).

### 3.2.2.2 Psychologické funkce

1. Afektivně-motivační
2. Aktivizační
3. Koncentrační
4. Imaginativní
5. Kognitivně-regulační
6. Fixační

Vizualizační prostředky podněcují zájem o učivo tím, že výuku zpestřují a činí ji tak atraktivnější. Zajímavost obsahu těchto prostředků zvyšuje zájem žáků a jejich celkovou motivaci k učení, k čemuž vede i fakt, že estetické zpracování vizuálií rovněž působí na emoční stránku osobnosti žáka (afektivně-motivační funkce). Vizualizační prostředky podmiňují vznik určité činnosti a podílejí se na jejím průběhu, vedou žáky k produktivnímu vnímání (aktivizační funkce). Vizuálie taktéž upoutávají pozornost, zvyšují soustředěnost (koncentrační funkce), dále rozvíjí představivost a fantazii žáků, což mimo jiné vede i k abstraktnímu myšlení (imaginativní funkce). Tyto prostředky by měly být zpracovány tak, aby poskytovaly správné informace o dané problematice, jako jsou například tvary objektů, barvy, velikost, případně pohyb apod., čímž by se zamezilo vytváření určitých miskonceptů, které by mohly vznikat například pouhým čtením textu (kognitivně-regulační funkce). Vizualizační prostředky v neposlední řadě podporují zapamatování učiva a rozvíjí paměť žáků (fixační funkce) (10, 12, 16).

### 3.3 Multimediální učební pomůcka

Výše byly definovány pojmy učební pomůcky a vizualizační prostředky. Další pojem, který je důležité si zavést, je multimediální učební pomůcka. J. Dostál ve svém článku (13) uvádí, že se definici tohoto pojmu nepodařilo v žádných obdobně zaměřených pracích dohledat, proto vytvořil definici vlastní: „*Multimediální učební pomůcka je digitální prostředek integrující různé formáty dokumentů, resp. dat (např.*



*text, tabulky, animace, obrazy, zvuk, video apod.), zprostředkující nebo napodobující realitu, napomáhající větší názornosti nebo usnadňující výuku.*“ Informace, které tyto pomůcky obsahují, jsou vyjádřené takovými formami, které účinně působí na smysly jedince. Vzhledem k tomu, že prostřednictvím multimédií je v jednu chvíli působeno na více smyslů, při výuce lze dosahovat lepších výsledků, učivo je trvaleji a hlouběji osvojováno (13).

Významným znakem těchto učebních pomůcek je interaktivita. Interaktivita umožňuje oboustrannou komunikaci (tj. učící se vs. multimediální učební pomůcka) a žák tak má možnost aktivně zasahovat do chodu programu a ne pouze pasivně přijímat jeho obsah. K tomu, aby k interakci mohlo docházet, vyžadují multimédia techniku (většinou se jedná o multimediální počítač s příslušnými zařízeními) (13). Vědecká databáze *Science direct* nabízí článek (17), ve kterém autoři uvádí, že pochopení a uchování informací závisí na smyslech, které jsou při tom používány. Můžeme si tedy pamatovat 15 % toho, co slyšíme, 25 % toho, co vidíme, ale zachovat si dokážeme 60 % informací, pokud s nimi interagujeme. Interakce totiž aktivuje oblasti mozku osoby spojené se zkušeností, což způsobuje ukládání informací do dlouhodobé paměti.

### 3.4 Animace

S výše uvedenou vlastností multimediálních učebních pomůcek a jejím účinkem úzce souvisí animace a její využití ve výuce. V knize *Multimediální slovník: aneb manuál milovníka multimédií* (18) je pojem animace definován jako „*napodobení (simulace) plynulého pohybu skládáním jednotlivých nepohyblivých snímků nebo kreslených obrázků*“. Animace patří mezi vizualizační prostředky, které nabízejí dva jedinečné rysy – dráhu a pohyb. Tím se výrazně liší od statických obrázků, které jsou žákům k dispozici v učebnicích a jiných výukových materiálech. Z tohoto hlediska mohou animace lépe vystihnout a znázornit dynamickou, interaktivní a částicovou povahu chemie (19).

Chemie a další předměty patřící mezi přírodní vědy se často řadí mezi méně oblíbené školní předměty. Vzhledem k tomu, že mnoho žáků má problém s pochopením učiva, snaží se informace učit nazpaměť, což pak vede k neoblíbenosti předmětu, navíc jejich znalosti nemusí být úplné a souvislé (20). Chemie studuje procesy probíhající na molekulární úrovni. Velikost atomů, iontů a molekul se pohybuje kolem několika nanometrů a pro žáky se věda zabývající se studiem těchto částic stává abstraktní. Žáci si tedy tyto věci musí představovat, což pro někoho může být velmi obtížné. Atomy a molekuly navíc nejsou statické, ale pohybují se, což se pomocí obrázků znázornit nedá.

Animace v tomto případě mohou zviditelnit těžko představitelné, abstraktní chemické procesy a navíc zobrazit jejich dynamickou povahu (21).

Obrázek a fotografie jsou statické vizualizační prostředky. Rozdíl mezi nimi je v tom, že obrázek znázorňuje objekt v kreslené podobě, kdežto fotografie představuje objekt reálný. Podobně lze nahlížet i na dynamické prostředky. Principem animace je několik na sebe navazujících snímků (nakreslených objektů), které jsou samy o sobě statické a drobně se od sebe liší. Při rychlém zobrazování těchto snímků dochází k simulaci pohybu. Video oproti tomu zprostředkovává pohyb reálných objektů (21). Pokud je požadováno znázornění nějakého mechanického, dynamického pohybu, použije se k tomu animace. Statické obrázky by takový proces zobrazovaly pouze nepřímo. Zároveň jsou objekty reprezentovány tak, že se více blíží realitě (22).

Animace existují v různých formátech. Jako příklad lze uvést tzv. GIF animace, které probíhají ve smyčkách a nelze je tedy zastavit (21). Takové animace jsou pro výuku velmi nevhodné, jelikož informace, které obsahují, se neustále mění v čase, animace nemůže být žádným způsobem kontrolována či ovládána a představuje pak výraznou kognitivní zátěž (19). Naopak pokud mají žáci možnost s animacemi pracovat a ovládat je, pak je mohou spouštět opakovaně, aniž by byla kvalita přenášených informací ztracena, což je velmi užitečné, když například dojde k nepochopení učiva (17).

#### 3.4.1 Výhody použití animací ve výuce

Multimediální pomůcky, mezi které patří i animace, umožňují předávat učivo a informace novou cestou, která je žáky vnímána velmi atraktivně, zajímavě a motivačně. Tyto pomůcky přispívají k dosažení vzdělávacích cílů, pozitivně působí při vytváření správných koncepcí a ovlivňují zapamatování informací (19). Výhody, které animace přináší konkrétně ve výuce chemie, byly nastíněny výše. Je to zejména ta schopnost animací, že dokážou vizuálně prezentovat informace, které by pro ilustraci či představu byly obtížné (23). Obecně lze říci, že animace pozitivně působí při získávání pozornosti, dále žáky motivují k učení (21). Animace napomáhají k dosažení vzdělávacích cílů. Patří sem jednak cíle kognitivní (díky těmto učebním pomůckám mohou žáci lépe pochopit učivo), ale zároveň se dotýkají i cílů afektivních – animace totiž svou estetickou stránkou, interaktivitou a například zábavným zpracováním působí na emoce žáka (což souvisí i s výše zmíněnou motivací a zvýšením pozornosti) (22).

Multimediální a jiné pomůcky mohou přinášet mnoho výhod, avšak je velmi důležité, jakým způsobem jsou tyto prostředky zpracovány a jak s nimi učitel ve výuce pracuje.

#### 3.4.2 Nevýhody použití animací ve výuce

Mezi rizika, která animace mohou přinášet, patří interpretace prezentovaných informací. Žáci mohou dané informace a jejich zpracování brát doslova a může tak docházet ke vzniku určitých miskoncepcí (např. použití barev a tvarů je většinou jen symbolické). Záleží tedy také na tom, jakým způsobem a jak kvalitně jsou dané materiály zpracovány (24). Některé studie upozorňují rovněž na to, že při porozumění informací záleží na pohlaví jedince a schopnosti používat prostorovou orientaci (25). Byl proveden průzkum, v rámci kterého byli studenti chemie rozděleni do dvou skupin právě podle toho, jak moc měli rozvinutou prostorovou orientaci. Výsledkem průzkumu bylo, že pozitivní vliv a efekt animací byl prokázán u studentů s méně rozvinutou prostorovou orientací, kteří díky animacím dosáhli lepších výsledků než při použití pouze statických didaktických prostředků (22).

#### 3.4.3 Doporučení pro tvorbu animací

Aby animace byla efektivní a plnila svůj účel ve vzdělávacím procesu, je třeba dbát na několik základních poznatků. V časopise *Journal of chemical education* byl publikován článek (26), ve kterém jsou podstatné charakteristiky animací shrnuty. Ty nejdůležitější z nich jsou představeny v následujícím výčtu:

- animace by měla být krátká, cca 20 – 60 sekund na jeden pojem, myšlenku;
- animace by měla obsahovat zhruba 15 snímků za sekundu – aby znázornila plynulý pohyb;
- animace by měla obsahovat správné a přesné informace;
- animace by měla obsahovat ovládací panel s tlačítky (pauza, spustit, vpřed, vzad, ukončení) – aby byl zajištěn kontakt s žákem;
- animace by měla obsahovat interaktivní prvky – aby bylo umožněno převzetí zodpovědnosti žáků při rozhodování;
- animace by měla být propojena s doprovodným textem či mluveným slovem – aby se zabránilo případnému vzniku miskoncepcí, mluvený komentář může zajistit učitel;

- animace by měla být kompatibilní se zařízením, aby bylo možné ji spustit a správně používat (přes internet či jinou cestou).

### 3.5 Zastoupení tématu v RVP G

Téma *lipidy* a s ním související problematika je zahrnuta jak v předmětu chemie, tak v předmětu biologie. Tyto dva předměty jsou v RVP G (1) zařazeny do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*.

#### Vzdělávací obor *Chemie*

Tento vzdělávací obor je rozdělen do více tematických celků, téma *lipidy* je zařazeno do tematického celku *Biochemie*, kde jsou očekávané výstupy vymezeny následovně:

- „Žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech.“
- „Žák charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam.“

RVP G vymezuje následující učivo tematického celku *Biochemie*: lipidy, sacharidy, proteiny, nukleové kyseliny, enzymy, vitaminy a hormony.

Tato diplomová práce se zaměřuje především na učivo *lipidy*, zmiňuje ale rovněž problematiku spojenou s učivem *proteiny* a *sacharidy*. S tématem této diplomové práce se prolíná především první výše zmíněný očekávaný výstup spojený s objasněním struktury a funkcí sloučenin, vzhledem k omezenému rozsahu této práce se její téma metabolických procesů příliš nedotýká.

#### Vzdělávací obor *Biologie*

Tento vzdělávací obor je rozdělen do několika tematických celků, téma diplomové práce se prolíná především s tematickým celkem *Obecná biologie*, konkrétně učivem buňky (stavba a funkce) a následujícím vymezeným očekávaným výstupem:

- „Žák objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk.“

Téma této diplomové práce se také úzce dotýká výživy. Učivo *zdravá výživa* je v RVP G zařazeno do vzdělávacího oboru *Výchova ke zdraví*, který je součástí

vzdělávací oblasti *Člověk a zdraví*. Očekávané výstupy daného vzdělávacího oboru nejsou v této diplomové práci reflektovány, jelikož se jedná pouze o okrajovou zmínku.

Předkládaná diplomová práce se zabývá i interaktivitou učebních pomůcek. Tato vlastnost je v RVP G zmíněna v rámci charakteristiky vzdělávací oblasti *Informatika a informační a komunikační technologie (ICT)*: „*V souvislosti s pronikáním poznatků informačních a počítačových věd do různých oblastí lidské činnosti a se specifickým využitím ICT v různých oborech je vhodné zapojit do výuky i inteligentní, interaktivní výukové prostředky, modelování přírodních, technických a sociálních procesů a situací posilujících motivaci k učení. Tím se zvyšuje pravděpodobnost uplatnění absolventů gymnázia v dalším vzdělávání a na trhu práce.*“

### 3.6 Kritéria pro hodnocení výukových materiálů

Kapitola 3.4 se věnovala animacím a byly v ní diskutovány výhody a nevýhody, které jejich použití ve výuce přináší. Byla zmíněna nutná opatrnost při výběru a zacházení s jednotlivými materiály. Zároveň byla v této kapitole uvedena doporučení pro tvorbu animací (kapitola 3.4.3).

Na základě publikace M. Bílka (27) a v souladu s informacemi uvedenými v kapitole 3.4.3 byla vybrána kritéria pro hodnocení a určení kvality animací. Kritéria jsou shrnuta v následující tabulce (viz *Tabulka 1*). Prvních šest kritérií vychází z Bílkovy publikace, kritéria „*doprovodný text*“ a „*mezipředmětové vztahy*“ vycházejí z diplomové práce D. Šarbocha (28) a byla přidána na základě charakteru vytvářených animací předkládané diplomové práce. V rámci praktické části jsou tato kritéria dále využita při analýze dostupných animací (viz kapitola 4.1).

*Tabulka 1 – Kritéria pro hodnocení animací (27, 28)*

<b>KRITÉRIUM</b>	<b>POPIS KRITÉRIA</b>
<b>Vědecké standardy</b>	Kritérium se soustředí zejména na vědeckou správnost, korektnost a pravdivost, tedy zda materiály neobsahují chyby ve faktech.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	Kritérium zkoumá, zda výběr prvků je optimální a jestli množství informací odpovídá cílové skupině.

<b>Didaktický kontext</b>	Kritérium kontroluje zařazení tématu do kontextu učiva, tedy zda se informace vztahují k předchozímu a následujícímu učení.
<b>Učební aktivity</b>	Kritérium ověřuje, jakým způsobem jsou v animaci zpracovány interaktivní prvky, zda má uživatel možnost aktivně se zapojit.
<b>Použitelnost</b>	Kritérium se zaměřuje na příjemnost a jednoduchost ovládání učebních pomůcek např. pomocí tlačítek.
<b>Estetická kvalita</b>	Kritérium se soustředí na estetickou stránku materiálu – na grafickou složku.
<b>Doprovodný text</b>	Kritérium se soustředí na přítomnost doprovodného textu či komentáře.
<b>Mezipředmětové vztahy</b>	Kritérium ověřuje, zda výukový materiál podporuje mezipředmětové vztahy, případně jestli nějaká složka převládá nad druhou.

### 3.7 Adobe Animate CC

Adobe Inc., dříve známa pod názvem Adobe Systems Incorporated, je softwarová firma zaměřující se na oblast počítačové grafiky, publikování a digitálního marketingu (29). Mezi produkty této společnosti patří Adobe Creative Cloud, což je kolekce více než 20 počítačových a mobilních aplikací pro grafický design, fotografie, video, weby a další (30). Jednou z těchto aplikací je právě i Adobe Animate CC.

Software Adobe Animate (dříve známý jako Flash Professional) je animační program sloužící k tvorbě atraktivního interaktivního obsahu. Tento program umožňuje vytvářet např. vektorové animace, aplikace, hry, multimediální obsah, které lze publikovat pro internetové aplikace, televizní programy, webové stránky apod. (31).

ActionScript je programovací jazyk pro aplikace vyvíjené pomocí Adobe Flash, Adobe Animate, případně dalších nástrojů. ActionScript vychází z jazyka JavaScript a díky němu se dají vytvářet komplexní animace nebo aplikace. Používání programů jako např. Adobe Animate CC při vytváření různých obsahů neznamena použití jazyku ActionScriptu. Pokud je ovšem potřeba vytvořit určitou interaktivitu, tedy interakci s uživatelem, jako jsou např. různé akce a události po klepnutí na myš, tak je použití ActionScriptu nutností (32).

Při tvorbě výukových animací, které jsou součástí této diplomové práce, byl použit program Adobe Animate CC a zároveň programovací jazyk ActionScript 3.0, což je nejnovější verze tohoto jazyka.

### 3.7.1 Popis programu Adobe Animate CC

Pro tvorbu animací bylo nejprve nutné seznámit se s pracovní plochou (viz *Obrázek 1*), která obsahuje různé panely, jako jsou např. panely *Nástroje*, *Vlastnosti*, *Knihovna*, *Akce*, *Časová osa*, dále zahrnuje *vymezenou plochu*. Vývojové panely v pracovním prostoru aplikace Animate obsahují různé ovládací prvky. Uživatel má možnost jednotlivé panely uspořádat tak, aby to pro něj bylo co nejvíce vyhovující, může je přesunout z původního místa na místo nové, změnit jejich velikost apod.

Panel *Vlastnosti* umožňuje změnit atributy ať už celého dokumentu, vybraného objektu nebo nástroje. Atributy dokumentu zahrnují nastavení velikosti vymezené plochy, její barvu nebo například nastavení frekvence za jednu sekundu (fps = frames per second). Díky tomu pak může uživatel celou animaci zrychlovat či zpomalovat a měnit tak celkový čas jejího trvání. Co se týče objektů, lze v tomto panelu změnit např. jejich název, polohu, velikost, barvu apod.

Panel *Knihovna* slouží k ukládání všech symbolů (grafika, tlačítka), které jsou v programu vytvořeny, a různých souborů, které uživatel do programu vloží (zvuk, obrázky apod.).

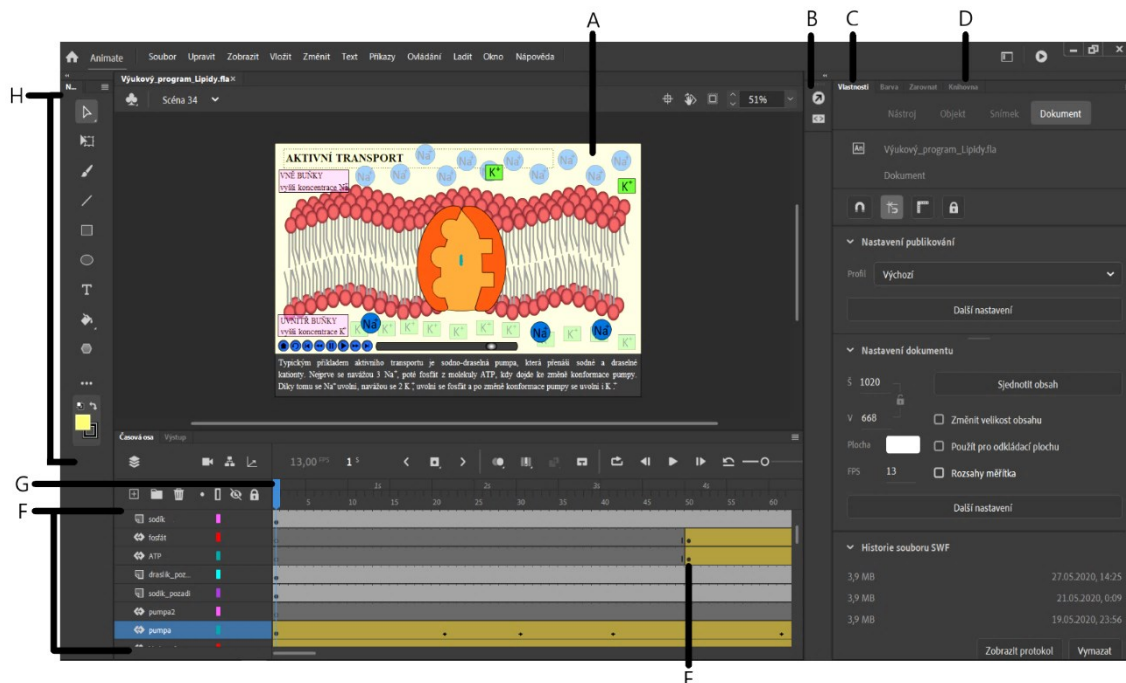
Panel *Akce* umožňuje vytvořit nebo upravit kód v jazyce ActionScript pro daný objekt nebo snímek, čímž se získá interaktivní povaha celé animace. Použitá syntaxe ve vytvořených animacích je sepsána v kapitole 3.7.2.

Panel *Nástroje* obsahuje bohatou škálu nástrojů jako např. tužka, štětec, elipsa, obdélník, plechovka, guma, text, čára apod. Díky těmto nástrojům uživatel může kreslit, malovat a modifikovat vytvořené objekty, přidávat textové pole atd.

*Časová osa* je rozdělena na jednotlivé snímky. Pomocí přehrávací hlavy uživatel sleduje, na kterém snímku se právě nachází. Součástí časové osy jsou také vrstvy, které obsahují jednotlivé objekty. Každá vrstva zahrnuje jiný objekt a platí, že objekty, které jsou uloženy ve vrstvách vyšších, se zobrazují v popředí. Objekty se v jednotlivých vrstvách vkládají do tzv. klíčových snímků, ve kterých je možné dané objekty upravovat. Celý obsah se zobrazuje ve *vymezené ploše*.

Hotové animace je nutné převést do takového formátu, který bude přístupný ostatním uživatelům. Publikování dokumentu lze nastavit v panelu *Vlastnosti*. Program

Adobe Animate CC nabízí uložení dokumentu ve třech různých formátech. Formát FLA představuje pracovní verzi souboru, k jeho vytvoření dochází automaticky při každém uložení dokumentu. Tato verze dokumentu lze otevřít pouze tehdy, jestliže má uživatel nainstalovaný příslušný animační program. Soubory uložené ve formátu FLA se dají dále upravovat. Formát SWF se vytváří automaticky při každém uložení souboru, tedy společně s formátem FLA. Soubor ve formátu SWF však není možné upravovat, slouží k prohlížení animací. Aby mohl uživatel otevřít soubor v tomto formátu, musí mít ale zároveň nainstalovaný plugin Adobe Flash Player. Soubor ve formátu SWF lze též spustit prostřednictvím freewarového prohlížeče obrázků IrfanView. Dokument vytvořený v programu Adobe Animate CC lze také uložit ve formátu HTML. Soubor v takovém formátu si může uživatel přehrát pomocí internetového prohlížeče.



