

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra chemie**

**Badatelsky orientované experimentální  
činnosti ve výuce biochemie na gymnáziu**

**Bakalářská práce**

**Autor:** Veronika Špidlenová  
**Studijní program:** B1407 / Chemie  
**Studijní obor:** 1407R014 / Chemie se zaměřením na vzdělávání  
7504R002 / Biologie se zaměřením na vzdělávání  
**Vedoucí práce:** RNDr. Veronika Machková, Ph.D.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika Špidlenová**  
Osobní číslo: **S15CH060BP**  
Studijní program: **B1407 Chemie**  
Studijní obory: **Chemie se zaměřením na vzdělávání**  
**Biologie se zaměřením na vzdělávání**  
Název tématu: **Badatelsky orientované experimentální činnosti ve výuce**  
**biochemie na gymnáziu**  
Zadávací katedra: **Katedra chemie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Bakalářská práce bude zaměřena na využití metody badatelsky orientované výuky při experimentálních činnostech žáků ve výuce chemie na gymnáziu. V teoretické části vymezuje pojmy související s badatelsky orientovanou výukou na základě aktuálních zdrojů a charakterizuje různé úrovně badatelství. Cílem praktické části je vytvoření souboru námětů na badatelsky orientované experimentální činnosti zaměřené na témata učiva biochemie na gymnáziu zpracovaných formou badatelských listů. Součástí praktické části bude ověření vybraných námětů ve školní praxi.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**FLICK, L. B., a N. G. LEDERMAN. Science inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 2004, 452 s. TRNA, Josef a Eva TRNOVÁ. Moduly s experimenty v badatelsky orientovaném přírodovědném vzdělávání. Brno: Paido, 2015. 133 s.**

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Veronika Machková, Ph.D.**  
Katedra chemie

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2019**

L.S.

doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D.  
děkan

doc. PharmDr. Kamil Musílek, Ph.D.  
vedoucí katedry

dne

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

.....

## **Poděkování**

Bakalářská práce vznikla díky institucionální podpoře Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové.

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce RNDr. Veronice Machkové, Ph.D. za vlídné vedení při sepisování práce, odborné připomínky a konzultace. Dále RNDr. Lence Kozlovské za cenné rady při tvorbě výukových materiálů. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Gymnáziu v Turnově, kde mi bylo umožněno ověřit navržené badatelské úlohy v praxi.

# Anotace

ŠPIDLENOVÁ, V. *Badatelsky orientované experimentální činnosti ve výuce biochemie na gymnáziu*. Hradec Králové, 2019. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Veronika Machková, Ph.D., 51 s.

Badatelsky orientovaná výuka je vyučovací metoda, která se snaží vést žáky k poznání pomocí jejich přirozené zvědavosti skrze praktické činnosti připomínající bádání skutečných vědců. Tato práce se zaměřuje na využití metody badatelsky orientované výuky při experimentálních činnostech žáků ve výuce chemie na gymnáziu. V teoretické části tuto metodu popisuje a upozorňuje na přínosy této metody v současné školní praxi a na výzkumy zaměřené na souvislost mezi emocemi a výukou. Praktická část předkládá soubor námětů na badatelsky orientované experimentální činnosti zaměřené na témata učiva biochemie na gymnáziu zpracovaných formou badatelských listů. Realizace vybraných námětů potvrzuje zvýšený výskyt kladných emocí při použití této metody, které podporují lepší efektivitu vyučovacího procesu.

## **Klíčová slova**

Badatelsky orientovaná výuka, chemické školní pokusy, výuka chemie, emoce

# **Annotation**

Inquiry-Based Education is a teaching method that seeks to lead students to knowledge through their natural curiosity with the help of practical activities reminiscent of the research of real scientists. This thesis focuses on the use of the method of Inquiry-Based Education in experimental activities of students in the educating of chemistry at grammar school. In the theoretical part, this thesis describes this method and draws attention to the benefits of this method in contemporary school practice and to the research works focusing on the link of emotions and teaching. The practical part presents a set of topics for Inquiry-Based experimental activities focused on topics of biochemistry curriculum at the grammar school processed in the form of research sheets. By implementing selected themes, confirms the increased incidence of positive emotions, when this method is used, which supports a better learning process.

## **Key words**

Inquiry based learning, chemistry school experiments, teaching chemistry, emotion

# Obsah

ÚVOD .....	9
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
1.1 BADATELSKY ORIENTOVANÁ VÝUKA .....	10
1.1.1 Vymezení pojmu badatelsky orientovaná výuka .....	10
1.1.2 Cíle badatelsky orientované výuky v chemii .....	12
1.1.3 Fáze badatelsky orientované výuky .....	13
1.1.4 Úrovně badatelsky orientované výuky .....	14
1.1.5 Experiment jako významná složka badatelsky orientované výuky .....	15
1.2 EMOCE .....	18
1.2.1 Vymezení pojmu emoce .....	18
1.2.2 Emoce a badatelsky orientovaná výuka .....	19
1.3 BIOCHEMIE JAKO TÉMA PRO BADATELSKY ORIENTOVANOU VÝUKU .....	24
1.3.1 Sacharidy .....	25
1.3.2 Lipidy .....	25
1.3.3 Bílkoviny (proteiny) .....	27
1.3.4 Nukleové kyseliny .....	28
1.3.5 Vitamíny .....	29
1.3.6 Barviva .....	30
<b>2 PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
2.1 TVORBA DIDAKTICKÝCH MATERIÁLŮ .....	31
2.1.1 Struktura pracovních listů .....	31
2.1.2 Přehled badatelských úloh .....	32
2.2 OVĚŘENÍ DIDAKTICKÝCH MATERIÁLŮ VE ŠKOLNÍ PRAXI .....	37
2.2.1 Průběh realizace badatelských úloh ve školní praxi .....	38
2.2.2 Průběh výzkumného šetření .....	38
2.2.3 Výsledky výzkumného šetření .....	39
2.2.4 Diskuze výsledků výzkumného šetření .....	41
ZÁVĚR .....	43
SEZNAM LITERATURY .....	44
SEZNAM TABULEK .....	48
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	48
SEZNAM ZKRATEK .....	49
SEZNAM TIŠTĚNÝCH PŘÍLOH .....	50
SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH NA CD .....	51



# Úvod

Bakalářská práce se zaměřuje na využití principů badatelsky orientované výuky, která je dnes velmi diskutovaná na poli moderních metod výuky přírodních věd.

Přírodní vědy jsou dnes u žáků neoblíbené a nedosahují v nich požadované úrovně osvojení znalostí a dovedností. Východiskem z této situace by podle mnohých odborníků mohla být právě badatelsky orientovaná výuka, zatím je však stále velký nedostatek metodických materiálů k její aplikaci v hodinách chemie. Rozhodla jsem se touto metodou v bakalářské práci zabývat, protože se snaží prezentovat chemii a jiné přírodovědné obory jako tvárné a poukazovat na jejich zajímavou stránku a odpoutat se tak od současného trendu transmisivního předávání množství pojmů, definic a algoritmů, které si musí žáci osvojit (Škoda, Doulík; 2009).

Cílem teoretické části práce je představení samotné metody a přístupů badatelsky orientované výuky, prezentace rozdělení jejích úrovní a porovnání s dalšími metodami výuky. Dále práce upozorňuje na přínosy této metody v současné školní praxi, především v zaměření na emoční stránku účastníků vzdělávacího procesu, která značně ovlivňuje i jejich motivaci k učení.

Praktická část si klade za cíl vytvořit soubor námětů do výuky s využitím různých úrovní badatelsky orientovaného vyučování, vhodný pro žáky středních škol a gymnázií při výuce tematických celků biochemie. Součástí praktické části je také ověření vybraných vytvořených didaktických materiálů ve školní praxi a jejich zhodnocení pomocí dotazníkového šetření mezi žáky.

# 1 Teoretická část

Jak bylo zmíněno již v úvodu, teoretická část popíše východiska badatelské metody, stručně také nastíní vliv emocí na výuku a položí tak základ pro mou vlastní praktickou práci. V kapitole 1.3 bude představeno učivo biochemie, se kterým pracuje praktická část.

## 1.1 Badatelsky orientovaná výuka

V této kapitole budou uvedeny principy a charakteristika badatelsky orientované výuky (BOV), přehled a popis jejích úrovní a srovnání této metody s jinými běžnými metodami výuky na našich školách.

### 1.1.1 Vymezení pojmu badatelsky orientovaná výuka

Zájem o studium přírodovědných oborů se u žáků dlouhodobě snižuje. Tímto problémem se již začala zabývat i Evropská unie jak v rovině teoretické, tak i v politice vzdělávací praxe. V několika výstupech je naznačeno, že jedním z důvodů nezájmu o studium přírodních věd je styl výuky těchto předmětů (Rocard, 2007). Evropská unie vidí jako řešení nastalé situace odklon od tradičních metod, převážně deduktivních a přiklání se k badatelsky orientovanému stylu výuky (Nezvalová a kol., 2010).

Badatelsky orientovaná výuka je primárně určena pro rozvíjení a podnícení vlastního zájmu a badatelského přístupu, který je v dnešní době až nutný k orientaci v rychle se měnícím světě a v ještě dynamičtější budoucnosti (Doorman a kol., 2016). Jedná se o vyučovací postup, který je souborem postojů a názorů k vyučování jednak v rovině filozofické, ale také kurikulární a pedagogické (Nezvalová a kol., 2010).

Badatelsky orientovaná výuka je vyučovací metoda, která je založena na přirozené přemýšlivosti žáků a současně žáky podněcuje k aktivitě (Nezvalová a kol., 2010; Votápková, 2013).

Využívají se zde aktivizující metody, neboť bádání představuje záměrný proces stanovování problémů, kritizování experimentů a rozlišování možností, výzkum hypotéz, hledání informací a diskuse s vrstevníky a tvorba koherentních

důvodů (Linn, Davis a Bell; 2004).

Badatelsky orientovaná přírodovědná výuka či vzdělávání je přístup, který pochází z anglického Inquiry-Based Science Education s akronymem IBSE (U.S. English) nebo také Enquiry-Based Science Education – EBSE (UK English). Setkáváme se také s pojmy, jako jsou například Inquiry-Based Instruction – IBI, s českým ekvivalentem badatelsky orientovaná výuka a Inquiry-Based Learning – IBL, badatelsky orientované učení, případně také s Inquiry-Based Teaching – IBT, badatelsky orientované vyučování (Dostál, 2015).

Badatelsky orientované vzdělávání je přístup, na který se můžeme dívat třemi různými úhly pohledu, přičemž každý se částečně liší (Nezvalová a kol., 2010).

### Badatelsky orientované vzdělávání a vzdělávací program

Žáci v procesu bádání nabývají badatelských kompetencí, které obsahují kladení si otázek, plánování postupu, zkoumání, tvoření závěrů a formulaci argumentů (Nezvalová a kol., 2010).

Badatelská výuka v sobě kombinuje účinnou metodu poznávání konkrétního učiva a způsob osvojování klíčových kompetencí, především kompetencí k řešení problému (rozpoznání problému, kladení otázek, návrh hypotéz a pracovního postupu, interpretace výsledků a závěrů, kritické myšlení) a kompetence k učení (vlastní plánování pracovní činnosti, zdokonalování efektivních postupů ve svém učení, tvůrčí zpracování informací, přijetí rady i kritiky od druhých).

Badatelskou výukou se mohou rozvíjet i další klíčové kompetence. Komunikativní kompetence je rozvíjena při sdělování výsledků a z nich plynoucích závěrů. Kompetence občanská při zvažování dopadu získaných informací na společnost a na roli žáka v ní (např. experimenty zaměřené na environmentální výchovu). Při nutnosti zvládnout větší množství úkolů za omezený čas se také rozvíjí kompetence sociální a personální (posouzení vlastních schopností a schopností dalších členů skupiny, vhodné rozdělení úkolů atd.). Dělbá úkolů samozřejmě úzce souvisí i s kompetencemi k podnikavosti, kde badatelská výuka nenápadně především rozvíjí schopnost automotivace (Balada, 2007).

### Badatelsky orientované vzdělávání a učení žáka

Z pohledu žáka se jedná o aktivní činnost napodobující činnost zkoumání vědců a jejich bádání. Nezvalová a kol. (2010) shrnuje čtyři základní pravidla:

- Učení je aktivní průběh, kde si žák na podkladu svého pochopení konstruuje vlastní vědomostní strukturu.
- Subjektivní myšlenka přímo závisí na předešlých zkušenostech a vědomostech, s novými poznatky se tato zkušenost modifikuje.
- Pochopení je závislé na kontextu, čím je kontextu a informací větší množství, tím většího porozumění je žák schopen dosáhnout.
- Tvorba porozumění má společenský rozsah.

## Badatelsky orientované vzdělávání a výuka učitele

Role učitele se mění. Učitel zde není ten, kdo zcela formuje výuku, ale je zodpovědný za průběh vyučovací hodiny. Náplň výuky je formována žáky. Učitel povzbuzuje žákovo zkoumání a podporuje žákovu zvyšující se zodpovědnost, současně se snaží, aby žák hledal důkazy, byl schopný si klást badatelské otázky a na základě důkazů dokázat obhájit své tvrzení. Dle Papáčka (2010a, s. 40) „*učitel nepředává učivo výkladem v hotové podobě, ale vytváří znalosti cestou řešení problému a systémem kladených otázek (komunikačního aparátu)*“. Poskytuje žákům dostatečný prostor pro bádání a poté pro sdělení žakových výsledků a jejich ověření s okolím (Nezvalová a kol., 2010; Doorman a kol., 2016).

### 1.1.2 Cíle badatelsky orientované výuky v chemii

Vzdělávání ve formě přejímání prostých a hotových faktů dokáže žáky přinutit se naučit fakta a údaje, ovšem pro pochopení navazujících souvislostí a myšlenek se to nezdá jako ideální řešení. Za východisko se může jevit odklonění od tradiční výuky směrem k badatelsky orientované výuce chemie. Tato metoda dokáže rozvíjet a budovat schopnosti samostatného učení a řešení chemických otázek ve spojení s nabitými vědomostmi ze školy a mechanismy badatelského řešení (Petřiláková, Zámečnicková; 2014). Její cíl není předávat odborné definice a pojmy, ale snaží se povzbudit schopnost žáků odůvodňovat své návrhy, nacházet vhodné odpovědi a osvojit si souhrn vědeckých znalostí a schopností (Čtrnáctová, Mokrejšová; 2013).

Badatelská výuka by měla ztraktivnit obor a jeho výuku a zároveň zjednodušit získávání nenahraditelných klíčových dovedností na požadované úrovni (Petřiláková, Zámečnicková; 2014).

### 1.1.3 Fáze badatelsky orientované výuky

Trna, Trnová (2014) člení průběh badatelsky orientované výuky na několik fází:

- zaujetí a motivace žáka, dochází k aktivaci a zvýšení zájmu o nové informace,
- stanovení určitého problému,
- naplánování takového postupu, který by žáka mohl dovést k správnému výsledku,
- realizace postupu (experiment),
- porovnání výsledku s realitou,
- vyvození závěru,
- použití vědeckého závěru jako důkazu k rozhodování.

Badatelský cyklus je prakticky celý proces a pomyslná cesta, kterou žák a učitel urazí v rámci badatelských činností. Dělí se na čtyři části.

První část badatelského cyklu zahrnuje „Co chci řešit“ a obsahuje složky jako je motivace, získání informací, kladení otázek a utvoření výzkumné otázky. Žák se učí přemýšlet o tématu, získávat a třídit informace z různých zdrojů, své otázky podrobuje své vlastní analýze a porovnává je se spolužáky. Učitel by měl žáky motivovat věkem a zaměřením vhodným materiálem, aby se nedostavil opačný efekt – zklamání. Důležité je také vyvarování se nekritického přebírání a důvěry ve všechny, i nevěrohodné zdroje.

Druhá část badatelského cyklu je „přicházení s domněnkou“ a jedná se o formulaci vlastní hypotézy. Ta by měla být jednoznačná, ověřitelná, specifická, měřitelná a zobecnitelná.

Třetí část badatelského cyklu se zaměřuje na ověření hypotézy, tedy přímo na pokus. Zahrnuje vlastní plánování a přípravu na pokus, jeho provedení, vhodné zaznamenání a samozřejmě vyhodnocení dat. Žák piluje postupy, jak ověřit či vyvrátit vlastní hypotézu a navrhuje průběhy experimentů. Učí se také pracovat ve větším kolektivu, při provádění pokusu zdokonaluje analytické dovednosti. Získaná data umí setřídit systematicky a tato data dále prezentovat či převést do například grafické podoby.

Poslední, čtvrtá část badatelského cyklu, cílí na formulaci závěrů a návrat

k hypotéze a její vyvrácení či potvrzení. V této části je také zahrnuto hledání vzájemných souvislostí mezi daty z pokusu a hypotézou, schopnost svoje výsledky prezentovat a popřípadě si položit další související otázky. Žák piluje schopnost vyvozovat výsledky z dat. Výsledky umí sumarizovat, baví se o nich. Učí se své výsledky poskládat do podoby vhodné k prezentování a následně je prezentovat. Je také žádoucí, aby si žáci osvojili schopnost uvádět věrohodné zdroje a kriticky uvažovat nebo diskutovat nad jejich použitelností. V neposlední řadě se po prezentování výsledků učí o své práci diskutovat a odpovídat na otázky ostatních na svou práci (Votápková, 2013).

