

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA EXPERIMENTÁLNÍ FYZIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Mezioborové výukové moduly
(fyzika-biologie)



Výpracovala:	Bc. Dominika Korcanová
Studijní program:	Učitelství fyziky pro střední školy
Studijní obor:	Fyzika pro SŠ/Biologie pro SŠ
Forma studia:	prezenční
Vedoucí práce:	prof. RNDr. Tomáš Opatrný, Dr.
Termín odevzdání práce:	červen 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Tomáše Opatrného, Dr., a že jsem v seznamu literatury uvedla všechny zdroje použité při zpracování této práce.

V Olomouci dne 8. května 2024

.....
Bc. Dominika Korcanová

Poděkování

Děkuji prof. RNDr. Tomáši Opatrnému, Dr. za podnětné rady a připomínky při tvorbě této diplomové práce, a Mgr. Martině Oulehlové, Ph.D., za konzultace biologické stránky práce. Mé poděkování patří také Mgr. Zdeňku Pucholtovi, Ph.D., který se mnou prošel počátky práce, a s nímž jsem konzultovala zejména prvotní nápad, design a didaktickou stránku výukových modulů. Také děkuji své rodině za podporu a trpělivost v době celého studia.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Bc. Dominika Korcanová
Název práce	Mezioborové výukové moduly (fyzika-biologie)
Typ práce	diplomová
Pracoviště	Katedra experimentální fyziky
Vedoucí práce	prof. RNDr. Tomáš Opatrný, Dr.
Rok obhajoby práce	2024
Abstrakt	Mezipředmětová výuka je jedním z několika současných moderních didaktických přístupů. Zároveň jde o velice důležitý prvek pro výuku přírodovědných předmětů, pro které je pochopení vzájemných vztahů mezi jednotlivými tématy zásadní. Tato práce se věnuje tvorbě a uplatnění mezipředmětových výukových modulů ve fyzice a biologii na základních a středních školách. Práce obsahuje teoretický rozbor moderních didaktických přístupů, které byly využity při tvorbě modulů, a také praktickou část popisující samotnou tvorbu výukových modulů, metodiku práce s nimi. Práce obsahuje také didaktické poznámky a poznatky získané při testování jednotlivých modulů v praxi.
Klíčová slova	mezipředmětová výuka, didaktika fyziky, didaktika biologie, konstruktivismus, konektivismus, moderní didaktika
Počet stran	108
Počet příloh	1
Jazyk	český

Bibliographical identification

Author's first name and surname	Bc. Dominika Korcanová
Title	Interdisciplinary school worksheets (physics-biology)
Type of thesis	Master
Department	Department of Experimental Physics
Supervisor	prof. RNDr. Tomáš Opatrný, Dr.
The year of presentation	2024
Abstract	Interdisciplinary education is one of the many modern didactic methods used nowadays. It is also a very important part of the teaching of the science subjects where it is crucial to understand the connections between topics. This work is about creating and using interdisciplinary school worksheets in physics and biology in elementary and secondary education. It includes theoretical part where modern didactic methods used in designing of the worksheets are described, and practical part describing the creation of the worksheets and the working methods. This work includes didactic comments and observations gained while using the worksheets in practice.
Keywords	interdisciplinary education, didactics of physics, didactics of biology, constructivism, connectivism, modern didactics
Number of pages	108
Number of appendices	1
Language	Czech

Obsah

Úvod	9
1 Teoretická část	10
1.1 Moderní přístupy v didaktice přírodovědných předmětů	10
1.1.1 Konstruktivistické pojetí výuky	10
1.1.2 Konektivismus a peer instruction	12
1.1.3 Badatelsky orientovaná výuka	13
1.2 Rámcové vzdělávací programy	14
1.2.1 RVP pro základní vzdělávání	15
1.2.2 RVP pro gymnázia	17
2 Praktická část	20
2.1 Volba témat výukových modulů	20
2.2 Metodika práce s moduly	21
2.3 Konstrukce výukových modulů	22
2.3.1 Konstrukce modulu Dýchání 100x jinak	23
2.3.2 Konstrukce modulu Letem světem	28
2.3.3 Konstrukce modulu Svět ve spektru	30
2.4 Testování a vyhodnocení aneb výukové moduly v praxi	32
2.4.1 Pilotní testování modulu Dýchání 100x jinak	33
2.4.2 Testování aktualizované verze modulu Dýchání 100x jinak	37
2.4.3 Testování modulu Letem světem	39
2.4.4 Testování modulu Svět ve spektru	40
2.5 Vyhodnocení modulů z hlediska konstruktivistického, konek- tivistického a badatelského přístupu	43
Závěr	46
Literatura	48

Seznam obrázků	58
Výukové moduly	60

Úvod

Mezipředmětová výuka je v dnešní době oblíbenou a moderní metodou ve vyučování na středních i základních školách. V zahraničí je výuka přírodovědných předmětů mnohdy vyučována jako předmět *Science*, ve kterém se žáci učí témata z fyziky, biologie, chemie i geografie [1]. U nás jsou snahy o integrovanou výuku zatím v začátcích [2] [3].

Motivací sepsat tuto práci byla zejména poměrně malá provázanost fyziky a biologie na středních i základních školách. Další motivací byla volba mé aprobace, která mi ukázala, jak velice propojená fyzika a biologie je, přestože se na základních a středních školách tyto dva předměty příliš nepropojují. Provázanost předmětů je často aplikována ve *Školních vzdělávacích programech* (ŠVP), které si ale každá škola definuje a vytváří sama, tedy rozhoduje, jak velkou provázanost těchto předmětů bude vyučovat. V rámci *Rámcového vzdělávacího programu* (RVP) je možno realizovat mezipředmětové vztahy v rámci průřezových témat, u fyziky a biologie především v oblasti environmentální výchovy [4].

Tato práce se věnuje tvorbě mezipředmětových výukových modulů, jejichž cílem je provázat určitá témata z fyziky a biologie. Cílem této práce je vytvořit a zároveň otestovat výukové moduly kombinující fyziku a biologii a ukázat žákům možnost kombinace těchto dvou předmětů. Moduly jsou testovány žáky, přičemž z každého výstupu je zpracována také metodika práce s moduly, která je obsažena v této práci. Cílem práce je také moduly zhodnotit dle kritérií konstruktivismu a konektivismu [6] [7].

Práce je členěna na dvě části - teoretickou a praktickou. Teoretická část práce obsahuje analýzu moderních didaktických přístupů - konstruktivismu, konektivismu, peer instruction a badatelsky orientované výuky. Tyto pedagogické přístupy byly v rámci tvorby modulů stěžejní. V teoretické části je také analyzován dokument RVP, který určuje probíraná témata na školách v jednotlivých stupních vzdělávání. V druhé části práce - v praktické části - je uvedena samotná tvorba modulů a analýza jejich obsahu. Jsou zde popsány zvolené úlohy a doporučená metodika práce s nimi. Zároveň je zde uvedeno zhodnocení práce s moduly na praxích a případné komentáře, pozitiva a ne-

gativa, která se v praxi objevila. Na závěr jsou moduly zhodnoceny z hlediska zásad konstruktivismu, konektivismu a badatelsky orientované výuky.

Výukové moduly jsou tvořeny jako pracovní listy a je možné je použít jako celek nebo pouze konkrétní části. Moduly jsou konstruovány tak, aby se daly použít jak ve výuce, tak např. v rámci projektových dní nebo v zájmových kroužcích. V rámci této diplomové práce jsou vytvořeny 3 výukové moduly, přičemž každý se věnuje určitému tématu, které je pojato vždy co nejvíce obsáhle, aby se dotklo co největšího počtu témat z fyziky a biologie. Moduly obsahují různé výukové texty, úlohy a pokusy. První výukový modul se věnuje tématu dýchání, a to jak z hlediska biologie rostlin, tak biologie živočichů. Druhý výukový modul se věnuje létání, přičemž je toto téma pojato velice zešíroka, aby žákům byl nabídnut co největší náhled na tuto problematiku. Třetí výukový modul se věnuje elektromagnetickému spektru. Propojuje jednotlivé části spektra s biologickými tématy v botanice nebo v biologii člověka.

Všechny moduly byly testovány, ať už celé nebo jejich jednotlivé úkoly, v praxi v období březen 2023 - duben 2024.

Kapitola 1

Teoretická část

V rámci teoretické části práce jsou rozebrány moderní pedagogické metody, které byly pro tvorbu modulů stěžejní. Tato kapitola obsahuje také témata Rámcových vzdělávacích programů základního vzdělávání (RVP Z) a vzdělávání na gymnáziu (RVP G). Tato témata definují to, co je na školách v daných stupních vzdělávání vyučováno. RVP je klíčový dokument definující ŠVP, které stanovují konkrétní témata vyučována v daných ročnících a jejich přesný rozsah.

1.1 Moderní přístupy v didaktice přírodovědných předmětů

1.1.1 Konstruktivistické pojetí výuky

Konstruktivismus je typ pojetí výuky, u kterého si jedinec vytváří vlastní představu o vyučované problematice za použití smyslů a vlastní získané zkušenosti z poznání. To, co si jedinec z výuky odnáší, je dáno jeho vlastním prožitkem z vyučování. Díky tomu se v jedné vyučované skupině mohou vytvářet různé pohledy na vyučovanou problematiku, kterou pak mohou mezi spolužáky sdílet a diskutovat [8].

Konstruktivismus ve výuce se vyznačuje důrazem na aktivní roli vyučovaného jedince v pedagogickém procesu. Vzdělávaný jedinec při konstruktivistické výuce propojuje již poznané informace a dává dohromady souvislosti na základě získané zkušenosti. Zároveň využívá smysly k hlubšímu poznání a provádí operace, které mu pomáhají pochopit vyučovanou problematiku [9]. Jedinec se učí aktivně - jsou využívány vhodné podněty a příklady ze života, které přispívají k získávání vlastních zkušeností, které následně dále aplikuje v dalších vyučovacích procesech [10]. Charakteristiky konstruktivis-

tické výuky lze definovat následovně podle Murphyové, jak uvádí Korcová ve své práci [6]:

- Učivo je vyučovanému jedinci předkládáno za využití různých metod. Jedinec na problematiku může pohlížet z různých hledisek.
- Cíle a plány definuje přímo vyučovaný jedinec sám nebo ve spolupráci s vyučujícím.
- Vyučující má roli kouče, facilitátora, který vyučovanému jedinci poskytuje vedení v procesu, ale nechává ho pracovat samostatně dle jeho vlastních potřeb.
- Vyučovaný jedinec aktivně řídí vlastní vzdělávací proces na základě vlastních potřeb. Posuzuje, co potřebuje k dalšímu poznání, a co již zná.
- Hlavním činitelem učení je vyučovaný jedinec.
- Vyučovaná témata a jejich obsah reprezentují potřeby současného světa.
- Je kladen důraz na konstrukci znalostí, ne na reprodukci naučeného.
- Individuální poznání vyučovaného jedince se kombinuje se znalostmi ostatních v rámci kooperativního učení.
- Předchozí znalosti a zkušenosti vyučovaného jedince se promítají v aktuálním učebním procesu. Je využíváno již poznání pro ukotvení nových znalostí nebo prohloubení stávajících.
- Je kladen důraz na řešení problémů, přičemž dochází k poznání a pochopení souvislostí.
- Je respektováno udělat chybu s ohledem na zkušenost vyučovaného jedince.
- Zkoumání je využíváno jako nejlepší přístup pro aktivizaci.
- Vyučovaný jedinec má příležitost k učení pomocí praktických úkolů, čímž dochází k rozvoji znalostí, tzv. učňovské učení.
- Jednota znalostí je reflektována v zaměření na vztahy a mezipředmětovou výuku. Mezipředmětové znalosti se dávají do souvislostí s nově probíraným učivem.

- Vyučující dává přednost kooperativnímu učení.
- Vyučující pomáhá vyučovanému jedinci překonávat vlastní limity v učícím procesu s ohledem na jeho schopnosti.
- Hodnocení splnění cílů výuky je komplexní vzhledem k množství činností, které ve vyučovacím procesu byly využity.
- Primárním cílem je propojení znalostí v souvislosti s praktickým životem.

Při hodnocení, zda moduly využívají konstruktivistický přístup je využito výše zmíněných bodů.

1.1.2 Konektivismus a peer instruction

V rámci práce s moduly se kromě konstruktivismu uplatňuje i *konektivismus* čili teorie učení v digitálním věku [11]. Základní podstatu konektivismu lze definovat následujícím způsobem [7]:

- Učení je bráno jako proces, při kterém dochází k propojení různých relevantních zdrojů, sdílení přístupů i znalostí.
- Proces poznání je založen na zkušenosti a propojení technologií, různých zdrojů a kultur.
- Schopnost poznávat je důležitější než momentální znalosti.
- Navázání a uchování spojení je podmínkou pro poznání.
- Klíčovou kompetencí je schopnost rozlišit koncepty, ideje, obory i využití zdroje.
- Přítomnost je důležitý faktor aktivit - musí být dodržena aktuálnost (čili co byla pravda dnes, nemusí být pravda zítra).
- Neživá zařízení jsou schopna učení, svým hledáním i úpravou formujeme síť.
- Vlastní rozhodnutí je součástí vzdělávacího procesu, je potřeba sledovat aktuální dění a změny, které formují náš názor a postoje.

Konektivismus se velice často a dobře kombinuje s konstruktivismem. Navíc v poznání jde ještě dál díky zdrojům, které využívá [7]. Konstruktivismus

klade důraz na samostatné bádání v kombinaci s kooperativním učením, konektivismus je na spolupráci s okolím přímo závislý [12].

Na tyto přístupy, kdy vyučování jedinci spolupracují a zároveň diskutují své zkušenosti a názory, lze navázat metodou *peer instruction*. Tato metoda spojuje diskuzi a spolupráci mezi vyučovanými jedinci, přičemž klade důraz na kooperaci a učení při interakcích jedinců. Podstatou *peer instruction* je také minimální interakce s vyučujícím, především při diskuzi správných výsledků a podstaty teorie. Vyučující má úkol dohlížet na vzdělávací proces jako facilitátor, stejně jako u konstruktivismu, ale také dohlíží na to, aby nevznikaly mezi žáky mylné představy o probíraném tématu. Výuku koordinuje tak, aby nedošlo k nesprávnému utvoření mínění, ale nezapojuje se do procesu jako hlavní činitel [13].

1.1.3 Badatelsky orientovaná výuka

Badatelsky orientovaná výuka se dá definovat mnoha způsoby. Dle Papáčka ji lze popsat jako „účinnou aktivizační metodu problémového vyučování, které vychází z přístupů konstruktivismu“ [14]. Vyučovaný jedinec si klade otázky, hledá důkazy a vyhodnocuje problémy. Zároveň komunikuje a spolupracuje s ostatními, může pracovat v týmu. Uplatňuje se zde tedy i princip konektivismu. Badatelsky orientovanou výuku lze také definovat dle *National Research Council* jako výuku „(...) ve které se žáci zabývají vědecky orientovanými otázkami (*scientifically oriented questions*), dávají přednost důkazům, které jim umožňují objevovat řešení, vyhodnocovat možná vysvětlení vědecky orientovaných otázek, (...)“ [15].

V badatelsky orientovaném vyučování hraje důležitou roli nejen vyučovaný jedinec, ale i vyučující, jenž je považován za tvůrce konceptu výuky, jehož realizaci a způsob provedení si ale vyučovaný jedinec reguluje sám. Tvorba a správná konstrukce takové výuky je pro učitele poměrně náročná, jelikož je potřeba výuku správně „naprojektovat“, definovat cíle a metody, které budou použity [16]. Anderson [17] definoval roli vyučujícího v badatelsky orientované výuce následovně:

- Vyučující aktivně komunikuje se skupinami vyučovaných jedinců.
- Vyučující pomáhá vyučovaným jedincům při procesu získávání informací, ale přímo do procesu nezasahuje.
- Vyučující se snaží usměrňovat aktivity vyučovaných jedinců, navrágí je na správnou cestu.
- Vyučující usnadňuje vyučovaným studentům myšlení.

- Vyučující modeluje proces učení, udává směr, ale nechává vyučované jedince pracovat samostatně.
- Vyučující se snaží využít materiály flexibilně a tak, aby vyučovaní jedinci mohli pracovat s různými zdroji.

Role vyučovaného jedince je role aktivního badatele. Při poznávání dochází k akceleraci poznávání v takové míře, aby byla problematika pro žáky pochopitelná a aby došlo ke kombinování již získaných poznatků v rámci utváření souvislostí [18]. Model badatelsky orientované výuky, označován také jako „5E” - *5E inquiry-based learning model*, byl popsán následovně [19]:

- *ENGAGE* - zapojit - vyučovaní jedinci jsou do výuky aktivně zapojeni, řeší badatelská témata a otázky.
- *EXPLORE* - prozkoumat - vyučovaní jedinci prozkoumávají výzkumnou otázku pomocí badatelských metod a procesů.
- *EXPLAIN* - vysvětlit - vyučovaní jedinci vysvětlují své badatelsky získané výsledky.
- *EVALUATE* - zhodnotit - vyučovaní jedinci zhodnocují své výsledky bádání.
- *EXTEND* - rozšířit - vyučovaní jedinci rozšiřují své znalosti díky badatelským otázkám.

Začlenění badatelsky orientované výuky do běžného vyučování je podle mnoha autorů přínosná, zejména v přírodovědném vyučování [16]. Kašpar uvádí, že zdrojem poznání v přírodních vědách je pozorování skutečných dějů - ve fyzice fyzikálních jevů [20]. To je ve školách realizováno zejména pomocí školních pokusů, frontálních nebo žákovských [16]. U přírodopisu/biologie je podle Jungera, Haupta a Holešovského vhodné používat také metody pozorování přírodnin nebo práci v laboratoři [21].

1.2 Rámcové vzdělávací programy

RVP je závazný rozsah učiva, který žáci v daném stupni studia musí zvládnout. Jde o dokument, podle kterého školy vytváří vlastní ŠVP. V rámci RVP jsou stanoveny cíle, formy a povinný obsah vzdělávání a podmínky pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami (SVP). Jsou tvořeny tak, aby obsah odpovídal nejnovějším vědeckým poznatkům a také pedagogicko-psychologickým trendům a metodám [22].

RVP se liší dle stupně vzdělávání, při tvorbě modulů bylo využíváno RVP pro základní vzdělávání (RVP Z) a pro gymnázia (RVP G).

1.2.1 RVP pro základní vzdělávání

RVP Z charakterizuje základní vzdělávání jako „vzdělávání realizované v oboru vzdělávání základní škola“. Dokument je platný jak pro základní školy, tak pro příslušné ročníky základního vzdělávání na víceletých gymnáziích [23].

V rámci RVP Z je uvedeno učivo, cíle, které žák musí splnit, a také klíčové kompetence. Pro základní vzdělávání se jedná o:

- *kompetence k učení* - žák se dovede efektivně učit, vyhledává a třídí získané informace, využívá vhodné termíny, poznává znaky a symboly, samostatně experimentuje a kriticky posuzuje nové informace,
- *kompetence k řešení problémů* - žák vnímá problémové situace, vyhledává řešení a vhodně je aplikuje, samostatně řeší problémy a ověřuje správnost jejich řešení, kriticky myslí a uvědomuje si zodpovědnost,
- *kompetence komunikativní* - žák vhodně formuluje myšlenky a názory, naslouchá a vhodně reaguje na podněty ostatních, rozumí psanému i mluvenému textu, využívá nejrůznější komunikační prostředky a uvědomuje si jejich klady i zápory,
- *kompetence sociální a personální* - žák pracuje ve skupině, podílí se na tvorbě atmosféry v kolektivu, je ohleduplný k ostatním, pracuje v kolektivu a je pro něj přínosným,
- *kompetence občanské* - respektuje druhé, chápe základní práva a povinnosti každého člověka, chrání tradice, kulturní i historické souvislosti,
- *kompetence pracovní* - žák bezpečně ovládá základní nástroje, efektivně pracuje, využívá získané znalosti i zkušenosti v další práci,
- *kompetence digitální* - žák ovládá digitální zařízení, kriticky posuzuje a třídí hledaná data, rozpozná relevantní zdroje, chápe klady i zápory digitálních technologií v lidském životě.

Předměty vyučované v rámci základního vzdělávání jsou členěny do vzdělávacích oblastí. Důležitou a diskutovanou oblastí v této práci je zejména *Člověk a příroda*, kam spadá fyzika i přírodopis. Oba tyto předměty jsou vyučovány až na 2. stupni základní školy, tj. 6.-9. třída.

V rámci fyziky jsou probírána následující témata:

- *Látky a tělesa,*
- *Pohyb těles, síly,*
- *Mechanické vlastnosti tekutin,*
- *Energie,*
- *Zvukové děje,*
- *Elektromagnetické a světelné děje,*
- *Vesmír.*

V rámci přírodopisu jsou probírána následující témata:

- *Obecná biologie a genetika,*
- *Biologie hub,*
- *Biologie rostlin,*
- *Biologie živočichů,*
- *Biologie člověka,*
- *Neživá příroda,*
- *Základy ekologie,*
- *Praktické poznávání přírody.*

Po splnění zmíněných témat by měl žák splňovat výše vypsané kompetence, aby mohl bez problému přejít na vyšší stupeň vzdělávání [23].

RVP Z definuje povinné oblasti, které musí být na školách vyučovány, nicméně bližší specifika výuky si jednotlivé školy definují samy. Při tvorbě této práce bylo vycházeno z povinně stanovených oblastí daných RVP Z, přičemž zařazení a využití ve výuce je ponecháno na vyučujícím, popř. ŠVP vytvořeném příslušnou školou.

1.2.2 RVP pro gymnázia

RVP G je různého typu - a to pro klasická gymnázia, gymnázia anglická, dvojjazyčná a sportovní. Uvedena budou témata probíraná ve fyzice a biologii sepsána v RVP G pro klasická gymnázia. Vzdělávání na gymnáziu je definováno jako „vzdělávání na čtyřletých gymnáziích a vyšším stupni víceletých gymnázií, kterým se dosahuje stupně středního vzdělání s maturitní zkouškou...” [24]. V rámci RVP G jsou také, kromě probíraných témat, uvedeny klíčové kompetence, které by žák měl získat v průběhu studia. Klíčové kompetence jsou definovány podobně jako u RVP Z, jedná se o:

- *kompetence k učení* - žák si osvojuje pracovní činnost, organizuje si proces učení, využívá k tomu různé strategie, třídí informace,
- *kompetence k řešení problémů* - žák dokáže rozpoznat problém, vytváří si hypotézy, navrhuje postupy k řešení problémů, kriticky přemýšlí a je otevřený k různým postupům při řešení problému,
- *kompetence komunikativní* - žák dokáže vhodně komunikovat s ostatními verbálně i nonverbálně, vhodně používá také grafické symboly a vyjádření, prezentuje sebe i svou práci,
- *kompetence sociální a personální* - žák dokáže reflektovat své schopnosti fyzické i duševní, stanovuje si cíle a priority, chápe důsledky svého chování,
- *kompetence občanské* - žák respektuje hodnoty, názory a postoje druhých, chová se zodpovědně, civilizovaně,
- *kompetence k podnikavosti* - žák se cílevědomě rozhoduje o svém dalším vzdělávání a o své budoucnosti, rozvíjí svůj odborný i osobní potenciál vzhledem ke svým schopnostem a usiluje o dodržení stanovených cílů.

V rámci RVP G je fyzika a biologie zařazena do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*, stejně jako u RVP Z.

V rámci fyziky jsou probírána následující témata:

- *Fyzikální veličiny a jejich měření,*
- *Pohyb těles a jejich vzájemné působení,*
- *Stavba a vlastnosti látek,*
- *Elektromagnetické jevy, světlo,*

- *Mikrosvět.*

V rámci biologie jsou probírána následující témata:

- *Obecná biologie,*
- *Biologie virů,*
- *Biologie bakterií,*
- *Biologie hub,*
- *Biologie rostlin,*
- *Biologie živočichů,*
- *Biologie člověka,*
- *Genetika,*
- *Ekologie.*

Po splnění výše zmíněných témat by žák měl být schopen na dané škole složit maturitní zkoušku a pokračovat ve vzdělávání na vysoké škole nebo univerzitě [24].

I zde RVP G definuje povinné oblasti, které musí být na školách vyučovány, bližší specifikace udává ŠVP příslušné školy. Při tvorbě této práce bylo vycházeno ze vzdělávacích okruhů RVP G, přičemž zařazení a využití ve výuce je ponecháno na vyučujícím či příslušné škole.

Průřezová témata

V rámci RVP Z i RVP G jsou obsažena také *průřezová témata*. Jedná se o okruhy aktuálních problémů dnešního světa, která je vhodné začlenit do výuky předmětů. U průřezových témat není charakterizováno, které téma je třeba zařadit do jakého předmětu, to je ve správě vyučujícího, resp. školy. Průřezová témata uváděna v RVP Z i RVP G jsou: [23] [24] [25]

- *Osobnostní a sociální výchova,*
- *Výchova demokratického občana,*
- *Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech,*
- *Multikulturní výchova,*

- *Environmentální výchova,*
- *Mediální výchova.*

Aplikace průřezových témat pomůže učitelům sjednotit vyučování a žákům poskytne podrobný pohled na jednotlivá témata probíraná v různých okruzích. Dojde tak k celkovému pochopení témat jako celků a jako komplexní sítě znalostí napříč předměty a také situacemi a problémy reálného života.

Při tvorbě výukových modulů dochází především k aplikaci průřezového tématu Environmentální výchova, nicméně v mnoha ohledech, především při práci s internetovými zdroji, dochází také k aplikaci oblasti Mediální výchova.

Kapitola 2

Praktická část

Při tvorbě výukových modulů bylo důležité vybrat vhodná a zajímavá témata, ve kterých by se prolínaly různé okruhy z fyziky i biologie. Zároveň bylo důležité je pojmut tak, aby se modul věnoval i příbuzným tématům, které v žácích vzbudí zájem o hlubší bádání zmíněné problematiky. Vybrána byla celkem tři témata, a to dýchání, létání a elektromagnetické spektrum.

Tato kapitola popisuje tvorbu, zpracování a testování výukových modulů v praxi včetně didaktických poznámek a připomínek z testování v rámci vyučování.

2.1 Volba témat výukových modulů

Byly navrženy celkem tři výukové moduly, přičemž každý se věnuje určité oblasti fyziky a biologie. Témata, ač jsou různá, se v mnoha oblastech prolínají. Mezi jedno z témat, které se vyskytuje současně ve všech třech modulech, je elektromagnetické záření a jeho spektrum. Témata jsou zároveň pojata tak, aby se jednalo o zajímavé oblasti jak z fyziky, tak z biologie, nebo aby šlo o témata, která se v rámci výuky na ZŠ nebo SŠ probírají pouze okrajově.

Moduly jsou koncipované tak, aby se věnovaly tématům v mezích základního a středního vzdělávání, ale zároveň aby byly rozšiřujícím učivem a daly žákům informace a souvislosti, které se běžně nenaučí. Cílem modulů je, aby došlo k uvědomění si spojitostí mezi fyzikou a biologií, a to důležitosti znát široké spektrum informací napříč přírodovědnými předměty.

První modul, který byl zároveň pilotní, se věnoval dýchání. Žáci se na základní i střední škole učí zejména o dýchání živočichů, u rostlin jde o rozšiřující učivo, které může být probíráno v seminářích pro maturanty z biologie. Oba typy dýchání, a u rostlin s tím související hlavně fotosyntéza, jsou vyučovány zvlášt v rámci biologie rostlin a biologie živočichů, popř. biologie

člověka. Tento modul se věnuje všem typům dýchání dohromady a vysvětluje jejich fyzikální podstatu. Mimo jiné se věnuje také fotosyntéze, oběhovému systému a dalším tématům s dýcháním souvisejícími.

Druhý modul se věnuje létání, což je z fyzikálního hlediska jedno z nejnáročnějších témat vůbec, ale zároveň patří mezi nejzajímavější i co se týče biologie. Je zde opět vysvětleno, jak létání z fyzikálního hlediska funguje, a zároveň jsou zde porovnány skupiny létajících živočichů - hmyz, ptáci a savci. Modul je pojat tak, aby se žáci dozvěděli něco nového o této problematice a měli představu, jak létání funguje.

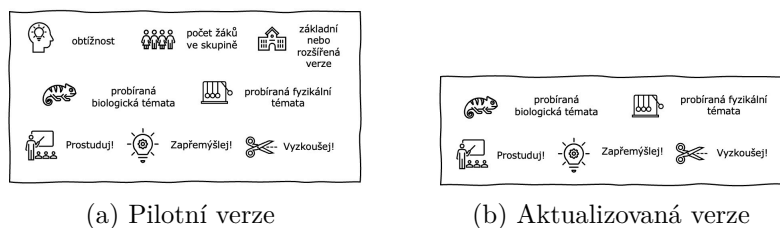
Poslední modul se zabývá elektromagnetickým spektrem. Věnuje se jednak jednotlivým částem spektra - od rádiových vln až po gama záření, a zároveň se u každého spektra věnuje jeho charakteristikám. Modul se věnuje také fyzikálnímu oboru spektroskopie a mimo jiné naráží také na problematiku světelného znečištění a důležitosti hormonu spánku melatoninu pro živé organismy. Modul propojuje mnoho témat i již dříve zmíněných, například zobrazování rostlinných barviv pod UV světlem, kterému je věnován pokus také v modulu o dýchání. Díky tomu je vidět, jak je fyzika a biologie propojená různými tématy.

2.2 Metodika práce s moduly

Výukové moduly jsou vytvořeny tak, aby je bylo možné využít na základním i na středním stupni vzdělávání. Není specifikováno, pro jaké účely může být modul využit, vše je ponecháno na vyučujícím. Moduly jsou tvořeny tak, aby je bylo možné využít jako celky, přičemž jednotlivé kapitoly a úkoly na sebe navazují, ale také je lze použít jako jednotlivé části, resp. úkoly, které si vyučující může využít dle potřeby. Moduly lze využít také jako rozšiřující učivo nebo námět na projektové dny.

Názvy modulů byly zvoleny tak, aby byly poutavé a aby naznačily, jakému tématu se bude modul věnovat. Pro přehlednost je na začátku každého modulu tabulka s ikonami, které informují vyučující i žáky o vlastnostech daného výukového modulu. Nejprve bylo zvoleno 8 ikon (viz 2.1a), v dalších verzích byly ikony redukovány pouze na 5 (viz 2.1b).

