

Univerzita Pardubice
Fakulta filozofická
Doplňkové pedagogické studium

**Příprava kapitoly učebního textu „Základy biochemie“
pro předmět chemie na gymnáziích**

Mgr. Jiří Handl

Závěrečná práce (20. běh DPS)

2016/2018

Univerzita Pardubice
Fakulta filozofická

ZADÁNÍ

tématu závěrečné písemné práce doplňujícího pedagogického studia

Jméno a příjmení studenta: Jiří Handl

titul: Mgr. název absolvované VŠ: UNIVERZITA PARDUBICE
rok ukončení VŠ: 2016 rok zahájení DPS: 2016

Práce je svým obsahem zaměřena převážně do oblasti: **psychologie, pedagogika, obecná didaktika, oborová didaktika, metodologie, sociologie.** (podtrhni)

Téma práce: Příprava kapitoly učebního textu „Základy biochemie“ pro předmět chemie na gymnáziích.


Obsah práce:

Práce je zaměřena na přípravu kapitoly s názvem „Základy biochemie“ pro výuku předmětu chemie na čtyřletých gymnáziích. Cílem této závěrečné práce je zhotovit ucelený pracovní materiál pro výuku hodin zahrnujících základy biochemie v rámci předmětu chemie na čtyřletých gymnáziích. Jednotlivá témata dané kapitoly budou mít vymezen svůj cíl, uvedenou práci s učivem, vytyčené vědomosti a dovednosti, které budou výstupem každého tématu. Materiál bude doplněn i o klíčové kompetence, metody práce a aktivity žáků spojené s probíraným učivem. Závěrečná práce může posloužit jako podkladový materiál pro učitele chemie na čtyřletých gymnáziích v rámci výuky kapitoly „Základy biochemie“.

Základní literatura dle ISO 690:

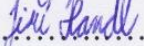
- 1) Kalhous Zdeněk; **Školní didaktika**; 2. vydání; Praha: Portál; 2009
- 2) Průcha Jan; **Moderní pedagogika**; 3. přepracované a aktualizované vydání; Praha: Portál; 2005
- 3) Klouda Pavel; **Základy biochemie**; 2. přepracované vydání, Ostrava; 2005

Termín odevzdání práce: 1. 4. 2018

Vedoucí práce PhDr. Mgr. Ilona Ďatko, Ph.D. Podpis vedoucího 

Prohlašuji, že jsem se seznámil se zásadami pro vypracování závěrečné písemné práce v rámci DPS.

v Pardubicích dne: 20. 10. 2017

Podpis studujícího: 

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 13. 4. 2018

Mgr. Jiří Handl

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval své vedoucí PhDr. Mgr. Iloně Ďatko, Ph.D. za rady při tvorbě této závěrečné práce a své rodině za podporu a trpělivost během tvorby závěrečné práce.

Abstrakt

Závěrečná práce je uceleným pracovním materiálem pro výuku kapitoly s názvem „Základy biochemie“, jež spadá do předmětu chemie na gymnáziích. Hlavní zpracovaná témata mají vymezen svůj klíčový cíl a cíle dílčí, dále uvedenu konkrétní práci s učivem a vytyčeny vědomosti a dovednosti, jež by měly být výstupem každého z témat. Mezi základní dílčí cíle je zahrnuto doplnění takto připraveného materiálu o metody práce, aktivity studentů a v neposlední řadě také klíčové kompetence spojené s probíraným učivem. Závěrečná práce je svým obsahem zaměřena tak, aby v budoucnu mohla sloužit jako podkladový materiál pro výuku chemie na čtyřletých gymnáziích, a to například v rámci výuky kapitoly „Základy biochemie“, která je nedílnou součástí výuky chemie na středních školách.

Klíčová slova

Didaktika; Učební text; Chemie pro gymnázia; Základy biochemie

Abstract

The thesis is a comprehensive educational material for teaching the chapter "Basics of Biochemistry", which belongs to the subject of chemistry at grammar schools. The main topics in this work have defined key goals, additional goals, specific work with the curriculum and the knowledge with skills which should be the outputs of each topic. The additional goals include the work methods, the students' activities and, last but not least, the competences associated with the obtained knowledge. The thesis can serve as a background material for teaching chemistry at four-year grammar schools within the education of "Basics of Biochemistry", which is an integral part of the chemistry education.

Keywords

Didactics; Education text; Chemistry for grammar schools; Basics of biochemistry

Obsah

Úvod.....	8
1 Cíle závěrečné práce	9
2 Obecná didaktika	10
2.1 Didaktické zásady	11
2.2 Vyučovací metody	12
2.3 Oborová didaktika – didaktika chemie	14
3 Účební text.....	15
3.1 Tvorba učebního textu	15
3.2 Vlastnosti učebního textu.....	16
4 Klíčové kompetence	17
5 Účební text pro kapitolu „Základy biochemie“	19
5.1 Cílová skupina studentů	19
5.2 Biochemie jako vědní disciplína	19
5.3 Základní biomolekuly	21
5.3.1 Aminokyseliny	21
5.3.2 Peptidy a bílkoviny	23
5.3.3 Sacharidy.....	25
5.3.4 Lipidy	29
5.3.5 Nukleosidy a nukleotidy	30
5.4 Vitaminy.....	32
5.5 Hormony	37
6 Shrnutí klíčových výstupů učebního textu.....	43
6.1 Shrnutí dílčích cílů kapitoly „Základy biochemie“	43
6.2 Shrnutí práce s učivem vybraných podkapitol	44
6.3 Shrnutí získaných vědomostí a dovedností studentů	47
6.4 Shrnutí metodiky práce vyučujícího	48

6.5 Shrnutí vybraných aktivit studentů	48
7 Komentář autora	50
8 Závěr	52
9 Seznam literatury	53

Úvod

Učitel by měl být pro své žáky nejen autoritou a kapacitou z pohledu vědomostí, které ve svém oboru má, ale také morálním vzorem. Aby mohl učitel před své žáky či studenty předstoupit, musí mít neotřesitelné znalosti v problematice, kterou s nimi chce probírat. To ovšem není možné splnit bez pečlivé přípravy. Je důležité do přípravy zapracovat více možností vysvětlení dané problematiky, kombinovat způsoby předávání informací a využít současných moderních možností prezentace znalostí pro jejich co nejlepší předání.

Tato závěrečná práce je uceleným pracovním materiálem pro výuku vybraných hodin chemie na čtyřletých gymnáziích. Práce je svým obsahem zaměřena na konkrétní biochemickou problematiku probíranou v rámci výuky na čtyřletých gymnáziích. Jednotlivá témata a kapitoly jsou strukturovány tak, aby splňovaly současné předpoklady pro moderní kapitolu učebního textu a mají tedy vymezen svůj základní cíl, uvedenu práci s učivem a vytyčeny vědomosti a dovednosti, jež by měly být výstupem každého tématu. Dále jsou v textu uvedeny metody práce s učivem, navrženy způsoby aktivizace a zapojení žáků a v neposlední řadě klíčové kompetence spojené s probíraným učivem. Práce tedy svým obsahem shrnuje problematiku základů biochemie a je schopna posloužit jako výchozí pracovní podklad pro vybrané hodiny chemie na čtyřletých gymnáziích.

1 Cíle závěrečné práce

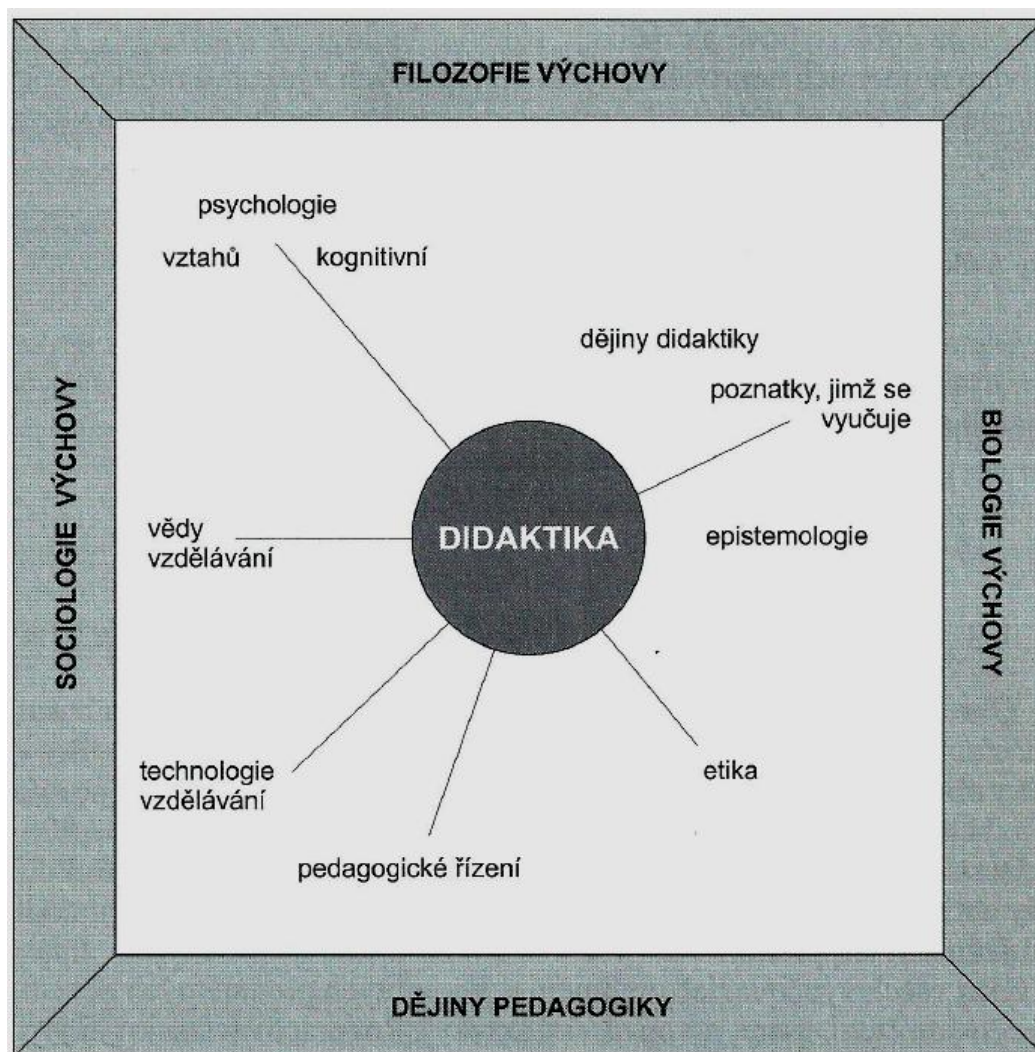
Hlavním cílem této závěrečné práce bylo zhotovit ucelený pracovní materiál pro výuku hodin zahrnujících základy biochemie, jež spadá do předmětu chemie na gymnáziích. Práce je svým obsahem zaměřena na konkrétní biochemickou problematiku probíranou v rámci výuky na čtyřletých gymnáziích. Všechna zpracovaná témata a dané kapitoly mají vymezen svůj jasný cíl, uvedenu konkrétní práci s učivem a vytyčeny vědomosti a dovednosti, jež by měly být výstupem každého tématu. Dílčím cílem bylo doplnit takto připravený materiál o metody práce, aktivity žáků a v neposlední řadě také klíčové kompetence spojené s probíraným učivem. Závěrečná práce je svým obsahem zaměřena tak, aby v budoucnu mohla sloužit jako podkladový materiál pro hodiny chemie na čtyřletých gymnáziích v rámci výuky kapitoly „Základy biochemie“, která je nedílnou součástí výuky chemie, a to nejen na gymnaziální úrovni.

2 Obecná didaktika

Definice didaktiky podléhají poměrně velkým změnám, které přináší doba a všeobecné pojetí výuky. Předmětem těchto definic je v každém z případů učitel a žák. Pojem „didaktika“ je odvozen z řeckých slov didakto (učím) a didaktikos (poučující) (Zormanová, 2014). Jednu z definic didaktiky přináší i kniha „Obecná didaktika“ od Jarmily Skalkové (Skalková, 2007). Ta definuje obecnou didaktiku jako teorii vzdělávání, která se zabývá problematikou obsahů, jež se jakožto výsledky společensko-historické zkušenosti lidstva stávají v procesu vyučování individuálním majetkem žáků. Zároveň se dle této definice obecná didaktika zabývá procesem, který charakterizuje činnosti učitele a žáků a v němž si žáci tento obsah osvojují, tedy vyučováním a učením (Skalková, 2007). Pokud se podíváme na další definice obecné didaktiky, dospějeme k závěru, že je obecná didaktika chápána jako základní pedagogická disciplína, jejímž cílem je vědecká reflexe, analýza a objasnění procesů vyučování a učení ve všech stupních a formách vzdělávání. Díky tomu pak lze říci, že didaktika velmi významně přispívá ke zlepšení kvality vzdělávání v oblastech zájmů jednotlivých předmětů (Zormanová, 2014)

Lucie Zormanová ve své knize o obecné didaktice dále definuje cíl obecné didaktiky. V teoretické rovině se dle autorky jedná o definici základních didaktických pojmů, jakou jsou „vzdělání“, „výchova“, „vyučování“, „učení“ atd., dále pak o zpracování teoretických základů vztahujících se k vyučování a učení. Na základě této definice cílů didaktiky lze následně vyvodit novou definici didaktiky: „*Didaktika je věda, která se zabývá teorií vyučování, zkoumá podmínky a faktory, které proces vyučování ovlivňují zvnějšku i zevnitř.*“ (Zormanová, 2014) Obecná didaktika je potom věda zkoumající obecné problémy výuky (Zormanová, 2014).

Celkovou pozici didaktiky jako vědy lze lépe pochopit v kontextu vnitřních vazeb a vztahů k dalším vědním polím. Didaktika využívá celé řady poznatků dílčích disciplín, jako jsou kognitivní psychologie, motivační teorie, psychoanalýza, klinická psychologie, antropologie, biologie, sociologie, epistemologie či etika. Velmi důležité jsou zejména poznatky z biologie a konkrétně její oblasti neurobiologie, kde zcela zásadní informace přináší studium stavby a funkce mozku a jeho částí. Jaké je skutečné místo didaktiky v poli jiných věd velmi pěkně znázorňuje schéma (Obr. 1) z knihy Jarmily Skalkové (Skalková, 2007), která jej převzala od autora Develay M. (Develay, 1992).