Obrázek 1 – Rozložení pracovní plochy: A – vymezená plocha, B – panel Akce, C – panel Vlastnosti, D – panel Knihovna, E – klíčový snímek, F – vrstvy časové osy, G – přehrávací hlava, H – panel Nástroje

### 3.7.2 Skriptovací jazyk a jeho syntaxe využitá v animacích

Níže je uvedena syntaxe, která byla použita pro vytvoření výukového programu *Lipidy*, který je součástí této diplomové práce (viz kapitola 4.2). Jedná se o syntaxi programovacího jazyka ActionScript 3.0.



Jednotlivé kódy byly při vytváření animací vkládány buď přímo do klíčových snímků, kde bylo žádoucí použít určitou akci, nebo na jednotlivá tlačítka pro správnou funkčnost souboru.

Pro správné pochopení jednotlivých kódů uvedených níže v textu je nutné zmínit, jak je celý výukový program *Lipidy* koncipován. Celý soubor je rozdělen do několika scén. Každá scéna pak obsahuje jiný obsah a věnuje se vždy pouze jedné problematice, např. „Scéna 1“ představuje titulní stranu výukového programu s navigačními tlačítky, „Scéna 2“ zahrnuje animaci esterifikace apod.

#### Skript

```
MK_button.addEventListener(MouseEvent.CLICK,
fl_ClickToGoToScene);
function fl_ClickToGoToScene(event:MouseEvent):void
{
    MovieClip(this.root).gotoAndPlay(1, "Scéna 3");
}
```

tedy znamená, že po kliknutí na symbol s názvem „MK\_button“ se přehrávací hlava přesune do scény 3 a začne přehrávat film od prvního snímku.

#### Syntaxe pro zastavení či ukončení animace:

```
stop();
```

#### Syntaxe pro ovládací tlačítka:

##### *Přehrát:*

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

##### *Pauza:*

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

*Domů:*

```
home_btn.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToScene);  
function fl_ClickToGoToScene(event:MouseEvent):void  
{  
    MovieClip(this.root).gotoAndPlay(1, "Scéna 1");  
}
```

*Od začátku:*

```
replay_btn.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToScene);  
function fl_ClickToGoToScene(event:MouseEvent):void  
{  
    MovieClip(this.root).gotoAndPlay(1, "Scéna 3");  
}
```

*Posun dozadu:*

```
skip_dozadu_btn.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToScene);  
function fl_ClickToGoToScene(event:MouseEvent):void  
{  
    MovieClip(this.root).gotoAndPlay(1, "Scéna 4");  
}
```

*Posun dopředu:*

```
skip_dopredu.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToScene);  
function fl_ClickToGoToScene(event:MouseEvent):void  
{  
    MovieClip(this.root).gotoAndPlay(1, "Scéna 5");  
}
```

*Přetočit zpět:*

```
dozadu_btn.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToAndStopAtFrame);  
function fl_ClickToGoToAndStopAtFrame_61(event:MouseEvent):void  
{  
    gotoAndStop(1);  
}
```

### *Přetočit vpřed:*

```
dopredu_btn.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToAndStopAtFrame);  
function fl_ClickToGoToAndStopAtFrame(event:MouseEvent):void  
{  
    gotoAndStop(160);  
}
```

### Syntaxe pro animační tlačítka:

Animační tlačítka se nacházejí na úvodní straně výukového programu a slouží k přesměrování uživatele na daný tematický celek nebo příslušnou úlohu. Pro všechna tato tlačítka byl použit stejný skript, liší se pouze v čísle dané scény. Např. tematický celek „*Esterifikace*“ začíná animací nacházející se ve scéně 2, příslušný skript bude tedy pro toto animační tlačítko vypadat následovně:

```
Esterifikace_btn.addEventListener(MouseEvent.CLICK,  
fl_ClickToGoToScene);  
function fl_ClickToGoToScene(event:MouseEvent):void  
{  
    MovieClip(this.root).gotoAndPlay(1, "Scéna 2");  
}
```

## 4 Praktická část

Praktická část je rozdělena do dvou kapitol. První kapitola je věnována řešerši výukových materiálů, konkrétně animací dostupných na internetu. Druhá kapitola je zaměřena na autorkou práce vytvořené vzdělávací materiály, které se zabývají tématem lipidy. V programu Adobe Animate CC byl zhotoven výukový program pro podporu výuky tématu lipidy s důrazem na dodržení mezipředmětových vztahů. Soubor animací je doplněn o metodické a didaktické poznámky. Zároveň byl vytvořen studijní text sloužící jako doprovodný materiál k výukovému programu.

### 4.1 Analýza výukových materiálů

Kapitola se věnuje řešerši výukových materiálů, konkrétně animací, které jsou volně dostupné na internetu. Při jejich vyhledávání byl využit prohlížeč Google a byla zadána klíčová slova jako např. *lipids structure animation, phospholipids animation, cell membrane animation, esterification animation* apod. Vyhledané materiály byly hodnoceny dle kritérií, které byly stanoveny v teoretické části této diplomové práce (viz kapitola 3.6).

#### 4.1.1 Cell Biology Animation

Internetový portál *Cell Biology Animation* (33) shromažďuje animace, které se týkají buňky, její struktury a procesů, které zde probíhají. Portál se zaměřuje na témata spadající do biologie (struktura a funkce buňky, mitóza, meióza atd.) i biochemie (DNA, glykolýza, Krebsův cyklus, fotosyntéza, pH, voda apod.). Autorem portálu a zde umístěných animací je John Kyrk, vystudovaný biolog, absolvent Harvardovy univerzity. John Kyrk říká, že i téměř neviditelné atomy můžeme vizualizovat. Uvědomil si, že díky počítači lze ukázat pohyby a interakce molekul, atomů a buněk. Animace tohoto portálu vychází právě z těchto myšlenek.

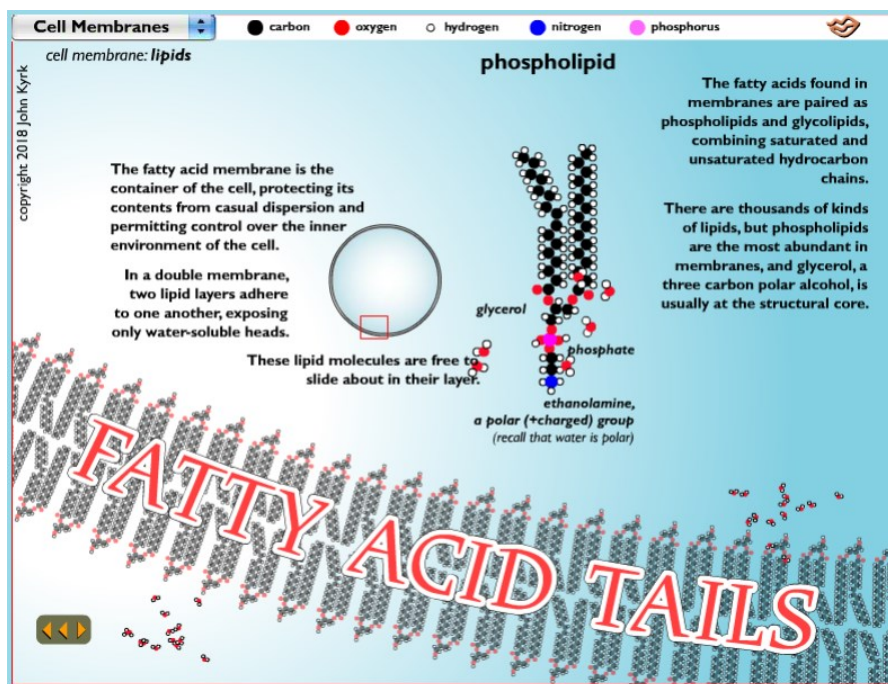
Animace s názvem *Cell Membranes* (34) je rozdělena na 2 celky. První popisuje lipidy, druhý popisuje proteiny, oba se tedy týkají částí, které buněčnou membránu tvoří. Oblast týkající se lipidů je složena ze 13 slidů, mezi kterými může uživatel přecházet pomocí tlačítek umístěných v ovládacím panelu v dolním okraji. Nejprve animace zmiňuje mastné kyseliny (MK) a jejich dělení. Rovněž se zaměřuje na fosfolipidy a pomocí animace je naznačena i esterifikace. Na dalších slidech se uživatel seznámí i se sfingolipidy, glykolipidy a cholesterolem. Přechod mezi dvěma celky (lipidy, proteiny) zajišťuje slide zaměřující se na transport membránou (které molekuly nebo

ionty membránou prochází samovolně a které nikoli). Hodnocení animace dle jednotlivých kritérií je shrnuto v následující tabulce (viz *Tabulka 2*).

*Tabulka 2 – Cell Biology Animation: Cell Membranes*

KRITÉRIUM	HODNOCENÍ
<p><b>Vědecké standardy</b></p>	<p>V animaci je obsaženo několik chybných informací. Je zde uvedeno, že pokud se v řetězci MK objevuje dvojná vazba, vždy se jedná o konfiguraci <i>cis</i>. Animace naznačuje, že při esterifikaci se z molekuly glycerolu odštěpuje hydroxylová skupina, z molekuly MK vodíkový kation. Na druhou stranu je v animaci fluidita membrány zobrazena vhodným způsobem, autor měl dokonce snahu odlišit velikost jednotlivých atomů a iontů (například vodíkový kation je oproti draselnému výrazně menší). Animace znázorňuje semipermeabilitu membrány, ale mezi molekulami, které membránou neprocházejí je kromě iontů zmíněna voda, např. glukosa nikoliv.</p>
<p><b>Výběr obsahu a jeho redukce</b></p>	<p>Animace se zaměřuje na všechna důležitá témata, která se lipidů týkají (chemická struktura, esterifikace, fluidita a složení membrány, rozlišení MK). Jsou zde však uvedené takové názvy sloučenin, které jsou pro středoškolskou úroveň nadstavbové (např. ethanolamin, cholin) – myšleno do běžných vyučovacích hodin. Co se týče membránového transportu, v animaci nejsou porovnány dva způsoby transportů (pasivní, aktivní) na základě směru přenosu látek, taktéž není zmíněna funkce adenosintrifosfátu (ATP) u sodno-draselné pumpy.</p>
<p><b>Didaktický kontext</b></p>	<p>Animace se soustředí na podstatná témata. S buněčnou membránou souvisí jak lipidy, tak i proteiny, mezi těmito celky je vhodná návaznost pomocí transportu atomů a iontů membránou.</p>
<p><b>Učební aktivity</b></p>	<p>Animace interaktivní prvky obsahuje. Sice nejsou přítomné otázky či úkoly, které by uživatel musel řešit, ale interaktivita je v animaci podpořena jiným způsobem. Pokud uživatel kurzorem myši najede například na řetězec MK, v jiné molekule se tato část zvýrazní</p>

	barevně apod. Uživatel zároveň animaci ovládá pomocí tlačítek (viz kritérium <i>Použitelnost</i> ).
<b>Použitelnost</b>	Animace obsahuje ovládací panel s tlačítky. Jsou zde tlačítka, která umožňují přechod mezi jednotlivými slidy (tedy o jeden krok dopředu či dozadu) a poté tlačítko, které umožňuje návrat na úplný začátek animace. Chybí zde tlačítko „zastavit“, které by se hodilo například při znázornění esterifikace. Pokud si chce uživatel reakci přehrát opakovaně, musí se vždy vrátit o jeden slide dozadu a poté zase dopředu.
<b>Estetická kvalita</b>	Animace je po estetické a grafické stránce v pořádku, ale obsahuje velké množství textu a objektů, mohla by tedy působit nepřehledně. V horní části je řádek s vysvětlivkami toho, jakou barvou jsou dané atomy znázorněny (uhlík černě, vodík bíle, fosfor růžově apod.).
<b>Doprovodný text</b>	Každý slide v animaci obsahuje doprovodný text, který je poměrně malý a je možné ho vypnout. Lze si také vybrat jazyk, ve kterém chce uživatel text mít (na výběr je mezi angličtinou, němčinou, španělštinou, italštinou, francouzštinou, portugalsštinou, litevštinou a turečtinou).
<b>Mezipředmětové vztahy</b>	V animaci jsou mezipředmětové vztahy patrné. Trochu však převládá chemická složka (např. v molekulách jsou znázorněny všechny atomy). MK jsou rozděleny podle typu vazeb, které obsahují, ale už to dále není nijak rozvedeno (např. živočišný nebo rostlinný původ tuků, esenciální MK).



Obrázek 2 – Cell Membranes (34)

#### 4.1.2 Wisc-Online

Wisc-Online je internetový webový portál, který přebírá funkci tzv. digitální knihovny. Jedná se o úložiště výukových materiálů nejen pro studenty a učitele, které jsou volně k dispozici. Tato knihovna byla vyvinuta především odborníky na jednotlivé předměty z Wisconsin Technical College System, což je systém 16 veřejných technických vysokých škol, které spadají pod stát Wisconsin. Internetový portál Wisc-Online obsahuje přes 2 500 vzdělávacích materiálů, první z nich vznikly už v roce 1999 (35). Projekt získal za svou práci i několik ocenění nejen v oboru chemie, mimo jiné i za přínos kurikulu (36).

Pro rešerši byly vybrány dvě animace, které se zabývají tématem lipidy. První nese název *Biomolecules – The Lipids* (37), druhá se jmenuje *The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids* (38).

##### 4.1.2.1 Biomolecules – The Lipids

Animace (37) se skládá z 6 slidů, mezi kterými uživatel přechází pomocí tlačítek. Nejprve je zde uvedena základní stručná charakteristika lipidů, poté jsou představeny triacylglyceroly (popis funkcí, stavba). Dále jsou zmíněné MK a jejich výskyt. Následuje slide věnovaný fosfolipidům a jejich využití při stavbě buněčných membrán. Poslední slide se zaměřuje na cholesterol a jeho funkce. Hodnocení animace dle jednotlivých kritérií je shrnuto v následující tabulce (viz *Tabulka 3*).

Tabulka 3 – Wisc-Online: Biomolecules – The Lipids

KRITÉRIUM	HODNOCENÍ
<b>Vědecké standardy</b>	V animaci nejsou dodrženy vazebné úhly mezi atomy uhlíku a atomy dalších prvků. Fluidita membrány znázorněna není, naznačen je pouze pohyb řetězců MK v molekulách fosfolipidů. Struktura cholesterolu není v animaci znázorněna správně. Je naznačena pomocí 4 kondenzovaných cyklů, všechny obsahují stejný počet vrcholů (uhlíků), tj. šest. Informace vyskytující se v doprovodném textu animace však faktické chyby neobsahují.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	V animaci některá důležitá témata chybí (např. fluidita celé membrány, esterifikace – je pouze zmíněna, ale reakce není naznačena). Membránový transport (konkrétně transport vody a sodného kationtu přes kanálový protein) je zde znázorněn pomocí dynamického pohybu, ale není doplněn o žádný text. Informace obsažené v animaci jsou však základní, stručné a odpovídají středoškolské úrovni.
<b>Didaktický kontext</b>	Provázanost mezi jednotlivými tématy je v pořádku, plynule na sebe navazují. Některá témata však chybí.
<b>Učební aktivity</b>	Otázky ani úkoly k řešení přítomné nejsou. Slide týkající se fosfolipidů však interaktivitu podporuje – při manipulaci s kurzorem myši se zvýrazňují buď hydrofilní „hlavy“, nebo hydrofobní „konce“ fosfolipidů. Uživatel zároveň animaci ovládá pomocí tlačítek (viz kritérium <i>Použitelnost</i> ).
<b>Použitelnost</b>	Animace obsahuje ovládací panel s tlačítky. Jsou zde tlačítka, která umožňují přechod mezi jednotlivými slidy (tedy o jeden krok dopředu či dozadu). Ostatní tlačítka chybí (např. zastavit či návrat na začátek). Vzhledem k povaze animace však nejsou potřeba.
<b>Estetická kvalita</b>	Co se týče grafické stránky, animace je velmi jednoduchá. Vyskytují se zde primitivní obrázky, které celkovému dojmu příliš nepřidávají. Molekuly lipidů jsou znázorněny pouze chemickými vzorci, chybí zobrazení pomocí modelů.

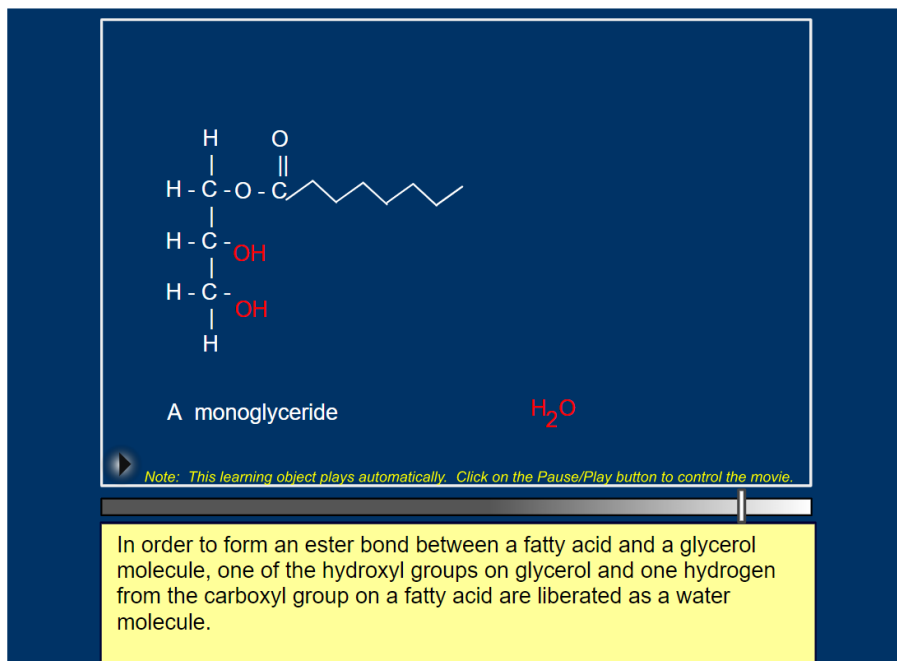




Tabulka 4 – *Wisc-Online: The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids*

KRITÉRIUM	HODNOCENÍ
<b>Vědecké standardy</b>	V animaci nejsou dodrženy vazebné úhly mezi atomy uhlíku a atomy dalších prvků. Pokud obsahuje řetězec MK dvojnou vazbu, v animaci není naznačen „zlom“. Animace naznačuje, že při esterifikaci se z molekuly glycerolu odštěpuje hydroxylová skupina, z molekuly MK vodíkový kation.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	Animace se zaměřuje především na reakci vzniku triacylglycerolu, tj. esterifikaci. Ostatní témata jsou zmíněna pouze okrajově, nebo zcela chybí (např. fluidita membrány, hydrofobní a hydrofilní části fosfolipidů, esenciální MK, výskyt nasycených nebo nenasycených tuků apod.). Informace obsažené v animaci jsou základní, stručné, více zredukované, odpovídají středoškolské úrovni.
<b>Didaktický kontext</b>	Animace nepropojuje jednotlivá témata, ale soustředí se především na jedno, tj. esterifikaci.
<b>Učební aktivity</b>	Otázky ani úkoly k řešení přítomné nejsou. Interaktivita je podpořena pouze tlačítky, kterými se animace ovládá (viz kritérium <i>Použitelnost</i> ). Jiným způsobem však uživatel do problematiky vtažen není.
<b>Použitelnost</b>	Animace obsahuje tlačítka „přehrát“ a „zastavit“. Ostatní tlačítka chybí (např. návrat na začátek, posun dopředu nebo dozadu). Vzhledem k povaze animace, která je zpracována spíše jako video, by bylo vhodné, aby uživatel měl možnost animaci přetočit (např. když nestihne přečíst text nebo se chce k něčemu vrátit, musí nejprve zhlédnout celé video a následně si ho pustit od začátku).
<b>Estetická kvalita</b>	Co se týče grafické stránky, animace je velmi jednoduchá a strohá, na první dojem uživatel upoután není. Nevyskytují se zde žádné obrázky. Atomy prvků jsou navíc v chemických vzorcích znázorněny tak, že přesně nenavazují na jednotlivé vazby (viz <i>Obrázek 3</i> ).
<b>Doprovodný text</b>	Animace obsahuje doprovodný text, který nelze vypnout. Text je v anglickém jazyce.

<p><b>Mezipředmětové vztahy</b></p>	<p>V animaci výrazně převládá chemická stránka tématu, je zde velké množství chemických vzorců a názvů. Přesah do biologie je patrný pouze z doprovodného textu, kde je krátká zmínka o buňce.</p>
-------------------------------------	--



Obrázek 4 - The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids (38)

#### 4.1.3 Wiley

Webový portál *Interactive Concepts in Biochemistry* (39) je souborem materiálů, které doprovázejí publikaci *Concepts in Biochemistry, 2nd edition*, jejíž autorem je Dr. Rodney Boyer. Tento multimediální web je archivován na webových stránkách Wiley. Součástí tohoto portálu je množství kvízů, tutoriály týkající se DNA, hemoglobinu a dalších. V neposlední řadě může uživatel navštívit sbírku interaktivních animací *Interactive Animations* (40), kde najde různé animace týkající se témat z biochemie jako např. citrátový cyklus, replikace DNA, glykolýza, syntéza proteinů a další.

Pro následující rešerši byly vybrány tři animace, které se částečně tématu této diplomové práce dotýkají. První dvě se zaměřují především na buněčnou membránu, tj. animace *Cellular Transport* (41) a animace *Membrane Transport* (42). Třetí výukový materiál se zabývá především problematikou metabolismu tuků a nese název *Fatty Acid Metabolism* (43).