Každý modul má specifickou stavbu podle toho, čemu se věnuje. Začátek bývá většinou teoretický. Jeho úkolem je žáky stručně uvést do probírané problematiky. Poté následují různé praktické úkoly, pokusy nebo texty, které slouží žákům k pochopení zvoleného tématu. Moduly se snaží témata pojmut tak, aby si žák vytvořil ucelený přehled, a aby téma nebylo zaškaltulkováno pouze do jedné oblasti, např. pilotní modul věnovaný dýchání se



Obrázek 2.1: Podoba úvodní informační tabulky

věnuje dýchání živočichů, rostlin, ale také procesu fotosyntézy nebo červeným krvinkám.

2.3 Konstrukce výukových modulů

Výukové moduly byly tvořeny v programu Microsoft Word. Každý modul je jinak barevný. Všechny kreslené obrázky včetně průvodců jsou autorským dílem, a byly vytvořeny v programu Poznámky na iPadu pomocí chytrého pera. Ilustrace, ač jsou autorským dílem, byly inspirovány jinými ilustracemi nebo byly tvořeny dle předlohy, zejména pak náročnější obrázky ¹ Fotografie jsou taktéž většinou autorské, je-li tomu jinak, jsou fotografiím v této práci přiřazeny zdroje.

Při konstrukci modulů, zejména pak při tvorbě úloh a pokusů, byly použity různé knihy nebo jiné zdroje. I tyto využití zdroje jsou v této práci uvedeny, nejedná-li se o úlohy autorské. Následující kapitola se věnuje konstrukcím dílčích modulů.

¹*Dýchání 100x jinak*: Obrázek vzdušnic u hmyzu byl inspirován obrázkem z <http://www.petr-web.wz.cz/pdf/10%20Clenovci%20-%20hmyz.pdf>, obrázek dýchání ryb byl inspirován obrázkem z <https://isspb.cz/wp-content/uploads/pr-7-ryby.pdf>. *Letem světem*: Obrázek schématu SEM mikroskopu byl kreslen dle předlohy z <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1675-skenovaci-elektronovy-mikroskop>, obrázek z úlohy 3 byl inspirován obrázkem z https://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/El_mikr/El_mikr.html, nákres ptačího křídla byl kreslen dle předlohy z <https://www.akademie-svetla.cz/sekce/859-ptaci>, obrázky týkající se aerodynamického vztlaku byly kresleny podle předlohy z <https://www.okhelp.cz/fyzika/fyzika/fyzika-zakony/bernoulliho-zakon-dynamicky-vztlak.php>, nákres křídel jednotlivých živočichů byl inspirován obrázkem z <https://askabiologist.asu.edu/human-bird-and-bat-bone-comparison>, schéma principu echolokace bylo kresleno dle předlohy z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sonar>. *Svět ve spektru*: Obrázek elektromagnetického spektra byl inspirován obrázkem z <https://e-manuel.cz/kapitoly/elektromagneticke-vlny/vyklad/elektromagneticke-spektrum/>, nákres oka byl inspirován obrázkem z <https://www.symptom.cz/anatomie/oci>.

2.3.1 Konstrukce modulu Dýchání 100x jinak

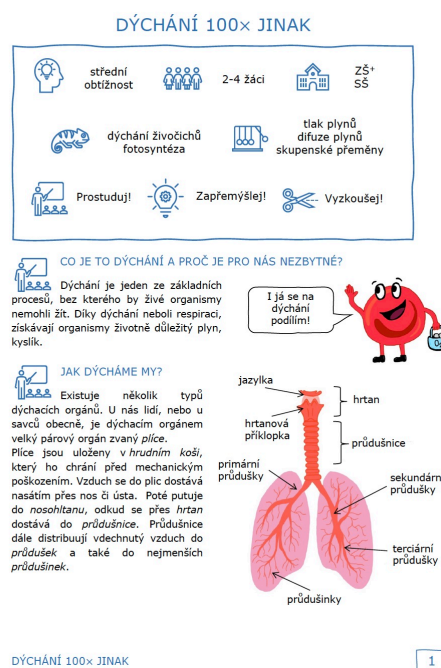
Pilotní verze modulu

Konstrukce pilotní verze byla nejnáročnější, jelikož bylo potřeba promyslet rozvržení výukového modulu. Na začátek byla navržena informační tabulka s osmi ikonami (viz 2.2). Obtížnost modulu byla určena na středně těžkou, vzhledem k množství informací a také náročnosti na provedení pokusů. Optimální počet žáků ve skupině byl určen na 2-4, nicméně při pozdějším testování bylo zjištěno, že je možné pracovat i samostatně, zejména jedná-li se o starší žáky. Úroveň pilotní verze byla určena na ZŠ+ nebo SŠ. Toto podrobné dělení se v dalších modulech již nevyskytuje a počet informačních ikon byl taktéž upraven, viz 2.2.

Na úvod byl vytvořen společník - zde červená krvinka, která provází žáky výukovým modulem. Společník byl zvolen pro zatraktivnění práce s modulem. Tento společník byl vytvořen pouze pro tento modul, v dalších modulech se již nevyskytuje, místo něho byl vytvořen větší prostor pro text a také byly vytvořeny nové ilustrace.

První strana se věnovala úvodu do dýchací soustavy člověka. Je zde krátký text s důležitými pojmy a s přehledným obrázkem plic i s popisky. Teoretický základ biologie dýchání člověka byl studován zejména v *Obecné biologii* [26] a v anglické publikaci *Advanced human biology* [27] a webové stránky *Národního zdravotnického informačního portálu* [28].

Na teoretickou část navazoval pokus - *Výroba modelu plic*. Tento experiment se vyskytuje hned v několika publikacích, např. v *Experimentáři* [29]. Pokus je velice jednoduchý jak na pomůcky, tak na výrobu. V rámci pilotního testování se velice osvědčil a tak byl ponechán i v další verzi. Velkou výhodou tohoto pokusu je, že v žácích rozvíjí zručnost a kreativitu, a také jim zpestří vyučování.



Obrázek 2.2: První strana pilotní verze

Poté následoval první úkol, který měl za úkol propojit znalost dýchání plicemi se znalostí vlastností plynů, zejména tlaku v plynech. Úkolem žáků bylo na základě vytvořeného modelu plic vysvětlit fyzikální podstatu dýchání [30]. Zde dochází k prvnímu propojení znalosti fyziky a biologie. Očekávaný rozsah znalostí vychází z kapitol *Tlak vzduchu vyvolaný tíhovou silou* [31], *Vztlaková síla v kapalinách a plynech* [32] a *Přetlak, podtlak* [33] z učebnice *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*.

Od dýchání člověka se modul přesunul k dýchání dalších obratlovců, a to ptáků. Je zde krátký informační text a zadání krátké jednoduché Fermiho úlohy. Úkolem je zjistit informace, které jsou potřebné pro výpočet této úlohy. Poté následovala interaktivní práce s QR kódem, popř. URL odkazem, který nasměroval na animaci dýchací soustavy člověka, slepice a sarančete [34]. Animace je v anglickém jazyce. S touto animací se také pojí úkol, kde je úkolem určit posledního živočicha na animaci (saranče) a zařadit jej taxonomicky. Animace i úkol, leč mírně modifikován, byl ponechán v aktualizované verzi modulu.

Další série aktivit se věnovala výměně plynů v plicích, zejména difuzi. Je zde opět krátký informační text a také dva pokusy na demonstraci difuze v plynu [35] - jeden pokus je žákovský a druhý předvádí učitel. V pilotním testování byla otestována pouze jedna varianta vzhledem k nevhodnému místu, kde byl pracovní list v rámci praxí testován. Oba pokusy byly mírně upraveny a ponechány v aktualizované verzi.

Dále se modul věnoval vitální kapacitě plic, konkrétně měření pomocí spirometru [36] [37] [38]. Na úvod je představen krátký text vysvětlující tyto pojmy, poté následuje návod na výrobu domácího spirometru [39]. Ten sice při testování v praxi fungoval, ale příliš se neosvědčil, a tak byl v nové verzi nahrazen. Je zde také prostor pro diskusi nad vitální kapacitou plic u průměrného zdravého člověka a porovnání ji s hodnotami u sportovců nebo u astmatiků či kuřáků.

Následující kapitola se věnovala dýchání dalších živočichů, především dýchání vzdušnicemi a žábrami. Tato kapitola je čistě teoretická, ale vyučující má možnost vést s žáky diskusi. V dalších verzích je tato část rozšířena a zařazena k jiné kapitole. Teorie pro tuto kapitolu byla čerpána především z učebnice *Obecná biologie*, konkrétně z kapitoly *Dýchací orgány a jejich funkce* [40] a *Přenos plynů tělními tekutinami* [41]. Opakování je zde formou vyplnění jednoduché křížovky. Křížovka se v praxi velice osvědčila a proto byla ponechána i v další verzi.

Krvinkám a krvi celkově se věnuje také další část modulu. Je zde opět Fermiho úloha, která byla ale těžší, než ta předchozí. Vzhledem k tomu, že se v praxi tento typ úloh osvědčil, jsou obsaženy také v dalších modulech. Žákům je také k dispozici QR kód nebo URL odkaz na stránku věnovanou Fermiho

úlohám. Zde se dozví o tomto typu úloh a také o soutěži, která je pořádána Katedrou experimentální fyziky Univerzity Palackého v Olomouci [42]. Úloha nepřímo navazuje na poslední část modulu, která se věnuje živočichům a to konkrétně na spojovací úkol o typech červených krvinek u *Pituophis ruthveni* [43] [44], *Ovis dalli* [45] [46] a *Lama glama* [47] [48].



Obrázek 2.3: Spojovací úloha na krvinky živočichů

Poté se modul věnoval tvorbě kyslíku a dýchání rostlin. Tato část nejprve popisuje proces zvaný fotosyntéza. Důležitým úkolem je úkol věnovaný známému miskonceptu o tom, že pralesy jsou plíce světa. Zde bylo úkolem žáků zjistit, kdo je opravdovým největším producentem kyslíku na Zemi. Úloha se zdála zajímavá, nicméně pro žáky byla poměrně jednoduchá a s tímto miskonceptem byly obeznámeni. Z tohoto důvodu byla úloha v další verzi nahrazena. Poté se modul věnoval tzv. fotorespiraci [49], na kterou navazoval pokus na důkaz kyslíku [50]. Tento pokus byl velmi jednoduchý, ale příliš žáky v pilotním testování nezaujal, proto byl taktéž nahrazen.

Poslední část výukového modulu se věnovala problematice znečištěného ovzduší[51], zejména smogu[52]. Je zde krátký text o škodlivých látkách[53]. K textu byl také k dispozici přehledný obrázek popisující vznik a kumulaci smogu. Na text navazoval poslední pokus modulu, a to výroba smogu v lahvi. Tento pokus předvádí učitel, jelikož je potřeba manipulovat s ohněm. Tento pokus byl inspirován hned dvěma pokusy, a to pokusem Smog v lahvi z Experimentáře a videem na YouTube How to create smog in a jar [54] [55]. V praxi se pokus neosvědčil zejména kvůli předvádění pokusu žákům a také

z důvodu nepřehlednosti a nejasnosti pozorovaného jevu. Pokus byl v další verzi nahrazen.

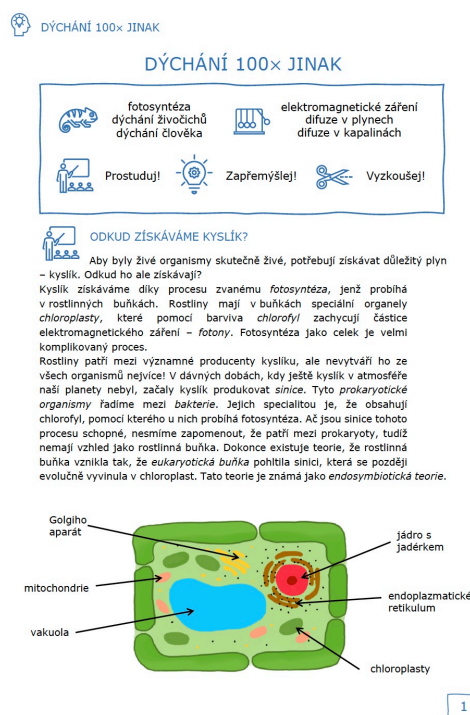
Aktualizovaná verze

Po pilotním testování byl modul aktualizován. Některé úlohy byly nahrazeny, některé byly ponechány a rozšířeny. Zásadní změnou je pořadí úloh - modul nezačíná dýcháním člověka, ale dýcháním rostlin a fotosyntézou. Kromě toho je tento modul, a také další nově vytvořené, bez společníka, místo toho je rozšířen prostor pro text a došlo k vytvoření nových tematických obrázků.

Na úvod modulu dojde k seznámení s procesem získávání kyslíku, tedy jeho výrobou - fotosyntézou rostlin. Celý proces je zde velmi stručně vysvětlen a zmiňuje také částice elektromagnetického záření - fotony [56]. Mimo jiné jsou zde zmíněny také prokaryotické organismy - sinice, jakožto největší producenti kyslíku na světě, a také endosymbiotická teorie. Všechny tyto pojmy dávají učiteli prostor se jim více věnovat a s žáky o nich diskutovat.

Fotosyntéze se krátce věnuje také následující strana, na kterou navazuje pokus na fotosyntetické pigmenty pod UV světlem. Žáci si zde ověří, že chlorofyly svítí pod UV světlem a zároveň se něco dozví o tomto typu elektromagnetického záření. S tímto pokusem taktéž souvisí text vysvětlující pojem fluorescence, což je další fyzikální jev, o kterém se žáci dozví. Zde je prostor diskutovat i o dalších typech elektromagnetického záření a jejich využití.

Další strana je více biologická, jelikož pokus se týká pozorování průduchů listů. Tento úkol je nový a žákům umožní prozkoumat nové věci. Kromě toho, že si žáci prohlédnou různé typy průduchů listů, se také naučí pracovat s mikroskopem. Poté žáci zakreslují pozorování z mikroskopu. Zde je také prostor pro vyučujícího na vysvětlení - co to vlastně mikroskop je a jak je možné, že dí-



Obrázek 2.4: První strana aktualizované verze

ky němu vidíme takto malé struktury. Tímto pokusem a úkolem končí část výukového modulu věnovaná rostlinám a následuje dýchání živočichů.

Jelikož byl v předchozích částech diskutován proces získávání kyslíku, nyní je modul věnován samotné spotřebě kyslíku živočichy. Modul začíná popisem lidských plic na který navazuje pokus výroby modelu plic. Tento pokus byl taktéž u pilotní verze a při testování se osvědčil, takže byl ponechán. Na pokus navazuje úkol, kdy mají žáci za vysvětlit fyzikální podstatu dýchání. I tento úkol se osvědčil v pilotní verzi, a proto byl ponechán.

V pilotní verzi bylo pro lidské dýchání plánováno také měření pomocí spirometru, zde byl tento pokus nahrazen pro jeho náročnost pokusem na měření aktivity plic pomocí aplikace *Phyphox* [57]. Tento pokus má žákům přiblížit, že dýchání je periodické. Před samotným měřením je potřeba magnetometr zkalibrovat, návod na kalibraci je v aplikaci. Žáci se naučí pracovat s aplikací, naučí se, co je to pojem kalibrace a proč je nutné ji provádět a zároveň zjistí, že dýchání je periodický děj, jehož periodičita je závislá na dalších faktorech jako fyzická aktivita nebo psychické rozpoložení. Zde se nabízí také případná práce s Excelem, kdy učitel může žákům nechat graf převést do Excelu a také zjistit samotnou periodu dýchání.

Po lidských, či obecně savčích plicích, je modul věnován ptačím plicím. Po krátkém úvodní textu je modul věnován výpočtu plochy ptačích plic. Je zde potřeba žákům říci, že plocha ptačích plic samozřejmě závisí od velikosti jedince, ale porovnáme-li velikost plochy plic člověka a plochy plic ptáka, zjistíme, že plocha ptačích plic je větší právě z důvodu potřeby rychlého dýchání a tím i rychlého oběhu kyslíku v krvi kvůli létání. Tato úloha byla taktéž v pilotní verzi, stejně jako animace přístupná pomocí QR kódu nebo URL adrese věnována dýchání savců, ptáků a některých bezobratlých živočichů [58] [59]. Na tuto aktivitu nepřímo navazuje další část, která je více popisná a dává zde prostor učiteli pro vysvětlení různých typů dýchacích systémů u různých živočichů. V pilotní verzi byla tato část kratší, zde je podrobnější a nabízí možnost učiteli se jí věnovat více.

Po typech dýchacích orgánů následuje křížovka obsahující dříve zmíněné pojmy v modulu. Tajenkou je opět krvinka, které jsou věnovány další aktivity. Křížovka byla ponechána z pilotní verze, stejně tak jako bonusová Fermiho úloha a úkol věnující se typům červených krvinek vybraných živočichů.

Poslední část modulu je věnována difuzi - tedy procesu, který zajišťuje distribuci kyslíku v těle. Difuzi je věnován pokus, kterým je testována difuze ve vzduchu, a s ním spojen úkol na objasnění fyzikálního jevu difuze, a další pokus, kterým je testována difuze v kapalině, a s ním spojen úkol na porovnávání prostředí, ve kterých difuze probíhá. Difuzi byl věnován pokus také v pilotní verzi, zde je ale difuzi věnován značně větší prostor, učitel má zde možnost předvést difuzi ve dvou různých skupenstvích a diskutovat

podmínky pro ni vhodné a také uplatnění tohoto jevu. Těmito pokusy, resp. úlohami, výukový modul končí.

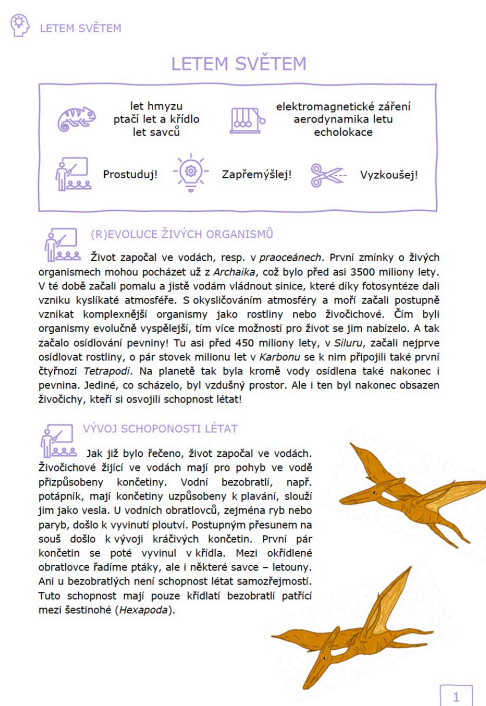
2.3.2 Konstrukce modulu Letem světem

Druhý výukový modul se věnuje létání, a to jak živočichů. Téma létání je velice zajímavé jak z fyzikálního, tak biologického hlediska, a v rámci střední, potažmo základní školy, je probíráno minimálně. S pojmy týkající se letu se žáci ve fyzice setkávají částečně v mechanice při tématu tekutiny, kde je především řešeno obtékání těles. V biologii se létání probírá zejména v rámci biologie živočichů, především u bezobratlých, resp. hmyzu, a u ptáků a letounů. Let je uváděn jako evoluční výhoda a charakteristika některých skupin živočichů.

Tento modul byl pojat co nejvíce zešíroka, jelikož je toto téma pro základní i střední školu velice náročné. Neobsahuje tak pouze aktivity a texty týkající se létání, ale i dílčí příbuzná témata, která se zdála pro tento modul zajímavá.

Na úvod začíná modul krátkým představením létání jakožto evoluční novinkou v prehistorii. Tento text nejprve představuje vývoj života na Zemi, osídlování pevniny rostlinami, živočichy a poté vyvinutí schopnosti letu. Na to navazuje taktéž další text, který se přímo věnuje vývoji schopnosti letu, resp. modifikace ploutví na kráčívé končetiny a z toho poté na křídla. Jsou zde zmíněny hlavní 3 živočišné skupiny, které jsou v textu dále podrobněji diskutovány, a to hmyz, ptáci a savci [60].

Další strana diskutuje zajímavost, která ač přímo nesouvisí s letem, souvisí se schopností tzv. stridulace čili vydáváním zvuků třením křídel o sebe. První úloha modulu se týká schopnosti měřit teplotu prostředí na základě počtu vydaných zvuků cvrčkem [61]. Jev, že se počty „cvrkání“ cvrčků zvyšuje se zvyšující se teplotou, pozoroval v roce 1897 americký vědec Dolbear, o čemž pojednává článek



Obrázek 2.5: První strana modulu Letem světem

The Cricket as a thermometer [62] [63]. V úloze je k dispozici rovnice, podle které lze vypočítat frekvenci pohybu křídel při stridulaci při nějaké teplotě. Tato úloha učí pracovat s rovnicí, převádět jednotky ze stupňů Celsia na Fahrenheity a pomáhá uvědomit si, co vlastně je potřeba z rovnice vypočítat.

Poté se modul věnuje hmyzím křídům, resp. mikroskopování - pozorování křídla libovolného okřídleného hmyzu pod mikroskopem. Úkolem je křídlo nakreslit a uvést také zvětšení. Tato úloha je klasickou úlohou při zpracovávání biologických protokolů. Na úlohu s mikroskopováním navazuje text o elektronovém mikroskopu, resp. jak funguje a jaké typy známe [64]. Přestože zde není přímo diskutováno téma létání, plynule text navázal na předchozí úlohu pozorování a zároveň navazuje na následující úlohu o mikroskopii.

V další části text navazuje na předchozí téma, a to na létání živočichů. Věnuje se zde především okřídleným obratlovcům - ptakoještěrům [65] [66]. Jelikož šlo o první okřídlené obratlovce, ze kterých se zřejmě oddělila skupina ptáci, následující část modulu se věnuje ptákům. V této části se také nachází nákres ptačího křídla s popisky. Poté navazuje téma týkající se aerodynamiky letu. Tato část je ve fyzice vcelku běžně probírána, nicméně spíše okrajově a v současné době už jako rozvíjející učivo [67] [68]. Žáci jsou zde seznámeni s pojmem dynamický vztlak [69]. Text taktéž pojednává o vlivu tvaru křídla, profilu i úhlu zakřivení na dynamický vztlak čili vlastnostech křídla, které ovlivňují chování ve vzduchu. Kromě toho jsou uváděny další vlastnosti, jako hustota prostředí, výška a rychlost letu [67] [69] [70]. Na text navazuje úloha týkající se rekordmana výšky letu - supa krahujového [71] [72]. Na základě znalostí o vlivu podmínek na let je potřeba rozhodnout, kdy, jak a proč bude mít tento sup lepší podmínky pro let. V další úloze se poté řeší, jak by se podmínky pro let pro supu změnil, kdyby byl sup na jiné planetě.

Dynamickému vztlaku je věnován ještě další text, který se věnuje tvaru křídla a obtékání vzduchu kolem něj. Je zde k dispozici také obrázek, který názorně ukazuje, co je v textu popsáno. Na tuto teoretickou část navazuje text věnující se tvarům křídel ptáků, k čemuž se váže také úloha na výrobu papírových vlaštovek různých tvarů a následné pozorování, jak jednotlivé vlaštovky létají a proč. Nabízí se zde prostor pro diskuzi, co jim vlaštovky připomínají a vytvořit si asociaci nejen k ptákům, ale i k tvarům křídel letadel. Obrisy křídel také žáci kreslí v následující úloze, zároveň pracují s internetem a zařazují zástupce do taxonomických skupin [73].

V další části se modul přesouvá k létání savců. Žáci si přečtou o anatomii křídel letounů a také o způsobu života těchto okřídlených savců [74] [75]. K letounům se váže také schopnost echolokace. Echolokaci využívají nejen letouni, ale využití nalezneme i v rybářství nebo vojenství. Je zde k dispozici obrázek, který vysvětluje fyzikální vlastnosti sonaru a přenos zvuku v prostoru.

ru. Echolokaci je věnován ještě QR kód, který žáky odkáže na video věnované echolokaci dalších savců [76] [77] [78].

V poslední části je modul věnován aerodynamickému koeficientu a jeho způsobu výpočtu. Modul končí úlohou na shrnutí poznatků z aerodynamiky. Žáci si uvědomí, jak důležité je pro různá odvětví znát a chápat létání a aerodynamické jevy [79] [80] [81].

2.3.3 Konstrukce modulu Svět ve spektru

Výukový modul *Svět ve spektru* byl vytvořen jako poslední. Modul sjednocuje veškeré informace o elektromagnetickém spektru, přičemž je každé části spektra věnována úloha nebo informační text. Jednotlivé části spektra se velice často propojují s mnohými biologickými tématy, zejména pak zrakem živočichů i člověka, fluorescenci rostlinných barviv, ale také působení světla na organismy.

První strana pracovního listu se věnuje obecným informacím o elektromagnetickém spektru - co je to světlo, jaké části spektra známe. Obsahuje krátké informační texty, které žáky seznámí s problematikou, které jsou věnovány další stránky. Text byl konstruován v souladu s učebnicí *Fyzika pro gymnázia: Optika* od docenta Oldřicha Lepila [82], ale využity byly také další, zejména internetové, zdroje [83] [84].

Druhá strana začíná bonusovou úlohou, která se týká rádiového a mikrovlnného záření. Tato úloha je jediná početní úloha v celém modulu a zároveň jde o jedinou část modulu věnovanou těmto dvěma částem spektra. Příklad byl inspirován úlohou ze stránky E-fyzika [85]. Poté modul pokračuje infračerveným zářením, kterému je věnován krátký text s historickým kontextem objevu tohoto spektra [86] a také informace o možnosti pozorovat živočichy pod IR kamerou. V souvislosti s obrázkem, který mi byl poskytnutý mým vedoucím práce panem profesorem Opatrným, je možné s žáky diskutovat, které části těla mají jakou teplotu a proč. Na to lze navázat diskusí ohledně tepločivného orgánu.

Poté se modul věnuje viditelné části spektra, a to hned na několika stránkách. Po krátkém informačním textu, který byl čerpán z [82] a [87]. Následuje pokus rozklad světla na hranolu, který je poměrně jednoduchý na provedení téměř na všech školách. Po pokusu žáci diskutují v následující úloze o vlnových délkách jednotlivých barev a zapisují frekvence a vlnové délky příslušných barev, popř. objasňují lom jednotlivých barev na hranolu.

Po barvách následuje více biologická část modulu, a to biologie lidského oka a vidění. Tato část obsahuje jak text věnující se anatomii oka, tak obrázek s popisky. Je zde také pokus na vady lidského oka, kdy žáci, popř. učitel, nakreslí oko na tabuli a poté se pomocí čoček a laseru pokouší nasi-

mulovat situaci vady oka a její následnou korekci. Poté si také vyzkouší práci s čočkami (i zrcadlem) ve virtuální laboratoři Phet [88]. I další úkol je věnován vidění, tentokrát ale ostatních živočichů. Pro tento účel byla využita aktivita v prostředí interaktivní webové stránky na Google Arts & Culture, konkrétně článek *How Animals See the World* [89]. Pomocí této stránky si žáci mohou porovnat jednotlivé typy vidění u různých živočichů. Při používání této aplikace je vhodné s žáky diskutovat, proč jednotliví živočichové takto vidí, jaká je jejich strategie přežití.

Následujících několik stránek je věnováno UV spektru, které začíná aktivitou *Jak vidí hmyz*. Částečně je vidění hmyzu zmíněno právě v článku *How Animals See the World*, žáci tedy plynule navážou na předchozí získané informace. Je zde pokus věnující se fluorescenci rostlinných barviv, s tímto pokusem se také lze setkat v modulu *Dýchání 100x jinak*. Pokus byl využit i zde, aby se ukázalo, jak jsou jednotlivá témata propojená, přestože se tak na první pohled nemusí zdát. V následujících částech je modul věnován škodlivosti UV záření [90]. Zde je také vhodné s žáky diskutovat, jak se před UV zářením chránit, popř. co může dlouhodobá expozice UV záření způsobit v lidském těle.

Další část modulu je věnována rentgenovému záření. Je zde kromě krátkého textu [91] také úloha, kdy žáci vyhledávají informace o historii objevu rentgenového záření a s ním související medicínský přístroj rentgen.

Krátký text je také věnován gama záření, na které poté navazují aktivity věnující se spektru celému [92].

Po informacích o částech spektra se modul věnuje různým příbuzným tématům. Nejprve je věnován spektru ve vesmíru, resp. hvězdám, které mohou vyzařovat v různých částech spektra. Že se spektrům může věnovat také celý vědní obor, se dozvídají žáci nejen v krátkém textu, ale také po naskenování QR kódu, který je odkáže na stránky Katedry experimentální fyziky

ROZŠÍŘENÁ VERZE



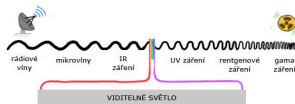
CO JE TO SVĚTLO?

Pod pojmem světlí si lze představit mnoho věcí. Některé napadne světlo ze Slunce, někoho zase světlo z žárovky. Někdo by zase mohl říct, že jde o jistou formu energie, která nám umožňuje vidět svět kolem nás. A v podstatě všechna tvrzení jsou správná. Světlo je viditelná část elektromagnetického spektra o frekvencích od $4 \cdot 10^{14}$ Hz do přibližně $8 \cdot 10^{14}$ Hz. Je to zároveň jediná část spektra, kterou je schopno naše lidské oko zpracovat. Jiní živočichové mají schopnost zpracovávat informace záření o jiných frekvencích, resp. vlnových délkách. Světlo lze chápat jako záření – fotony – nesoucí kvantum energie závislé na frekvenci záření, resp. vlnové délce. O tom, že má světlo schopnost se chovat jako částice i jako vlna hovořili fyzici již v historii, jedná se o vlnově-částicový dualismus.



ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

Elektromagnetické spektrum je spektrum různých typů záření mající různé intervaly frekvencí, resp. vlnových délek. Platí, že čím větší vlnovou délku záření má, tím menší má frekvenci. Mezi záření s velkými vlnovými délkami řadíme například rádiové vlny nebo mikrovlny, ty se využívají při navigacích nebo satelitách. Poměrně velké hodnoty vlnové délky má i infračervené záření a již zmíněné viditelné světlo. Postupně vlnové délky klesají a dostáváme vyšší hodnoty frekvence, ty mají např. UV záření, rentgenové záření a gama záření. Tyto části spektra jsou zároveň pro lidský organismus se zvyšující se dávnou přijímaného záření nebezpečnější.




LÉTÁNÍ

1

Obrázek 2.6: První strana modulu Svět ve spektru

ÚKOL 3: HVĚZDNÉ TŘÍDY

Doplň tabulku týkající se klasifikací hvězdy dle spektra.



příklad hvězdy	Naos	Rigel	Sirius	Polárka	Slunce	Pollux	Betelgeuze
barva				žlutobílá		oranžová	
spektrální třída	O	B	A	F	G	K	M
povrchová teplota (K)	30 000-50 000		7500-11 000				3500-3000
hmotnost (~ Slunci)			~ 2	~ 1,5			
poloměr (~ Slunci)	~ 10	~ 5		~ 1,3	1	~0,2	
zastoupení		0,1 %		2 %			

Obrázek 2.7: Úkol vyplnění tabulky hvězdných spektrálních tříd

PřF UP, a také mimo jiné mohou nahlédnout do laboratoře Mössbauerovy spektroskopie [93] [94]. Spektroskopii se věnoval také pokus, kde žáci mají za úkol vyrobit vlastní spektroskop pomocí papírové skládačky a starého CD nebo DVD. Skládačka a postup pokusu *Vyrob si spektroskop* jsou dostupné na webu Fyzmatik, ale podobné pokusy lze najít i na jiných stránkách [95].

Krátce je také věnován modul vyzařování planet a skleníkovému efektu [96] [97]. Poslední stránka je věnována světelnému znečištění a také melatoninu, jakožto hormonu spánku [98]. Zde je velký prostor pro diskusi o vlivu světla na lidský organismus a ostatní živočichy, a to nejen venkovního osvětlení, ale také světla z počítačů a mobilních telefonů.

2.4 Testování a vyhodnocení aneb výukové moduly v praxi

Testování proběhlo v několika etapách. První - pilotní modul - byl testován v březnu 2023 na první souvislé praxi. Další moduly a aktualizovaná verze pilotního modulu byly testovány v následujícím roce v různých měsících dle probíraných témat.

Pilotní modul *Dýchání 100x jinak* byl testován celý v rámci předmětu Maturitní seminář z fyziky s 8 studenty - maturanty. Modul *Svět ve spektru* byl testován taktéž celý v rámci předmětu Fyzika s žáky 2. ročníku víceletého gymnázia šestileté anglické sekce (odpovídá 9. ročníku ZŠ). V aktualizovaná

verzi modulu *Dýchání 100x jinak* byly testovány pouze dílčí části modulu, a to v předmětu Biologie s žáky 1. ročníku na víceletém gymnáziu šestileté anglické sekce (odpovídá 8. ročníku ZŠ). V posledním modulu *Letem světem* byly taktéž testovány pouze dílčí části, a to v předmětu Biologie s žáky 1. ročníku víceletého gymnázia šestileté anglické sekce (odpovídá 8. ročníku ZŠ). Tento modul je zároveň plánováno použít ještě v rámci předmětu Physics (Fyzika) s žáky 3. ročníku víceletého gymnázia šestileté anglické sekce (odpovídá 1. ročníku SŠ), a to na přelomu května června v rámci tematického celku Mechanika tekutin, nicméně vzhledem k času testování a plánované obhajoby práce není toto testování v práci zmíněno a hodnoceno.

2.4.1 Pilotní testování modulu *Dýchání 100x jinak*

Výukový modul *Dýchání 100x jinak* byl vypracován jako první a jako první byl také testován na souvislé praxi v březnu 2023 na Gymnáziu, Olomouc-Hejčín, na šestileté anglické sekci v maturitním semináři z fyziky. Žáci, kteří modul testovali, byli z řad nematurujících z fyziky, jenž se plánovali hlásit na medicínu nebo farmacii. Modul bylo možné vyplňovat v papírové formě nebo na tabletu, na praxích byla otestována především možnost vyplňovat na tabletu, jelikož ho měli všichni zúčastnění žáci k dispozici. Po skončení práce žáci obdrželi krátký dotazník, jenž měl za úkol zjistit spokojenost žáků s modulem.

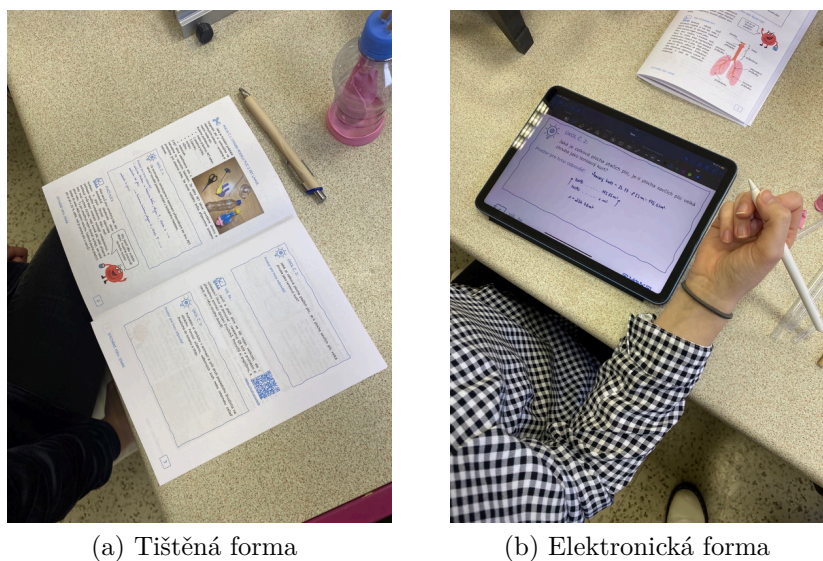
Seminář, v němž byl modul testován, byl dvouhodinový, tj. trval 90 minut. Modul byl testován ve dvou seminářích, v první skupině byli 3 žáci (dva chlapci a jedna dívka) a v druhé skupině byly tři žákyně. V obou skupinách byl modul kompletně vyplněn za 4 vyučovací hodiny. Je třeba ale brát v potaz, že byla skupina velmi malá a zúčastnění žáci byli zájemci o fyziku i biologii.

Vyhodnocení úkolů a experimentů

Na straně 1 byl úvodní text k dýchání jako takovému a poté dýchání člověka. Text obsahoval podstatné biologické pojmy a také nákres plic s popisky. Tento text byl ponechán i ve druhé rozšířené verzi modulu.

K předchozímu textu se vázal Pokus č. 1 - Výroba modelu plic z PET lahve. Tento pokus je velice jednoduchý, někteří žáci s ním měli zkušenost již z biologie, pro některé byl novinkou. Klady tohoto pokusu byly následující:

- Na žácích bylo vidět, že se jim pokus líbí.
- Pokus vyžaduje zručnost - žáci pracují s nebozískem a nůžkami, je rozvíjena motorika.



(a) Tištěná forma

(b) Elektronická forma

Obrázek 2.8: Práce s výukovými moduly

- Pokus, ač je velmi prostý, je velice názorný.

Vzhledem k těmto výše zmíněným bodům byl pokus ponechán i v druhé verzi.

Při testování se ale ukázalo pár věcí, které je třeba pro příští vypracování zahrnout:

- Žáci nebyly příliš zruční a na pokus je proto potřeba rezervovat více času. Představa byla 15 minut na celé vypracování v hodině, ale žákům dělala problém práce s nebozem.²
- Ne každá PET lahev je vhodná pro model, je potřeba, aby nebyla lahev příliš velká, ale ani malá - ideální velikost je 0,5 l. Dále je potřeba, aby lahev nebyla příliš úzká, v tom případě se do ní vejde pouze jedna balónková plíce nebo se plíce nenafouknou dostatečně. Důležité také je, aby plast, ze které je PET lahev, nebyl příliš měkký, jinak je problém na ni navléct balónkovou bránci. Osobně se osvědčily PET lahve ledového čaje Lipton nebo Dobrá Voda.
- Aby byly plíce a jejich nafukování viditelné, je dobré, aby byla PET lahev čirá, nikoliv barevná.

²Pro pilotní testování byl žákům poskytnut nebozez pouze jeden, jelikož si sami žádný neobstarali, což prodloužilo čas práce - v daný moment pracoval s nebozem pouze jeden žák. Tento faktor sice také způsobil prodloužení času práce, nicméně jednotlivcům velice trvala práce s nebozem a některé bylo potřeba naučit je s ním pracovat.

- Jako průdušnice byly použity brčka plastová i papírová. Více se osvědčila brčka plastová, jelikož papírová se mají tendenci ohýbat, ale i tak je možné je použít.



Obrázek 2.9: Výroba modelu plic

Následovala část věnována porovnání savčích plic s ptačími. Tomuto porovnání byl věnován Úkol č. 2, kdy měli žáci za úkol vypočítat plochu ptačích plic, přičemž měli pouze zadané dvě informace - že plocha savčích plic je zhruba velká jako plocha tenisového kurtu a plocha ptačích plic je o 20 % větší. Úlohu žáci vyřešili poměrně snadno. Jediným nedostatkem bylo, že někteří počítali plochu tenisového kurtu pro dvouhru, ale správně se mělo počítat s plochou pro čtyřhru. Úloha byla ponechána i v druhé verzi, ale byla dodána informace, že je potřeba počítat s velikostí kurtu na čtyřhru.

Osvědčila se také animace, kterou si žáci mohli prohlédnout pomocí QR kódu nebo přiloženého URL. Žáci pracující na tabletech využili možnost rozkliknout přiložené URL, žáci pracující s papírovou verzí zase využili QR kód, proto budou pro ostatní moduly využity oba způsoby. Úkol č. 3, věnující se rozpoznání posledního živočicha na animaci, byl pro žáky vcelku snadný, ale v druhé verzi již tento úkol použít nebyl.

Následovala více fyzikální část věnovaná difuzi, jakožto hybateli celého dýchacího procesu. V pilotní verzi byl difuzi věnován krátký text a pokus na

demonstraci difuze plynu. Vzhledem k tomu, že žáci příliš neuměli difuzi popsat a často ji zaměňovali s osmózou, je difuzi věnován zdaleka větší prostor v druhé verzi modulu.

Po difuzi měl následovat pokus na výrobu domácího spirometru, který ale nebyl realizován a nevyskytuje se ani ve druhé přepracované verzi. Pokus je sice velice názorný, pomůcky na něj nejsou drahé a taktéž vyžaduje žákovskou zručnost a rozvíjí motoriku, ale není příliš vhodný pro školní prostředí a to z několika důvodů:

- Pokus vyžaduje práci ve skupinách, jelikož při práci ve třídě by bylo potřeba velké množství vody. I v případě, že by byla třída rozdělena na skupiny, by bylo potřeba využít mnoho vody, ale nabízí se zde možnost zadat tento pokus jako domácí úlohu, kde žák využije potřebné množství vody pouze pro sebe.
- Dalším problémem s vodou, resp. s jejím množstvím je také její obměna. Pokus funguje na principu, že je v kanystru 5 litrů vody a v míse nebo vaničce další množství vody, přibližně 2 litry. Při foukání do hadičky se voda z kanystru přelije do mísy nebo vaničky. Aby pokus mohl proběhnout znovu, je potřeba vodu z mísy nebo vaničky přelít zpátky do kanystru. Při pokusu tak vznikne nepořádek, což u jednoho jedince není tak viditelné, jako u případných 15 popř. 30 ve třídě, což z pokusu dělá poměrně nepraktickou záležitost. K tomu se také váže neekologičnost, protože je spotřebováno velké množství vody.
- Kdyby byl pokus prováděn ve skupinách, je potřeba, aby měl každý z žáků vlastní hadičku, do které se fouká, protože vypůjčování hadičky mezi žáky by bylo nehygienické. Pořízení vlastní hadičky není nákladné, ale není zde pak následné další využití, někteří žáci by si nemuseli chtít hadičku zaopatřit.

Z důvodu výše zmíněných nebyl nakonec pokus prováděn ani v malé skupině a byl v modulu obměněn jiným pokusem.

Další část se věnovala dýchání ostatních živočichů, nicméně v pilotní verzi šlo pouze o zkrácenou podobu, která byla v druhé verzi zásadně rozšířena.

Velmi povedenou částí modulu byl Úkol č. 6 - křížovka. Jednak se zde žáci dozvěděli, kdo je jejich průvodcem a jednak si procvičili již zmíněné pojmy nebo informace. Na tajenku křížovky - krvinka - navazovaly následující úlohy, mezi které patřil Bonusový úkol - Fermiho úloha. Fermiho úlohy jsou poměrně náročné a ne pro všechny žáky může jít o snadný úkol, proto byla tato úloha označena jako bonusová. Žákům se tato úloha líbila a dokonce ji někteří vyřešili, proto byla úloha ponechána i v druhé verzi modulu. K této

úloze byl zároveň přiložen QR kód a URL odkazující na soutěž Fermiho úlohy pořádané Katedrou experimentální fyziky Univerzity Palackého.

Ke krvinkám se také vázal Úkol č. 7, kdy měli žáci na základě přiloženého textu zjistit typy krvinek jednotlivých živočichů. Toto učivo není standardní středoškolské učivo biologie, nicméně jde o poměrně zajímavou informaci, která žákům ukáže rozmanitost v rámci živočišné říše, a to i té savčí. Mají tak možnost porovnat krvinky jednotlivých živočichů s lidskými krvinkami a zároveň se podívat na obrázky krvinek pod mikroskopem. Touto úlohou skončila část modulu věnovaná živočichům a následovala část věnovaná rostlinám.

Nejprve byla žákům představena rostlinná buňka s popisky na kterou navazoval Úkol č. 8, ve kterém měli žáci zjistit, kdo je největším producentem kyslíku na světě. Úloha se sice žákům líbila, ale odpovídali na ni velice stručně, bylo více vhodné vést diskuzi. V druhé verzi modulu byl úkol odstraněn, ale informace o sinicích, jakožto největších producentech, byla ponechána, čímž vznikl prostor na diskusi s žáky a zároveň vznikl prostor pro vhodnější úlohu.

V další části se modul věnoval fotorespiraci. Fotorespirace je proces poměrně náročný a ve středoškolské biologii se objevuje jen okrajově, proto byl ve druhé verzi modulu sice zmíněn, ale prostor byl věnován spíše fotosyntéze jakožto „výrobě“ kyslíku. Pokus vázající se k této problematice, Pokus č. 4, byl sice jednoduchý a vcelku názorný, ale žáky příliš nenadchnul, proto byl v druhé verzi nahrazen.

Zcela nahrazena byla taktéž část věnující se smogu a péči o plíce. Tato problematika byla v pilotní verzi načata poměrně stručně a bylo by jí vhodné věnovat více prostoru v samostatném modulu, jelikož se zde podstatně prolíná i chemie. Ač žáci na téma diskutovali a bylo pro ně zajímavé, bylo nahrazeno v druhé verzi a byl tak dán větší prostor fotosyntéze a rostlinám. Zároveň byl nahrazen také Pokus č. 5 věnující se smogu, který se při testování příliš nepovedl a nebyl ani moc názorný. Celá smogová problematika se v druhé verzi nevyskytuje.

2.4.2 Testování aktualizované verze modulu Dýchání 100x jinak

Druhé testování modulu proběhlo v březnu 2024 v rámci hodin biologie v 8. ročníku ZŠ víceletého gymnázia na Gymnáziu Olomouc-Hejčín. Žáků, kteří se na testování podíleli, bylo 30. Vzhledem k tomu, že model nebyl z minula příliš obměňován, a vzhledem k probíranému tématu nebyl modul testován celý, ale byly testovány pouze některé úlohy.

Modul byl testován v rámci tématu Dýchací soustava člověka a tématu Oběhová soustava člověka, přičemž využity byly tři úlohy - model plic, který byl vytvářen již při pilotním testování, ale s mnohem staršími žáky, měření aktivity plic pomocí aplikace Phyphox a úloha na různé tvary krvinek živočichů.

Vyhodnocení úkolů a experimentů

Model plic byl žákům zadán jako projekt, přičemž jim byl ukázán možný model z PET lahve a balóneků. Většina žáků si s modelem poradila skvěle, někteří dokonce přinesli trochu jinou podobu modelu. Tato úloha byla v pilotní verzi testována přímo ve vyučování, přičemž byla testována na žácích maturitního ročníku. Samotná práce byla pro žáky ne vždy úplně snadná a tvorba tak zabrala poměrně mnoho času. Nyní, kdy byl úkol zadán jako projekt na doma, mohli žáci v klidu pracovat samostatně nebo s rodiči či sourozenci. Navíc, někteří vymysleli inovovaný model, který se lišil od původní ideje zpracováním i nápadem. Návod v modulu je tedy možné použít jako inspirativní, je pouze na učiteli, zda bude s žáky v hodině tvořit konkrétní model, nebo žákům zadá možnost vytvořit model dle jejich uvážení.

Měření aktivity plic pomocí aplikace phyphox

Jméno: _____
Spolupracovník: _____

Výzkumné otázky:
Je dýchání periodický děj?
Je frekvence dýchání ve všech případech stejná?

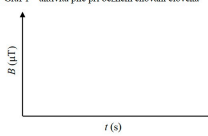
Pomůcky: mobil s nainstalovanou aplikací phyphox, slabý magnet

Postup:

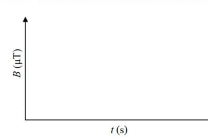
- Jeden z dvojice si lehne na zem a položí si na hrudník slabý magnet.
- Druhý z dvojice přiloží mobil do vzdálenosti minimálně 5 cm a maximálně 10 cm k magnetu. **Nepřikládejte mobil k magnetu blíž, může dojít k poškození zařízení!**
- Pomocí funkce „Magnetometr“ začnete na mobilu snímat průběh dýchání pomocí grafu.
- Průběh grafu zaznačte do grafu na druhé straně pracovního listu.
- Poté si můžete vyměnit. Na jednom z dvojice bude opět měřena aktivita plic, tentokrát ale po fyzické zátěži. Chvilu dlepujte, projděte se po třídě, udelejte kliky... a poté si opět lehnete a opakujte předšlý postup.
- Průběh grafu zaznačte do grafu na druhé straně pracovního listu.
- Odpovězte na výzkumné otázky:
 - Je dýchání periodický děj? – Opakují se maximální hodnoty na grafu periodicky nebo ne? Pokud ano, proč? Pokud ne, může to být způsobeno měřicím přístrojem?
 - Je frekvence dýchání ve všech případech stejná? – Porovnejte dva zakreslené grafy. Pokud se grafy liší, čím je to způsobeno?
- V závěru okomentujte vámi zjištěné poznatky a shrňte vaše měření.

Výsledky měření:

Graf 1 – aktivita plic při běžném chování člověka



Graf 2 – aktivita plic při mírné pohybové aktivitě člověka



Odpovědi na otázky:
Je dýchání periodický děj?

Je frekvence dýchání ve všech případech stejná?

Závěr měření:

(a) Pokyny k úloze

(b) Úkoly a závěr měření

Obrázek 2.10: Použitý záznam z měření s aplikací Phyphox

Další aktivitou, která byla otestována, bylo měření aktivity plic pomocí aplikace Phyphox. Tato aktivita nebyla v pilotní verzi vůbec obsažena, jednalo se tak o její premiéru. Testování proběhlo v hodině, přičemž na celý experiment byla vyhrazena jedna vyučovací hodina - 45 minut. Žáci byli

rozdělení do skupinek po 2-3 žácích, přičemž všichni měli k dispozici mobilní telefon s nainstalovanou aplikací a slabý magnet k měření. Žáci k měření dostali menší laboratorní protokol, který obsahoval pokyny, grafy a doplňující otázky. Tento protokol není součástí modulu, jelikož je na učiteli, jak se rozhodne úlohu zpracovat. Vzhledem k dostatečnému času a dobrým podmínkám byla tato úloha pojata jako menší laboratorní cvičení, ze kterého žáci vypracovávali záznam, který byl poté odevzdáván a hodnocen. V případě menší časové dispozici lze experiment využít jen jako samotné měření bez písemného závěru s diskusí výsledků na závěr.

Úloha s aplikací se žákům, dle jejich reakcí, líbila. Navíc se tematicky příhodně sladila s fyzikou, kdy žáci zrovna probírali vlnění, takže jim pojmy jako perioda a frekvenci nebyly už cizí. Díky této úloze si zopakovali důležité pojmy z fyziky, a zároveň si uvědomili propojení s dýcháním. Jako užitečné hodnotím také propojení s mobilní aplikací, což je pro žáky oživení běžných hodin. Tato úloha bude v budoucnu určitě opakována.

Nakonec byla také využita úloha na spojování krvinek živočichů, přičemž žáci měli porovnat krvinky různých živočichů v modulu s krvinkami člověka. Úloha byla využita v rámci výuky oběhové soustavy člověka jako krátká pětiminutová aktivita na zopakování informací o krevních tělíscích. Vzhledem k tomu, že žáci v prvním pololetí probírali oběhovou soustavu živočichů, byla pro ně úloha dobrým oživením znalostí a zároveň propojením znalostí živočichů i člověka. Tato úloha je vhodná jako opakovací nebo motivační jak při výuce oběhové soustavy živočichů, tak i člověka, a bude v budoucnu znovu využita.

2.4.3 Testování modulu Letem světem

Výukový modul byl testován v dubnu 2024 v hodinách předmětu Biologie v 1. ročníku víceletého gymnázia šestileté sekce na Gymnáziu, Olomouc-Hejčín. Zároveň je testování modulu také plánováno na přelom května června v předmětu Physics (Fyzika) s žáky 3. ročníku víceletého gymnázia šestileté sekce. Vzhledem k času probírání vhodného tématu není výsledek testování modulu v práci zmíněn. Modul byl s žáky 1. ročníku šestileté sekce testován v rámci tématu Smyslová soustava, konkrétně v souvislosti s probíraným tématem Sluch, který byl zde probírán jak u člověka, tak u živočichů v rámci porovnání. Modul nebyl testován celý, byly použity pouze některé úlohy, a to konkrétně úloha věnující se výpočtu počtu vydaných zvuků u cvrčka při dané teplotě, a také úloha týkající se echolokace.

Plánované testování u žáků 3. ročníku šestileté sekce je plánováno v rámci tématu Mechanika tekutin, konkrétně pak u proudění a aerodynamice.

Vyhodnocení úkolů a experimentů

Obě výše zmíněné úlohy byly testovány v rámci probíraného tématu Sluch v hodinách biologie. Jelikož byl probírán sluch u člověka, žákům bylo v předešlé hodině představeno ucho a jeho stavba. Zároveň měli žáci z hodin fyziky probrané téma Akustika, takže o echolokaci slyšeli také z hodiny fyziky. Z tohoto důvodu byly vybrány zmíněné úlohy - jednak si žáci procvičili práci s fyzikálními veličinami, a jednak si uvědomili propojenost s biologií. Úlohy byly řešeny v hodinách společně, přičemž žáci dostali určitý čas na vypracování úloh, a poté došlo ke kontrole a vysvětlení postupu a řešení. Práce s úlohami zabrala přibližně 15 minut jedné vyučovací hodiny.

Úlohy byly pro žáky obtížnější, ale o to víc byly pro ně zajímavé. Z reakcí a pozorování lze usoudit, že se úlohy žákům líbily. Vzhledem k ročníku, ve kterém byly úlohy testovány, je vhodné je počítat společně a poté vést diskusi o jednotlivých tématech úloh, popř. také o propojenosti fyziky s biologií v rámci tohoto tématu.

2.4.4 Testování modulu Svět ve spektru

Výukový modul byl testován v lednu 2024 v hodinách fyziky v 2. ročníku víceletého gymnázia na Gymnáziu, Olomouc-Hejčín.

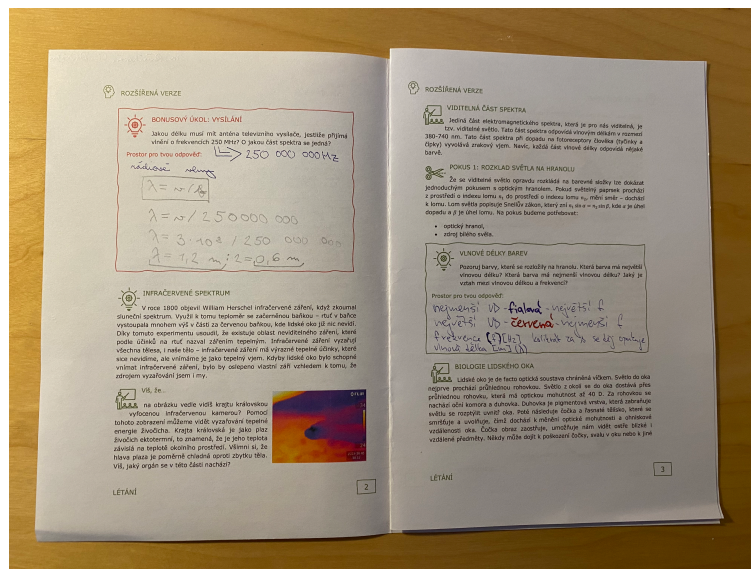
Modul byl testován v tematickém celku Elektrodynamika po probrání elektromagnetických kmitů a vlnění. Elektromagnetické spektrum bylo probíráno jako doplněk k tomuto tématu, žáci se s ním setkají ještě jednou v rámci tématu Atomová a jaderná fyzika. Vzhledem k žakovským znalostem byly některé pasáže vysvětlovány zjednodušeně či byly vynechány. Výukový modul byl kompletně probrán během 4 vyučovacích 45 minutových hodin po 30 žácích.

Vyhodnocení úkolů a experimentů

V první části bylo žákům uvedeno elektromagnetické spektrum - o co se jedná, proč o něm mluvíme. Žáci z předchozích témat již znali veličiny *frekvence* a *vlnová délka*, takže bylo možné jim vysvětlit, že dělíme vlnění dle společných vlastností podle velikosti frekvence, resp. vlnové délky. První stránka pracovního listu byla pouze úvodní, aby se žáci seznámili s tímto pojmem. Pro nižší stupeň vzdělávání je to uvedení do problematiky, pro vyšší stupeň vzdělávání by to byl opakovací úvod.

Další strana je věnována rádiovému, mikrovlnnému a infračervenému vlnění. Rádiové vlny a mikrovlny byly žákům představeny slovně, následovala také diskuse, kde se s nimi můžeme setkat. To, na jakém principu funguje

mikrovlnka bylo pro ně jasné, tudíž nejednalo se o žádnou zajímavost navíc. Žáci v této části modulu měli za úkol vypočítat délku antény televizního vysílače, přičemž pro některé se jednalo o poměrně snadnou úlohu, někteří zase museli hledat na internetu. Úloha je označena jako *Bonusová úloha*, jelikož pro některé může být náročnější. Poté následoval krátký odstavec věnující se infračervenému spektru. Žáci zároveň měli k dispozici obrázek krajty královské pod infračervenou kamerou. Zde proběhla diskuse, proč mají jisté části těla krajty jistou teplotu a jiné zase rozdílnou, zejména pak tepločivné jamky v oblasti nosu. Žáci na tuto diskusi nereagovali příliš aktivně, zpočátku jim nepřišlo kombinování biologie a fyziky možné, takže diskuse byla poměrně obtížná. Žáci měli tou dobou již probrané živočichy z minulého ročníku, tudíž o těchto orgánech povědomí měli, nicméně aktivně spojit tyto dvě informace jim příliš nešlo. I přesto bude tento text, a s ním i možnost diskuse, ponechán.



Obrázek 2.11: Žákem vyplněný výukový modul Svět ve spektru

Poté se modul věnoval viditelné části spektra. Tomu byly věnovány 2 stránky modulu, jelikož je tato část spektra pro žáky nejbližší. Nejprve byla samotná část spektra představena a poté následoval pokus rozkladu světla na hranolu. Pro vyšší stupeň vzdělávání by tento pokus byl vhodný i se zapojením ověření nebo využití Snellova zákona, nicméně pro mnou testované žáky se jednalo pouze o zajímavý pokus, kdy se světlo na hranolu rozloží na spektrum barev. Žáci neměli za sebou probranou optiku, jelikož jsou na anglické sekci, a u víceletých gymnázií dochází ke kolizi RVP při přechodu ze ZŠ na gymnázium, optiku budou tak probírat až na vyšším gymnáziu. Další úkol by už pro ně snadný, měli najít vlnové délky jednotlivých barev a vypsát

je. Zároveň si v tomto úkolu uvědomili vztah mezi frekvencí a vlnovou délkou. V další části byl modul věnován biologii lidského oka. I zde měli žáci již tuto oblast z biologie probranou, zde už byla diskuse jednodušší - vysvětlili jsme si způsob cesty světla do oka, zpracování této informace a popsali jednotlivé části oka. Na tuto část navazoval pokus s vadami oka a možnostmi korekce. Byly využity čočky a nákresy na tabuli, přičemž pomocí světelného zdroje (menší laser) jsme napravovali vadu oka tak, aby došlo ke spojení paprsků v místě zrakového nervu. Průchod paprsků čočkou a jejich vlastnosti si žáci vyzkoušeli i v dalším pokusu, a to ve virtuální laboratoři Phet.

Viditelné spektrum bylo představeno jako část vlnění zpracovatelná lidským okem. Modul na tuto část navázal schopností vidět u ostatních živočichů. Zde hodnotím velice kladně aplikaci, kterou žáci využívali. Žákům se tento úkol líbil, navíc byl interaktivní a obsahoval i informace o jednotlivých živočiších, kteří vidí v různých spektrech, popř. rozmezích spektra.

Na tuto část poté navázalo UV spektrum a také pokus *Rostlinná barviva pod UV světlem*. Tento pokus se vyskytuje také v modulu Dýchání 100x jinak, nicméně zde je právě z důvodu názornosti ukázáno, jak rostlinná barviva opravdu svítí pod UV světlem, a tím umožňují hmyzu vidět pro ně důležité struktury. Na tento pokus byly, kromě listů pokojových rostlin, využity také větvičky ze stromů, které při namočení do kádinky s vodou a při nasvícení UV zářivkou ukazují barviva, která se vypouští do vody. Pokus se žákům líbil a proto bude v modulu taktéž ponechán. Na pokus navázal text věnující se působení UV spektra na lidské tělo, přičemž byl kladen důraz na důležitost ochrany kůže při vysoké expozici na slunečním záření. Diskuse byla živá.