Obrázek 1: *Pozice didaktiky v rámci skupiny věd o výchově* (Převzato a upraveno z: Develay, 1992)

2.1 Didaktické zásady

Mezi základní didaktické zásady můžeme dle publikace Lucie Zormanové (Zormanová, 2014) zahrnout:

- Zásadu vědeckosti – Zcela zásadní didaktickou zásadou je respektování nových poznatků moderního výzkumu, které pravidelně vycházejí v odborných časopisech, jsou přednášeny na vědeckých konferencích kapacitami daných oborů. S tím jde však ruku v ruce fakt, že právě tyto odborné poznatky je nutné sdělit a předat srozumitelným způsobem.
- Zásadu uvědomělosti a aktivity – V ideálním případě by měl vyučovaný cítit potřebu aktivně se zapojit do výuky z vlastní iniciativy. Pro vyučujícího je velmi důležité, aby dokázal vyučovaného vhodně zvoleným způsobem motivovat a dát mu následně

prostor a příležitost aktivně se zapojit, ať už formou diskuse, rozhovoru, samostatné práce či přímo formou účasti v procesu vzdělávání (prezentace, referát).

- Zásadu spojení teorie s praxí – Právě propojení vyučované problematiky s praxí je jednou z věcí, o kterou se studenti zajímají. Vyučující by měl mít dostatek zkušenosti, aby dokázal uplatnitelnost probíraného tématu v praxi vysvětlit a obhájit, případně na ni vždy konkrétně upozornit.
- Zásadu zpětné vazby – Vyučující by měl neustále sledovat, zda vyučování postupuje ke stanovenému cíli. Vhodnými způsoby by měl kontrolovat, zda studenti probíraná témata chápou, zda jeho způsobům výkladu dostatečně rozumí a pokud nachází chyby a mezery v probraných tématech, měl by je s vyučovanými prodiskutovat a studentům je vysvětlit. Děláním chyb není ničím patologickým, jedná se o zcela přirozenou část procesu učení a právě z chyb se velice často jednotlivci poučí.
- Zásadu individuálního přístupu – Vyučující by měl ke všem žákům přistupovat tak, aby žádnému z nich nestránil, avšak zároveň by měl brát v potaz individuální stavy a rozpoložení jednotlivců. Měl by mít na mysli zdravotní stav, psychický stav, individuální potřeby, osobnost, specifika sociálního charakteru, ale třeba i kulturní kontext.
- Zásadu názornosti – K nejlepšímu a nejúčinnějšímu „vstřebání“ poskytované informace studentem dochází v okamžiku zapojení většího počtu jeho smyslů. Jako ideální se jeví, propojíme-li vnímání prostřednictvím smyslů (zrak, sluch, čich, chuť, hmat/pohyb). Vhodnou volbou metod a forem výuky dokáže vyučující proces edukace zkvalitnit, usnadnit a obohatit.
- Dále zásady emocionálnosti, trvanlivosti, přiměřenosti, soustavnosti a komplexního rozvoje žáka (Zormanová, 2014; Kalhous, 2002; Průcha, 2005; Juřeníková, 2010).

2.2 Vyučovací metody

Pojem vyučovací metoda je v didaktice definován jako způsob záměrného uspořádání činností směřujících ke stanoveným cílům, a to jak žáků, tak učitele. Právě prostřednictvím metod se uskutečňuje vazba cíle a obsahu pedagogického procesu s jeho výsledkem. Tímto výsledkem myslíme změny ve vědomostech, postojích, dovednostech a osobnostních vlastnostech žáků. Vyučovací metody jsou spjaté se specifikou vyučovacího předmětu a konkrétními didaktickými úlohami. Volba vhodné metody je jeden z reálných prostředků, které má učitel během vyučovacího procesu k dispozici. Základním faktorem, který ve volbě vhodné metody hraje klíčovou roli, je zkušenost učitele. Právě na jejím základě by měl

vyučující určit, kterou z metod v daném okamžiku, k danému tématu a k danému rozpoložení třídy zvolit. Klasifikace vyučovacích metod je stále poměrně diskutovaným tématem, které nelze označit za uzavřené (Skalková, 2007; Průcha, 2002). Návrhů klasifikace vyučovacích metod existuje celá řada. Jako příklad jedné z možností klasifikace uvádím následující rozdělení (Maňák, 1995):

A) Metody z hlediska pramene poznání a typu poznatků – aspekt didaktický

I. Metody slovní

- Monologické metody (vysvětlování, výklad, přednáška)
- Dialogické metody (rozhovor, dialog, diskuse)
- Metody písemných prací (písemná cvičení, kompozice)
- Metody práce s učebnicí, knihou a textovým materiálem

II. Metody názorně demonstrativní

- Pozorování předmětů a jevů
- Předvádění (předmětů, činností, pokusů, modelů)
- Demontrace statických obrazů
- Projekce statická a dynamická

III. Metody praktické

- Návčik pohybových a pracovních dovedností
- Laboratorní činnosti žáků
- Pracovní činnosti (v dílnách, na zahradních pozemcích)
- Grafické a výtvarné činnosti

B) Metody z hlediska aktivity a samostatnosti žáků – aspekt psychologický

- Metody sdělovací
- Metody samostatné práce žáků
- Metody badatelské, výzkumné, problémové

C) Charakteristika metod z hlediska myšlenkových operací – aspekt logický

- Postup srovnávací
- Postup induktivní
- Postup deduktivní
- Postup analyticko-syntetický

D) Varianty metod z hlediska fází výchovně vzdělávacího procesu – aspekt procesuální

- Metody motivační

- Metody expoziční
 - Metody fixační
 - Metody diagnostické
 - Metody aplikační
- E) Varianty metod z hlediska výukových forem a prostředků – aspekt organizační
- Kombinace metod s vyučovacími formami
 - Kombinace metod s vyučovacími pomůckami
- F) Aktivizující metody – aspekt interaktivní
- Diskusní metody
 - Situační metody
 - Inscenační metody
 - Didaktické hry
 - Specifické metody

2.3 Oborová didaktika – didaktika chemie

Obecnou oblastí zkoumání oborové didaktiky je společenská výchovně-vzdělávací reflexe výsledků poznání příslušného společensko-vědního, přírodovědeckého nebo technického oboru. Oborové didaktiky mají vesměs jeden společný úkol a tím je didaktická interpretace výsledků bádání a jejich didaktické přenesení do společenské reality prostřednictvím soustavného vzdělávání a výchovy. Existuje i konkrétní úkol, opět společný pro všechny typy oborových didaktik, a tím je zjišťování, se kterým výchovně vzdělávacím obsahem a s jakými prostředky výuky lze co nejefektivněji dosahovat obecně stanovených specifických výchovně vzdělávacích cílů (Čapek, 1984).

Didaktika chemie je vědním oborem, který se zabývá otázkami výchovy a vzdělávání v chemii. Hlavním předmětem jejího zájmu je výzkum jevů a zákonitostí výchovy a vzdělávání, které se realizují na věcném podkladu chemie. Didaktika chemie se konkrétně zabývá tím, které učivo a které konkrétní prostředky výuky v co největší míře přispívají k dosažení obecně stanovených, ale i specifických výchovně-vzdělávacích cílů. Velký důraz je kladen na to, aby těchto výsledků didaktiky chemie mohlo být co nejefektivněji využíváno při výuce chemie. Předkládá proto konkrétní návrhy na prostředky a obsah výuky. Od jiných vědních oborů se didaktika chemie liší svým předmětem zkoumání, specifickými cíli, konkrétními úkoly a částečně se odlišuje také i používanými metodami (Pachmann, 1981).

3 Účební text

Jedná se o studijní materiál, který je svou funkcí i stylem odvozen od odborného textu. Učební text však má svá specifika a na rozdíl od odborného textu vyžaduje například daleko větší kompoziční a stylizační zapracování vysvětlovacích funkcí. Lze říci, že učební text je jedním z druhů textu odborného. Jeho základním úkolem je sdělit poznatky vědeckého charakteru, ať už na úrovni teoretické či praktické. Učební text by měl být jasný, srozumitelný a koncipovaný tak, aby nové znalosti byly do mysli ukládány postupně a v návaznosti na znalosti předchozí. Správný učební text by měl studenta vybavit schopností komunikovat o problematice nových poznatků, rozkrývat vazby mezi jednotlivými informacemi a vědomostmi a v neposlední řadě pomáhat vytvořit ucelený pohled studenta na probírané téma (Höflerová, 2011).

3.1 Tvorba učebního textu

Ať už pro tvorbu odborného textu nebo učebního textu, vždy je velmi důležité uvědomit si, jaké jsou tři základní fáze tvůrčího procesu. Ty jsou definovány jako invence, kompozice a stylizace. V těchto fázích se neodráží skutečná obsahová stránka textu nebo jeho znaky, ale časová posloupnost činností, které by měl autor dodržet při sestavování takového typu textu (Höflerová, 2011).

Invence: Každý odborný nebo učební text vzniká z vyšší potřeby informovat o jakémsi vědeckém problému a předat tuto informaci dále. Nejprve tedy probíhá proces vědeckého myšlení, vznikají poznámky o studované literatuře, nevzniká však souvislý text. Autor budoucího textu si tvoří vlastní výtah klíčových informací, sbírá podklady. Zcela nezbytné je vést si evidenci zdrojů, přičemž je vhodné kombinovat informace z odborné literatury, tedy odborných vědeckých článků, ale také z literatury knižní.

Kompozice: Po prvotní invenční fázi přichází fáze kompoziční, kdy se autor důkladně seznámí se všemi obsahovými okruhy, jež mají tvořit budoucí text. Následně provede uspořádání a řazení témat. Vhodné zkomponování částí textu opět souvisí se skupinou, které je tento učební text určen.

Stylizace: Při stylizování textu je velice důležité mít neustále na paměti, že text by měl zejména srozumitelným způsobem informace sdělovat. Jako výhodné se jeví užívání grafických prostředků, jako je stylizace nadpisů, členění textu do přehledných kapitol a podkapitol, vhodný slohový postup a výběr slov, či členění textu do odstavců.

Pro autora učebního textu je zcela podstatné komplexně přemýšlet o výběru poznatků vzhledem k cílové skupině, které je tento text určen. Rozhodující pro to, jaký okruh vědeckého poznání bude takového textu obsahem, jsou vlastnosti cílové skupiny a způsob, jakým se učební text k cílové skupině dostane. Velké rozdíly jsou u učebních textů, které jsou předány v mluvené formě, nebo komunikovány elektronicky, či předány pouze ve formě psané. Autor učebního textu musí vědět, proč jednotlivé části textu řadí zvoleným způsobem. Soudržnost neboli koherence jednotlivých částí textu je podporována pomocí horizontálního a vertikálního členění textu, přičemž horizontální členění je realizováno prostřednictvím grafických prostředků, které záměrně části textu zdůrazňují. Vertikální členění textu je pak prováděno ve fázi stylizační a třídí informace na ty, jež je nutné v textu pouze sdělit a jež je nutné sdělit a zdůraznit. Toho lze dosáhnout vhodným opakováním a propojováním již zmíněných pojmů s pojmy novými. Jako prospěšné se zároveň ukazuje použití grafů, mapek, nákresů či schémat, která text zpestří a mohou přispět k lepšímu pochopení probíraného tématu (Höflerová, 2011; Průcha, 2003).

3.2 Vlastnosti učebního textu

Mezi základní vlastnosti učebního textu patří jeho intencionalita, koherence a koheze. Každý text vzniká jako výsledek určité nové činnosti a doprovází činnosti již probíhající. Intencionalita neboli zaměřenost textu je základní vlastností učebního textu a její naplnění určuje, zda bude mít text dostatečnou účinnost nebo se mine svým záměrem. Autor zodpovídá za zaměření svého textu určité skupině adresátů, jakým způsobem jim má text sloužit a co má tento text změnit. Soudržnost, tedy koherence textu je kompaktní díky promyšlené zaměřenosti. Jednotlivá sdělení a témata by měla být volena tak, aby na sebe vhodně navazovala a spolu souvisela. Spojitost neboli koheze textu je také velmi podstatná pro zajištění účinnosti učebního textu. Je velmi důležité vybírat přesné lexikální a vyjadřovací prostředky (Höflerová, 2011).

4 Klíčové kompetence

Jelikož je v rámci této závěrečné práce zpracován pouze malý výsek z poměrně široké problematiky chemie probírané gymnáziích, ani klíčové kompetence nebudou rozsahově nikterak obsáhlé. Navíc díky blízké návaznosti jednotlivých kapitol a témat, která jsou v této závěrečné práci zpracována, dochází ke značnému prolínání jednotlivých kompetencí. Z tohoto důvodu byly klíčové kompetence umístěny do samostatné kapitoly a jsou v nich shrnuty informace, jež lze komplexně vztáhnout k veškeré výuce zpracované v této závěrečné práci. Zároveň mají tyto kompetence i značný přesah do jiných předmětů a témat (VÚP, 2007).

Kompetence k učení: Student si organizuje a řídí vlastní učení tak, aby pro něj bylo co nejefektivnější. O problematiku se zajímá a tématům z jeho pohledu nejpoutavějším se věnuje i ve svém volném čase. Nabízené informace zpracuje, pochopí a snaží se je systematicky propojit s již nabytými znalostmi, které získal ať už v předešlých hodinách chemie, či v kterémkoli jiném předmětu s návazností na chemii. Takto získané znalosti využívá během dalšího učení či během praktických činností, se kterými se v životě setkává. Nové poznatky je schopen zařadit do souvislostí, propojit je s jinými vzdělávacími oblastmi a utvořit si komplexní pohled na problematiku. Zároveň student kriticky hodnotí získané informace, přemýšlí o nich, aktivně se zapojuje do rozpravy a utváří si vlastní názor.

Kompetence k řešení problémů: Student dokáže vnímat různé situace vznikající ve škole, ale i mimo školu, a dokáže rozpoznat problém. O tomto problému přemýšlí, řeší jeho příčiny a dokáže promyslet, jaký by byl vhodný způsob řešení tohoto problému. K jeho rozuzlení využívá vlastního úsudku a zkušeností. Chybějící potřebné informace si dokáže dohledat, případně porovnává znaky jiných situací a na základě toho objevuje různé nové varianty řešení. Případný nezdar studenta neodradí od hledání dalších lepších způsobů řešení vzniklého problému. V řešení nejrůznějších situací je student samostatný a užívá nejrůznějších logických nebo empirických postupů. Správnost svého řešení vždy ověřuje a porovnává s výsledky osvědčených postupů užitých při řešení obdobných situací. Dokáže posoudit svůj pokrok v řešení problémových situací a přemýšlí kriticky, uvážlivě a zodpovědně. Za svými rozhodnutími si stojí a je si vědom, že za ně nese plnou zodpovědnost.

Kompetence komunikativní: Student dokáže vyjádřit své myšlenky a názory v logickém sledu, a to souvisle, ať už se jedná o písemný či ústní projev. Snaží se naslouchat, zapojovat se do diskuse, navrhopvat konstruktivní připomínky a obhájit si svůj vlastní názor prostřednictvím vhodných argumentů. Dále dokáže porozumět různým typům textů, gest, obrazových materiálů

a jiných informačních prostředků, přemýšlí o nich a reaguje na ně tvořivým způsobem. Informačních a komunikačních prostředků dokáže využívat pro účinnou komunikaci s okolním prostředím. Vhodné komunikativní dovednosti využívá k vytváření vztahů ve svém okolí a díky tomu zvládá kvalitně spolupracovat nejen s lidmi podobného ražení, ale i s těmi, jejichž názory zcela nesdílí. Díky své komunikativní schopnosti se dokáže vyvarovat nepříjemných situací, které by případně vznikly v okamžicích nepřesného nebo nesprávného vyjádření.