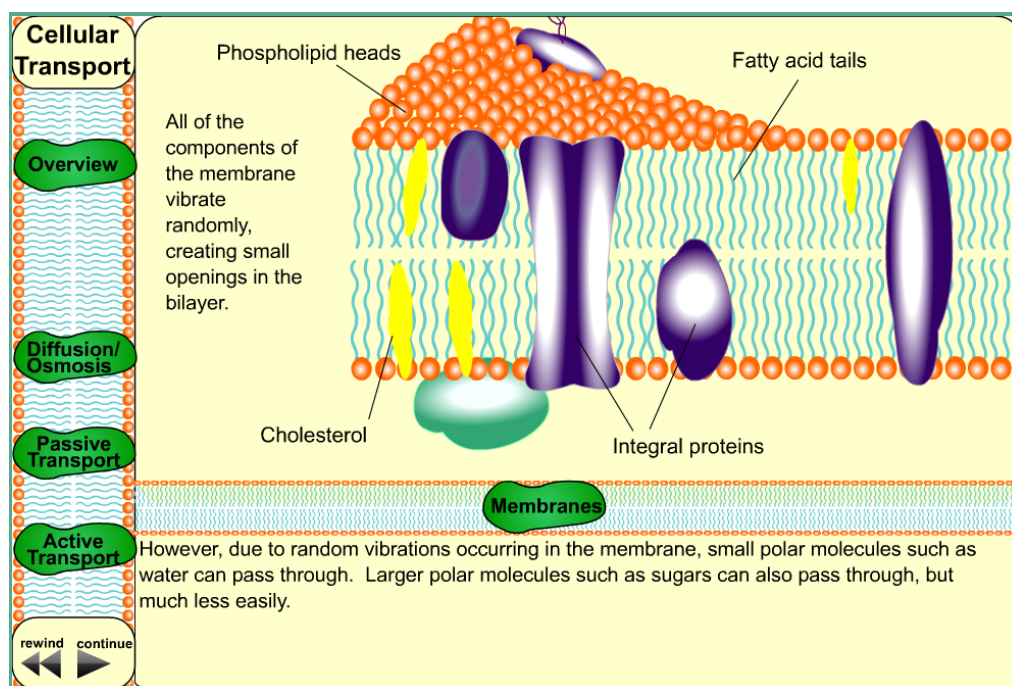
#### 4.1.3.1 Cellular Transport

Animace je rozdělena do 5 obsahových celků, které na sebe plynule navazují. První slouží k seznámení uživatele s daným tématem, druhý se soustředí na strukturu buněčné membrány, třetí pojednává o difúzi a poslední dva celky se zaměřují na membránový transport, přičemž kapitola o aktivním transportu je rozšířena o přenos nervového vzruchu. Animace obsahuje dvě ovládací tlačítka, pomocí kterých uživatel přechází z jednoho snímku na druhý. Hodnocení animace dle jednotlivých kritérií je shrnuto v následující tabulce (viz *Tabulka 5*).

*Tabulka 5 – Wiley: Cellular Transport*

KRITÉRIUM	HODNOCENÍ
<b>Vědecké standardy</b>	Doprovodný text neobsahuje faktické chyby. Fluidita membrány není zobrazena, animace pouze poukazuje na pohyb a vibraci jednotlivých molekul fosfolipidů.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	Animace je zaměřena pouze na strukturu buněčné membrány a transport. Není zde přesah do chemie, animace nezobrazuje strukturu lipidů či fosfolipidů. Animace obsahuje přiměřené množství informací, které odpovídají středoškolské úrovni.
<b>Didaktický kontext</b>	Témata, která se týkají buněčné membrány jsou dobře propojena, plynule na sebe navazují. Další témata vztahující se k problematice lipidů a fosfolipidů však animace nezobrazuje.
<b>Učební aktivity</b>	Některé části animace jsou doplněny o otázky, interaktivita je dále podpořena tak, že po kliknutí na určité části animace, dojde ke zvětšení objektů. Animace dále zahrnuje tlačítka, díky kterým ji uživatel ovládá (viz kritérium <i>Použitelnost</i> ).
<b>Použitelnost</b>	Animace obsahuje dvě tlačítka „vpřed“ a „zpět“, kterými uživatel přechází mezi jednotlivými slidy. Tlačítko „zastavit“ nebo „návrat na začátek“ chybí. Vzhledem k povaze animace však tlačítko „návrat na začátek“ není potřeba, uživatel může po kliknutí na názvy celků volně přejít na jakýkoli z nich.
<b>Estetická kvalita</b>	Co se týče grafické stránky, animace je velmi vydařená. Je barevná, pohyblivá a obsahuje množství objektů, pro uživatele je tedy atraktivní.

<b>Doprovodný text</b>	Každý slide animace je doplněn doprovodným textem, který je v anglickém jazyce a vhodně doplňuje animace, které materiál zobrazuje. Text není možné vypnout.
<b>Mezipředmětové vztahy</b>	V animaci převažuje biologická stránka nad chemickou. Není zde ani nijak naznačeno, z jakých částí se fosfolipidy tvořící buněčnou membránu skládají.



Obrázek 5 – Cellular Transport (41)

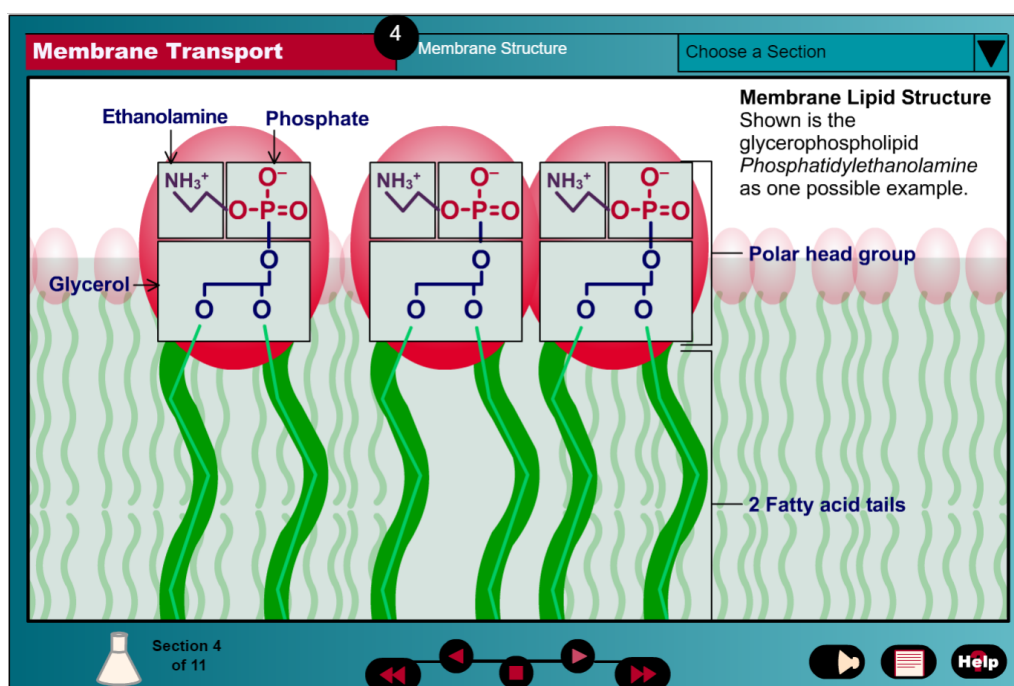
#### 4.1.3.2 Membrane Transport

Animace je rozdělena do 11 obsahových celků, které představují témata týkající se buněčné membrány. Jedná se především o strukturu a permeabilitu membrány, dále je to aktivní a pasivní transport a další způsoby transportu molekul přes membránu. Animace je doplněna pěti tlačítky, kterými uživatel animaci ovládá. Hodnocení animace dle jednotlivých kritérií je shrnuto v následující tabulce (viz *Tabulka 6*) a soustředí se především na oblast týkající se struktury membrány.

Tabulka 6 – Wiley: Membrane Transport

KRITÉRIUM	HODNOCENÍ
<b>Vědecké standardy</b>	Faktické chyby se v animaci nevyskytují. Fluidita membrány zobrazena není, animace pouze poukazuje na pohyb a vibraci jednotlivých molekul fosfolipidů.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	Animace je zaměřena na problematiku týkající se buněčné membrány – její strukturu, permeabilitu, transport. Zobrazuje však i chemické složení a strukturu fosfolipidů, není však zobrazena chemická struktura glukosy, oxidu uhličitého a kyslíku, tyto molekuly jsou vyobrazeny pomocí zjednodušených objektů. Ostatní oblasti, které souvisí s tématem této diplomové práce, chybí. Animace obsahuje k danému tématu přiměřené množství informací, úroveň odpovídá středoškolskému učivu.
<b>Didaktický kontext</b>	Jednotlivá témata na sebe plynule navazují a jsou propojena. Bohužel však animace nepředstavuje i další oblasti týkající se dané problematiky.
<b>Učební aktivity</b>	Na závěr některých úseků v animaci jsou otázky, které uživateli slouží jako zpětná vazba. Uživatel dále může kurzorem myši zviditelňovat jednotlivé části buněčné membrány, přitom se zároveň objevuje text, který dané části popisuje. V neposlední řadě je interaktivita podpořena ovládacími tlačítky (viz kritérium <i>Použitelnost</i> ).
<b>Použitelnost</b>	Animace obsahuje pět tlačítek – „přehrát“, „zastavit“, „zpět na předchozí úsek“, „vpřed na následující úsek“, „zpět na poslední krok“, „vpřed na další krok“. Animace se ovládá jednoduše. Dále má uživatel možnost vybrat si daný úsek (tlačítko ale bohužel nefunguje tak, jak by mělo). Animace obsahuje také tlačítka pro ztlumení mluveného komentáře, uživatel si dále může zobrazit text, který je s mluveným slovem shodný. V neposlední řadě je zde tlačítko s nápovědou, po kliknutí se objeví vysvětlivky pro celou animaci, aby uživatel s ovládáním neměl problém.

<b>Estetická kvalita</b>	Co se týče grafické stránky, animace je velmi vydařená. Je barevná, pohyblivá a obsahuje množství objektů, pro uživatele je tedy atraktivní.
<b>Doprovodný text</b>	Animace obsahuje doprovodný text a popisky některých částí či objektů. Je doplněna mluveným komentářem, který je v anglickém jazyce a lze ho vypnout. Uživatel má možnost zobrazit si text, který se shoduje s mluveným slovem.
<b>Mezipředmětové vztahy</b>	V animaci jsou mezipředmětové vztahy patrné. Jednotlivé předměty (tedy chemie a biologie) na sebe hladce navazují.



Obrázek 6 – Membrane Transport (42)

#### 4.1.3.3 Fatty Acid Metabolism

Animace je zaměřena především na metabolismus tuků a proces  $\beta$ -oxidace. Tato diplomová práce se sice touto problematikou nezabývá, ale vzhledem k tomu, že jsou dané oblasti s tématem diplomové práce úzce spojeny, byla i tato animace zařazena do rešerše. Animace se skládá z několika slidů, mezi kterými uživatel volně přechází pomocí ovládacích tlačítek. Animace začíná pohledem na strukturu triacylglycerolu, pak již následuje metabolismus těchto molekul. V závěru animace je vyobrazena reakce vzniku triacylglycerolu. Hodnocení animace dle jednotlivých

kritérií je shrnuto v následující tabulce (viz *Tabulka 7*) a soustředí se především na oblast týkající se struktury triacylglycerolu a reakci jeho vzniku.

*Tabulka 7 – Wiley: Fatty Acid Metabolism*

<b>KRITÉRIUM</b>	<b>HODNOCENÍ</b>
<b>Vědecké standardy</b>	Animace obsahuje jen málo informací vztahující se k tématu, které je v diplomové práci hodnoceno. Faktické chyby se zde však nevyskytují. Vytknout lze to, že všechny řetězce MK obsahují pouze jednoduché vazby mezi jednotlivými uhlíky.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	Animace je zaměřena především na metabolismus tuků. Zobrazuje však i strukturu triacylglycerolu a reakci jeho vzniku. Ostatní oblasti, které souvisí s tématem této diplomové práce, chybí. Animace obsahuje velké množství informací, které odpovídají spíše vysokoškolské úrovni.
<b>Didaktický kontext</b>	Témata, která animace zobrazuje, jsou dobře propojena. Ostatní oblasti související s touto problematikou chybí.
<b>Učební aktivity</b>	Animace obsahuje otázky týkající se dané problematiky, na které musí uživatel odpovídat. Úvodní slide, který vyobrazuje strukturu triacylglycerolu obsahuje rovněž interaktivní prvky – uživatel má možnost kurzorem myši zviditelňovat jednotlivé části (glycerol, řetězce MK). V neposlední řadě je interaktivita podpořena ovládacími tlačítky (viz kritérium <i>Použitelnost</i> ).
<b>Použitelnost</b>	Animace obsahuje dvě tlačítka „vpřed“ a „zpět“, kterými uživatel přepíná mezi jednotlivými slidy. Tlačítko „zastavit“ nebo „návrat na začátek“ chybí.
<b>Estetická kvalita</b>	Co se týče grafické stránky, animace je velmi vydařená. Je barevná a obsahuje množství obrázků, pro uživatele je tedy atraktivní.
<b>Doprovodný text</b>	Každý slide animace je doplněn doprovodným textem, který je v anglickém jazyce a vhodně doplňuje animace, které materiál zobrazuje. Text není možné vypnout.
<b>Mezipředmětové vztahy</b>	V animaci jsou mezipředmětové vztahy patrné. Jednotlivé předměty (tedy chemie a biologie) na sebe hladce navazují.



**Fatty Acid Metabolism** Introduction Fed State Mobilization Review

The body has a limited supply of glucose relative to the energy stored as fat.

There are 3 sources of fatty acids for energy metabolism in animals: dietary triacylglycerols from meals, triacylglycerols synthesized in the liver during times when internal energy sources are abundant, and triacylglycerols stored in adipocytes as lipid droplets.

rewind continue

Hover over the words below to highlight that part of the picture.

Triacylglycerol      Glycerol      Fatty Acids

Obrázek 7 – Fatty Acid Metabolism (43)

#### 4.1.4 Závěry z analýzy animací

Do rešerše bylo zapojeno 6 animací, které jsou volně dostupné na internetu. Animace jsou zveřejněny na třech webových portálech (*Cell Biology Animation*, *Wisc-Online*, *Wiley*). Z kapitol 4.1.1 až 4.1.3 vyplývá, že na internetu existují takové materiály, které více či méně znázorňují dané téma dynamickým způsobem. Rešerše byla provedena na základě předem stanovených kritérií. Následující tabulka shrnuje všechny analyzované animace ve vztahu k uvedeným kritériím (viz *Tabulka 8*).

Tabulka 8 – Shrnutí analýzy animací

KRITÉRIUM	HODNOCENÍ
<b>Vědecké standardy</b>	Vyjma jedné animace ( <i>Cell Membranes</i> ) není žádným způsobem znázorněna fluidita membrány. Ve dvou animacích je naznačena esterifikace, v obou těchto případech je ale znázorněna špatně (tedy že z glycerolu se odštěpuje hydroxylová skupina, z molekuly MK vodíkový kation). Animace <i>Cellular Transport</i> vůbec nezobrazuje chemickou strukturu lipidů a fosfolipidů, animace <i>Biomolecules – The Lipids</i> a <i>The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids</i> také nedodrží vazebné úhly mezi jednotlivými atomy. Animace <i>Cell Membranes</i> zmiňuje,

	že nenasycené MK obsahují vždy <i>cis</i> konfiguraci dvojně vazby. V animaci <i>Biomolecules – The Lipids</i> je struktura cholesterolu znázorněna špatně (pomocí 4 kondenzovaných cyklů, všechny obsahují 6 uhlíků). Další nesrovnalosti animace nezahrnují.
<b>Výběr obsahu a jeho redukce</b>	Pouze jedna animace ( <i>Cell Membranes</i> ) se zaměřuje na všechna důležitá témata související s tématem lipidy. Většina materiálů obsahují základní (někdy i více stručné) informace, které odpovídají středoškolské úrovni. Animace <i>Fatty Acid Metabolism</i> zahrnuje velké množství informací, které odpovídá spíše vysokoškolské úrovni.
<b>Didaktický kontext</b>	Materiály většinou obsahují více témat, která na sebe vhodně a plynule navazují. Animace <i>The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids</i> se soustředí pouze na jednu oblast, tj. esterifikaci.
<b>Učební aktivity</b>	Otázky a úkoly sloužící jako zpětná vazba obsahuje polovina z analyzovaných animací ( <i>Cellular Transport, Membrane Transport</i> a <i>Fatty Acid Metabolism</i> ). Vyjma jednoho materiálu je interaktivita v animacích dále podpořena tím způsobem, že při manipulaci myší se zvýrazňují či zvětšují příslušné objekty. Animace <i>The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids</i> neobsahuje kromě ovládacích tlačítek žádné interaktivní prvky a uživatel tak aktivně nezasahuje do chodu programu.
<b>Použitelnost</b>	Všechny materiály obsahují ovládací tlačítka. Pouze v animaci <i>Membrane Transport</i> je však k dispozici takový počet tlačítek, které jsou dostatečné pro jednoduché ovládání animace. Ostatní materiály obsahují pouze dvě nebo tři tlačítka a použitelnost těchto animací je pak horší.
<b>Estetická kvalita</b>	Kromě animace <i>The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids</i> jsou materiály po grafické stránce vydařené. Zmíněná animace je velmi strohá a neobsahuje žádné obrázky.
<b>Doprovodný text</b>	Všechny animace obsahují doprovodný text v anglickém jazyce. Pro text je v animacích určené pole a ve vymezené ploše s animací jsou pak pouze popisky či doplňující komentáře. Pouze v animaci

	<i>Cell Membranes</i> pole určené pro doprovodný text chybí, text je rozprostřen po celém obsahu animace, materiál proto působí lehce nepřehledně.
<b>Mezipředmětové vztahy</b>	Materiály ve většině případů podporují mezipředmětové vztahy alespoň okrajově. Výjimkou je animace <i>The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids</i> , ve které převládá chemická složka, a animace <i>Cellular Transport</i> , ve které je dominantou složka biologická.

Z *Tabulky 8* vyplývá, že největším nedostatkem dostupných materiálů je jejich obsah, materiály většinou neobsahují všechny důležité oblasti související s daným tématem. Další méně vydařenou složkou je použitelnost materiálů, které neobsahují dostatečný počet tlačítek pro jednoduché ovládání. Všechny animace jsou v anglickém jazyce a některé z nich navíc obsahují faktické chyby. Interaktivita je dostačující, ale pouze v polovině případů je podpořena kontrolními otázkami. Mezipředmětové vztahy jsou uplatněny většinou jen okrajově.

Při tvorbě souboru výukových animací bude kladen důraz na všechna stanovená kritéria a bude snaha o to, aby byly nedostatky v určitých oblastech eliminovány.

## 4.2 Vzdělávací materiály

Součástí této diplomové práce je výukový program *Lipidy*, který byl vytvořen v programu Adobe Animate CC. Soubor je nahrán na CD-ROMu, který tvoří elektronickou přílohu této práce. K souboru animací byl zároveň sepsán manuál pro pomoc při jeho spuštění a ovládání. Program je dále doplněn o didaktické poznámky. Dalším materiálem, který je součástí praktické části předkládané diplomové práce je studijní text sloužící jako doprovodný materiál k souboru výukových animací.

Při sepisování studijního textu a tvorbě výukových animací sloužila jako podklad odborná literatura (44, 45). Na základě středoškolské literatury (46, 47, 48, 49) byla zároveň vybrána taková problematika, která nepřesahuje rámec středoškolského učiva.

### 4.2.1 Výukový program *Lipidy*

#### 4.2.1.1 Charakteristika výukového programu

Výukový program *Lipidy* byl vytvořen v programu Adobe Animate CC (verze 20.0.2) s podporou programovacího jazyka ActionScript 3.0. Soubor animací mimo jiné

obsahuje i obrázky znázorňující strukturu glykolipidu, fosfolipidu a cholinu. Tyto vzorce byly vytvořeny v programu ChemSketch (verze 12.01).

Výukový program *Lipidy* objasňuje problematiku související s tématem lipidy a je navržen tak, aby podpořil mezipředmětové vztahy předmětů chemie a biologie. Soubor výukových animací může být využit při výuce na středních školách a gymnáziích, taktéž ho žáci mohou použít jako vzdělávací materiál při samostudiu.

Cílem tohoto výukového programu je zvýšení motivace a zájmu žáků o probírané učivo, které je v tomto případě předkládáno interaktivním dynamickým způsobem. Zároveň je kladen důraz na propojení obou předmětů, tedy chemie a biologie, čímž jsou podpořeny mezipředmětové vztahy. Chemická složka je v animaci zahrnuta především při vysvětlení a znázornění struktury acylglycerolů, vyšších MK, složených lipidů a jiných přírodních látek, dále je zahrnuta v reakci esterifikaci, při objasnění nasycenosti vyšších MK nebo určení konfigurace *cis/trans*. Biologická složka je zastoupena především při znázornění biologické membrány a membránového transportu, dále při vysvětlení vztahu mezi výživou a nasycenými nebo nenasycenými tuky. Cílem výukového programu je v neposlední řadě i procvičení získaných informací, materiál totiž obsahuje různé úkoly, které žákům mohou sloužit jako zpětná vazba.

Základní charakteristika výukového programu *Lipidy* je popsána v *Tabulce 9*. První část této charakteristiky vychází z RVP G, druhá část zahrnuje didaktické poznámky vztahující se k použití výukového programu jako vzdělávacího materiálu.