Nejlépe z celého modulu hodnotím část věnující se rentgenu. Zde žáky zajímala jak historie, tak podstata rentgenu - jak z hlediska samotného záření, tak také z hlediska medicínského přístroje. Žáci aktivně diskutovali o tom, kdo byl na rentgenu, co při tom museli mít, co naopak museli sundávat atd. Oblast rentgenu žáky zajímala natolik, že by v budoucnu tato část mohla být rozšířena o další aktivity.

V modulu je také věnován krátký odstavec gama záření, to ale nebylo s žáky příliš diskutováno, jelikož ještě nemají probranou jadernou fyziku. Zde se nabízí diskutovat až po probrání tohoto tématu, nebo začlenit tuto část modulu do dalšího tematického celku.

Po probrání spektra jako takového je modul orientován na témata nebo oblasti se spektrem spojeným. Nejprve bylo zmíněno, kde se se spektrem setkáme v rámci vesmíru, a to především při vyzařování těles. Na tento text navázala krátká informace o spektroskopii a poté se žáci věnovali úkolu *Hvězdné třídy*, kdy měli do tabulky doplnit informace o spektrálních třídách hvězd. Žáci toto téma budou probírat také v astronomii, ale zde jsme pracovní list vyplnili. Žáky tato aktivita bavila, pracovali s internetem nebo s AI. Po ak-

tivitě je žákům krátce představena Katedra experimentální fyziky PřF UP, resp. její činnost v oblasti Mössbauerovy spektroskopie, které se zde vědci věnují. Pro nižší stupeň vzdělávání je tato informace ještě nadbytečná, ale pro vyšší stupeň vzdělávání to může být užitečná informace.

Po informacích o spektru si žáci zkusili vyrobit vlastní jednoduchý spektroskop. Tento pokus se žákům velice líbil, přestože zde byla některá úskalí:

- Použité CD nebo DVD musí být při stříhání naprosto nepoškozeno, tj. jakákoliv vzniklá vada znemožní pokus uskutečnit. Proto je vhodné, aby měl učitel k dispozici více CD nebo DVD v záloze, kdyby žáci měli CD/DVD poškozené.
- U nižšího stupně vzdělávání je vhodné, aby CD nebo DVD stříhal učitel, jelikož kousky, které z nich odpadávají, jsou poměrně ostré. Zamezí se tak případné „nešikovnosti“ a možnosti zranit se.
- Je potřeba, aby při testování bylo v místnosti dostatečně zatemněno.

Pokus byl mezi žáky úspěšný, povedlo se jim zobrazit spektrum zářivky na baterce mobilního telefonu. U vyššího stupně vzdělávání je vhodné zařadit kromě baterky mobilu také jiné zářivky a tím porovnat vzniklá spektra.

Poté se žáci věnovali vyzařování planet a skleníkovému efektu. Především byla diskutována problematika ohřívání planety Země, možné důsledky a také příčiny tohoto jevu. Žáci aplikovali znalosti z chemie i zeměpisu, čímž došlo k propojení dalších dvou předmětů.

Poslední strana modulu se věnuje problematice světelného znečištění. Zde jsme s žáky neporovnávali fotografie světelného znečištění, ale diskutovali melatonin, jeho vlastnosti a rizika vzniklá při nadměrnému vystavování modrému světlu z mobilů a počítačů.

2.5 Vyhodnocení modulů z hlediska konstruktivistického, konektivistického a badatelského přístupu

Výukové moduly byly tvořeny v souladu s charakteristikami konstruktivistické výuky podle Murphyové, které zmiňuje Korcová ve své práci, konektivismu a peer instruction podle Brdičky, a také se snahou o navození badatelsky orientované výuky dle zásad podle Andersona [6] [7] [17]. Tato kapitola zhodnocuje vytvořené moduly z výše zmíněných hledisek. Z hlediska konstruktivismu

byl modul konstruován dle charakteristik podle Murphy [6], které jsou zmíněné v kapitole 1.1.1. Zásady, které byly v rámci tvorby i aplikace výukového modulu využity:

- Využití různých vyučovacích metod - v tomto výukovém modulu byly využity různé výukové metody z několika hledisek (aspekt didaktický, psychologický, logický atd.). V rámci modulu žáci pracují jak samostatně (aspekt psychologický - metoda samostatné práce žáků a metoda badatelská a výzkumná), tak společně s učitelem v rámci diskuse (aspekt didaktický - metoda dialogická). V rámci samostatné práce pracují manuálně (aspekt didaktický - metoda žákovského laborování a metoda pracovní činnosti) nebo samostatně řeší úkoly (aspekt psychologický a aspekt logický). Všechny výukové moduly obsahují různé úlohy, které mají za úkol aktivizovat žáky v co největší míře a zároveň v nich probudit zájem o různá témata.
- Role učitele jakožto kouče, facilitátora - učitel s žáky spolupracuje, ale nad výukou pouze dohlíží. Úlohy jsou koncipovány tak, aby žák mohl pracovat co nejvíce sám, popř. ve spolupráci se spolužáky.
- Žák aktivně vede svůj vzdělávací proces a je hlavním činitelem učení - úlohy jsou koncipovány tak, aby žák sám věděl, co potřebuje k jejich vyřešení, informace si zjišťuje z dalších zdrojů a samostatně vede svůj vzdělávací proces.
- Důraz na konstrukci znalostí, ne reprodukci naučeného a uplatnění předchozích znalostí v aktuálním učebním procesu - moduly jsou konstruovány tak, aby obsahovaly co nejširší spektrum témat napříč fyzikou a biologií, je tedy pro jejich vyřešení nutné využít jak předešlé znalosti, tak postupně konstruovat nové, a využívat je. Po absolvování výukového modulu, popř. jeho částí, získá žák široký rozhled do dané tematiky.
- Kooperativní učení - žáci mohou pracovat a diskutovat ve skupině, čímž se také uplatňuje metoda peer instruction.
- Důraz na řešení problémů a pochopení souvislostí - v rámci tvorby modulů byl kladen důraz na využití různých typů úloh tak, aby žáci byly do vyučovacího procesu zapojeni co nejaktivněji. Díky propojení fyziky a biologie a zapojení velkého množství příbuzných témat žák získá komplexní přehled o dané tematice a může získat informace o různých oblastech příbuzných k hlavnímu tématu.

- Učňovské učení - je-li to možné, je v rámci témat využíváno praktických pokusů, které si žáky samostatně, nebo s pomocí učitele, vyzkouší. Je kladen důraz především na praktické otestování teorie a také na rozvíjení manuální zručnosti.
- Mezipředmětová výuka - celý modul je koncipován jako mezipředmětový, přičemž kromě fyziky a biologie se v modulech mnohokrát vyskytují také jiné předměty, např. chemie, zeměpis nebo dějepis.
- Primární cíl je propojení s praktickým životem - moduly obsahují propojení s různými tématy, se kterými se žák může setkat v běžném životě, popř. rozvíjí jeho zájem o bližší studium daného tématu.

Z hlediska zásad konektivismu a peer instruction z kapitoly 1.1.2 lze konstatovat, že v rámci tvorby modulů byly tyto zásady využity. Vzhledem k tomu, že v rámci vyplňování a práce s moduly žáci pracují s různými zdroji a zároveň je samostatně vyhledávají, jsou tedy splněny body dle [7] zmíněné v kapitole 1.1.2.

Zároveň v rámci aktivizace žáků lze říci, že byly také splněny zásady badatelsky orientované výuky z kapitoly 1.1.3, resp. *5E* podle Konga a Songa [19].

Výukové moduly tak splňují kritéria těchto didaktických výukových přístupů a dávají žákům komplexní pohled na širokou tematiku v mezipředmětovém vztahu fyziky a biologie.

Závěr

Cílem práce bylo vytvořit mezipředmětové výukové moduly kombinující témata z fyziky a biologie, které jsou vytvořeny v souladu s moderními didaktickými přístupy a je možné je použít v rámci výuky libovolným způsobem. Zároveň bylo cílem moduly otestovat v praxi a vytvořit zhodnocení práce s nimi a připomínkovat je v rámci metodiky práce s moduly.

Práce obsahuje teoretickou část, ve které jsou shrnuty důležité didaktické trendy, které byly stěžejní při tvorbě modulů. Dále je zde analýza RVP, které stanovuje, co je na jakém stupni vzdělávání vyučováno. Jelikož u modulů není specifikováno, pro které ročníky, popř. stupně vzdělávání jsou, je důležité, aby obsáhly témata, která se vyskytují jak na základním, tak na středním stupni vzdělávání.

V dalších částech je popsána tvorba modulů, a to jak pilotní modul, tak aktualizovaná verze modulu *Dýchání 100x jinak*, dále pak tvorba modulů *Letem světem* a *Svět ve spektru*. Všechny moduly byly testovány v praxi, a to buď celé nebo některé jeho části. Moduly byly také testovány jak v hodinách biologie, tak v hodinách fyziky, což ukazuje možnost využívat moduly v obou předmětech, čímž lze ukázat propojenost těchto dvou předmětů.

Praktická část také obsahuje komentář k testování, a to jak připomínky k jednotlivým modulům, tak návrhy a komentáře k možné (či provedené) změně, a její odůvodnění. U některých modulů byly úlohy vhodné, a proto nedošlo k jejich změně, někdy však byly úlohy vyhodnoceny jako příliš obtížné, málo názorné nebo pro žáky nedostatečně atraktivní. Jsou zde také komentáře a didaktické poznámky a doporučení při využívání některých úloh, jako například které pomůcky se osvědčily, jaké další aktivity lze v rámci textu nebo úlohy využít apod.

Na konec byly moduly zhodnoceny z hlediska moderních didaktických metod, a to konstruktivismu, konektivismu a badatelské výuky. Vzhledem k uvedeným bodům byly moduly zhodnoceny jako adekvátní a splňující požadovaná kritéria.

Mezipředmětové výukové moduly z fyziky a biologie je možné dále rozšiřovat a aktualizovat. I vzhledem k přístupu konektivistickému je možné kon-

statovat, že *co bylo pravda dnes, nemusí být pravda zítra*, zde možná spíše *co žáky bavilo tehdy, nemusí je bavit teď*. Pro co nejlepší vyhodnocení atraktivity vybraných úloh v modulu, by bylo vhodné moduly poskytnout většímu množství pedagogů, kteří by moduly, popř. jednotlivé úlohy testovali, a poté je připomínkovali.

Moduly bych ráda v budoucnu nadále využívala a aktualizovala, popř. také tvořila moduly nové. Vzhledem k neustálým trendům propojování předmětů a témat je stěžejní, aby docházelo i k propojování předmětů, u kterých se na první pohled nemusí zdát, že mají mnoho společného. Zároveň je důležité, aby témata byla dostatečně atraktivní na to, aby v žácích vzbudila zájem o hlubší bádání a popř. je také navedla na možné další uplatnění v budoucnosti.

Literatura

- [1] LAMBERT, Julie. High School Marine Science and Scientific Literacy: The promise of an integrated science course. *International Journal of Science Education* [online]. 2006, 2006-05-12, 28(6), 633-654 [cit. 2023-10-16]. ISSN 0950-0693. Dostupné z: doi:10.1080/09500690500339795
- [2] SVÍTILOVÁ, Hana. Do škol míří nový předmět. Jihočeši pro něj jako první vzdělávají učitele. In: *Českobudějovický deník* [online]. [cit. 2024-04-18]. Dostupné z: https://ceskobudejovicky.denik.cz/zpravy_region/novy-predmet-skoly-science-veda-jihoceska-univerzita.html
- [3] ŠTOČKOVÁ, Šárka. Po vzoru Cambridge: Karlova univerzita láká na nový přírodovědný obor, který vychová vědce budoucnosti. In: *Perpetuum: vzdělávání bez hranic* [online]. [cit. 2024-04-18]. Dostupné z: <https://perpetuum.cz/2024/01/po-vzoru-cambridge-karlova-univerzita-laka-na-novy-prirodovedny-obor-ktery-vychova-vedce-budoucnosti/>
- [4] AUTORSKÝ KOLEKTIV. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. MŠMT, 2022.
- [5] A Review of Students-Common Misconceptions in Science and Their Diagnostic Assessment Tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* [online]. 2019, 2019-6-30, 8(2) [cit. 2023-10-16]. ISSN 23391286. Dostupné z: doi:10.15294/jpii.v8i2.18649
- [6] KORCOVÁ, Kateřina. Konstruktivismus v inovativních vzdělávacích programech v české škole. In: *Sborník prací Filosofické fakulty Brněnské univerzity*. [online]. Brno, 2006, s. 159-168. Dostupné z: <https://journals.phil.muni.cz/studia-paedagogica/article/view/18881/14937>

- [7] BRDIČKA, Bořivoj. Konektivismus - teorie vzdělávání v prostředí sociálních sítí. *Metodický portál RVP.cz* [online]. [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://spomocnik.rvp.cz/clanek/10357/KONEKTIVISMUS---TEORIE-VZDELAVANI-V-PROSTREDI-SOCIALNICH-SITI.html?nahled=>
- [8] Konstruktivismus. In: *Studyflix*. [online]. c2023 [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://studyflix.de/biologie/konstruktivismus-2692>
- [9] PRŮCHA, Jan, WALTEROVÁ, Eliška, MAREŠ, Jiří. *Pedagogický slovník*. 4. vydání. Praha: Portál, 2003. ISBN 80-7178-772-8.
- [10] HEJNÝ, Milan, KUŘINA, František. Tři světy Karla Poppera a vzdělávací proces. *Pedagogika*, 2000, č. 1, s. 38 – 50. ISSN 3330-3815.
- [11] Konektivizmus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2. 4. 2022 [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Konektivizmus>
- [12] ČERNÝ, Michal. Vybrané přístupy k učení se od druhých v online prostředí. *ProInflow* [online]. 2018, 2018-11-01, 10(2) [cit. 2023-10-27]. ISSN 1804-2406. Dostupné z: [doi:10.5817/ProIn2018-2-8](https://doi.org/10.5817/ProIn2018-2-8)
- [13] SIPPEL, Lieselotte. Maximizing the benefits of peer interaction: Form-focused instruction and peer feedback training. *Language Teaching Research* [online]. 2018, 2018-11-01, 10(2) [cit. 2023-10-27]. ISSN 1362-1688. Dostupné z: [doi:10.1177/13621688211004638](https://doi.org/10.1177/13621688211004638)
- [14] PAPÁČEK, Miroslav. Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. In: *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2010, 165 s. ISBN 978-80-7394-210-6.
- [15] National Research Council. *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. ISBN 0-309-06476-7.
- [16] 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.

- [17] ANDERSON, Ronald D. Inquiry in the everyday world of schools. *Focus: a magazine for classroom innovators (special issue)*, 1999, roč. 6, č. 2, s. 16–17. ISSN 1083-4141.
- [18] SEMRÁDOVÁ, Ilona. *Paradigma komunikace a technologie vzdělávání*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2003, 123 s. ISBN 80-7041-629-7.
- [19] KONG, Siu Cheung a Yanjie SONG. The Impact of a Principle-based Pedagogical Design on Inquiry-based Learning in a Seamless Learning Environment in Hong Kong. *Educational Technology & Society*, 2014, roč. 17, č. 2, s. 127–141. ISSN 1436-4522.
- [20] KAŠPAR, Emil a kol. *Didaktika fyziky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978, 355 s.
- [21] JUNGER, Alfons, Jaroslav HAUPT, František HOLEŠOVSKÝ a kol. *Metodika přírodopisu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1964, 261 s.
- [22] *Rámcové vzdělávací programy*. Online. Národní pedagogický institut. Dostupné z: <https://www.npi.cz/ramcove-vzdelavaci-programy>. [cit. 2024-01-23].
- [23] MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha, 2021. Dostupné také z: <https://revize.edu.cz/files/rvp-zv-2021.pdf>.
- [24] MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha, 2022. Dostupné také z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>.
- [25] *6 Průřezová témata*. Online. In: NÁRODNÍ PEDAGOGICKÝ INSTITUT. Metodický portál RVP.cz. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=10843>. [cit. 2024-02-11].
- [26] KUBIŠTA, Václav. Dýchání u člověka. In: ROMANOVSKÝ, Alexej, a kol. *Obecná biologie*. 2. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985, s. 408-411. ISBN 14-370-88.
- [27] Gas exchange. In: SIMPKINS, John a John Irving WILLIAMS. *Advanced human biology*. 2nd edition. London: Collins Educational, 1992, s. 217-236. ISBN 0-00-322290-X.

- [28] Dýchací cesty a plíce: základní informace. In: *Národní zdravotnický informační portál* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1090-dychaci-cesty-a-plice-zakladni-informace>
- [29] Model plic. In: RAKUŠAN, Zdeněk. *Experimentář*. 4. vydání. Liberec: iQLANDIA, 2017, s. 49. ISBN 978-80-270-3156-6.
- [30] Mechanika dýchání. In: WikiSkripta [online]. Praha: 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, 2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Mechanika_dýchán%C3%AD
- [31] Tlak vzduchu vyvolaný tíhovou silou. In: SVOBODA, Emanuel, Milan BEDNAŘÍK a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*. 6. vydání. Praha: Prometheus, 2022, s. 201-204. ISBN 978-80-7196-482-7.
- [32] Vztlková síla v kapalinách a plynech. In: SVOBODA, Emanuel, Milan BEDNAŘÍK a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*. Dotisk 6. vydání. Praha: Prometheus, 2022, s. 204-208. ISBN 978-80-7196-482-7.
- [33] Přetlak, podtlak. In: SVOBODA, Emanuel, Milan BEDNAŘÍK a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*. Dotisk 6. vydání. Praha: Prometheus, 2022, s. 209-211. ISBN 978-80-7196-482-7.
- [34] LUTZ, Eleanor. An animated guide to breathing. In: *Tabletop Whale* [online]. October 24 2014 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <http://tabletopwhale.com/2014/10/24/3-different-ways-to-breathe.html>
- [35] SVOBODA, Emanuel. *Pokusy z fyziky na střední škole*. Praha: Prometheus, 1997 s.11. ISBN 80-7196-008-X.
- [36] Vitální kapacita plic. In: RAKUŠAN, Zdeněk. *Experimentář*. 4. vydání. Liberec: iQLANDIA, 2017, s. 47. ISBN 978-80-270-3156-6.
- [37] Spirometr. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Spirometr>
- [38] Měření objemu vzduchu v plicích. In: ŠIMŠA, Zdeněk a Vladimír ROSKOVEC. *Základy přírodních věd*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1971, s. 80. ISBN 14-352-71.

- [39] Výroba spirometru. In: RAKUŠAN, Zdeněk. *Experimentář*. 4. vydání. Liberec: iQLANDIA, 2017, s. 48. ISBN 978-80-270-3156-6.
- [40] KUBIŠTA, Václav. Dýchací orgány a jejich funkce. In: ROMANOVSKÝ, Alexej, a kol. *Obecná biologie*. 2. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985, s. 400-406. ISBN 14-370-88.
- [41] KUBIŠTA, Václav. Přenos plynů tělními tekutinami. In: ROMANOVSKÝ, Alexej, a kol. *Obecná biologie*. 2. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985, s. 406-408. ISBN 14-370-88.
- [42] *Soutěž Fermiho úlohy* [online]. Olomouc: Katedra experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, 2010 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <http://isouteze.upol.cz/fermi/>
- [43] GIORI, Luca, Nicole Indra STACY, Michael OGLE a Stephen NELSON. Hematology, plasma biochemistry, and hormonal analysis of captive Louisiana pine snakes (*Pituophis ruthveni*): effects of intrinsic factors and analytical methodology: Image composite of blood cell types of the Louisiana pine snake (*Pituophis ruthveni*). In: *ResearchGate* [online]. February 2020 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/mage-composite-of-blood-cell-types-of-the-Louisiana-pine-snake-Pituophis-ruthveni-a-b_fig1_335081392
- [44] BRIGGS, Patrick Houston. LOUISIANA PINE SNAKE. In: *WORLD PITUOPHIS WEB PAGE BY PATRICK H. BRIGGS* [online]. c2007 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://slitherbriggs.webs.com/pruthveni.htm>
- [45] Normal Sheep Erythrocytes. In: *Cells and Smears: Veterinary Clinical Pathology Digital Database* [online]. Western College of Veterinary Medicine and the University of Calgary Veterinary and Clinical Diagnostic Service, 28 March 2018n. 1. [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://vetclinpathimages.com/2018/03/28/normal-sheep-erythrocytes/>
- [46] Discover The Largest Dall's Sheep Ever Caught in Alaska. In: *AZ Animals: Animal Encyclopedia With Facts, Pictures, Definitions, and More!* [online]. c2008-2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://a-z-animals.com/blog/discover-the-largest-dalls-sheep-ever-caught-in-alaska/>

- [47] Did You Know That Dehydrated Camels Can Drink Vast Amounts of Water, in a Very Short Time, Without Experiencing Hemolysis?. In: *The Blood Project* [online]. c2023, November 16, 2021 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.thebloodproject.com/did-you-know-6/>
- [48] National llama day. In: *National Today* [online]. c2017-2023, December 9, 2022 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://nationaltoday.com/national-llama-day/>
- [49] Fotorespirace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotorespirace>
- [50] Kyslík a rostliny: Víte, kde se bere kyslík v rostlinách?. In: *VIDA!*: science centrum Brno [online]. Brno: Moravian Science Centre Brno, c2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://vida.cz/blog/kyslik-a-rostliny>
- [51] Air pollution and weather: how do the weather condition causes smog?. In: *Airly* [online]. Air Quality Tracker in Europe & World, c2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://airly.org/en/weather-vs-smog-how-do-the-weather-condition-influence-its-formation/>
- [52] Smog. In: *National Geographic Society: Education* [online]. Washington, DC 20036: National Geographic, c1996-2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://education.nationalgeographic.org/resource/smog/>
- [53] RUDA, Aleš. Atmosféra jako složka životního prostředí. In: *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele* [online]. Brno: Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita, c2014 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/06-ziv-prostredi.html
- [54] Smog v lahvi. In: RAKUŠAN, Zdeněk. *Experimentář*. 4. vydání. Liberec: iQLANDIA, 2017, s. 198. ISBN 978-80-270-3156-6.
- [55] How To Create Smog In A Jar. In: *YouTube* [online]. 9. 6. 2020 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Jf06v2DRhhc>. Kanál uživatele Teresa L.

- [56] Elektromagnetické spektrum. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 30. 7. 2022 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetické_spektrum
- [57] LISTIAJI, Prasetyo, Angelina AMALIA PUTRI a Tiara Dwi WULANDARI. Application of the Oscillation Concept: Measuring the Human Respiration Rate in Various Activities Using a Smartphone's Magnetometer Sensor. *The Physics Teacher*. 2023, 2023-04-01, 61(4), 304-306. ISSN 0031-921X. Dostupné z: doi:10.1119/5.0060098
- [58] Vzdušnice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 17. 7. 2023 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzdušnice>
- [59] Žábry. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 5. 8. 2019 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Žábry>
- [60] The Evolution of Flight. In: *Science World* [online]. c2024 [cit. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.scienceworld.ca/stories/evolution-flight/>
- [61] Cricket (insect). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 26 July 2023 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cricket_\(insect\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cricket_(insect))
- [62] DOLBEAR, Amos. The cricket as a thermometer. *The American Naturalist: An Illustrated Magazine of Natural History*. Philadelphia: The Edwards & Docker CO., 1897, 31, 970-971. Dostupné také z: https://books.google.cz/books?id=Jqco0ttVn0gC&dq=%22The+Cricket+as+a+Thermometer%22&pg=PA970&redir_esc=y#v=onepage&q=%22The%20Cricket%20as%20a%20Thermometer%22&f=false
- [63] Dolbear's law. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2 July 2023 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Dolbear%27s_law
- [64] Elektronový mikroskop. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 5. 9. 2022 [cit. 2023-10-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronový_mikroskop

- [65] POWELL, Devin. Were pterosaurs too big too fly?. In: *New Scientist* [online]. New Scientist, 1 October 2008 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: <https://www.newscientist.com/article/mg20026763-800-were-pterosaurs-too-big-to-fly/>
- [66] ALLEYNE, Richard. Pterodactyls were too heavy to fly, scientist claims. In: *Telegraph.co.uk* [online]. 1 October 2008 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20091031071320/http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/3352699/Pterodactyls-were-too-heavy-to-fly-scientist-claims.html>
- [67] DVOŘÁK, Rudolf. *Jak létají*. Praha: Academia, 2015. Galileo. ISBN 978-80-200-2430-5.
- [68] DVOŘÁK, Rudolf a Karel KOZEL. *Matematické modelování v aerodynamice*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. Galileo. ISBN 80-010-1541-6.
- [69] Dynamický vztlak. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Dynamický_vztlak
- [70] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Základy fyziky letu*. In: Encyklopedie fyziky [online]. c2006-2024 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/130-zaklady-fyziky-letu>
- [71] Sup krajobový. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sup_krajobový
- [72] Kapitáne, trefil nás sup. Ptačí rekordman vyletěl do výšky přes 11 km. In: *IDNES.cz* [online]. c2023 [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/veda/ptaci-vyska-letu-rekord-stratocaching.A141005_214203_veda_mla
- [73] LNĚNIČKA, Jaroslav. Co umějí ptáci. In: *Akademie letectví: Populárně naučný časopis o létajících strojích, leteckém modelářství a letectví obecně*. [online]. 2021, 5. 2. 2012 [cit. 2023-07-28]. Dostupné z: https://www.airspace.cz/akademie_letectvi/2012/02/co-umeji-ptaci/

- [74] Chiroptera - Letouni. In: *UNIVERZITA PALACKÉHO OLOMOUČ. SAVCI.UPOL.CZ: Internetová encyklopedie savců* [online]. c1999-2010 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <http://www.savci.upol.cz/letouni.htm>
- [75] Aktivně létající savci - letouni. *Živa* [online]. 2008, (7), 59-61 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/aktivne-letajici-savci-letouni.pdf>
- [76] PRICE, Jo. What is echolocation and which animals use it? In: *Discover Wildlife: BBC Wildlife Magazine: nature, conservation and wildlife* [online]. c2024 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.discoverwildlife.com/animal-facts/what-is-echolocation>
- [77] Echolocation is nature's built-in sonar. Here's how it works. In: *National Geographic* [online]. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/echolocation-is-nature-built-in-sonar-here-is-how-it-works>
- [78] PETR, Jaroslav. Ultrazvukové triky netopýřích lákadel: Jak spolu souvisí echolokace a opylování? In: *100+1 Zahraniční zajímavost* [online]. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/ultrazvukove-triky-netopyrich-lakadel-jak-spolu-souvisi-echolokace-opylovani>
- [79] Činitel odporu. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Činitel_odporu
- [80] Aerodynamický odpor. In: *Fyzikální kabinet FyzKAB* [online]. c2016-2024 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: http://kabinet.fyzika.net/studium/tabulky/soucinitel-aerodynamickeho-odporu.php#google_vignette
- [81] Odpor prostředí. In: *Eduportál Techmania* [online]. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/odpor-prostredi>
- [82] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia*. 6. vydání. Praha: Prometheus, 2021. ISBN 978-80-7196-486-5.
- [83] Světlo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Světlo>

- [84] Elektromagnetické spektrum. In: *E-manuel.cz* [online]. c2024 [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://e-manuel.cz/kapitoly/elektromagneticke-vlny/vyklad/elektromagneticke-spektrum/>
- [85] Elektromagnetické vlnění příklady. In: *E-fyzika* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://www.e-fyzika.cz/priklady/06-elektromagneticke-vlneni-priklady.pdf>
- [86] Infračervené záření. In: *Eduportál Techmania* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticke-vlny/infracervene-zareni>
- [87] Viditelné světlo. In: *WikiSkripta* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Viditelné_světlo
- [88] UNIVERSITY OF COLORADO. *Geometric Optics: Basics*. Dostupné také z: https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics-basics/latest/geometric-optics-basics_all.html. Simulace.
- [89] GOOGLE. How Animals See the World. *Google Arts & Culture* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://artsandculture.google.com/story/how-animals-see-the-world/qgWhAEJda6STRg>
- [90] Ultrafialové záření. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-02-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrafialové_záření
- [91] Rentgenové záření. In: *WikiSkripta* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Rentgenové_záření
- [92] Záření gama. In: REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/805-zareni-gama>
- [93] KATEDRA EXPERIMENTÁLNÍ FYZIKY PŘF UPOL. Laboratoře a přístrojové vybavení. *Katedra experimentální fyziky* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://www.prf.upol.cz/kef/katedra/laboratore-a-pristrojove-vybaveni/>
- [94] KATEDRA EXPERIMENTÁLNÍ FYZIKY PŘF UPOL. *Katedra experimentální fyziky* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://www.prf.upol.cz/kef/>

- [95] Vyroba si spektroskop. In: *FYZMATIK* [online]. [cit. 2024-02-11]. Dostupné z: <https://fyzmatik.pise.cz/668-vyrob-si-spektroskop.html>
- [96] Terestriální záření. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-02-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Terestriální_zářen%C3%AD
- [97] Skleníkový efekt. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-02-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C3%ADkov%C3%BD_efekt
- [98] Melatonin. In: *WikiSkripta* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Melatonin>









Seznam obrázků

2.1	Podoba úvodní informační tabulky	22
2.2	První strana pilotní verze	23
2.3	Spojovací úloha na krvinky živočichů	25
2.4	První strana aktualizované verze	26
2.5	První strana modulu Letem světem	28
2.6	První strana modulu Svět ve spektru	31
2.7	Úkol vyplnění tabulky hvězdných spektrálních tříd	32
2.8	Práce s výukovými moduly	34
2.9	Výroba modelu plic	35
2.10	Použitý záznam z měření s aplikací Phyphox	38
2.11	Žákem vyplněný výukový modul Svět ve spektru	41

Výukové moduly

Následující část obsahuje vytvořené výukové moduly - pilotní verzi *Dýchání 100x jinak* a její verzi aktualizovanou, modul *Letem světem* a modul *Svět ve spektru*.