### 1.1.4 Úrovně badatelsky orientované výuky

Banchi a Bell (2008) definovali čtyři úrovně badatelsky orientované výuky podle množství učitelova zásahu, viz tabulka 1.

Tabulka 1: Čtyři úrovně IBSE (Trna, Trnová; 2015).

Úroveň IBSE	Otázky stanovené učitelem	Postup stanovený učitelem	Řešení stanovené učitelem
<b>Potvrzující (confirmation)</b>	Ano	Ano	Ano
<b>Strukturované (structured)</b>	Ano	Ano	Ne
<b>Nasměřované (guided)</b>	Ano	Ne	Ne
<b>Otevřené (open)</b>	Ne	Ne	Ne

Tyto úrovně umožňují aktivní zapojení žáků dle jejich rozdílných schopností a dále dávají učitelům prostor k rozlišení obtížnosti výuky (Trna, Trnová; 2014).

V následujícím textu stručně charakterizujeme jednotlivé úrovně IBSE (Dostál, 2015; Papáček, 2010b).

#### Potvrzující bádání

Potvrzující bádání je typ badatelsky orientované výuky, kde žáci postupují podle učitelových instrukcí a pod jeho přímým vedením. Může být charakterizováno jako

nejjednodušší typ bádání z pohledu poznávání. Základem tohoto typu je potvrzení a verifikace již známých zákonů a teorií. Hypotetické výsledky pokusů jsou dopředu dané a žáci tak v této spojitosti nemusí řešit problém. Přesto je potvrzující bádání důležité, především v případě, kdy chce učitel rozvinout experimentální, analytické a pozorovací dovednosti žáků.

### Strukturované bádání

Tato úroveň je založena na základě řešení problémů. Učitel ovlivňuje žáky tím, že klade návodné otázky a tím udává směr bádání. Průběh bádání je téměř do detailu dán učitelem, i když řešení není napřed dané. Žáci mají šanci se vyjádřit kreativním způsobem, ale jsou usměrňováni učitelem. Je velice významné pro vývoj žakových dovedností k tomu, aby zvládl vykonat další úrovně BOV.

### Nasměřované bádání

Nasměřované bádání je založeno na předpokladu, že učitel je iniciativní průvodce v bádání žáků. Učitelé si ve spolupráci s žáky kladou badatelské otázky. Učitelé žákům dávají rady během plánování a přípravy i při vlastním procesu bádání. Žáci navrhuji způsoby, jak verifikovat výzkumné otázky a jejich další řešení. Učitelova pomoc a podpora klesá ve srovnání s předešlymi nižšími úrovněmi. Úroveň nezávislosti se v tomto typu zvyšuje. Je potřeba, aby žáci disponovali zkušenostmi z předešlých nižších úrovní.

### Otevřené bádání

Nejvyšší úroveň je označovaná jako otevřené bádání. Tato úroveň má nejbližší k opravdovému vědeckému bádání. Je založená na nezávislé aktivitě žáka, který řídí vyučovací proces. Žák zde musí vybrat a definovat problém, identifikovat výzkumné otázky a stanovit metody a způsoby bádání, dále získat a analyzovat data a sumarizovat závěry. Otevřené bádání klade na žáky značné poznávací požadavky (Dostál, 2015; Papáček, 2010b).

## **1.1.5 Experiment jako významná složka badatelsky orientované výuky**

Vyučování badatelsky orientovaným směrem lze vést několika metodami, které můžeme charakterizovat do dvou skupin, viz tabulka 2, kde jsou metody

roztríděné na empirické a obecně-teoretické. Experiment je empirická metoda, která dochází ke konkrétním poznatkům pomocí přesných metod (Dostál, 2013).

**Tabulka 2: Dvě skupiny metod badatelsky orientované výuky (Dostál, 2015).**

	<b>Empirické</b>	<b>Obecně-teoretické</b>	
<b>Příklady metod</b>	Pozorování	Analýza	Komparace
	Měření	Syntéza	Specifikace
	Experiment	Indukce	Abstrakce
		Dedukce	Konkretizace
		Analogie	

Experiment je prezentován jako odhalování něčeho nového postupným zjišťováním a vyvíjením aktivní činnosti. Tímto se liší od vědeckého pozorování, neboť v experimentu experimentátor aktivně vstupuje do procesu a má pod kontrolou podmínky experimentu. Pozorování je nicméně nedílnou součástí experimentu (Maňák, 1994).

Školní pokus neboli experiment zmiňuje ve své knize *Obecná didaktika* i Jarmila Skalková (1999). Tento didaktický prostředek zde popisuje jako metodu, kde poznání plyne převážně z přímé činnosti žáků, ze styku s předměty, týkajícími se výuky a možnost manipulace či interakce s nimi. Experiment zasazuje do prostředí převážně školních laboratoří. Podle autorky je laboratorní práce jednou z cest, jak překonat jednostranný a nazírací způsob výuky. Tato metoda rozvíjí schopnosti pozorování, samostatného uvažování, v neposlední řadě též rozvíjí pracovní dovednosti a komunikaci v kolektivu.

Ze tří zmíněných typů – ilustrační (ilustruje již poznané učivo), aplikační (aplikuje již poznané) a heuristický, se má práce zabývat právě experimenty heuristického charakteru, ve kterých Skalková zdůrazňuje možnost vlastního řešení problémů a objevování nových fakt, postupů a získávání nových poznatků (Skalková, 1999).

V souvislosti s jednotlivými fázemi výuky může mít školní pokus funkci motivační, osvojovací či upevňovací (Čtrnáctová, Halbych; 1997).

Experiment stimuluje žákovu schopnost myslet a hledat řešení a v jeho průběhu podporuje osvojování nových informací a zkušeností. Tím, že je to přímá konfrontace, tak umožňuje hluboké a dlouhodobé uchování a osvojení nových



informací. Experiment se také jeví jako vhodný prostředek ke spojení teorie a praxe a slouží také jako jakýsi předobraz metod vědecké práce. Tuto metodu zastupují převážně přírodovědné obory, ve výuce humanitních předmětů se s ní setkáváme méně často. Ne každá práce s pomůckami a materiálem se dá přitom označit jako experiment, nelze s ním zaměňovat ani laboratorní či jiné práce, například prostou demonstraci. Obecné principy dedukce a indukce používané ve vzdělávání se dají vysledovat i při použití této metody, ve formě indukce je nalezené řešení podloženo výsledky experimentů a při použití dedukce se domnělý výsledek ověřuje na míru navrhnutým experimentem. Pro použití ve školách a při vzdělávání je vhodné používat pokusy nenáročné na čas, vybavenost a které mají jasně daný průběh a dá se odhadnout výsledek (Dostál, 2013).

Článek Lesk a bída školního experimentu (Škoda, Doulík; 2009) zmiňuje jeden nedostatek současné výuky, vyskytující se hlavně ve vyšších ročnících gymnázií. A to sice samotná absence dostatečného výskytu experimentů ve výuce. Autoři přisuzují hlavní díl viny předimenzovanému vzdělávacímu obsahu. Podle nich pak proto nezůstává na experimenty čas kvůli jejich časové náročnosti a výuka se nahrazuje prostým výkladem látky. Řešení vidí v úpravě školního vzdělávacího programu, který by bylo třeba upravit ve prospěch experimentů a taky zamezit jeho současnou obecnost a vágnost, kdy je obsah učiva konkretizován pouze názvy kapitol. Jako další východisko zmiňují přesun experimentů do virtuálního prostředí počítačů, kde ale také zmiňují nevýhody jako ochuzení se o pocit adrenalinu, čichové a hmatové jevy (Škoda, Doulík; 2009).

Podle Čtrnáctové, Bayerové, Cídlové a Trnové (2014) je hlavním problémem v uvádění nových vyučovacích metod nedostatek kvalitních a použitelných materiálů a také nepřipravenost či nevyškolenost pedagogů na použití této metody (Čtrnáctová, Bayerová, Cídlová, Trnová; 2014).

Podstatný je také učební styl žáka, který si každý jedinec vytvoří. Ve vyšších ročnících studia by měl tento styl být tzv. pragmatický. Žák by se měl zajímat o praktická využití problematiky, měl by si snadněji zapamatovat souvislosti při praktické aplikaci látky. Tento styl podporuje právě badatelsky orientovaná výuka, jelikož při pouhém přejímání látky a informací žák už experiment nepotřebuje a není ani schopný s ním leckdy správně pracovat. Proto je podle dvojice autorů důležité začít se zapojením žákovy myšlení formou pokusů

už od začátku výuky chemie, neboť v té době je jejich přijetí pokusů nadšené a dostatečně vysoké (Škoda, Doulík; 2009).

## **1.2 Emoce**

Není třeba zdůrazňovat, že emoce mají zásadní vliv na vzdělávací proces. Ať už plynou ze samotného učení nebo ze vztahu mezi žáky a učitelem, mohou působit pozitivně i negativně. Tato kapitola se bude zabývat vymezením emocí a jejich vztahem k badatelsky orientované výuce.

### **1.2.1 Vymezení pojmu emoce**

Emoce se dají charakterizovat jako oblast velice rozsáhlá a kompaktní, až komplexní, s důrazem na jejich variabilitu. To dokládá fakt, že emoce se můžou měnit i bez zjevné vnější změny v okolnostech. Nefungují také na povel, ve stejné situaci se může emoce jednou vyvolat a podruhé nikoliv, není zde tedy úplná příčinná souvislost. Složitost umocňuje také fakt, že emoce jde velmi těžko popsat a zkoumat, např. láska má mnoho podob a člověk může milovat různými způsoby, či rozlišovat lásku k jiným osobám a hmotným věcem (Stuchlíková, 2007).

Emoce lze definovat jako významově totožné s termínem cit a prožívání stavů smutku, hněvu, závisti, lítosti, strachu, atd. Nakonečný (2000) se zmiňuje o psychologickém vymezení pojmu a o jeho obtížnosti a nemožnosti exaktního výkladu, kde se často vyskytují velice různorodá pojetí.

Říčan (2010) ve své knize uvádí, že emoce má dvě hlavní složky, psychickou a fyzickou, její fyziologický projev na těle a naše chování. Psychickou část tvoří náš určitý cit. O emoci se dá hovořit jako o afektu, nýbrž bez negativního přibarvení ve významu prudké emoce. Jsou stanoveny čtyři základní, takzvaně vrozené emoce: vztek, strach, smutek a radost. Není ovšem pevně daný exaktní seznam a v různých výkladech se dají nalézt různé základní emoce. Jak autor konstatuje, její vrozenost se nemůže chápat jako její přítomnost od narození.

Dle Stuchlíkové (2007) vznikly emoce proto, že účelně uspořádávají a třídí různé reakce na dění okolo a proto člověku dokáží pomoci projevit se ve variaci různorodých příležitostí a stavů. Vidíme zde tak rozkol například s Periferní teorií emocí, zmíněnou v knize *Emoce, city a motivace* (Švancara, 1979), která říká,

že emoce není nic jiného než právě prostá fyziologická reakce těla.

Nakonečný (2000) se ve své knize věnuje mimo jiné funkcím emocí. Jako nejvíce obecný a platný význam jakékoliv psychické činnosti, tedy i emocí, lze považovat řídicí a regulační funkci osobnosti, ať už z přístupu biologického nebo sociologického. V dřívějších dobách vývoje organismů znamenal pozitivní zážitek biologicky kladný podnět a naopak, tudíž se uplatnila hodnotící funkce emocí, konkrétně jejich citové části. Tyto hodnotící a řídicí funkce se ukázali jako životně významné, neboť mohou rozhodovat o životě, přežití a evoluci individua. Dále se zabývá vztahem emocí a osobnosti. Prakticky zde shrnuje, že emoce a osobnost se ovlivňují a obojí dává za vznik tzv. psychickému obrazu situace. Tento obraz může být u každého jiný a je ovlivněný osobnostními složkami, jako např. temperamentem, intelektem, postojem a motivací.

V současné době se dostávají do popředí dva hlavní proudy v popisu emocí, první se zabývá diskrétními emocemi a rozdělením na primární a sekundární. Druhý proud se zabývá popisem emocí pomocí dimenzí. Nejrozšířenější je dvoudimenzionální model, kde se zaměřují na valenci (příjemné – nepříjemné) a intenzitu prožitku. Emoce netvoří samostatný celek a nejdou oddělit od příbuzných jevů, tvořících společně jakousi říši. Tyto jevy jsou „vedle emocí i emocionální vztahy, nálady, afektivní rysy, emoční epizody, ale i související jevy jako jsou afektivní poruchy apod.“ (Stuchlíková, 2002)

Emoce mají původ v nervové soustavě, konkrétně v mozku. Teorií o vzniku emocí je vícero, nejznámější neurofyziologické teorie jsou Lange-Jamesova a Cannon-Bardova. Změnu přinesl J. W. Papez, který se zaměřil na limbický systém, který je pro současný stav poznání klíčový. Ovšem problematika je složitá, mozek je také orgán produkující látky, tudíž se musíme na problém dívat z pohledu neurofyziologického tak i biochemického. Limbický systém je propojen s mozkovou kůrou a autonomním nervovým systémem, s retikulární formací mozkového kmene. Limbický systém není přesně ohraničené místo, ale spíše shluk jader s dílčími funkcemi (Nakonečný, 2000).

### **1.2.2 Emoce a badatelsky orientovaná výuka**

Dostál (2015) v knize Inquiry-based instruction – Concept, essence, importance and contribution prezentuje provedený výzkum, který byl mířen přímo na emoce,

kteře se vyskytují při badatelsky orientované výuce. Jak uvádí Stuchlíková (2007) emoce jsou propojeny s kognitivními procesy neoddělitelně a velmi těsně.

Emoce může ve vyučovací procesy zapříčinit motivaci či demotivaci, zájem či nezájem a je tedy důležité vyvolat při výuce ty, které podnítl motivaci. (Fernandes, 2004, s. 242). „Je zřetelná potřeba, aby celý proces učení obsahoval příslušnou dávku emcionality, tedy dávku pozitivního a dynamického vzruchu a podněcení. Díky emocím hledá dítě předmět, který si přeje, prožívá, zapojuje se, získává zkušenosti. Bezpochyby se každý člověk mnohem lépe učí s radostí a potěšením než se smutkem nebo bolestí.“ (Fernandes; 2004, s. 239, 240, 250)

R. Perkun (1992, 1998) učinil výzkumy, ve kterých se orientoval na souvislost emocí se školním výkonem žáka. Viz tabulka 3.

**Tabulka 3: Klasifikace emocí ve vztahu k učení a výkonu (Dostál, 2015).**

		<b>Pozitivní emoce</b>	<b>Negativní emoce</b>
<b>Emoce související s plněním úkolu</b>	<b>Související s činností</b>	Radost z učení	Nuda
	<b>Perspektivní</b>	Naděje, očekávání	Strach, beznaděj
	<b>Retrospektivní</b>	Radost z výsledku, úleva, hrdost	Smutek, zklamání, stud, vina
<b>Sociální emoce</b>		Vděčnost, empatie, obdiv, sympatie, láska	Zlost, závist, pohrdání, antipatie, nenávisť

Význam badatelsky orientované výuky spočívá ve snaze naučit žáka rozpoznávat své okolí a nalézat znalosti, které je nezbytné se naučit. Výsledky objevené samotným žákem jsou provázeny emocemi. V případě pozitivních emocí mohou nést vliv na trvalost zapamatování (Dostál, 2015). Právě díky pozitivním emocím se jedinci stávají kreativnějšími a rozumnějšími. Rozvíjí se u nich společenská aktivita, mluvíme tedy o jejich transformaci (Frederickson, 2002; Křivohlavý, 2010).

Velmi silná, často negativní emoce ale může mít přesně opačný účinek, a vědomost vytěsnit (Nakonečný, 2000). Stuchlíková (2007) uvádí, že stres a strach, tzn. vážné negativní emoce, mají ale efekty oba. Mohou tedy sice dopomoci k vytěsnění myšlenky, na druhé straně při stresové situaci se učíme nové věci extrémně rychle, nicméně pouze krátkodobě, neboť při dlouhodobém strádání nastupuje účinek kortizolu a úroveň učení se stává méně kvalitní.

Stuchlíková (2007) poukazuje na fakt, že negativní emoce zužují aktuální

myšlenkový repertoár a tím pádem dochází k aktivaci specifické akční tendence. Kdežto u pozitivních emocí se toto zúžení nevyskytuje. Vyskytují se u nich naopak myšlenky a vzorce chování rozšiřující myšlenkový akční repertoár. Jedinci s pozitivními emocemi mají lepší předpoklad k překonávání problémů než ti s negativními emocemi (Křivohlavý, 2010). „*Pozitivní emoce, i když jsou velmi krátkodobé, napomáhají učení a zvládání kognitivních úloh, což následně vede k budování přetrvávajících individuálních intelektuálních zdrojů. Pozitivní stavy tedy vzbuzují méně obvyklé a více rozrůzněné formy aktivity.*“ (Stuchlíková, 2007, s. 107)

Prof. Dostál provedl kvalitativní výzkum, který se zaměřoval na výskyt různých emocí při badatelsky orientované a tradiční výuce (založené na prostém přejímání). Jako vzorek sloužili žáci druhého stupně ZŠ. Jako hypotéza bylo bráno, že žáci prožívají jiné emoce při klasické výuce, kde získávají informace převážně pasivně, a při badatelsky orientované, kde informace získávají na základě vlastního bádání.