Kompetence sociální a personální: Student dokáže spolupracovat ve skupině, podílí se na vytváření pravidel práce v týmu a důsledně tato pravidla dodržuje. Dokáže přijmout novou roli v pracovní skupině a podporovat kvalitu společné práce. Dokáže přispět do diskuse malé skupiny i do diskusí větších kolektivů, váží si zkušeností druhých, bere si z nich ponaučení a snaží se pomáhat druhým, méně zkušeným kolegům. V rámci své práce dokáže podpořit tvorbu dobrých mezilidských vztahů a přispívat k příjemné pracovní atmosféře. Vytváří si pozitivní představu o sobě samém, není však přehnaně sebevědomý. Buduje svou vlastní sebedůvěru, samostatný rozvoj a snaží se dosáhnout pocitu dobře odvedené práce.

Kompetence pracovní: Student využívá kvalitních zdrojů a materiálů jako nástrojů ve své práci. Dodržuje stanovená pravidla, plní povinnosti, akceptuje pracovní podmínky a dokáže se do zdravé míry přizpůsobit a adaptovat. K výsledkům práce přistupuje kriticky a přemýšlí nad nimi. Klade důraz na kvalitu, funkčnost, hospodárnost a společenský význam pracovních výsledků. Myslí i na ochranu svého zdraví a zdraví svého okolí, nezapomíná ani na ochranu společenských hodnot. Využívá znalostí a dovedností získaných v jednotlivých vzdělávacích oblastech a činí opodstatněná rozhodnutí, za kterými si stojí.

5 Účební text pro kapitolu „Základy biochemie“

5.1 Cílová skupina studentů

Tato závěrečná práce je uceleným pracovním materiálem pro výuku vybraných hodin chemie třetího až čtvrtého ročníku na čtyřletých gymnáziích. Práce je svým obsahem zaměřena na konkrétní biochemickou problematiku probíranou v rámci výuky na čtyřletých gymnáziích.

5.2 Biochemie jako vědní disciplína

Cíl podkapitoly: Studenti dokáží vymezit pojem biochemie a definovat živé systémy

Po prostudování této podkapitoly dokážete:

- definovat biochemii jako vědní disciplínu
- vymezit biochemické předměty zájmu
- určit strukturní uspořádání biopolymerů
- definovat základní složení živých systémů

Klíčové pojmy:

- biomolekuly; biochemie statická, biochemie dynamická, biochemie funkční

Vlastní odborný text:

Biochemie je vědní disciplína, která se nachází na pomezí biologie a chemie. Cílem jejího zaměření je studium chemických pochodů v živých organismech. Zabývá se dále studiem struktury a funkce základních stavebních jednotek živých organismů = **biomolekul**. Mezi tyto základní stavební jednotky řadíme bílkoviny, sacharidy, lipidy, nukleové kyseliny a další podobné biomolekuly. Tato vědní disciplína propojuje řadu příbuzných oborů a využívá poznatků medicíny, molekulární biologie, genetiky, ale i zemědělství, průmyslu a životního prostředí. Hlavními předměty zájmu, kterým se biochemie věnuje, jsou:

- látkové složení živých systémů – lze tento předmět zájmu také označit jako **biochemii statickou**
- vznik a další osud látek v živých systémech, tedy jejich látkovou přeměnu a metabolismus – lze tento předmět zájmu také označit jako **biochemii dynamickou**
- souvislost metabolických pochodů s fyziologickými projevy organismu – lze tento předmět zájmu také označit jako **biochemii funkční**
- způsob uspořádání molekulárních složek – vztah mezi průběhem biochemických přeměn a uspořádáním základních buněčných struktur

Živé systémy jsou složeny z následujících látek:

- **biogenní prvky** (vyskytují se v živých organismech)
- **anorganické látky** (voda, minerály, plyny)
- **organické látky** (biopolymery, proteiny, sacharidy, nukleové kyseliny)

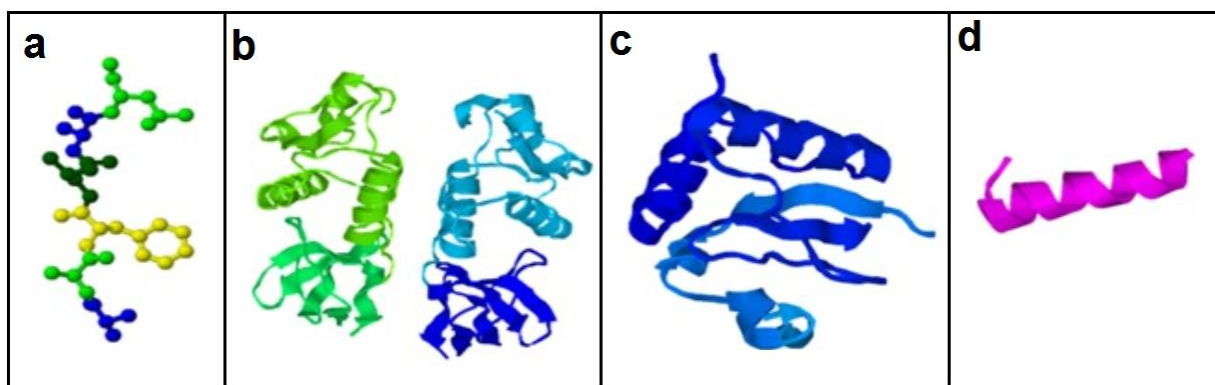
Základní strukturní uspořádání biopolymerů:

- **primární struktura** – pořadí základních stavebních jednotek v řetězci
- **sekundární struktura** – uspořádání primární struktury v prostoru
- **terciární struktura** – prostorové uspořádání sekundárních struktur
- **kvarterní struktura** – uspořádání funkčních podjednotek (hemoglobin)

Úkoly a otázky:

- Jaké jsou základní biomolekuly živých organismů?
- Zopakujte si, jaký biogenní prvek je v živých systémech zastoupen nejvíce.
- Vyhledejte s pomocí internetu, jaké biomolekuly jsou nejvíce zastoupeny v mléku, medu, mase a kukuřičných lupíncích.

Praktické cvičení: Pojmenujte jednotlivá strukturní uspořádání biopolymerů na následujícím obrázku:



a _____

b _____

c _____

d _____

Shrnutí:

- biochemie leží na pomezí biologie a chemie
- hlavními předměty zájmu jsou biochemie statická, biochemie dynamická, biochemie funkční a strukturní uspořádání biomolekul
- živé systémy jsou tvořeny biogenními prvky, anorganickými a organickými látkami
- biopolymery jsou schopny vyššího strukturního uspořádání

Doplňující odborná literatura:

- Základy biochemie (Klouda, 2005)
- Harperova biochemie (Murray, 2002)

5.3 Základní biomolekuly

Cíle podkapitoly: Studenti dovedou charakterizovat základní biomolekuly, kterými jsou aminokyseliny, peptidy, proteiny, cukry, lipidy a nukleové báze. Vymezí funkce, strukturu, klasifikaci, vlastnosti a biochemické charakteristiky jednotlivých biomolekul. Znají nejvýznamnější zástupce jednotlivých skupin biomolekul. Dokáží propojit základní informace této podkapitoly s praxí.

Po prostudování této podkapitoly dokážete:

- definovat složení peptidů a proteinů
- charakterizovat základní chemické vlastnosti aminokyselin
- rozdělit aminokyseliny dle struktury jejich postranního řetězce
- rozpoznat aminokyseliny podle jejich struktury a tyto struktury zakreslit
- charakterizovat nejdůležitější funkce proteinů a jejich strukturní vlastnosti
- klasifikovat sacharidy do skupin dle jejich strukturního složení
- vymežit funkce vybraných nejvýznamnějších sacharidů
- kategorizovat skupinu lipidů a jednotlivé skupiny obecně charakterizovat
- vysvětlit význam nukleových bází a jejich vztah k DNA a RNA

Klíčové pojmy:

- esenciální aminokyselina, kódované aminokyseliny, peptidová vazba, oligopeptid, polypeptid, α -helix, β -hřeben, albuminy, globuliny, protomery, monosacharid, chirální centrum, oligosacharid, fosfolipidy, glykolipidy, lipoproteiny, triacylglyceroly, nukleová báze, adenin, guanin, cytosin, uracil, thymin, DNA, RNA

Vlastní odborný text:

5.3.1 Aminokyseliny

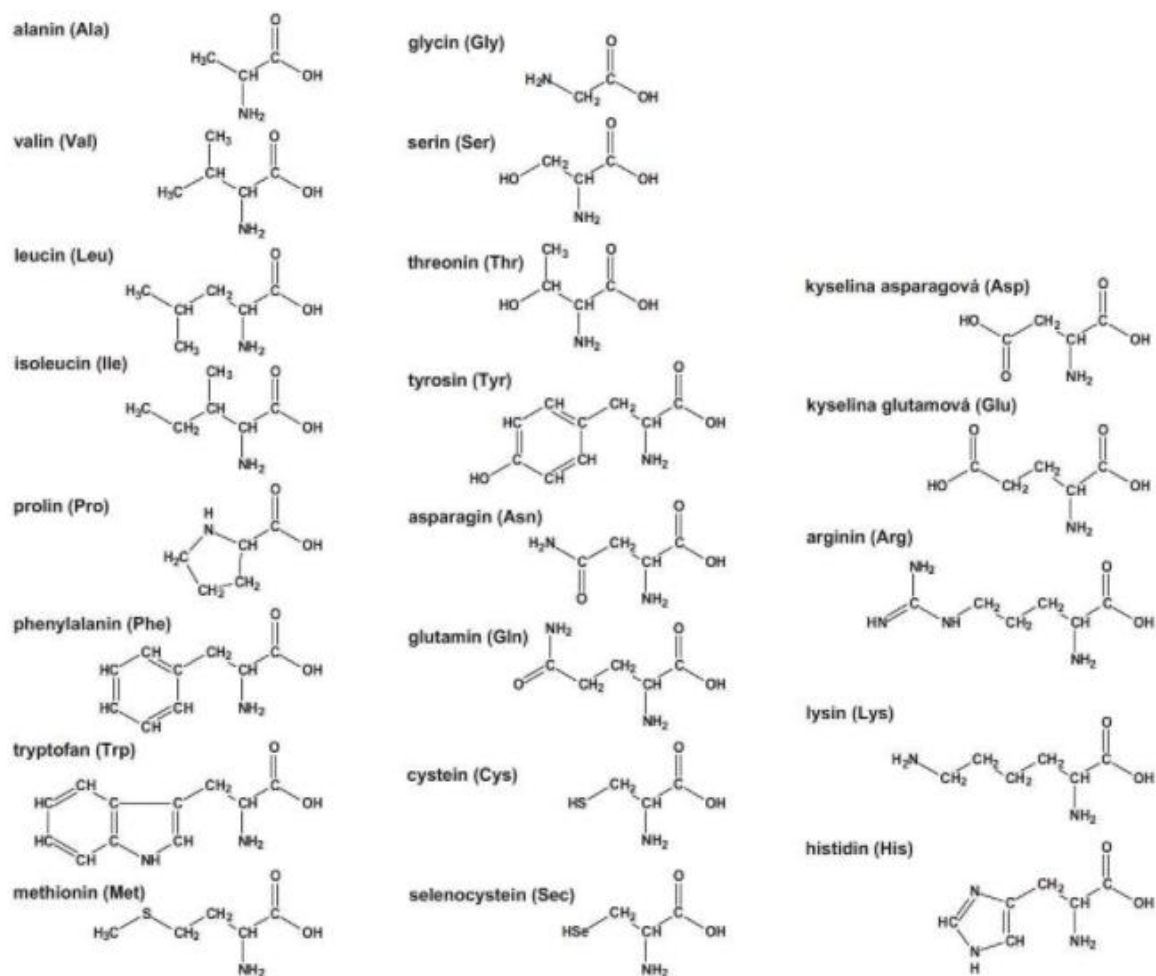
Za aminokyseliny lze z chemického hlediska považovat jakékoliv molekuly, které obsahují karboxylovou skupinu a aminoskupinu. V biochemii jsou však předmětem zájmu pouze **α -aminokyseliny**. Ty jsou **základními stavebními jednotkami peptidů a proteinů**. **Dvacet α -aminokyselin** vyskytujících se ve všech bílkovinách je označováno jako **kódované aminokyseliny** (Obr. 2). Význam aminokyselin je díky jejich seskupování v peptidy a proteiny zejména strukturní a regulační. Slouží také jako zdroj uhlíkových řetězců k syntéze porfyrinů,

purinů a pyrimidinů. Deriváty aminokyselin mohou sloužit jako neurotransmitery. Nadbytečné aminokyseliny nejsou v organismu skladovány, ale jsou z organismu odstraněny. Podle toho, jakým produktům rozkladu dávají vzniknout, je dělíme na **glukogenní**, nebo **ketogenní**. Aminokyseliny jsou v lidském organismu buď syntetizovány *de novo*, nebo jsou **přijímány jako součást potravy**. Ty aminokyseliny, které si člověk sám nedokáže vyrobit, jsou označovány jako **esenciální**.

Velice důležitou strukturální částí aminokyselin je karboxylová skupina **-COOH** a aminoskupina **-NH₂**. Obě tyto skupiny jsou zodpovědné za amfoterní charakter aminokyselin. Aminokyseliny se totiž chovají jako **amfoterní ionty** a mohou díky své struktuře odštěpit nebo přijmout H⁺. O aminokyselinách dále lze říci, že jsou velmi snadno rozpustné v polárních rozpouštědlech, jakými jsou například voda nebo ethanol. V nepolárních rozpouštědlech jsou naopak nerozpustné. Z pohledu reaktivity se jedná o poměrně reaktivní látky. Mohou vytvářet soli. Díky své struktuře a svým funkčním skupinám se mohou účastnit nebo na nich může probíhat řada chemických dějů a reakcí, jako je například esterifikace, amidace, acetylace, dekarboxylace a deaminace.