DÝCHÁNÍ 100× JINAK

	střední obtížnost		2-4 žáci		ZŠ+ SŠ
	dýchání živočichů fotosyntéza		tlak plynů difuze plynů skupenské přeměny		
	Prostuduj!		Zapřemýšlej!		Vyzkoušej!



CO JE TO DÝCHÁNÍ A PROČ JE PRO NÁS NEZBYTNÉ?

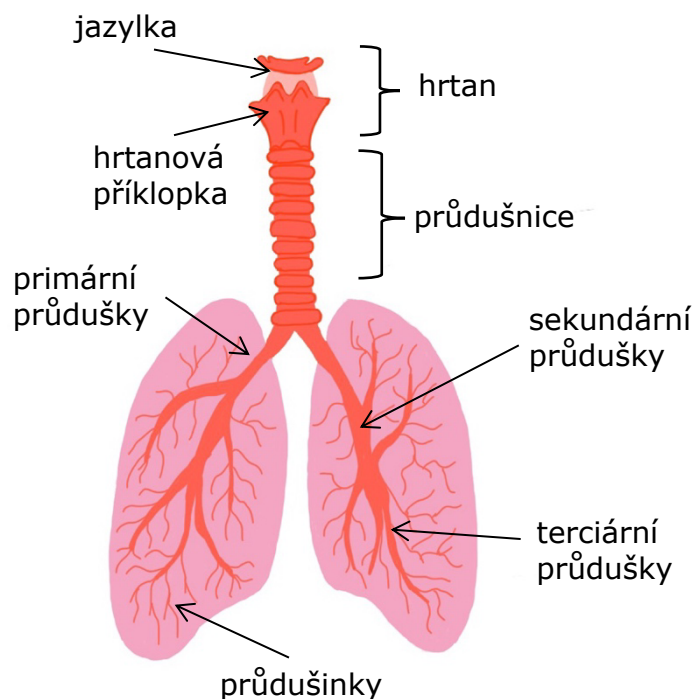
Dýchání je jeden ze základních procesů, bez kterého by živé organismy nemohli žít. Díky dýchání neboli respiraci, získávají organismy životně důležitý plyn, kyslík.

I já se na dýchání podílím!



JAK DÝCHÁME MY?

Existuje několik typů dýchacích orgánů. U nás lidí, nebo u savců obecně, je dýchacím orgánem velký párový orgán zvaný *plíce*. Plíce jsou uloženy v *hrudním koši*, který ho chrání před mechanickým poškozením. Vzduch se do plic dostává nasátím přes nos či ústa. Poté putuje do *nosohltanu*, odkud se přes *hrtan* dostává do *průdušnice*. Průdušnice dále distribuují vdechnutý vzduch do *průdušek* a také do nejmenších *průdušinek*.





POKUS Č.1: VÝROBA MODELU PLIC Z PET LAHVE

Jaká je fyzikální podstata fungování plic si vyzkoušíme na následujícím pokusu – vyrobíme si vlastní model plic.

Budeme potřebovat:

- malou prázdnou PET lahev;
- 2 plastová brčka;
- 3 balonky;
- izolepu;
- nůžky;
- nebožízek.



Z PET lahve odstříhneme dno a nahradíme ho napnutým balonkem. Do zátky PET lahve vyvrtáme otvory a prostrčíme jimi plastová brčka. Na konec každého brčka připevníme izolepu balonek.



ÚKOL Č. 1:

Co pozorujeme, pohybujeme-li balonkem připevněným ke dnu PET lahve? Vysvětli podstatu dýchání z fyzikálního hlediska.

Prostor pro tvou odpověď:



PTAČÍ PLÍCE

Plíce savců jsou vytvořeny tak, aby dostatečně zásobovaly savce kyslíkem a jejich činnost odpovídala potřebám savčího metabolismu. Ptáci, kteří potřebují kvůli létání mnohem rychlejší metabolismus, a tedy musí rychleji dýchat, mají kromě plic ještě přídatné *plicní vaky*. Ty jim umožňují nejen dýchat rychleji, ale také dostat do sebe větší objem vzduchu. Celková plocha ptačích plic je až o 20 % větší, než je plocha plic u savců!

Aby jejich tělo zvládlo létání, musíme pracovat opravdu rychle!





ÚKOL Č. 2:

Jaká je celková plocha ptačích plic, je-li plocha savčích plic velká zhruba jako tenisový kurt?

Prostor pro tvou odpověď:



Víš, že...

...savčí a ptačí plíce se liší nejen velikostí, ale i vzhledem? Zkus je porovnat – naskenuj QR kód a prohlédni si přehlednou animaci dýchání živočichů. Procvičíš si angličtinu, a navíc se i něco nového dozvíš!



<https://1url.cz/yrb39>



ÚKOL Č. 3:

Prohlédni si obrázky v animaci a urči druh posledního živočicha na obrázku. Pomocí učebnic, odborných knih nebo internetu zařaď živočicha do kmenu a třídy.

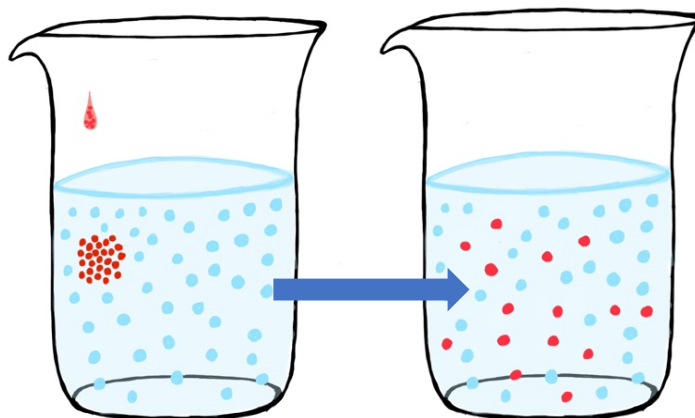
Prostor pro tvou odpověď:



CO SE DĚJE SE VZDUCEM V PLICÍCH ANEB VÝMĚNA PLYNŮ

Živočiškové vdechují plynný kyslík (O_2) a vydechují oxid uhličitý (CO_2). Aby se kyslík do plic dostal, a naopak oxid uhličitý z plic dostal ven, je potřeba, aby došlo k výměně plynů. Tuto výměnu označujeme jako *difuzi*.

Jak probíhá difuze snadno demonstrujeme na následujících dvou pokusech.



POKUS Č.2: DEMONSTRACE DIFUZE PLYNU

Difuzi plynů lze demonstrovat hned několika způsoby.

Verze 1: Připravíme si sprej – můžeme použít deodorant nebo parfém. Postavíme se do místnosti a necháme spolužáky, aby si stoupli o metr dál, druhý si pak stoupne od něj o další metr dál a pokračujeme, dokud nejsou zapojeni všichni ve skupince. Stříkneme sprejem směrem ke spolužákům. Spolužáci mezitím oznamují, kdy, a zda vůbec, cítí námi nastříkaný sprej. Částice spreje se mísí se vzduchem místnosti a dochází k difuzi.

Verze 2: Že opravdu k difuzi plynu, v tomto případě jde o páry kapalin, dochází, dokážeme pomocí pokusu s fenolftaleinem a čpavkovou vodou. Tento pokus provádí učitel a my pozorujeme výsledky.



ÚKOL Č. 4:

Pozorujeme, jak učitel kape na papírové ubrousky v Petriho misce fenolftalein a poté i čpavkovou vodu. Po určité době dochází ke změně našeho pozorovaného objektu. K čemu došlo a proč?

Prostor pro tvou odpověď:





JAK PILNĚ PRACUJÍ NAŠE PLÍCE?

Správné fungování plic závisí nejen na jejich velikosti, ale také na naší fyzické zdatnosti. Čím více jsou naše plíce trénované, např. při pravidelném kardio cvičení, tím více vzduchu dokážeme do plic dostat. Objem vzduchu, který dokážeme vydechnout po největším možném nádechu měříme pomocí *spirometru*. Spirometr je lékařský přístroj, který zaznamenává dýchání a zobrazuje graf objemu plic v závislosti na čase. Kolik vzduchu jsou naše plíce schopny do sebe dostat, nám udává *vitální kapacita plic*, což je právě maximální objem vydechnutého vzduchu po nejhlubším nádechu, který dokážeme vykonat.

Se spirometrem se obvykle setkáme u lékaře, ale lze si jej pořídit i domů. Pojďme si nyní vyrobit domácí spirometr z jednoduchých pomůcek!



POKUS Č.3: DOMÁCÍ SPIROMETR

Na výrobu potřebujeme:

- plastový kanystr s víčkem (5 l);
- gumovou hadičku;
- hlubokou mísu nebo vaničku;
- odměrný válec;
- trychtýř;
- lihový fix.

Na plastovém kanystru si vyrobíme stupnici objemu s pomocí odměrného válce – naměříme objem 1 litr, vodu přelejeme do kanystru a odpovídající hladinu vyznačíme. Postup opakujeme, dokud nemáme vyznačeno 5 litrů. Kanystr naplněný vodou uzavřeme a ponoříme víčkem dolů do hluboké mísy. Víčko ve vodě odšroubujeme a do kanystru vsuneme hadičku, jejíž druhý konec držíme.



Pořádně se nadechneme a vydechneme všechnen vzduch z plic do hadičky. Při vydechování musíme mít zacpaný nos, aby nám přes něj vzduch neunikal. Voda v kanystru klesne – tento objem odpovídá objemu vzduchu v plicích po maximálních nádechu.



ÚKOL Č. 5:

Zjisti, jaká je vitální kapacita plic průměrného člověka a porovnej ji se svojí. Jaké hodnoty by mohl mít sportovec a jaké naopak silný kuřák nebo astmatik? Ke svému bádání využij internet nebo knihy.

Prostor pro tvou odpověď:



A CO OSTATNÍ ŽIVOČICHOVÉ...?

Plíce nejsou jediný orgán, který zajišťuje dýchání. Někteří živočichové mají dýchací orgány přizpůsobené podle stylu života nebo prostředí, ve kterém se nachází.

Z fyzikálního hlediska můžeme rozdělit dýchací orgány dle principů, na kterých pracují, na:

- orgány, přivádějící kyslík do těla v plynném skupenství difuzí;
- orgány, předávající kyslík do tělních tekutin, jež ho distribuují do těla, sycením kapaliny.

První případ můžeme pozorovat u *vzdušnic* bezobratlých. Vzdušnice fungují na principu difuze plynů. Pohyb plynů je zajišťován koncentračním spádem, který vzniká neustálou produkcí kyslíku v tkáních, zatímco je oxid uhličitý produkován. Vzdušnice nalezneme například u hmyzu.

Druhý způsob dýchání se uplatňuje u plic a *žaber*. Žábry jsou dýchací orgán vodních živočichů. Aby difuze kyslíku ve vodě probíhala, musí být zajištěna pravidelná výměna vody ventilačními pohyby, což probíhá například otvíráním a zavíráním úst. Žábry nalezneme nejen u ryb a paryb, ale také u vodních bezobratlých, např. korýši, mnohoštětinatci a další.

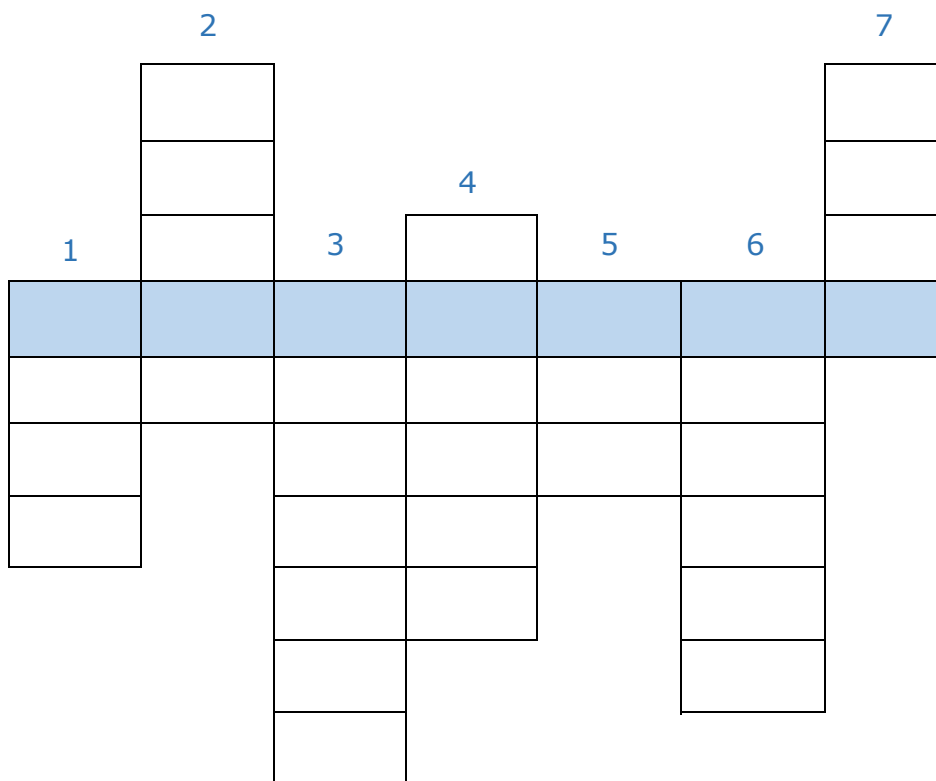


ÚKOL Č. 6

Vyplň následující křížovku. Tajenka ti napoví, kdo je tvým společníkem na cestě plnění pracovního listu.

1. Dýchací orgán některých obratlovců, který je zároveň největším orgánem všech živočichů.
2. Dýchací orgán vodních živočichů, který existuje v mnoha formách a modifikacích. Setkáme se s ním nejen u ryb, ale i u některých bezobratlých.
3. Jakým přídatným jménem označujeme kapacitu plic, která udává maximální objem vydechnutého vzduchu po nejhlubším možném nádechu.
4. Fyzikální jev, který umožňuje výměnu plynů v plicních sklípcích.
5. Část lidského těla, kterou vdechujeme a vydechujeme vzduch.
6. Životně důležitý plyn pro většinu živých organismů.
7. Rod živočicha, který využívá hned několik typů dýchacích orgánů během života.

Na dýchání pracuje mnoho z nás!
Už víte, kdo jsem já?





BONUSOVÝ ÚKOL:

Vypočítej, kolik červených krvinek je nahrazeno během roku v celkovém objemu krve. Vše, co potřebuješ pro výpočet, nalezněš v knihách nebo na internetu.

Prostor pro tvou odpověď:



Tento typ úlohy se nazývá Fermiho úloha! QR kód tě zavede na webové stránky věnované těmto úlohám:



<https://1url.cz/qrbVt>



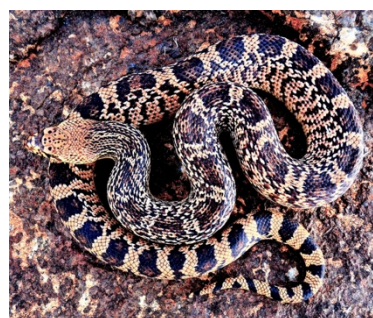
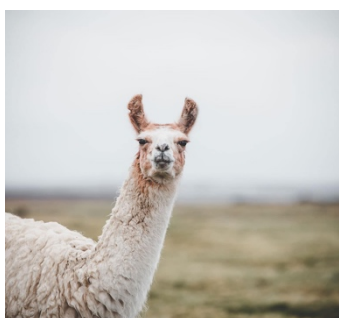
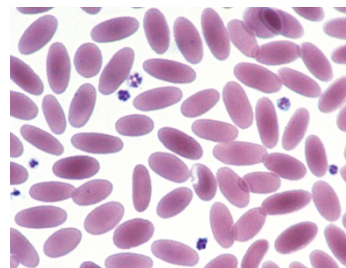
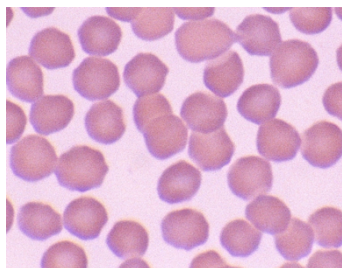
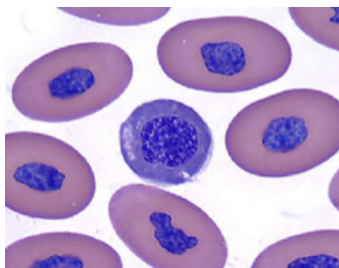
VÍŠ, ŽE...

...červené krvinky nejsou u všech živočichů stejné? Červené krvinky neboli erythrocyty, jsou u ryb, plazů a ptáků oválné a mají jako jediné jádro. Většina savců má krvinky kruhové bezjaderné, výjimkou je čeleď velbloudovití – ti mají krvinky sice bezjaderné, ale oválné!



ÚKOL Č. 7:

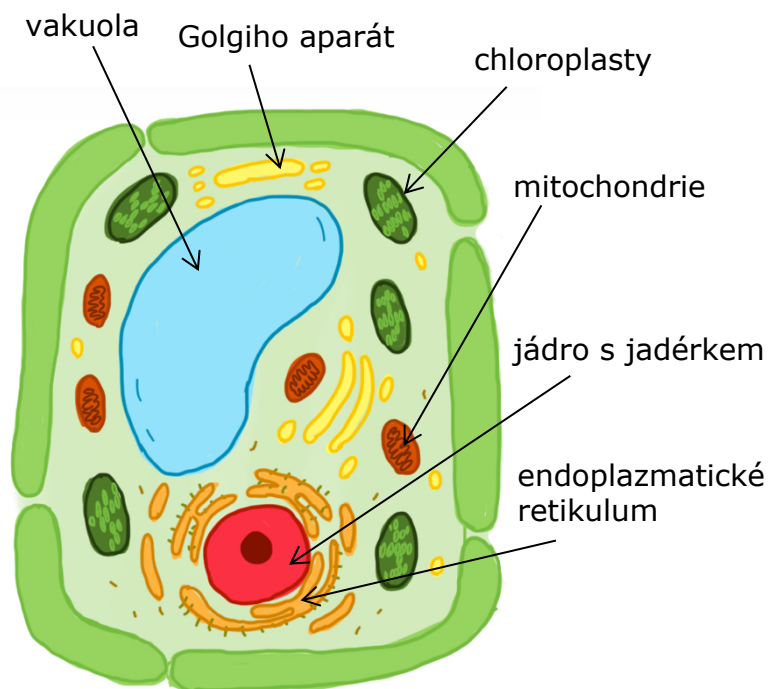
Spoj obrázky typu erytrocytů s živočichem, u kterého tento typ nalezneme.



ODKUD ZÍSKÁVÁME KYSLÍK?

Aby živé organismy mohly fungovat, potřebují získávat životně důležitý plyn – kyslík. Odkud se ale vlastně bere?

Kyslík získáváme díky procesu zvanému *fotosyntéza*, jenž probíhá v rostlinných buňkách. Rostliny mají v buňkách speciální orgány *chloroplasty*, které pomocí barviva *chlorofyl* zachycují částice světla – *fotony*. Fotosyntéza je proces velice komplikovaný. Důležité pro nás je, že díky tomu nám rostliny poskytují kyslík, bez kterého my nemůžeme žít.

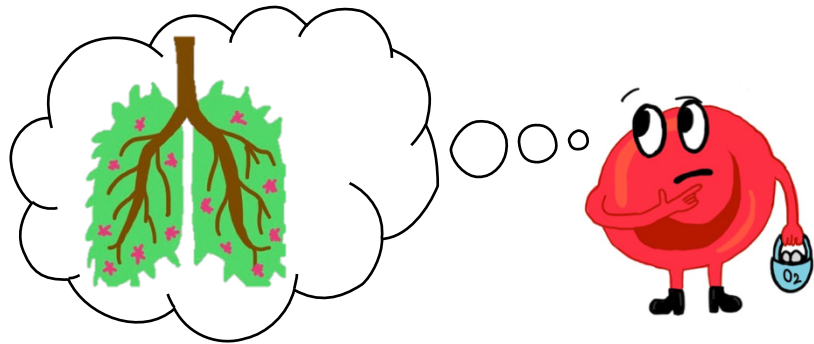




ÚKOL Č. 8:

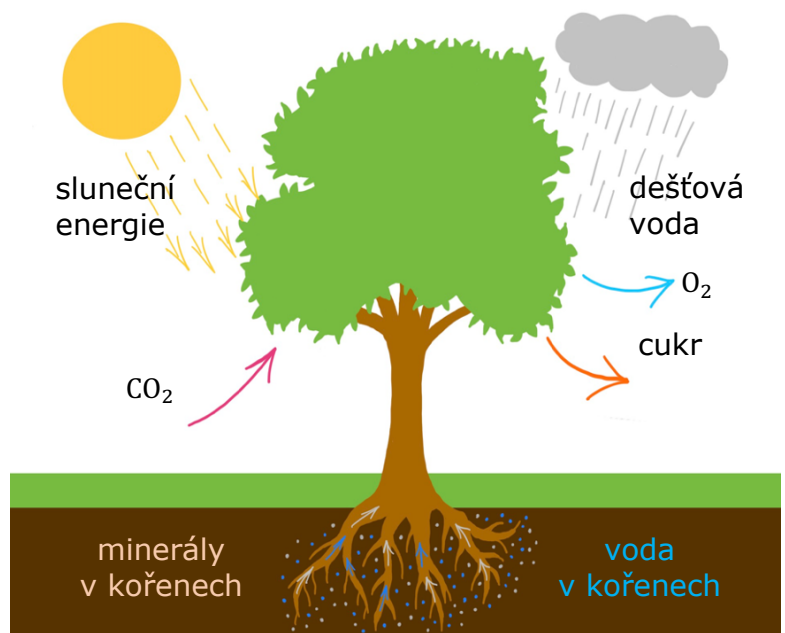
Rostliny jsou známe jako producenti kyslíku. Nejsou ale jediné živé organismy, které ho dokáží produkovat. Kdo si myslíš, že je největším producentem kyslíku na Zemi? Proč? Ověř pomocí knih nebo internetu. Bylo tvé tvrzení správné? Komu bychom mohli přisoudit titul „plíce světa“?

Prostor pro tvou odpověď:



DÝCHAJÍ VŮBEC ROSTLINY?

Rostliny jsou primárně autotrofní organismy, tj. jsou schopné si samostatně zajistit přísun energie. Jelikož ji získávají ze sluneční energie, resp. světelné energie, kde jim k tomu fotony, hovoříme o nich jako o fototrofních organismech. Existuje určitý typ dýchání rostlin zvaný *fotospirace*. Tento typ dýchání ale není stejný jako u jiných živých organismů, např. živočichů. Jde o proces, jehož význam není stále s určitostí známý a některé rostliny ho dokonce v rámci evoluce již zcela potlačily.





POKUS Č. 4: DŮKAZ PRODUKCE KYSLÍKU V ROSTLINÁCH

Abychom se přesvědčili, že rostliny opravdu produkují kyslík, vyzkoušíme následující pokus na důkaz kyslíku v rostlinách.

Na náš pokus budeme potřebovat:

- vodu;
- větší zelený list (ať už ze stromu nebo z pokojové rostliny);
- misku (dostatečně velkou, aby se nám tam vešel list).

Do misky nalejeme takové množství vody, aby se nám podařilo do ní list ponořit. Misku s listem umístíme na slunné místo nebo pod zářivku.

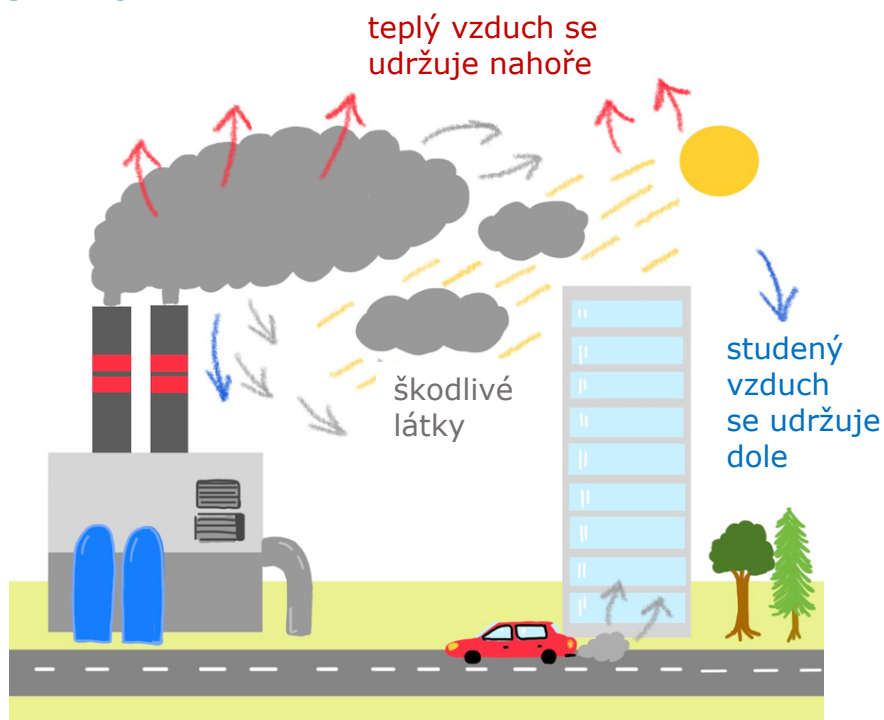
Již po chvíli se nám na listu objevují drobné bublinky. Tyto bublinky jsou kyslík v plynné formě, který se ve formě bublinek objevuje na listu.

Pokus můžeme vyzkoušet s listy hned několika druhů rostlin a porovnat, která rostlina produkuje více kyslíku. Obměnit můžeme také světelné podmínky, např. barvu zářivky nebo intenzitu světla.



JAK SE STARAT O NAŠE PLÍCE?

Dýchání nás udržuje při životě. Aby se nám dobře dýchalo, musíme se starat nejen o naše plíce, ale také o prostředí, ve kterém dýcháme. Rizikem pro naše plíce je smog. Smog je znečištění atmosféry způsobené lidskou činností. Atmosféra v prostředí, kde je smog přítomen, je obohacena o složky, které jsou pro naše zdraví škodlivé. Mezi tyto látky patří sulfan, sirouhlík nebo oxid siřičitý, který vzniká při spalování fosilních paliv a zpracování rud.





POKUS Č. 5: SMOG V LAHVI

Jak funguje smog si vyzkoušíme na následujícím pokusu.

Připravíme si:

- vodu;
- filtrační papír;
- zápalky;
- skleněnou lahev;
- aluminiovou fólii;
- kostky ledu.

Nejprve do skleněné lahve nalejeme trochu vody, lahev důkladně propláchneme a vodu vylejeme. Lahev nevysušujeme! Připravíme si filtrační papír, který zapálíme a hodíme do lahve. Vrch lahve přikryjeme aluminiovou fólií, na kterou položíme kostky ledu. Pokud chceme proces urychlit, led osolíme.



ÚKOL Č. 9:

Jak je možné, že v lahvi vznikl „smog“? Popiš, co pozoruješ a vysvětli, jaká je podstata tvorby smogu. Kromě poznámek z pozorování použij i knihy nebo internet.

Prostor pro tvou odpověď:








Jaké je ovzduší nám udává index kvality ovzduší. Mapu ČR s příslušnými indexy můžeme sledovat zde:



<https://1url.cz/0rbVp>



DÝCHÁNÍ 100× JINAK

	fotosyntéza dýchání živočichů dýchání člověka		elektromagnetické záření difuze v plynech difuze v kapalinách		
	Prostuduj!		Zapřemýšlej!		Vyzkoušej!

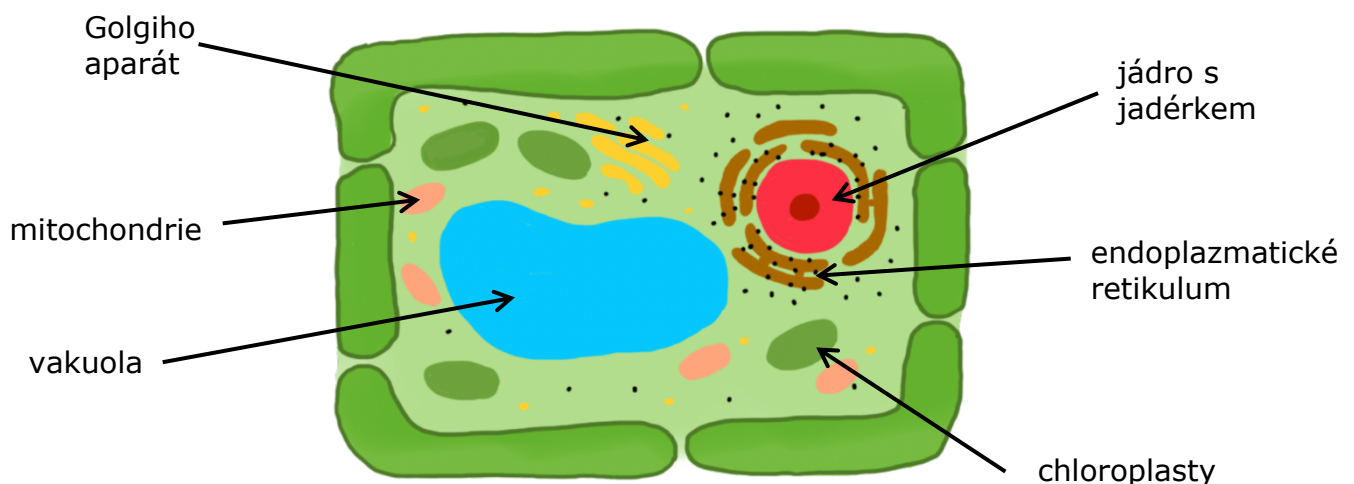


ODKUD ZÍSKÁVÁME KYSLÍK?

Aby byly živé organismy skutečně živé, potřebují získávat důležitý plyn – kyslík. Odkud ho ale získávají?

Kyslík získáváme díky procesu zvanému *fotosyntéza*, jenž probíhá v rostlinných buňkách. Rostliny mají v buňkách speciální orgány *chloroplasty*, které pomocí barviva *chlorofyl* zachycují částice elektromagnetického záření – *fotony*. Fotosyntéza jako celek je velmi komplikovaný proces.