Stanovil si tři výzkumné otázky:

- *Jaké emoce pociťují žáci v průběhu získávání nových vědomostí v rámci badatelsky orientované výuky a v rámci klasické?*
- *Jaký je rozdíl v emocích pozorovaných při badatelsky orientované výuce a při klasické?*
- *Jsou emoční zdroje rozdílné v BOV a při klasické výuce?*

Pro provedení výzkumu bylo zapotřebí vytvořit seznam lidských emocí, pro tyto účely bylo pracováno s literaturou, zejména práce od M. Nakonečný (2000), I. Stuchlíkové (2002) nebo V.E. Fernandese (2004). Vedle toho bylo také osloveno 12 učitelů, aby přišli s vlastními nápady, které emoce pozorují na svých žácích. K odbourání stresu bylo na odpovědi vyčleněno několik dní. Přehled emocí je uveden v tabulce 4 na následující stránce.

**Tabulka 4: Soubor emocí objevujících se ve výuce (Dostál, 2015).**

Emoce	Výskyt v literatuře	Frekvence pozorování u učitelů
<b>Spokojenost</b>	ano	12
<b>Vděčnost</b>	ano	8
<b>Stud</b>	ano	7
<b>Kuráž</b>	ano	4
<b>Radost</b>	ano	12
<b>Vztek</b>	ano	5
<b>Znechucení</b>	ano	6
<b>Klid</b>	ano	8
<b>Důvěra</b>	ano	6
<b>Smíření</b>	ano	2
<b>Nenávist</b>	ano	6
<b>Pýcha</b>	ano	4
<b>Vztek</b>	ano	5
<b>Zábava</b>	ano	2
<b>Obdiv</b>	ano	6
<b>Úleva</b>	ano	8
<b>Smutek</b>	ano	12
<b>Očekávání</b>	ano	3
<b>Oddanost</b>	ano	4
<b>Ohromení</b>	ano	8
<b>Nadšení</b>	ano	6
<b>Náklonnost</b>	ano	0
<b>Láska</b>	ano	1
<b>Uznání</b>	ano	0
<b>Hořkost</b>	ano	5
<b>Strach</b>	ano	12
<b>Naplnění</b>	ano	4
<b>Údiv</b>	ano	3
<b>Znuděnost</b>	ano	12
<b>Vina</b>	ano	4
<b>Závist</b>	ano	5
<b>Zklamání</b>	ano	8
<b>Spokojenost</b>	ano	0
<b>Naděje</b>	ano	7
<b>Opovržení</b>	ano	2
<b>Hněv</b>	ano	12
<b>Beznaděj</b>	ano	7
<b>Nervozita</b>	ano	10
<b>Panika</b>	ano	7
<b>Štěstí</b>	ano	2

Tato tabulka nám poskytuje vhled do toho, jaké emoce vnímají učitelé na žácích v průběhu výuky. Neposkytuje nám to ovšem plnohodnotnou odpověď na otázku, jaké emoce žáci zažívají v průběhu různých stylů výuky a jaký je jejich zdroj. Proto bylo zapotřebí s výzkumem postoupit. Pozorování proběhlo na různých školách v Olomouckém kraji. Zvoleno bylo pozorování dobrovolníky, kteří měli identifikovat emoce. Průzkum trval dvanáct měsíců a vždy ho prováděli tři stejní pozorovatelé, aby byla dodržena jistá soudržnost. Protože emocí v tabulce je čtyřicet, bylo pro budoucí potřeby toto kvantum do několika základních skupin (J.R. Averill 1975), konkrétně šesti. Láska, radost, ohromení, vztek, smutek, strach. Výzkum byl nadále rozdělen na výuku podle BOV a podle klasického vzoru, šest ku šesti školám. V každé třídě se vyskytovali tři pozorovatelé, kteří měli na starost šest až devět žáků. Učitelé ani žáci nebyli informováni o pravém záměru pokusu a pozorovatelé byli přítomni i na hodinách před samotným pozorováním, aby nepůsobili jako nový element a aby nebyly přítomny pokusy o ovlivnění výsledku jak ze strany žáků, tak ze strany učitelů.

Výzkumné zjištění v tradiční výuce, založené na prostém přejímání informací. Láska byla zaznamenána pouze v jednom případě a to mezi žáky. Radost byla přítomna hlavně v případech, kdy učitel prohlásil, že dnes nebude zkoušet a když někoho vyzval, ať jde k interaktivní tabuli. Byla také přítomna při dosažení výborných výsledků v testu. Ohromení bylo zaznamenáno hlavně při oznámení, že se dnes nebude zkoušet. Při psaní neočekávaného testu se často vyskytoval vztek, který byl taktéž zřetelný, když učitel upozornil žáka, který si nic nezapisoval. A v neposlední řadě byl přítomen, když byl žák vyzván k předčítání nahlas před třídou. Smutek byl pozorován zejména při negativním hodnocení. Při špatné známce z testu anebo z ohlášení opakovacího testu byl patrný strach. Jako celek lze konstatovat, že emoce nebyly spojené s probíranou látkou a hlavní zdroj emocí představovalo hlavně vyučování samotné. Byla zde také zjevná snaha učitelů tyto emoční vyjádření potlačit.

V druhé části badatelsky orientovaná výuka. Láska byla pozorována na žákovi, který vykazoval velký osobní zájem na fyzikálním pokusu. Radost byla zjevná při řešení otázek s problémy, které museli žáci aktivně řešit. Také se vyskytovala při pozitivním hodnocení ze strany učitelů. Též byla přítomna při odměnách anebo při předvádění pokusu celé třídě. Ohromení bylo možno vysledovat převážně

při vysvětlování jevů, o kterých žáci nevěděli a které se dotýkali jejich životů. Šlo si všimnout také tzv. „aha efektu“, hlavně při vyřešení problémů. Vztek byl sledovatelný, pokud se problém dlouho nedařilo vyřešit anebo pokud se řešení zdálo bezvýchodné. Pokud se ukázalo, že postup byl špatný, byl patrný smutek. Strach byl zřejmý v případech, kdy si žáci mysleli, že zadaný problém je neřešitelný. Ve výsledku můžeme určit, že v badatelsky orientované výuce se vyskytují emoce více spojené s probíranou látkou než s výukou samotnou a že emoce vyplívají ze samotných vzdělávacích aktivit.

Výsledek pokusu je takový, že emoce u žáků se vyskytují jak v badatelsky orientované výuce tak v klasické výuce zaměřené na prostém přejímání výuky. V obou typech jde vysledovat celý rozsah zkoumaných emocí. Za významné lze považovat, že emoce mají rozdílný zdroj v různých stylech výuky. V klasické formě výuky je zřejmé, že emoce jsou vyvolané podněty mimo předmět. Naopak emoce vyvolané při badatelsky orientované výuce jsou častěji vyvolány podněty přímo z předmětu, což by mohlo pozitivně ovlivnit dlouhodobé memorování získaných vědomostí. Tento výstup ale není definitivní a rozhodně je potřeba ho ještě prohloubit v dalším zkoumání.

Jako neopomenutelný fakt se také ukázalo, že se učitelé často snaží potlačit emoce žáků, a dokonce je za ně i trestat. Poukazuje to na to, že učitelé nejsou plně schopni zvládat a nakládat s emocemi žáků. Tento fenomén se ukazuje jak u tradiční formy výuky tak i u badatelsky orientované. Tento fakt odporuje obecně přijímanému principu, že emoce pozitivně ovlivňují dlouhodobé zapamatování (Dostál, 2015).

### **1.3 Biochemie jako téma pro badatelsky orientovanou výuku**

Pro návrhy didaktických materiálů byla zvolena vybraná témata z tematického celku Biochemie, který je na gymnáziích zpravidla vyučován ve třetím ročníku.

V Rámcovém vzdělávacím programu (dále RVP) pro gymnázia jsou uvedeny pouze dva očekávané výstupy v oblasti biochemie a jedním z nich je, že žák „*objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech*“. Druhým je, že „*žák charakterizuje základní metabolické procesy*“.



*a jejich význam“.*

V následujícím textu budou stručně charakterizována témata vybraná pro tvorbu didaktických materiálů.

### **1.3.1 Sacharidy**

Sacharidy (nesprávně uhlovodany, resp. karbohydráty) jsou jedny z nejrozšířenějších organických látek na Zemi, jedná se o tzv. primární metabolity, tzn., že jsou přítomné u všech živých organismů. Odvozeny jsou od jednoduchých uhlovodíků substitucí některých vodíků hydroxylovou, aldehydickou, ketonickou či karboxylovou skupinou (McMurry, 2015). Jako cukry označujeme z důvodu jejich sladké chuti pouze monosacharidy a některé disacharidy.

Pro žáky je důležité pochopit jejich nezbytné zastoupení v potravě - hlavní funkce sacharidů spočívá ve zdroji (glukosa) a zásobárně energie u živočichů (tj. glykogen) i rostlin (škrob a inulin). Sacharidy plní také funkci stavební: monosacharidy ribosa a deoxyribosa<sup>1</sup> jsou součástí řetězce nukleových kyselin, polysacharid celuloza je základní složkou buněčných stěn rostlin.

Sacharidy lze rozdělit na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy podle počtu stavebních jednotek v molekule. Monosacharidy jsou tvořeny jen jedinou stavební jednotkou, ostatní obsahují více jednotek spojených glykosidickou vazbou (speciální případ vazby etherové). Mezi oligosacharidy patří např. sacharóza, mezi polysacharidy patří škrob či celuloza. Polysacharidy zároveň řadíme do větší skupiny přírodních látek – biopolymerů.

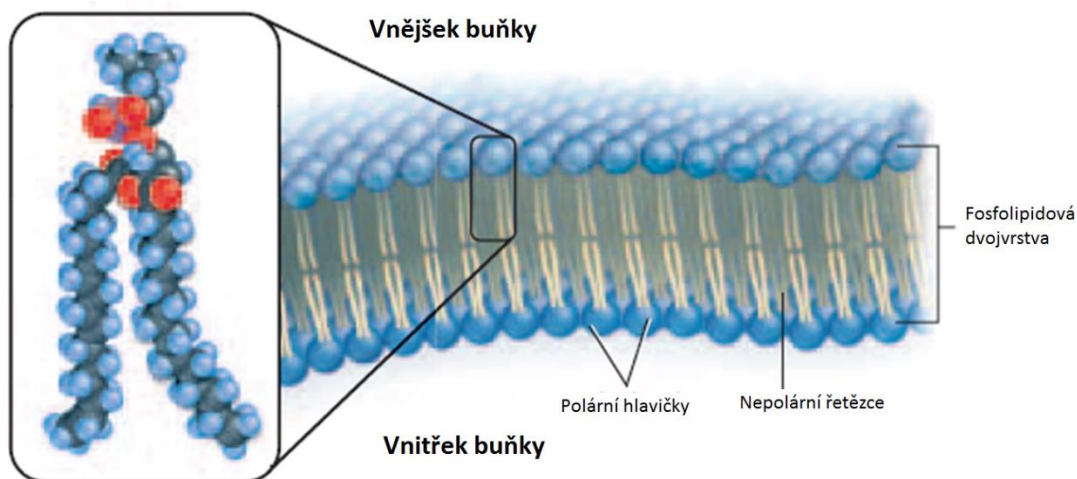
Dále můžeme monosacharidy dělit dle přítomnosti aldehydické či ketonické skupiny v molekule na aldosity a ketosity. Monosacharidy dělíme i podle počtu atomů uhlíků. Tříuhlíkatý řetězec mají triosy, analogicky můžeme mluvit o tetrosách, pentosách, hexosách atd. Tyto přístupy se vzájemně doplňují – např. glukosa patří mezi aldohexosy (McMurry, 2015).

### **1.3.2 Lipidy**

Lipidy jsou přírodní organické sloučeniny rostlinného, živočišného

---

<sup>1</sup> Důležitý deoxycukr, sacharid, kterému chybí jeden atom kyslíku ve srovnání s ostatními cukry (Kodíček, 2004)



**Obrázek 1: Fosfolipidová dvojrstva. Převzato a upraveno z: Buthelezi (2013)**

i mikrobiálního původu. Chemicky se jedná o estery vyšších mastných kyselin (VMK) a trojsytného alkoholu glycerolu (opomeneme-li vosky). Jsou to hydrofobní látky, které se nerozpouští ve vodě, ale jsou rozpustné v nepolárních rozpouštědlech, např. etheru.

Lipidy mají nenahraditelný význam, neboť tvoří ve formě fosfolipidů spolu s bílkovinami biologické membrány (obrázek 1). Lipidy obsahují uhlovodíkové řetězce a mohou tak sloužit jako zásobárna energie. Jsou to také prekurzory vitamínů a hormonů, dále tvoří ochranné obaly orgánů a poskytují též tepelnou izolaci. Enormní příjem tuků však způsobuje hypertenzi<sup>2</sup>, varixy<sup>3</sup> a dále vznik aterosklerózy<sup>4</sup>. Není také vyloučená spojitost s nádorovým onemocněním (Voet a kol., 1999).

Rozčlenit je lze na lipidy jednoduché a složité. Jednoduché jsou tvořené pouze estery VMK (spadají sem tuky, oleje a vosky). Pokud lipidy obsahují ještě další složku navíc, mluvíme o lipidech složitých. Sem řadíme fosfolipidy a glykolipidy.

Mastné kyseliny (MK) mohou být nasycené či nenasycené. Mezi nejběžnější nasycené MK patří kyselina palmitová a stearová, další kyseliny spadající do této skupiny jsou vyjmenovány v tabulce č. 5. Tyto kyseliny člověk dokáže syntetizovat. Nenasycené MK, obsahující alespoň jednu dvojnou vazbu, lidský organismus neumí syntetizovat, proto je musí získávat v potravě. Nenasycenými MK jsou

<sup>2</sup> Vysoký krevní tlak

<sup>3</sup> Křečové žíly

<sup>4</sup> Ukládání tukových látek (cholesterolu) v krevních cévách

např. kyseliny linolová a linolenová, které jsou obsaženy ve smetaně. Řadí se tedy k esenciálním (nezbytným) složkám potravy (McMurry, 2015).

**Tabulka 5: Struktury některých běžných mastných kyselin (McMurry, 2015).**

Název	Počet atomů C	Struktura kyseliny
<b>Nasycené</b>		
<b>laurová</b>	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
<b>myristová</b>	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
<b>palmitová</b>	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
<b>stearová</b>	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
<b>arachová</b>	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
<b>Nenasycené</b>		
<b>palmitolejová</b>	16	$(Z)\text{-CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
<b>olejová</b>	18	$(Z)\text{-CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
<b>linolová</b>	18	$(Z,Z)\text{-CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
<b>linolenová</b>	18	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
<b>arachidonová</b>	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$

Kyselina  $\alpha$ -linolenová (ALA), eikozapentaenová (EPA) a dokozahexaenová (DHA) jsou tzv. omega-3 mastné kyseliny. Tato skupina kyselin je nenahraditelná již pro vývoj plodu. U dospělých jedinců se vyznačuje redukováním obsahu triglyceridů v krvi, dochází tak ke snížení rizika infarktu. Dále se zaslouhuje o snižování krevního tlaku a zabraňuje arytmií srdce. Bohatým zdrojem omega-3-mastných kyselin jsou olejnaté ryby (Petráková, 2014; McMurry, 2015).

### 1.3.3 Bílkoviny (proteiny)

Bílkoviny (proteiny) patří mezi důležité biopolymery. Jsou stavební jednotkou všech živých organismů a kromě stavební mají ještě několik dalších funkcí. Především katalytickou (enzymy), regulační (hormony), obrannou (protilátky) a transportní (hemoglobin). Mohou být jednoduché (pouze z aminokyselin) nebo složené (obsahují nebílkovinnou část).

Primární strukturu představuje prostá sekvence aminokyselin, které jsou navzájem propojeny amidovými (peptidovými) vazbami. Záměna jediné aminokyseliny může změnit vlastnosti celé bílkoviny, může dojít například k vážné poruše organismu.

Sekundární strukturou se rozumí prostorové uspořádání polypeptidového řetězce v menším měřítku (na úrovni několika aminokyselin). Má nejčastěji

podobu pravotočivé šroubovice (tzv.  $\alpha$ -helixová struktura) nebo podobu skládaného listu ( $\beta$ -struktura). Prostorové uspořádání polypeptidického řetězce do podoby šroubovice nebo skládaného listu je stabilizované přitažlivými silami dipól-dipól mezi C=O skupinami a vodíkovými můstky.

Terciální strukturou se označuje trojrozměrné uspořádání celého peptidového řetězce. Nejčastější tvary bílkovinných makromolekul jsou vlákna (fibrilární struktura) a klubička (globulární struktura). Přitažlivé síly držící makromolekuly bílkovin v terciální podobě jsou: vodíkové vazby, disulfidické vazby či Van der Waalsovy síly.