*Tabulka 9 – Základní charakteristika výukového programu Lipidy*

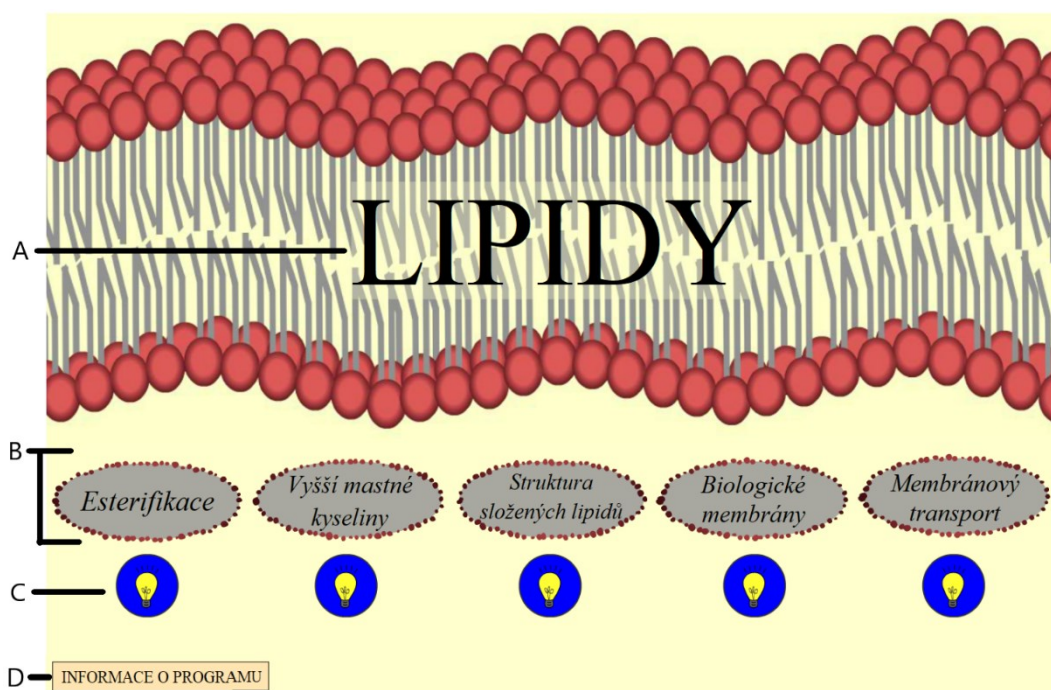
<b>Stupeň a období vzdělávání</b>	Střední školy, vyšší stupeň gymnázií
<b>Vzdělávací oblast</b>	Člověk a příroda
<b>Vzdělávací obor, mezipředmětové vztahy</b>	Chemie, Biologie
<b>Tematický celek</b>	Chemie: Biochemie Biologie: Obecná biologie
<b>Učivo</b>	Chemie: Lipidy Biologie: Biologické membrány

<p><b>Očekávané výstupy dle RVP G</b></p>	<p>Chemie: Biochemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech.</li> <li>• Žák charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam.</li> </ul> <p>Biologie: Obecná biologie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Žák objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk.</li> </ul>
<p><b>Očekávané výstupy dle charakteru výukového programu</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Žák popíše stavbu jednoduchých a složených lipidů.</li> <li>• Žák vlastními slovy vysvětlí princip esterifikace.</li> <li>• Žák rozliší a porovná nasycené a nenasycené MK a aplikuje poznatky ve vztahu s výživou.</li> <li>• Žák popíše stavbu biologické membrány a objasní základní funkce jejích složek.</li> <li>• Žák rozliší a porovná prostou a usnadněnou difuzi.</li> <li>• Žák rozliší a porovná aktivní a pasivní transport přes buněčnou membránu.</li> </ul>
<p><b>Organizace učební činnosti</b></p>	<p>Výuka frontální, skupinová, individuální, samostudium</p>
<p><b>Organizace prostorová</b></p>	<p>Školní třída</p>
<p><b>Organizace časová</b></p>	<p>Esterifikace, vyšší MK – 1 VH  Struktura složených lipidů, biologické membrány – 1 VH  Membránový transport, opakování – 2 VH</p>
<p><b>Metody</b></p>	<p>Didaktické poznámky a různé návrhy metod při výuce jsou uvedeny u každé animace v kapitole 4.2.1.3.</p>
<p><b>Pomůcky</b></p>	<p>Počítač, projektor, plátno, tabule nebo jiná promítací technika, výukový program <i>Lipidy</i>, případně molekulová stavebnice</p>

#### 4.2.1.2 Spuštění a ovládání výukového programu *Lipidy*

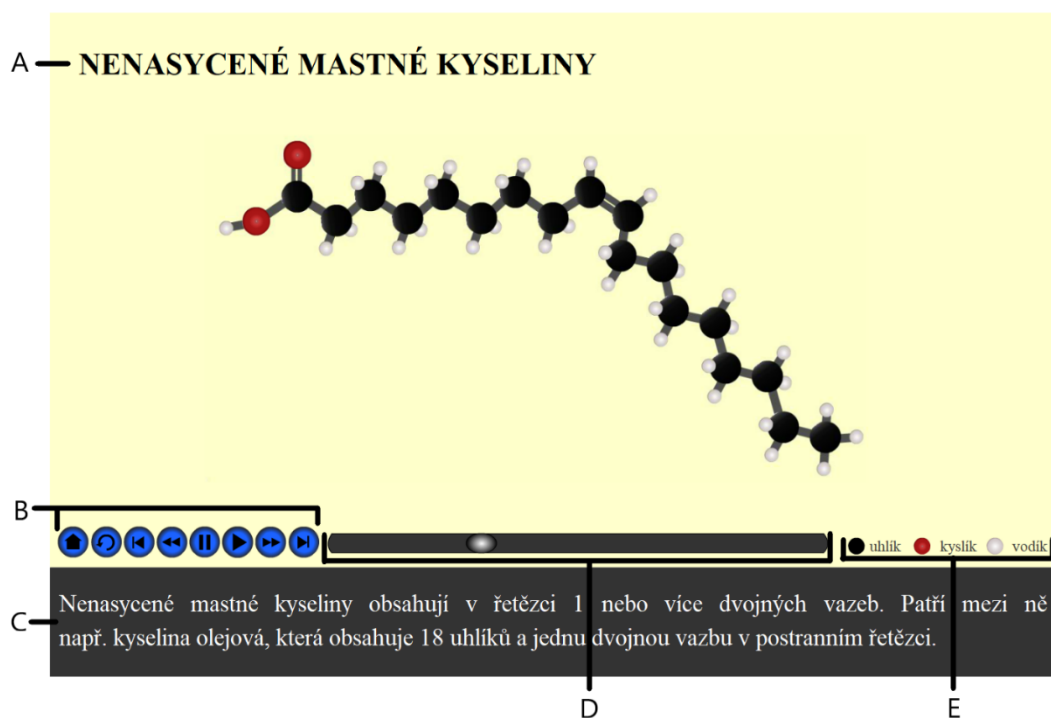
Výukový program *Lipidy* je součástí elektronické přílohy na CD-ROMu, který se spustí po vložení do mechaniky. Soubor výukových animací je zde nahrán ve formátech FLA, SWF a HTML. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.7.1, soubor ve formátu FLA lze otevřít pouze pomocí programu Adobe Animate CC, formát SWF představuje výsledný soubor, který si může uživatel přehrát, pokud má nainstalovaný příslušný plugin, formát HTML lze otevřít pomocí internetového prohlížeče. Soubor ve formátu SWF lze též spustit prostřednictvím freewarového prohlížeče obrázků IrfanView.

Po spuštění výukového programu *Lipidy* se objeví úvodní domovská strana, která představuje jakýsi rozcestník (viz *Obrázek 8*). Obsahuje 5 animačních tlačítek (*Esterifikace*, *Vyšší mastné kyseliny*, *Struktura složených lipidů*, *Biologické membrány*, *Membránový transport*), která uživatele přesměrují na dané tematické celky. Každý tematický celek se skládá z několika dílčích animací. Domovská strana dále zahrnuje tlačítka s obrázkem žárovky sloužící k přesměrování na jednotlivé úlohy, které se vztahují k dané problematice. Úvodní strana zároveň zahrnuje tlačítko *Informace o programu*, které uživatele přesměruje na stranu obsahující základní informace o výukovém programu a jeho vzniku, dále jsou zde uvedeny zdroje použitých obrázků.



*Obrázek 8 – Úvodní strana výukového programu a její rozložení: A – název výukového programu, B – animační tlačítka, C – procvičovací úlohy, D – informace o programu*









Každá dílčí animace obsahuje nadpis, časovou osu, několik ovládacích tlačítek, pomocí kterých uživatel s animací manipuluje, a pole s doprovodným textem, který se mění v závislosti na změnách uskutečněných v dané animaci. Některé dílčí animace obsahují navíc vysvětlivky s příslušnými barvami atomů prvků. Rozložení dílčí animace je znázorněno na *Obrázku 9*.



*Obrázek 9 – Dílčí animace „Nenasycené mastné kyseliny“ a její rozložení: A – nadpis, B – ovládací tlačítka, C – textové pole s doprovodným textem, D – časová osa, E – vysvětlivky*

Výukový program *Lipidy* je rozdělen do 5 tematických celků. Tyto celky se skládají z několika vnořených dílčích animací, které obsahují 8 ovládacích tlačítek fungujících díky vložené syntaxi programovacího jazyka (viz kapitola 3.7.2). Každá animace se spustí po kliknutí na tlačítko *Přehrát*, uživatel ji může kdykoli zastavit díky tlačítku *Pauza*. Po skončení dané animace se film automaticky zastaví a uživatel dále rozhodne, kam chce být přesměrován. Jednotlivé funkce tlačítek jsou sepsány v *Tabulce 10*.

Tabulka 10 – Ovládací tlačítka a jejich funkce

SYMBOL TLAČÍTKA	NÁZEV TLAČÍTKA	FUNKCE TLAČÍTKA
	<i>Domů</i>	Po kliknutí na tlačítko se uživatel vrátí zpět na domovskou stránku.
	<i>Od začátku</i>	Po kliknutí na tlačítko se daný tematický celek animací začne přehrávat znovu od začátku.
	<i>Posun dozadu</i>	Po kliknutí na tlačítko přejde uživatel na předchozí dílčí animaci.
	<i>Přetočit zpět</i>	Po kliknutí na tlačítko se daná animace vrátí na začátek, znovu se spustí kliknutím na tlačítko <i>Přehrát</i> .
	<i>Pauza</i>	Po kliknutí na tlačítko se animace zastaví.
	<i>Přehrát</i>	Po kliknutí na tlačítko se animace začne přehrávat.
	<i>Přetočit vpřed</i>	Po kliknutí na tlačítko se uživatel dostane na konec dílčí animace.
	<i>Posun dopředu</i>	Po kliknutí na tlačítko přejde uživatel na následující animaci.

#### 4.2.1.3 Obsah animací

V následujících odstavcích jsou popsány jednotlivé tematické celky obsahující vnořené dílčí animace a jsou doplněny o didaktické poznámky.

##### 4.2.1.3.1 Esterifikace

Tento celek znázorňuje reakci esterifikaci, při které ze dvou výchozích látek, tedy glycerolu a vyšší MK, vzniká příslušný ester a voda. Celek je rozdělen do třech dílčích animací. První animace znázorňuje vznik monoacylglycerolu, druhá diacylglycerolu a třetí zobrazuje vznik triacylglycerolu. Reakce probíhá za vzniku určitých meziproductů. Animace však pouze znázorňuje, v jakých místech dochází ke štěpení vazeb. Při reakci se v karboxylové skupině karboxylové kyseliny štěpí vazba CO-OH, a nikoli vazba COO-H. V molekule alkoholu pak dochází ke štěpení vazby RO-H, a ne vazby R-OH.



Při každé animaci dojde ke zvýraznění právě těchto částí molekul, tzn. hydroxylové (-OH) skupiny vyšší MK kyseliny a atomu vodíku jedné hydroxylové skupiny glycerolu. Následuje reakce zvýrazněných částí molekul za vzniku vody a připojení zbytku vyšší MK na glycerol za vzniku buď monoacylglycerolu, diacylglycerolu, nebo triacylglycerolu. Animace se snaží znázornit jednotlivé struktury molekul tak, aby byly dodrženy vazebné úhly mezi příslušnými atomy, a zabránilo se tak vzniku příslušných miskoncepcí.

*Didaktické poznámky:* Animace znázorňuje velmi zjednodušené schéma vzniku příslušných esterů. V živých organismech ve skutečnosti dochází k syntéze triacylglycerolů složitějším mechanismem, než kterou je přímá esterifikace glycerolu s MK. Biosyntéza triacylglycerolů, vychází z aktivovaných forem výchozích látek, tedy z glycerol-3-fosfátu a acylkoenzymů A. Reakce jsou katalyzovány několika enzymy, což v animaci uvedeno není. Tyto pochody jsou považovány za učivo přesahující rámec středoškolského učiva, proto v animaci zařazeny nejsou, ale učitel by měl alespoň upozornit, že biosyntéza triacylglycerolů probíhá enzymově katalyzovaným mechanismem. Nicméně pro zájemce o danou problematiku jsou reakce uvedeny ve studijním textu (stejně jako podrobný mechanismus kyseliny katalyzované esterifikace).

Ve výuce je vhodné využít i molekulovou stavebnici. Žáci si mohou vyzkoušet sestavit jednotlivé molekuly. Uvidí tak skutečnou strukturu molekul v prostoru a dojde k lepšímu zafixování učiva díky propojení více smyslů najednou. Vzhledem k možnému nedostatku molekulových stavebnic mohou být žáci rozřazeni do dvojic či více početných skupin a každému lze přiřadit jinou práci. Jeden žák např. může sestavit glycerol, druhý zase molekulu určené vyšší MK.

#### 4.2.1.3.2 Vyšší mastné kyseliny

Tento celek je sestaven z 9 vnořených animací, které představují vyšší MK a porovnávají je na základě toho, jestli se jedná o kyseliny nasycené nebo nenasycené.

První animace znázorňuje, jak se změní prostorová struktura vyšší MK, pokud je v jejím řetězci přítomna násobná vazba. Molekula nasycené kyseliny je lineární, molekula nenasycené kyseliny se kolem dvojné vazby, díky vzniku rigidního ohybu (oblouku), ohýbá. Druhá animace představuje nasycené MK, konkrétně dva příklady – kyselinu stearovou a palmitovou, což jsou nejběžnější zástupci. Třetí animace vysvětluje pojem tuky, tedy acylglyceroly obsahující převážně nasycené zbytky MK, které jsou za běžných podmínek v tuhém skupenství. Jsou představeny základní potraviny jakožto

zdroje tuků. Ve čtvrté animaci je znázorněna struktura nenasycené MK, konkrétně kyseliny olejové, pátá animace zobrazuje kyselinu linolovou, šestá animace kyselinu linolenovou. Sedmá animace vysvětluje pojem *cis*-konfigurace související se strukturou nenasycené MK, osmá animace se naopak věnuje *trans*-konfiguraci. Pomocí žlutých elips jsou v animacích zvýrazněné dva zbytky vázané na uhlíky dvojně vazby, na základě porovnání jejich polohy vůči poloze dvojně vazby se pak určí příslušná konfigurace. Poslední animace se zaměřuje na oleje, tedy acylglyceroly obsahující převážně nenasycené zbytky MK, které jsou za běžných podmínek v kapalném skupenství. Jsou představeny různé zdroje – rostlinné oleje, ořechy, ryby apod.

*Didaktické poznámky:* I zde je vhodné využít molekulovou stavebnici. Žáci si mohou vyzkoušet sestavit vyšší MK (např. kyselinu palmitovou a olejovou). Jejich úkolem bude obě kyseliny porovnat, tedy definovat, v čem se kyseliny shodují a v čem liší. Tyto dvě vyšší MK se liší v délce jejich řetězce (tedy počtu uhlíků, kyselina palmitová má 16 uhlíků, olejová má 18 uhlíků). Dále se liší (ne)přítomností dvojně vazby (kyselina palmitová je nasycená, olejová je nenasycená). Shodují se v tom, že jsou obě alifatické, nerozvětvené a obsahují právě jednu karboxylovou skupinu. Při sestavení nenasycených MK je důležité, aby učitel upozornil na změnu hybridizace uhlíků dvojně vazby. V nasycených MK jsou všechny uhlíky řetězce v hybridizaci  $sp^3$ , uhlíky dvojně vazby v nenasycených kyselinách jsou v hybridizaci  $sp^2$ . Animace v tomto celku jsou propojeny s předmětem biologie. V doprovodném textu animací je uvedeno, jaký vliv mají *trans* nenasycené MK na zdravotní stav člověka, jsou zmíněné esenciální MK a také rostlinné a živočišné zdroje nasycených a nenasycených tuků. Žáci mohou diskutovat o tom, jaké tuky jsou zdravé, jaké jsou vhodné např. ke smažení apod. Na základě tabulky výživových hodnot určených potravin si mohou také spočítat procento nenasycených MK z celkového množství tuků v daném tuku/oleji, jednotlivé suroviny seřadit, porovnat a diskutovat výsledky.

Ve výukovém programu i v textu výše byl použit termín tuk pro tuhé triacylglyceroly a termín olej pro kapalné triacylglyceroly. Nicméně pojmem tuk (= neutrální lipid) se též označuje celá skupina triacylglycerolů, bez ohledu na konzistenci.

#### 4.2.1.3.3 Struktura složených lipidů

Tento celek se skládá ze 4 vnořených animací, které představují složené lipidy, konkrétně glykolipidy a fosfolipidy. Dále se zaměřují na amfifilní charakter fosfolipidů.

Animace obsahují obrázky znázorňující strukturu složených lipidů, tyto vzorce byly vytvořeny v programu ChemSketch.

První animace se zaměřuje na glykolipidy. Popisuje strukturu glykolipidu, který obsahuje tři zbytky vázané na glycerol – nasycený zbytek MK, nenasycený zbytek MK, na třetí hydroxylovou skupinu se váže monosacharid galaktosa. Druhá animace znázorňuje strukturu fosfolipidu, konkrétně fosfatidylcholinu, kdy je na glycerol vázáný fosfát a na ten se váže cholin. Třetí animace rozděluje fosfolipid na dvě části dle jeho amfifilního charakteru, poslední animace tyto části definuje dvěma pojmy – hydrofilní a hydrofobní.

*Didaktické poznámky:* První animace zobrazuje glykolipid, konkrétně glykosyldiacylglycerol, který má relativně jednoduchou strukturu. Základ tvoří 1,2-diacylglycerol s navázaným jednoduchým monosacharidem ve třetí pozici glycerolu. Zmíněné glykolipidy najdeme především u rostlin. Existuje celá řada dalších glykolipidů, které mají složitější strukturu, jsou to například cerebrosidy nebo gangliosidy vyskytující se na povrchu buněčných membrán. Vzhledem k tomu, že je tento výukový program určen především pro žáky středních škol, výše zmíněné glykolipidy animace neobsahuje a je na uvážení učitele, zda bude žákům toto učivo předkládáno (nicméně gangliosidy jsou zařazeny a znázorněny v animaci o biologické membráně, ačkoli pojem „gangliosidy“ zaveden není). To stejné platí pro fosfolipidy. Animace znázorňuje fosfolipid, který má ve své struktuře navázaný cholin, jiné sloučeniny (např. serin, ethanolamin) nejsou vzhledem k povaze výukového programu zmíněné. Tyto sloučeniny jsou ale zařazeny do studijního textu a doplňují tak dané téma. Žáci mohou ve výuce vysvětlit amfifilní charakter fosfolipidů a pokusit se znázornit, jak se takové molekuly budou chovat v různých prostředích (tzn. v polárním či nepolárním).

#### 4.2.1.3.4 Biologické membrány

Tento celek obsahuje 5 dílčích animací, které představují biologické membrány. První animace se zaměřuje na to, jak se fosfolipidy organizují ve vodném prostředí a jakým způsobem pak vznikají biologické membrány. Druhá animace se soustředí na fluiditu membrány, nejprve je tento pojem vysvětlen, dále je zmíněna důležitost této vlastnosti a jaké činitele ji ovlivňují. Třetí animace představuje strukturu cholesterolu a jeho funkce v živočišných membránách, čtvrtá animace se zaměřuje na proteiny (periferní a integrální) a zmiňuje jejich funkce. Poslední animace představuje strukturu

základních monosacharidů a jejich derivátů vyskytujících se v buněčné membráně. Závěrem tohoto celku je uživateli nabídnut celkový pohled na membránu a její složení.

*Didaktické poznámky:* Poslední animace je zaměřena na sacharidy, které se vážou na proteiny či lipidy biologické membrány. Jednotlivé monosacharidy nebo jejich deriváty jsou znázorněny pomocí barevných objektů, na konci animace jsou uvedené vzorce těchto sloučenin. Rozhodně není cílem animace, aby se všechny tyto vzorce žáci učili, v některých případech se jedná o nadstavbové učivo (deriváty monosacharidů). Vzorce jsou do animace zařazeny pro doplnění daného tématu a slouží k ucelené představě o biologické membráně. U kyseliny sialové není vzorec vzhledem k jeho složitosti uveden. Více informací o kyselině sialové je pro zájemce uvedeno ve studijním textu.

#### 4.2.1.3.5 Membránový transport

Tento celek se skládá z 6 dílčích animací, které se zaměřují na membránový transport (důraz je kladen především na porovnání aktivního a pasivního transportu). První animace vysvětluje semipermeabilitu membrány a porovnává tři chemické sloučeniny ve vztahu k jejich průchodnosti skrze biologickou membránu (oxid uhličitý a kyslík procházejí přes membránu volně, glukosa nikoli). Druhá animace se soustředí na pasivní transport, kdy je znázorněn směr transportu látek (tedy po směru koncentračního gradientu). Třetí animace je zaměřena na prostou difuzi, tedy samovolný transport látek zapříčiněný snahou o vyrovnání složení soustavy mezi buňkami a okolním prostředím (je vysvětlena na výměně plynů – oxid uhličitý a kyslík). Čtvrtá animace znázorňuje usnadněnou difuzi a porovnává kanálový a přenašečový protein. Pátá animace se soustředí na aktivní transport, kdy je znázorněn směr transportu látek (tedy proti směru koncentračního gradientu) a v závěru animace je rovněž představena makroergní sloučenina ATP a její struktura. Poslední animace představuje typický příklad aktivního transportu – sodno-draselnou pumpu.

#### 4.2.1.3.6 Úlohy k procvičení

Výukový program *Lipidy* obsahuje ke každému z tematických celků několik úkolů k procvičení, které slouží jako zpětná vazba. Na tyto úlohy se uživatel dostane po kliknutí na tlačítko s žárovkou, které je na úvodní domovské straně, nebo automaticky po zhlédnutí každého z tematických celků.

Program obsahuje 12 procvičovacích úloh, které se vztahují vždy k určitému tematickému celku a zaměřují se na informace, které byly uživateli v animacích předkládány. Úkoly jsou koncipovány tak, že obsahují jednu otázku a dvě nebo více odpovědí. Po kliknutí na jednu z možností se uživateli zobrazí správné řešení úlohy spolu s textem, které obsahuje vysvětlující komentář pro daný úkol.

#### 4.2.2 Studijní text

V rámci praktické části předkládané diplomové práce byl sepsán studijní text, který shrnuje základní poznatky týkající se tématu *lipidy*. Je navržen jako zdroj informací pro učitele či žáky a slouží jako doprovodný materiál k výukovému programu *Lipidy*. Zaměřuje se tedy na tematické celky uvedené v daném souboru výukových animací a shrnuje, popřípadě doplňuje, základní informace a poznatky.

Některé kapitoly (např. kyselá katalyzovaná esterifikace a biosyntéza triacylglycerolů) byly do studijního textu zařazeny jako doplňující vysvětlující informace, a ačkoli přesahují rámec středoškolského učiva, mohou být vyučovány např. v seminárních hodinách.

Obrázky využitě ve studijním textu byly vytvořeny autorkou práce v programu Adobe Animate CC a ChemSketch.