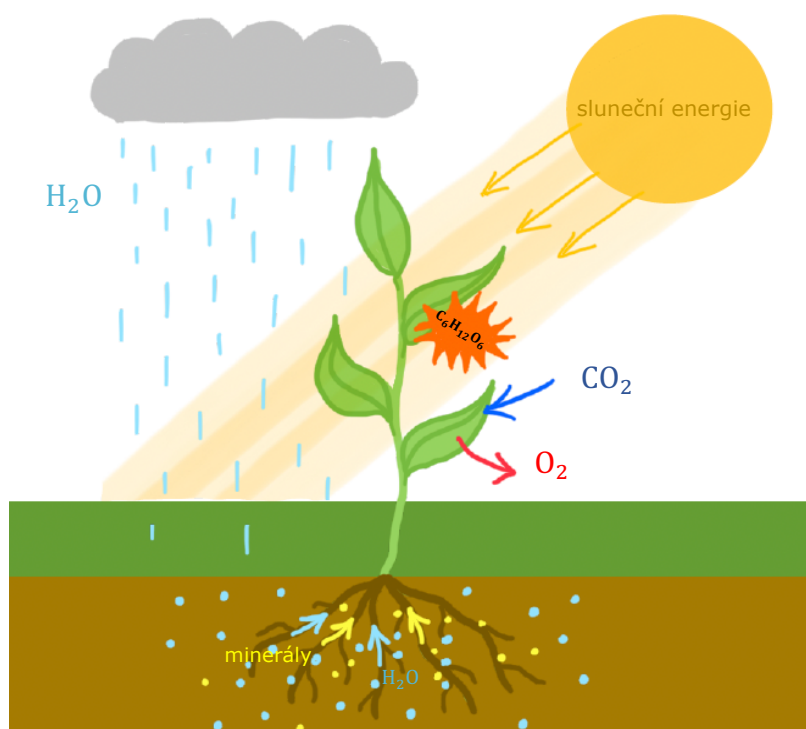
Rostliny patří mezi významné producenty kyslíku, ale nevytváří ho ze všech organismů nejvíce! V dávných dobách, kdy ještě kyslík v atmosféře naší planety nebyl, začaly kyslík produkovat *sinice*. Tyto *prokaryotické organismy* řadíme mezi *bakterie*. Jejich specialitou je, že obsahují chlorofyl, pomocí kterého u nich probíhá fotosyntéza. Ač jsou sinice tohoto procesu schopné, nesmíme zapomenout, že patří mezi prokaryoty, tudíž nemají vzhled jako rostlinná buňka. Dokonce existuje teorie, že rostlinná buňka vznikla tak, že *eukaryotická buňka* pohltila sinici, která se později evolučně vyvinula v chloroplast. Tato teorie je známá jako *endosymbiotická teorie*.





FOTOSYNTÉZA

Jak již bylo řečeno, fotosyntéza je základní proces probíhající u všech druhů rostlin nebo sinic. Dochází při ní k přeměně sluneční energie na energii chemickou. Fotosyntéza má dvě fáze – světelnou a temnostní. Ve světelné fázi dochází k pohlcování fotonů, přičemž se uvolní energie, která je potřebná pro fázi temnostní. V této fázi dochází k fotolýze vody a uvolnění kyslíku z molekuly vody. Je zajímavé, že rostliny produkují kyslík pouze jako druhotný produkt. Jejich hlavním cílem, jakožto autotrofů, je produkce cukrů pro jejich fungování.



POKUS 1: FOTOSYNTETICKÉ PIGMENTY POD UV SVĚTLEM

Co vůbec je ten kouzelný chlorofyl, který uvádí celou fotosyntézu do chodu? Je to zelený pigment, který absorbuje modrou a červenou část světelného spektra. Díky tomu, že ostatní části spektra odráží, se nám jeví jako zelený. A proto jsou také rostlinné orgány, které jsou schopné fotosyntézy, zelené. Kromě toho má chlorofyl další zajímavou vlastnost, a to fluorescenci! Na pokus potřebujeme:

- hmoždíř;
- rostlinný materiál;
- ethanol;
- UV baterka.

Rostlinný materiál si natrháme na drobné kousky a v třecí misce rozetřeme. Pozorujeme, že se začíná uvolňovat zelené barvivo. Poté do třecí misky přidáme trochu ethanolu. Nyní stačí zhasnout světlo nebo se přesunout do tmavé místnosti a posvítit na roztok chlorofylu s ethanolom UV světlem. Proč používáme UV světlo? UV záření neboli *záření ultrafialové*, má vlnovou délku kratší než viditelné světlo. My lidé ho nevidíme, avšak někteří živočichové, zejména hmyz, ho dokáže vnímat. Přírodním zdroje UV záření je Slunce. Existuje několik typů tohoto záření, pro buzení fluorescence, či luminiscence obecně, využíváme světlo o vlnové délce 315-400 nm.



CO JE VLASTNĚ FLUORESCENCE?

Fluorescence je jev, kdy systém absorbuje a poté emituje elektromagnetické záření. Je způsobena absorpcí fotonů systémem v základním stavu, který tím přejde do excitovaného stavu, tedy má větší energii, než měl původně. Kratší vlnová délka světla, která má větší energii, vyzáří elektrony, a tím dojde k excitaci stavu.

Jelikož již víme, že chlorofyl absorbuje fotony, díky čemuž také fotosyntéza funguje, dochází k excitaci stavu, a tak i fluorescenci barviva.



ÚKOL 1: ELEKTROMAGNETICKÁ SPEKTRA

Pojďme si ještě něco říct o elektromagnetických spektrech. Již bylo zmíněno viditelné světlo. To má vlnové délky 390-760 nm a je to jediné spektrum, které vidíme. Každá barva viditelného spektra má daný rozsah vlnových délek, největší vlnovou délku má červená barva (620-800 nm), nejmenší pak fialová barva (380-400 nm). Zmínili jsme si také ultrafialové záření, ovšem typů elektromagnetického záření máme daleko více.

Vyhledej si informace o elektromagnetickém spektru a vytvoř graficky tabulku s názvem části spektra a příslušnou vlnovou délkou. Uveď také zdroj tohoto záření či využití.

Prostor pro odpověď:



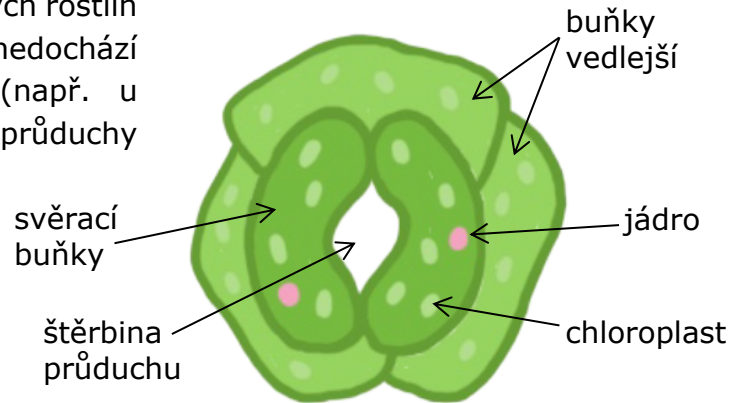
POKUS 2: POZOROVÁNÍ PRŮDUCHŮ U LISTU



Rostliny procházely evolucí stejně, jako každý jiný organismus. Vyšší rostliny mají speciální struktury na listech, které slouží ke kontrolované výměně plynů mezi rostlinou a okolím. Tyto struktury se nazývají průduchy. Kromě toho, že regulují výměnu plynů, se také podílejí na kontrole vody v rostlině. Právě režim otevírání a zavírání průduchů je u některých rostlin významná strategie, díky které nedochází k vypařování vody v horkých dnech (např. u sukulentů). Pojďme si nyní prohlédnout průduchy některých rostlin.

Budeme potřebovat:

- listy různých druhů rostlin;
- bezbarvý lak na nehty;
- průhlednou izolepu;
- podložní sklíčka;
- nůžky.



Na spodní stranu listu nanese vrstvu bezbarvého laku a necháme lak chvíli zaschnout. Poté na něj nalepíme kousek lepící pásky, opatrně ho odlepíme z listu a přilepíme na podložní sklíčko, které vložíme pod mikroskop. Pozorujeme průduchy a svěrací buňky kolem nich.



ÚKOL 2: NÁKRES POZOROVÁNÍ Z MIKROSKOPU

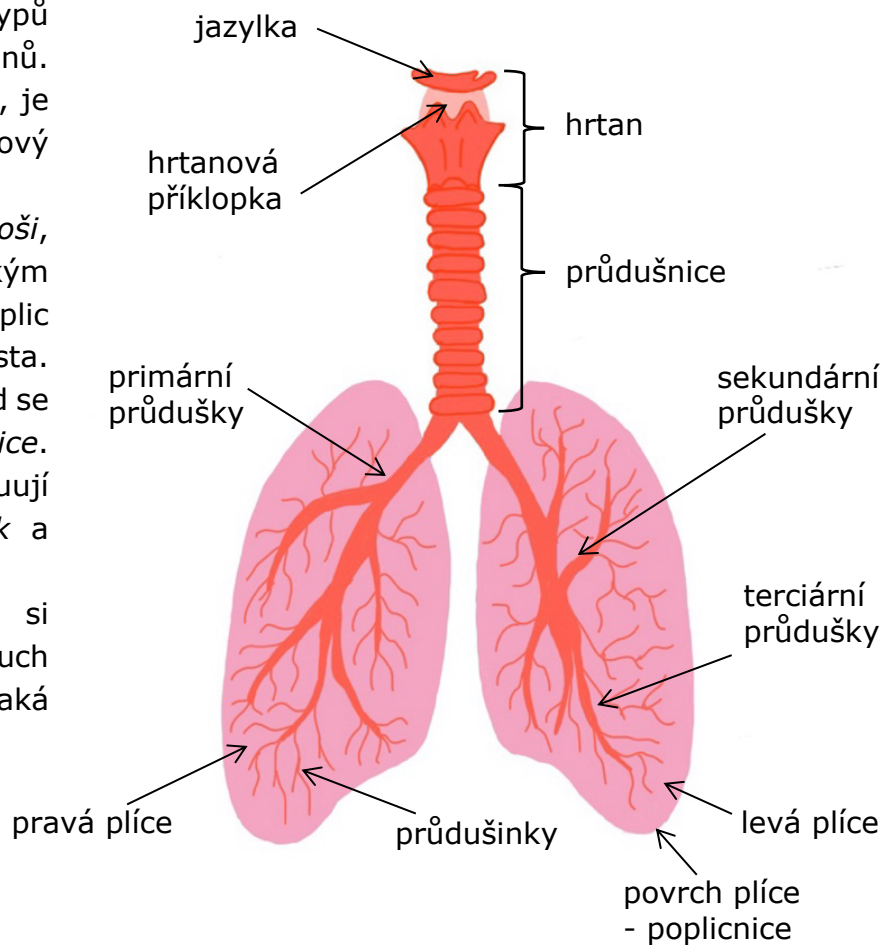
Zakresli pozorované průduchy a svěrací buňky kolem nich. Nezapomeň u nákresů uvést, co pozoruješ, o jaký druh rostliny se jedná a při jakém celkovém zvětšení obraz vidíš!

Prostor pro nákres:



KYSLÍK MÁME, MŮŽEME DÝCHAT!

Existuje několik typů dýchacích orgánů. U nás lidí, nebo u savců obecně, je dýchacím orgánem velký párový orgán zvaný *plíce*. Plíce jsou uloženy v *hrudním koši*, který ho chrání před mechanickým poškozením. Vzduch se do plic dostává nasátím přes nos či ústa. Poté putuje do *nosohltanu*, odkud se přes *hrtan* dostává do *průdušnice*. Průdušnice dále distribuují vdechnutý vzduch do *průdušek* a také do nejmenších *průdušinek*. Z biologického hlediska jsme si stručně vysvětlili, jak putuje vzduch do plic. Pojdme si nyní ukázat, jaká je fyzikální podstata dýchání!

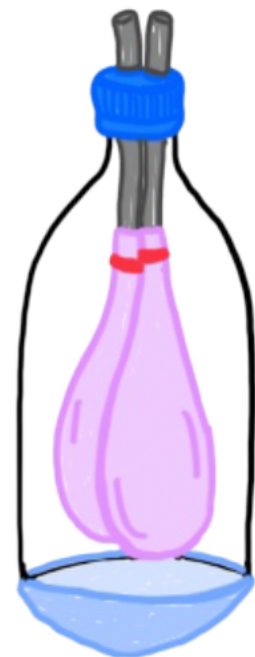


POKUS 3: VÝROBA MODELU PLIC Z PET LAHVE

Jaká je fyzikální podstata fungování plic si vyzkoušíme na následujícím pokusu – vyrobíme si vlastní model plic. Budeme potřebovat:

- malou prázdnou PET lahev;
- 2 plastová brčka;
- 3 balonky;
- izolepu;
- nůžky;
- nebozízek.

Z PET lahve odstříhneme dno a nahradíme ho napnutým balonkem. Do zátky PET lahve vyvrtáme otvory a prostrčíme jimi plastová brčka. Na konec každého brčka připevníme izolepou balonek.





ÚKOL 3: FYZIKÁLNÍ PODSTATA DÝCHÁNÍ

Co pozorujeme, pohybujeme-li balonkem připevněným ke dnu PET lahve? Vysvětli podstatu dýchání z fyzikálního hlediska.

Prostor pro tvou odpověď:

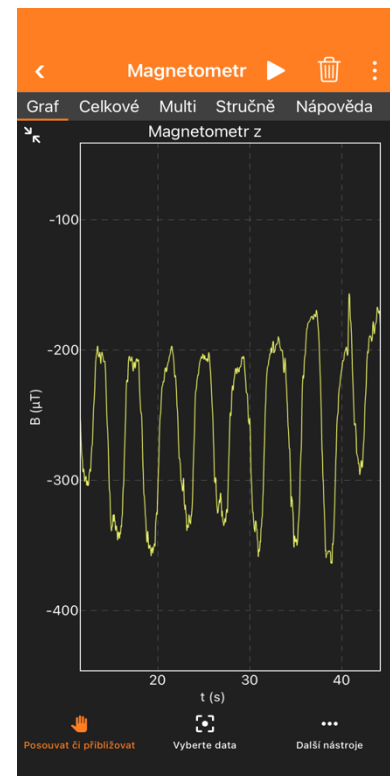


POKUS 4: MĚŘENÍ AKTIVITY PLIC POMOCÍ APLIKACE PHYPHOX

Aktivitu plic, resp. rychlost našeho dýchání, závisí na mnoha faktorech – zda jsme v klidu nebo cvičíme, jaké emoce cítíme atd. Rychlejší dýchání zaznamenáváme především po fyzické aktivitě, při nervozitě, strachu nebo napětí, ale také velké euforii. Rychlost dýchání lze zaznamenávat na grafu, přičemž se vykreslí křivka jako harmonického oscilátoru. Na měření budeme potřebovat:

- mobilní aplikaci Phyphox;
- magnet, ale ne příliš silný, abychom nepoškodili telefon.

Měření provádíme v několika etapách. Nejprve si lehneme na zem a na břicho si položíme magnet. Druhá osoba drží mobilní telefon ve vzdálenosti 5-10 cm od magnetu a v měřicím režimu Magnetometr začne provádět měření. Mezitím klidně dýcháme a naše dýchání je zaznamenáváno na několika grafech, přičemž pro nás je důležitý graf osy z, protože ten zaznamenává pohyb dutiny břišní nahoru a dolů. Poté provádíme lehké cvičení, např. 5-10 minut svižné chůze. Poté měření opakujeme. Nakonec provádíme náročnější cvičení, např. 5-10 minut intenzivního cvičení nebo běhu či chůze do schodů. Poté měření opakujeme. Ze všech cvičení si pořizujeme screenshoty grafů osy z a porovnáváme je. Z tohoto experimentu lze pozorovat, že lidské dýchání je periodické. Jaký je rozdíl mezi jednotlivými grafy, resp. periodicitou v dýchání, po jednotlivých cvičeních?





PTAČÍ PLÍCE

Plíce savců jsou vytvořeny tak, aby dostatečně zásobovaly savce kyslíkem a jejich činnost odpovídala potřebám savčího metabolismu. Ptáci, kteří potřebují kvůli létání mnohem rychlejší metabolismus, a tedy musí rychleji dýchat, mají kromě plic ještě přídatné *plicní vaky*. Ty jim umožňují nejen dýchat rychleji, ale také nasát větší objem vzduchu.



ÚKOL 4: PLOCHA PTAČÍCH PLIC

Jaká je celková plocha ptačích plic, je-li plocha savčích plic velká zhruba jako tenisový kurt (velikost kurtu uvažuj jako pro čtyřhru)? Plocha ptačích plic je zhruba o 20 % větší než plocha savčích plic.

Prostor pro tvou odpověď:



Víš, že...

...savčí a ptačí plíce se liší nejen velikostí, ale i vzhledem? Zkus je porovnat – naskenuj QR kód a prohlédni si přehlednou animaci dýchání živočichů. Procvičíš si angličtinu, a navíc se i něco nového dozvíš!



<https://1url.cz/yrb39>

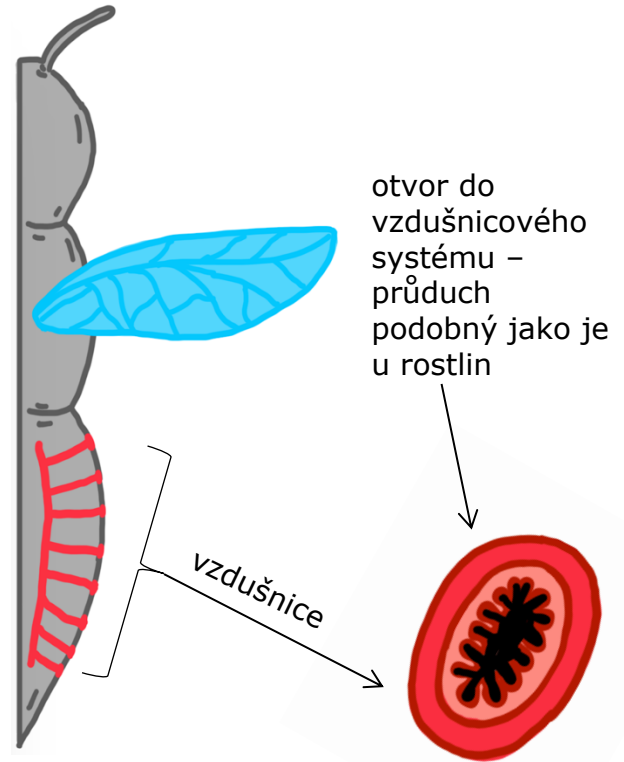


A CO OSTATNÍ ŽIVOČICHOVÉ?

Plíce nejsou jediný orgán, který zajišťuje dýchání. Někteří živočichové mají dýchací orgány přizpůsobené podle stylu života nebo prostředí, ve kterém se nachází.

První případ jsou *vzdušnice* bezobratlých. Vzdušnice jsou bohatě větvený systém trubic, který přivádí z otvorů na povrchu těla vzduch do těla živočicha, kde je poté rozveden do orgánů. Otvor do vzdušnice vypadá velmi podobně jako například průduch u rostlin. U hmyzu se dokonce tento otvor otevírá a uzavírá dle potřeby, ale u některých živočichů, např. u drápkovců je stále otevřený, proto musí být ve vlhkém prostředí, aby nevyschli. Ač je vlhké prostředí pro stále otevřené otvory vzdušnic nezbytné, vzdušnicový systém nenajdeme u vodních bezobratlých, kde by hrozilo, že by se voda dostala do celého těla.

Vodní živočichové, a to nejen bezobratlí, ale především paryby a ryby, dýchají pomocí *žaber*. Žábry jsou vychlípeniny pokožky, které se dle druhů liší svou složitostí. Jeden z nejjednodušších typů žaber jsou keříčkovité žábry vně těla. Ty můžeme pozorovat třeba u čolků. U ryb a paryb jsou žábry uvnitř těla, proudění vody do úst je u ryb zajištěno neustálým otevíráním a zavíráním úst, u paryb pak pohybem ploutví. Odkysličená voda jde pak přes žábry ven.

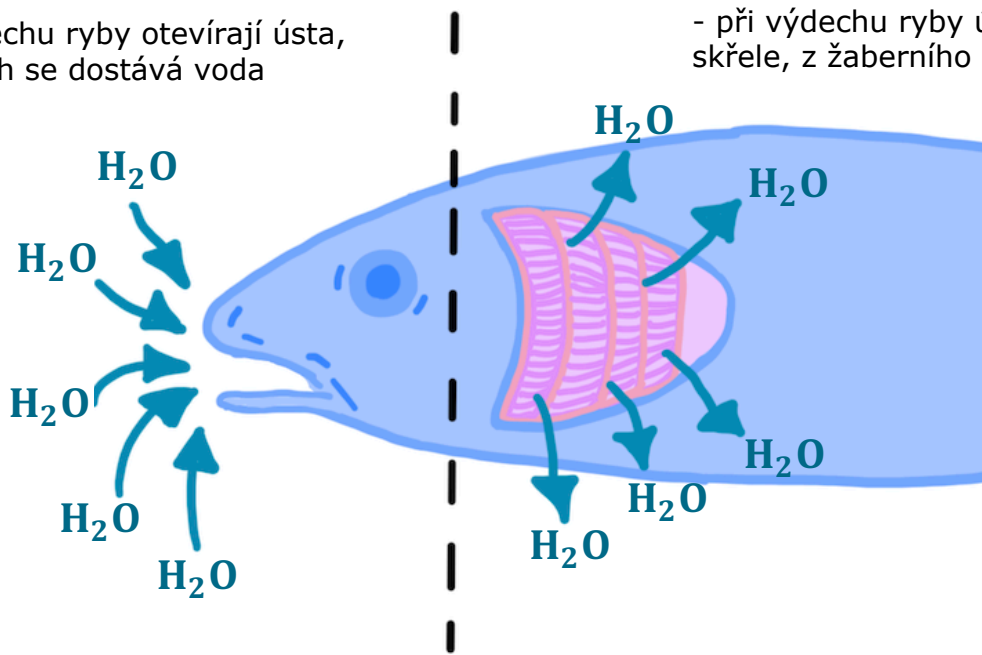


NÁDECH

- při nádechu ryby otevírají ústa, do kterých se dostává voda

VÝDECH

- při výdechu ryby ústa zavírají a otevírají skřele, z žaberního prostoru jde voda ven

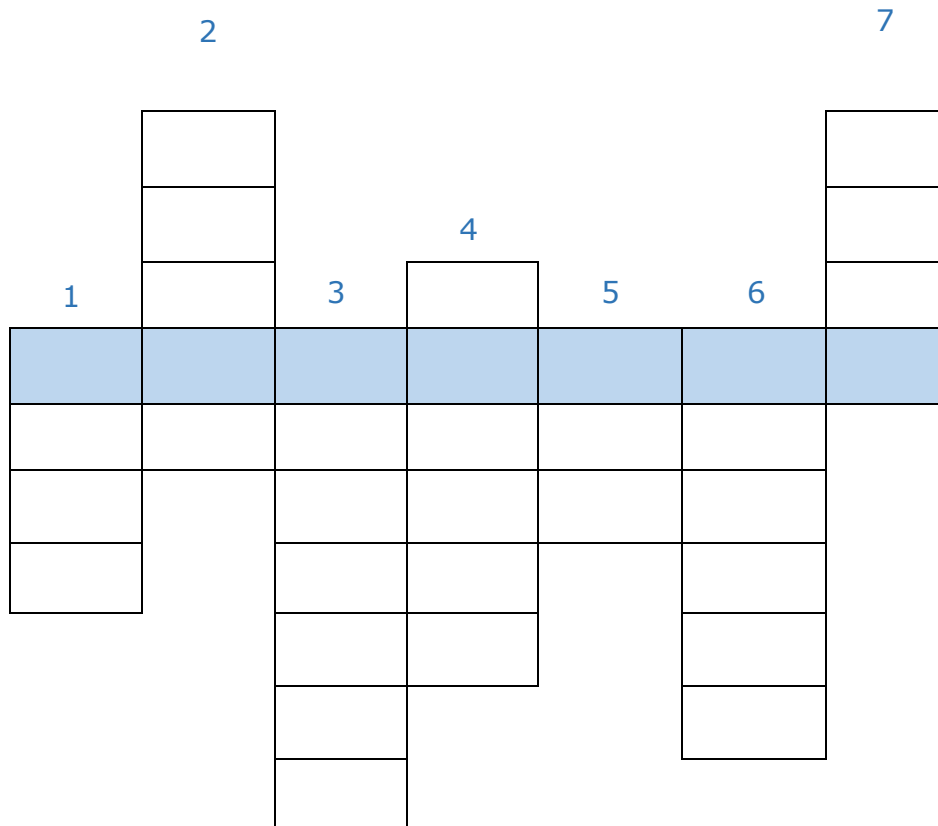




ÚKOL 5: KDO DISTRIBUUJE KYSLÍK V NAŠIM ORGÁNŮM?

Vyplň následující křížovku. Tajenkou je velice důležitá buňka, která se podílí na transportu molekul kyslíku v krvi a na distribuci tohoto životně důležitého plynu do orgánů a tkání v těle.

1. Dýchací orgán některých obratlovců, který je zároveň největším orgánem všech živočichů.
2. Dýchací orgán vodních živočichů, který existuje v mnoha formách a modifikacích. Setkáme se s ním nejen u ryb, ale i u některých bezobratlých.
3. Jakým přídatným jménem označujeme kapacitu plic, která udává maximální objem vydechnutého vzduchu po nejhlubším možném nádechu.
4. Fyzikální jev, který umožňuje výměnu plynů v plicích sklípcích.
5. Část lidského těla, kterou vdechujeme a vydechujeme vzduch.
6. Životně důležitý plyn pro většinu živých organismů.
7. Rod živočicha, který využívá hned několik typů dýchacích orgánů během života.





BONUSOVÝ ÚKOL:

Vypočítej, kolik červených krvinek je nahrazeno během roku v celkovém objemu krve průměrného dospělého člověka. Vše, co potřebuješ pro výpočet, nalezněš v knihách nebo na internetu.

Prostor pro tvou odpověď:



VÍŠ, ŽE...

...tento typ úlohy se nazývá Fermiho úloha? QR kód vedle tebe zavede na webové stránky věnované těmto úlohám.



<https://1url.cz/qrbVt>



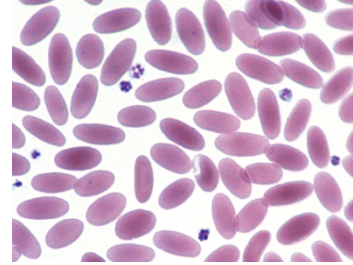
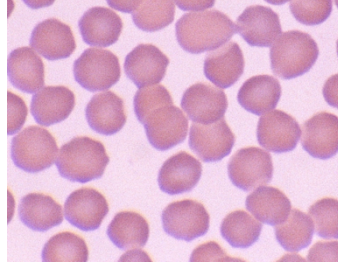
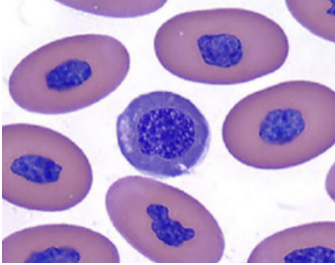
VÍŠ, ŽE...

...červené krvinky nejsou u všech živočichů stejné? Červené krvinky neboli erythrocyty, jsou u ryb, plazů a ptáků oválné a mají jako jediné jádro. Většina savců má krvinky kruhové bezjaderné, výjimkou je čeleď velbloudovití – ti mají krvinky sice bezjaderné, ale oválné!



ÚKOL 6: KRVINKY ŽIVOČICHŮ

Spoj obrázky typu erytrocytů s živočichem, u kterého tento typ nalezneme.



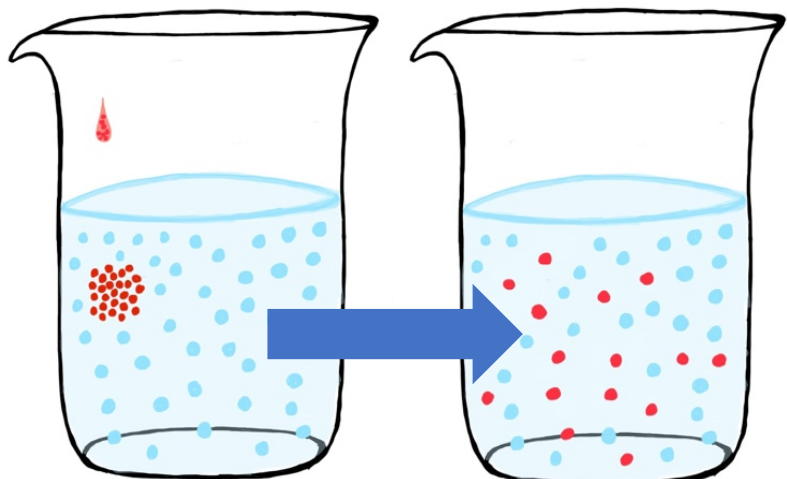
CO SE DĚJE SE VZDUCHEM V TĚLE

Už víme, jak fungují plíce nebo jiné dýchací orgány. Také víme, že kyslík po těle nám rozvádí červené krvinky (tedy alespoň u obratlovců). Jak se ale samotný nazývá proces distribuce kyslíku jak v krevním oběhu, tak i v plicích?

Odpověď je *difuze*.

Živočichové vdechují plynný kyslík (O_2) a vydechují oxid uhličitý (CO_2). Aby se kyslík do plic dostal, a naopak oxid uhličitý z plic dostal ven, je potřeba, aby došlo k výměně plynů. Tuto výměnu označujeme jako difuzi.

Jak probíhá difuze snadno demonstrujeme na následujících dvou pokusech.





POKUS 5: DIFUZE V PLYNU

Co budeme na tento pokus potřebovat?

- roztok fenoftaleinu;
- čpavkovou vodu;
- větší Petriho misky;
- kousek vaty a papírový ubrousek.

Do Petriho misky umístíme na kousky vaty a ubrousku tak, aby byly naproti sobě. Na jeden ubrousek nakapeme trochu roztoku fenoftaleinu, na vatu čpavkovou vodu. Poté Petriho misku uzavřeme a pozorujeme výsledek.