Kvartérní struktura objasňuje výstavbu molekul bílkovinných aglomerátů z jednotlivých polypeptidových řetězců, které spolu nejsou spojeny peptidickými vazbami. Takovéto uspořádání vykazují jen složitější komplexy bílkovin, např. fibrily kolagenu nebo lidské DNA polymerázy (Voet a kol., 1999; Benešová a kol., 2002).

### **1.3.4 Nukleové kyseliny**

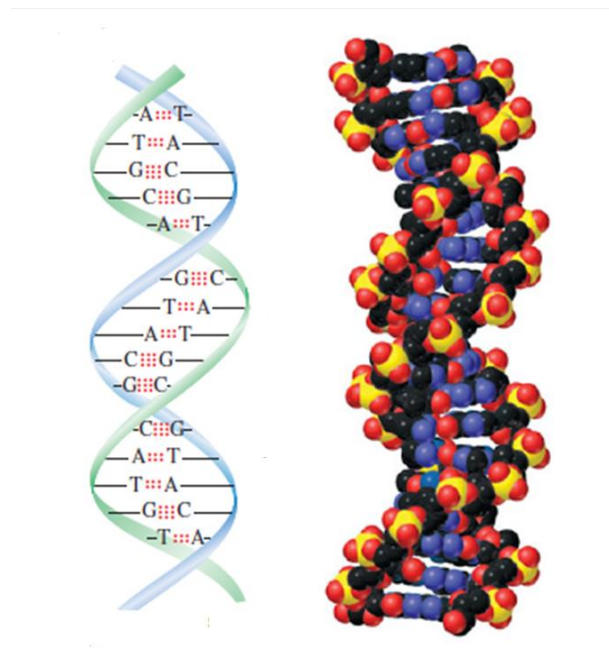
Nukleové kyseliny jsou biopolymery, tvoří dlouhé vláknité molekuly. Vznikají polykondenzací základních stavebních jednotek - nukleotidů. Rozeznáváme dva druhy nukleových kyselin:

- Deoxyribonukleová kyselina DNA – uchování genetické informace a její přenos na další generace, nachází se hojně v jádře.
- Ribonukleová kyselina RNA – realizace genetické informace = exprese genu, proteosyntéza, rozlišujeme více typů podle funkce.

Nukleotidy jsou tvořené třemi různými látkami: dusíkatou bází odvozenou od purinu (adenin a guanin) nebo pyrimidinu (cytosin, thymin – pouze v DNA, uracil – pouze v RNA), sacharidem - pentosou (2-deoxy-D-ribose v DNA, D-ribose v RNA) a zbytkem kyseliny trihydrogenfosforečné. Jejich pořadí určuje primární strukturu polynukleotidového řetězce. RNA a DNA se od sebe zásadně liší sekundární strukturou. RNA je vždy jednovláknová (kromě RNA některých virů) a sekundární struktura může mít podobu jetelového listu (tRNA) nebo dvoušroubovice (ale stále jen z jednoho vlákna). Sekundární struktura dvouvláknové DNA má vždy podobu dvojité šroubovice (tzv. double-helix). Tuto

strukturu tvoří dva polynukleotidové řetězce, jejichž komplementární báze se vzájemně vážou vodíkovými vazbami (obrázek 2).

Nukleové kyseliny jsou nosičem genetické informace, podle sekvencí nukleotidů (tzv. genů) se syntetizují různé proteiny a tím jsou determinovány různé vlastnosti, jako krevní skupina, barva očí či vlasů (Benešová a kol., 2002; McMurry, 2015).



**Obrázek 2: Dvoušroubovice DNA a znázornění komplementarity dusíkatých bází. Guanin s cytosinem se párují třemi vodíkovými můstky a adenin s thyminem pouze dvěma. Převzato a upraveno z: Wade (2013)**

### 1.3.5 Vitamíny

Vitamíny jsou skupinou chemických látek vyčleněných na základě své funkce, nikoli chemické struktury, která je u nich nejednotná. Mohou to být látky rostlinného i živočišného původu. Vyšší živočichové však většinou nedokáží vitamíny syntetizovat a jsou tedy pro ně esenciální složkou potravy. Samotná definice vitamínu je tedy vázaná na to, o kterém organismu se bavíme, což je většinou člověk. Ale třeba vitamín C, tedy kyselina askorbová, není vitamínem pro krysou, ta ho totiž dokáže sama syntetizovat a nemusí ho přijímat v potravě (Mareček, Honza, 2000).

Vitamíny se dělí na rozpustné ve vodě a rozpustné v tucích, toto dělení je praktické především proto, že vitamíny rozpustnými v tucích se lze i předávkovat,

kdežto nadbytek vitamínů rozpustných ve vodě je většinou neškodný. Význam vitamínů shrnuje středoškolská učebnice od Marečka, Honzy: „*Mnohé vitaminy jsou v podobě koenzymů součástí dvousložkových (složených) enzymů. Některé se účastní oxidačně redukčních dějů, jiné působí jako ochranné látky, zabraňují nežádoucím oxidacím v tkáních a buňkách aj. Deficit vitamínů v organismu se často projevuje celým komplexem poruch, které mohou způsobit velmi vážné poškození organismu a v krajních případech i smrt.*“ (Mareček, Honza, 2000, s. 164).

### **1.3.6 Barviva**

I poslední zvolená skupina látek je vyčleněna na základě své funkce a svých vlastností, nikoli podle chemické struktury. Tato skupina látek je řazena většinou ke konci třetího ročníku.

Lze je rozdělit podle původu na anorganická (minerální), živočišná a rostlinná, při čemž se v praktické části budu zabývat těmi rostlinnými.

Barva látek je dána tím, jaké konkrétní energie světelného záření dokáží elektrony ve vazbách mezi jednotlivými atomy v molekulách pohlcovat, přičemž barva, kterou pozorujeme je barvou doplňkovou k té, která byla pohlcena (Atkins, 2013).

## 2 Praktická část

Cílem praktické části je vytvoření souboru námětů na badatelsky orientované experimentální činnosti zaměřené na témata učiva biochemie na gymnáziu zpracovaných formou badatelských listů. Součástí praktické části je ověření vybraných námětů ve školní praxi.

### 2.1 Tvorba didaktických materiálů

Stěžejní částí každého návrhu je pracovní list, který žáky danou činností provází (viz níže). Veškeré potřebné informace jsou spolu s autorským řešením pracovních listů součástí metodických listů. Tyto materiály společně s fotodokumentací naleznete v elektronických přílohách bakalářské práce (viz seznam příloh). Tištěná verze obsahuje pouze ilustrativní ukázky.

V rámci RVP spadá chemie do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Její charakteristika takřka vybízí učitele k aplikaci badatelské výuky: *„Základní prioritou každé oblasti přírodovědného poznávání je odkrývat metodami vědeckého výzkumu zákonitosti, jimiž se řídí přírodní procesy. Odkrývání přírodních zákonitostí je hodnotné jednak samo o sobě, neboť naplňuje přirozenou lidskou zvědavost poznat a porozumět tomu, co se odehrává pod povrchem smyslově pozorovatelných, často zdánlivě nesouvisejících jevů, a jednak člověku umožňuje ovládnout různé přírodní objekty a procesy tak, aby je mohl využívat pro další výzkum i pro rozmanité praktické účely“* (Balada, 2007, s. 25).

Z toho vychází i pracovní listy, na jejichž základě žáci provádějí jednotlivé experimenty spadající do těchto témat z oblasti biochemie – sacharidy, lipidy, bílkoviny, nukleové kyseliny, vitamíny a barviva.

#### 2.1.1 Struktura pracovních listů

Všechny vytvořené pracovní listy byly zpracovány do jednotné grafické podoby s jednotnou vnitřní logickou strukturou. Mírné odlišnosti mezi nimi jsou voleny proto, aby odpovídaly různým úrovním badatelsky orientované výuky dle Banchi a Bella (viz kapitola 1.1.5.). Pracovní listy jsou členěny na několik částí.

Na začátku je vždy umístěn text, který stručně představuje problematiku, kterou

se daná experimentální činnost bude zabývat. Obsahuje charakteristiku skupiny, aplikace z běžného života či zajímavosti. Cílem textu je přimět žáky ke studiu tématu, nasměrovat je k samostatnému kladení otázek a poskytnout jim výchozí informace. Má tedy funkci informační i motivační.

Následuje prostor, kde žáci kladou vlastní otázky. Protože však většinou nemají s BOV větší zkušenosti, mohlo by se snadno stát, že otázky, ke kterým úvodní text směřuje a které se týkají prováděného experimentu, by nebyly definovány, proto v této části sama předkládám hlavní otázky k experimentu.

V RVP pro gymnázia jsou uvedeny pouze dva očekávané výstupy v oblasti biochemie a jedním z nich je, že žák „*objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech*“. Další část pracovního listu je proto zaměřena na práci s chemickými vzorci organických látek a na pochopení jejich struktury.

Následuje hlavní část směřující k experimentálním činnostem, ve které je žákům představen pracovní postup, případně je jim postupně odhalován formou návodných otázek, v náročnějších případech pak musí žáci pracovní postup formulovat sami. Důraz je také kladen na formulaci hypotéz, pozorování a jeho záznam a zhodnocení vedoucí k potvrzení či vyvrácení hypotézy. Úlohy byly zvoleny tak, aby obsahovaly minimum rizik, a jsou představeny v následující kapitole.

Poslední část je vyhrazena na zodpovězení hlavních otázek na základě výsledků úlohy, případně i nalezení souvislostí s již známými fakty s pomocí odborné literatury.

Ke každému pracovnímu listu byl zpracován metodický list uvádějící vzdělávací a výchovné cíle vyučovací jednotky, přehled pomůcek, materiálů a chemikálií, přibližný časový plán a doplňující náměty k zamyšlení pro rychlejší žáky či pro časový předstih.

### **2.1.2 Přehled badatelských úloh**

V následujícím textu budou postupně představeny použité experimenty. Jejich řazení je voleno podle obvyklého pořadí probírání ve třetím ročníku gymnázia.



## Badatelská úloha 1: Identifikace sacharidu

V této úloze si žáci vyzkouší identifikaci neznámé látky pomocí charakteristických důkazových reakcí. Přestože dnes existuje mnoho instrumentálních analytických postupů, důkazní reakce stále patří mezi důležité metody chemické analýzy. Žáci tak mají možnost provádět chemické reakce, které se běžně uplatňují.

Fehlingovo činidlo prokazuje přítomnost redukujících cukrů obsahujících poloacetalový hydroxyl, tzn., cukrů majících volnou hydroxylovou skupinu na prvním uhlíkovém atomu. Jedná se o mědnaté kationty ve vodném zásaditém roztoku vinanu draselného. Zkouška je pozitivní, vyloučí-li se červenohnědá sraženina oxidu mědnatého (McMurry, 2015).

K odlišení aldehydu (karbonylový uhlík je terminální) a ketonu (karbonylový uhlík není terminální) je užitečné tzv. Selivanovo činidlo, roztok kyseliny chlorovodíkové a resorcinolu. Roztok sacharidu ketosy s tímto činidlem poskytne výrazné červené zbarvení. Aldosy červené zbarvení také poskytují, ale až po delším zahřívání a zbarvení není tolik výrazné jako u ketos (Williamson, 2011).

Ke zjištění polysacharidů se využívá známý Lugolův roztok. Jedná se o rozpuštěný jod a jodid draselný ve vodě. V případě přítomnosti polysacharidů zaznamenáváme tmavě modré zbarvení.

Jako poslední jsem vybrala reakci s Bialovým činidlem, roztokem 3,5-dihydroxytoluenu a chloridu železitého v koncentrované kyselině chlorovodíkové. Pentosy poskytují modrozelené zbarvení a hexosy hnědé (Williamson, 2011).

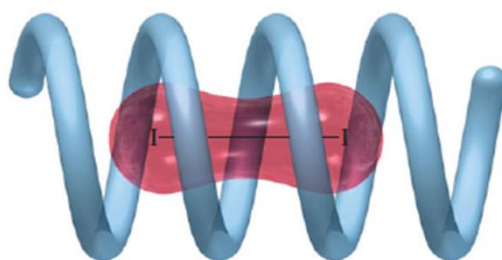
Po provedení těchto čtyř reakcí by žáci měli být schopni jednoznačně a správně určit neznámý vzorek.

Otázka i postup jsou stanoveny do značné míry učitelem, řešení nikoli, jedná se tedy z hlediska úrovně BOV o strukturovanou badatelsky orientovanou výuku.

Některé reakce je nutné podpořit zahřátím na vodní lázni, je třeba žáky poučit o bezpečnosti práce.

## Badatelská úloha 2: Škrob v potravinách

Předchozí úloha byla zaměřena především na kategorizaci sacharidů a především na monosacharidy a disacharidy. Tento se zaměřuje na škrob, který představuje významného zástupce polysacharidů.



**Obrázek 3: Komplex amylosy s jodem.**

**Zdroj: Wade (2013)**

Vlastnosti polysacharidů souvisejí s jejich strukturou. Mohou být rozpustné i nerozpustné ve vodě. Polysacharidy nemají redukční vlastnosti, tudíž neredukují Fehlingovo činidlo. Škrob je tvořený nevětvenou a ve vodě rozpustnou amylosou a rozvětveným nerozpustným amylopektinem. Skládá se z glukosových jednotek, které jsou vázány glykosidovou vazbou  $\alpha(1\rightarrow4)$  v případě amylosy, a  $\alpha(1\rightarrow6)$  v případě amylopektinu. Amylosa má helikální strukturu, velikost i polarita uvnitř závitů je právě přijatelná pro pojmnutí molekuly jodu (obrázek 3). Toto je podstata tvorby modrého komplexu jodu a škrobu, která slouží jako důkaz přítomnosti škrobu (za přítomnosti oxidačního činidla, které převede jodidové anionty na jod) (Wade, 2013).

Jedná se o zásobní látku rostlin, nalezneme ho např. v bramborových hlízách a obilných zrnech (Benešová a kol., 2002). Škrob je důležitá složka potravy, ale v některých potravinách se vyskytuje nepřírodně.

V této úloze žáci prověřují vzorky potravin na přítomnost škrobu pomocí výše popsaného jednoduchého jodového testu. Opět je zadána otázka i postup, jedná se tedy o strukturovanou úroveň BOV.

Úloha je pro žáky velmi jednoduchá a zajímavá. Týká se každodenního života a věcí, které žáci znají, proto pro ně má praktický význam. Tento experiment je vhodný i na ZŠ.

### Badatelská úloha 3: Dobrý nebo špatný tuk?

Obdobně jako úloha č. 2 je i tato zaměřena na potraviny, tentokrát však budou žáci rozpoznávat tuky.

Tuky živočišného původu jsou většinou tuhé a obsahují převážně nasycené vyšší mastné kyseliny. Tyto tuky mají spojitost s chorobami cév. Rostlinné tuky jsou zdravější, jedná se většinou o kapalné oleje. Kapalnost je důsledkem snížení bodu

tání přítomností dvojných vazeb. Přítomnost dvojných vazeb lze snadno dokázat adičními reakcemi. Kromě tuků živočišného původu budou k reakci inertní i uměle ztužené rostlinné tuky.

Opět jde o nenáročnou badatelskou úlohu s dobře dostupným činidlem a lze ji též doporučit i na ZŠ. Je předložena jako strukturovaná, postup je však poměrně jednoduchý a lze proto předpokládat, že žáci na gymnáziu by zvládli i nasměrovanou formu.

Úloha má opět zásadní praktický význam, umožňuje žákům si uvědomit, jaké je postavení tuků v jejich jídelníčku a jak by měla z hlediska tuků vypadat zdravá strava.

#### Badatelská úloha 4: Mléčné lepidlo

Tato úloha je zaměřena na kasein, jednu z nejdůležitějších mléčných bílkovin. Žáci se při něm dovědí, jak je mléko komplikovaná směs. Opět se jedná o úlohu s reálnou praktickou aplikací v podobě kaseinových lepidel, která se užívají především při práci se dřevem (např. hudební nástroje či muzejní exponáty), hojně se využívá i při lepení papírových etiket (Poradenské centrum společnosti LEAR, a. s., 2017). Během úlohy lze také žáky seznámit s některými procesy úpravy a zpracování mléka v potravinářském průmyslu.

Kasein a ostatně všechny bílkoviny jsou citlivé na změny pH. V tomto případě dojde ke shlukování jednotlivých molekul do větších celků vlivem přídavku octa (příp. kyseliny octové).

V této úloze je pracovní postup pouze naznačen, konkrétní látky volí žáci na základě svých znalostí, jedná se tedy proto o nasměrovanou úroveň BOV. Tato úloha patří k náročnějším i proto, že není předem žákům známo, kterou látku vlastně izolují, to musí zjistit porovnáním složení mléka, které je vysvětleno v úvodním textu, a předloženého složení vybraného lepidla.

#### Badatelská úloha 5: Izolace vlastní DNA

Tato úloha je velice jednoduchá, jde v podstatě jen o vytvoření shluku DNA, který lze pozorovat vlastníma očima. Uvedený postup je čistě demonstrační, v praxi se s DNA pracuje odlišně. Je třeba být připraven na to, že některý z žáků by se na tuto problematiku mohl zeptat.