#### Seznam použitých zkratk

ADP	adenosindifosfát
AMK	aminokyselina
ATP	adenosintrifosfát
MK	mastná kyselina

##### 4.2.2.1 Charakteristika lipidů

Lipidy jsou přírodní organické sloučeniny, které jsou omezeně rozpustné ve vodě, avšak zcela rozpustné v nepolárních rozpouštědlech. Lipidy jsou látky rostlinného i živočišného původu a mají mnoho funkcí. Mezi hlavní funkce lipidů patří: součást biologických membrán, zdroj energie, tepelná izolace, mechanická ochrana, vstřebávání vitaminů (A, D, E, K) apod.

Lipidy obecně dělíme do dvou základních skupin – na jednoduché (tuky, vosky) a složené (glykolipidy, fosfolipidy). Někdy se k těmto dvěma skupinám řadí ještě tzv. izoprenoidní lipidy (terpeny, steroidy), které se od běžných lipidů liší svou

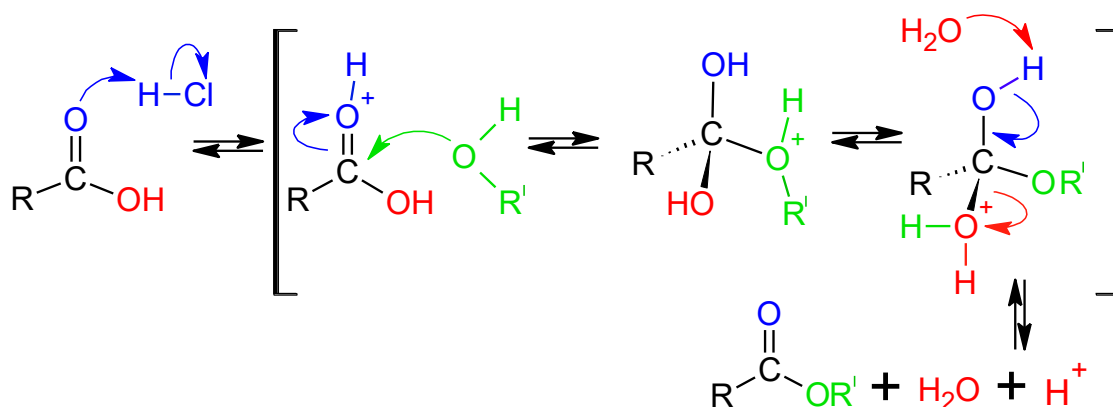
strukturou, ale naopak se shodují v některých vlastnostech (např. rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech).

#### 4.2.2.2 Jednoduché lipidy

Jednoduché lipidy jsou chemicky estery alkoholů a vyšších mastných kyselin (MK). Rozdělujeme je do dvou skupin – tuky a vosky. Vosky jsou estery vyšších MK s vyššími jednosytnými alkoholy (mají 16 a více atomů uhlíků v molekule). Tuky neboli acylglyceroly jsou estery vyšších MK s glycerolem.

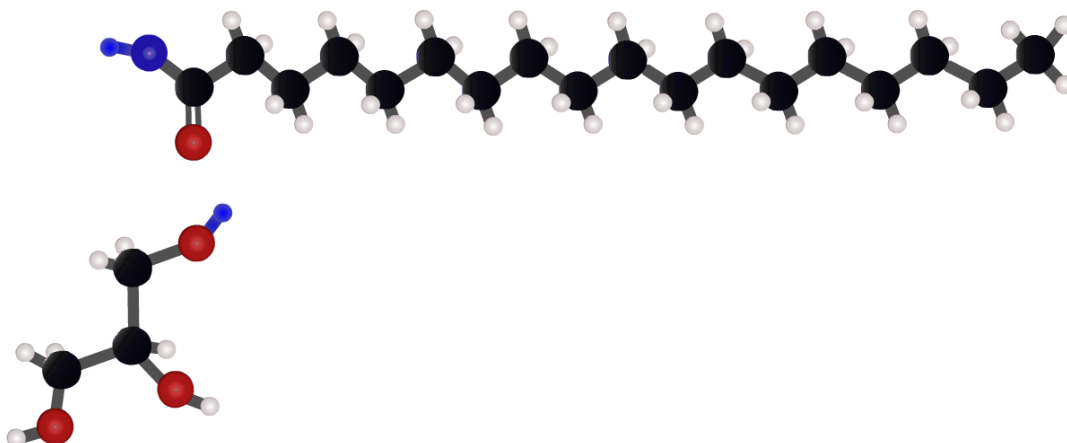
#### Esterifikace

Esterifikace je reakce mezi alkoholem a karboxylovou kyselinou, přičemž vzniká příslušný ester a voda. Esterifikace probíhá jako kysele katalyzovaná nukleofilní acylová substituce, mechanismus reakce je naznačen na *Obrázku 10*. Reakce začíná protonací atomu kyslíku karboxylové skupiny, čímž dojde k aktivaci karboxylové kyseliny. Karboxylová kyselina pak může být nukleofilně atakována alkoholem za vzniku tetraedrického intermediátu. Druhý meziproduct vzniká přesunem protonu z jednoho atomu kyslíku na druhý, a tím dojde ke změně skupiny -OH na skupinu dobře odstupující. Reakce končí odtržením protonu a odštěpením vody, čímž se regeneruje kyselý katalyzátor a vzniká ester.



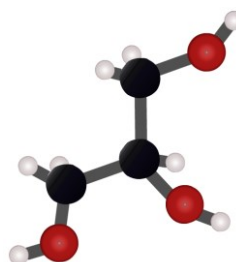
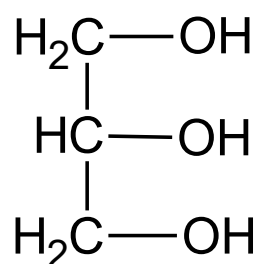
*Obrázek 10 – Mechanismus kysele katalyzované esterifikace*

Při reakci se v karboxylové skupině karboxylové kyseliny štěpí vazba CO-OH, a nikoli vazba COO-H. V molekule alkoholu pak dochází ke štěpení vazby RO-H, a ne vazby R-OH (viz *Obrázek 11*).

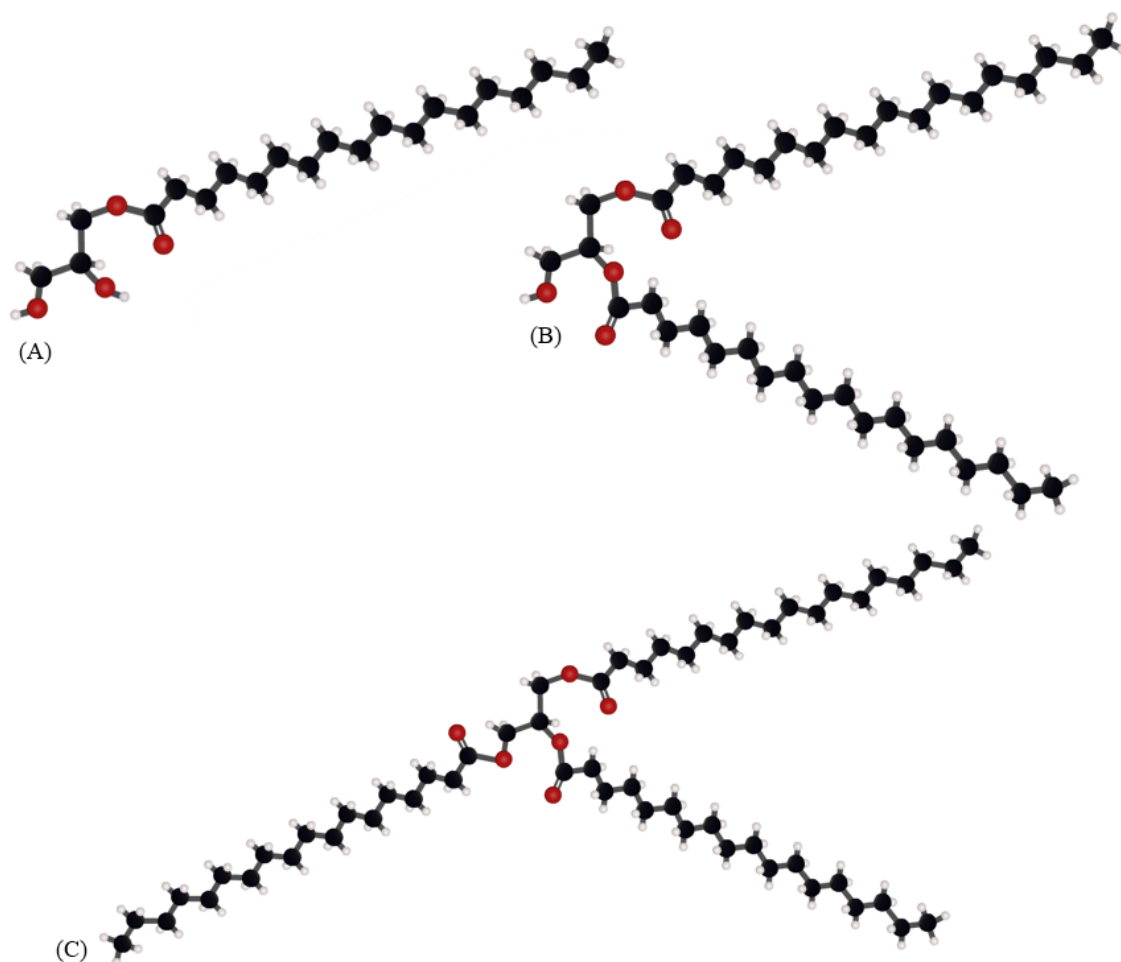


Obrázek 11 – Zvýraznění příslušných částí molekul, naznačení štěpení vazeb

Glycerol je trojsytný alkohol se třemi atomy uhlíku v molekule (viz Obrázek 12). Každá z hydroxylových skupin může být esterifikována stejnou nebo odlišnou karboxylovou kyselinou. Tím dochází ke vzniku monoacylglycerolu, diacylglycerolu, nebo triacylglycerolu (viz Obrázek 13). Nejvýznamnější jsou triacylglyceroly, které představují největší podíl lipidů v lidské potravě.



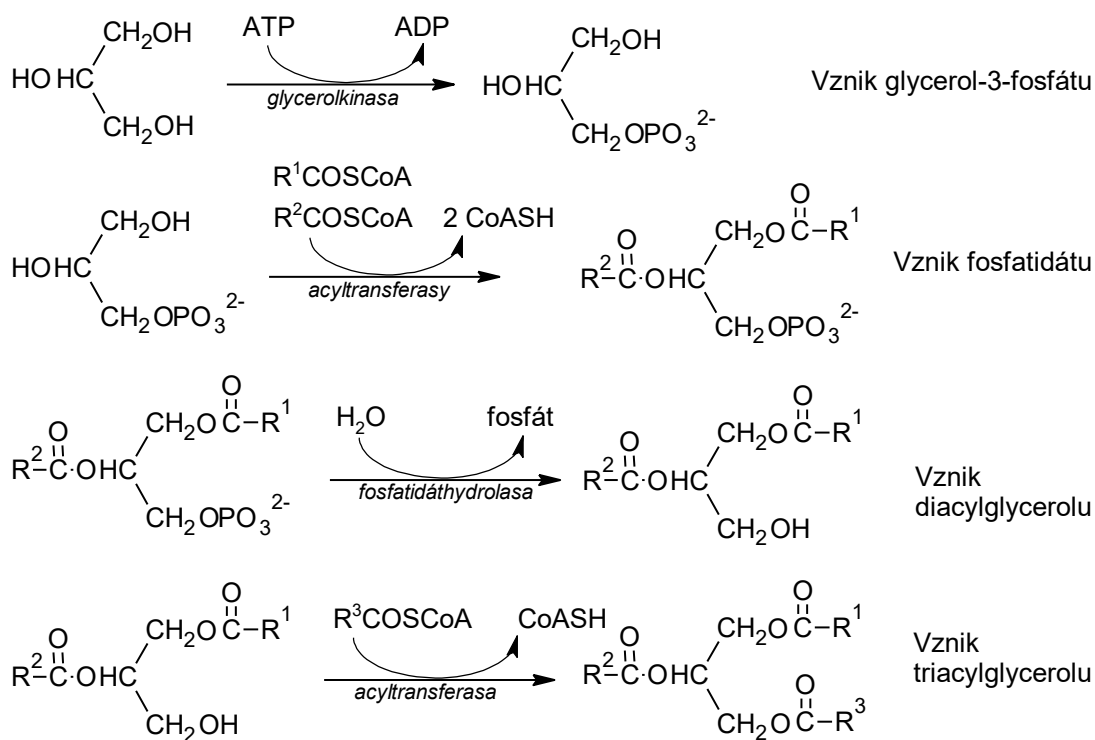
Obrázek 12 – Struktura glycerolu (vlevo Fischerův vzorec, vpravo „prostorový“ model glycerolu s použitím barev – černá pro uhlík, červená pro kyslík, bílá pro vodík)



Obrázek 13 – Estery: (A) – monoacylglycerol, (B) – diacylglycerol,  
(C) – triacylglycerol

V živých organismech ve skutečnosti dochází k syntéze triacylglycerolů složitějším mechanismem, než kterou je přímá esterifikace glycerolu s MK neboli obrácené lipasové štěpení. Biosyntéza triacylglycerolů, která probíhá především v buňkách tukových tkání, vychází z aktivovaných forem výchozích látek, tedy z glycerol-3-fosfátu a acylkoenzymů A. Na aktivovanou formu glycerolu se přenášejí dva acylkoenzymy A za vzniku fosfatidátu. Z něho dalšími kroky (odštěpení fosfátu a následná reakce se třetím acylkoenzymem A) může vzniknout až triacylglycerol. Reakce (viz *Obrázek 14*) jsou enzymově katalyzovány.



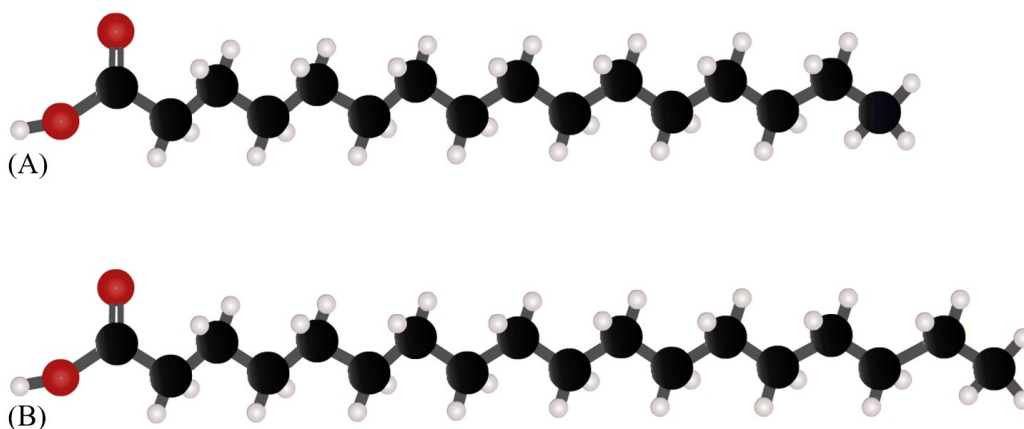


Obrázek 14 – Biosyntéza triacylglycerolu

### Vyšší mastné kyseliny

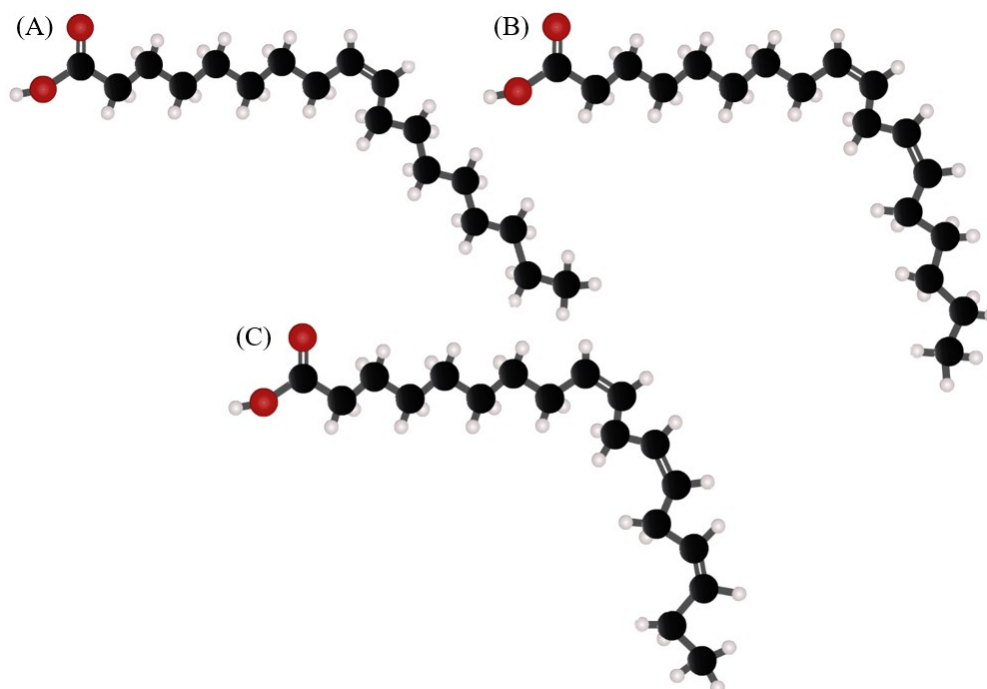
Vyšší MK jsou karboxylové kyseliny, které obsahují jednu karboxylovou skupinu a vyšší počet uhlíků (většinou sudý). Vyšší MK rozdělujeme na nasycené a nenasycené podle toho, zda ve svém uhlíkatém řetězci obsahují jednoduché nebo dvojně vazby.

Nasycené MK mají ve svém uhlíkatém řetězci všechny vazby jednoduché, a proto jsou tyto molekuly lineární. Mezi nasycené MK patří např. kyselina palmitová (16 uhlíků) a stearová (18 uhlíků) (viz *Obrázek 15*).



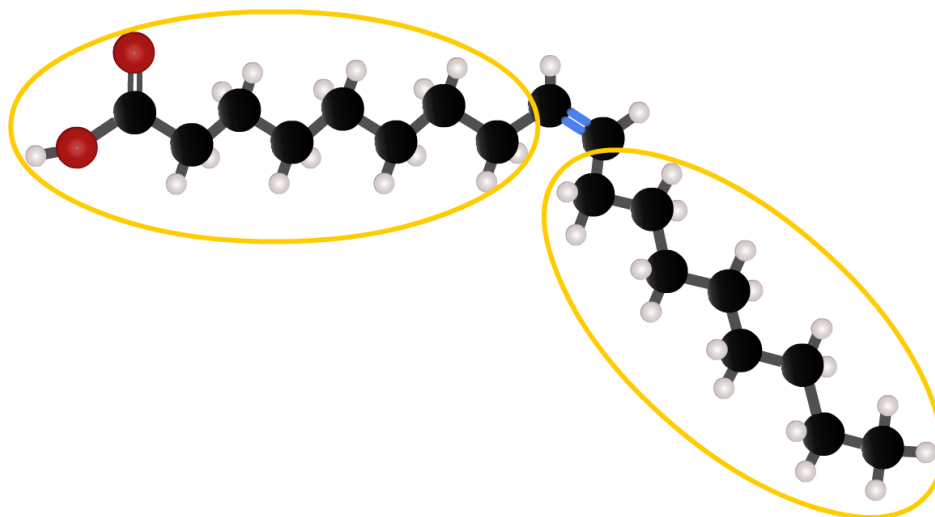
Obrázek 15 – Nasycené MK: (A) – palmitová, (B) – stearová

Nenasycené MK obsahují ve svém uhlíkatém řetězci 1 nebo více dvojných vazeb. Mezi nenasycené MK patří např. kyselina olejová s 18 uhlíky a 1 dvojnou vazbou v poloze 9. Některé nenasycené MK označujeme jako *esenciální*. Takové kyseliny si lidský organismus nedokáže vytvořit sám, a musíme je proto přijímat v potravě. Mezi ně patří např. kyselina linolová s 18 uhlíky a 2 dvojnými vazbami v polohách 9 a 12, kterou označujeme jako  $\omega$ -6 (dvojná vazba vychází z 6. uhlíku, číslujeme-li uhlíkatý řetězec od konce), dále kyselina linolenová s 18 uhlíky a 3 dvojnými vazbami v polohách 9, 12, 15, která je označována jako  $\omega$ -3 (dvojná vazba vychází z 3. uhlíku, číslujeme-li uhlíkatý řetězec od konce). Molekuly třech výše uvedených nenasycených MK zachycuje *Obrázek 16*.

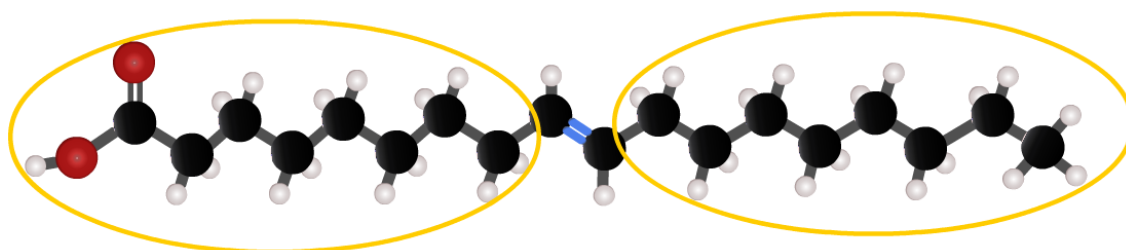


*Obrázek 16 – Nenasycené MK: (A) – olejová, (B) – linolová, (C) – linolenová*

U nenasycených MK existuje konfigurační izomerie *cis/trans* díky přítomnosti dvojných vazeb v postranním řetězci, kolem kterých nemůže docházet k volné otáčivosti atomů. Pokud se oba zbytky MK nacházejí na stejné straně dvojných vazeb, jedná se o *cis*-konfiguraci (viz *Obrázek 17*). Jsou-li oba zbytky MK orientovány na opačné straně dvojných vazeb, jde o *trans*-konfiguraci (viz *Obrázek 18*). Většina nenasycených MK má dvojnou vazbu v *cis*-konfiguraci, kdy dochází ke zlomu molekuly (MK v *trans*-konfiguraci jsou naopak lineární).



Obrázek 17 – Konfigurační izomerie cis



Obrázek 18 – Konfigurační izomerie trans

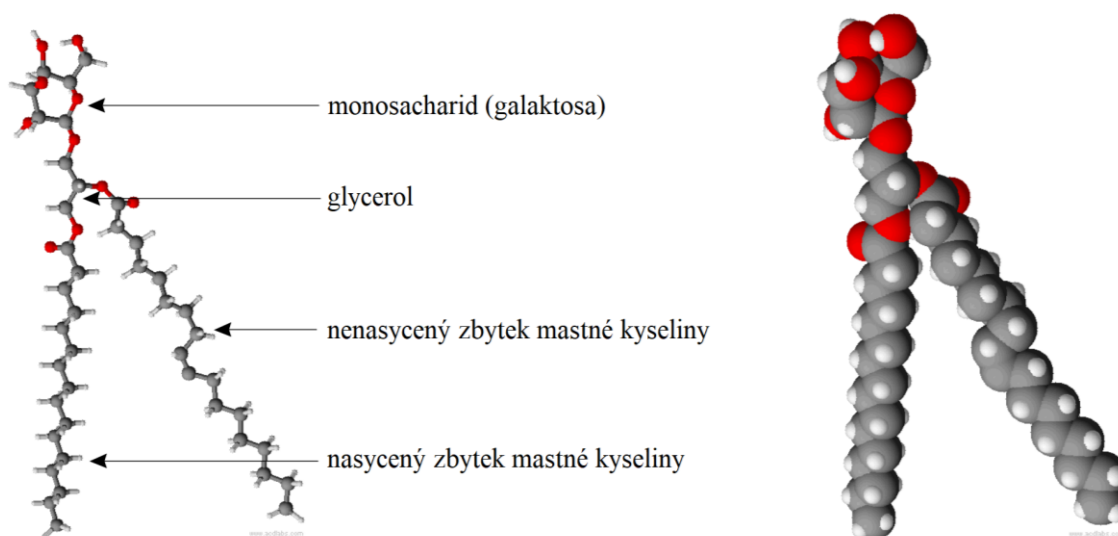
V potravinách se nacházejí především smíšené triacylglyceroly, které neobsahují stejné MK vázané na glycerol. Pojmem *tuky* pak označujeme směs takových triacylglycerolů, které obsahují převážně nasycené zbytky MK vázané na glycerol. Tuky mají za normálních podmínek pevné skupenství a jsou především živočišného původu. Zbytky nasycených MK najdeme v tučném mase a kůži, sádle, másle, plnotučném mléce, smetaně, sýrech apod. Jsou obsaženy ale i v tucích rostlinného původu, konkrétně v kokosovém a palmovém.

Druhou skupinu představují *oleje*. Tímto pojmem se označuje směs triacylglycerolů, které obsahují převážně nenasycené zbytky MK vázané na glycerol. Oleje mají za normálních podmínek kapalné skupenství. Zbytky nenasycených MK najdeme především v olejích rostlinného původu, jako je slunečnicový, řepkový či olivový olej, dále ve většině ořechů a semínek nebo avokádu. Jsou také obsaženy v mořských rybách (např. tuňák, losos, makrela).

Zbytky nenasycených MK s *trans*-konfigurací dvojně vazby se vyskytují v částečně ztužených tucích. Mezi výrobky bohaté na tzv. trans tuky patří například levné náhražky čokolád (kakaové máslo je zde nahrazeno částečně ztuženými tuky), různé cukrovinky s polevou, oplatky s náplní apod. Tyto tuky mají nepříznivý vliv na lidský organismus, jsou spojeny se zvýšeným rizikem vzniku kardiovaskulárních chorob a cukrovky.

#### 4.2.2.3 Složené lipidy

Složené lipidy se od jednoduchých liší tím, že kromě vyšších MK a alkoholu obsahují ještě další složku. Velkou skupinu složených lipidů tvoří glykolipidy, které ve své struktuře obsahují vázané monosacharidy či oligosacharidy. Příkladem jsou glykosyldiacylglyceroly s relativně jednoduchou strukturou. Základ tvoří 1,2-diacylglycerol, který má na třetím uhlíku vázaný jeden nebo více monosacharidů. Struktura glykosyldiacylglycerolu je znázorněna na *Obrázku 19*.



*Obrázek 19 – Struktura glykolipidu – glykosyldiacylglycerol s navázanou galaktosou (vlevo kuličkový model, vpravo kalotový); šedá barva znázorňuje atomy uhlíku, bílá vodíku, červená kyslíku*

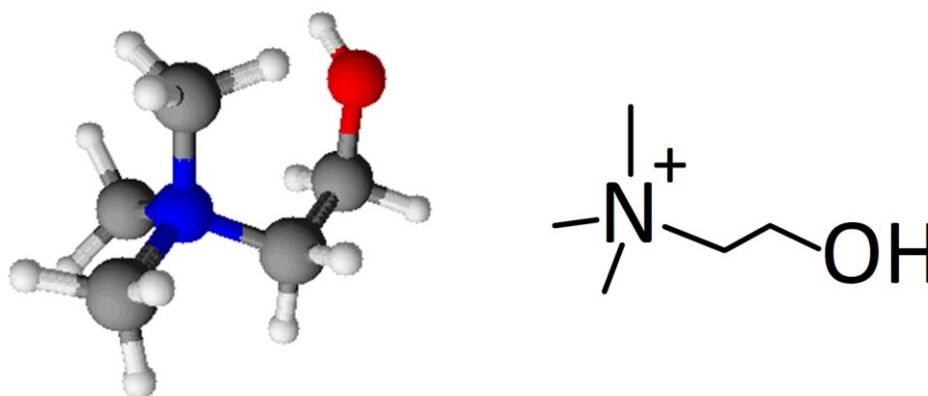
Fosfolipidy jsou složené lipidy obsahující glycerol, na který jsou navázány dva zbytky MK (většinou je jeden nasycený a druhý nenasycený) a fosfát. Fosfát je polární skupina, zbytek od kyseliny fosforečné, který se na glycerol váže esterovou vazbou. Přes fosfát je navázán další substituent, např. cholin, serin, ethanolamin. Struktura fosfolipidu je naznačena na *Obrázku 20*.



Obrázek 20 – Struktura fosfolipidu – fosfatidylcholin (vlevo kuličkový model, vpravo kalotový); šedá barva znázorňuje atomy uhlíku, bílá vodíku, červená kyslíku, modrá dusíku, fialová fosforu

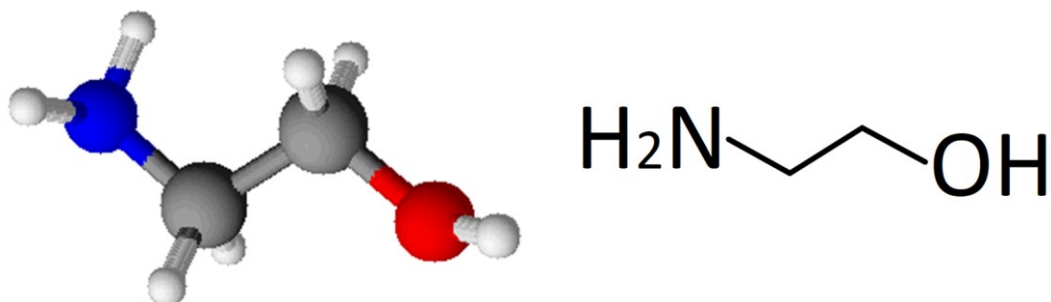
Ve struktuře fosfolipidů se na zbytek kyseliny fosforečné váže další organická sloučenina. Může to být např. cholin, ethanolamin, serin. Všechny zmíněné sloučeniny obsahují ve své struktuře atom dusíku. Zároveň se shodují v přítomnosti polární hydroxylové (-OH) skupiny v řetězci, díky které dochází k navázání na fosfát.

Cholin patří mezi kvartérní amoniové sloučeniny. Na atom dusíku jsou navázány 4 substituenty, díky tomu získává atom dusíku kladný náboj. Strukturu cholinu znázorňuje *Obrázek 21*. Cholin je prekurzorem (stavební látkou) acetylcholinu, esteru cholinu a kyseliny octové. Acetylcholin patří mezi neurotransmitery, přenašeče nervového vzruchu.



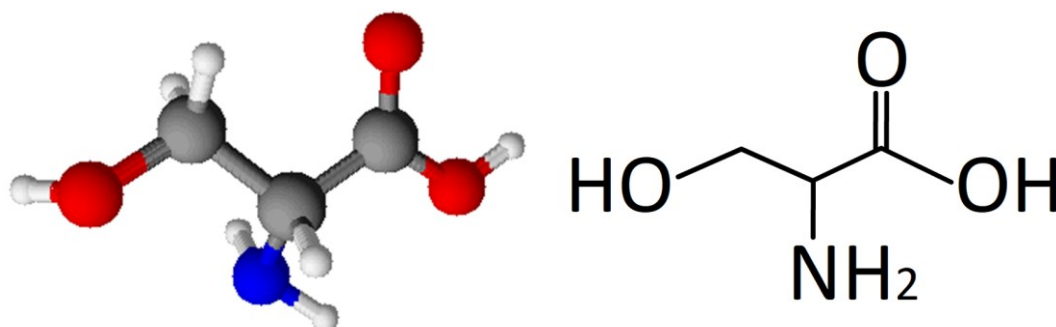
Obrázek 21 – Struktura cholinu (vlevo kuličkový model – šedá barva znázorňuje atom uhlíku, bílá vodíku, modrá dusíku, červená kyslíku)

Ethanolamin patří mezi primární alkoholy a primární aminy. Jeho strukturu zobrazuje *Obrázek 22*.



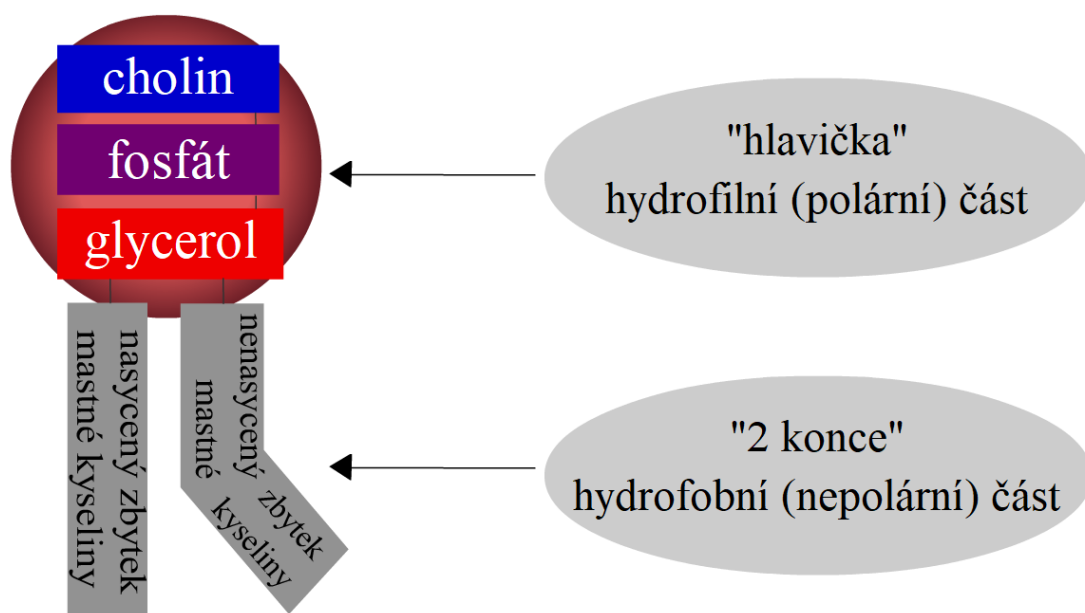
*Obrázek 22 – Struktura ethanolaminu (vlevo kuličkový model – šedá barva znázorňuje atom uhlíku, bílá vodíku, modrá dusíku, červená kyslíku)*

Serin je další sloučeninou vyskytující se ve fosfolipidech. Jedná se o polární aminokyselinu (AMK), která obsahuje karboxylovou (-COOH) a aminovou (-NH<sub>2</sub>) skupinu. Struktura této sloučeniny je znázorněna na *Obrázku 23*.



*Obrázek 23 – Struktura serinu (vlevo kuličkový model – šedá barva znázorňuje atom uhlíku, bílá vodíku, modrá dusíku, červená kyslíku)*

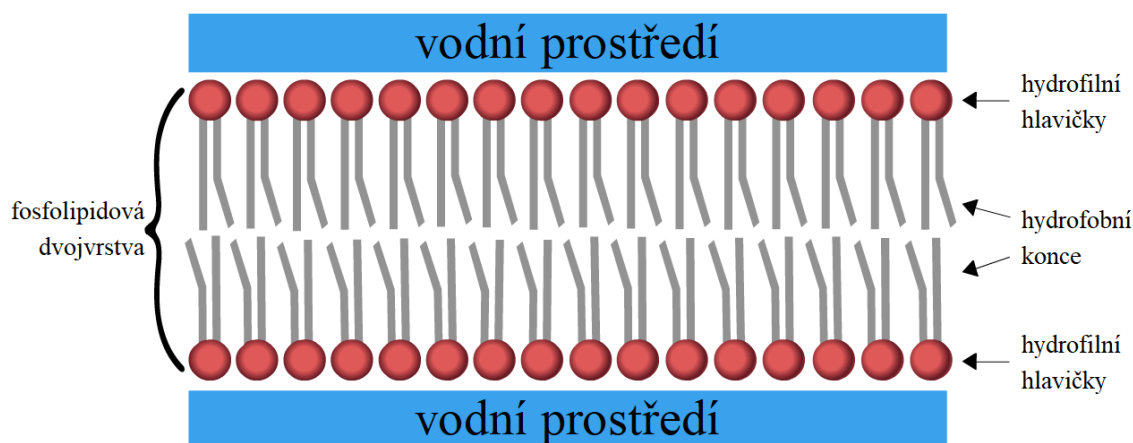
Fosfolipid má amfifilní charakter, jelikož obsahuje jak polární, tak nepolární skupiny. Fosfolipid lze tedy rozdělit na dvě části, polární (hydrofilní) a nepolární (hydrofobní) (viz *Obrázek 24*). Část označovaná jako „hydrofilní hlavička“ je tvořena glycerolem, fosfátem a další navázanou polární skupinou. Část označovaná jako „hydrofobní konce“ tvoří zbytky MK.



Obrázek 24 – Rozdělení fosfolipidu na dvě části

#### 4.2.2.4 Biologické membrány

Fosfolipidy jsou nedílnou součástí biologických membrán (např. buněčná membrána, membrána organel), které jsou tvořeny tzv. fosfolipidovou dvojvrstvou. Ve vodném prostředí se fosfolipidy samovolně organizují tak, že „hydrofobní konce“ směřují k sobě a „hydrofilní hlavičky“ směrem k vodnímu prostředí (viz Obrázek 25).

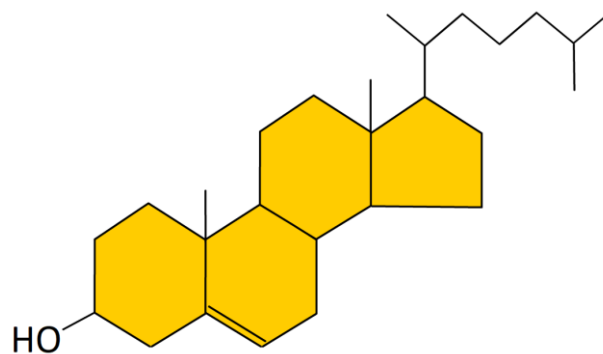


Obrázek 25 – Uspořádání fosfolipidů v biologických membránách

Podle tzv. modelu fluidní mozaiky je lipidová dvojvrstva označována za 2D kapalinu, ve které nejsou jednotlivé složky vázané na jednom místě, ale dochází k jejich pohybu. Jak moc bude membrána tekutá, závisí na zastoupení jednotlivých složek a tato

tekutost (fluidita) musí být udržována v určitých mezích. Tekutost membrány je důležitá, protože umožňuje membránám jejich splnutí nebo napomáhá např. při buněčné signalizaci. Je ovlivněna délkou a nasyceností uhlovodíkových řetězců - kratší řetězce a větší obsah dvojných vazeb způsobuje větší tekutost membrány.

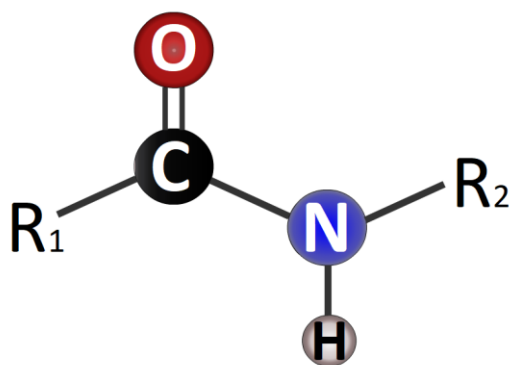
Kromě fosfolipidové dvojvrstvy obsahují buněčné membrány ještě další složky. V membránách živočišných buněk se vyskytují molekuly cholesterolu a tvoří její významnou část: zpevňují dvojvrstvu a snižují její tekutost. Cholesterol je látka steroidní povahy, jedná se o derivát steranu (steran vyznačen na *Obrázku 26* žlutě – bez dvojně vazby v poloze 5). Obsahuje polární i nepolární části a podle toho se orientuje v biologické membráně – polární (-OH) skupinou směřuje k „hydrofilním hlavičkám“, nepolární část (steroidní jádro a uhlíkatý řetězec) je zanořen do „hydrofobních konců“ (viz *Obrázek 28*). Struktura cholesterolu je znázorněna na *Obrázku 26*.



*Obrázek 26 – Struktura cholesterolu*

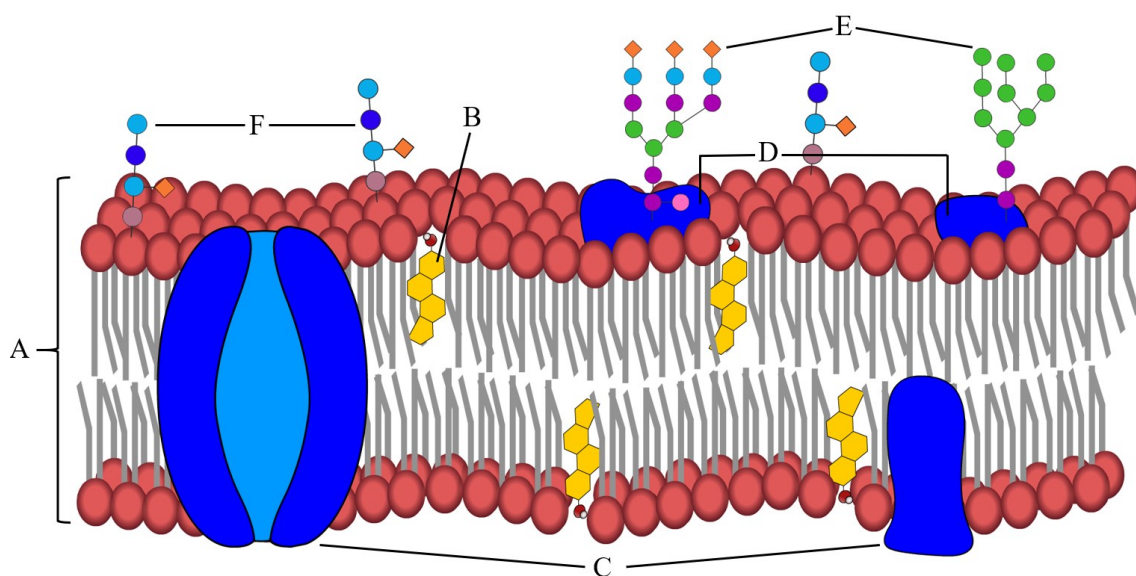
Další složkou membrán jsou proteiny, které napomáhají při transportu iontů a živin nebo např. slouží jako receptory při komunikaci buněk. Rozdělujeme je na dvě skupiny. Integrované proteiny jsou do membrány vnořeny tak, že pronikají buď celou fosfolipidovou dvojvrstvou, nebo do její poloviny. Periferní proteiny neprostupují do hydrofobního jádra fosfolipidové dvojvrstvy, vážou se pouze na její povrch (viz *Obrázek 28*). Proteiny jsou látky složené AMK, které jsou vzájemně propojeny peptidovou vazbou (viz *Obrázek 27*).





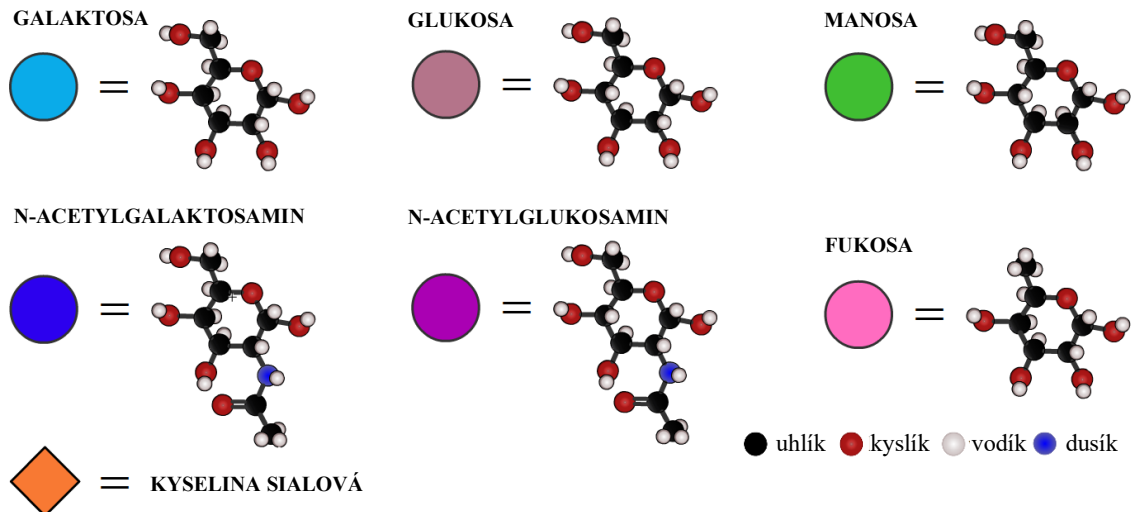
Obrázek 27 – Peptidová vazba mezi dvěma AMK ( $R_1$  a  $R_2$ )

Vnější vrstva biologické membrány obsahuje rovněž sacharidy, které se vážou na molekuly proteinů nebo lipidů (pak vznikají glykoproteiny nebo glykolipidy) (viz Obrázek 28). Mohou se vázat dvěma způsoby – O-glykosidovou vazbou na -OH skupinu AMK serin nebo threonin, nebo N-glykosidovou na -NH<sub>2</sub> skupinu AMK asparagin. Různě dlouhé sacharidové řetězce vytváří na vnější straně biologické membrány sacharidový plášť, tzv. glykokalyx, který chrání buňku před chemickými a mechanickými vlivy. Sacharidové řetězce rovněž vytváří specifická rozpoznávací místa.



Obrázek 28 – Biologická membrána: A – fosfolipidová dvojvrstva, B – cholesterol, C – integrální proteiny, D – periferní proteiny, E – glykoproteiny, F – glykolipidy

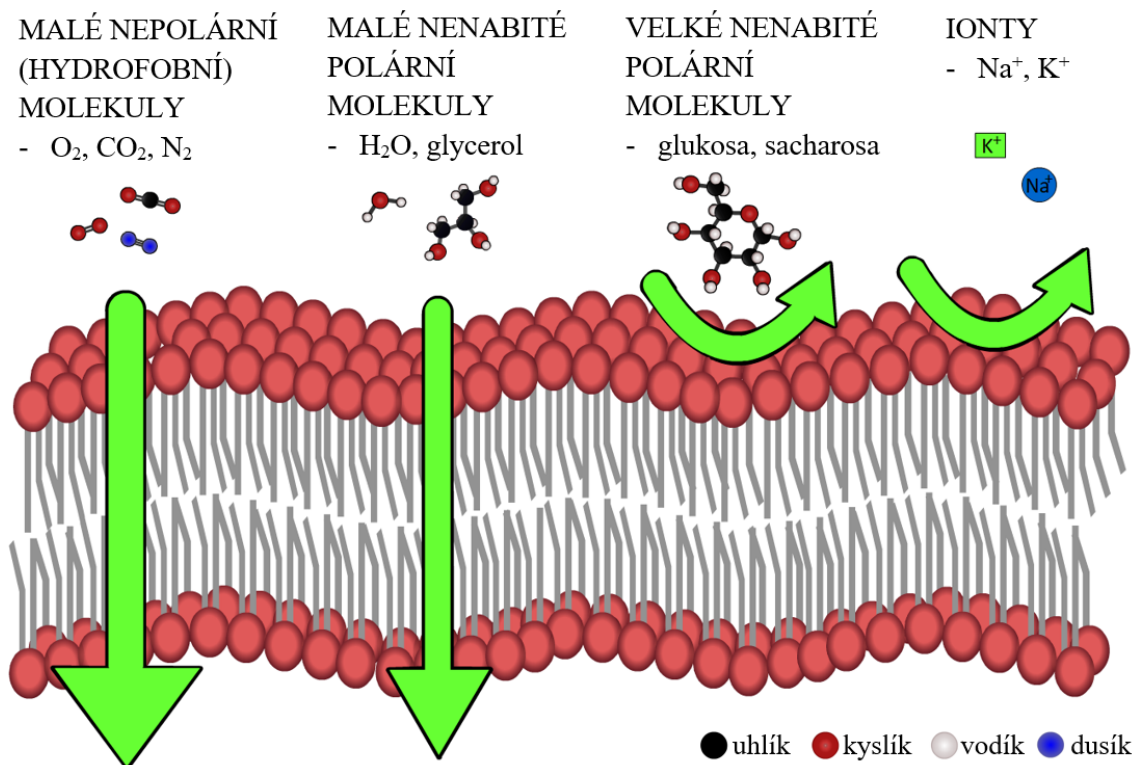
Glykoproteiny a glykolipidy obsahují různé monosacharidy či jejich deriváty, jako jsou například galaktosa, glukosa, manosa, fukosa, N-acetylgalaktosamin, N-acetylglukosamin. Struktura těchto molekul je znázorněna na *Obrázku 29*. V koncové pozici oligosacharidového řetězce bývá velmi často vázaná kyselina sialová. Jako kyselina sialová se souhrnně označují deriváty kyseliny neuraminové. Kyselina sialová bývá klíčovou složkou mnohých receptorů.



*Obrázek 29 – Struktura monosacharidů a jejich derivátů*

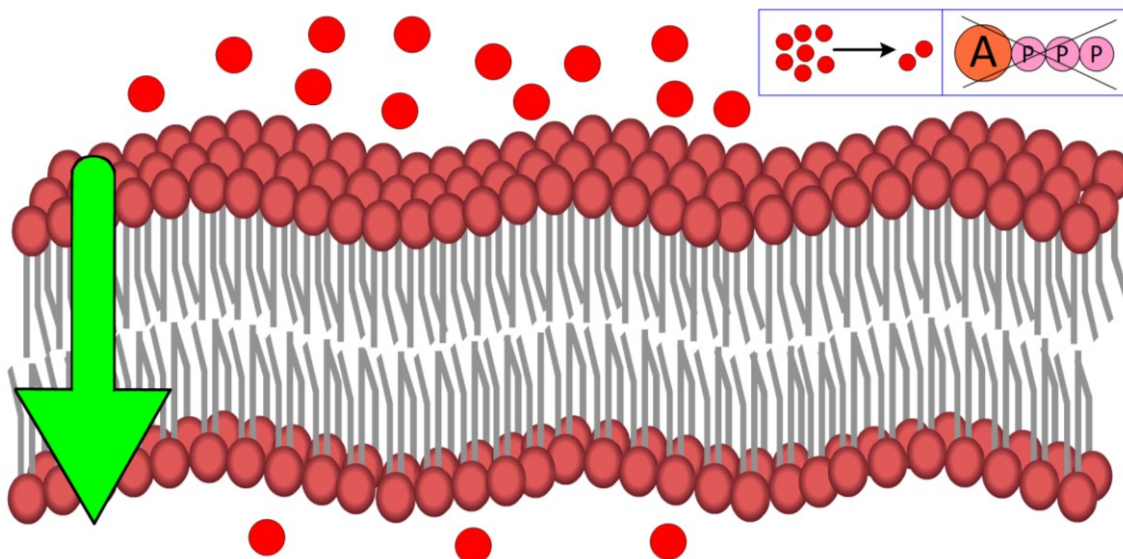
#### 4.2.2.5 Membránový transport

Důležitou vlastností buněčné membrány je polopropustnost (semipermeabilita). Díky tomu mohou membránou prostupovat volně pouze určité látky – nepolární molekuly (např.  $O_2$ ,  $CO_2$ ) nebo malé nenabitě polární molekuly (např.  $H_2O$ ). Ostatní látky – velké nenabitě polární molekuly (glukosa) nebo ionty – jsou přes membránu transportovány pomocí určitých přenašečů (viz *Obrázek 30*).



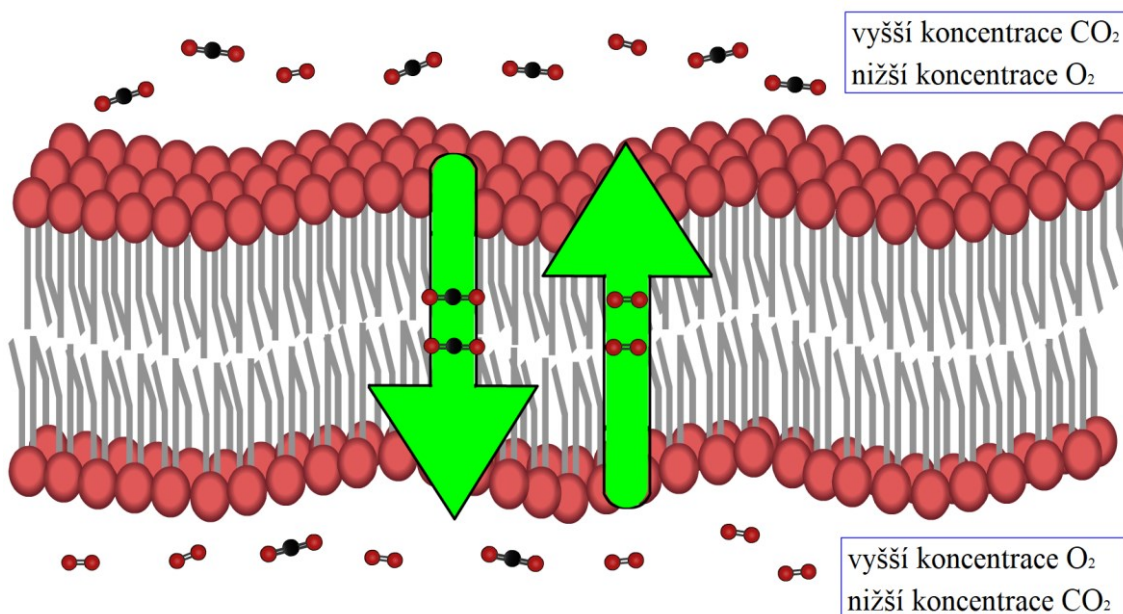
Obrázek 30 – Polopropustnost buněčné membrány

Rozlišujeme dva způsoby přenosu látek přes buněčnou membránu – pasivní a aktivní transport. *Pasivní transport* je způsob přenosu látek přes buněčnou membránu, při kterém se nespoteřovává žádná chemická energie (ve formě ATP - adenosintrifosfát) a probíhá po směru koncentračního gradientu (látka se transportuje z místa s vyšší koncentrací do místa s nižší koncentrací) (viz *Obrázek 31*). Rozlišujeme prostou a usnadněnou difuzi.



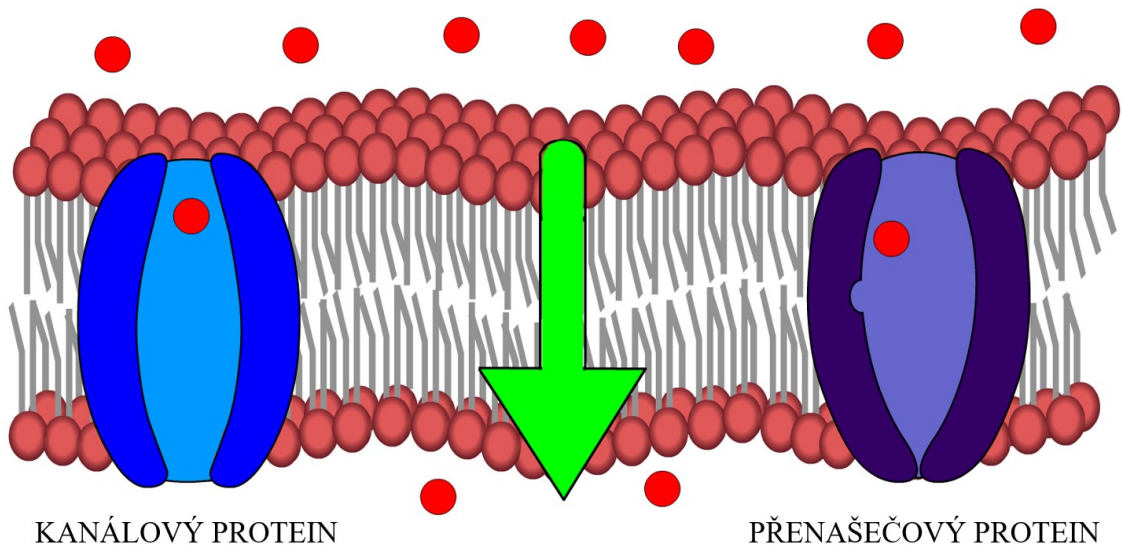
Obrázek 31 – Pasivní transport

Prostá difuze je samovolný transport látek, který je zapříčiněn snahou o vyrovnání složení soustavy mezi buňkami s buněčnou membránou a vnějším okolím. Látky se transportují po směru koncentračního gradientu. Prostá difuze je důležitá zejména při výměně plynů v organismu. Na *Obrázku 32* je znázorněné schéma daného transportu. Na jedné straně membrány je vyšší koncentrace oxidu uhličitého a nižší koncentrace kyslíku, na druhé straně membrány je tomu naopak. V tomto případě tedy budou putovat rozdílné látky opačným směrem – každá po směru svého koncentračního gradientu.



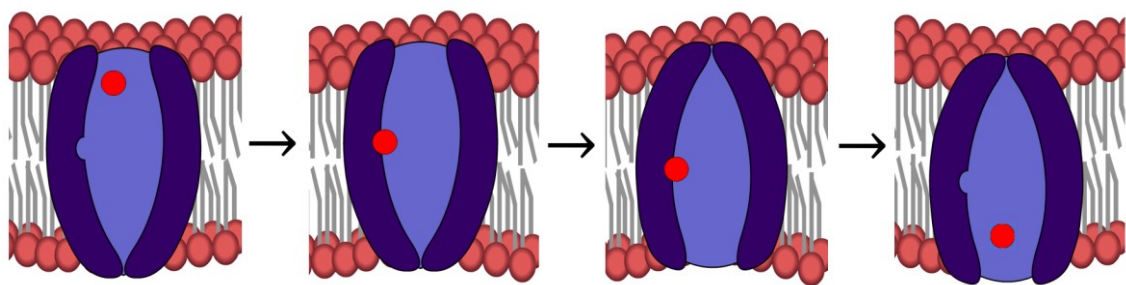
Obrázek 32 – Prostá difuze, výměna plynů

Při usnadněné difuzi látky putují přes membránu opět po svém koncentračním gradientu, ale oproti prosté difuzi neprobíhá přenos samovolně, ale látky musí využívat kanálové nebo přenašečové proteiny (viz *Obrázek 33*).



*Obrázek 33 – Usnadněná difuze, vlevo kanálový protein, vpravo přenašečový protein*

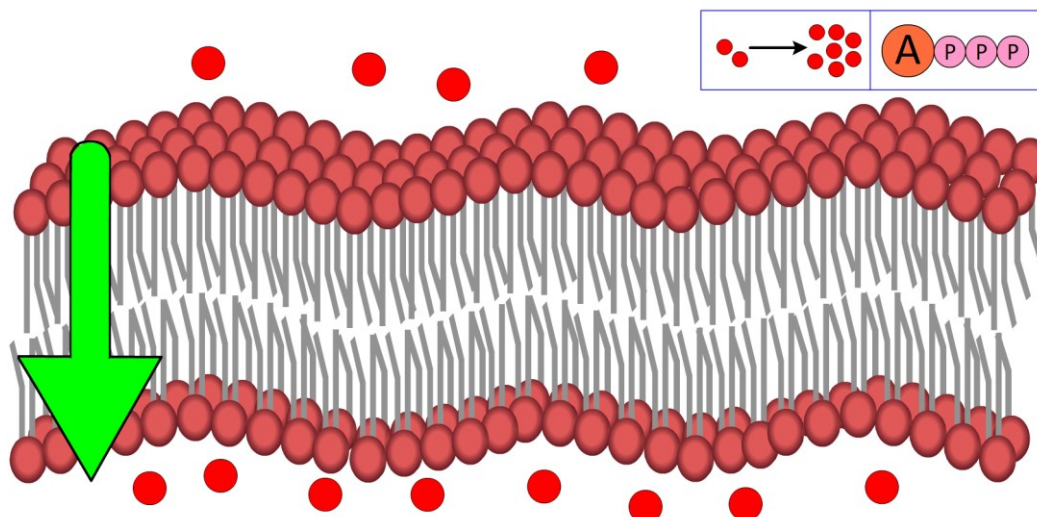
Přenašečový protein na rozdíl od kanálového změni svou konformaci po tom, co dojde k navázání přenášené látky (viz *Obrázek 34*).



*Obrázek 34 – Změna konformace přenašečového proteinu*

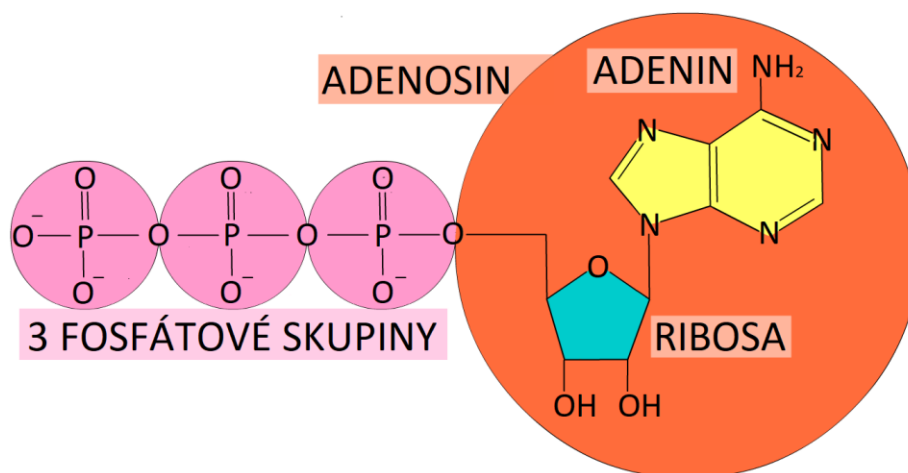
Druhým způsobem přenosu látek přes membránu je *aktivní transport*. Tento transport probíhá proti směru koncentračního gradientu (látky se transportuje z místa s nižší koncentrací do místa s vyšší koncentrací), a vyžaduje proto chemickou energii, která může být získána hydrolytickým štěpením ATP (viz *Obrázek 35*).





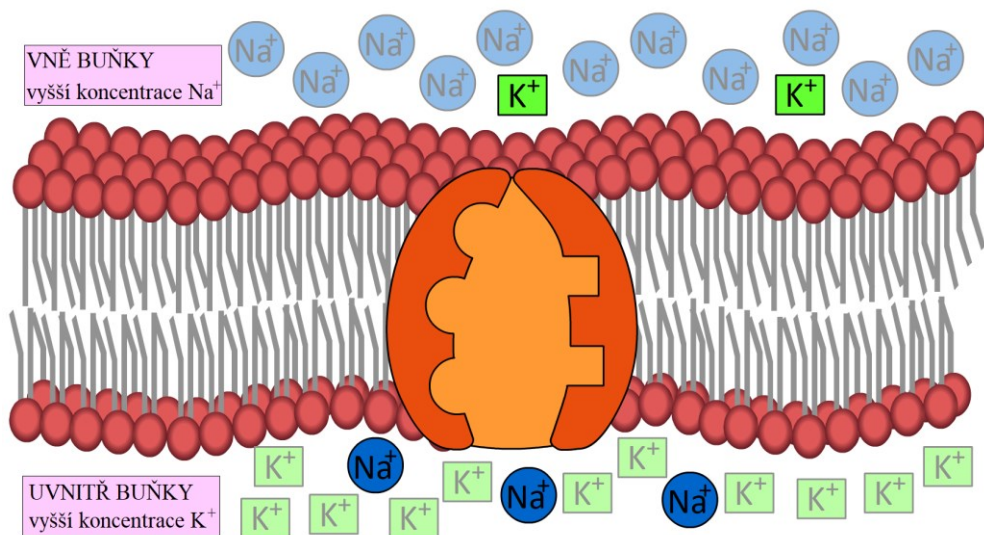
Obrázek 35 – Aktivní transport

ATP je makroergní sloučenina, která se skládá z adeninu, ribosy a 3 fosfátových skupin. Adenin a ribosa společně tvoří nukleosid zvaný adenosin. Struktura této makroergní sloučeniny je znázorněna na *Obrázku 36*.



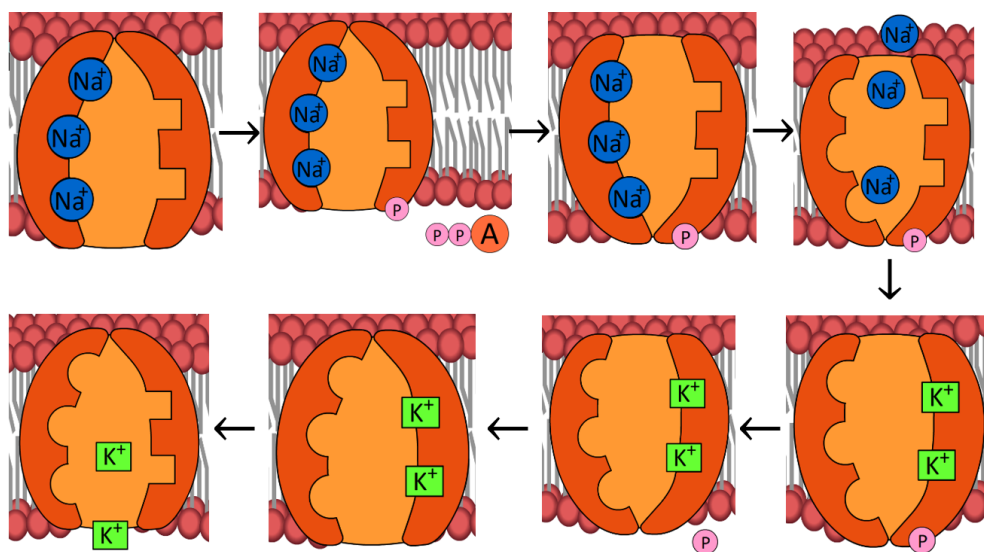
Obrázek 36 – Struktura ATP

Typickým příkladem aktivního transportu je sodno-draselná pumpa, která přenáší sodné a draselné kationty. Přenos iontů probíhá proti směru koncentračního gradientu. V intracelulárním prostoru (uvnitř buňky) je vyšší koncentrace draselných kationtů  $K^+$  a nižší koncentrace sodných kationtů  $Na^+$ . V extracelulárním prostoru (vně buňky) je tomu naopak (viz *Obrázek 37*). Sodno-draselná pumpa tedy čerpá sodné kationty z intracelulárního do extracelulárního prostoru buňky a draselné kationty opačným směrem. Při transportu se využívá chemické energie získané hydrolyzou ATP.



Obrázek 37 – Sodno-draselná pumpa a rozložení iontů vně a uvnitř buňky

Mechanismus přenosu iontů sodno-draselnou pumpou je znázorněn na *Obrázku 38*. Celý cyklus začíná navázáním tří sodných iontů, následně dochází k rozkladu ATP na ADP (adenosindifosfát) a fosfát, díky čemuž dojde k uvolnění energie. Fosfát se váže na sodno-draselnou pumpu a díky uvolněné energii dojde ke změně konformace sodno-draselné pumpy. Sodné kationty se tak uvolní do extracelulárního prostoru. Následně dochází k navázání dvou draselných kationtů a defosforylaci sodno-draselné pumpy (uvolnění fosfátu z pumpy). Díky tomu se opět změní konformace sodno-draselné pumpy a draselné kationty se tak uvolní do intracelulárního prostoru. Celý cyklus se tak vrátí na začátek.



Obrázek 38 – Mechanismus přenosu iontů sodno-draselnou pumpou

## 5 Diskuse

Jedním z předem stanovených cílů bylo provést analýzu animací volně dostupných na internetu, které se zabývají tématem lipidy. Analýza byla realizována na základě předem určených kritérií (viz kapitola 3.6). Bylo vybráno 8 kritérií, která sledují výběr informací, zda učivo odpovídá cílové skupině a jsou uplatněny mezipředmětové vztahy, jednoduchost ovládní příslušného materiálu např. pomocí ovládacích tlačítek nebo jeho interaktivitu. Podrobné závěry plynoucí z dané analýzy jsou sepsány v kapitole 4.1.4. Všechny materiály zapojené do této rešerše jsou v anglickém jazyce. Většina animací se navíc zaměřuje pouze na určitá témata dané problematiky a mezipředmětové vztahy se v nich povětšinou uplatňují jen okrajově. Interaktivita je ve všech analyzovaných animacích podpořena pomocí ovládacích tlačítek, často je možné zviditelňovat jednotlivé struktury pomocí kurzoru myši. Učební aktivity (např. otázky a úkoly) ale obsahuje pouze polovina z dostupných materiálů, ve zbylých případech uživatel ztrácí možnost zpětné vazby.

Na základě výsledků z analýzy dostupných materiálů byly vytvořeny vzdělávací materiály. Jedná se o soubor animací a studijní text. Dle výše zmiňovaných kritérií pro hodnocení výukových materiálů bude v následujícím odstavci zhodnocen i výukový program *Lipidy*.

Vytvořený výukový program předkládá informace v souvislostech, využívá dynamičnost animací k napodobení reálného chování chemických molekul (např. znázornění vibrace molekul, pohybu, tekutosti biologické membrány) a snaží se o správné zobrazení molekul (zachování barev jednotlivých atomů, rozlišení jejich velikosti, snaha o zachování prostorové struktury molekul a vazebných úhlů mezi atomy). Animace jsou doplněny o doprovodný text, který neobsahuje nadměrné množství informací, jež by uživatele mohlo rozptylovat. Úroveň informací obsažených ve výukovém programu odpovídá středoškolskému učivu. Animace jsou rozděleny do 5 tematických celků, které na sebe plynule navazují a jsou provázané i svým obsahem. Byla snaha o to, aby výukový program sloužil jako komplexní vzdělávací materiál zahrnující všechny oblasti související s danou problematikou (od struktury jednoduchých a složených lipidů až po strukturu a vlastnosti biologických membrán). Interaktivita výukového programu je podpořena několika způsoby. Každý tematický celek obsahuje učební aktivity, jedná se zejména o otázky či úkoly vztahující se k dané problematice, které zapojují uživatele do procesu učení. Ten má tak možnost se na celém procesu aktivně podílet, protože



on sám rozhoduje o volbě správných odpovědí jednotlivých otázek. Zároveň je mu tímto způsobem poskytnuta zpětná vazba, po zodpovězení dané otázky se objeví správné řešení a k němu i krátký vysvětlující komentář. Dalším interaktivním prvkem, který animace obsahují, jsou ovládací tlačítka. Každá dílčí animace obsahuje 8 tlačítek, která slouží k navigaci a ovládní programu. Zároveň jsou doprovázeny časovou osou, díky které má uživatel představu, v jaké části animace se právě nachází. Každá animace obsahuje tlačítko „domů“, které zjednodušuje celé ovládní a vrací uživatele na domovskou stránku sloužící jako rozcestník mezi tematickými celky. Soubor výukových animací byl vytvořen pro účely výuky na školách, kde je možnost promítnout jeho obsah přes dataprojektor. Byly proto zvoleny kontrastní barvy a větší velikost písma. Animace mají dynamickou povahu a jsou v nich použity různé obrázky a barvy. Materiál tedy působí zajímavě a atraktivně. Dílčí animace jsou doplněny o doprovodný text. V některých animacích se text mění současně s probíhající animací a pro někoho může být sledování obou prvků najednou složité. Vždy je ale možné využít ovládací tlačítka, animaci zastavit nebo přetočit. Vytvořený výukový program propojuje učivo chemie a biologie, které na sebe hladce navazuje, a podporuje tak mezipředmětové vztahy. Chemická složka je v animacích zastoupena především při vysvětlení a znázornění struktur jednotlivých molekul, rozlišení konfigurace *cis/trans* apod. Biologická složka je zahrnuta především v animacích zaměřujících se na učivo biologických membrán a membránového transportu.

K výukovému programu byl sepsán studijní text, který by měl sloužit primárně učitelům jako doprovodný materiál, případně žákům jako opora a zdroj doplňujících informací. Text obsahuje obrázky z animací, vzorce chemických sloučenin. Kapitoly studijního textu odpovídají kapitolám a tematickým celkům výukového programu. Většinou je shodný i obsah příslušných kapitol, některé části studijního textu jsou však doplněny o další informace a poznatky. Jedná se především o následující kapitoly: esterifikace, složené lipidy, biologické membrány, membránový transport. V animacích je reakce esterifikace znázorněna pomocí zjednodušeného schématu, který byl navržen tak, aby bylo uživateli na první pohled jasné, které výchozí látky se reakce účastní a které produkty pak vznikají. Mechanismus kyselého katalyzované esterifikace je již však uveden ve studijním textu a slouží k doplnění příslušné kapitoly. Studijní text zároveň zahrnuje kapitolu o biosyntéze triacylglycerolů v živých organismech, ke které dochází složitějším mechanismem a skládá se z několika dílčích reakcí katalyzovaných různými enzymy.

Tyto pochody jsou považovány za nadstavbové učivo, které přesahuje rámec středoškolského učiva, proto nejsou detailně v animaci popsány, avšak ve studijním textu (z důvodu doplnění informací k dané problematice) zahrnuté jsou. Co se týče tematického celku složené lipidy, studijní text obsahuje oproti animacím další struktury dusíkatých látek (konkrétně se jedná o ethanolamin a serin), které mohou být ve fosfolipidech navázány. Tematické celky biologické membrány a membránový transport jsou ve studijním textu zpracovány oproti animacím o něco podrobněji. Studijní text kupříkladu zmiňuje způsoby připojení monosacharidů či oligosacharidů na protein (přes tři možné aminokyseliny buď N-glykosidovou, nebo O-glykosidovou vazbou), dále například doplňuje informace o kyselině sialové a zároveň dodává podrobnosti týkající se přenosu iontů sodno-draselnou pumpou apod. Doplnující informace slouží k ucelené představě o dané problematice, je na uvážení učitele, zda je při výkladu použije, nebo ne.

K výukovému programu *Lipidy* byla rovněž vytvořena metodická příručka, která uživatele s daným programem seznamuje. Obsahuje stručnou charakteristiku programu, představuje obsah výukových animací a popisuje jejich spuštění a ovládání. Animace jsou rovněž doplněny o didaktické poznámky, které nabízí různé způsoby a metody práce při využití programu ve výuce. Jedná se pouze o náměty realizace výuky. Didaktické poznámky navrhují především použití molekulové stavebnice jako další učební pomůcky při výuce daného tématu. Žáci si mohou sestavit jednotlivé molekuly, díky čemuž uvidí jejich skutečnou strukturu v prostoru. Mají možnost také porovnat vyšší mastné kyseliny a popsat, v čem se molekuly liší a v čem shodují. Při práci s molekulovou stavebnicí musí žáci navíc aplikovat znalosti základů organické chemie (např. změna hybridizace uhlíků dvojně vazby). Díky tomu dojde k prohlubování poznatků daného učiva, při práci s molekulovou stavebnicí se navíc využije více smyslu a žáci se aktivně zapojí do výuky, což bude mít vyšší efekt při pochopení dané problematiky. Žáci mohou rovněž diskutovat o použití tuků ve výživě, porovnávat různé potraviny na základě tabulek výživových hodnot a komentovat výsledky.

Animace ani studijní text neslouží k nahrazení jiných učebních pomůcek (např. učebnic) nebo výkladu učitele. Jsou určeny pouze jako podklady napomáhající učitelům při vysvětlování problematiky spojené s tématem lipidy a žákům pro lepší představu jednotlivých procesů.

Z časových důvodů a kvůli vyhlášení mimořádné situace v ČR, která souvisela s respiračním onemocněním Covid-19, nebylo možné vytvořené materiály ověřit ve školní praxi.

## 6 Závěr

Před započítím sepsování předkládané diplomové práce bylo stanoveno 5 dílčích cílů. Všechny tyto cíle byly splněny.

Předkládaná diplomová práce se zabývala tématem *Lipidy* v souvislosti s výukou tohoto tématu na středních školách.

V teoretické části byla provedena rešerše českých a zahraničních materiálů, na základě kterých byly definovány a charakterizovány opěrné pojmy sloužící jako teoretická východiska: mezipředmětové vztahy, vizualizace, animace. Dále byla provedena analýza RVP G a byly vymezeny očekávané výstupy ve vztahu k tématu lipidy. V teoretické části byla stanovena kritéria pro hodnocení dostupných vzdělávacích materiálů. Kritéria byla vybrána na základě publikace M. Bílka (27) a diplomové práce D. Šarbocha (28). Poslední kapitola teoretické části je věnována charakteristice programu Adobe Animate CC, ve kterém byl vytvořen soubor výukových animací.

Praktická část je zaměřena na analýzu výukových materiálů, konkrétně animací, které jsou volně dostupné na internetu. Materiály byly hodnoceny dle kritérií, které byly stanoveny v teoretické části předkládané diplomové práce. Celkem bylo analyzováno 6 animací. Největším nedostatkem je obsah dostupných materiálů, které se nesoustředí na všechny důležité oblasti související s daným tématem. Další méně vydařenou složkou je jejich použitelnost pomocí ovládacích tlačítek. Vyvozené závěry byly aplikovány při tvorbě výukového programu.

V rámci praktické části byly vytvořeny dva vzdělávací materiály. Prvním z nich je výukový program *Lipidy* vytvořený v animačním programu Adobe Animate CC. Jedná se o soubor několika animací, které se soustředí na problematiku spojenou s tématem lipidy. Program je rozdělen na 5 tematických celků. Animace se zaměřují na esterifikaci, vyšší mastné kyseliny, složené lipidy, biologické membrány a membránový transport. Každý z tematických celků je navíc doplněn o procvičovací úlohy poskytující uživateli zpětnou vazbu. Výukový program je navržen tak, aby podporoval mezipředmětové vztahy, animace lze totiž využít jak v předmětu chemie, tak biologie. Praktická část předkládané diplomové práce obsahuje také metodickou příručku, která uživatele seznámí s výukovým programem a jeho ovládním.

Druhým vzdělávacím materiálem je studijní text jakožto doprovodný materiál k výukovému programu. Obsah tohoto textu navazuje na obsah jednotlivých animací, je doplněn o obrázky a shrnuje či prohlubuje základní poznatky.

## 7 Použité zdroje

1. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický, 2007 [cit. 2020-05-05]. ISBN 978-80-87000-11-3. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/159>
2. PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. *Pedagogický slovník*. 3. rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2001. ISBN 80-7178-579-2.
3. JANÁS, Josef. Mezipředmětové vazby v přírodovědných předmětech. In: *Sborník prací Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity v Brně. Sv.134. Řada fyzikálně-technických věd č.3/1996. Fyzika a didaktika fyziky [Sv.] 2.* : Brno, Masarykova univerzita 1996.
4. TRNA, Josef. Nastává éra mezioborových didaktik? *Pedagogická orientace*. 2005, (1), 89-97. ISSN 1211-4669.
5. JANÁS, Josef. *Mezipředmětové vztahy a jejich uplatňování ve fyzice a chemii na základní škole*. Brno: Univerzita J. E. Purkyně, 1985.
6. HEJNOVÁ, Eva. Integrovaná výuka přírodovědných předmětů na základních školách v českých zemích - minulost a současnost. *Scientia in educatione*. 2011, 2(2), 77-90. ISSN 1804-7106.
7. ŠKODA, Jiří a Pavel DOULÍK. Vývoj paradigmat přírodovědného vzdělávání. *Pedagogická orientace*. 2009, 19(3), 24-44. ISSN 1211-4669.
8. TRNA, Josef. Didaktika přírodovědy a rámcové vzdělávací programy. In *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2. Rámcové vzdělávací programy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. s. 160-166, 7 s. ISBN 80-7043-418-X.
9. PETTY, Geoffrey a Štěpán KOVAŘÍK. *Moderní vyučování*. 5. vyd. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-427-4.
10. SPOUSTA, Vladimír. Psychologické aspekty vizualizace. *Pedagogická orientace*. 2004, (4), 51-56. ISSN 1211-4669.
11. SPOUSTA, Vladimír. Vidění je vědění - ke gnozeologickým aspektům vizualizace. *Pedagogická orientace*. 2003, (3), 22-27. ISSN 1211-4669.
12. SPOUSTA, Vladimír. Proč rozvíjet vizuální gramotnost? *Pedagogická orientace*. 2001, (3), 86-93.
13. DOSTÁL, Jiří. Multimediální, hypertextové a hypermediální učební pomůcky - trend soudobého vzdělávání. *Journal of Technology and Information Education*. 2009, 1(2), 18-23.

14. KUJAL, Bohumír. *Pedagogický slovník: 2. díl*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1967.
15. DOSTÁL, Jiří. *Učební pomůcky a zásada názornosti*. Olomouc: Votobia, 2008. ISBN 978-80-7409-003-5.
16. PÝCHOVÁ, Iva. K funkci vizuálií v rozvoji osobnosti žáka. *Pedagogika*. 1990, 40(6), 669-684.
17. GARCÍA, Ramón Rubio, Javier Suárez QUIRÓS, Ramón Gallego SANTOS, Santiago Martín GONZÁLEZ a Samuel Morán FERNANZ. Interactive multimedia animation with Macromedia Flash in Descriptive Geometry teaching. *Science direct*. 2007, 49(3), 615-639.
18. POSPÍŠIL, Jaroslav a Stanislav MICHAL. *Multimediální slovník: aneb manuál milovníka multimédií*. Olomouc: Rubico, 2001. ISBN 80-7346-019-X.
19. ŠIMEK, Jiří a Martin BÍLEK. Digitální média ve výuce chemie: analýza vývoje jejich vlivu na znalosti a motivaci žáků. *Biologie, Ekologie, Chémia*. 2014, 18(4), 35-43.
20. PEKDAĞ, Bülent. Alternative Methods in Learning Chemistry: Learning with Animation, Simulation, Video and Multimedia. *Journal of Turkish Science Education*. 2010, 7(2), 111-118.
21. VERMAAT, Han, Henny KRAMERS-PALS a Patricia SCHANK. The Use of Animations in Chemical Education. In: *Proceedings of the international convention of the association for educational communications and technology*. 2003, s. 430-441.
22. HWANG, Isabel, Michael TAM, Shun Leung LAM a Paul LAM. Review of Use of Animation as a Supplementary Learning Material of Physiology Content in Four Academic Years. *Electronic Journal of e-Learning*. 2012, 10(4), 368-377.
23. BALCI, Osman, William S. GILLEY, Robin J. ADAMS, Emre TUNAR a N. Dwight BARNETTE. Animations to Assist Learning Some Key Computer Science Topics. *Journal on Educational Resources in Computing*. 2001, 1(2).
24. FALVO, David. Animations and Simulations for Teaching and Learning Molecular Chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*. 2008, 4(1), 68-77.
25. SOIKA, Katrin, Priit REISKA a Rain MIKSER. The Importance of Animation as a Visual Method in Learning Chemistry. *Estonia: Tallinn University*, 2010.

26. BURKE, K. A., Thomas. J. GREENBOWE a Mark A. WINDSCHITL. Developing and Using Conceptual Computer Animations for Chemistry Instruction. *Journal of Chemical Education*. 1998, 75(12), 1658-1661.
27. BÍLEK, Martin, et al. *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů*. Hradec Králové: Miloš Vognar, 2007. ISBN 80-86771-21-0.
28. ŠARBOCH, David. *Trávení jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů*. Praha, 2018. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
29. Adobe Systems. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. c2020 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Adobe\\_Systems&oldid=18378266](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Adobe_Systems&oldid=18378266)
30. Adobe Creative Cloud. *AMOS Software* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.amsoft.cz/adobe-creative-cloud/#cloud>
31. Adobe Animate. *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online]. c2020 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Adobe\\_Animate&oldid=954565710](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Adobe_Animate&oldid=954565710)
32. ActionScript. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. c2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Adobe\\_Animate&oldid=954565710](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Adobe_Animate&oldid=954565710)
33. KYRK, John. *Cell Biology Animation* [online]. c2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.johnkyrk.com/>
34. KYRK, John. Cell Membranes. *Cell Biology Animation* [online]. 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.johnkyrk.com/cellmembrane.html>
35. About Learning Objects. *Wisc-Online* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wisc-online.com/about-learning-objects>
36. Our Story. *Wisc-Online* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wisc-online.com/our-story>
37. LIANG, Barbara. Biomolecules - The Lipids. *Wisc-Online* [online]. 2003 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wisc-online.com/learn/natural-science/life-science/ap13204/biomolecules---the-lipids>
38. WILKOSZ, Richard. The Formation of Ester Bonds in the Synthesis of Lipids. *Wisc-Online* [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wisc->

[online.com/learn/natural-science/chemistry/bic107/the-formation-of-ester-bonds-in-the-synthesis](http://online.com/learn/natural-science/chemistry/bic107/the-formation-of-ester-bonds-in-the-synthesis)

39. BOYER, Rodney. Interactive Concepts in Biochemistry. *Wiley* [online]. John Wiley & Sons Publishers, 2002 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wiley.com/legacy/college/boyer/0470003790/index.htm>
40. BOYER, Rodney. Interactive Concepts in Biochemistry: Interactive Animations. *Wiley* [online]. John Wiley & Sons Publishers, 2002 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.wiley.com/legacy/college/boyer/0470003790/animations/animations.htm>
41. Interactive Concepts in Biochemistry: Interactive Animations. *Wiley* [online]. John Wiley & Sons Publishers, 2002 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: [https://www.wiley.com/college/boyer/0470003790/animations/membrane\\_transport/membrane\\_transport.htm](https://www.wiley.com/college/boyer/0470003790/animations/membrane_transport/membrane_transport.htm)
42. Essential Biochemistry: Membrane Transport. *Wiley* [online]. John Wiley & Sons Publishers, 2002 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: [https://www.wiley.com/college/pratt/0471393878/student/animations/membrane\\_transport/index.html](https://www.wiley.com/college/pratt/0471393878/student/animations/membrane_transport/index.html)
43. Interactive Concepts in Biochemistry: Interactive Animations. *Wiley* [online]. John Wiley & Sons Publishers, 2002 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: [https://www.wiley.com/college/boyer/0470003790/animations/fatty\\_acid\\_metabolism/fatty\\_acid\\_metabolism.htm](https://www.wiley.com/college/boyer/0470003790/animations/fatty_acid_metabolism/fatty_acid_metabolism.htm)
44. MCMURRY, John. *Organická chemie*. V Brně: VUTIUM, 2007. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-3291-8.
45. KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-2977-0.
46. ZÁVODSKÁ, Radka. *Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie*. Praha: Scientia, 2006. Biologie pro gymnázia. ISBN 80-86960-15-3.
47. KOČÁREK, Eduard. *Biologie člověka*. Praha: Scientia, 2010. Biologie pro gymnázia. ISBN 978-80-86960-47-0.
48. KOLÁŘ, Karel, Milan KODÍČEK a Jiří POSPÍŠIL. *Chemie II: (organická a biochemie) : pro gymnázia*. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2005. ISBN 80-7235-283-0.



49. MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA. *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-057-1.

#### Výukový program *Lipidy*: citace použitých obrázků

1. Mléko: Mléčné výrobky Džbán - Fotografie zdarma na Pixabay. In: Pixabay: Úžasné obrázky zdarma [online]. 2016 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/ml%C3%A9ko-ml%C3%A9%C4%8Dn%C3%A9-v%C3%BDrobky-d%C5%BEB%C3%A1n-l%C3%A1hev-1887234/>
2. Sádlo: Místní - Fotografie zdarma na Pixabay. In: Pixabay: Úžasné obrázky zdarma [online]. 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/s%C3%A1dlo-m%C3%ADstn%C3%AD-j%C3%ADdlo-3400535/>
3. Bezplatný obrázek: slanina, detaily, tuky. In: PIXNIO: Obrázky veřejné domény [online]. c2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://pixnio.com/cs/media/slanina-detaily-tuky-seznamte-se-veprove-maso>
4. Potraviny: Kokosový ořech Ovoce - Fotografie zdarma na Pixabay. In: Pixabay: Úžasné obrázky zdarma [online]. 2016 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/potraviny-kokosov%C3%BD-o%C5%99ech-ovoce-3062139/>
5. Oil palm: Fruiting *Elaeis guineensis*, Thailand. In: Flickr [online]. 2014 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/tgerus/26853793846>
6. Sunflower oil: sunflower seed oil. In: Torange: Search Free images, pictures and photos [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://torange.biz/sunflower-seed-oil-32742>
7. Colza, flor de colza, amarillo, de cerca. In: Piquesels: Impresionantes fotos libres de derechos, descarga gratuita [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.piquesels.com/es/public-domain-photo-iropt>
8. Free fotobanka: jídlo, vaření, přísada. In: PxHere: Obrázky na plochu & Fotobanka zdarma [online]. 2017 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://pxhere.com/cs/photo/853081>
9. Sliced avocado on white plate. In: Pikrepo: Royalty free photos free download [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.pikrepo.com/foemj/sliced-avocado-on-white-plate>

10. Various nuts on an old wooden background. In: Flickr: Find your inspiration [online]. 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/30478819@N08/48840575798>
11. Salmon + tuna at Maguro Bangna. In: Flickr: Find your inspiration [online]. 2017 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/vscript/37680046964>

## 8 Přílohy

Součástí diplomové práce je elektronická příloha, kterou je výukový program *Lipidy* ve formátu .fla, .html a .swf. Elektronická příloha je k dispozici na přiloženém CD-ROMu.