ÚKOL 7: CO SE STALO?

Po určité době dochází ke změně našeho pozorovaného objektu. K čemu došlo a proč?

Prostor pro tvou odpověď:



POKUS 6: DIFUZE V KAPALINĚ

Pojďme si nyní ukázat, jak funguje difuze u kapalin. Budeme potřebovat:

- 4 skleněné kádinky;
- studenou vodu a horkou vodu;
- vodu a olej o stejné (pokojové) teplotě;
- potravinářské barvivo v prášku.

Do první kádinky nalijeme horkou vodu, do druhé studenou, do třetí vodu o pokojové teplotě a do čtvrté olej. Poté nasypeme barvivo do kádinek – nejprve současně do horké a studené vody, poté současně do vody a oleje.



ÚKOL Č. 8: POROVNÁVÁNÍ PROSTŘEDÍ DIFUZE

Na základě experimentu urči, v jakém prostředí lépe probíhala difuze a proč.

Prostor pro tvou odpověď:



LETEM SVĚTEM



let hmyzu
ptačí let a křídlo
let savců



elektromagnetické záření
aerodynamika letu
echolokace



Prostuduj!



Zapřemýšlej!



Vyzkoušej!



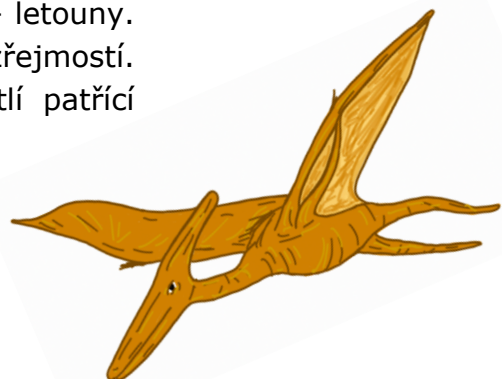
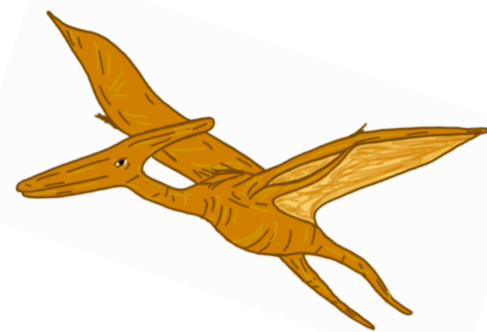
(R)EVOLUCE ŽIVÝCH ORGANISMŮ

Život započal ve vodách, resp. v *praoceánech*. První zmínky o živých organismech mohou pocházet už z *Archaika*, což bylo před asi 3500 miliony lety. V té době začali pomalu a jistě vodám vládnout sinice, které díky fotosyntéze dali vzniku kyslíkaté atmosféře. S okysličováním atmosféry a moří začali postupně vznikat komplexnější organismy jako rostliny nebo živočichové. Čím byli organismy evolučně vyspělejší, tím více možností pro život se jim nabízelo. A tak začalo osídlování pevniny! Tu asi před 450 miliony lety, v *Siluru*, začali nejprve osídlovat rostliny, o pár stovek milionu let v *Karbonu* se k nim připojili také první čtyřnozí *Tetrapodi*. Na planetě tak byla kromě vody osídlena také nakonec i pevnina. Jediné, co scházelo, byl vzdušný prostor. Ale i ten byl nakonec obsazen živočichy, kteří si osvojili schopnost létat!



VÝVOJ SCHOPONOSTI LÉTAT

Jak již bylo řečeno, život započal ve vodách. Živočichové žijící ve vodách mají pro pohyb ve vodě přizpůsobeny končetiny. Vodní bezobratlí, např. potápník, mají končetiny uzpůsobeny k plavání, slouží jim jako vesla. U vodních obratlovců, zejména ryb nebo paryb, došlo k vyvinutí ploutví. Postupným přesunem na souš došlo k vývoji kráčivých končetin. První pár končetin se poté vyvinul v křídla. Mezi okřídlené obratlovce řadíme ptáky, ale i některé savce – letouny. Ani u bezobratlých není schopnost létat samozřejmostí. Tuto schopnost mají pouze křídlatí bezobratlí patřící mezi šestinohé (*Hexapoda*).





ÚKOL 1: HMYZÍ HUDBA

Některý hmyz má schopnost vydávat zvuky třením určitých částí těla o sebe. To se nazývá stridulace. U cvrčků je stridulace způsobena třením křídel o sebe. Rychlost stridulace závisí na druhu cvrčka, ale také na teplotě prostředí. Při teplotě 13°C se ozve cvrček za minutu celkem 62x.

Tento jev zaujal amerického fyzika Dolbeara, který v roce 1897 vydal článek „Cvrččí teploměry“ (*The Cricket as a thermometer*), kde popsal závislost teploty prostředí na počtu cvrkání rovnicí

$$T_F = 50 + \left(\frac{N_{60} - 40}{4} \right),$$

kde T_F je teplota prostředí ve Fahrenheitech a N_{60} je počet cvrkání za minutu.

Vypočítejte, kolikrát se cvrček ozve v horkém letním dni při teplotě 39 °C. Jaká bude frekvence pohybu jeho křídel při stridulaci?

Prostor pro tvou odpověď:



HMYZÍ KŘÍDLA POD MIKROSKOPEM

Křídla hmyzu se liší druh od druhu, a to nejen tvarem nebo strukturou, ale i barvou nebo schopností letu. Pojďme se nyní podívat na křídla různých druhů hmyzu a porovnejme je.



ÚKOL 2: PRÁCE S MIKROSKOPEM

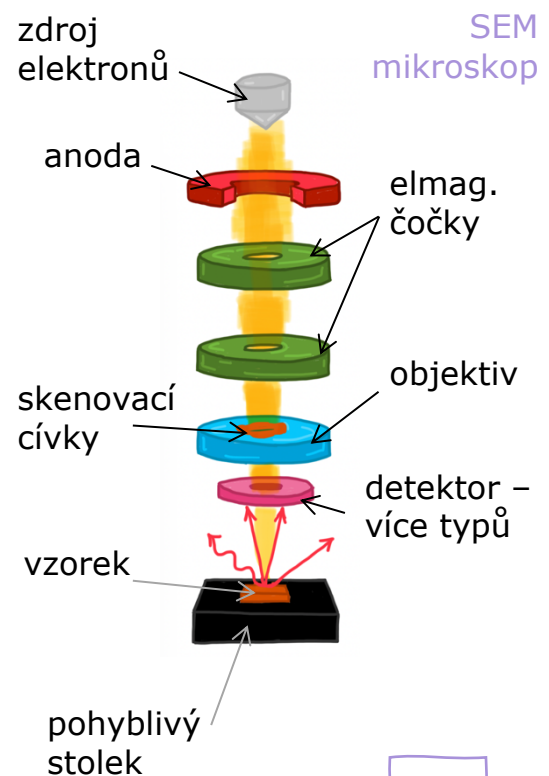
Pozoruj křídlo libovolného okřídleného bezobratlého pod mikroskopem a zakresli ho. Nezapomeň napsat, při jakém zvětšení bylo pozorováno.

Prostor pro nákres:



ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP ANEB JAK FUNGUJE?

Elektronový mikroskop je speciální typ optického přístroje využívající namísto fotonů (jako u světelného mikroskopu) elektrony. Klasické čočky jsou zde nahrazeny čočkami elektromagnetickými, ty pracují de facto jako cívky a vytváří vhodné magnetické pole. Rozlišujeme dva typy elektronových mikroskopů – transmisní elektronový mikroskop (TEM) a rastrovací elektronový mikroskop. TEM zobrazuje vnitřní struktury pozorovaného objektu díky elektronům, které vzorkem prochází. Ty jsou urychleny pomocí napětí až 400 kV. SEM zobrazuje vnitřní struktury díky odraženým elektronům z povrchu pozorovaného objektu. Jelikož elektrony nemusí objektem projít, nepotřebují až tak velké napětí, to se zde pohybuje 0,1 kV do 30 kV.

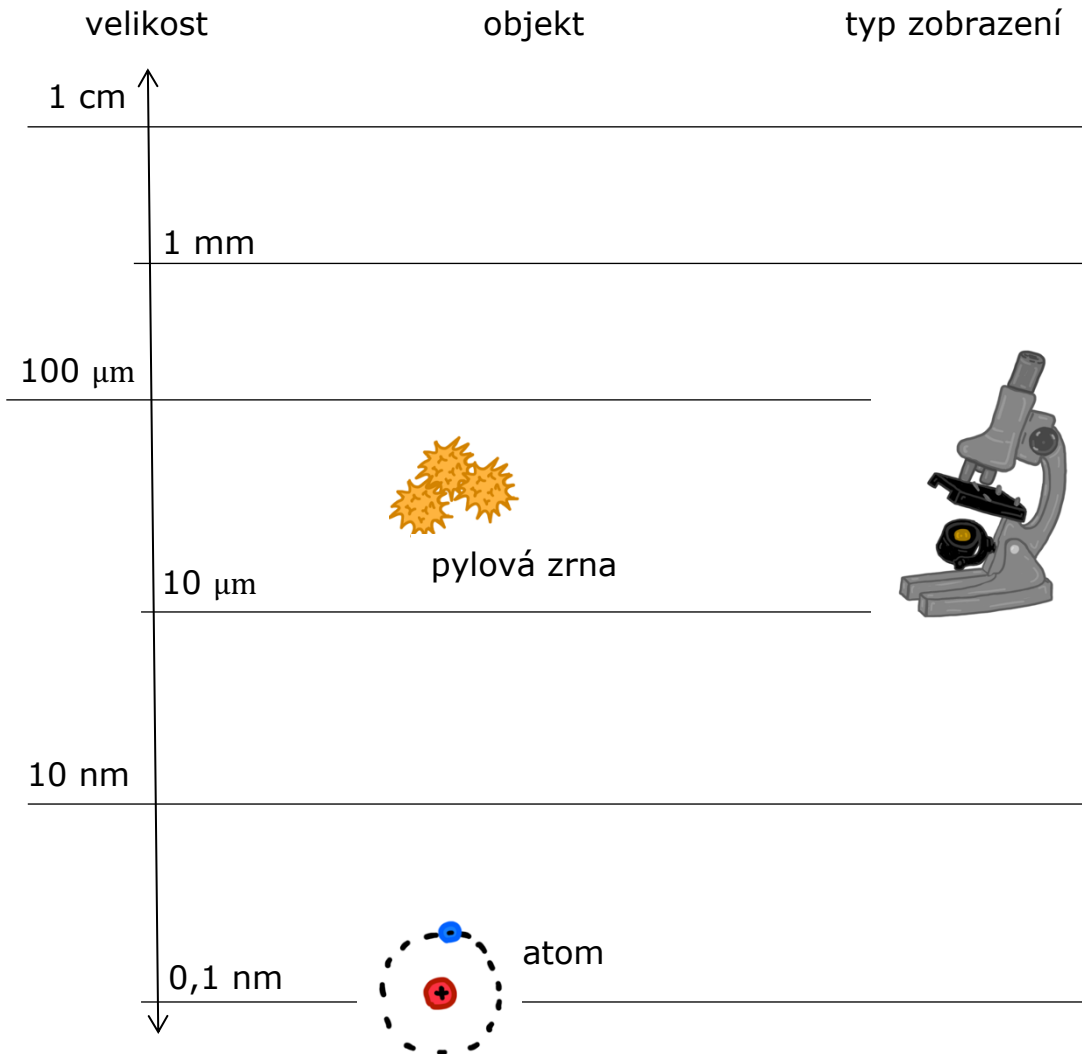




ÚKOL 3: MIKROSKOPIE

Doplň do obrázku k velikostem možné pozorované objekty a také t možnosti, jak tyto objekty zobrazit či vidět. Doplňované pojmy můžeš napsat nebo nakreslit.

Prostor pro tvou odpověď:



ŽILI, BYLI...

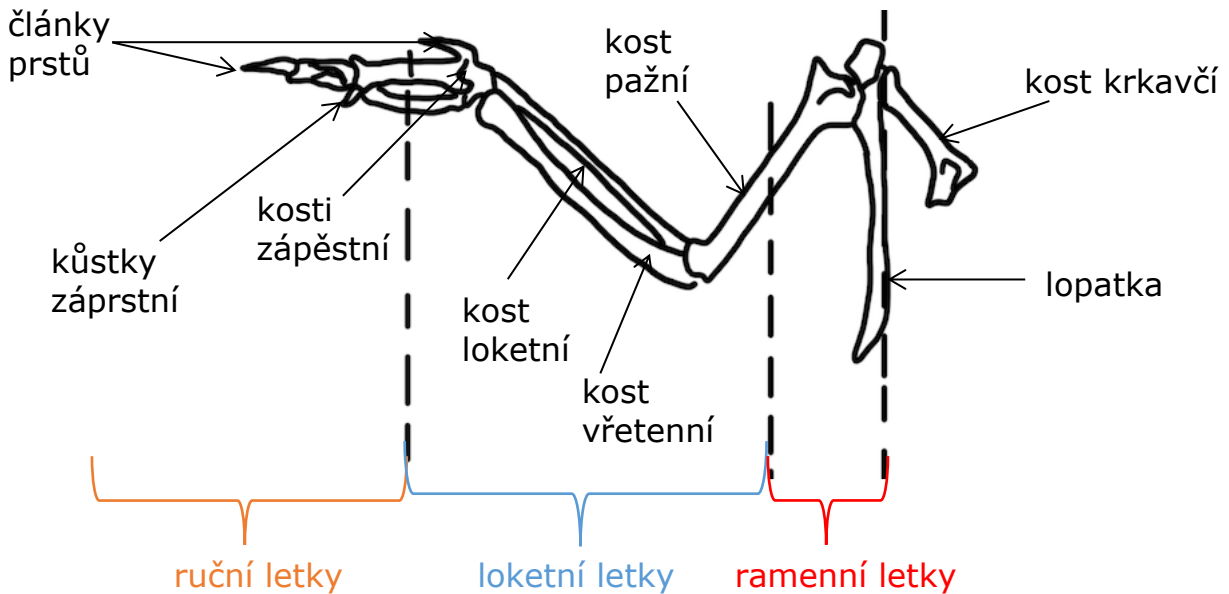
Zhruba před 245 miliony lety žili na Zemi okřídlení plazi zvaní ptakoještěři. Jsou považováni za první obratlovce, kteří byli schopni aktivního letu. Evolučně se jednalo o obrovskou senzaci a výhodu před dinosaury. Pozor! Ač ptakoještěři i dinosaury řadíme mezi plazi, nejde o jednu a tu samou skupinu. Ve skutečnosti jde o skupinu příbuznou. Historicky dominantní skupina dinosaurů se také chtěla této evoluční senzaci vyrovnat, a tak se postupně začala vyvíjet nová skupina, která byla údajně důvodem, proč v současnosti žádní ptakoještěři nežijí. A tato skupina není nikdo jiný, než ptáci!



PTÁCI A JEJICH SCHOPNOST LÉTAT

Ptáci jsou typickým příkladem okřídlených obratlovců. Jsou jediní z živočichů, kteří mají peří a většina z nich umí létat.

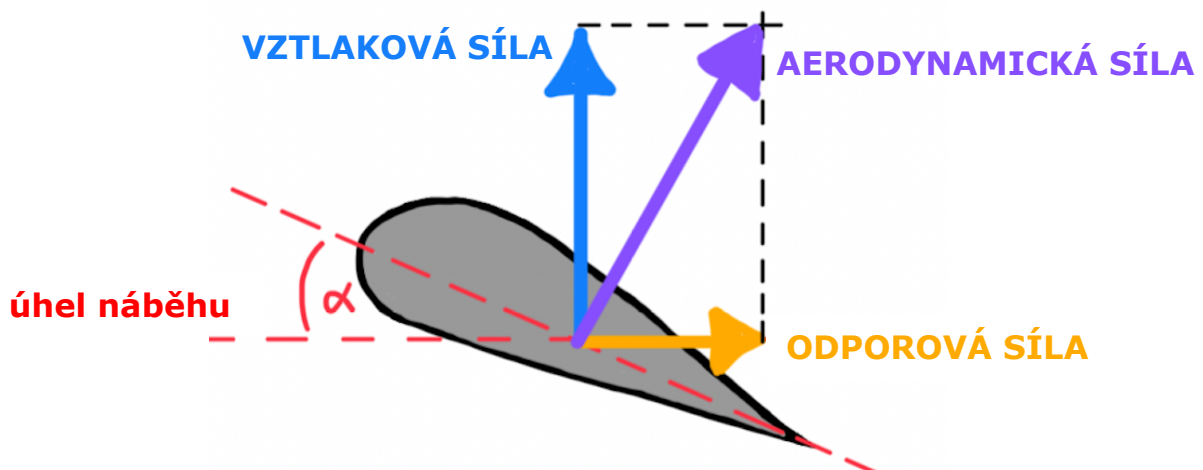
Schopnost létat je pro ptáky umožněna díky četným modifikacím tělních struktur. Kromě peří, které jim v letu zásadně pomáhá, mají duté kosti, díky čemuž jsou lehčí. Pro let potřebují rychlejší metabolismus a krevní oběh, což jim poskytují přídatné plicní vaky, které se spolu s plícemi podílejí na dýchání.



AERODYNAMIKA LETU – DYNAMICKÝ VZTLAK

Jak vlastně létání funguje? Kromě biologických tělesných adaptací živočicha je zde potřebná také fyzika!

Když je létající živočich ve vzduchu, působí na jeho křídla *dynamický vztlak*, který vzniká prouděním vzduchu. Jde vlastně o sílu, která ho nadnáší a drží ho nad zemí. Tato síla závisí na ploše křídla, tvaru křídla, ale také na jeho profilu a úhlu zakřivení, což znamená, že se různé typy křídel mohou chovat ve vzduchu jinak. Kromě vlastnosti křídla je pro velikost dynamického vztlaku také důležitá hustota prostředí čili v jaké výšce se létá, a také samotné rychlosti letu.





ÚKOL 4: KDE SE BUDE „NEJPOHODLNĚJŠÍ“ LET?

Sup krahujový je kriticky ohrožený dravec žijící v Africe. Má speciální typ hemoglobinu alfa D, který na sebe lépe váže kyslík i ve velmi vysokých nadmořských výškách. Díky tomu patří mezi rekordmany v letu do výšky – jeden vyletěl až do výšky 11 km.

Máme-li tři stejné supy, přičemž jeden poletí do výšky 10 km, druhý do výšky 4 km a třetí bude létat těsně nad mořskou hladinou, pro kterého z nich bude létání nejsnazší čili bude nejvyšší hodnota dynamického vztlaku? Proč?

Prostor pro tvou odpověď:



ÚKOL 5: VZHŮRU K PLANETÁM!

Pojďme využít našeho supa krahujového ještě jednou. Uvažujme situaci, že bude náš sup moct létat ve vzduchu na Marsu a na Venuši. Na které z těchto planet bude mít pro let lepší podmínky a které faktory ho naopak v letu limitují? A jaké by to pro něj bylo, pokud bychom ho poslali létat na Jupiter (zanedbejte tamější větrností podmínky)?

Prostor pro tvou odpověď:

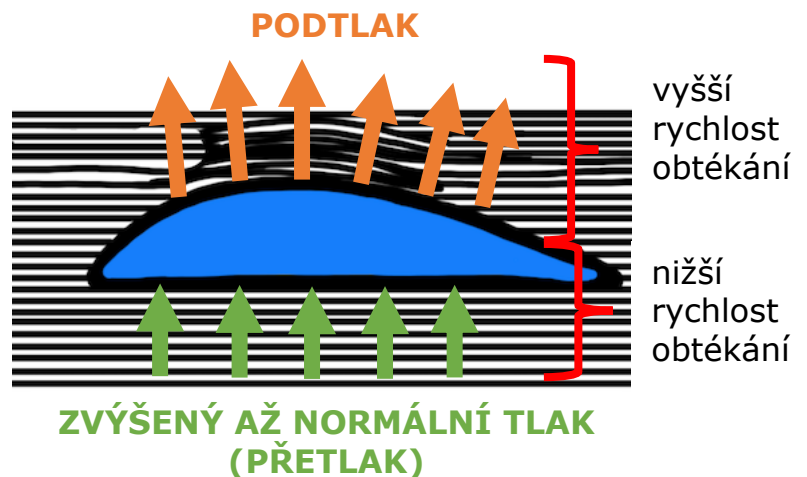


AERODYNAMIKA LETU – DYNAMICKÝ VZTLAK JEŠTĚ JEDNOU

Jak již bylo řečeno, sílu nadnášející křídlo ve vzduchu ovlivňuje mnoho faktorů. Jak ale tato síla vlastně vznikne?

Konec křídla má konvexní tvar (vyklenutý), dolní část je naopak konkávní (vydutá). Pro vzduch tak vznikají vlastně dva prostory pro proudění – nad křídlem a pod ním. Nad křídlem proudí vzduch rychleji, pod křídlem naopak pomaleji. Aby došlo k nadzvednutí křídla ve vzduchu, tedy ke vztlakové síle, musí se lišit také tlaky – nad křídlem vzniká podtlak (tlak je menší než okolní) a pod křídlem naopak vzniká přetlak (tlak je vyšší než okolní). Díky těmto rozdílům v rychlostech a tlacích vzniká onen potřebný vztlak, který křídlo udržuje ve vzduchu.

Let samozřejmě není zcela dokonalý a na zpomalování rychlosti letícího živočicha působí opět mnoho faktorů, např. tření vzduchu s tělem živočicha, odpor vzduchu vzniklý tvarem křídla a odpor vzduchu vzniklý drobným vířením vzduchu na špičkách křídel.



NENÍ KŘÍDLO, JAKO KŘÍDLO

Na modelu jsme si ukázali obecné zobrazení ptačího křídla, resp. jeho tvaru. Tento tvar je velmi výhodný z hlediska aerodynamiky, ale co je dokonalé, to není reálné. Jak již bylo zmíněno, vztlak závisí na mnoha faktorech a jedním z nich je také tvar křídla.

Ptáci, kteří potřebují být rychlí mají křídla dlouhá, úzká a špičatá. Tento typ křídla nalezneme především u dravců, kteří potřebují rychle zaměřit a ulovit kořist. Typickými zástupci jsou sokoli nebo rorýsi.

Někteří ptáci naopak nepotřebují střemhlavý let, ale spíše se ve vzduchu pohybovat delší dobu. Jejich křídla jsou dlouhá a široká. Typickými zástupci jsou třeba orli nebo supi.

Někteří ptáci taktéž ve vzduchu plachtí, ale jejich křídla jsou úzká a dlouhá. Tento typ pozorujeme u albatrosů nebo racků. Ti se pohybují u vody, kde je vzduch řidší než v horách, kde plachtí již zmínění orli.

Dalším častým typem jsou krátká široká, lehce zakulacená křídla. Tento typ využívají zejména ptáci, kteří potřebují rychle vzlétnout ze země a ve vzduchu dobře manévrovat. Mezi zástupce řadíme lejsky nebo vrabce.



POKUS 2: PAPIROVÉ VLAŠTOVKY

Na podobném principu, jak byly představeny typy ptačích křídel, můžeme postavit papírové vlašťovky. Sestav tyto tři typy vlašťovek a pozoruj rozdíl v jejich letu.



ÚKOL 5: POROVNÁNÍ KŘÍDEL

Pomocí internetu nebo literatury najdi zástupce výše zmíněných typů letu a nakresli obrys jejich křídla. K obrázku také napiš, o jaký druh ptáka se jedná a zařaď ho do řádu a čeledi.

Prostor pro tvé nákresy:



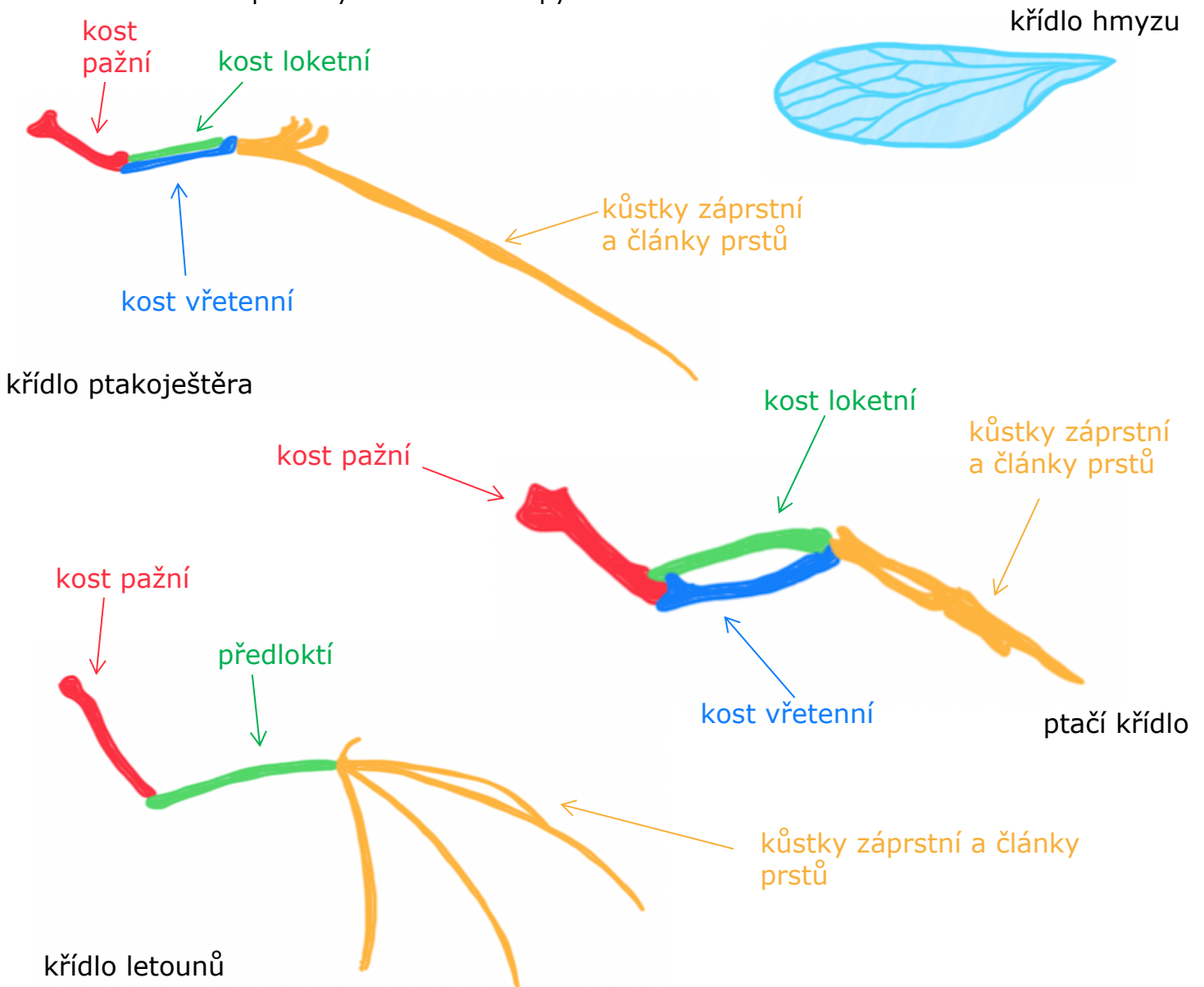
LÉTAJÍCÍ SAVCI



Ptáci nejsou jediní obratlovci schopní letu. Tuto schopnost ovládají také letouni, což je druhý nejbohatší řád savců vůbec! Jejich letovým orgánem je taktéž křídlo, které ale na rozdíl od toho ptačího nemá peří. Křídla letounů jsou pokryta kožní blánou, která je mezi jednotlivými prodlouženými pažními kostmi napnutá.

Letouni jsou velmi dobří letci, ale jejich let je výrazně odlišný od toho ptačího. To je způsobeno také odlišnou stavbou – jejich kosti jsou značně pružnější, než ty ptačí, a na příčném řezu jsou zploštělé. Plochu křídla tvoří již zmíněná kožní blána, která je velmi elastická a tenká. Díky tomu jsou letouni extrémně dobří v manévrovacím letu.

Letouni jsou noční živočichové, loví hmyz a drobné savce, někteří se živí také ovocem nebo krví. Ve dne odpočívají a spí – a to zavěšení hlavou dolů. Letouni se dělí na dva podřády – kaloni a netopýři.

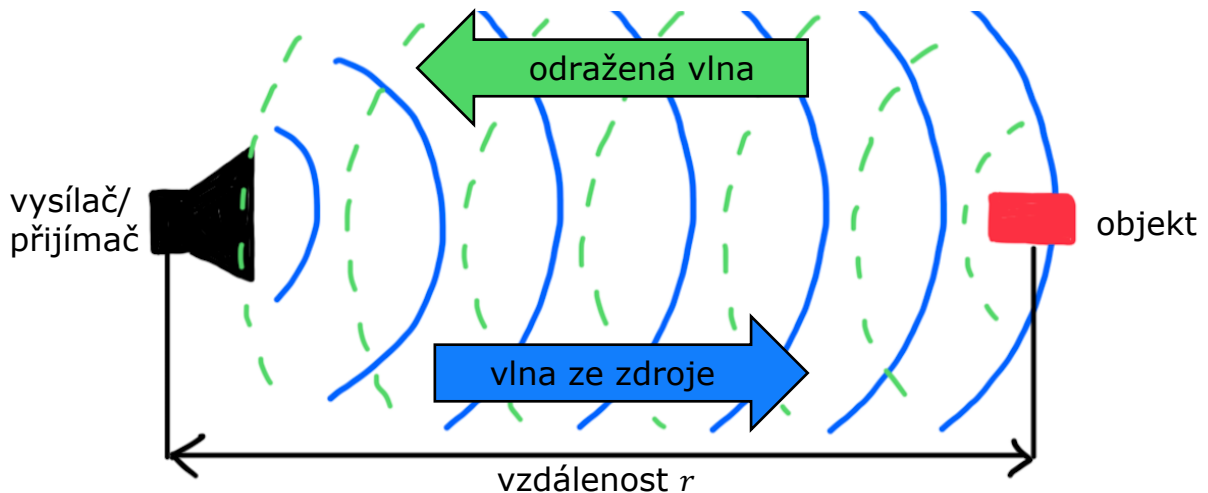




ECHOLOKACE A SONAR

Aby se letouni orientovali v nočním prostředí, vysílají ultrazvukové signály. Ty se od objektů v prostoru, ve kterém se nachází, odraží. Tento odraz letouni zachycují sluchem jako zvuk. Tento mechanismus se nazývá echolokace. Princip echolokace využívají např. sonary.