DNA je uložena v jádru každé buňky navázaná na zásaditých bílkovinných

útvarech – histonech. Aby ji bylo možné izolovat, je nutné rozrušit membránu, která ji chrání. Poté se vysráží podchlazeným ethanolem.

V této úloze nemusí žáci odpovídat na žádnou výzkumnou otázku, jedná se tedy o nejjednodušší úroveň BOV, tzn. potvrzující úroveň, kdy žáci pouze procvičují své pozorovací a pracovní dovednosti.

### Badatelská úloha 6: Důkaz vitamínu C

V této úloze budou žáci opět pracovat s potravinami a znovu si rozšíří své znalosti z oblasti zdravé výživy.

Vitamín C, kyselina askorbová, je chemicky odvozena od glukosy a patří mezi vitamíny rozpustné ve vodě. Jedná se o důležitý antioxidant<sup>5</sup>, hraje významnou roli při zpracování železa a při krvetvorbě. Uvedený důkaz spočívá v reakci kyseliny askorbové s chloridem železitým, kde dochází k redukci železitých iontů na železnaté. Pomocí hexakvanoželezitanu draselného, nazývaného červená krevní sůl, dokážeme přítomnost železnatých iontů za vzniku tmavě modré sloučeniny.

O vitamínu C žáci už mnohé slyšeli, přesto je potřeba některé informace doplnit nebo upřesnit, např. je potřeba vysvětlit, jak to je se zdroji vitamínu C; většina žáků správně uvede ovoce a zeleninu, když ale budeme požadovat konkrétnější informace, drtivá většina zmíní citrusové plody. Naopak brambory patrně nezmíní nikdo, přestože v běžné stravě jsou hlavním zdrojem daného vitamínu.

Badatelská úloha je postavena tak, že žáci mají za úkol zjistit, jaké potraviny (předložené vzorky) obsahují vitamín C a vzhledem k dalším faktorům by měli uvážit, které potraviny museli brát s sebou mořeplavci na dlouhé námořní cesty. Hrozilo u nich totiž rozvinutí nemoci z velkého nedostatku této látky, tzv. kurdějí, které se projevují únavou, slabostí, krvácivostí z dásní až vypadáváním zubů.

Pracovní list je zpracován převážně jako strukturovaný typ BOV, ačkoli na některé části postupu musí žáci přijít sami (separační metodu filtraci).

### Badatelská úloha 7: Moříme se s mořidly

Tuto úlohu lze užít jak v biochemii při probírání rostlinných barviv tak i v anorganické chemii při probírání solí či praktického významu chemie. Barvení

---

<sup>5</sup> Látka sloužící jako inhibitor radikálových reakcí, konkrétní mechanismus (Wade, 2013).

samo o sobě je zajímavý proces, lze předpokládat jistou zaujatost žáků tímto tématem.

Rostlinných barviv je mnoho a nelze je zde všechna vyjmenovat. Mezi doporučeným materiálem jsou uvedeny i cibulové slupky, z nichž lze získat barvivo, na které je zaměřena teoretická část pracovního listu – kvercetin. Toto barvivo chemicky patří k flavanoidům, které jsou součástí rozsáhlé skupiny pyranových barviv.

V této úloze se žáci také seznámí s pojmem mořidlo, což je látka usnadňující přilnutí barviva k barvené látce. Sekundární funkcí pak je posměnění výsledného odstínu barvy.

Struktura pracovního listu odpovídá nasměrované BOV.

## 2.2 Ověření didaktických materiálů ve školní praxi

Vybrané pracovní listy jsem ověřila ve 3. ročníku a septimě na Gymnáziu v Turnově v květnu 2018. Šlo o témata: Důkaz vitamínu C, Izolace vlastní DNA a Mléčné lepidlo.

Příprava před samotnou realizací badatelských úloh zahrnovala konzultaci s vyučujícími ohledně adaptace návrhů činností materiálními podmínkami a počtu žáků. Bylo potřeba zajistit učebnu s přístupem k internetu, dataprojektorem a možnost využít chemické laboratoře a v ní všechny potřebné pomůcky – laboratorní nádobí i chemikálie potřebné pro danou úlohu.

S žáky, se kterými jsem se měla věnovat ověření navržených aktivit, jsem se seznámila den předem a nastínila jsem jim průběh následujících vyučovacích hodin. Tím jsem ušetřila čas při samotném provedení úloh.

Pracovala jsem s třemi různými skupinami žáků, jak zachycuje tabulka 6.

**Tabulka 6: Složení pracovních skupin během jednotlivých badatelských úloh. Zdroj: autorka**

	<b>Složení skupiny</b>	<b>Badatelská úloha</b>
<b>1. skupina</b>	15 žáků ze septimy	Důkaz vitamínu C
<b>2. skupina</b>	12 žáků z biologicko-chemického semináře (3. ročník + septima)	Izolace vlastní DNA
<b>3. skupina</b>	15 žáků z 3. ročníku	Mléčné lepidlo

### 2.2.1 Průběh realizace badatelských úloh ve školní praxi

Jako první úlohu, která byla ověřena, jsem zvolila „**Důkaz vitamínu C**“. Na tuto úlohu jsme měli k dispozici dvě vyučovací hodiny, které jsme spojili do 90 minut. Rozdala jsem skupině pracovní listy, společně jsme si přečetli úvodní text a poté jsem jim nechala krátký čas na formulování otázek.

Dále jsme si otázky, které žáci navrhli, nahlas přečetli a případně jsem pomohla nějaké další otázky formulovat. Následoval delší časový úsek na vyplnění pracovního listu. Žáci pracovali nejméně ve dvojicích (někdy i trojicích), mohli využívat svých poznámek v sešitě, učebnici a také měli přístup k internetu.

Po celou dobu jsem procházela jednotlivé skupiny žáků a byla ochotná pomoci, čehož žáci občas využili. Po vyplnění pracovních listů jsme se přesunuli do laboratoře. Na žáky zde čekaly vzorky ovoce a zeleniny, ve kterých měli zjistit přítomnost vitamínu C. Pracovali dle pracovního postupu, na jehož tvorbě se sami podíleli. Práce v laboratoři je bavila a brzy začali vyplňovat do tabulek výsledky pokusu a stanovovat závěry. Na konec jsme si společně závěry všech žáků prošli.

Ještě ten samý den následovala úloha „**Izolace vlastní DNA**“. Průběh vyučovacích hodin byl obdobný jako u předchozí úlohy. Taktéž po teoretické části následovala práce v laboratoři. Kvůli kloktání velmi slané vody jeden žák odmítl provedení úlohy. V takovém případě bych jako náhradní řešení do budoucna měla připravenou izolaci DNA z ovoce, třeba banánu.

O týden později jsem realizovala poslední badatelskou úlohu a to „**Mléčné lepidlo**“. Opět jsme měli k dispozici 2 vyučovací hodiny.

Organizace všech vyučovacích hodin byla dobrá, a to díky relativně nízkému počtu žáků. Byla jsem velmi mile překvapena jejich nadšením, ochotě pracovat, vyzkoušet a přiučit se něčemu novému. Časový rozsah vyučovacích hodin na každou úlohu byl dostačující.

### 2.2.2 Průběh výzkumného šetření

V dotazníkovém šetření (příloha E), které bylo provedeno na posledním setkání s žáky, jsem se ke každé úloze tázala, zda se jim zdála zajímavá (samozřejmě včetně zdůvodnění), v čem byla obtížná a co nového se díky ní dozvěděli.

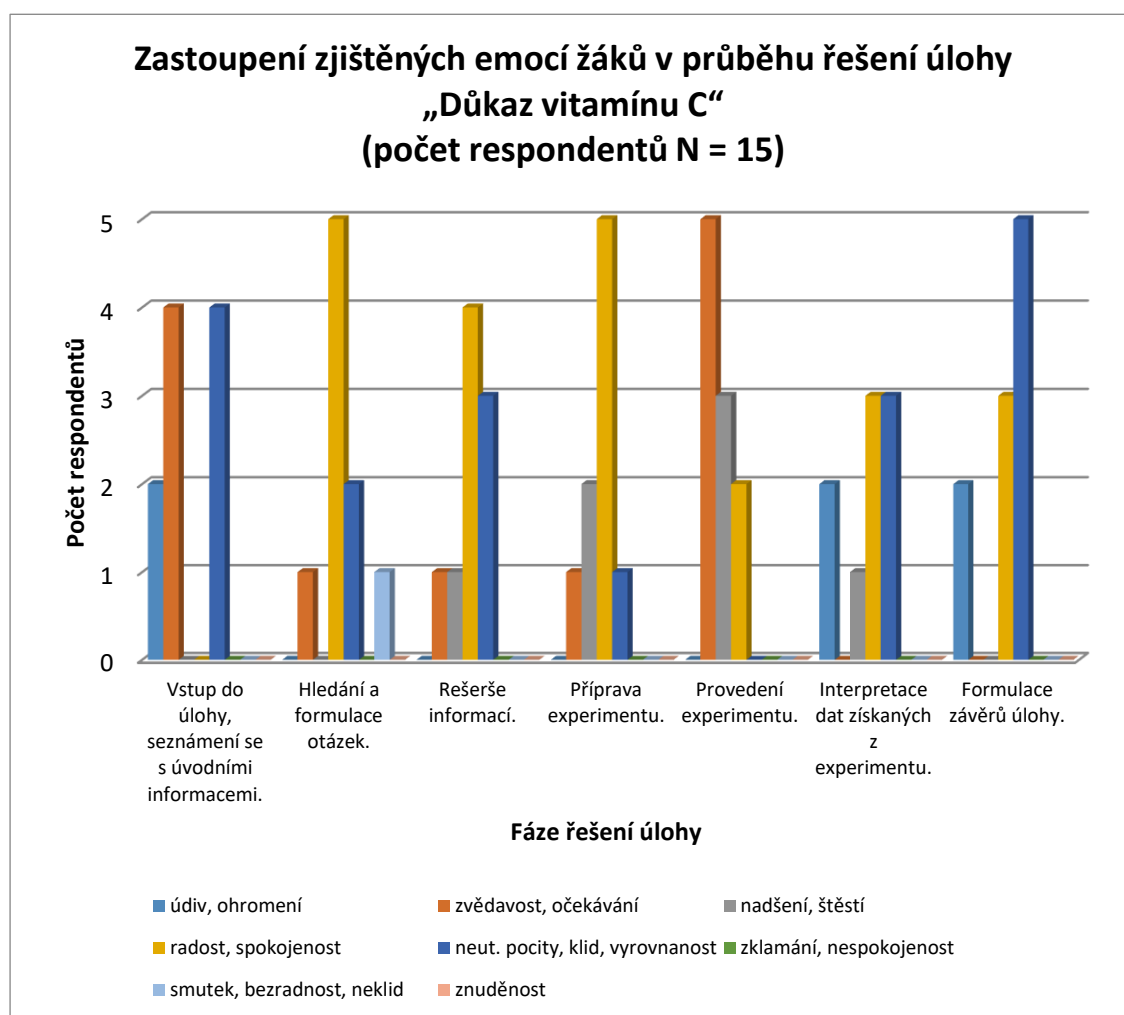
Podstatné však bylo především zjistit, jaké emoce cítili v různých fázích

badatelské činnosti. Pro snadnější představu byly emoce zakódovány do podoby „emotikonů“.

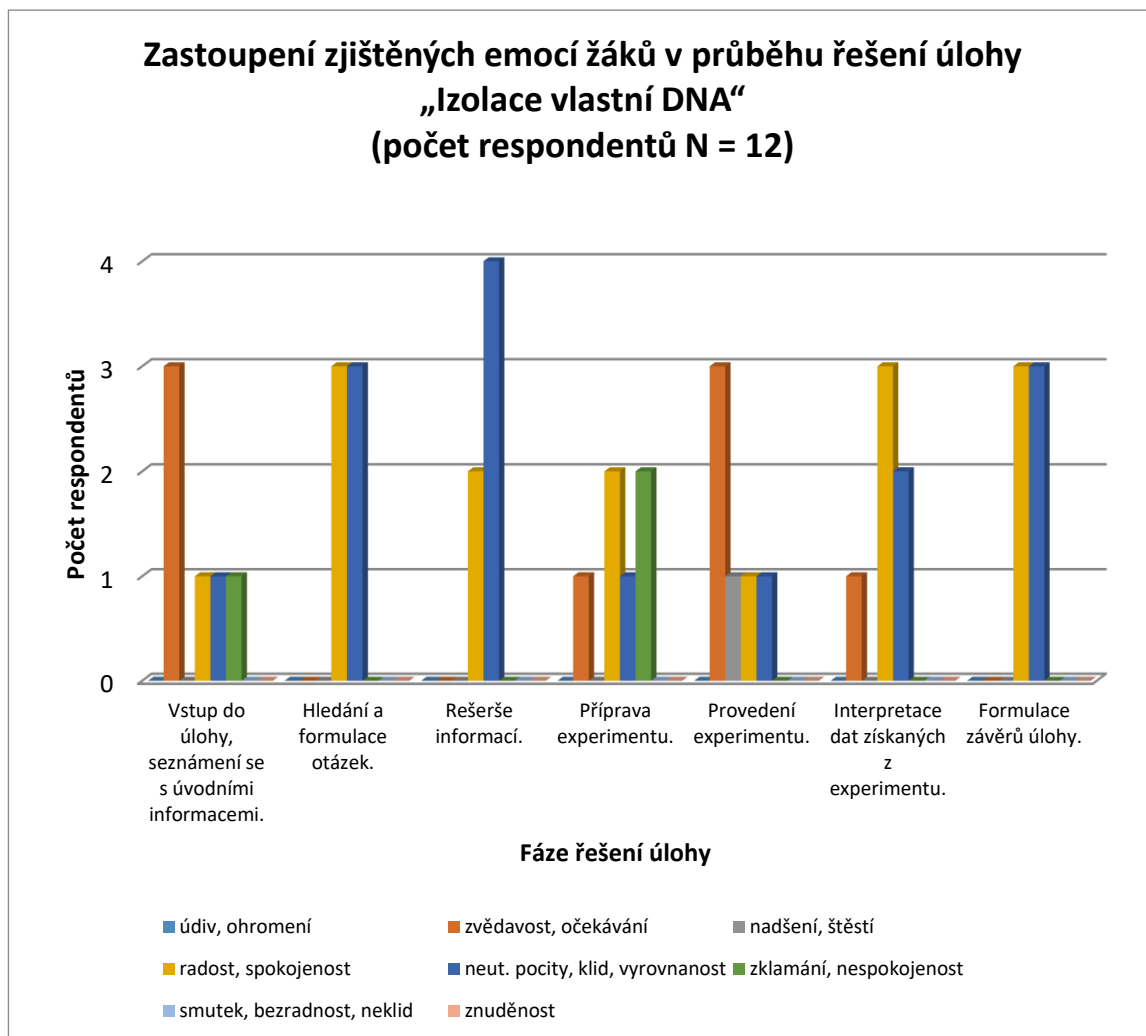
### 2.2.3 Výsledky výzkumného šetření

Výsledky všech tří dotazníkových šetření byly zpracovány do grafické podoby. Na vodorovné ose jsou seřazeny chronologicky fáze, do jakých bylo rozčleněno řešení jednotlivých badatelských úloh.

Diagram na obrázku číslo 4 zachycuje rozložení emocí během úlohy „**Důkaz vitamínu C**“. Nejvíce se objevují pozitivní emoce jako zvědavost, radost, případně pocity neutrální.