O vlastnostech jednotlivých aminokyselin rozhoduje struktura jejich postranního řetězce. Ten má u jednotlivých aminokyselin různou velikost, polaritu či acidobazicitu. Aminokyseliny lze dělit z hlediska polarity na:

- **zcela nepolární** (alanin, valin, leucin, isoleucin, methionin, prolin, phenylalanin, tryptofan)
- **polární postranní řetězec v neutrálním prostředí bez elektrického náboje** (serin, threonin, cystein, tyrosin, asparagin, glutamin)
- **polární postranní řetězec s trvalým nábojem** (kyselina asparagová, kyselina glutamová, histidin, lysin, arginin)



Obrázek 2: Přehled základních aminokyselin (Teplá, Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/>)

5.3.2 Peptidy a bílkoviny

Peptidy patří mezi biomolekuly tvořené 2-100 aminokyselin, které jsou mezi sebou propojeny **peptidovými vazbami**. Na základě počtu aminokyselin můžeme peptidy dělit ještě na **oligopeptidy**, které jsou tvořeny 2-10 aminokyselinami, a **polypeptidy**, jež jsou tvořeny 10-100 aminokyselinami. Pokud je v řetězci aminokyselin více než 100, jedná se již o **proteiny** (bílkoviny). Spojení aminokyselin v peptidovém řetězci je zajištěno reakcí karboxylové skupiny jedné aminokyseliny s aminovou skupinou druhé aminokyseliny. Tento chemický děj lze označit jako kondenzaci, při které dochází k odštěpení vody a vzniká již zmíněná peptidová vazba. Peptidy mají v lidském organismu celou řadu nezastupitelných funkcí. Účastní se celé řady dějů jako hormony, neuromodulátory nebo také jako antibiotika. Mezi nejvýznamnější z peptidů řadíme glutathion, glukagon, insulin, parathormon, gastrin či vasopresin.

Proteiny (bílkoviny) pak tvoří 50-80 % suché hmoty organismu. Lze je dělit hned z několika hledisek:

- dle složení
 - jednoduché
 - složené
- dle tvaru molekuly
 - vláknité (fibrilární)
 - kulovité (globulární)
- dle rozpustnosti
 - albuminy
 - globuliny

Proteiny fungují v lidském organismu jako:

- **enzymy** = katalyzátory chemických reakcí
- **membránové kanály a přenašeče** – transportní funkce
 - membránové bílkoviny schopné přenášet molekuly nebo ionty
- **bílkoviny transportní a skladovací** – hemoglobin, myoglobin
- **bílkovinné hormony a jiné regulační molekuly** – cytokiny
- **bílkoviny obranného a ochranného systému** – imunoglobuliny (protilátky), fibrinogen – součást koagulační kaskády
- **receptory** – vážou signální molekuly (např. hormony)
- **strukturní proteiny cytoskeletu, svalů a mezibuněčné hmoty** – aktin, myosin, kolagen

U proteinů nacházíme čtyři úrovně jejich strukturní stavby:

- primární struktura
- sekundární struktura
- terciální struktura
- kvarterní struktura

Primární struktura je dána pořadím aminokyselin v bílkovinném řetězci, které závisí na genetických aspektech. Pro každou bílkovinu je primární struktura charakteristická.

Sekundární struktura vyjadřuje prostorové uspořádání v určitém místě hlavního (nikoliv postranního) polypeptidového řetězce. V jejím uspořádání se uplatňují vodíkové můstky. Lze vyčlenit dva nejvýznamnější typy sekundárních struktur, kterými jsou **α -helix** a **β -hřeben (skládáný list)**. α -helix je pravotočivá šroubovice, ve které postranní řetězce aminokyselin

směřují směrem ven. Tato struktura určuje chemické vlastnosti bílkoviny a je dána geneticky. Druhá zmíněná struktura β -hřeben je na rozdíl od α -helixu méně kompaktní a protaženější do všech stran. Skládá se z několika aminokyselinových řetězců uspořádaných vzájemně rovnoběžně a spojených H-vazbami.

Terciální struktura je uspořádáním celého bílkovinného řetězce v prostoru a je vlastně jakousi kombinací sekundárních struktur. V jejím uspořádání se uplatňují jak vazby vodíkové, tak disulfidové, elektrostatické, van der Waalsovy, ale i hydrofobní interakce. Terciální struktury lze dělit na **fibrilární (vláknitou)** a **globulární (kulovitou)**. Fibrilární struktura je tvořena protáhlými molekulami, naopak globulární má spíše sféroidní tvar. Typickým příkladem fibrilárních struktur jsou kolagen, elastin či keratin. Do skupiny globulárních bílkovin lze zařadit albumin nebo globuliny.

Kvartérní struktura je tvořena podjednotkami označovanými jako **protomery** a není ji možné nalézt u všech bílkovin. Protomery jsou většinou uspořádány symetricky. Typickým příkladem proteinu s kvartérním uspořádáním struktury je hemoglobin.

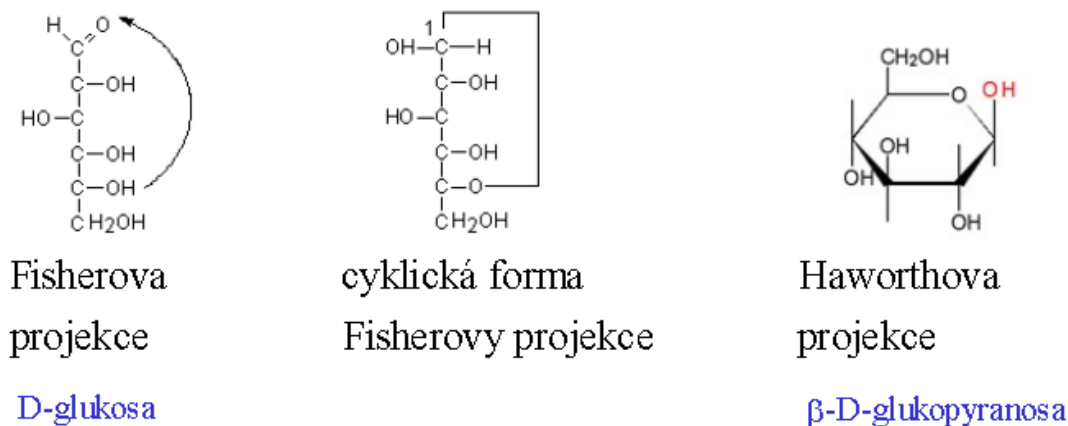
5.3.3 Sacharidy

Sacharidy patří mezi látky přírodního charakteru, jež jsou v přírodě velice rozšířené a zároveň tvoří nedílnou součást lidské potravy. Právě sacharidy tvoří zhruba 60 % denní potravy člověka. Přítomny jsou ve všech živých organismech a díky tomu patří mezi nejrozsaáhlejší třídu biologicky aktivních molekul. Z chemického hlediska se jedná o polyhydroxysloučeniny obsahující **karbonylovou skupinu**. Skládají se z jedné nebo více stavebních jednotek označovaných jako **monosacharidy**. Základními stavebními kameny jednotlivých monosacharidových jednotek jsou atomy uhlíku, kyslíku a vodíku. Pro jednoduché sacharidy je běžně užívané označení cukry.

Sacharidy jsou pro člověka základním zdrojem energie a mimo jiné zároveň slouží jako zdroj uhlíku pro biosyntézy. Mezi další základní funkce sacharidů patří funkce strukturní, neboť jsou součástí biologických membrán a pojivových tkání. Dále funkce zásobní, kdy jsou u rostlin uchovávány v podobě škrobu a u člověka zejména v játrech v podobě glykogenu. Mimo to se také sacharidy podílejí na struktuře nukleových kyselin. V nich jsou zastoupeny ribózou a deoxyribózou.

Jak již bylo zmíněno, sacharidy obecně patří mezi biologicky aktivní látky, zároveň je lze zařadit i mezi **látky opticky aktivní**. Základem optické aktivity je to, že v molekule musí být přítomno **chirální centrum**, jež jí dává schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla. Tímto chirálním centrem je uhlík, na němž jsou navázány čtyři rozdílné substituenty. Sacharidy

mohou mít i větší počet těchto chirálních center a dle konfigurace hydroxylové skupiny na posledním chirálním centru je označujeme jako D- a L-izomery, přičemž platí, že D-izomery mají na posledním chirálním centru hydroxylovou skupinu směřující vpravo a L-izomery naopak vlevo. Zápis konfigurace sacharidů lze provádět prostřednictvím tří základních projekcí, jimiž jsou projekce **Fisherova**, **Tollensova** a **Haworthova**. Nejpoužívanějšími z nich jsou projekce Fischerova a cyklická projekce Haworthova (Obr. 3).

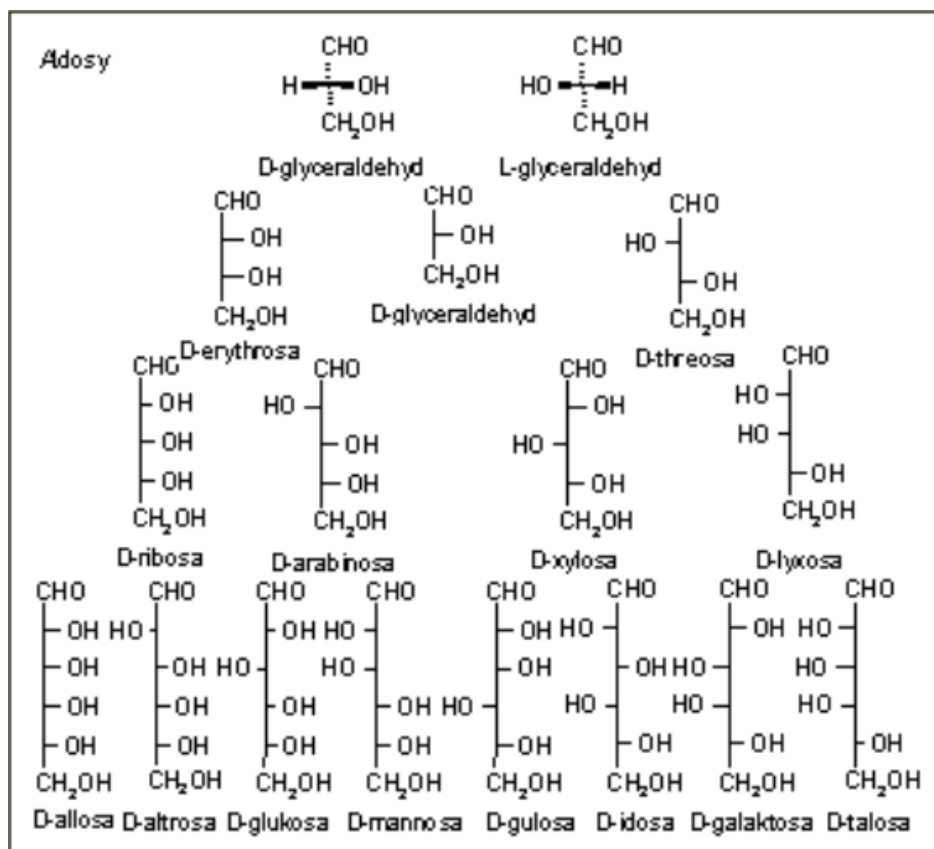


Obrázek 3: Zápis konfigurace sacharidů (BIOCHEMICKÝ ÚSTAV MU,
Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5631138/release/woothee>)

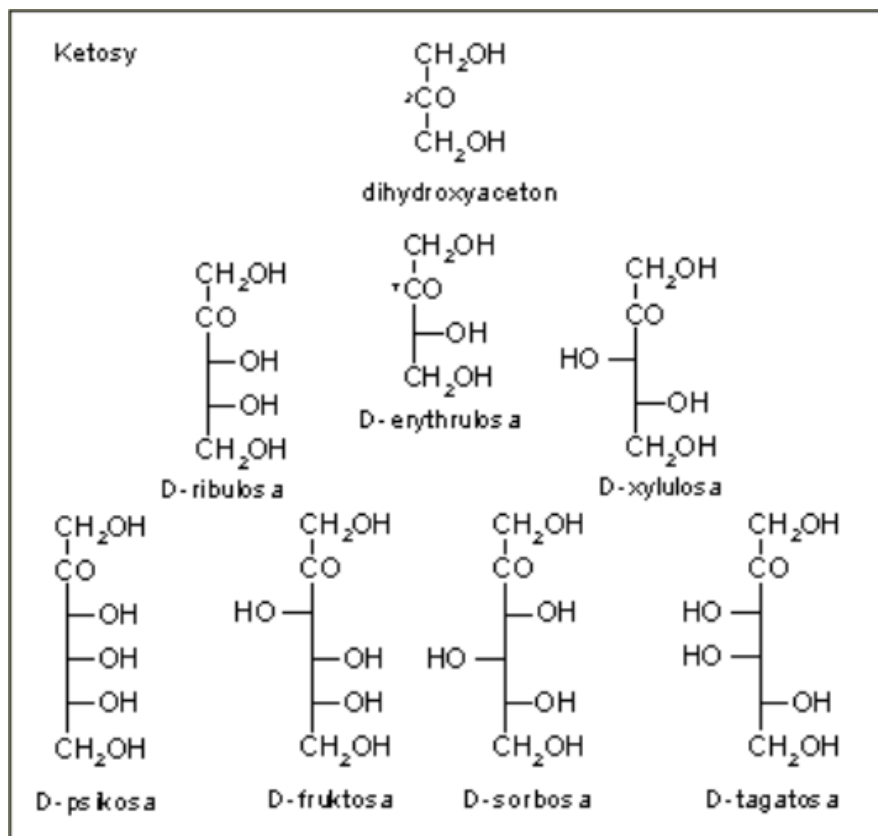
Sacharidy lze dělit hned z několika hledisek:

- podle počtu uhlíků: triózy, tetrózy, pentózy, hexózy...
- podle funkční skupiny: aldózy, ketózy
- podle počtu vázaných cukerných jednotek v molekule:
 - monosacharidy
 - oligosacharidy
 - polysacharidy → **jednoduché** (hologlykosidy) / **složené** (heteroglykosidy) – obsahují navíc protein nebo lipid

Monosacharidy obsahují ve své struktuře 3-7 atomů uhlíku. V organismech se vyskytují volně nebo v podobě stavebních jednotek složitějších oligosacharidů či polysacharidů. Dle funkční skupiny lze monosacharidy dělit na aldózy a ketózy (Obr. 4 a 5).



Obrázek 4: Aldosy (Kysilka, Dostupné z: <http://www.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-sach-mono.html>)



Obrázek 5: Ketosy (Kysilka, Dostupné z: <http://www.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-sach-mono.html>)

Vybrané monosacharidy:

Glukosa: Jedná se o bílou krystalickou látku sladké chuti, která je ve vodě rozpustná. Patří do skupiny dextróz a u člověka je syntetizována procesem glukoneogeneze. U rostlin pak vzniká během fotosyntézy. Vyskytuje se v ovoci, medu rostlinných šťávách, ale také v krvi a lymfě. Je základní stavební složkou oligosacharidů a polysacharidů.

Fruktosa: Jedná se o nejsladší přírodní cukr, který je označován také jako ovocný cukr. Vyskytuje se v různých rostlinných šťávách a medu. Používá se v potravinářském průmyslu jako substituent cukru nebo alternativa k umělým sladidlům.

Galaktosa: Společně s glukosou tvoří disacharid laktosu. Bývá součástí rostlinných polysacharidů.

Vybrané oligosacharidy:

Sacharosa: Je důležitým metabolickým produktem všech zelených rostlin. Živočichové ji nesyntetizují. Jedná se o rafinovaný cukr vyrobený z cukrové řepy nebo třtiny. Využívá se zejména v potravinářském průmyslu, farmacii či medicíně.

Laktosa: Je obsažena v mléce savců. Zpracovat ji dokáží pouze některé mikroorganismy. Využívána je zejména ve farmacii a v mikrobiologii, kde se využívá pro přípravu živných médií.

Maltosa: Jedná se o sladový cukr, který se získává částečnou hydrolyzou škrobů. Využívá se v potravinářském průmyslu.

Vybrané polysacharidy:

Celulosa: Je stavebním polysacharidem vyšších rostlin a podílí se na stavbě jejich buněčné stěny. Strukturně se jedná o lineárně kondenzovaný polymer glukosy a v přírodě je hojně rozšířena. Ve vodě je nerozpustná a pro člověka nestravitelná. Využívá se jako ob vazový materiál.

Škrob: Jedná se o zásobní polysacharid rostlin, který se skládá z amylosy a amylopektinu. Strukturně je to vysokomolekulární polymer D-glukosy, přičemž tato glukosová jednotka se opakuje 1000krát až 10000krát. Nejznámějšími škroby jsou bramborový, kukuřičný, pšeničný nebo rýžový. Při degradaci z něj vznikají rozpustné sacharidy. Využívá se zejména v potravinářském a farmaceutickém průmyslu.

Glykogen: Je zásobním polysacharidem člověka. Obecně je označován jako živočišný škrob. Jedná se o vysoce větvený polymer glukosy. Ukládá se v játrech a ve svalech. Jeho syntéza a odbourávání jsou řízeny hormonálně.

5.3.4 Lipidy

Lipidy patří mezi látky živočišného i rostlinného původu. Vyskytují se prakticky ve všech buňkách. Tato poměrně rozmanitá skupina látek zahrnuje tuky, oleje, některé hormony a vitamíny a také většinu nebílkovinných složek membrán. Všechny tyto látky sice patří do kategorie lipidů, jsou však funkčně i chemicky navzájem velice odlišné. Jedná se ve své podstatě o **estery vyšších karboxylových kyselin a jednosytných nebo trojsytných alkoholů**. Lipidy patří mezi energeticky velmi bohaté látky, které však nespádají do skupiny biopolymerů. Lipidy lze dělit do dvou základních skupin:

- jednoduché lipidy:
 - acylglyceroly (dělí se na tuky a oleje)
 - vosky
 - isoprenoidy (terpeny, karotenoidy, steroidy)
- složené lipidy:
 - fosfolipidy
 - glykolipidy
 - lipoproteiny

Acylglyceroly: Jedná se o estery glycerolu a vyšších mastných kyselin. Acylglyceroly jsou nejpočetnější skupinou lipidů. Nejvýznamnější skupinou acylglycerolů jsou **triacylglyceroly** označované také zkratkou **TAG**. Dalšími skupinami spadajícími do acylglycerolů jsou monoacylglyceroly a diacylglyceroly, které jsou dílčími meziprodukty metabolismu TAG. V rámci skupiny acylglycerolů rozeznáváme dvě hlavní kategorie a těmi jsou tuky a oleje. V pevných tucích převažují nasycené mastné kyseliny, tedy ty, které neobsahují žádnou dvojnou vazbu. V olejích pak převažují nenasycené mastné kyseliny, které mohou obsahovat jednu nebo i více dvojných vazeb. Mastné kyseliny řadíme do skupiny karboxylových kyselin s dlouhými uhlíkatými řetězci. V přírodě se vyskytují volně jen vzácně, většinou je nacházíme vázané na alkohol glycerol. Triacylglyceroly jsou obsaženy v buňkách tukové tkáně u živočichů a fungují zde jako významná zásobárna energie. Jejich odbourávání je řízeno hormonálně. Rostliny uchovávají TAG ve formě rostlinných olejů v semenech, kde slouží opět jako zásoba energie.

Vosky: Jsou to estery vyšších mastných kyselin a vyšších jednosytných alkoholů. Mohou být jak rostlinného, tak živočišného původu (včelí, čínský, lanolin). U rostlinných vosků převládá účast alkoholů obsahujících více než 20 uhlíků, u živočišných naopak alkoholů obsahujících méně než 20 uhlíků. Mezi základní fyzikální vlastnosti vosků patří jejich tuhost, dále jsou

nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v nepolárních rozpouštědlech. Jejich funkcí je zejména ochrana před průnikem patogenů a u rostlin před vysycháním. Využívají se zejména v kosmetice, farmacii, lékařství a dále jako svíčky a leštidla.

Isoprenoidy: Tato skupina zahrnuje spektrum poměrně rozmanitých látek, jako jsou jednotlivé skupiny terpenů (monoterpeny, seskviterpeny, tetraterpeny), dále steroidy, z nichž má největší význam cholesterol, a steroidní hormony. Skupina steroidních hormonů zahrnuje estradiol, estriol, estron, progesteron a také testosteron.

Fosfolipidy: Ty již řadíme do skupiny složených lipidů, neboť se skládají z glycerolu, mastné kyseliny a zbytku kyseliny trihydrogenfosforečné. Fosfolipidy jsou tedy složeny z části hydrofilní (fosfátová hlava) a části hydrofobní (řetězce mastných kyselin) a jsou nepostradatelnou složkou biologických membrán. Nachází se ve všech buňkách. Do skupiny fosfolipidů lze zahrnout fosfatidylcholin (lecitin), fosfatidylinositol, fosfatidylserin, sfingosin či sfingomyeliny.

Glykolipidy: Jedná se o polární lipidy, které obsahují kovalentně vázané sacharidy, právě cukerná složka dává těmto látkám polaritu. Funkcí glykolipidů je zejména účast na buněčném rozpoznávání (buněčné receptory).

Lipoproteiny: Jedná se o makromolekuly, protože vedle lipidové složky obsahují také protein. Jejich nejvýznamnější funkcí je transport ve vodě nerozpustných lipidů vodním prostředím krve.

5.3.5 Nukleosidy a nukleotidy

Nukleosidy jsou glykosidy složené z **nukleové báze** (Obr. 6) a **sacharidu**. Fosforečné estery nukleosidů se nazývají nukleotidy. Právě nukleotidy jsou v těle zcela nezastupitelné, jedná se totiž o monomerní jednotky nukleových kyselin. Nukleové kyseliny pak nacházíme ve všech živých buňkách i virech. Jsou lokalizovány v jádře i mimo něj. Nejběžnějšími nukleovými kyselinami jsou **DNA** a **RNA**. V podobě těchto nukleových kyselin je v buňkách uchovávána genetická informace.

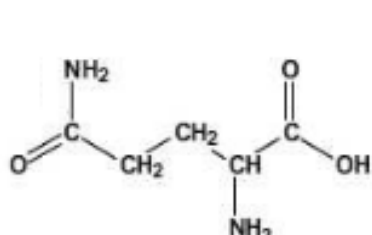


Obrázek 6: Nukleové báze (Teplá, Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/>)

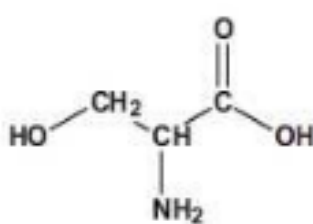
Úkoly a otázky:

- Kolik α -aminokyselin dává vzniknout všem bílkovinám a jak se označují?
- Jak se nazývají aminokyseliny, které si člověk nedokáže sám vyrobit?
- Chemickým vzorcem zakreslete strukturu karboxylové skupiny a aminoskupiny.
- Z jakých hledisek lze dělit peptidy?
- Vyhledejte s pomocí internetu, jaké potraviny obsahují nejvyšší obsah cukru.
- Na základě obrázku 3 se pokuste zakreslit cyklickou formu ribosy.
- Zhodnoťte význam polysacharidů pro člověka.
- Charakterizujte strukturní složení lipidů.
- Připomeňte si, z čeho se skládají triacylglyceroly.
- Co jsou to vosky a kde se s nimi v přírodě můžeme setkat?
- V odborné literatuře vyhledejte, v čem se liší DNA a RNA a jaká je jejich funkce.

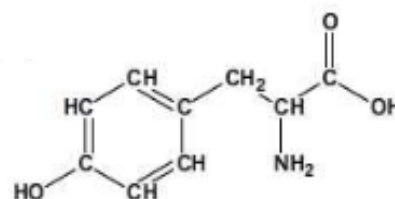
Praktická cvičení: 1) Na základě struktury aminokyseliny určete její název.



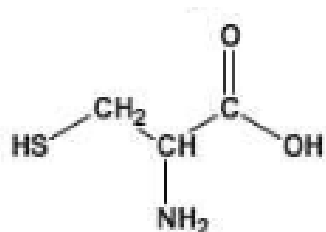
a) _____



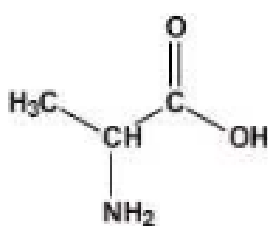
b) _____



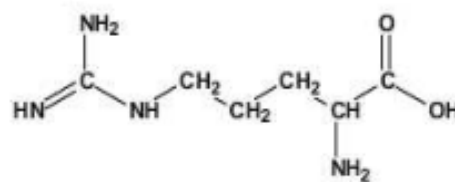
c) _____



d) _____



e) _____



f) _____

2) Zakreslete chemické struktury dvou aminokyselin obsahujících síru (A, B), dvou aminokyselin obsahujících dvě skupiny -COOH (C, D) a tyto aminokyseliny pojmenujte:

A)_____

C)_____

B)_____

D)_____

3) Rozhodněte, do jaké skupiny sacharidů patří následující zástupci, a spojte je s touto skupinou (monosacharidy, oligosacharidy, polysacharidy):

Maltosa

Glukosa

Glykogen

Laktosa

Fruktosa

Sacharosa

Celulosa

Galaktosa

monosacharidy

oligosacharidy

polysacharidy

Shrnutí:

- aminokyseliny jsou základními stavebními jednotkami peptidů a proteinů
- aminokyseliny vyskytující se ve všech bílkovinách označujeme jako kódované
- aminokyseliny lze dělit z hlediska jejich polarity
- spojením aminokyselinových podjednotek vznikají polypeptidové řetězce
- základními sekundárními strukturami proteinů jsou α -helix a β -hřeben (skládáný list)
- proteiny lze dělit z hlediska jejich struktury na fibrilární a globulární
- sacharidy jsou složeny z podjednotek označovaných, jako monosacharidy
- četnost monosacharidových jednotek dává vzniknout oligosacharidům a polysacharidům
- sacharidy jsou opticky aktivními látkami, obsahují chirální centrum

- konfiguraci sacharidů lze vyjádřit prostřednictvím Fisherovy, Tollensovy a Haworthovy projekce
- lipidy nepatří mezi biopolymery, jedná se o estery vyšších karboxylových kyselin jednosytných nebo trojsytných alkoholů
- lipidy dělíme na jednoduché (acylglyceroly, vosky, isoprenoidy) a složené (fosfolipidy, glykolipidy, lipoproteiny)
- nukleotidy jsou základními stavebními jednotkami nukleových kyselin

Doplňující odborná literatura:

- Základy biochemie (Klouda, 2005)
- Základy buněčné biologie (Alberts, 1998)
- Harperova ilustrovaná biochemie (Murray, 2013)
- Harperova biochemie (Murray, 2002)
- Barevný atlas biochemie (Koolman, 2012)

5.4 Vitaminy

Cíl podkapitoly: Studenti charakterizují vitaminy z pohledu jejich chemické struktury, základních funkcí v organismu a zejména pak z pohledu jejich praktického významu pro zdraví člověka.

Po prostudování této podkapitoly dokážete:

- vymezit skupinu látek označovaných jako vitaminy
- u vybraných nejvýznamnějších vitaminů určit jejich funkci a zdroj v potravě
- rozdělit vitaminy na rozpustné ve vodě a v tucích
- charakterizovat stavy spojené s nedostatkem a nadbytkem vitaminů

Klíčové pojmy:

- provitamin, kofaktor, antioxidant, hypervitaminóza, hypovitaminóza, avitaminóza, thiamin, riboflavin, niacin, pelagra, kobalamin, kurděje, retinol, kalciferol, tokoferol

Vlastní odborný text:

Vitaminy patří mezi organické látky přítomné v malých množstvích ve vybraných potravinách. Lze je zahrnout mezi esenciální složky potravy, což znamená, že jsou nezbytné pro růst a zachování životních funkcí. Většina z nich nemůže být přímo syntetizována v těle, a proto je člověk odkázán na jejich příjem v potravě. Některé vitaminy lze syntetizovat z **provitaminů**. Příkladem mohou být vitaminy A a D. Jiné lze částečně v těle syntetizovat (vitamin K ve střevech, vitamin D v kůži). Základní funkcí vitaminů je jejich účast při

katalytických dějích, kdy fungují jako **kofaktory enzymů**. Mohou se však také podílet na metabolismu bílkovin, tuků a sacharidů. **Antioxidační charakter** některých z nich (např. vitamin C) je pro fyziologické fungování organismu zcela zásadní. I v současné době se lze setkat s poruchami v příjmu vitaminů:

- **nedostatek**
 - hypovitaminóza = snížený příjem vitamínu
 - avitaminóza = vitamin úplně chybí
- **nadbytek**
 - hypervitaminóza = zvýšený příjem vitamínu
(pouze u vitaminů rozpustných v tucích)

Dostatečný příjem vitaminů je předpokladem pro dobré fungování metabolismu a udržení dobrého zdravotního stavu organismu. Vitaminy lze dělit dle rozpustnosti na vitaminy rozpustné ve vodě a vitaminy rozpustné v tucích.

Vitaminy rozpustné ve vodě:

Do skupiny vitaminů rozpustných ve vodě řadíme vitaminy skupiny B a vitamin C. Toto označení nesou z toho důvodu, že jejich vstřebávání a hospodaření s nimi je zcela nezávislé na tucích. Těmito vitaminy se nelze předávkovat, neboť pokud jsou přijímány v nadbytečném množství, tak právě jejich přebytek je z těla vyloučen močí. Zároveň si tělo ani nevytváří velké zásoby těchto vitaminů, a proto se jejich nedostatek projeví poměrně velmi rychle. Jednotlivými zástupci této skupiny jsou:

Vitamin B1 (thiamin)

- funkce: koenzym enzymových reakcí, ovlivňuje metabolismus sacharidů
- zdroj: obiloviny (hlavně klíčky), kvasnice, játra, srdce, ledviny, libové vepřové maso
- nedostatek: zvýšená únavnost, křeče svalstva, záněty nervů, **nemoc beri-beri**, Wernickova encefalopatie – u alkoholiků

Vitamin B2 (riboflavin)

- funkce: součást kofaktorů enzymů, účastní se buněčného dýchání, důležitý pro dobrý stav kůže, očí, srdce, vliv na metabolismus cukrů a tuků
- zdroj: mléčné výrobky, kvasnice, játra, srdce, ledviny, maso, rostliny a mikroorganismy ho umí syntetizovat
- nedostatek: žádné závažné poruchy záněty ústních koutků, záněty spojivek, neuropsychické příznaky, světloplachost

Vitamin B3 (niacin, kyselina nikotinová)

- funkce: význam při metabolismu, zabraňuje uvolňování mastných kyselin z tukové tkáně, je součástí kofaktorů
- zdroj: játra, vnitřnosti, ryby, kvasnice, mléko, listová zelenina, obilné klíčky, v organismu může vznikat přeměnou tryptofanu
- nedostatek: **pelagra** – záněty sliznic

Vitamin B6

- **pyridinové deriváty**: pyridoxin, pyridoxal, pyridoxamin
- funkce: metabolismus aminokyselin, funkce nervového a imunitního systému, syntéza hemoglobinu
- zdroj: játra, maso, kvasnice, pšeničné klíčky, cereálie, sója, zelenina
- nedostatek: defekty kůže, pomalé hojení zánětů, zhoršená regenerace sliznic, svalová slabost, poruchy centrální nervové soustavy, krevní choroby (anémie)
- vysoké dávky: alergické kožní reakce

Kyselina listová (B9)

- funkce: v podobě její aktivní formy (tetrahydrofolát) nutná pro syntézu nukleových kyselin, krvetvorbu, normální růst a vývoj plodu
- zdroj: listová zelenina, játra, luštěniny, ořechy, obiloviny, kvasnice
- nedostatek: při poruchách resorpce ve střevě, megaloblastická anémie
- nadbytek: nebezpečný u lidí s rakovinou vázanou na hormony, záchvaty u epileptiků

Vitamin B12 (kobalamin)

- funkce: koenzym enzymatických reakcí, správná krvetvorba, syntéza nukleových kyselin
- zdroj: játra, ledviny, mléko, sýry, maso, ryby, vejce
- nedostatek: způsoben poruchou resorpce v tenkém střevě (chybí tzv. vnitřní faktor)

Vitamin C (kyselina askorbová)

- funkce: antioxidant, metabolismus aminokyselin, podíl na syntéze kolagenu
- zdroj: šípky, černý rybíz, kapusta, brokolice, pomeranče, zelí, květák, citrón
- nedostatek: snížená odolnost proti infekci, krvácivost dásní, únava, krvácení do kloubů

- těžký deficit: skorbut (**kurděje**) – vypadávání zubů, krvácení do kůže, do svalů, z dásní

Do skupiny vitaminů rozpustných v tucích řadíme vitaminy A, D, E a K. Označení těchto vitaminů souvisí se způsobem jejich vstřebávání za přítomnosti tuků. Pokud z nějakého důvodu dojde k poškození vstřebávání tuků, dochází i k ovlivnění vstřebávání těchto vitaminů a může dojít k projevům nedostatku těchto vitaminů. Při nadměrném příjmu těchto vitaminů existuje riziko předávkování.

Vitamin A (retinol)

- funkce: tvorba očních pigmentů, podíl na diferenciaci a růstu epitelových buněk, antioxidant
- zdroj: játra, mléko, vejce, rybí tuk, vnitřnosti, máslo, sýry
- nedostatek: šeroslepost, změny rohovky a spojivek, nadměrné rohovatění kůže
- dlouhotrvající nadbytek: zvětšení sleziny a jater, anémie, vypadávání vlasů

Vitamin D (kalciferol)

- funkce: zvyšuje resorpci vápníku a fosforu ve střevní sliznici
- zdroj: ryby, vejce, mléko, sýry
- nedostatek: křivice (v dětství), osteomalacie, osteoporóza (v dospělosti)
- dlouhotrvající nadbytek: hyperkalcémie = vápník se ukládá ve stěnách cév a orgánů (srdce, ledviny, plíce, mozek)

Vitamín E (tokoferol)

- funkce: antioxidant, předchází rozvoji aterosklerózy, pozitivní účinek na tvorbu pohlavních buněk, podporuje činnost centrální nervové soustavy
- zdroj: rostlinné oleje, živočišné tuky, obilná zrna, ořechy, kukuřice, hrášek, vejce, játra, vnitřnosti
- nedostatek: anémie, poruchy reprodukce, snížená antioxidační obrana organismu

Vitamín K

- funkce: stimuluje tvorbu faktorů krevní srážlivosti, podporuje srážení krve, buněčný růst, podporuje mineralizaci kostí
- zdroj: částečně syntetizován střevní mikroflórou, zelenina, rostlinné oleje
- nedostatek: poruchy srážlivosti krve při poruše střevní resorpce vitamínu K

Praktické cvičení: 1) Vytvořte dvojice z následujících pojmů a vysvětlete souvislost propojených pojmů:

vitamin A	retinol
vitamin E	kalciferol
niacin	vnitřní faktor
thiamin	nedostatek vitamínů
vitamin D	pyridinové deriváty
vitamin K	nemoc beri-beri
vitamin C	střevní mikroflóra
kobalamin	tetrahydrofolát
B9	kurděje
B6	 tokoferol
hypovitaminóza	pelagra

2) Vypište alespoň 6 vitamínů rozpustných ve vodě a uveďte u každého alespoň 3 potraviny, které jsou pro lidský organismus hlavním zdrojem daného vitamínu:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Shrnutí:

- vitaminy jsou esenciální složkou potravy
- některé vitaminy lze částečně syntetizovat přímo v lidském organismu
- vitaminy fungují v těle zejména jako kofaktory enzymů
- některé z vitamínů mají antioxidační charakter
- nedostatek vitamínů je označován jako hypovitaminóza až avitaminóza
- nadbytek vitamínů je označován jako hypervitaminóza
- základními vitaminy rozpustnými ve vodě jsou vitaminy skupiny B a vitamin C
- mezi vitaminy rozpustné v tucích patří vitaminy A, D, E a K

Doplňující odborná literatura:

- Základy biochemie (Klouda, 2005)
- Základy buněčné biologie (Alberts, 1998)
- Harperova biochemie (Murray, 2002)

5.5 Hormony

Cíl podkapitoly: Studenti dokáží charakterizovat hormony z pohledu jejich chemické struktury, základních funkcí v organismu a zejména pak z pohledu jejich významu pro fyziologické fungování lidského organismu.

Po prostudování této podkapitoly dokážete:

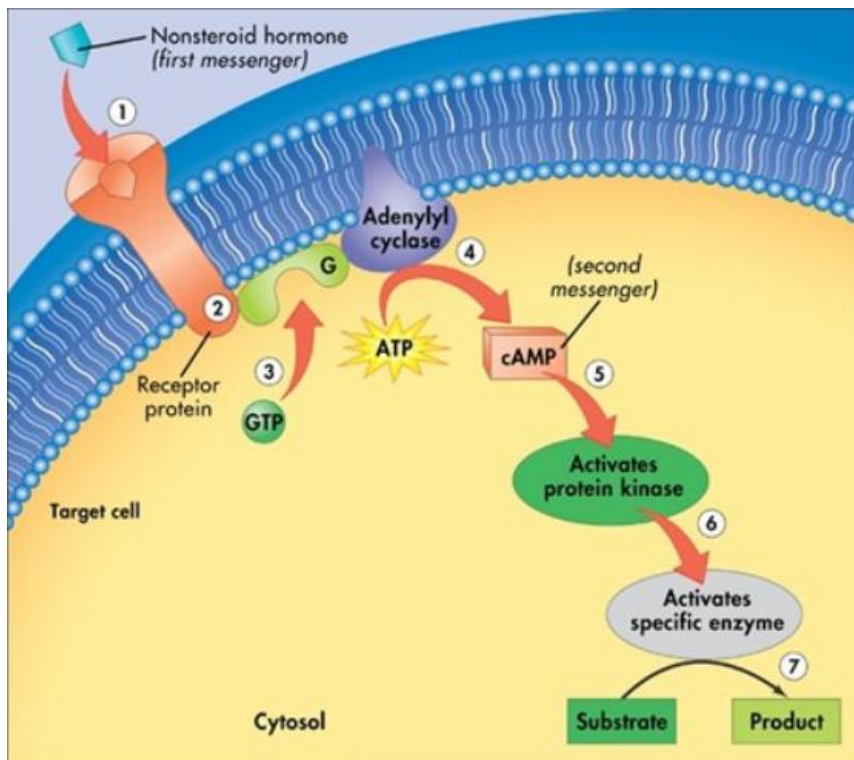
- vymežit skupinu látek označovaných jako hormony
- u vybraných nejvýznamnějších hormonů určit jejich funkci a místo jejich vzniku
- rozdělit hormony podle mechanismu působení a chemické povahy
- vyjmenovat nejdůležitější zástupce hormonů, včetně místa jejich tvorby

Klíčové pojmy:

první posel, endokrinní hormon, parakrinní hormon, autokrinní hormon, liberiny, statiny, katecholaminy, insulin, glukagon

Vlastní odborný text:

Hormony patří mezi základní signální molekuly, které slouží pro komunikaci mezi buňkami, tkáněmi a orgány. V organismu fungují jako **první poslové**, což znamená, že **vedou informaci k buňce**. V těle jsou produkovány vybranými tkáněmi a následně jsou vyplavovány do krve, kterou putují k cílovým místům jejich působení. Hormony zprostředkovávají přenos informací týkajících se řízení vývoje, rozmnožování, růstu, homeostázy a dalších zásadních dějů. Jejich účinek je cílený, působí tedy vždy na konkrétní buňky, které mají specifické receptory (Obr. 7).



Obrázek 7: *Hormony a obecný mechanismus jejich působení* (Převzato z: Patton, 2009)

Hormony můžeme dělit dle několika hledisek:

- **podle mechanismu působení**

- endokrinní hormony (systémové): Jsou tvořeny ve specializovaných endokrinních žlázách, které je vylučují přímo do krve. Často působí na poměrně velký počet cílových buněk.
- parakrinní hormony (tkáňové, lokální): Působí pouze v bezprostředním okolí místa svého vzniku a nejsou přenášeny tělními tekutinami.
- autokrinní hormony: Tyto hormony působící na tu danou buňku, která je vyloučila.

- **podle chemické povahy**

- hormony peptidové a bílkovinné
- hormony odvozené od aminokyselin
- hormony odvozené od mastných kyselin
- hormony povahy nízkomolekulárních látek
- hormony steroidní

Endokrinní systémové hormony jsou syntetizovány ve speciálních **žlázách s vnitřní sekrecí**. Většina z nich je odbourávána v **játrech**. Hlavní endokrinní žlázy a nejvýznamnější hormony těmito žlázami produkované jsou shrnuty v následujícím přehledu.

Hypotalamus

- **liberiny** – působí na hypofýzu pozitivně
 - kortikoliberin – stimuluje produkci kortikotropinu
 - somatoliberin – stimuluje produkci somatotropinu (růstového hormonu)
 - gonadoliberiny – stimulace produkce gonadotropinů
 - thyreoliberin – stimulace produkce thyreotropinu, který působí na štítnou žlázu
- **statiny** – působí na hypofýzu negativně
 - somatostatin – inhibuje produkci somatotropinu

Adenohypofýza

- **thyreotropin, kortikotropin, gonadotropiny (folitropin, lutropin)**
- **prolaktin** – navození laktace
- **růstový hormon** – růst organismu

Neurohypofýza – hormony neprodukuje, pouze skladuje hormony vytvořené v hypotalamu

- **oxytocin** – kontrakce dělohy
- **vasopresin** – stimuluje reabsorpci vody v ledvinách

Štítná žláza

- **thyroxin, trijodthyronin** – zvyšují bazální metabolismu, podporují absorpci glukosy ze střeva
- **kalcitonin** – usnadňuje mineralizaci kostí, působí proti osteoporóze

Příštítná tělíska

- **parathormon** – mobilizuje vápník a fosfáty z kostí, aktivuje přeměnu provitamínu D

Kůra nadledvin

- **glukokortikoidy** (kortisol, kortikosteron)
- **mineralokortikoidy** (aldosteron) – řídí hospodaření s minerály a vodou
- **androgeny**

Dřeň nadledvin

- **katecholaminy**
 - adrenalin – zúžení periferních cév, zrychlení srdeční činnosti, zlepšení ventilace plic, aktivace potních žláz
 - noradrenalin – urychluje srdeční tep, roztahuje cévy v kosterních svalech

Slinivka břišní

- **insulin** – vylučovaný β -buňkami Langerhansových ostrůvků, podporuje vstup glukosy do buněk, snižuje glukosu v krvi

- **glukagon** – vylučovaný α -buňkami Langerhansových ostrůvků, zvyšuje hladinu glukosy v krvi, podporuje odbourání glykogenu

Pohlavní žlázy

- **testosteron** – mužský pohlavní hormon, ovlivňuje spermatogenezi a vývoj sekundárních pohlavních znaků
- **estrogeny** (estradiol, estron, estriol) – ženské pohlavní hormony, vývoj sekundárních pohlavních znaků, snižují riziko osteoporózy
- **gestageny** (progesteron) – podporuje růst děložní sliznice po ovulaci, navozuje sekreční fázi menstruačního cyklu, tlumí předčasné stahy dělohy

Praktické cvičení: 1) Doplňte názvy žláz s vnitřní sekrecí, které produkují následující hormony:

estradiol	_____
glukagon	_____
prolaktin	_____
vasopresin	_____
insulin	_____
thyroxin	_____
somatoliberin	_____
oxytocin	_____
testosteron	_____
parathormon	_____
kortisol	_____
gonadoliberin	_____
aldosteron	_____
progesteron	_____

Shrnutí:

- hormony patří mezi základní signální molekuly
- hormony slouží ke komunikaci mezi molekulami
- hormony jsou tvořeny žlázami s vnitřní sekrecí
- hormony lze dělit podle chemické struktury a podle mechanismu působení
- mezi žlázy s vnitřní sekrecí patří hypothalamus, adenohipofýza, slinivka břišní, dřeň a kůra nadledvin, štítná žláza, příštítná tělíska, pohlavní žlázy

Doplňující odborná literatura:

- Základy biochemie (Klouda, 2005)
- Barevný atlas biochemie (Koolman, 2012)

Podrobnější informace k jednotlivým kapitolám lze dohledat v následujícím seznamu zdrojů, přičemž tyto odborné publikace sloužily i jako vlastní základ pro tvorbu učebního textu.

- Harperova biochemie (Murray, 2002)
- Harperova ilustrovaná biochemie (Murray, 2013)
- Barevný atlas biochemie (Koolman, 2012)
- Základy buněčné biologie (Alberts, 1998)
- Základy biochemie (Klouda, 2005)

6 Shrnutí klíčových výstupů učebního textu

6.1 Shrnutí dílčích cílů kapitoly „Základy biochemie“

V rámci úvodní podkapitoly „Biochemie jako vědní disciplína“, která je jakýmsi vhladem do obecné biochemické problematiky, se studenti seznámí se základními biochemickými pojmy a hlavními předměty zájmu této vědní disciplíny, dále se souvislostmi metabolických pochodů, uspořádáním molekulárních složek, látkovým složením živých systémů a získají náhled do strukturního uspořádání biopolymerů a jednotlivých molekulárních struktur (primární, sekundární, terciární a kvartérní).

V rámci studované podkapitoly aminokyseliny se studenti seznámí se základními stavebními jednotkami peptidů a proteinů, kterými právě aminokyseliny jsou. Hlavním cílem při studiu této kapitoly je přiblížit studentům význam nejdůležitějších proteinogenních aminokyselin.

V podkapitole peptidy a proteiny se studenti seznámí se základním rozdílem mezi peptidy a proteiny. Dále se studenti seznámí s funkcemi bílkovin a peptidů, s rozdělením těchto molekul, jejich charakterizací a dělením dle složení, dle tvaru molekuly nebo dle rozpustnosti. Hlavním cílem je pak seznámit studenty s pojmy jako je peptidová vazba, polypeptidový řetězec, protomery, globulární struktura, fibrilární struktura, α -helix, β -hřeben a tyto pojmy srozumitelným způsobem objasnit. Neméně důležitým cílem je přiblížit studentům problematiku bílkovin z pohledu praktického a upozornit na jednotlivé zástupce skupin proteinů, s nimiž se běžně setkávají.

V dalších podkapitolách s tematikou cukrů, lipidů a nukleotidů se studenti seznámí s nejvýznamnějšími funkcemi těchto látek v lidském organismu, s jejich strukturou a s pojmy s těmito látkami souvisejícími, jako jsou monosacharidy, oligosacharidy, polysacharidy, optická aktivita, chirální centrum, strukturní projekce (Tollensova, Haworthova, Fisherova), aldosy, ketosy, acylglyceroly, isoprenoidy, fosfolipidy, glykolipidy, nukleosid, nukleotid, nukleová kyselina, DNA, RNA.

Podkapitola vitaminy studenty seznámí s poměrně složitými a nejen pro člověka nezbytnými látkami, jakými vitaminy jsou. Studenti získají základní povědomí o jejich dělení do skupin, seznámí se s jejich příjmem a případným vznikem v organismu. Dále se studenti dozvědí podrobnější informace o jednotlivých vitamínech, jejich funkcích v organismu, důsledcích jejich nedostatku a přírodních zdrojích těchto látek, jejichž přijímáním lze předcházet onemocněním souvisejícím s nedostatkem vitaminů. V neposlední řadě se studenti seznámí, jak tyto látky poznávat.

Závěrečná podkapitola by měla studentům představit hormony jakožto biologicky aktivní látky, které mají v lidském těle nezastupitelnou funkci a účastní se celé řady biochemických dějů, a to jako regulátory těchto dějů. Studenti se díky probrané problematice seznámí s pojmy exokrinní a endokrinní žlázy, s jednotlivými zástupci hormonů a s jejich klasifikací, výskytem a funkcí v lidském organismu. Dále se studenti seznámí se strukturou hormonů, lokalizací jejich vzniku a jejich zapojením do biochemických drah.

6.2 Shrnutí práce s učivem vybraných podkapitol

„Biochemie jako vědní disciplína“ – práce s učivem: Studenti budou v rámci této kapitoly seznámeni s jednotlivými pojmy, které jsou pro další studium této problematiky zcela zásadní. Základní metodou výuky by měla být diskuse, která by měla studenty aktivně zapojit do debaty o problematice dané kapitoly a vzbudit v nich zájem o další studium této problematiky. Zpočátku je třeba zejména si pevně osvojit, co jednotlivé pojmy užívané v oblasti biochemie znamenají, a proto bude zvláště u této kapitoly důležitá práce s učebním textem doplněná o přednášku vyučujícího.

„Aminokyseliny“ – práce s učivem: Studenti se po vyslechnutí výkladu vyučujícího seznámí prostřednictvím obrazové prezentace s jednotlivými strukturálními aspekty aminokyselin. Aminokyseliny patří svým významem k jedné z nejdůležitějších základních strukturních jednotek organismu a z toho důvodu tato kapitola bezprostředně souvisí i s předmětem biologie. Právě v předmětu biologie se studenti seznamují s významem aminokyselin poměrně podrobně a lze říci, že zde nacházíme výrazný přesah a prolnutí obou předmětů. Z tohoto důvodu bude kladen důraz zejména na studium aminokyselin z pohledu chemického.

Od počátku bude kladen důraz na propojení znalostí z obou předmětů a prostřednictvím vedené diskuse bude se studenty probráno, co si z problematiky aminokyselin pamatují, co znají z všeobecného pohledu a co je pro ně naprostou novinkou. Bude tedy zmíněna funkce a význam aminokyselin, jejich fyzikální vlastnosti a klasifikace dle polaritý postranního řetězce. V rámci opakování již dříve probraných kapitol chemie budou zopakovány studentům již známé pojmy, jako je izoelektrický bod, polarita, amfoterní ion a další základní fyzikálně-chemické pojmy.

Po diskusi ověřující znalosti studentů bude přistoupeno k vlastnímu výkladu látky týkající se problematiky aminokyselin. Studenti si budou provádět výtah nejdůležitějších informací z kantorova výkladu, který by měl k problematice aminokyselin přikládat nadstavbové informace a zajímavosti.

Důraz bude kladen zejména na znalost struktury dvaceti nejvýznamnějších α -aminokyselin. Se studenty budou jednotlivé struktury kresleny na tabuli. Pro následné procvičení budou jednotlivé struktury promítány a studenti je budou pojmenovávat. Později budou studenti zakreslovat struktury aminokyselin dle promítaných názvů aminokyselin. Tento způsob procvičování struktury aminokyselin bude nejprve probíhat „nanečisto“ bez hodnocení znalostí studentů a následně písemnou formou prostřednictvím testu ověřujícího znalosti studentů.

„Peptidy a bílkoviny“ – práce s učivem: Kapitola peptidy a bílkoviny přímo navazuje na problematiku aminokyselin, bez jejíž znalosti nemohou studenti plně pochopit další učivo. Z tohoto důvodu je velmi důležité hodiny zahajovat diskusí a opakováním již probrané látky a vždy připomenout, na co konkrétně v dané hodině navazujeme. Proteiny a peptidy patří mezi základní biomolekuly a mají v lidském organismu celou řadu nezastupitelných funkcí. Jejich význam je v tom, že fungují jako enzymy, membránové přenašeče, transportní a skladovací bílkoviny, hormony, regulační molekuly, ochranné a obranné molekuly, receptory či strukturální proteiny. V takto širokém rozsahu by studenti měli význam peptidů a bílkovin svými znalostmi obsáhnout. Souvislost s předmětem biologie existuje velmi významně i v tomto případě, a proto je vhodné na ni studenty upozornit

Po diskusi opakující aminokyseliny bude přistoupeno k vlastnímu výkladu látky týkající se problematiky proteinů a peptidů. Výstupem této diskuse bude schopnost studentů definovat základní již zmíněné pojmy týkající se problematiky proteinů a chápat propojení jednotlivých proteinů s pochody, které se v lidském těle odehrávají.

„Vitaminy“ – práce s učivem: Vitaminy jsou základní skupinou látek, které usnadňují chemické přeměny v buňkách. Tato kapitola však bezprostředně souvisí s předmětem biologie, ve kterém se studenti seznamují s vitaminy zejména z hlediska jejich funkce v organismu. Z tohoto důvodu nebude kladen takový zřetel na vysvětlení funkčních principů jednotlivých vitaminů v organismu, ale bude spíše snaha, zapojit studenty do debaty o této problematice a připomenout si již probranou problematiku z předmětu biologie.

Po diskusi ověřující znalosti studentů bude přistoupeno k vlastnímu výkladu látky týkající se problematiky vitaminů. Výstupem této diskuse bude schopnost studentů definovat pojem vitamin, vysvětlit pojem provitamin a stručně shrnout, v čem tkví nepostradatelnost těchto látek nejen pro člověka. V následující přednášce budou studenti seznámeni s jejich klasifikací na vitaminy rozpustné ve vodě a vitaminy rozpustné v tucích. Zároveň budou schopni vyjmenovat vybrané zástupce vitaminů skupiny B, patřících do vitaminů rozpustných

ve vodě, a poměrně podrobně charakterizovat vitamin C, patřící do téže skupiny vitaminů. Ze skupiny vitaminů rozpustných v tucích se studenti podrobně seznámí s vitamíny A, D, E, K a stejně jako u vybraných vitaminů rozpustných ve vodě dokáží tyto vitamíny charakterizovat z pohledu jejich chemické a funkčního charakteru.

S vitaminy rozpustnými v tucích se studenti seznámí na základě prezentace svých spolužáků, které budou doplněny výkladem vyučujícího. Tento výklad doplní informace, které prezentující studenti ve svých výkladech opomenou. Prezentace nastudované látky bude výhodná zejména z toho důvodu, že se studenti naučí samostatně pracovat s textem. Dokáží z textu vyextrahovat nejdůležitější informace a prezentovat je před spolužáky.

„Hormony“ – práce s učivem: Tato kapitola učiva úzce souvisí s učivem předmětu biologie, kde jsou hormony probírány z trochu jiného úhlu pohledu. Z biochemického hlediska tato kapitola představuje skupinu biologicky aktivních látek, jež díky své chemické struktuře dokáží v organismu ovlivnit řadu dějů. Chemický pohled na problematiku hormonů rozšíří studentům obzor v oblasti pochopení úlohy těchto látek a doplní jejich znalosti v oblasti funkčních mechanismů hormonálního působení.

Úvod do této kapitoly by měl v první řadě přiblížit skupinu hormonů jako takovou, upoutat studenty a vysvětlit jim, že hormony jsou velice specifické chemické molekuly, které mají řadu důležitých funkcí. Samozřejmostí je poukázat na praktičnost probírané látky a z jakého důvodu by měli mít o problematice hormonů přehled.

V další části by se studenti seznámili s mechanismy vzniku hormonů, jejich příslušností do jednotlivých kategorií, základy jejich funkčního zaměření a v neposlední řadě s jejich strukturou.

Nejvýznamnějším hormonům lidského těla by následně byl věnován větší čas a byla by konkretizována jejich nezastupitelná úloha. Řeč by byla zejména o hormonech hypofýzy, štítné žlázy, kůry nadledvin a β -buněk Langerhansových ostrůvků pankreatu, které uvolňují všeobecně známý hormon inzulin. Právě na inzulinu, jako na konkrétním příkladu, by byl vysvětlen mechanismus jeho uvolnění a ovlivnění ostatních tkání až do samotných důsledků, přičemž hlavním z nich je snížení hladiny glukózy v krvi. Díky tomu se dostáváme na propojení chemických znalostí s biologií a odbornými předměty jako je fyziologie, diabetologie či základy endokrinologie.

6.3 Shrnutí získaných vědomostí a dovedností studentů

„Biochemie jako vědní disciplína“ – vědomosti a dovednosti: Studenti získají po absolvování této kapitoly všeobecný vhled do problematiky biochemie, dokáží definovat jednotlivé pojmy užívané v celé kapitole. Defínují čtyři základní předměty zájmu této vědní disciplíny. Dokáží popsat složení živých systémů a klasifikovat jednotlivé biomolekuly dle jejich strukturního uspořádání.

„Aminokyseliny“ – vědomosti a dovednosti: Na základě probrané látky studenti dokáží definovat pojem aminokyselina, vyzdvihnout jejich funkce v organismu, vysvětlit podstatu jejich struktury a dále kategorizovat jednotlivé aminokyseliny do skupin podle jejich polaritý postranního řetězce. Jednotlivé proteinogenní aminokyseliny studenti rozpoznají a zároveň jsou schopni tyto struktury zakreslit a pojmenovat jak celými názvy, tak jejich zkratkami.

„Peptidy a bílkoviny“ – vědomosti a dovednosti: Po absolvování bloku hodin týkajících se proteinů studenti dokáží charakterizovat skupiny látek označovaných jako proteiny a peptidy. Dokáží je popsat z hlediska jejich klasifikace, funkce, významu a zároveň znají základní mechanismy působení jednotlivých typů proteinů v rámci lidského organismu. Studenti dále rozliší a dokáží vysvětlit pojmy, jako je peptidová vazba, polypeptidový řetězec, protomery, globulární struktura, fibrilární struktura, α -helix, β -hřeben. Studenti dále zvládají vyjmenovat nejvýznamnější proteiny, strukturně je zařadit a vysvětlit jejich hlavní úlohy v lidském organismu.

„Vitaminy“ – vědomosti a dovednosti: Studenti na základě probrané kapitoly dovedou vitaminy klasifikovat do skupin, definovat tyto skupiny a vyjmenovat jejich základní funkce v organismu. Dále studenti rozpoznají na základě struktury chemických vzorců jednotlivé vitaminy a určí začlenění vitaminů do chemických dějů odehrávajících se v lidském organismu. Znají také důsledky nedostatku vitaminů a choroby s tímto nedostatkem související. Studenti na základě probrané problematiky dokáží také definovat pojem vitamin a u vitaminů skupiny B a vitaminů A, D, E, K podrobněji definovat jejich význam a uplatnění v organismu.

„Hormony“ – vědomosti a dovednosti: Studenti dovedou charakterizovat skupinu látek označovaných jako hormony. Dokáží je popsat z hlediska jejich klasifikace, funkce, významu a zároveň znají základní mechanismy působení jednotlivých tříd hormonů v rámci lidského organismu. Z pohledu lidského těla studenti dále rozliší a dokáží vysvětlit pojmy žláza s vnitřní a vnější sekrecí a znají konkrétní příklady zástupců jednotlivých tříd hormonů, včetně jejich fyziologického působení. Jsou však také schopni vysvětlit, co se děje v případě vybraných

endokrinnologických chorob a jaké jsou projevy stavů nedostatku a nadbytku vybraných nejvýznamnějších hormonů.

6.4 Shrnutí metodiky práce vyučujícího

Základní pomůckou pro pochopení učiva bude práce s učebním textem, případně s učebnicí, která by studentům poskytla základní definice nejdůležitějších pojmů. Právě pochopení základních pojmů a schopnost definovat, například na čem se jednotlivé makromolekuly podílejí a čeho se v organismu účastní, je zcela zásadní. Tyto základy budou pro pochopení dalšího souvisejícího učiva velmi důležité. Práce s učebním textem by měla být kombinována s diskusí, ale zejména s dostatečně poutavým výkladem vyučujícího, tedy se slovní monologickou metodou výkladu, jež by měla vzbudit zájem studentů o danou problematiku. U vybrané problematiky, kterou je například podkapitola „Aminokyseliny“, je vhodné využít metodu názorně demonstrativní a prezentovat studentům obrázky jednotlivých aminokyselin v kombinaci s jejich psaním na tabuli, a to nejen vyučujícím, ale i samotnými studenty. To by mělo prohloubit zapamatování si struktur jednotlivých aminokyselin. Při probírání nejvýznamnějších vitaminů rozpustných v tucích, tedy vitaminů A, D, E a K, bude naopak využita metoda samostatné práce studentů spadající do skupiny metod klasifikovaných z hlediska aktivity a samostatnosti studentů. Vybraní studenti seznámí své spolužáky s jednotlivými vitaminy formou 5–7minutové prezentace, kterou si připraví na následující vyučovací hodinu.

6.5 Shrnutí vybraných aktivit studentů

„Biochemie jako vědní disciplína“ – aktivity studentů: Studenti nejprve vyslechnou základní část přednášky vyučujícího o problematice biochemie a následně budou o této vědní disciplíně s vyučujícím diskutovat. Aby byli studenti od počátku zapojeni do výkladu a probírané problematiky, budou jim kladeny doplňující dotazy z praktického života, které se problematiky biochemie týkají. Například: „Dokázali byste říci, čím se biochemie zabývá, nebo alespoň, jaké dvě základní vědní disciplíny propojuje a na jaké úrovni?“, „K čemu podle vás člověk potřebuje bílkoviny?“ Aby došlo k ještě větší aktivizaci studentů, je vhodné zapojit je do společné práce. Studenti budou rozděleni do skupin po pěti, přičemž každá skupina obdrží kartičky s názvy potravin. Úkolem bude rozčlenit tyto potraviny do skupin dle toho, která ze základních stavebních jednotek v nich převládá (sacharidy, bílkoviny, lipidy).

„Aminokyseliny“ – aktivity studentů: Pro aktivizaci studentů, konkrétně v problematice aminokyselin, je vhodná jejich samostatná práce. Formou této samostatné práce by měl být

kvíz struktur jednotlivých aminokyselin, přičemž úkolem jednotlivých studentů bude určení názvu aminokyseliny na základě jejího na plátno promítnutého vzorce. O stupeň náročnější bude stejný kvíz, jen tentokrát nebudou promítány vzorce, nýbrž názvy jednotlivých aminokyselin a studenti budou jejich vzorce sami zakreslovat. Tento způsob procvičování struktury aminokyselin bude v první fázi procvičován a ověřován „nanečisto“ a v dalších hodinách po osvojení problematiky aminokyselin prostřednictvím hodnoceného testu.

„Peptidy a bílkoviny“ – aktivity studentů: Aktivizace studentů v tomto případě nebude snadná, neboť se setkávají s celou řadou nových pojmů a hrozí tedy, že budou přehlceni množstvím informací. V případě této kapitoly by bylo vhodné proložit výklad kantora, který je hlavním metodickým způsobem předání informací u této úlohy, vhodným laboratorním cvičením.

„Vitaminy“ – aktivity studentů: Studenti budou aktivně zapojeni do diskuse formou vyvolávání a dotazování od vyučujícího. Jelikož se studenti s problematikou vitaminů již setkali v předmětu biologie, je proto vhodné ověřit si již získané znalosti. Diskuse nad základy problematiky vitaminů by měla studenty aktivně zapojit do zájmu o problematiku vitaminů a sdružit jejich dosavadní všeobecné znalosti o této skupině látek s nadstavbovými informacemi, které poskytuje vyučující. Důležitý u problematiky vitaminů je aspekt praktičnosti a uplatnitelnosti této látky v praxi v souvislosti se zdravím studentů. Na to by měl být u této kapitoly kladen zřetel obzvláště. Vybraní studenti budou zapojeni do výuky formou prezentování nastudovaných informací o vitamínech rozpustných v tucích. Tento způsob výuky studenty aktivizuje a prohloubí jejich prezentační schopnosti.

„Hormony“ – aktivity studentů: Jelikož se studenti s problematikou hormonů již setkali v předmětu biologie, je opět vhodné v rámci krátké diskuse otestovat, co si z probrané problematiky pamatují, případně co o ní všeobecně vědí. Několik krátkých otázek typu: „Co je to podle vás hormon?“, „K čemu hormony v těle slouží?“, „Kde se v těle hormony objeví?“ atd. Tato krátká diskuse by měla být poutavá a poukázat na praktičnost probírané problematiky. Pro další následné zapojení studentů do aktivní účasti na výuce by měli vytvořit tři až čtyřčlenné skupinky, přičemž každá z nich si do následující hodiny připraví krátkou pětiminutovou prezentaci k jedné třídě hormonů a skupinově s danou třídou hormonů seznámí ostatní spolužáky. Výklad k jednotlivým třídám hormonů bude následovat vždy po každé prezentaci dané skupinky studentů. Pro názornou ukázkou mechanismu působení hormonů lze využít mechanismus působení inzulínu, k němuž je dostupná řada jednoduchých schémat.

7 Komentář autora

Role učitele s sebou již od dávných dob přináší obroskou zodpovědnost. Učitel se svými studenty tráví prakticky více času, než s nimi v současné době tráví jejich rodiče. Zda je to správný směr, kterým se výchova ubírá, o tom by bylo možné polemizovat, ale to není předmětem této práce. Učitel by pro své studenty měl být nejen autoritou a kapacitou, z pohledu vědomostí a dovedností, které ve svém oboru má, ale také morálním vzorem a důvěryhodnou osobou. Studenti by měli mít vždy možnost bezostyšně se obrátit na svého kantora s konzultovat s ním témata, o něž se zajímají, nebo problémy, s nimiž se setkali.

I z těchto důvodů je práce učitele poměrně náročná. Aby vůbec mohl učitel před své žáky či studenty předstoupit, musí mít neotřesitelné znalosti v problematice, kterou chce před nimi prezentovat. Toto samozřejmě není možné splnit bez pečlivé přípravy, která by měla předcházet každé vyučovací hodině či semináři. Učitel by měl mít předem dobře promyšleno, co chce se svými studenty probrat, jakou formou jim informace předá a také by měl umět správně vyhodnotit situaci, kdy je a není vhodné probírat danou problematiku a jak reagovat v nečekaných situacích. Ty totiž mohou během výkladu poměrně často nastat. Je proto důležité zpracovat do přípravy více možností vysvětlení dané problematiky, kombinovat způsoby předávání informací a využít současných moderních možností prezentace, včetně prostředků interaktivních.

Tato závěrečná práce by tedy mohla sloužit jako ucelený pracovní materiál pro výuku vybraných hodin chemie na čtyřletých gymnáziích. Pro studenty je tento učební text velmi přehledným shrnutím studované problematiky biochemických základů. Kapacitně není možné zahrnout do této závěrečné práce kompletní přípravu na výuku chemie pro výše zmíněnou kategorii studentů, proto v této práci bylo cíleno pouze na jeden z hlavních bodů výuky chemie, a tou jsou základy biochemie. Práce je svým obsahem zaměřena na konkrétní biochemickou problematiku probíranou v rámci výuky na čtyřletých gymnáziích. Jednotlivá témata, kapitoly a podkapitoly jsou strukturovány tak, aby splňovaly současné předpoklady pro moderní kapitolu učebního textu, a mají tedy vymezeny svůj základní cíl, uvedenu práci s učivem a vytyčeny vědomosti a dovednosti, jež by měly být výstupem každého tématu. Navíc jsou v textu uvedeny metody práce s učivem, navrženy způsoby aktivizace a zapojení žáků a v neposlední řadě klíčové kompetence spojené s probíraným učivem. Práce tedy svým obsahem shrnuje problematiku základů biochemie a je schopna posloužit jako výchozí pracovní podklad pro výuku vybraných hodin chemie na čtyřletých gymnáziích.

Jelikož závěrečná práce vychází z nejnovějších doporučení, která jsou v rámci práce se studenty, s předáváním znalostí a s probíraným obsahem v rámci předmětu chemie na gymnáziích k dispozici, může být kvalitním pomocným materiálem zejména pro začínající kantory. Práce je navíc doplněna o materiály využitelné v rámci výuky chemie, a to zejména pro aktivizaci studentů během hodiny. Dalším poměrně užitečným vodítkem prolínajícím se všemi zpracovanými kapitolami jsou konkrétní příklady úkolů, soutěží, kvízů a podobných pedagogických pomůcek. Ty opět slouží pedagogovi zejména k aktivizaci studentů, která je z mého pohledu v současné době asi nejdůležitějším prvkem ve výuce. Pokud se probíraná látka stane pro studenty nezáživnou nebo dokonce nudnou, už jen velice těžko v nich lze znovu vzbudit zájem.

8 Závěr

Závěrečná práce je uceleným pracovním materiálem pro výuku kapitoly s názvem „Základy biochemie“, jež spadá do předmětu chemie na gymnáziích.

Úvodní část této závěrečné práce tvoří kompilace odborné literatury týkající se didaktiky v obecném slova smyslu a dále konkrétních didaktických zásad a vyučovacích metod. Jednotlivé didaktické zásady a vyučovací metody jsou zde shrnuty do uceleného přehledu. Posledním bodem, kterým se tato úvodní obecná část textu zabývá, je oborová didaktika. Následující kapitola této závěrečné práce shrnuje zásady tvorby učebního textu a jeho vlastnosti. Tato část textu sloužila jako jakýsi vodící prvek, kterého jsem se během tvorby mé závěrečné práce držel. Nedílnou součástí učebních textů bývají i klíčové kompetence spojené s probíraným učivem, z tohoto důvodu je tato kapitola součástí i této závěrečné práce.

Učební text byl následně po vytvoření těchto dílčích částí zpracován tak, aby měla hlavní témata vymezen svůj stěžejní cíl a cíle dílčí, dále uvedeny znalosti, které by student po probrání dané podkapitoly měl ovládat, a vymezeny klíčové pojmy. Následoval vlastní strukturovaný učební text, na nějž navazovaly úkoly a otázky, praktická cvičení, shrnutí a zdroje podrobnějších informací. V textu se zároveň objevují konkrétní situace a úlohy, které lze v rámci výuky chemie v kombinaci s tímto učebním textem využít.

Závěrečná práce je svým obsahem zaměřena tak, aby v budoucnu mohla sloužit jako podkladový materiál pro výuku chemie na čtyřletých gymnáziích, a to v rámci výuky kapitoly „Základy biochemie“, která je nedílnou součástí výuky chemie.

9 Seznam literatury

- 1) ALBERTS, B., BRAY, D., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K. a WALTER, P.; 2. vydání; *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. Ústí nad Labem: Espero Publishing, 1998; ISBN 80-902906-2-0
- 2) BIOCHEMICKÝ ÚSTAV MU; Zápis konfigurace sacharidů. *Slide player* [online]. Brno: Biochemický ústav Masarykovy univerzity v Brně [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5631138/release/woothee>
- 3) ČAPEK, V., PACHMANN, E.; *Oborové didaktiky a jejich základní funkce*. Pedagogika, 1984, (581-597)
- 4) DEVELAY, M.; *De l' apprentissage à l' enseignement*. Paris: ESF ed. 1992; ISBN 978-2710116455
- 5) HÖFLEROVÁ, E.; *Elektronický učební text*. 1. vydání; Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011; ISBN 978-80-248-2472-7
- 6) JUŘENÍKOVÁ, P.; *Zásady edukace v ošetrovatelské praxi*. 1. vydání; Praha: Grada Publishing, 2010; ISBN 978-80-247-2171-2
- 7) KALHOUS, Z., OBST, O. a kol.; *Školní didaktika*. Praha: Portál, s.r.o., 2002; ISBN 80-7178-253-X
- 8) KLOUDA, P.; *Základy biochemie*. 2. přepracované vydání; Ostrava, 2005; ISBN 80-86369-11-0
- 9) KOOLMAN J., RÖHM K.-H.; *Barevný atlas biochemie*. Překlad 4. vydání; Praha; Grada Publishing a. s., 2012; ISBN 978-80-247-2977-0
- 10) KYSILKA, J.; *Monosacharidy*. *Biotox* [online]. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-sach-mono.html>
- 11) MAŇÁK, J.; *Nárys didaktiky*. 1. vydání; Brno: Masarykova Univerzita v Brně, 1995; ISBN 80-2101-124-6
- 12) MURRAY, R. K., BENDER, D. A., BOTHAM, K. M., KENNELLY, P. J., RODWELL, V. W., WEIL, A.; *Harperova ilustrovaná biochemie*. 5. české vydání, 1. v nakladatelství Galén spol. s r. o., 2013; ISBN 978-80-7262-907-7

- 13) MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL V. W.; Harperova biochemie. 23. vydání, 4. české vydání, 3. vydání v H+H, 2002; ISBN 80-7319-013-3
- 14) PACHMANN, E., HOFMANN, V.; Obecná didaktika chemie. 1. vydání; Praha: Státní pedagogické nakladatelství Illustrations, 1981; 14-459-81
- 15) PATTON, K. T., THIBODEAU A.; Anatomy & Physiology. 7. vydání; Amsterdam: Elsevier; 2009
- 16) PRŮCHA J.; Moderní pedagogika. 2. přepracované a aktualizované vydání; Praha: Portál, s.r.o., 2002; ISBN 80-7178-631-4
- 17) PRŮCHA J.; Moderní pedagogika; 3. přepracované a aktualizované vydání; Praha: Portál, s.r.o., 2005; ISBN 80-7367-503-5
- 18) PRŮCHA, J., MÍKA, J.; Jak psát učební texty pro dospělé. 1. vydání; Praha: Národní centrum distančního vzdělávání při Centru pro studium vysokého školství, 2003
- 19) SKALKOVÁ, J.; Obecná didaktika. 2. rozšířené a aktualizované vydání; Praha: Grada Publishing, 2007; ISBN 978-80-247-1821-7
- 20) TEPLÁ, M.; Nukleové báze. *Studium biochemie* [online]. Praha: KUDCH, Přírodovědecká fakulta UK v Praze [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/na.html>
- 21) TEPLÁ, M.; Přehled základních aminokyselin. *Studium biochemie* [online]. Praha: KUDCH, Přírodovědecká fakulta UK v Praze [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html
- 22) VÚP; Klíčové kompetence v základním vzdělávání. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007; ISBN 978-80-87000-07-6
- 23) ZORMANOVÁ, L.; Obecná didaktika. 1. vydání; Praha: Grada Publishing, 2014; ISBN 978-80-247-4590-9