Sonar – z angličtiny SOund Navigation And Ranging – je zařízení fungující podobně jako radar, ale místo rádiových vln využívá vlny zvukové. Jeho spektrum využití je široké – od rybářství až po vojenství.



ÚKOL 6: ORIENTACE V PROSTORU

Vrápenec malý je druh netopýra vydávajícího zvuk o frekvenci až 110 kHz. Je tento zvuk slyšitelný pro lidi? Jak daleko je od odraženého objektu vrápenec, vrátila-li se odražená zvuková vlna za 4 sekundy?



Víš, že...

echolokace se netýká pouze letounů? Echolokační smysl je vyvinut i u kytovců, což je vlastně podskupina sudokopytníků přizpůsobená k životu v moři, patří sem například velryby, vorvaně nebo delfíni. Kromě savců echolokaci ovládají také někteří ptáci, třeba lelkům podobný gvačaro jeskynní nebo rorýsům podobná salangana ostrovní. O echolokaci ostatních živočichů pojednává video, které si můžeš pustit po nahrání QR kódu!



<https://1url.cz/muQRq>



LÉTAJÍCÍ ROSTLINY

Ani rostlinná říše ve schopnosti letu nezaostává. V tomto případě ale nejde o aktivní let, nýbrž o pasivní let, a to především z důvodu migrace semen rostlin, aby došlo k co největší distribuci semen do prostoru. Některé rostliny tuto strategii využívají a přizpůsobují tomu i svůj vzhled a konstrukci.

Mezi tyto rostliny patří třeba pampeliška lékařská nebo kozí brada luční. Tyto byliny mají na semenech malé „padáčky“. Ty jsou při letu nadzvedávány zespoda, tedy jsou tlačeny vzduchem nahoru. Navíc díky malé hmotnosti mohou letět velice daleko. Podobný mechanismus funguje také u javorů, bříz nebo topolů.



AERODYNAMICKÝ KOEFICIENT

Z předchozích textů víme, že schopnost letu závisí na mnoha faktorech. Každé těleso klade vůči vzduchu odpor, který závisí na tvaru a ploše povrchu tělesa. Semena unášená větrem necestují ve vzduchu do nekonečna, musí spadnout. Tento pád brzdí odpor vzduchu. Výpočet odporu proudění F_w lze vypočítat následujícím způsobem:

$$F_G = F_w = \frac{c_w \cdot \rho}{2 \cdot w^2 \cdot A}$$

kde w je rychlost proudění tělesa vůči zvuku v m/s, ρ je hustota vzduchu v kg/m³, A je plocha obtékaného tělesa v m² a c_w je součinitel odporu neboli aerodynamický koeficient. A právě tato hodnota udává, jaká je aerodynamika daného tělesa. Platí, že čím menší číslo těleso má, tím menší odpor vzduchu na něj působí.



ÚKOL 7: AERODYNAMIKA TĚLES

Kde všude se s aerodynamikou setkáme? Jaké tvary jsou aerodynamicky „nejlepší“? Vyhledej na internetu nebo v učebnicích další informace o aerodynamice a kde všude je její znalost pro nás důležitá.

Prostor pro tvou odpověď:



SVĚT VE SPEKTRU



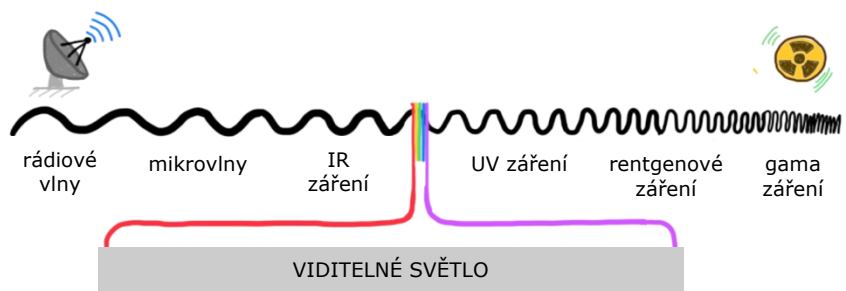
CO JE TO SVĚTLO?

Pod pojmem světli si lze představit mnoho věcí. Některé napadne světlo ze Slunce, někoho zase světlo z žárovky. Někdo by zase mohl říct, že jde o jistou formu energie, která nám umožňuje vidět svět kolem nás. A v podstatě všechna tvrzení jsou správná. Světlo je viditelná část elektromagnetického spektra o frekvencích od $4 \cdot 10^{14}$ Hz do přibližně $8 \cdot 10^{14}$ Hz. Je to zároveň jediná část spektra, kterou je schopno naše lidské oko zpracovat. Jiní živočichové mají schopnost zpracovávat informace záření o jiných frekvencích, resp. vlnových délkách. Světlo lze chápat jako záření – fotony – nesoucí kvantum energie závislé na frekvenci záření, resp. vlnové délce. O tom, že má světlo schopnost se chovat jako částice i jako vlna hovořili fyzici již v historii, jedná se o vlnově-částicový dualismus.



ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

Elektromagnetické spektrum je spektrum různých typů záření mající různé intervaly frekvencí, resp. vlnových délek. Platí, že čím větší vlnovou délku záření má, tím menší má frekvenci. Mezi záření s velkými vlnovými délkami řadíme například rádiové vlny nebo mikrovlny, ty se využívají při navigacích nebo satelitech. Poměrně velké hodnoty vlnové délky má i infračervené záření a již zmíněné viditelné světlo. Postupně vlnové délky klesají a dostáváme vyšší hodnoty frekvence, ty mají např. UV záření, rentgenové záření a gama záření. Tyto části spektra jsou zároveň pro lidský organismus se zvyšující se dávkou přijímaného záření nebezpečnější.





BONUSOVÝ ÚKOL: VYSÍLÁNÍ

Jakou délku musí mít anténa televizního vysílače, jestliže přijímá vlnění o frekvencích 250 MHz? O jakou část spektra se jedná?

Prostor pro tvou odpověď:



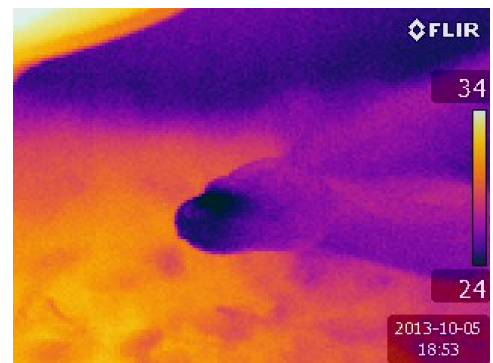
INFRAČERVENÉ SPEKTRUM

V roce 1800 objevil William Herschel infračervené záření, když zkoumal sluneční spektrum. Využil k tomu teploměr se začerněnou baňkou – rtuť v baňce vystoupala mnohem výš v části za červenou baňkou, kde lidské oko již nic nevidí. Díky tomuto experimentu usoudil, že existuje oblast neviditelného záření, které podle účinků na rtuť nazval zářením tepelným. Infračervené záření vyzařují všechna tělesa, i naše tělo – infračervené záření má výrazné tepelné účinky, které sice nevidíme, ale vnímáme je jako tepelný vjem. Kdyby lidské oko bylo schopné vnímat infračervené záření, bylo by oslepeno vlastní září vzhledem k tomu, že zdrojem vyzařování jsem i my.



Víš, že...

na obrázku vedle vidíš kraju královskou vyfocenou infračervenou kamerou? Pomocí tohoto zobrazení můžeme vidět vyzařování tepelné energie živočicha. Kraju královská je jako plaz živočích ektotermní, to znamená, že je jeho teplota závislá na teplotě okolního prostředí. Všimni si, že hlava plaza je poměrně chladná oproti zbytku těla. Víš, jaký orgán se v této části nachází?





VIDITELNÁ ČÁST SPEKTRA

Jediná část elektromagnetického spektra, která je pro nás viditelná, je tzv. viditelné světlo. Tato část spektra odpovídá vlnovým délkám v rozmezí 380-740 nm. Tato část spektra při dopadu na fotoreceptory člověka (tyčinky a čípky) vyvolává zrakový vjem. Navíc, každá část vlnové délky odpovídá nějaké barvě.



POKUS 1: ROZKLAD SVĚTLA NA HRANOLU

Že se viditelné světlo opravdu rozkládá na barevné složky lze dokázat jednoduchým pokusem s optickým hranolem. Pokud světelný paprsek prochází z prostředí o indexu lomu n_1 do prostředí o indexu lomu n_2 , mění směr – dochází k lomu. Lom světla popisuje Snellův zákon, který zní $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$, kde α je úhel dopadu a β je úhel lomu. Na pokus budeme potřebovat:

- optický hranol,
- zdroj bílého světla.



VLNOVÉ DÉLKY BAREV

Pozoruj barvy, které se rozložily na hranolu. Která barva má největší vlnovou délku? Která barva má nejmenší vlnovou délku? Jaký je vztah mezi vlnovou délkou a frekvencí?

Prostor pro tvou odpověď:

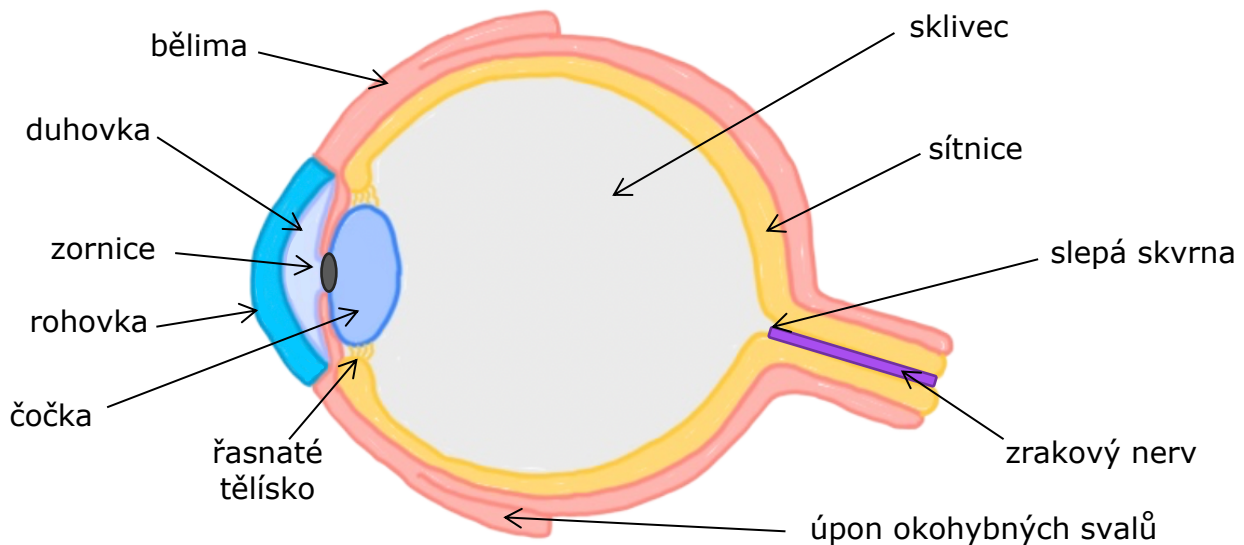


BIOLOGIE LIDSKÉHO OKA

Lidské oko je de facto optická soustava chráněná víčkem. Světlo do oka nejprve prochází průhlednou rohovkou. Světlo z okolí se do oka dostává přes průhlednou rohovku, která má optickou mohutnost až 40 D. Za rohovkou se nachází oční komora a duhovka. Duhovka je pigmentová vrstva, která zabraňuje světlu se rozptýlit uvnitř oka. Poté následuje čočka a řasnaté tělíčko, které se smršťuje a uvolňuje, čímž dochází k měnění optické mohutnosti a ohniskové vzdálenosti oka. Čočka obraz zaostřuje, umožňuje nám vidět ostře blízké i vzdálené předměty. Někdy může dojít k poškození čočky, svalu v oku nebo k jiné



vadě oka. Člověk má pak problém zaostřovat na předměty. Korekci oka lze poté řešit brýlemi s různým typem čoček, nebo operačně.



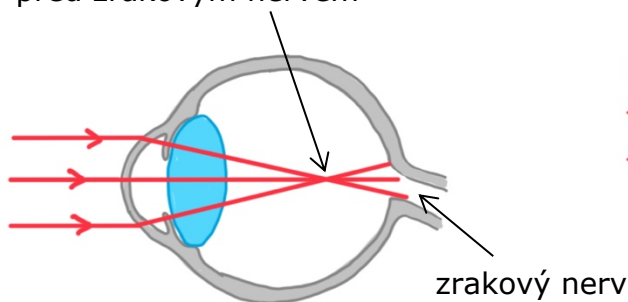
POKUS 2: VADY OKA A JEJICH KOREKCE

Vady oka můžeme napravit jinými čočkami. To, jakou čočku zvolíme, závisí od typu vady, kterou máme. Jestliže nevidíme do blízka, hovoříme o dalekozrakosti. V tomto případě sice vidíme dobře a poměrně ostře vzdálené objekty, ty blízké už vidíme podstatně hůř. Jestliže máme naopak problém zaostřit na vzdálené předměty, ale vidět do blízka nám problém nedělá, hovoříme o krátkozrakosti.

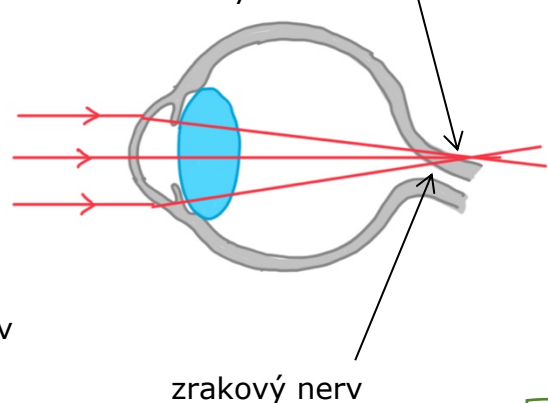
Rozdíl mezi těmito dvěma vadami je také ve stavbě bulvy. Je-li bulva příliš krátká, tedy paprsky světla usměrněné čočkou se sbíhají až za sítnicí, jde právě o dalekozrakost. V tomto případě je potřeba paprsky upravit spojnými čočkami. Je-li naopak bulva příliš dlouhá a paprsky světla se sbíhají dříve, než k sítnici dojdou, jde o krátkozrakost. V tomto případě je potřeba korekci oka provést pomocí rozptylek.

Nakreslete si na magnetickou tabuli oční bulvy – jednu delší, jednu kratší. Jako čočku oka použijte spojnou čočku. Zkuste nasimulovat situaci výše popsanou při krátkozrakosti a dalekozrakosti. Poté zkuste oční vady napravit pomocí správných čoček.

obraz se u dalekozrakosti tvoří před zrakovým nervem



obraz se u krátkozrakosti tvoří za zrakovým nervem





POKUS 3: PRÁCE VE VIRTUÁLNÍ LABORATOŘI

Jak jednotlivé čočky vlastně fungují? Která čočka vytváří obraz zvětšený, která zmenšený? Vyzkoušejte si práci ve virtuální laboratoři Phet. Naskenuj QR kód nebo použij odkaz a zkus si pohrát s čočkami a průchozími paprsky. Vyzkoušet si také můžeš, jak to funguje u zrcadel. Porovnej vzniklé obrazy u zrcadla a u čočky.



<https://1url.cz/Yuhia>



JAK VIDÍ OSTATNÍ ŽIVOČICHOVÉ?

My lidé sice vidíme pouze viditelnou část spektra, jiní živočichové jsou ale schopni vidět i jiné části spektra.



ÚKOL 1: SVĚT OČIMA ŽIVOČICHŮ

Naskenuj následující QR kód a přečti si informace o tom, jak vidí jednotliví živočichové. Vypiš si ke každému alespoň 4 informace.

Prostor pro tvou odpověď:



<https://1url.cz/Ouhmy>



UV SPEKTRUM ANEB SVĚT OČIMA HMYZU

Hmyz je v mnoha ohledech odlišný od ostatních živočichů. Nejenže umí létat, má i jinak formované oko. Pro jejich potřeby přežití hmyz využívá schopnosti vidět v UV spektru. To se jim hodí zejména pro získávání potravy, ale také k orientaci v prostoru.



POKUS 4: ROSTLINNÁ BARVIVA POD UV SVĚTLEM

Pojďme si nyní vyzkoušet, jak vypadají rostlinná barviva pod UV světlem. Budeme potřebovat:

- hmoždíř;
- rostlinný materiál;
- ethanol;
- UV baterka.

Rostlinný materiál si natrháme na drobné kousky a v třecí misce rozetřeme. Pozorujeme, že se začíná uvolňovat zelené barvivo. Poté do třecí misky přidáme trochu ethanolu. Nyní stačí zhasnout světlo nebo se přesunout do tmavé místnosti a posvítit na roztok chlorofylu s ethanolom UV světlem. Proč používáme UV světlo? UV záření neboli záření ultrafialové, má vlnovou délku kratší než viditelné světlo. To, že vidíme barvivo „svítit“ je způsobeno fluorescencí. Fluorescence je chemický děj, který je vyvolán dopadajícím zářením, resp. dopadajícími částicemi. Fluorescence je jeden z několika typů luminiscence, což je obecně jev, kdy vlastní záření tělesa výrazně převažuje nad jeho tepelným zářením.

Přirozeným zdroje UV záření je Slunce. Existuje několik typů tohoto záření, pro buzení fluorescence, či luminiscence obecně, využíváme světlo o vlnové délce 315-400 nm.

Jelikož se hmyz živí především rostlinnou stravou, je pro ně výhodné se orientovat podle zraku.



Víš, že...

...luminiscenci nepozorujeme pouze u rostlinných barviv, ale také např. u pracích prášků, bankovek, občanských průkazů nebo i pracích prášků? Jaké další věci mají vlastnost luminiscence?



HODNÉ A ZLÉ UV ZÁŘENÍ

UV záření máme několik typů – UVA (dlouhovlnné záření), UVB (středněvlnné záření) a UVC (krátkovlnné záření). S UVA jsem se již setkali – je to záření s vlnovými délkami využívanými pro buzení luminiscence, a mimo jiné, fluorescence. Asi 99 % UV záření, které se k nám dostává ze Slunce, patří právě do dlouhovlnného UV záření. Obecně je považováno za bezpečné, nebezpečí stoupá s dobou expozice a také se zvyšující se intenzitou. UVB záření je



zhoubné pro živé organismy, je schopné narušovat bílkoviny a vytvářet mutace v DNA, v nejhorším případě může způsobovat rakovinu. Naštěstí je toto záření z většiny absorbováno ozonovou vrstvou Země. Tím, že lidstvo narušuje ozonovou vrstvu, se vystavuje také velkému riziku expozice UVB záření. UVC záření je jedním z dvou způsobů vzniku ozonu, jelikož aktivně interaguje s molekulami kyslíku. Stejně jako UVB je UVC zhoubné pro živé organismy, dokonce dokáže lépe proniknout do živých tkání a narušovat je.



NA RENTGENU

Rentgenové záření je forma elektromagnetického záření, se kterou se setkáváme nejčastěji u lékaře. Díky němu jsme schopni zobrazit kosti a tělní struktury, aniž bychom museli tělo narušit. Vznik rentgenového záření je umožněn díky rychle letícím elektronům, které po dopadu na strukturu změni svou dráhu. Při kolizi dojde ke ztrátě energie, která se projeví jako vyzáření rentgenového záření. Tomuto záření říkáme brzdné rentgenové záření. Kromě toho také známe tzv. charakteristické rentgenové záření, které se liší podle prvku, který ho vyzařuje. Energie tohoto záření je tím vyšší, čím vyšší je protonové číslo prvku.



ÚKOL 2: HISTORIE RENTGENU

Na výzkumu tohoto záření se podílelo mnoho vědců, přesto pouze jeden získal za jeho objev Nobelovu cenu. Zjisti, kdo rentgenové záření objevil, kdy to bylo a v kterém roce za něj získal Nobelovu cenu. Jaké další zajímavosti se k tomuto objevu vážou?

Prostor pro tvou odpověď:



ALFA, BETA...GAMA!

Záření gama je vysoce energetické elektromagnetické záření. Vzniká především u radioaktivních rozpadů, což z něj dělá záření pro živočichy nebezpečné. Toto záření se vyznačuje vysokými hodnotami frekvence a malými vlnovými délkami. Často vzniká společně s alfa nebo beta zářením při rozpadu jader. Proč není alfa nebo beta záření také součástí spektra? Alfa záření, resp. vyzařování alfa částic, jsou defacto heliová jádra tvořená dvěma protony a dvěma neutrony. Záření beta jsou naopak elektrony (nebo jejich opačné částice, tzv. antičástice, pozitrony). Na rozdíl od gama záření nemají tato záření elektromagnetickou povahu. I přes svou nebezpečnost se může také využívat v medicíně, např. gama nůž je vysoce specializovaný přístroj, který je schopný zničit nádory.



VESMÍRNÉ SPEKTRUM

Elektromagnetické spektrum se může využívat také pro popisy vesmírných těles, např. hvězd. Hvězdy jsou velice hmotné vesmírné objekty, které mají vlastní zdroj záření. Nejznámější hvězdou je naše Slunce. Ne všechny hvězdy ale vypadají, jako ta naše. Aby vědci mohli klasifikovat hvězdy, využívají k tomu znalost spektra. Každá hvězda vyzařuje určité vlnové délky spektra. Takovéto spektrum označujeme jako emisní. Naopak jsou hvězdy také schopny určité vlnové délky pohlcovat, pak mluvíme o spektru absorpčním. Se spektrem mimo jiné závisí také teplota hvězdy, proto je dělíme do tzv. spektrálních tříd. To, do jaké spektrální třídy bude hvězda patřit, tj. jak bude vypadat její absorpční nebo emisní spektrum, závisí od jejího chemického složení. Výzkum emisních nebo absorpčních spekter těles a určení jejich složení se nazývá spektroskopie.



SPEKTROSKOPIE

Spektroskopie je obor zabývající se studiem interakce tělesa, resp. látky, s elektromagnetickým zářením. Tím, že získáme informace o absorpci nebo emisi látky umíme určit složení tělesa. Interakcí elektromagnetického záření s hmotou dochází ke strukturálním změnám, např. k rozpadům atomových jader při interakci s gama zářením, přechodům elektronů při interakci s UV nebo viditelným zářením, rotací molekul při interakci s mikrovlnným zářením apod.

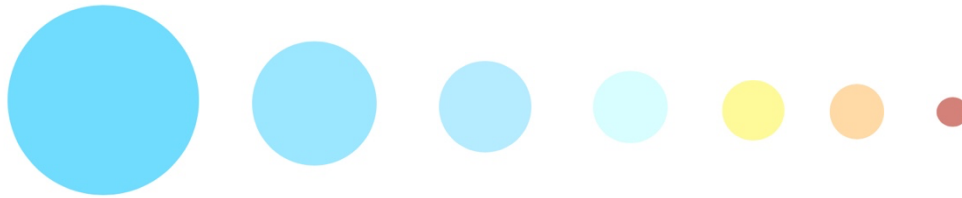


Laboratoř Mössbauerovy spektroskopie PŘF UP



ÚKOL 3: HVĚZDNÉ TŘÍDY

Doplň tabulku týkající se klasifikací hvězdy dle spektra.



příklad hvězdy	Naos	Rigel	Sirius	Polárka	Slunce	Pollux	Betelgeuze
barva				žlutobílá		oranžová	
spektrální třída	O	B	A	F	G	K	M
povrchová teplota (K)	30 000-50 000		7500-11 000				3500-3000
hmotnost (~ Slunci)			~ 2	~ 1,5			
poloměr (~ Slunci)	~ 10	~ 5		~ 1,3	1	~0,2	
zastoupení		0,1 %		2 %			



Víš, že...

jedna z několika metod spektroskopie je Mössbauerova spektroskopie? Té se věnuje mimo jiné katedra experimentální fyziky Univerzity Palackého (KEF UP). Princip Mössbauerovy spektroskopie spočívá ve výzkumu odrazu jaderné fluorescence. Jde o poměrně složitý proces, jeho výsledky se využívají kromě fyziky také v chemii, biologii nebo geologii. Práci s tímto spektroskopem si kromě vystudovaných fyziků mohou vyzkoušet také studenti vysokoškolského programu KEF UP Aplikovaná fyzika nebo Nanotechnologie.

<https://1url.cz/PuCdQ>

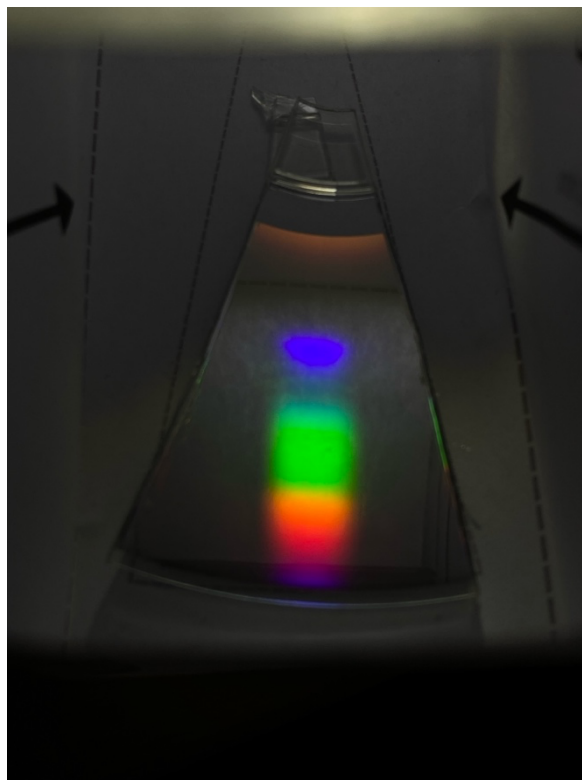


POKUS 5: VÝROBA SPEKTROSKOPU

Spektroskopy najdeme především ve výzkumných chemických i fyzikálních ústavech. Jejich cena se může pohybovat až kolem 10 milionů! Pro naše účely se můžeme vyrobit vlastní domácí spektroskop. Budeme potřebovat:

- staré CD nebo DVD,
- nůžky,
- lepidlo,
- pravítko,
- úhломěr
- krabička podle návodu na <https://1url.cz/5uCdE>.

Připavíme si krabičku dle návodu. Ze starého CD nebo DVD vystříhneme kousek. Musíme dbát na to, aby se CD při stříhání nepoškodilo, nebo se na něm nevytvořily bubliny. Poté vystříhneme malou štěrbinu, kterou bude procházet světlo do našeho spektroskopu. Poté už stačí pouze zatemnit místnost a nastavit štěrbinu na světlo zářivky. Na povrchu CD nebo DVD se nám zobrazí typické barevné spektrum dané zářivky. Můžeme vyzkoušet několik různých zářivek a porovnat je.



VYZAŘOVÁNÍ PLANET

Vyzařování se netýká pouze hvězd. Elektromagnetické vlnění vyzařují také planety, mimo jiné i naše Země. Množství slunečního záření, které je Zemí pohlceno, je také vyzářeno zase zpět. Říkáme mu terestriální záření, jde většinou o infračervenou část spektra.

Terestriální záření se v některých případech může kumulovat v atmosféře. Jestliže se v ní hromadí skleníkové plyny (oxid uhličitý, methan, vodní páry, ozon), dojde k tomu, že se část tepla, která by byla jinak vyzářena do vesmíru, zdržuje u povrchu Země. Tento jev známe jako skleníkový efekt. Dochází k němu, protože hvězdy vyzařují krátkovlnné záření, kdežto záření terestriální je dlouhovlnné. Krátkovlnné záření skleníkovými plyny prochází, dlouhovlnné je částečně pohlcováno. Skleníkový efekt není sám o sobě špatný, díky němu se na naší planetě dá žít. Bez něj by tu byla teplota asi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$! Působením lidské činnosti se ale dostává do atmosféry více skleníkových plynů, které způsobují zvyšování průměrné teploty.



ÚKOL 4: SKLENÍKOVÝ EFEKT

Nakresli schéma skleníkového efektu a obrázek popiš.

Prostor pro tvou odpověď:



ÚKOL 5: SKLENÍKOVÝ EFEKT MIMO ZEMI

Skleníkový efekt není specialitou pouze naší Země. Kde jinde ve Sluneční soustavě se setkáme se skleníkovým efektem? Jak se projevuje?

Prostor pro tvou odpověď:



SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ

Přestože se nám na planetu dostává světla dost, v noci si musíme pomoci jinak. Lidstvo již dlouhou dobu využívá vlastní světelné zdroje, ať už to byl oheň nebo s příchodem elektrifikace žárovky a lampy. Svítit si ve tmě je pro nás samozřejmostí, pro jiné živočichy však ne. S masivním rozvojem technologií a potřebou rozšířit elektrifikaci co nejdál se rozšířil také problém zvaný světelné znečištění.

Světelné znečištění ovlivňuje nás především v oblasti zdravého spánku. Například hormon melatonin, který je zodpovědný za spánek, se nemusí správně tvořit, kvůli ztrátě poznávání rytmu světlo/tma. Ovlivnění jsou ale také ostatní živočichové. Jedním z důsledků je například zpěv ptáků již kolem třetí hodiny v noci – ptáci totiž nerozlišují, zda je světlo umělé nebo přírodní.



ÚKOL 6: SVĚTELNÉ ZNEČIŠTĚNÍ V MÍSTĚ BYDLIŠTĚ

Pořid' fotku noční oblohy v místě bydliště. Porovnej fotografie ve skupině. Jak se liší fotografie oblohy těch, co bydlí na vesnici a těch, co bydlí ve městě? Čím to je?



ÚKOL 7: MELATONIN

Proč je pro náš organismus melatonin tak důležitý? Je to pouze kvůli spánku? Jak na tvorbu melatoninu působí koukání v noci do mobilu nebo počítače?

Prostor pro tvou odpověď: