INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Biologie zajímavě

Metodický materiál

Mgr. Zuzana Špačková

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ.1.07/1.1.24/01.0134
Rozvoj technického a přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici

O projektu Rozvoj 2014

Základní údaje o projektu:

Název projektu:	**Rozvoj přírodovědného a technického vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici**
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
Prioritní osa:	7.1 Počáteční vzdělávání
Oblast podpory:	7.1.1 Zvyšování kvality ve vzdělávání
Předkladatel:	Vyšší odborná škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Kopřivnice, příspěvková organizace
Partner projektu:	Porgest, a.s.
Rozpočet projektu:	9 288 965,12 Kč
Doba realizace:	14.02.2012-30.09.2014 (32 měsíců)

Cílem projektu, zkráceně nazvaného Rozvoj 2014, je zvýšení kvality výuky přírodovědných i technických předmětů a odborného výcviku na VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice prostřednictvím inovací obsahu příslušných vzdělávacích modulů, tvorby nových výukových i metodických materiálů a pořízení moderního vybavení pro výuku odpovídajících předmětů.

Projekt je řešen v těsné spolupráci s podniky - zaměstnavateli v regionu, abychom dosáhli co nejužšího propojení výuky s praxí. Využíváme zkušenosti partnera projektu – firmy Porgest, a. s. i dalších podniků, které projevily zájem s námi spolupracovat.

Modernizace výuky je zaměřena na tři oblasti:
- svařování,
- strojírenství,
- přírodní vědy (fyzika, chemie, biologie).

V období realizace projektu bylo vytvořeno celkem 10 vzdělávacích modulů zahrnujících metodické texty pro učitele, výukové texty pro žáky, prezentace i videosekvence. Bylo obnoveno vybavení svářečské dílny a strojní laboratoře, doplněno vybavení chemické laboratoře a vybudována nová učebna přírodovědných předmětů. Další informace a výstupy projektu jsou k dispozici na stránkách projektu www.voskop.cz/rozvoj.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

OBSAH

1 Mikroskop a základy mikroskopování 6
1.1 Mikroskop a jeho části 6
1.1.1 Kvíz - Co víte o mikroskopu? 6
1.1.2 Typy mikroskopů 6
1.1.3 Popis mikroskopu 7
1.2 Zásady práce s mikroskopem 8
1.2.1 Pracovní postup při mikroskopování 8
1.2.2 Mikroskopický preparát 8
1.2.3 Pomůcky při mikroskopování 8
1.3 Praktická cvičení 9
1.3.1 Pozorování buněk z pokožky cibule 9
1.3.2 Pozorování buněk z pokožky cibule – příprava vlastního preparátu 10
1.3.3 Pozorování stonku rostlin 10
1.4 Otestuj si své znalosti 12
1.4.1 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení 12
1.4.2 Odpovězte na následující otázky 12
2 Buňka 13
2.1 Historie objevu buňky 13
2.2 Základní funkce buňky 13
2.3 Typy buněk 13
2.3.1 Prokaryotická buňka 14
2.3.2 Eukaryotická buňka. 15
2.4 Organizovanost živých soustav 18
2.4.1 Nebuněčné organismy 19
2.4.2 Jednobuněčné organismy 19
2.4.3 Mnohobuněčné organismy 21
2.5 Praktická cvičení 22
2.5.1 Živočišná buňka - pozorování prvoků v senném nálevu 22
2.5.2 Živočišná buňka - pozorování buněk dlaždicového epitelu psa 23
2.5.3 Rostlinná buňka - pozorování buněk listu 24

OBSAH

2.6 Otestuj si své znalosti ... 26
2.6.1 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení ... 26
2.6.2 Odpovězte na následující otázky ... 26
3 Základy genetiky ... 27
3.1 Základní pojmy ... 27
3.1.1 Kvíz ... 27
3.1.2 Základní genetické pojmy ... 28
3.2 Historie genetiky ... 29
3.2.1 J. G. Mendel ... 29
3.2.2 Historie genetiky ve zkratce ... 31
3.3 Rozmnožování a dědičnost ... 31
3.3.1 Nepohlavní rozmnožování ... 31
3.3.2 Pohlavní rozmnožování ... 31
3.4 Geny a chromozomy ... 32
3.4.1 Chromozomy a jejich stavba ... 32
3.5 Dědičnost a proměnlivost mnohobuněčného organismu ... 34
3.5.1 Alelová analýza ... 34
3.6 Genový význam DNA ... 38
3.6.1 Chemická struktura nukleových kyselin ... 38
3.6.2 Replikace DNA ... 41
3.6.3 Od DNA k proteinu ... 41
3.6.4 Proteosyntéza (syntéza bílkovin) ... 42
3.7 Základy genetiky člověka ... 45
3.7.1 Chromozomové určení pohlaví ... 45
3.7.2 Geneticky podmíněné choroby ... 47
3.7.3 Metody výzkumu ... 49
3.8 DNA technologie a využití poznatků genetiky v praxi ... 51
3.8.1 Analýza genetického materiálu ... 51
3.8.2 Využití genetiky v praxi ... 52
3.8.3 Studium lidského genomu ... 54
3.9 Praktická cvičení ... 54

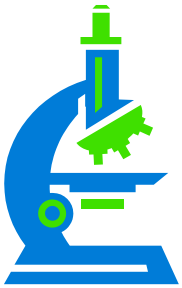
OBSAH

3.9.1 Sestavení modelu mini DNA 54
3.10 Otestujte si své znalosti 58
3.10.1 Kvíz 58
3.10.2 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení 59
3.10.3 Odpovězte na následující otázky 59
4 Literatura a zdroje obrázků 60

1 Mikroskop a základy mikroskopování

Cílem této kapitoly je nejprve seznámit žáky se stavbou mikroskopu a se základními principy práce s tímto přístrojem, a pak si vše vyzkoušet při pozorování trvalých mikroskopických preparátů a při přípravě vlastního mikroskopického preparátu.

1.1 Mikroskop a jeho části



1.1.1 Kvíz - Co víte o mikroskopu?

1) Které české synonymum pro mikroskop se dříve používalo?
   - **drobnohled**
2) Jaké bylo povolání Zachariase Janssena, který v Nizozemsku v roce 1590 sestavil první mikroskop?
   - **brusič drahých kamenů**
3) Jak se jmenoval holandský vědec, který v roce 1676 zdokonalil mikroskop a jako první pozoroval bakterie?
   - **Antoni van Leeuwenhoek**
4) Kdy britský geolog Robert Hook popsal konstrukci mikroskopu s odděleným objektivem, okulárem a osvětlovacím zařízením?
   - **koncem 17. Století (v roce 1665)**
5) Jaká jsou základní optická zařízení mikroskopu?
   - **objektiv a okulár**

1.1.2 Typy mikroskopů

Nejběžnější jsou klasické světelné mikroskopy, které využívají obvykle bílé světlo ze zdroje (žárovka). Dělíme je na mikroskopy **monokulární** a **binokulární**. Jaký je základní rozdíl mezi monokulárním a binokulárním mikroskopem?

Monokulární mikroskopy mají jeden okulár, binokulární mikroskopy mají dva okuláry, do každého okuláru pak odchází jeden paprsek a můžeme se pohodlně dívat oběma očima.

Přiřaďte k dalším typům moderních mikroskopů správnou definici:

1. **elektronový mikroskop** ***…c….***
2. **polarizační mikroskop** ***…d….***

3. **konfokální mikroskop** ***…b….***
4. **fluorescenční mikroskop** ***…a….***

a. Pomocí soustavy filtrů propouští pouze část světla nutnou k vyvolání fluorescence (využívá se např. k identifikaci organických látek v horninách).

b. Optický mikroskop s vysokou rozlišovací schopností využívající práci s laserovým paprskem.

c. Využívá elektrony a nikoliv fotony viditelného světla.

d. Využívá polarizování procházejícího světla (používá se např. ve forenzní (soudní) chemii při zkoumání vláken a vlasů).

1.1.3 Popis mikroskopu

Jednotlivé části mikroskopu:

1. okulár
2. binokulární hlavice
3. otočná hlavice
4. pracovní stolek
5. clona
6. osvětlení
7. makro zaostřování
8. mikro zaostřování
9. šroub na posunutí preparátu
10. nastavení dioptrie
11. objektivy
12. stolek
13. držák preparátu
14. nastavení jasu
15. rameno mikroskopu

Přiřaďte k jednotlivým částem mikroskopu správnou funkci

1	Okulár	optický člen pro vhled do mikroskopu
2	Tubus okuláru	slouží ke vložení okuláru do správné pozice
3	Otočná hlavice	nosič objektivů, slouží k jejich snadné záměně
4	Makro zaostřování	zajistí hrubé zaostření preparátu.
5	Mikro zaostřování	umožní precizní doostření preparátu
6	Objektivy	optické členy s různými hodnotami zvětšení
7	Binokulární hlavice	hlavice s dvěma vhledy
8	Kondenzor	optický prvek zajišťující dostatek světla pro osvícení preparátu

1.2 Zásady práce s mikroskopem

1.2.1 Pracovní postup při mikroskopování

Jednotlivé fáze postupu mikroskopování tak, jak za sebou následují:

1. f preparát vložte na pracovní stolek a upevněte svorkami
2. b nastavte nejmenší zvětšení objektivu mikroskopu
3. a otáčejte zaostřovacím šroubem, až se objektiv posune co nejblíže k preparátu
4. d zapněte osvětlení a otáčením šroubu pro regulaci jasu nastavte dostatek světla
5. c před pozorováním pomalu otáčejte zaostřovacím šroubem tak, aby se objektiv od preparátu vzdaloval
6. g dle potřeby nastavte větší zvětšení a zaostřete
7. e pozorujte a zakreslete mikroskopický obraz pozorovaného preparátu; nezapomeňte zapsat zvětšení (číslo na okuláru x číslo na objektivu)

1.2.2 Mikroskopický preparát

Vyučující může vysvětlit přípravu mikroskopického preparátu nejdříve teoreticky za využití prezentace a pak s potřebami pro mikroskopování předvede konkrétní přípravu dočasného preparátu.

1.2.3 Pomůcky při mikroskopování

Potřebné pomůcky při přípravě mikroskopického preparátu:

a. podložní sklíčko
b. kapátko nebo pipeta
c. preparační jehla
d. krycí sklíčko
e. vlastní preparát
f. žiletka
g. filtrační papír
h. voda

Mikroskop a základy mikroskopování

1.3 Praktická cvičení

1.3.1 Pozorování buněk z pokožky cibule

Práce s mikroskopem - pozorování rostlinných buněk z pokožky cibule na trvalém mikroskopickém preparátu

Pomůcky: mikroskop, sada žákovských preparátů.