**Obrázek 4: Diagram znázorňující zastoupení zjištěných emocí žáků v průběhu řešení úlohy „Důkaz vitamínu C“. Zdroj: autorka.**

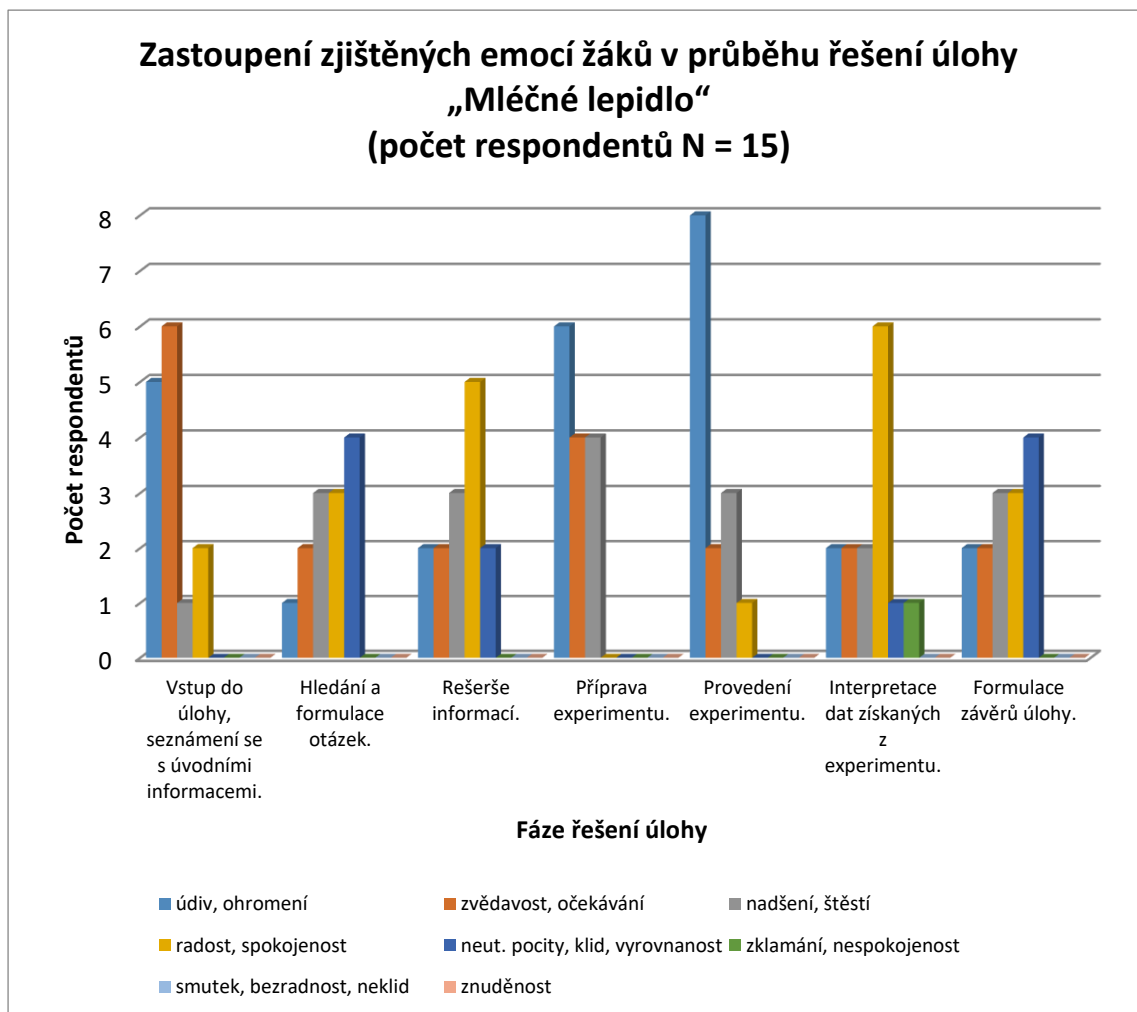


**Obrázek 5: Diagram znázorňující zastoupení zjištěných emocí žáků v průběhu řešení úlohy „Izolace vlastní DNA“. Zdroj: autorka.**

Diagram pro úlohu „**Izolace vlastní DNA**“ je zachycen na obrázku 5. U ní došlo u respondentů i k pocítění negativních emocí (zklamání a nespokojenosti) a celkově převládají spíše pocity neutrální.

Poslední je pak diagram na obrázku 6 pro úlohu „**Mléčné lepidlo**“, kde stojí za zmínku zvýšený výskyt údivu v některých fázích řešení. Rozbor získaných výsledků následuje v další kapitole.





**Obrázek 6:** Diagram znázorňující zastoupení zjištěných emocí žáků v průběhu řešení úlohy „Mléčné lepidlo“. Zdroj: autorka.

## 2.2.4 Diskuze výsledků výzkumného šetření

Na otázky ohledně zajímavosti a zvládnutelnosti práce odpovídali žáci téměř vždy kladně, i přes to, že jinak poukazovali na obtíže s matematickými úpravami či názvoslovím. Je tedy očividné, že po odborné stránce se obsah úloh nacházel v zóně nejbližšího vývoje, proto nikdo z žáků neměl potíže látku pochopit.

Při všech třech úlohách zaznamenávali žáci během vstupní části do dotazníku zvědavost, očekávání a klid a vyrovnanost, v menší míře údiv a ohromení. Zvědavost a očekávání převládaly obzvláště u úlohy „**Izolace vlastní DNA**“ a míra údivu a ohromení byla nepatrně vyšší u úlohy „**Mléčné lepidlo**“. Je zde jasně patrný už samotný vliv názvů. Vyplývá z toho, že nevšední, poutavý název vzbuzuje zvědavost žáků ve větší míře než název, který je pouze strohým odrazem

experimentální činnosti, jež bude v úloze prováděna. K badatelským úlohám je tedy třeba takové názvy hledat.

Během hledání a formulace otázek drtivá většina žáků uvedla, že pociťovali radost, spokojenost, objevovaly se také emoce jako je zvědavost či klid a vyrovnanost. Zcela ojediněle se v dotazníku vyskytl smutek. Opomenuli-li žákův omyl či jeho vnitřní rozpoložení, které by nemělo přímou vazbu na probíhající výuku, pak je tato emoce zřejmě projevem toho, že žáci nebyli vůbec zvyklí na kladení vlastních otázek, které by je nasměrovaly k tomu, co chtějí zjistit, co se chtějí naučit. Mohlo se pro některé jednat o tak náročnou a nevšední činnost, že to mohlo vyvolat až pocit bezradnosti. Z toho jasně vyplývá, jak málo prostoru dnešní vzdělávání na vlastní zájmy žáků poskytuje. Možnost klást si v badatelských úlohách vlastní otázky má nepochybně příznivý vliv na vzdělávací proces.

Během provedení úloh nejvíce žáků zažívalo zvědavost a očekávání, dále se objevovaly emoce nadšení a radost či spokojenost. S výjimkou „**Izolace vlastní DNA**“ nebyly zaznamenány žádné negativní emoce. U „**Izolace vlastní DNA**“ dva žáci uvedli, že během přípravy úlohy pociťovali zklamání a nespokojenost, kterou si vysvětlují kloktáním velmi slané vody.

Během formulace závěrů žáci pociťovali nejčastěji radost či spokojenost nebo neutrální pocity, klid a vyrovnanost. V poslední úloze uvedl jeden žák smutek. Pokud opět odhlédnu od faktorů nesouvisejících s výukou, lze si představit, že tuto emoci mohl např. způsobit relativně nepovedený výsledek (vyrobené lepidlo lepilo špatně).

Je tedy zřejmé, že badatelské metody skutečně stimulují ve větší míře požadované emoce (zvědavost), zároveň však nelze striktně oddělovat metodu výuky od jejího obsahu, který má na emoce vliv též – třetí úloha obsahovala překvapivý závěr, proto budila tolik údivu, druhá zase vyžadovala úkony, které mohly někomu připadat nepříjemné, proto převažovaly pocity neutrální až negativní.

## Závěr

Jak uvádí Jana Nováčková ve své přednášce „*Jak se z touhy učit se stane sběratelství známek*“<sup>6</sup>, strach a jiné negativní emoce doslova zabraňují mozku v učení. Přestože se zabývá především vlivem veřejného srovnávání žáků (tedy problémem známkování), chtěla bych závěr své práce podpořit její myšlenkou, že by učitelé měli omezit příval vnějších motivátorů na žáky – systém odměn (pochvaly, dobré známky) a trestů (veřejné pokárání, špatné známky) – a soustředit se místo toho na rozvoj vnitřní motivace žáků, tedy podporování přirozené touhy objevovat stále nové znalosti, které jim běžně po nástupu do školy nevydrží.

Pokud chceme žáky směřovat k tomu, aby se k učení cítili vnitřně motivovaní, pak je zvědavost tou emocí, kterou u nich chceme vyvolávat nejčastěji. Z dotazníkového šetření mezi žáky gymnázia provedeného při aplikaci badatelsky orientované výuky se zdá, že tato metoda má potenciál zvědavost stimulovat.

Hmatatelným výstupem je sedm pracovních listů zpracovaných metodou BOV pro žáky a sedm příslušných metodických listů pro učitele. Každá úloha byla provedena a fotograficky zaznamenána.

---

<sup>6</sup> Dostupné na <https://www.youtube.com/watch?v=7cnxm-0atVs>

# Seznam literatury

Následující zdroje byly využity k sepsání této práce. Zdroje použité pouze pro tvorbu pracovních listů jsou uvedeny v příslušných metodických listech v Příloze B.

1. ATKINS, Peter a Julio DE PAULA. *Fyzikální chemie*. 9. vydání. Praha: VŠCHT v Praze, 2013. ISBN 978-80-7080-830-6
2. BALADA, Jan. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, c2007. ISBN 978-80-87000-11-3.
3. BANCHI, H. a R. BELL. The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*. 2008, 46 (2), 26 – 29.
4. BENEŠOVÁ, Marika a Hana SATRAPOVÁ. *Odmaturuj! z chemie*. Brno: Didaktis, c2002. Odmaturuj!. ISBN 80-86285-56-1.
5. BUTHELEZI, Thandi, Laurel DINGRANDO, Nicholas HAINEN, Cheryl WISTROM a Dinah ZIKE. *Chemistry: matter and change*. New York, N.Y.: Glencoe/McGraw-Hill, [2013]. ISBN 978-0-07-874637-6.
6. ČTRNÁCTOVÁ, Hana a Josef HALBYCH. *Didaktika a technika chemických pokusů*. 2. dopl. vyd. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 80-7184-312-1.
7. ČTRNÁCTOVÁ, Hana, Hana CÍDLOVÁ, Eva TRNOVÁ, Anna BAYEROVÁ a Gabriela KUBĚNOVÁ. *Úroveň vybraných chemických dovedností žáků základních škol a gymnázií*. Chemické listy, Praha: Česká společnost chemická, 2013, roč. 107, č. 11, s. 897-905. ISSN 0009-2770.
8. ČTRNÁCTOVÁ, Hana a Olga MOKREJŠOVÁ. *Tvorba výukových materiálů pro střední školy*. Praha: Conatex-Didactic Učební pomůcky, 2013. ISBN 978-80-87936-02-3.
9. ČTRNÁCTOVÁ, Hana, Anna BAYEROVÁ, Hana CÍDLOVÁ a Eva TRNOVÁ. Inquiry Based Chemistry Education - Assumptions and Applications. In Bílek Martin (ed.). *Research, Theory and Practice in Chemistry Didactics*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2014. s. 23-32, 10 s. ISBN 978-80-7435-415-1.
10. DOORMAN, Michiel, Vincent JONKER a Monica WIJERS, SUK, Jan, Martin BÍLEK a Veronika MACHKOVÁ, ed. *Matematika a přírodní vědy pro život*:

- badatelsky orientovaná výuka a svět práce: čtyři roky evropské spolupráce v rámci projektu MaSciL. Hradec Králové: Gaudeamus, 2016. ISBN 978-80-7435-662-9.*
11. DOSTÁL, Jiří. *Badatelsky orientovaná výuka: kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na základních školách.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4515-1.
  12. DOSTÁL, J. *Experiment jako součást badatelsky orientované výuky.* Trends in Education. 2013. s. 9 - 19. ISSN 1805-8949.
  13. DOSTÁL, Jiří. *Inquiry-based instruction: concept, essence, importance and contribution.* Přeložil Jan GREGAR, přeložil Markéta ŠEMBEROVÁ. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4507-6.
  14. FERNANDES, Evaristo. *Učení a jeho problémy: mozek, emoce, mysl a činnost.* Litomyšl: H.R.G., 2004. ISBN 80-239-2797-3.
  15. HONZA, Jaroslav a Aleš MAREČEK. *Chemie pro čtyřletá gymnázia.* 3. přeprac. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2002. ISBN 80-7182-141-1.
  16. KODÍČEK, Milan. *Biochemické pojmy: výkladový slovník.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004. ISBN 80-7080-551-X.
  17. KŘIVOHLAVÝ, Jaro. *Pozitivní psychologie.* Vyd. 2. Praha: Portál, 2010. Psychologie (Portál). ISBN 978-80-7367-726-8.
  18. LINN, M.C., E.A. DAVIS, B.S. EYLON. The scaffolded knowledge integration framework for instruction. In: LINN, M.C., E.A. DAVIS a P. BELL. *Internet environments for science education.* Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2004. ISBN 978-0805843033.
  19. MAŇÁK, Josef. *Kapitoly z metodologie pedagogiky.* Brno: Masarykova univerzita, 1994. ISBN 80-210-1031-2.
  20. MCMURRY, John. *Organická chemie.* Přeložil Jan BUDKA, přeložil Radek CIBULKA, přeložil Dalimil DVOŘÁK, přeložil Jaroslav KVÍČALA, přeložil Pavel LHOTÁK, přeložil Jiří SVOBODA. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2015. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4769-1.
  21. NAKONEČNÝ, Milan. *Lidské emoce.* Praha: Academia, 2000. ISBN 80-200-0763-6.

22. NEZVALOVÁ, Danuše. *Inovace v přírodovědném vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN 978-80-244-2540-5.
23. PAPÁČEK, M. *Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z A ALFA?* Scientia in educatione, 2010a. ISSN 1804-7106.
24. PAPÁČEK, Miroslav, ed. *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: (DiBi 2010): sborník příspěvků semináře: 25. a 26. března 2010*, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. České Budějovice: Pedagogická fakulta, 2010b. ISBN 78-80-7394-210-6.
25. PETRÁKOVÁ, Monika. *Omega 3 mastné kyseliny s dlouhým řetězcem - jejich význam ve výživě člověka* [online]. Brno, 2014 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/fpzd/>>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Iva Hrnčířková.
26. PETRILÁKOVÁ, M., a V. ZÁMEČNÍKOVÁ: Výuka chemie pomocí badatelsky orientovaného vyučování. In: M. Bílek (ed.) *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie a Přírodovědné a technologické vzdělávání pro XXI. století*. s. 458-463, 2014. ISBN 978-80-7435-415-1.
27. Poradenské centrum společnosti LEAR, a. s. *Základy teorie lepení*. 2017. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/lepeni/Teorie lepeni%20 %20LEAR.pdf](http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/lepeni/Teorie%20lepeni%20LEAR.pdf)
28. ROCARD, M. a kol. *Science Education Now: a renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: European Communities, 2007. 29 p. ISBN 978-92-79-05659-8.
29. ŘÍČAN, Pavel. *Psychologie osobnosti: obor v pohybu*. 6., rev. a dopl. vyd., V Grada Publishing 2. Praha: Grada, 2010. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3133-9.
30. SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika*. Praha: ISV, 1999. Pedagogika (ISV). ISBN 80-85866-33-1.
31. STUHLÍKOVÁ, Iva. *Základy psychologie emocí*. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-553-9.
32. ŠKODA, Jiří a Pavel DOULÍK. *Lesk a bída školního chemického experimentu*. In

- BÍLEK, M. (ed.) Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX. Research, Theory and Practice in Chemistry Didactics XIX. 1. část: Původní výzkumné práce, teoretické a odborné studie. Hradec Králové: Gaudeamus, 2009. s. 238-245. ISBN 978-80-7041-827-7.
33. ŠVANCARA, Josef. *Emoce, city a motivace*. 3., dopln. vyd. Praha: SPN, 1979.
34. TRNA, Josef a Eva TRNOVÁ. *Moduly s experimenty v badatelsky orientovaném přírodovědném vzdělávání*. Brno: Paido, 2015. Pedagogický vývoj a inovace. ISBN 978-80-7315-252-9.
35. VOTÁPKOVÁ, Dana, ed. *Badatelé.cz: průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním*. Praha: Sdružení Tereza, c2013. ISBN 978-80-87905-02-9.
36. WADE, L. G. *Organic chemistry*. 8th ed. Boston: Pearson, c2013. ISBN 978-0-321-76841-4.
37. WILLIAMSON, Kenneth L a Katherine M MASTERS. *Macroscale and microscale organic experiments*. 6th ed. Belmont, CA: Brooks/Cole, c2011. ISBN 0538733330.

## Seznam tabulek

TABULKA 1: ČTYŘI ÚROVNĚ IBSE (TRNA, TRNOVÁ; 2015).....	14
TABULKA 2: DVĚ SKUPINY METOD BADATELSKY ORIENTOVANÉ VÝUKY (DOSTÁL, 2015). ....	16
TABULKA 3: KLASIFIKACE EMOCÍ VE VZTAHU K UČENÍ A VÝKONU (DOSTÁL, 2015).....	20
TABULKA 4: SOUBOR EMOCÍ OBJEVUJÍCÍCH SE VE VÝUCE (DOSTÁL, 2015). ....	22
TABULKA 5: STRUKTURY NĚKTERÝCH BĚŽNÝCH MASTNÝCH KYSELIN (MCMURRY, 2015). ....	27
TABULKA 6: SLOŽENÍ PRACOVNÍCH SKUPIN BĚHEM JEDNOTLIVÝCH BADATELSKÝCH ÚLOH. ZDROJ: AUTORKA.....	37

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: FOSFOLIPIDOVÁ DVOJVRSTVA. PŘEVZATO A UPRAVENO Z: BUTHELEZI (2013) .....	26
OBRÁZEK 2: DVOUŠROBOVICE DNA A ZNÁZORNĚNÍ KOMPLEMENTARITY DUSÍKATÝCH BÁZÍ. GUANIN S CYTOSINEM SE PÁRUJÍ TŘEMI VODÍKOVÝMI MŮSTKY A ADENIN S THYMINEM POUZE DVĚMA. PŘEVZATO A UPRAVENO Z: WADE (2013).....	29
OBRÁZEK 3: KOMPLEX AMYLOSIS S JODEM. ZDROJ: WADE (2013) .....	34
OBRÁZEK 4: DIAGRAM ZNÁZORŇUJÍCÍ ZASTOUPENÍ ZJIŠTĚNÝCH EMOCÍ ŽÁKŮ V PRŮBĚHU ŘEŠENÍ ÚLOHY „DŮKAZ VITAMÍNU C“. ZDROJ: AUTORKA. ....	39
OBRÁZEK 5: DIAGRAM ZNÁZORŇUJÍCÍ ZASTOUPENÍ ZJIŠTĚNÝCH EMOCÍ ŽÁKŮ V PRŮBĚHU ŘEŠENÍ ÚLOHY „IZOLACE VLASTNÍ DNA“. ZDROJ: AUTORKA.....	40
OBRÁZEK 6: DIAGRAM ZNÁZORŇUJÍCÍ ZASTOUPENÍ ZJIŠTĚNÝCH EMOCÍ ŽÁKŮ V PRŮBĚHU ŘEŠENÍ ÚLOHY „MLÉČNÉ LEPIDLO“. ZDROJ: AUTORKA. ....	41



## Seznam zkratek

ALA – Kyselina  $\alpha$ -linolenová

BOV – Badatelsky orientovaná výuka

DHA – Kyselina dokozaehexaenová

DNA - Kyselina 2- deoxyribonukleová

EPA – Kyselina eikozapentaenová

IBSE - Inquiry Based Science Education

MK – Mastné kyseliny

RNA – Kyselina ribonukleová

RVP – Rámcový vzdělávací program

VMK – Vyšší mastné kyseliny

# Seznam tištěných příloh

<b>PŘÍLOHA A: PRACOVNÍ LISTY .....</b>	<b>52</b>
IZOLACE VLASTNÍ DNA.....	53
<b>PŘÍLOHA B: VYPLNĚNÉ PRACOVNÍ LISTY (UKÁZKA).....</b>	<b>57</b>
<b>PŘÍLOHA C: METODICKÉ LISTY .....</b>	<b>62</b>
METODICKÝ LIST: IZOLACE VLASTNÍ DNA.....	63
<b>PŘÍLOHA D: FOTODOKUMENTACE .....</b>	<b>70</b>
<b>PŘÍLOHA E: DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ .....</b>	<b>72</b>

# Seznam elektronických příloh na CD

## **PŘÍLOHA A: PRACOVNÍ LISTY**

- a. Identifikace sacharidu
- b. Škrob v potravinách
- c. Dobrý nebo špatný tuk?
- d. Mléčné lepidlo
- e. Izolace vlastní DNA
- f. Důkaz vitamínu C
- g. Moříme se s mořidly

## **PŘÍLOHA B: METODICKÉ LISTY**

- a. Identifikace sacharidu
- b. Škrob v potravinách
- c. Dobrý nebo špatný tuk?
- d. Mléčné lepidlo
- e. Izolace vlastní DNA
- f. Důkaz vitamínu C
- g. Moříme se s mořidly

## **PŘÍLOHA C: FOTODOKUMENTACE (KOMPLETNÍ)**

# **Příloha A: Pracovní listy**

# Izolace vlastní DNA

Genetický rozbor (tzv. DNA fingerprinting) přinesl obrovský průlom v kriminalistice. Byly díky němu odsouzeny tisíce kriminálních a stovky nevinných se podařilo očistit. Díky dnešním křimí seriálům, které se mnohdy kvůli snadnější sledovatelnosti dopouští zjednodušování, zná tento soubor procesů široká laická veřejnost. A stejně jako i mnozí soudci a policisté je považuje za nezvratné. Tomu se říká CSI efekt. Každý se domnívá, že rozbor nemůže selhat, protože neexistují na světě dva lidé s naprosto stejnou genetickou informací.

Dědičná informace uložená v DNA je zápisem, který je tvořen čtyřmi písmeny, jež pochází z názvů dusíkatých bází. Tato písmena v různém pořadí tvoří vlákna o délce více než tři miliardy párů. DNA je obsažena v jádře každé buňky a díky tomu mohou forenzní specialisté získat genetický profil jedince z jediného vlasu, kapky krve, sliny či spermatu.

**Po přečtení úryvku a nadpisu si запиšte otázky, které vás napadnou.**

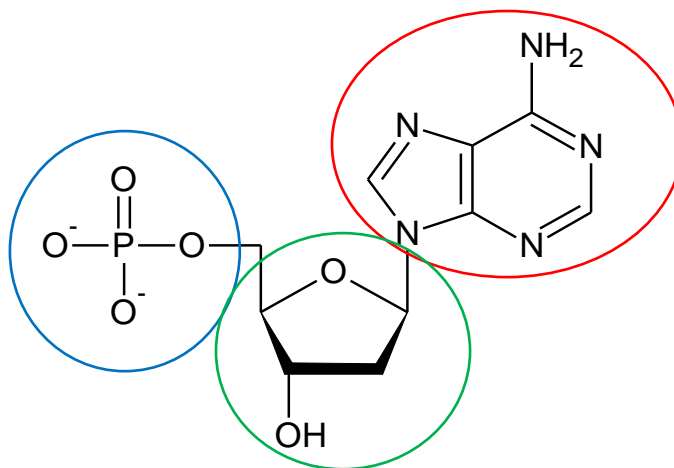
- 1.
- 2.
- 3.

**Pokud vás žádná otázka nenapadla, můžete použít některé z následujících otázek:**

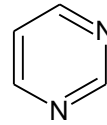
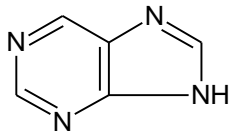
- a) Opravdu neexistují na světě dva lidé, kteří mají stejnou DNA? Co třeba jednovaječná dvojčata?
- b) Musí buňka, ze které chceme izolovat DNA být živá?
- c) Co je to genetický profil jedince?
- d) Jak probíhá rozbor DNA? Jsou k tomu potřeba nějaké speciální přístroje?
- e) Jak dlouho takový rozbor trvá?
- f) V jakých dalších oborech kromě kriminalistiky se genetický rozbor využívá?

**S pomocí vzorce zkuste odpovědět na následující otázky:**

Než se pustíme do samotné izolace DNA, ujasníme si, z čeho se DNA skládá a jaký má význam. Nukleové kyseliny se skládají z nukleotidů, které mají 3 části. Pojmenuj barevně odlišené části na obrázku.



Báze jsou odvozené od purinu a pyrimidinu. Přiřaďte správně vzorce bází k těmto základním strukturám.



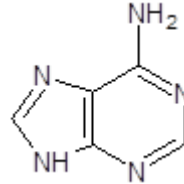
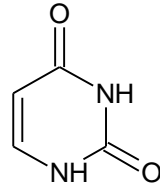
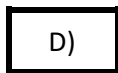
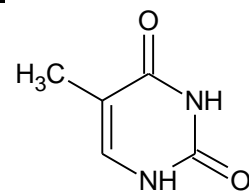
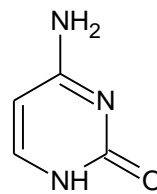
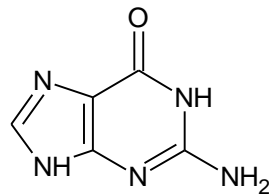
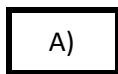
Adenin - .....

Guanin - .....

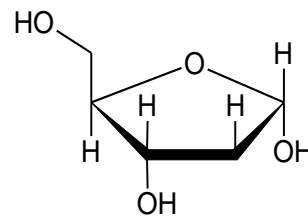
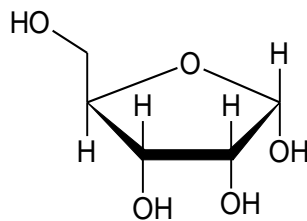
Cytosin - .....

Thymin - .....

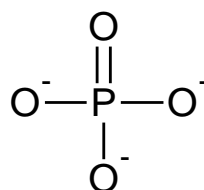
Uracil - .....



Nejběžnějšími nukleovými kyselinami jsou DNA (deoxyribonukleová NK) a RNA (ribonukleová NK). Název nukleové kyseliny souvisí s typem ribosy, který je vázán v jejím řetězci. Oba typy máte vyobrazené na obrázcích. Poznáte, který náleží DNA a který RNA a proč?



Poslední složkou nukleotidu je fosfát, jehož strukturu si můžete prohlédnout na obrázku. Od jaké anorganické kyseliny je odvozen?



Význam nukleových kyselin je ohromný. Vyberte takové kartičky, které obsahují správné informace o NK.

Zdroj zásobních látek	Účast na biochemických reakcích
Mediátory nervových procesů	Nositelé genetické informace
Určují druh a vlastnosti buňky	Rozpouštědla vitamínů

Z jakého materiálu byste mohli izolovat svou vlastní DNA nejnáze (vycházejte z možných zdrojů uvedených v úvodním textu)?

.....

Přiřaďte jednotlivým chemikáliím, které máte na pracovním stole, jejich význam při izolaci DNA. Zamyslete se také nad tím, jak docílíte toho, aby ve vašem vzorku bylo co nejvíce DNA – nezapomeňte, že DNA se nevyskytuje vně buněk, ale pouze uvnitř nich.

- |                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1) Ethanol (chlazený)        | a) Získ buněk obsahujících DNA        |
| 2) Slaná voda                | b) Vysrážení DNA                      |
| 3) Prostředek na mytí nádobí | c) Rozrušení cytoplazmatické membrány |

S pomocí těchto kroků navrhnete postup izolace DNA a konzultujte ho s učitelem, pokus nezačínáte, dokud vám ho učitel neschválí.

.....  
.....  
.....  
.....

Nyní vidíte DNA na vlastní oči. Popište své pozorování.

.....  
.....  
.....  
.....

**Pokuste se zformulovat odpovědi na otázky, které jste si na začátku stanovili, a odpovězte i na otázky, které byly v úvodu zadané.**

1.

2.

3.

a) Opravdu neexistují na světě dva lidé, kteří mají stejnou DNA? Co třeba jednovaječná dvojčata?

.....  
.....

b) Musí buňka, ze které chceme izolovat DNA být živá?

.....  
.....

c) Co je to genetický profil jedince?

.....  
.....

d) Jak probíhá rozbor DNA? Jsou k tomu potřeba nějaké speciální přístroje?

.....  
.....

e) Jak dlouho takový rozbor trvá?

.....  
.....

f) V jakých dalších oborech kromě kriminalistiky se genetický rozbor využívá?

.....  
.....



# **Příloha B: Vyplněné pracovní listy (ukázka)**

## Izolace vlastní DNA

Genetický rozbor (tzv. DNA fingerprinting) přinesl obrovský průlom v kriminalistice. Byly díky němu odsouzeny tisíce kriminálních a stovky nevinných se podařilo očistit. Díky dnešním krimi seriálům, které se mnohdy kvůli snadnější sledovatelnosti dopouští zjednodušování, zná tento soubor procesů široká laická veřejnost. A stejně jako i mnozí soudci a policisté je považuje za nezvratné. Tomu se říká CSI efekt. Každý se domnívá, že rozbor nemůže selhat, protože neexistují na světě dva lidé s naprosto stejnou genetickou informací.

Dědičná informace uložená v DNA je zápisem, který je tvořen čtyřmi písmeny, které pochází z názvů dusíkatých bází. Tato písmena v různém pořadí tvoří vlákna o délce více než tři miliardy párů. DNA je obsažena v jádře každé buňky a díky tomu mohou forenzní specialisté získat genetický profil jedince z jediného vlasu, kapky krve, sliny či spermatu.

**Po přečtení úryvku a nadpisu si zapište otázky, které vás napadnou.**

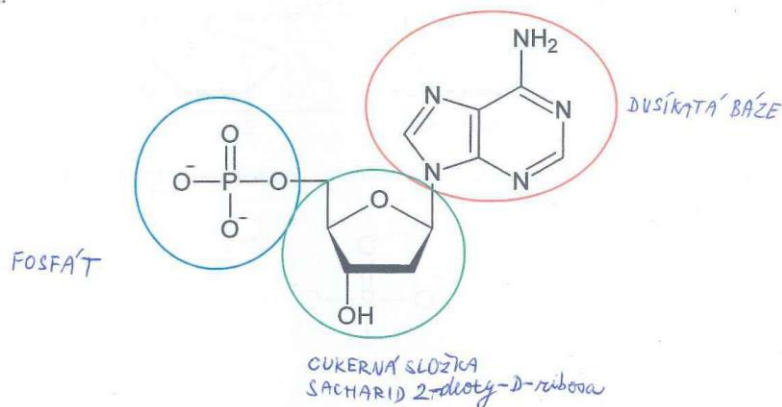
1. Jak dlouho trvá izolace DNA?
2. Mohu svou DNA vidět?
- 3.

**Pokud vás žádná otázka nenapadla, můžete použít některé z následujících otázek:**

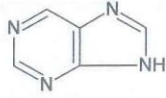
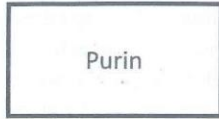
- a) Opravdu neexistují na světě dva lidé, kteří mají stejnou DNA? Co třeba jednovaječná dvojčata?
- b) Musí buňka, ze které chceme izolovat DNA být živá?
- c) Co je to genetický profil jedince?
- d) Jak probíhá rozbor DNA? Jsou k tomu potřeba nějaké speciální přístroje?
- e) Jak dlouho takový rozbor trvá?
- f) V jakých dalších oborech kromě kriminalistiky se genetický rozbor využívá?

**S pomocí vzorce zkuste odpovědět na následující otázky:**

Než se pustíme do samotné izolace DNA, ujasníme si, z čeho se DNA skládá a jaký má význam. Nukleové kyseliny se skládají z nukleotidů, které mají 3 části. Pojmenuj barevně odlišené části na obrázku.



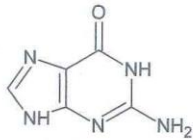
Báze jsou odvozené od purinu a pyrimidinu. Přiřaďte správně vzorce bází k těmto základním strukturám.



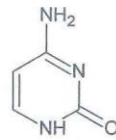
Adenin - *A* .....  
Guanin - *E* .....

Cytosin - *B* .....  
Thymin - *C* .....  
Uracil - *D* .....

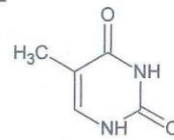
A)



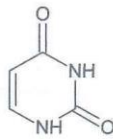
B)



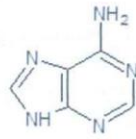
C)



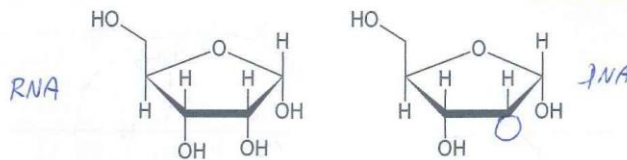
D)



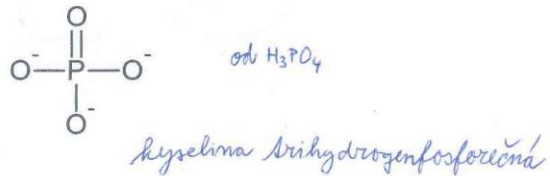
E)



Nejběžnějšími nukleovými kyselinami jsou DNA (deoxyribonukleová NK) a RNA (ribonukleová NK). Název nukleové kyseliny souvisí s typem ribosy, který je vázán v jejím řetězci. Oba typy máte vyobrazené na obrázcích. Poznáte, který náleží DNA a který RNA a proč? *Podle vzorce*



Poslední složkou nukleotidu je fosfát, jehož strukturu si můžete prohlédnout na obrázku. Od jaké anorganické kyseliny je odvozen?



Význam nukleových kyselin je ohromný. Vyberte takové kartičky, které obsahují správné informace o NK.

Zdroj zásobních látek	Účast na biochemických reakcích
Mediátory nervových procesů	Nositelé genetické informace
Určují druh a vlastnosti buňky	Rozpouštědla vitamínů

Z jakého materiálu byste mohli izolovat svou vlastní DNA nejnáze (vycházejte z možných zdrojů uvedených v úvodním textu)?

*ze slin*

Přiřaďte jednotlivým chemikáliím, které máte na pracovním stole, jejich význam při izolaci DNA. Zamyslete se také nad tím, jak docílíte toho, aby ve vašem vzorku bylo co nejvíce DNA – nezapomeňte, že DNA se nevyskytuje vně buněk, ale pouze uvnitř nich.

- |                              |   |                                       |
|------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1) Ethanol (chlazený)        | — | a) Získ buněk obsahujících DNA        |
| 2) Slaná voda                | — | b) Vysrážení DNA                      |
| 3) Prostředek na mytí nádobí | — | c) Rozrušení cytoplazmatické membrány |

S pomocí těchto kroků navrhnete postup izolace DNA a konzultujte ho s učitelem, pokud nezačínáte, dokud vám ho učitel neschválí.

*Kloboukne slanou vodu, poté vypliveme žarnou rozpouštíme cytoplazmatickou membránu. Tuto směs podlijeme studeným ethanolom.*

Nyní vidíte DNA na vlastní oči. Popište své pozorování.

*Bílé chuchvalce, vlákna která se spjijí.*

Pokuste se zformulovat odpovědi na otázky, které jste si na začátku stanovili, a odpovězte i na otázky, které byly v úvodu zadané.

1. v rámci několika dní
2. ANO, díky komu pokus
- 3.

a) Opravdu neexistují na světě dva lidé, kteří mají stejnou DNA? Co třeba jednovaječná dvojčata?

Jednovaječná dvojčata nemají úplně stejnou DNA, malíček se liší. Nijak geneticky odlišní.

b) Musí buňka, ze které chceme izolovat DNA být živá?

Jednoduše ne, stačí mrtvá buňka

c) Co je to genetický profil jedince?

Soubor znaků sloužící k identifikaci charakteristických pro daného jedince, zejména u lidí

d) Jak probíhá rozbor DNA? Jsou k tomu potřeba nějaké speciální přístroje?

Převážně pomocí PCR - dlouhá DNA  
člení DNA pomocí přístroje automatického analýzování  
elektroforéza určuje pořadí nukleotidů v řetězci

e) Jak dlouho takový rozbor trvá?

namnožení v několik dní, členění pouze několik hodin

f) V jakých dalších oborech kromě kriminalistiky se genetický rozbor využívá?

lékařství - medicína - oděvní  
předpovězení chorob - onemocnění

# **Příloha C: Metodické listy**

# Metodický list: Izolace vlastní DNA

---

## Téma: Nukleové kyseliny

### Didaktické cíle

- Žák vyjmenuje jednotlivé komponenty, které obsahuje nukleotid (základní stavební jednotka DNA/RNA).
- Žák objasní roli nukleových kyselin v organismu.
- Žák stručně popíše princip izolace DNA.
- Žák chápe důležitost využití genetického rozboru DNA.
- Žák dokáže pracovat se zdroji informací a kriticky posoudit jejich relevanci v rámci diskutované problematiky.
- Žák je schopný sestavit smysluplný pracovní postup a dodržet u něj pravidla bezpečnosti práce.
- Žák je schopen na základě provedeného pokusu sestavit vyhodnocení a prezentovat své závěry před spolužáky.

### Pomůcky

- Pracovní list pro žáky
- Laboratorní nádobí: kádinka, zkumavka
- Chemikálie: ethanol, prostředek na mytí nádobí, kuchyňská sůl
- Ostatní pomůcky: kelímky

### Prostředí

- Školní chemická laboratoř

### Badatelské aktivity

- Vyhledat informace o nukleových kyselinách
- Odvození vlastního pracovního postupu indukce podle informací v pracovním listě

## Harmonogram výuky

	NÁPLŇ PRÁCE	ČAS	POMŮCKY	ČINNOST UČITELE	ČINNOST ŽÁKŮ
<b>ÚVOD DO TÉMATU – MOTIVACE</b>	Úvodní článek a otázky žáků	5 min	Pracovní list	Ponechává žákům čas na seznámení se s tématem, kontroluje práci	Seznamují se s tématem a definují badatelské otázky
<b>TEORETICKÁ PŘÍPRAVA</b>	Seznámení s teorií a řešení zadaných úkolů	30 min	Doporučená literatura, internetové zdroje, pracovní list	Je k dispozici žákům, odpovídá na případné dotazy	Hledají nové informace a zapisují je do pracovního listu
<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČINNOST</b>	Provedení experimentu	20 minut	Viz pomůcky – laboratorní nádobí a chemikálie; pracovní list	Je k dispozici žákům, odpovídá na případné dotazy; kontroluje bezpečnost práce	Doplňují pracovní list, pracují s chemikáliemi
<b>VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ</b>	Vyhodnocení experimentu, zodpovězení otázek	20 minut	Pracovní list	Konzultuje správnost výsledků	Prohlížejí si vlastnoručně zhotovenou DNA, formulují odpovědi na otázky

### Doplňující otázky a náměty k diskusi:

- Kteří biologové navrhli model dvoušroubovice DNA roku 1953? (**Watson a Crick.**)
- Zopakujte si z biologie procesy kopírování = replikace DNA, transkripce a translace.
- Je pravda, že jsou řetězce DNA v dvoušroubovici identické? (**Ne, nejsou. Jsou komplementární, tzn., že se doplňují.**)
- Co je palindrom? (**Jsou to řetězce DNA vznikající během sekvenování, které se čtou stejně zleva doprava i zprava doleva.**)
- Prémiová otázka: Pokuste se zjistit, jaký význam mají mělké a hluboké žlábký v DNA. (**Mělké a hluboké žlábký zprostředkovávají pozitivní i negativní interakce. Pokud to jsou pozitivní interakce, tak to jsou interakce v rámci jádra buňky. Pokud negativní, tak to jsou toxické látky, př. anthracen či fenanthren, které se interkalují do hlubokých žlábků a způsobují karcinogenitu a mutagenitu DNA. Využívají se jako protinádorová léčiva, nevýhodou je, že nejsou specifická a napadají i zdravé buňky.**)



## Zdroje:

BOBŮRKOVÁ, Eva. Vědci varují: stopy DNA používané k usvědčení zločinců nejsou neomylné. In: *Idnes.cz/Technet* [online]. 04.03.2011 [cit. 08.02.2018]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/veda/vedci-varuji-stopy-dna-pouzivane-k-usvedceni-zlocincu-nejsou-neomylné.A110304\\_1542950\\_veda\\_vse](https://www.idnes.cz/technet/veda/vedci-varuji-stopy-dna-pouzivane-k-usvedceni-zlocincu-nejsou-neomylné.A110304_1542950_veda_vse)

MCMURRY, John. *Organická chemie*. V Brně: VUTIUM, 2007. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-3291-8.

# Izolace vlastní DNA

Genetický rozbor (tzv. DNA fingerprinting) přinesl obrovský průlom v kriminalistice. Byly díky němu odsouzeny tisíce kriminálních a stovky nevinných se podařilo očistit. Díky dnešním kriminálním seriálům, které se mnohdy kvůli snadnější sledovatelnosti dopouští zjednodušování, zná tento soubor procesů široká laická veřejnost. A stejně jako i mnozí soudci a policisté je považuje za nezvratné. Tomu se říká CSI efekt. Každý se domnívá, že rozbor nemůže selhat, protože neexistují na světě dva lidé s naprosto stejnou genetickou informací.

Dědičná informace uložená v DNA je zápisem, který je tvořen čtyřmi písmeny, jež pochází z názvů dusíkatých bází. Tato písmena v různém pořadí tvoří vlákna o délce více než tři miliardy párů. DNA je obsažena v jádře každé buňky a díky tomu mohou forenzní specialisté získat genetický profil jedince z jediného vlasu, kapky krve, sliny či spermatu.

**Po přečtení úryvku a nadpisu si запиšte otázky, které vás napadnou.**

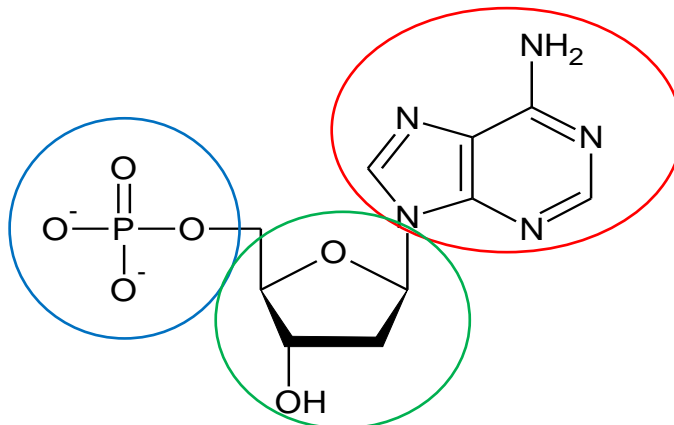
- 1.
- 2.
- 3.

**Pokud vás žádná otázka nenapadla, můžete použít některé z následujících otázek:**

- a) Opravdu neexistují na světě dva lidé, kteří mají stejnou DNA? Co třeba jednovaječná dvojčata?
- b) Musí buňka, ze které chceme izolovat DNA být živá?
- c) Co je to genetický profil jedince?
- d) Jak probíhá rozbor DNA? Jsou k tomu potřeba nějaké speciální přístroje?
- e) Jak dlouho takový rozbor trvá?
- f) V jakých dalších oborech kromě kriminalistiky se genetický rozbor využívá?

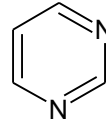
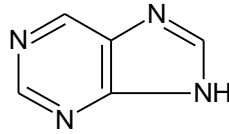
**S pomocí vzorce zkuste odpovědět na následující otázky:**

Než se pustíme do samotné izolace DNA, ujasníme si, z čeho se DNA skládá a jaký má význam. Nukleové kyseliny se skládají z nukleotidů, které mají 3 části. Pojmenuj barevně odlišené části na obrázku.



**Modrá část představuje fosfát, zelená cukernou složku a červená dusíkatou bázi.**

Báze jsou různých typů a jsou odvozené od purinu a pyrimidinu. Přiřadte správně vzorce bází k těmto základním strukturám.



Adenin - E

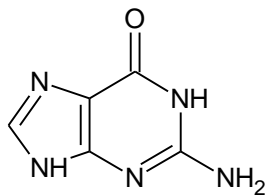
Guanin - A

Cytosin - B

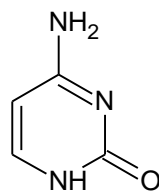
Thymin - C

Uracil - D

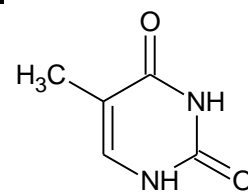
A)



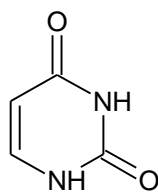
B)



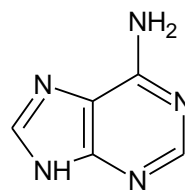
C)



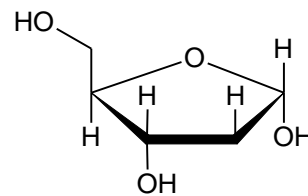
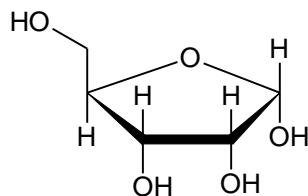
D)



E)

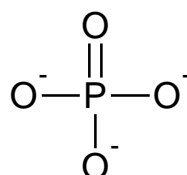


Nukleová kyselina může být dvou typů – DNA (deoxyribonukleová NK) a RNA (ribonukleová NK). Název nukleové kyseliny souvisí s typem ribosy, který se v ní vyskytuje. Oba typy máte vyobrazené na obrázcích. Poznáte, který náleží DNA a který RNA a proč?



Obrázek nalevo je D-ribosa, která náleží RNA. Napravo je 2-deoxy-D-ribosa nacházející se v DNA, protože zkratka DNA znamená deoxyribonukleová kyselina.

Poslední složkou nukleotidu je fosfát, jehož strukturu si můžete prohlédnout na obrázku. Od jaké anorganické kyseliny je odvozen?



Fosfát je odvozen od kyseliny trihydrogenfosforečné.

Význam nukleových kyselin je ohromný. Vyberte takové kartičky, které obsahují správné informace o NK.

Zdroj zásobních látek	Účast na biochemických reakcích
Mediátory nervových procesů	Nositelé genetické informace
Určují druh a vlastnosti buňky	Rozpouštědla vitamínů

Z jakého materiálu byste mohli izolovat svou vlastní DNA nejnázne (vycházejte z možných zdrojů uvedených v úvodním textu)?

Z vlastních slin

Přiřaďte jednotlivým chemikáliím, které máte na pracovním stole, jejich význam při izolaci DNA. Zamyslete se také nad tím, jak docílíte toho, aby ve vašem vzorku bylo co nejvíce DNA – nezapomeňte, že DNA se nevyskytuje vně buněk, ale pouze uvnitř nich.

- |                              |   |                                       |
|------------------------------|---|---------------------------------------|
| 1) Ethanol (chlazený)        | → | a) Získání buněk obsahujících DNA     |
| 2) Slaná voda                | → | b) Vysrážení DNA                      |
| 3) Prostředek na mytí nádobí | → | c) Rozrušení cytoplazmatické membrány |

S pomocí těchto kroků navrhnete postup izolace DNA a konzultujte ho s učitelem, pokus nezačínáte, dokud vám ho učitel neschválí.

Budeme kloktat slanou vodou, kterou vyplivneme, přidáme k ní kapku prostředku na mytí nádobí. Ve zkumavce promícháme kývavými pohyby. Poté přelijeme podchlazeným ethanolem.

Na rozhraní kapalin se začnou vylučovat vlákna DNA, která postupně mohou vystoupit až na hladinu ethanolu. Nyní vidíte DNA na vlastní oči. Popište své pozorování.

DNA nejdříve vypadala jako bílá vlákna, která se spojovala do shluků.

Pokuste se zformulovat odpovědi na otázky, které jste si na začátku stanovili, a odpovězte i na otázky, které byly v úvodu zadané.

- 1.
- 2.
- 3.

- a) Opravdu neexistují na světě dva lidé, kteří mají stejnou DNA? Co třeba jednovaječná dvojčata?

Existují rozdíly v počtu kopií některých úseků DNA (tzn. v CNV = copy number variation). Jedná se o naprosto minimální rozdíly, ale i tak jednovaječná dvojčata nejsou úplně geneticky totožná.

- b) Musí buňka, ze které chceme izolovat DNA být živá?

Na tuto otázku nelze jednoznačně odpovědět, DNA v mrtvých buňkách se samozřejmě už neobnovuje a spolu s celým vzorkem podléhá rozpadu. Doba rozpadu závisí na zdroji (typ buněk) a na vnějších podmínkách (teplota, pH, atd.). Izolace DNA z živých buněk je samozřejmě jistější a jednodušší.

- c) Co je to genetický profil jedince?

Jedná se o soubor genetických znaků, které jsou charakteristické pouze pro daného jedince.

- d) Jak probíhá rozbor DNA? Jsou k tomu potřeba nějaké speciální přístroje?

Daný úsek DNA je nejprve nutné namnožit (pomocí polymerázové řetězové reakce). Čtení DNA se nazývá sekvenování a probíhá v automatických analyzátoch. Stanovuje se pořadí nukleotidů v krátkých řetězcích (získaných pomocí tzv. restrikčních enzymů) procesem elektroforézy, jejíž princip tkví v odlišné pohyblivosti molekul v elektrickém poli.

- e) Jak dlouho takový rozbor trvá?

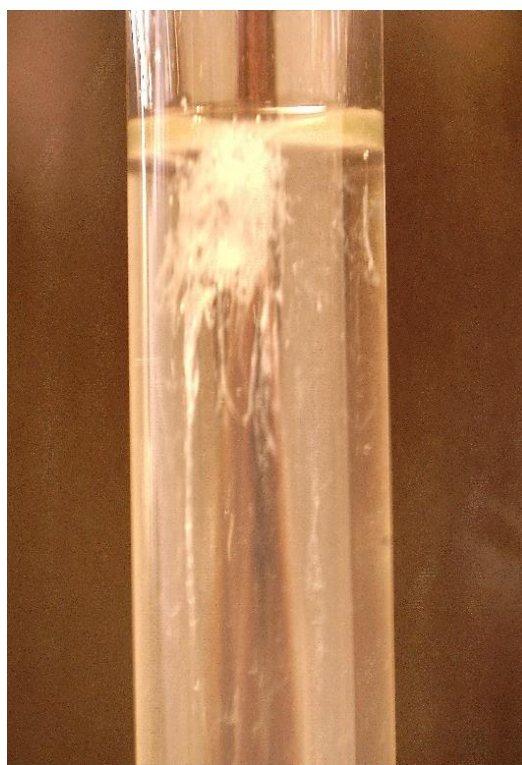
Namnožení úseku DNA může trvat i pár dní. Samotná sekvence DNA trvá přibližně dvě hodiny.

- f) V jakých dalších oborech kromě kriminalistiky se genetický rozbor využívá?

Genetický rozbor se používá k určení příbuznosti osob, např. k určení paternity (otcovství). Může také předpovědět předpoklad k dědičnému onemocnění.

# **Příloha D: Fotodokumentace**

## FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA: IZOLACE DNA



**Foto 1:** Izolace DNA pomocí slané vody v kelímku, podchlazeného ethanolu a prostředku na mytí nádobí. Na foto vpravo nahoře bílá vlákna spojená do chuchvalce -> nukleová kyselina DNA. Na foto dole nukleová kyselina pod digitálním mikroskopem PRO Scope Edu.

# **Příloha E: Dotazníkové šetření**



## Název úlohy:

Byla pro tebe úloha zajímavá? Ano/Ne  
Proč ano/ne?

Objevil jsi v průběhu úlohy nové informace? Ano/Ne  
Pokud ano, tak jaké? Uveď příklad(y).

Podařilo se ti dobře zvládnout všechny části úlohy?  
Co ano?  
Co ne a proč?

Co pro tebe byl při řešení úlohy největší problém? Proč?

*V následující tabulce křížkem označ převládající emoci, která tě ovládla v jednotlivých fázích řešení úlohy. Význam emotikonů je následující:*

-  Údiv, ohromení.
-  Zvědavost, očekávání.
-  Nadšení, štěstí.
-  Radost, spokojenost.
-  Neutrální pocity, klid, vyrovnanost.
-  Zklamání, nespokojenost.
-  Smutek, bezradnost, neklid.
-  Znuděnost