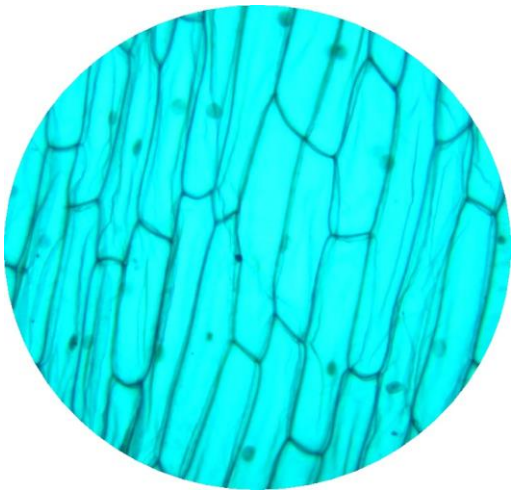
Vyučující zopakuje postup při pozorování trvalého preparátu za využití prezentace a pak provádí vlastní pozorování na mikroskopu se zabudovanou kamerou, které žáci mohou sledovat on-line na tabuli.

Postup práce:

- upevněte preparát na pracovní stolek mikroskopu,
- zaostřete a pozorujte,
- zhotovte nákres pozorovaných buněk,
- zapište zvětšení.

Žáci pracují ve dvojčlenných až tříčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Mohou porovnat vlastní pozorování s preparátem promítnutým na tabuli.

Nákres:



Zvětšení: **100x**

POKUS

1.3.2 Pozorování buněk z pokožky cibule – příprava vlastního preparátu

Příprava dočasného mikroskopického preparátu z pokožky cibule a pozorování rostlinných buněk mikroskopem

Pomůcky: mikroskop, podložní a krycí sklíčko, potřeby k mikroskopování.

Biologický materiál: Cibule kuchyňská (*Allium cepa*)

Učitel zopakuje postup při přípravě dočasného preparátu za využití prezentace, vysvětlí a předvede přípravu preparátu z pokožky cibule a pak provádí vlastní pozorování na mikroskopu se zabudovanou kamerou, které žáci mohou sledovat on-line na tabuli.

Postup práce:

- z dužiny cibule odeberte vnitřní pokožku (epidermis) jedné ze suknic,
- přeneste do kapky vody na podložní sklíčko,
- přikryjte krycím sklíčkem a pozorujte,
- zhotovte nákres pozorovaných buněk,
- zapište zvětšení.

Nákres: načrtněte mikroskopovaný preparát.

Žáci pracují ve dvojčlenných až tříčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Mohou porovnat vlastní pozorování s preparátem promítnutým na tabuli.

Zvětšení: 40x nebo 100x

Závěr: Žáci porovnají nákresy z trvalého a dočasného mikroskopického preparátu pokožky cibule a uvedou případné rozdíly.

POKUS

1.3.3 Pozorování stonku rostlin

Práce s mikroskopem - pozorování příčného a podélného řezu stonku různých rostlin na trvalém mikroskopickém preparátu

Pomůcky: mikroskop, sada žákovských preparátů – příčné řezy stonku slunečnice, lípy, dýně, leknínu, borovice, bavlníku, podélný řez stonku tykve.

Vyučující provádí vlastní pozorování na mikroskopu se zabudovanou kamerou, které žáci mohou sledovat on-line na tabuli.

Mikroskop a základy mikroskopování

Postup práce:

- vyberte si ze sady preparát a upevněte ho na pracovní stolek mikroskopu,
- zaostřete a pozorujte,
- zapište název rostliny, zhotovte nákres a zapište zvětšení,
- pozorujte postupně stonky 3 různých druhů rostlin.

Žáci pracují ve dvojčlenných až tříčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Mohou porovnat vlastní pozorování s preparáty promítnutými na tabuli.

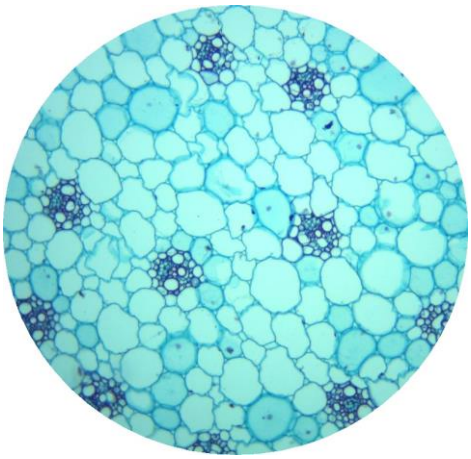
Nákresy: načrtněte mikroskopované preparáty a připojte název rostliny.

Možné nákresy:

1. Slunečnice roční (*Helianthus annuus*)

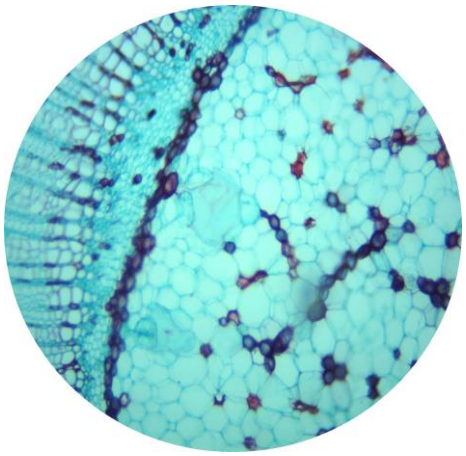
Zvětšení: 40x

2. Kukuřice setá (*Zea mays*)



Zvětšení: 100x

3. Lípa srdčitá (*Tilia cordata*)



Zvětšení: 100x

Mikroskop a základy mikroskopování

1.4 Otestuj si své znalosti

1.4.1 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení

a. První mikroskopy byly sestaveny v 17. století v Holandsku. **ANO**/NE

b. Optické mikroskopy využívají laserových paprsků. ANO/**NE**

c. Okulár a stativ jsou základní optická zařízení mikroskopu (**stativ není** optickým zařízením). ANO/**NE**

d. Kondenzor pomáhá měnit kontrast obrazu. **ANO**/NE

e. Nejdříve nastavujeme nejmenší zvětšení objektivu mikroskopu. **ANO**/NE

f. Celkové zvětšení zjistíme jako součet čísel na okuláru a na daném objektivu. (Celkové zvětšení zjistíme jako **součin** čísel na okuláru a na daném objektivu). ANO/**NE**

1.4.2 Odpovězte na následující otázky

Žáci mohou pracovat jednotlivě nebo ve skupinkách a odpovídat na uvedené otázky nejprve ústně a pak na některé písemně, případně při domácí přípravě nebo v rámci opakování v následující hodině.

a. Co víte o historii mikroskopu?

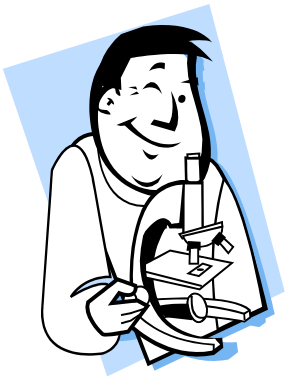
b. Které typy mikroskopů znáte?

c. Vyjmenujte základní optické části mikroskopu.

d. Které pomůcky potřebujete k přípravě mikroskopického preparátu?

e. K čemu slouží makro šroub?

f. Popište pracovní postup při mikroskopování.



2 Buňka

Cílem této kapitoly je nejprve seznámit žáky se stavbou buňky, jednotlivými typy buněk, jejich strukturou a základními skupinami živých organismů. V praktických cvičeních si nabyté znalosti upevní při pozorování živočišných i rostlinných buněk mikroskopem.

2.1 Historie objevu buňky

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace a informací v pracovních listech s nejdůležitějšími daty a osobnostmi z dějin cytologie.

2.2 Základní funkce buňky

1. Které základní životní projevy buňky znáte? Doplňte:

1) **METABOLISMUS** (výměna látek a energie)
2) **ROZMNOŽOVÁNÍ**
3) **KOMUNIKACE** s okolím
4) **RŮST**

2.3 Typy buněk

Jaké jsou hlavní rozdíly mezi prokaryotickou a eukaryotickou buňkou? Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení:

a. Prokaryotická buňka je asi desetkrát menší než eukaryotická. **ANO**/NE

b. Prokaryotická buňka má jasně oddělené jádro od cytoplazmy membránou. ANO/**NE**

(**nemá** oddělené jádro od cytoplasmy)

c. Prokaryotická buňka tvoří těla virů a baktérií. ANO/**NE**

(**pouze bakterií**, viry nemají buněčnou strukturu)

d. Prokaryotická buňka má celkově jednodušší stavbu. **ANO**/NE

e. Eukaryotická buňka obsahuje endomembránový systém. **ANO**/NE

f. Eukaryotická buňka neobsahuje semiautonomní organely. ANO/**NE**

(**obsahuje** – mitochondrie, chloroplasty)

g. Eukaryotická buňka tvoří těla rostlin, hub a živočichů. **ANO**/NE

Buňka

2.3.1 Prokaryotická buňka

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace se stavbou prokaryotické buňky a základními funkcemi jednotlivých buněčných organel, žáci pak samostatně přiřazují správné názvy organel.

Struktura prokaryotické buňky

- cytoplazma – polotekutá hmota obsahující organely
- nukleoid – v centru buňky, obsahuje genetický materiál
- ochranné bariéry – polopropustná cytoplazmatická membrána, buněčná stěna, vnější obaly
- pohybový aparát – bičíky a brvy

Jednotlivé části prokaryotické buňky

1. nukleoid (kruhová DNA)
2. plazmid
3. cytoplazmatická membrána
4. buněčná stěna
5. pouzdro
6. bičík
7. brvy
8. cytoplazma
9. ribozomy

Doplňte správnými výrazy následující charakteristiku prokaryotické buňky:

Žáci pracují ve dvojicích nebo ve skupinách a doplňují chybějící informace v textu. Při společné kontrole vyučující sdělí další potřebné informace, vysvětlí případné nejasnosti.

Prokaryotická buňka je asi desetkrát **(1) menší** než eukaryotická a má celkově jednodušší stavbu. Velikost prokaryotické buňky se obvykle pohybuje mezi desetinami a desítkami **(2) mikrometrů. (3) Jádro** (nukleoid) je tvořeno jedním chromosomem uloženým volně v cytoplazmě. Obsahuje jednu kruhovou molekulu **(4) DNA** nesoucí dědičnou informaci.

Buňka může obsahovat **(5) plazmidy**, cizí přenesený genetický materiál, bez kterého je buňka schopna samostatné existence a reprodukce. Někdy však mohou nést enormně důležitou genetickou informaci.

Prokaryotická buňka je velmi chudá na membránové systémy a většina funkcí, které plní membránové organely, je vázána na plazmatickou membránu. Syntéza proteinů probíhá na ribozomech, které jsou rovněž pouze volně uloženy v cytoplazmě.

Buňka je od okolního prostředí oddělena polopropustnou **(6) cytoplazmatickou membránou**, mnoho bakterií má pak na povrchu buňky buněčnou stěnu z peptidoglykanu a ještě další polysacharidovou či proteinovou ochrannou vrstvu, tzv. kapsulu – **(7) pouzdro**. Jeho funkcí je dále zpevňovat povrch bakterií (díky tomu jsou více patogenní) a lépe se přichytit k substrátu.

Buňka

K pohybu buňky slouží brvy a **(8) bičíky**, které mají jednodušší stavbu než u eukaryotické buňky a nemusí být nutně přítomny.

Většinou se prokaryotické organismy množí příčným dělením. Jsou vždy jednobuněčné, nevytvářejí mnohobuněčný organismus. Prokaryotický typ buňky se vyskytuje pouze u **(9) bakterií** a u příbuzné skupiny nazývané Archea.

2.3.2 Eukaryotická buňka

- genetický materiál oddělen od cytoplazmy membránou (jádro)
- endomembránový systém
- semiautonomní organely (mitochondrie, chloroplasty)

Doplňte správné názvy jednotlivých organel eukaryotické buňky

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace se stavbou eukaryotické buňky a základními funkcemi jednotlivých buněčných organel, žáci pak samostatně přiřazují správné názvy organel.

a.	**jádro**	Nachází se uvnitř buňky, obsahuje makromolekulu DNA.
b.	**endoplazmatické retikulum**	Soustava vzájemně propojených miniaturních cisteren a kanálků, existují dva typy – drsné (s ribozomy) a hladké, zajištují transport bílkovin vytvořených ribozomy.
c.	**vakuoly**	Jsou cisterny vzniklé z endoplazmatického retikula nebo Golgiho komplexu, obalené membránou, jsou obsaženy v rostlinných buňkách, udržují vnitřní napětí buňky (turgor), shromažďují odpadní látky, pigmenty, toxické látky.
d.	**buněčná stěna**	Dodává buňce potřebnou pevnost a tvar, chrání ji, je propustná. Je složena z celulózy, polysacharidů a bílkovin.
e.	**ribozomy**	Nacházejí se v cytoplazmě všech buněk i na povrchu endoplazmatického retikula, probíhá na nich syntéza bílkovin.
f.	**mitochondrie**	Semiautonomní organely, probíhá v nich proces buněčného dýchání, zdroj energie, uzavřeny dvěma membránami.
g.	**chloroplasty**	Semiautonomní organely v rostlinných buňkách, probíhá v nich fotosyntéza (podílí se na tvorbě glukózy a dalších organických látek z látek anorganických).
h.	**cytoskelet**	Mikrofilamenta a mikrotubuly uvnitř buněk, udržují buněčný tvar, podílí se na pohybu organel, tvoří pohybový aparát.
i.	**Golgiho aparát**	Soustava buněčných cisteren a váčků, dochází zde k dalším úpravám proteinů a jejich skladování, zajišťuje transport proteinů do příslušných částí buňky či jejich vylučování mimo buňku.

Buňka

j.	**bičíky**	Složeny z mikrotubulů, zajišťují pohyb celé buňky.
k.	**brvy**	Zajišťují pohyb látek na bezprostředním povrchu buňky.
l.	**cytoplazmatická membrána**	Izoluje vnitřní prostředí buňky od vnějšího, u rostlinných buněk se nachází pod buněčnou stěnou, je polopropustná, základ tvoří dvojitá vrstva fosfolipidů. Hlavní funkcí je transport látek.

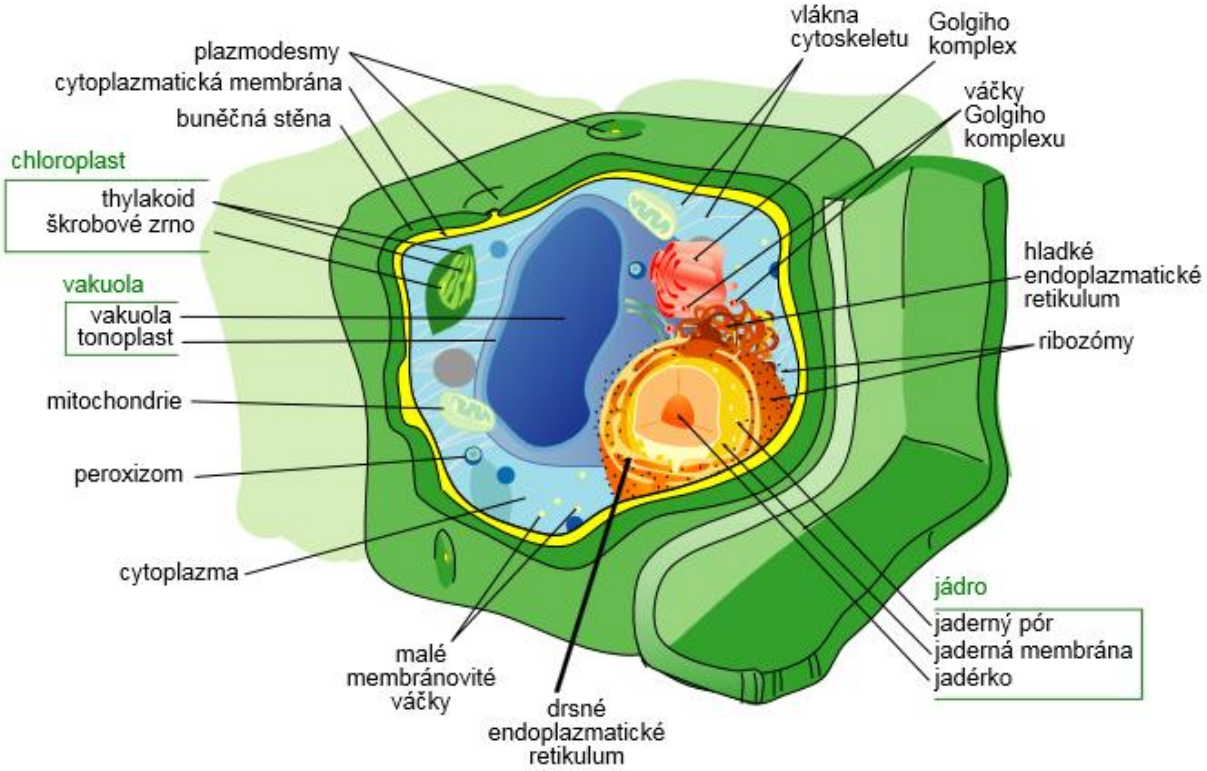
2.3.2.1 Rostlinná buňka

Struktura rostlinné buňky

- cytoplazma a ochranné bariéry (cytoplazmatická membrána, buněčná stěna)
- jádro obsahující DNA
- membránové organely (endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, vakuoly)
- semiautonomní organely (chloroplasty, mitochondrie)
- cytoskelet

Doplňte chybějící části rostlinné buňky

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace se stavbou rostlinné buňky a základními funkcemi jednotlivých buněčných organel, žáci pak samostatně přiřazují správné názvy organel.



Buňka

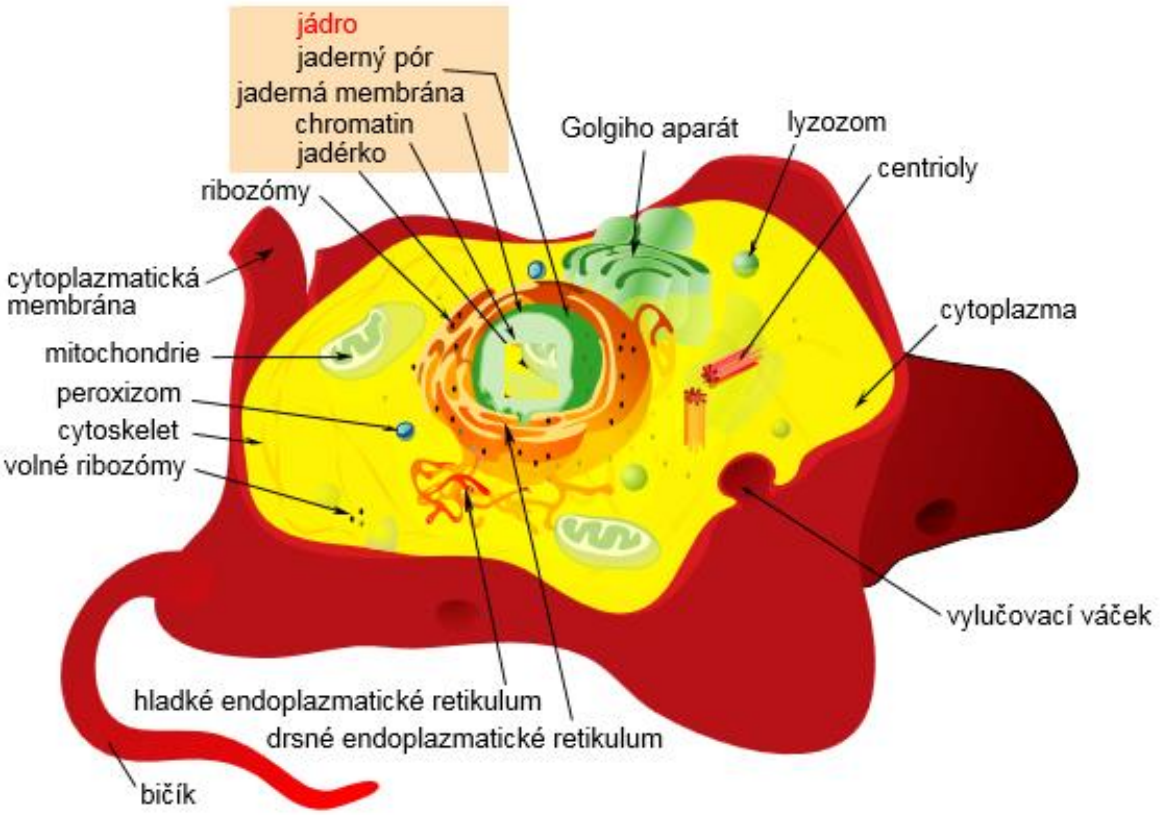
2.3.2.2 Živočišná buňka

Struktura živočišné buňky

- cytoplazma a ochranné bariéry (cytoplazmatická membrána)
- jádro obsahující DNA
- endomembránový systém (endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát, lysozomy)
- semiautonomní organely (mitochondrie)
- cytoskelet
- pohybový aparát

Popište jednotlivé části živočišné buňky

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace se stavbou živočišné buňky a základními funkcemi jednotlivých buněčných organel, žáci pak samostatně přiřazují správné názvy organel.



Buňka

Které nejdůležitější součásti obsahují jednotlivé typy buněk? Doplňte tabulku:

	prokaryotická buňka	rostlinná buňka	živočišná buňka
buněčná stěna	+	+	-
cytoplazmatická membrána	+	+	+
jádro	-	+	+
ribozomy	+	+	+
endoplazmatické retikulum	-	+	+
Golgiho aparát	-	+	+
mitochondrie	-	+	+
chloroplast	-	+	-
vakuola	-	+	-
cytoskelet	-	+	+
pohybový aparát	+	+	+

2.4 Organizovanost živých soustav

Vyučující seznámí žáky se základními skupinami živých organismů, žáci pak samostatně přiřazují příklady živých organismů ke správné skupině.

Všechny organismy mají společné základní vlastnosti, které je charakterizují jako živé soustavy. Mají stejné chemické složení, stejné základní metabolické procesy, stejný princip genetické paměti při reprodukci a jejich vývoj řídí stejné evoluční mechanismy. Tím, čím se různé organismy liší, je složitost jejich organizace. Z tohoto hlediska rozlišujeme 3 základní skupiny živých organismů:

- nebuněčné organismy,
- jednobuněčné organismy,
- mnohobuněčné organismy.

Přiřaďte jednotlivé příklady živých organismů ke správné skupině:

viry	*sinice*	*prvoci*	*viriony*	*rostliny*
řasy	*houby*	*bakterie*	*živočichové*	

Nebuněčné organismy: viry, viriony.

Jednobuněčné organismy: bakterie, sinice, prvoci, některé řasy a houby.

Mnohobuněčné organismy: rostliny, živočichové, houby, také některé sinice a řasy.

2.4.1 Nebuněčné organismy

Nebuněčné organismy jsou nejjednodušší organismy, které nejsou schopny samostatné existence nebo alespoň samostatného rozmnožování. Jsou různorodou skupinou struktur nacházejících se na pomezí živých a neživých systémů. Řadí se k nim viry, viroidy a virusoidy. Spojuje je společná vlastnost – vnitrobuněčný parazitismus.

„Tělo“ virů je tvořeno tzv. virovou částicí, která má velice jednoduchou strukturu, zahrnující jen dědičnou hmotu (DNA či RNA) obklopenou bílkovinným obalem (kapsida). Pro viry je charakteristické, že nerostou, nedělí se a ani nejsou schopné vyrábět (bez cizí pomoci) energii či vytvářet vlastní bílkoviny. Obvykle jsou také mnohem menší, než třeba bakteriální buňky. Mají schopnost rozmnožování pouze v hostitelských buňkách. Jedná se o parazity rostlinných, živočišných i bakteriálních buněk (tzv. bakteriofágy).

Která virová onemocnění znáte? Např.: chřipka, klíšťová encefalitida, AIDS, ebola, mononukleóza, neštovice, SARS, virová hepatitida, opar, dětská obrna, vzteklina.

Žáci na základě svých zkušeností vyjmenují některá onemocnění způsobená virovou nákazou.

2.4.2 Jednobuněčné organismy

Jednobuněčný organismus je takový organismus, který se skládá jen z jedné buňky zajišťující všechny životní funkce potřebné k existenci druhu. Mezi jednobuněčné organismy patří všechny prokaryotické organismy – bakterie, některé sinice a z eukaryotických organismů prvoci, některé řasy a houby.

Skutečnost, že u jednobuněčných organizmů jediná buňka zajišťuje všechny životní funkce, vedla v průběhu evoluce ke vzniku specializovaných vnitrobuněčných struktur. Rozmnožování jednobuněčných organizmů je totožné s dělením buněk, jejich generační doba je proto velmi krátká.

2.4.2.1 Bakterie a člověk

Bakterie jsou nejrozšířenější skupinou organismů na světě. Celkově se odhaduje, že na Zemi žije asi 5×10^{30} bakterií. Celkový počet druhů se dá jen tušit, odhady sahají od 10^7 k 10^9 druhů. V obecném povědomí jsou bakterie spojovány se vznikem nakažlivých chorob. Ve srovnání s tím, kolik neškodných druhů žije například v ústní dutině nebo v tlustém střevě člověka, je choroboplodných (patogenních) bakterií velmi málo. Předpokládá se, že celkové množství střevních bakterií dokonce převyšuje množství lidských buněk. Hmotnost mikroorganismů v lidském těle se odhaduje na 1-3 % celkové hmotnosti člověka.

Infekční onemocnění způsobené patogenními bakteriemi

Bakterie vyvolávají choroby jednak tím, že napadají a rozrušují tkáně, a jednak tím, že vylučují jedovaté látky bílkovinné povahy – toxiny. U různých druhů bakterií se tyto dva mechanismy uplatňují různou měrou.

Vyučující uvede příklady několika bakteriálních chorob a společně se žáky vyvodí způsoby přenosu do lidského organismu. Žáci na základě svých zkušeností vyjmenují další nemoci a pak samostatně přiřazují příklady bakteriálních chorob ke správné skupině.

Buňka

Existují různé možnosti nákazy:

- alimentární cestou (sliznicemi trávicí soustavy),
- vzdušnou cestou (sliznicemi dýchací soustavy -kapénkovou infekcí),
- kůží,
- pohlavním stykem.

Přiřaďte jednotlivé bakteriální choroby ke způsobu, jak se do lidského organismu dostávají:

tuberkulóza	*borelióza*	*spála*	*zápal plic*	*záškrt*	*úplavice*
tetanus	*syfilis*	*angína*	*kapavka*	*tyfus*	*salmonelóza*

1) Alimentární cestou: úplavice, salmonelóza, tyfus.

2) Kapénkovou infekcí: tuberkulóza, spála, zápal plic, záškrt, angína.

3) Kůží: borelióza, tetanus.

4) Pohlavním stykem: syfilis, kapavka.

Bakteriemi, které nejčastěji infikují lidský organismus, jsou pravděpodobně mykobakterie způsobující tuberkulózu, které podle WHO (Světová zdravotnická organizace) způsobují smrt asi 1,4 miliónů lidí za rok, především v rozvojových zemích.

Využití v průmyslu

Průmyslové využití bakterií je velmi rozsáhlé. V potravinářském průmyslu se bakterie, jako např. *Lactobacillus*, (společně s kvasinkami a plísněmi) často již tisíce let používají k přípravě kvašených potravin, jako jsou jogurty, sýry, nakládaná zelenina, kyselé zelí, ocet a víno. V průmyslu se též uplatňují enzymy získané z bakterií – např. se přidávají do některých pracích prášků.
V chemickém průmyslu se bakterie používají k produkci nejrůznějších chemických látek, případně léků či agrochemikálií.

Využití v ochraně životního prostředí

Schopnost bakterií rozkládat mnohé látky se využívá především v zpracovávání odpadu - např. v čistírnách odpadních vod. Bakterie schopné trávit uhlovodíky v ropě jsou využívány při čištění ropných skvrn, na pláže se někdy přidává hnojivo, aby se růst bakterií podpořil (např. po havárii tankeru). Bakterie se rovněž používají namísto pesticidů v biologickém boji proti škůdcům.

Využití ve výzkumu

Ve výzkumu se bakterií využívá kvůli rychlému růstu a poměrně snadné manipulaci s nimi. Bakterie jsou modelové organismy pro molekulární biologii, genetiku a biochemii.

2.4.2.2 Mikrobiologie a některé její metody

Mikrobiologie je věda zabývající se mikroorganismy – tedy prokaryotickými organismy a některými mikroskopickými eukaryotními organismy.
Z hlediska praktické využitelnosti poznatků získaných v mikrobiologii tuto vědu dělíme například na potravinářskou mikrobiologii, která se zabývá mikrobiálními procesy využívanými ve zpracování potravin, lékařskou mikrobiologii, která se zabývá převážně mikroby, které vyvolávají u člověka nějaké onemocnění, mikrobiologii čištění odpadních vod, zemědělskou mikrobiologii, mikrobiologii ochrany materiálů, mikrobiologii životního prostředí apod.

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace a videa s některými způsoby práce v mikrobiologické laboratoři.

Mikrobiologové nepracují s jednotlivými buňkami či organismy, ale s miliony organismů, které získávají pěstováním – **kultivací** – v přesně sledovaných podmínkách v laboratoři. Toto prostředí musí mít vhodné chemické a fyzikální vlastnosti, zpravidla charakteristické pro určitý typ bakterií. Médium musí proto obsahovat všechny nezbytné živiny nutné pro život a růst bakterií. Každá bakterie navíc vyžaduje určité minerální látky, ty se nejčastěji přidávají ve formě různých sloučenin.

V klinické mikrobiologii je dnes základní živnou půdou **krevní agar** připravovaný smíšením ovčí krve, minerálních látek a agaru (látka z mořských řas). Může být dále upravován pro určité skupiny bakterií. Na ztuhlý agar v Petriho miskách se nanáší – **očkuje** – materiál obsahující bakterie. Bakterie se množí a vytvoří **kolonie** viditelné pouhým okem.

2.4.3 Mnohobuněčné organismy

Mnohobuněčnost je stav, kdy je tělo určitého organismu složeno z většího počtu buněk, které jsou specializované a spolupracují mezi sebou. Mezi mnohobuněčné organismy patří většina eukaryotických organismů, tedy živočichů, rostlin a hub. Ovšem i některá prokaryota jsou schopná zůstat po buněčném dělení pohromadě, a tedy tvoří jednoduchá mnohobuněčná uskupení. Nejmenší mnohobuněčné organismy se skládají řádově z tisíců buněk, nejsložitější mnohobuněčné organismy řádově z desítek bilionů buněk.

Typickým rysem mnohobuněčných organismů je určitá specializace buněk, tzv. buněčná diferenciace. Udává se, že je v těle obratlovců 200 typů buněk a tyto typy jsou ještě dále rozlišitelné na několik subtypů (jiné zdroje uvádí u člověka dokonce 400 typů buněk). Buňky podobné struktury a funkce se seskupují ve tkáně a pletiva, ty pak v orgány a orgánové soustavy. Navíc se u mnohobuněčných organismů vyvinuly zvláštní řídicí soustavy, regulující činnost orgánů tak, aby jedinec fungoval jako koordinovaný celek.
Nejčastější způsob rozmnožování mnohobuněčných organismů je pohlavní rozmnožování.

2.5 Praktická cvičení

2.5.1 Živočišná buňka - pozorování prvoků v senném nálevu

Příprava dočasného mikroskopického preparátu ze senného nálevu a pozorování živočišných buněk Trepky velké mikroskopem

Pomůcky: mikroskop, podložní a krycí sklíčko, potřeby k mikroskopování, Petriho miska, vata, zavařovací sklenice s uzávěrem.

Biologický materiál: senný nálev asi 10 - 14 dní starý, Trepka velká (*Paramecium caudatum*).

Učitel zopakuje postup při přípravě dočasného preparátu za využití prezentace, vysvětlí a předvede přípravu preparátu ze senného nálevu a pak provádí vlastní pozorování na mikroskopu se zabudovanou kamerou, které žáci mohou sledovat on-line na tabuli.

Postup práce:

a) příprava senného nálevu:

- do zavařovací sklenice naberte vodu z přírodního zdroje - potoka nebo rybníka,
- přidejte seno, listí, nebo mech, případně trochu půdy,
- sklenici uzavřete a nechejte stát asi 14 dní v teplé místnosti.

b) příprava mikroskopického preparátu a pozorování:

- ze senného nálevu odeberte kapátkem vodu a kápněte ji na podložní sklíčko,
- do kapky vody vložte několik vláken vaty pro zpomalení pohybu prvoků,
- přikryjte krycím sklíčkem tak, aby nevznikla vzduchová bublina,
- pozorujte pod mikroskopem nejdříve při malém, potom při větším zvětšení,
- vyhledejte v preparátu trepky, pozorujte tvar jejich těla a způsob pohybu,
- zhotovte 2 nákresy pozorovaných trepek a popište části jejich těla,
- zapište zvětšení.

Žáci pracují ve dvojčlenných až tříčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Mohou porovnat vlastní pozorování s preparátem promítnutým na tabuli.

Nákres: načrtněte a popište mikroskopované preparáty.

Buňka

Možný nákres:

Zvětšení: **400x**

Závěr: *Žáci porovnají nákresy obou mikroskopických preparátů.*

2.5.2 Živočišná buňka - pozorování buněk dlaždicového epitelu psa

Pozorování živočišných buněk na trvalém mikroskopickém preparátu

Pomůcky: mikroskop, sada žákovských preparátů.

Vyučující provádí vlastní pozorování na mikroskopu se zabudovanou kamerou, které žáci mohou sledovat on-line na tabuli.

Postup práce:

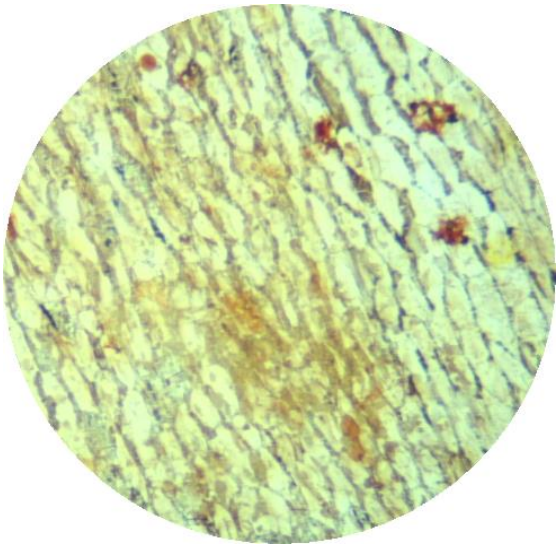
- upevněte preparát na pracovní stolek mikroskopu,
- zaostřete a pozorujte,
- zhotovte nákres pozorovaných buněk,
- zapište zvětšení.

Žáci pracují ve dvojčlenných až tříčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Mohou porovnat vlastní pozorování s preparátem promítnutým na tabuli.

Nákres: načrtněte mikroskopovaný preparát.

Buňka

Možný nákres:



Zvětšení: **100x**

2.5.3 Rostlinná buňka - pozorování buněk listu

Práce s mikroskopem - pozorování buněk listů různých rostlin na trvalém mikroskopickém preparátu

Pomůcky: mikroskop, sada žákovských preparátů – příčný řez listu zimního jasmínu, list bobu obecného, list přeslice vodní.

Vyučující provádí vlastní pozorování na mikroskopu se zabudovanou kamerou, které žáci mohou sledovat on-line na tabuli.

Postup práce:

- vyberte si ze sady preparát a upevněte ho na pracovní stolek mikroskopu,
- zaostřete a pozorujte,
- zapište název rostliny, zhotovte nákres a zapište zvětšení,
- pozorujte postupně listy 3 různých druhů rostlin.

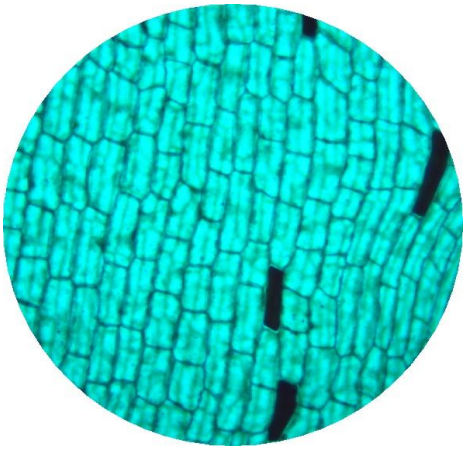
Žáci pracují ve dvojčlenných až tříčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Mohou porovnat vlastní pozorování s preparáty promítnutými na tabuli.

Buňka

Nákresy: načrtněte mikroskopované preparáty a připojte název rostliny.

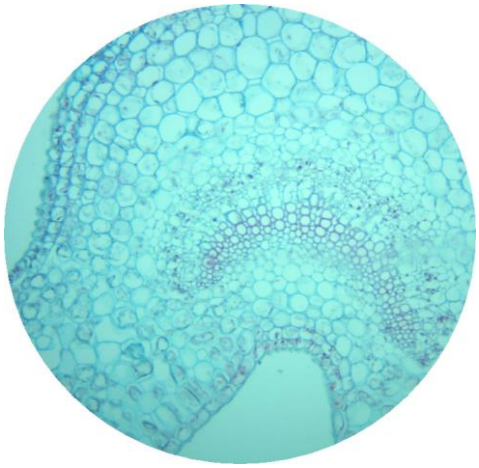
Možné nákresy:

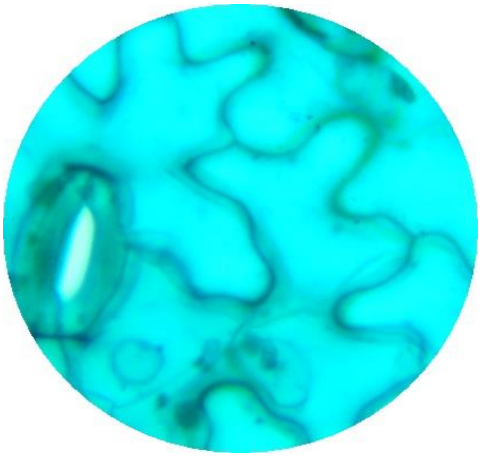
1. List Přeslice vodní (*Hydrilla verticillata*)



Zvětšení: 100x

2. Příčný řez listu jasmínu (*Jasminum nudiflorum*)





3. List Bobu obecného-průduchy (*Vicia faba*)

Zvětšení: 400x

Buňka

2.6 Otestuj si své znalosti

2.6.1 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení

a) Buněčnou teorii ve smyslu, že je buňka základní strukturní jednotkou všech organismů, poprvé formulovali v r. 1839 němečtí vědci M. Schleiden a T. Schwann. **ANO**/NE

b) Eukaryotní buňka obsahuje jednu kruhovou molekulu DNA nesoucí genetickou dědičnou informaci **(prokaryotní).** ANO/**NE**

c) Prokaryotní organismy jsou vždy jednobuněčné, nevytvářejí mnohobuněčný organismus. **ANO**/NE

d) Syntéza bílkovin probíhá na ribozomech, které se nacházejí v cytoplazmě všech buněk a na povrchu endoplazmatického retikula. **ANO**/NE

e) Mitochondrie jsou semiautonomní organely, ve kterých probíhá v rostlinné buňce fotosyntéza **(fotosyntéza probíhá v chloroplastech).** ANO/**NE**

f) Cytoplazmatická membrána je pevná struktura určující tvar buňky a je složena z celulózy, polysacharidů a bílkovin **(buněčná stěna).** ANO/**NE**

g) Živočišné buňky nemají buněčnou stěnu. **ANO**/NE

h) Vakuoly slouží v rostlinných buňkách k ukládání zásobních látek a odpadních produktů. **ANO**/NE

i) Viry a bakterie patří mezi prokaryotické organismy **(jen bakterie).** ANO/**NE**

2.6.2 Odpovězte na následující otázky

Žáci mohou pracovat jednotlivě nebo ve skupinkách a odpovídat na uvedené otázky nejprve ústně a pak na některé písemně, případně při domácí přípravě nebo v rámci opakování v následující hodině.

a) Které základní životní projevy buňky znáte?

b) Jaké jsou hlavní rozdíly mezi prokaryotickou a eukaryotickou buňkou?

c) Které organismy řadíme k prokaryotům?

d) Jaké jsou hlavní rozdíly mezi rostlinnou a živočišnou buňkou?

e) Vyjmenujte základní buněčné organely.

f) Které organely slouží k pohybu jednobuněčných organismů?

g) Které základní skupiny živých organismů znáte?

h) Vyjmenujete některá virová a bakteriální onemocnění.

3 Základy genetiky

3.1 Základní pojmy

3.1.1 Kvíz

1) Který český vědec je považován za zakladatele genetiky?
   - Jan Evangelista Purkyně
   - **Johan Gregor Mendel**
   - Jaroslav Heyrovský

2) Dědičnost organismů je:
   - **schopnost živých jedinců předávat charakteristické vlastnosti potomkům**
   - způsobena vnějšími podmínkami prostředí
   - totéž, co proměnlivost organismů

3) Dceřiné klony, které jsou geneticky totožné, vznikají z mateřského jedince:
   - při pohlavním rozmnožování
   - při splynutí spermie a vajíčka
   - **při nepohlavním rozmnožování**

4) Příkladem nepohlavního rozmnožování **není:**
   - pučení u Nezmara hnědého
   - **vznik zygoty při splynutí spermie a vajíčka**
   - buněčné dělení u Trepky velké

5) Při pohlavním rozmnožování
   - získává jedinec 60 % genetického materiálu od otce, 40 % od matky
   - **získává jedinec 50 % genetického materiálu od otce, 50 % od matky**
   - získává jedinec 40 % genetického materiálu od otce, 60 % od matky

3.1.2 Základní genetické pojmy

Přiřaďte k jednotlivým pojmům správnou definici

1.	obecná genetika	**e)**	zkoumá biologické procesy související s vlastnostmi organismů
2.	molekulární genetika	**g)**	zabývá se studiem struktury a funkce nukleových kyselin
3.	genetika populací	**h)**	nauka o změnách zastoupení genů v populaci
4.	genetika člověka	**i)**	věda zabývající se lidským genomem
5.	dědičnost (heredita)	**a)**	schopnost živých organismů si předávat z generace na generaci určité znaky, vlohy a schopnosti
6.	proměnlivost (variabilita)	**j)**	je ovlivněna podmínkami vnějšího prostředí i vrozeným základem znaků a vlastností daného organismu
7.	gen	**d)**	vloha, základní jednotka dědičné informace
8.	znak	**c)**	určitá vlastnost organismu, kterou způsobují geny
9.	alela	**b)**	konkrétní forma genu
10.	genotyp	**f)**	soubor genů - kompletní genetická informace organismu (či buňky)

Genetika je věda zabývající se dědičností a proměnlivostí organismů. Jedná se o poměrně mladou vědu, přesto se v poslední době stala klíčovou biologickou vědou a její význam stále roste. *Obecná genetika* zkoumá biologické procesy související s vlastnostmi organismů od úrovně molekulární až na úroveň celých populací a evoluce. *Speciální (užitá) genetika* se zabývá konkrétními aplikacemi teoretických poznatků obecné genetiky.

3.2 Historie genetiky

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace a informací v učebních materiálech s životem zakladatele genetiky a rodáka z našeho regionu J. G. Mendela.

3.2.1 J. G. Mendel

Co víte o životě J. G. Mendela?

Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení, pak si přečtěte podrobnější informace o životě J. G. Mendela a zkontrolujte si správnost svých odpovědí.

a) Johann Gregor Mendel se narodil v rodině drobných zemědělců v roce 1822 v Hynčicích, části obce Vražné na Novojičínsku. **ANO**/NE

b) Po absolvování základní školy v Hynčicích navštěvoval mladý Johann piaristickou školu v Lipníku nad Bečvou. **ANO**/NE

c) I když působil v dvojjazyčném prostředí, jeho mateřským jazykem byla čeština. ANO/**NE**

d) Středoškolské vzdělání ukončil Mendel maturitní zkouškou na gymnáziu v Opavě a pak studoval na Filozofické fakultě Karlovy Univerzity v Brně. ANO/**NE**

e) Mendel se chtěl stát učitelem českého jazyka. ANO/**NE**

f) Roku 1843 se stal mnichem řádu svatého Augustina, kde první čtyři léta studoval bohosloví. **ANO**/NE

g) V zahradě augustiniánského kláštera v Brně podnikl své experimenty s dědičností čočky. ANO/**NE**

h) V letech 1854 – 1865 objevil obecné zákonitosti přenosu znaků z rodičů na potomstvo, když však své výsledky publikoval, nevzbudily žádný ohlas a byly na několik desetiletí zapomenuty. **ANO**/NE

i) V roce 1868 se Mendel stal opatem a prelátem augustiniánského kláštera v Brně. **ANO**/NE

j) Zabýval se také astronomií a uveřejnil několik prací z meteorologie. **ANO**/NE

Nyní si žáci prostudují životopis J. G. Mendela a zkontrolují správnost svých odpovědí.

Základy genetiky

Johann Mendel se narodil 20. července 1822 v rodině německy mluvících drobných zemědělců v Hynčicích, části obce Vražné v okrese Nový Jičín. Rodný dům J. G. Mendela je poměrně rozsáhlý rolnický statek, který je kulturní památkou ČR. Po absolvování základní školy v Hynčicích navštěvoval mladý Johann piaristickou školu v Lipníku nad Bečvou. Mendlovi byli chudí, Mendel téměř ani nemohl dochodit gymnázium v tehdy málo známé Opavě, i když vždy patřil k nejlepším žákům. Mendel si proto musel na živobytí vydělávat soukromým vyučováním. Kvůli nemoci musel studium přerušit, ale pak se mu podařilo gymnázium ukončit a téměř bez prostředků přešel studovat filozofii na olomoucké universitě.

Mendel se chtěl stát učitelem přírodopisu. Během studia se Mendel živil převážně kondicemi. Z finančních důvodů a na přání matky vstoupil 1843 do augustiniánského kláštera v Brně, který mu skýtal možnosti studia a později i vědecké práce. Zde přijal řeholní jméno Gregor. Roku 1843 se stal mnichem řádu svatého Augustina, kde první čtyři léta studoval bohosloví. Přitom se učil např. latině, řečtině, chaldejštině, syrštině a arabštině, absolvoval rovněž přednášky ze zemědělství a ovocnářství. Začal učit na gymnáziu ve Znojmě, pak šel studovat dva roky na univerzitu do Vídně. Během studií se velmi zajímal o fyziku, matematiku a meteorologii. Díky důkladnému studiu těchto věd si uvědomil důležitost matematiky a statistiky pro vysvětlování přírodních dějů. Toho později využil během svých pokusů s hrachem.

Po svém návratu do Brna Mendel pokračoval v úspěšné výuce přírodopisu a studiu. Mendel měl štěstí v tom, že jeho představený opat byl velkorysý a nebránil jeho vědecké práci, naopak Mendela podporoval v jeho studiu i ve výzkumech, které prováděl v klášterní zahradě. Mendel se tak mohl plně soustředit na svou tvůrčí práci.

Mendel se zabýval křížením hrachu a sledování potomstva. Při následném křížení sledoval 7 dědičných znaků (tvar semen a lusků, zbarvení děloh, květů a nezralých lusků, délku stonku a postavení květů). Po matematickém zhodnocení výsledků zjistil, že se nedědí přímo znaky, ale "vlohy" pro ně. Formuloval tři pravidla, která později vešla ve známost jako Mendelovy zákony dědičnosti. Mendel tak dal za vznik klasické genetice. Roku 1866 vydal o svých pozorováních práci nazvanou *Versuche über Pflanzenhybriden* (Pokusy s rostlinnými kříženci), která však ve své době neměla vůbec žádný ohlas a byla dokonce zapomenuta. Až o 35 let později, v roce 1900 došli ke stejným výsledkům nezávisle na sobě tři jiní vědci, ale uznali Mendelovo prvenství.

V roce 1868 Mendel převzal místo opata - představeného kláštera. Všechen čas mu zabíraly administrativní práce. V roce 1869 se mu dostalo jediné pocty za svého života v odborných přírodovědných kruzích: byl zvolen viceprezidentem Přírodovědeckého spolku v Brně.

Zabýval se také astronomií a uveřejnil několik prací z meteorologie. Meteorologická pozorování konal důsledně a poslední záznam učinil šest dní před svou smrtí. Zemřel na zánět ledvin ve věku 62 let.

Mendel příliš předběhl dobu, když základy učení, později nazvaného mendelismem, vytvořil 23 roků předtím, než se objevil termín "chromozóm", 22 let předtím, než bylo objeveno redukční dělení, a 31 let před první zmínkou o chromozomové teorii dědičnosti.

3.2.2 Historie genetiky ve zkratce

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace a informací v pracovních listech s nejdůležitějšími historickými daty a osobnostmi z dějin genetiky.

3.3 Rozmnožování a dědičnost

3.3.1 Nepohlavní rozmnožování

Při **nepohlavním rozmnožování** vznikají z mateřského jedince dceřiné klony, jsou geneticky totožné.

- jednobuněční a velmi ojediněle nižší živočichové
- nový jedinec vzniká z části rodičovského organismu – ten obvykle doroste do původní velikosti, vzniká tedy z tělových buněk rodiče
- velmi dobré pro živočichy, kteří jsou již velmi dobře přizpůsobeni svému neměnnému životnímu prostředí
- typy nepohlavního rozmnožování – nejčastěji buněčné dělení (Trepka velká), pučení (Nezmar hnědý), u mnohobuněčných rozmnožování výtrusy.
- vysoká regenerační schopnost daných živočichů

3.3.2 Pohlavní rozmnožování

Při **pohlavním rozmnožování** vzniká zárodečná buňka – **zygota**, splynutím dvou pohlavních buněk (spermie a vajíčka). Takto vzniklý jedinec je geneticky odlišný od svých rodičů.

- U dokonalejších organismů (rostliny i živočichové),
- tvorba pohlavních buněk – tzv. gamet ve specializovaných orgánech,
- většinou oddělené pohlaví – diferenciace v tvaru, velikosti, barvě, …
- při pohlavním rozmnožování vznikají jedinci, kteří mají genetickou informaci 1:1 od mateřských jedinců (rodičů) -nelze aby měl jen od jednoho 100 %! (klon),
- někdy střídání pohlavní a nepohlavní generace – rodozměna,
- možnost evoluce,

- buněčný cyklus (cyklus, kterým prochází buňka mezi svými děleními). Ve složitém mnohobuněčném organismu (jakým je například člověk) je přísná regulace buněčného dělení zcela nezbytná, neboť se dělí pouze ty buňky, u kterých je to momentálně potřeba.

Přiřaďte k jednotlivým typům rozmnožování jeho výhody a nevýhody:

1) pohlavní rozmnožování	b) energeticky náročné
	c) geneticky variabilní potomstvo má větší šanci odolat náhlým změnám prostředí
2) nepohlavní rozmnožování	a) energeticky méně náročné
	d) klony jsou zranitelnější vůči náhlým změnám prostředí

3.4 Geny a chromozomy

Vyučující seznámí žáky prostřednictvím prezentace a informací v pracovních listech se stavbou chromozomů a jejich počtem u člověka a u některých dalších živých organismů.

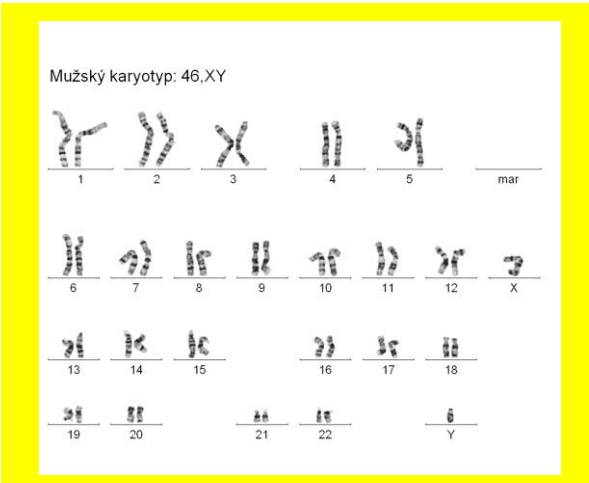
Zygota (a každá buňka, která z ní dělením vznikne) obsahuje v jádře stálý počet chromozomů. V tělních buňkách je každý chromozom v páru -***homologní chromozomy***. Jeden z homologních chromozomů pochází od otce a jeden od matky.

3.4.1 Chromozomy a jejich stavba

Název ***chromozom*** vznikl z řeckých slov *chroma = barva a soma = tělo*, a dal by se přeložit jako „barevné tělísko“. Jde o specifickou buněčnou strukturu eukaryotních organizmů, která se nachází v jádře. Funkce chromozomů spočívá v usnadnění rovnoměrného rozdělení genetické informace do dceřiných buněk. Nejlépe pozorovatelné pod mikroskopem jsou v průběhu buněčného dělení, během kterého získávají svůj specifický spirálový tvar.

Počet, velikost a tvar chromozomů v jedné buňce, tedy soubor chromozomů nazývaný ***karyotyp***, je u konkrétního druhu konstantní, proto se tento soubor považuje za jeden z druhových znaků. Např. tělní buňky člověka obsahují **46 chromozomů – tedy 23 párů.**

Karyotyp muže:



Základy genetiky

Příklady počtů chromozomů pro některé druhy:

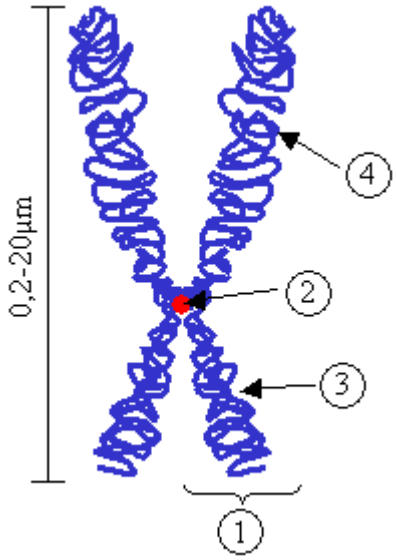
člověk	***46***	***holub***	***80***
pes	***78***	***kapr***	***104***
kočka	***38***	***komár***	***6***
kůň	***66***	***brambor***	***48***
myš	***40***	***borovice***	***24***
šimpanz	***48***	***jetel***	***14***

Chromozomy jsou pentlicovité útvary tvořené zpravidla *dvěma* ***chromatidami*** (vlákny DNA) propojenými ***centromerou*** (ztenčená oblast mezi chromatidami), koncové části chromatid se nazývají telomery. Chromatidy nemusejí být stejně dlouhé, rozlišují se proto na ***kratší rameno*** a ***delší rameno.*** U některých chromozomů se nachází ještě sekundární zaškrcení, které odděluje jeho koncovou část, to je tzv. satelit.

Žáci doplní chybějící informace.

Popište jednotlivé části chromozomu:

1. ***chromatida***
2. ***centromera***
3. ***kratší rameno***
4. ***delší rameno***



Doplňte správnými výrazy:

U člověka (i u ostatních eukaryotických organismů) je většina genetického materiálu uložena v **jádře.**

Genetický materiál je uspořádán v chromozomech. Člověk má ***23*** párů chromozomů.

Dvojice stejných chromozomů se nazývá **homologní**, dvojice různých chromozomů se nazývá **heterologní.**

Tělní (somatické buňky) mají **46** chromozomů – diploidní počet 2n.

Pohlavní buňky mají 23 chromozomů – **haploidní počet n.**

Základy genetiky

3.5 Dědičnost a proměnlivost mnohobuněčného organismu

J. G. Mendel jako první začal sledovat místo celkového vzhledu pouze jednotlivé znaky a byl při svém výzkumu velmi přesný a důsledný. Sledoval znaky, jako jsou semena kulatá nebo hranatá, žlutá nebo zelená. Sledoval dědičnost znaků (fenotyp), které jsou podmíněny vlohami (geny).

Genotyp – genetická výbava organismu.

Fenotyp – vnější projev genů (je často výsledkem kombinace genetického základu a vlivu prostředí)

3.5.1 Alelová analýza

Vyučující seznamuje žáky prostřednictvím prezentace, obrázků a informací v pracovních listech a konkrétních příkladů se základními principy křížení, principem dominance a recesivity a Mendelovými zákony.

Geny mohou existovat ve dvou či více variantách – alelách. **Alela** je konkrétní forma genu.

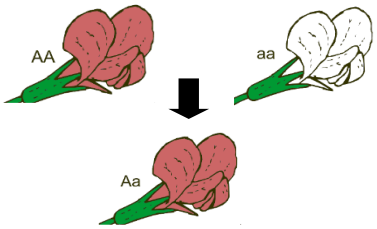
Každý organismus má geny ve dvojím provedení (protože má chromozomy v páru). Tyto alely mohou být shodné – pak hovoříme o **homozygotním** organismu, nebo ve dvou odlišných formách – **heterozygot**.

Křížení – hybridizace:

Křížením homozygotního bělokvětého a červenokvětého hrachu získáme jednotnou generaci heterozygotního hrachu s červeným květem

P generace
rodičovská generace

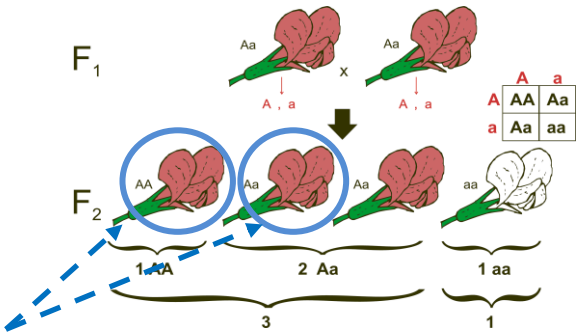
F 1 generace
dceřiná generace



Geny pro červenou barvu květu jsou silnější než geny pro bílou barvu květu, geny pro bílou barvu květu jsou recesivní.

Geny pro bílou barvu květu však zůstávají přítomny i v F1.

Křížením F1 generace mezi sebou se vzniká potomstvo, ve kterém se vyskytují rostliny s červenými i bílými květy.



Označené červenokvěté rostliny vypadají stejně, mají stejný **fenotyp**. Přesto nejsou identické, mají odlišnou genetickou výbavu – **genotyp.**

3.5.1.1 Dominance a recesivita

Alely mají odlišnou sílu projevu. Pokud se sejdou dvě různé alely a fenotypově se projeví pouze jedna z nich, označujeme ji jako **dominantní**, tu, která se neprojeví pak jako **recesivní**. Recesivní alela se může projevit jen tehdy, pokud jsou obě recesivní alely v páru.

Experiment s dědičností červených a bílých květů byl příklad **úplné dominance**.

Úplná dominance: dominantní alela se ve fenotypu projeví zcela a neomezeně na úkor recesivní alely (např. **A** – dominantní alela pro červenou barvu květu**, a**- recesivní alela pro bílou barvu květu, pak jedinci s výbavou **AA** (dominantní homozygot) a **Aa** (heterozygot) budou mít červené květy, zatímco **aa** (recesivní homozygot) bude mít bílou barvu.

Neúplná dominance: dominantní alela se ve fenotypu projeví omezeně (při podobném zadání, **AA** (dominantní homozygot) by měl červenou barvu květů, **aa** (recesivní heterozygot) by měl bílou barvu květu a heterozygot **Aa** by měl růžovou barvu.

Kodominance: u genu s třemi a více alelami, kde je dva či více dominantních alel (když se setkávají, dávají vznik novému fenotypu – např. u krevních skupin).

3.5.1.2 Mendelovy zákony

Základní pravidla o funkci alel dnes označujeme jako Mendelovy zákony, které J. G. Mendel zformuloval na základě statistického vyhodnocování výsledků svých mnohaletých pokusů s křížením.

Vyučující nejdříve připomene základní informace o J. G. Mendelovi (možno prostřednictvím interaktivního cvičení v prezentaci) a ukáže na obrázku 7 charakteristik hrachoru pozorovaných Mendelem.

Mendelovy fenotypové zákony

Zákon o uniformitě hybridů F1 generace

Všichni potomci homozygotních rodičů jsou genotypově i fenotypově stejní (**AA + AA -> AA, aa + aa -> aa, AA + aa -> Aa**). To znamená, že při křížení červenokvětých se žlutokvětými rostlinami můžeme dostat všechny červené, všechny žluté (výjimečně též například oranžové), ale nikdy ne část žlutých a část červených.

Zákon o čistotě vloh a jejich štěpení

Každá pohlavní buňka obsahuje z každého páru alel pouze jednu z nich. Křížíme-li mezi sebou heterozygotní jedince, dojde v jejich potomstvu k vyštěpení dominantních a recesivních znaků v určitém poměru (genotypově vždy **Aa + Aa -> AA : Aa : Aa : aa**, fenotypově buď **1:2:1** v případě neúplné dominance, nebo **3:1** u dominance úplné).

Základy genetiky

Mendelovy genotypové zákony

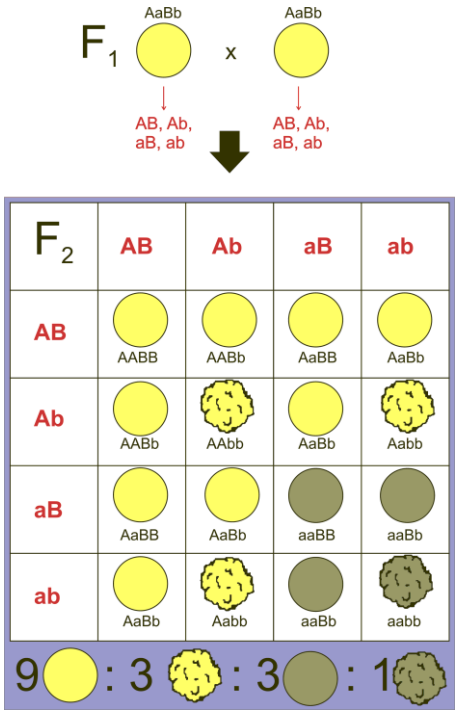
Mendelův zákon o segregaci alel

Při tvorbě pohlavních buněk dochází k segregaci chromozomů (a tím i alel). Segregace alel je náhodná (50 % na 50 %). Heterozygotní jedinec s geny **Aa** může produkovat pohlavní buňky nesoucí jak **A,** tak **aa**. Homozygot (např. **AA**) může produkovat pohlavní buňky nesoucí pouze **A**.

Mendelův zákon o volné kombinovatelnosti alel

Vzájemným křížením polyhybridů (vícenásobných heterozygotních hybridů) vzniká genotypově i fenotypově nejednotné potomstvo s tolika kombinacemi genů, kolik je možných matematických kombinací mezi dvěma matematickými veličinami.

Pozorujeme-li dědičnost dvou znaků (daných dvěma odlišnými geny), pak alely těchto genů jsou distribuovány nezávisle. Heterozygotní jedinec (dihybrid) **AaBb** může produkovat pohlavní buňky **AB, Ab, aB, ab.**



Příklad: Dědičnost tvaru a barvy semen hrachu setého.

Žlutá barva a kulatý tvar hrachu setého (*Pisum sativum*) jsou dominantní, zelená barva a hranatě svraštělý tvar jsou recesivní.

A - žlutá barva

B - kulatý tvar

a - zelená barva

b - svraštělý tvar

Dvojitý hybrid **AaBb** (kulatá žlutá semena) tvoří 4 typy gamet, které v další generaci **F2** se mohou všechny vzájemně kombinovat. V kombinačním čtverci je tedy celkem 16 kombinací, některé se však opakují. Protože alely **A** a **B** jsou úplně dominantní nad alelami **a** a **b**, vzniknou **4 různé fenotypy** ve štěpném poměru **9 : 3 : 3 : 1.**

Zákon o volné kombinovatelnosti alel platí jen omezeně a vztahuje se jen na případy, kdy se geny nacházejí v různých párech chromozomů. Toto objevil americký biolog Morgan v prvé polovině 20. století. Pokud se více vloh nachází ve stejném páru chromozomů, existuje mezi nimi vazba a geny se dědí jako celek (vazbová skupina). Ale ani to neplatí vždy, protože do hry vstupuje crossing-over (náhodné výměny částí genů mezi párem odpovídajících si chromozomů). Čím dále jsou od sebe geny na daném chromozomu, tím častěji je crossing-over zaměňuje. Této vlastnosti se využívá při tvorbě genetických map vyjadřujících vzájemnou polohu genů v určité vazbové skupině.

3.5.1.3 Úkoly k zamyšlení a k procvičení

Žáci pracují ve dvojicích a řeší úlohy. Při společné kontrole vyučující vysvětlí případné nejasnosti.

1. Černá barva srsti je u skotu dominantní vůči červené a celotělové zbarvení je dominantní vůči skvrnitému zbarvení (strakatému). Jaké potomstvo můžeme očekávat ze zkřížení celotělově černého zvířete (homozygota dominantního v obou znacích) s červeně strakatým (homozygota recesivního v obou znacích)?

   Z křížení celotělově černého zvířete **(BBSS)** s červeně strakatým (**bbss)** vzniknou všechna zvířata celotělově černá (heterozygotní v obou znacích – **BbSs**).

   P: BBSS x bbss

   F1: BbSs

2. Černá barva u skotu je dominantní nad barvou červenou. Zkřížením černého býka s červenými krávami byla získána černá i červená telata. Co můžeme říci o genotypu rodičů?

   P: Čč x čč

   F1: Čč čč

3. Zkřížením černého morčete s bílým získáme 12 černých potomků. Když je bílé morče opět zkříženo s jiným černým morčetem, získáme 7 černých a 5 bílých potomků. Jak vysvětlíte tento jev? Napište genotypy rodičů i potomků v obou případech.

   P: BB x bb *P: Bb x bb*

   F1: Bb *F1: Bb bb*

4. Muž má šest prstů na každé ruce. Jeho žena i dcera mají normální počet prstů. Šestý prst je projevem dominantní alely. U jakého procenta potomků mohou očekávat, že se tato alela projeví?

   Muž je heterozygotní (dcera prst navíc nemá), proto lze očekávat, že 50 % potomků může mít šest prstů.

5. V genu pro barvu očí jsou alely pro hnědou barvu a pro modrou barvu. Z následujících informací, které byly zjištěny při studiu 337 dánských rodin, rozhodněte, která alela je dominantní a proč?

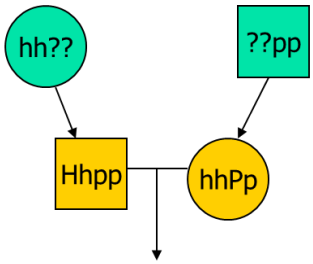
   Alela pro hnědou barvu očí je dominantní, alela pro modrou barvu očí je recesivní. Hnědoocí rodiče mohou mít modrooké děti (jsou-li heterozygotní), modroocí rodiče však hnědooké dítě mít nemohou.

Barva očí rodičů	Počet párů	Počet dětí s modrýma očima	Počet dětí s hnědýma očima
modré x modré	150	625	0
modré x hnědé	158	317	322
hnědé x hnědé	29	25	82

6. U člověka je hnědookost dominantní před modrookostí a pravorukost dominantní nad levorukostí. Hnědooký levák, jehož matka měla modré oči, se ožení s modrookou pravačkou, jejíž otec byl levák.

a) Jaké mají genotypy?

b) Jaké genotypy a fenotypy lze očekávat u jejich dětí?



a) Hnpp a hhPp

b) genotyp: HhPp, Hhpp, hhPp, hhpp

fenotyp: hnědooký pravák, hnědooký levák, modrooký pravák, modrooký levák

3.6 Genový význam DNA

Vyučující nejdříve zjistí, co si žáci pamatují o složení nukleových kyselin z hodin chemie, a pak celé učivo zopakuje a doplní prostřednictvím prezentace, schematických obrázků a informací v učebních materiálech.

V molekulách nukleových kyselin jsou v živé hmotě, a tudíž v živných buňkách a organismech zapsány veškeré jejich genetické informace. Téměř univerzálně je nosičem genetických informací **DNA**, pouze v některých virech připadá tato funkce na **RNA** (ribonukleovou kyselinu). Genetická informace umožňuje buňce a organismu realizaci určitého znaku. Specifická primární struktura molekul DNA zůstává nezměněna po celý život buňky.

3.6.1 Chemická struktura nukleových kyselin

Nukleové kyseliny mají obrovskou molekulu, která podobně jako bílkoviny, tvoří dlouhý nevětvený řetězec. Základní stavební jednotkou je tzv. **nukleotid**, který se skládá ze tří složek:

- pentóza (pěti-uhlíkatý cukr),
- fosfátová skupina (zbytek kyseliny fosforečné),
- dusíkatá báze.

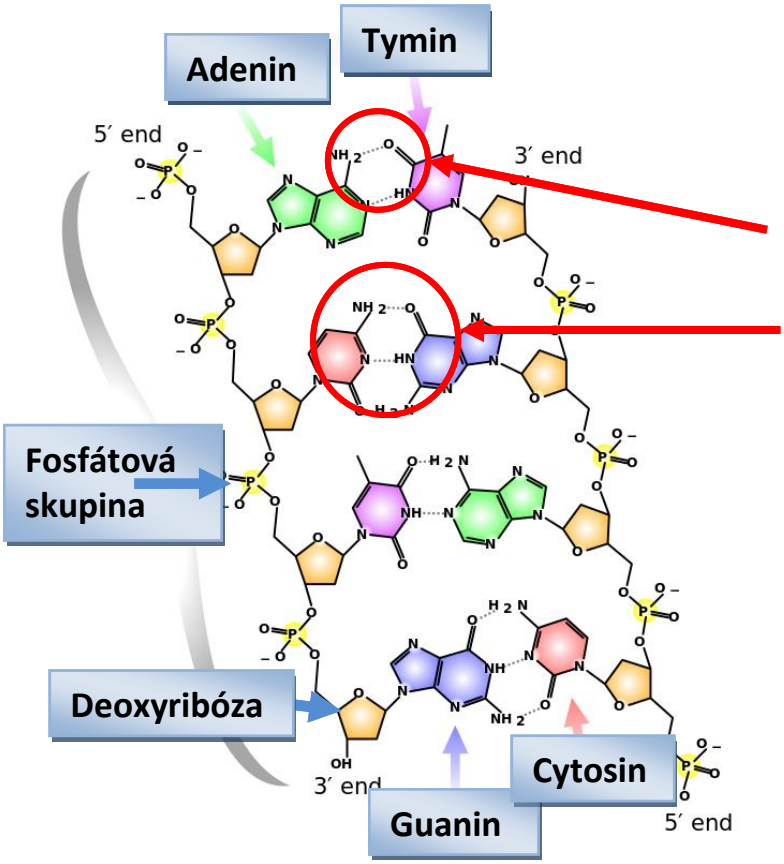
3.6.1.1 Kyselina deoxyribonukleová - DNA

Kyselina deoxyribonukleová (DNA) je obsažena v jádrech všech eukaryotických buněk (u prokaryotických buněk je uložena volně v cytoplazmě), mimojaderná DNA se nachází také v mitochondriích a v plastidech. Molekula DNA je tvořena dvěma polynukleotidovými řetězci (je dvouvláknová), stočenými do **dvoušroubovice**, každý řetězec je tvořen až několika tisíci nukleotidů.

Nukleotid DNA:

Základy genetiky

- pentóza (pěti-uhlíkatý cukr) – **deoxyribóza**
- **fosfátová skupina**
- dusíkaté báze: **A = adenin**
  T = tymin
  G = guanin
  C = cytosin



Spojení mezi vlákny dvoušroubovice DNA je realizováno vodíkovými vazbami mezi bázemi obou řetězců.

Mezi **adeninem a tyminem** jsou **dva** vodíkové můstky

Mezi **guaninem a cytosinem** jsou **tři** vodíkové můstky.

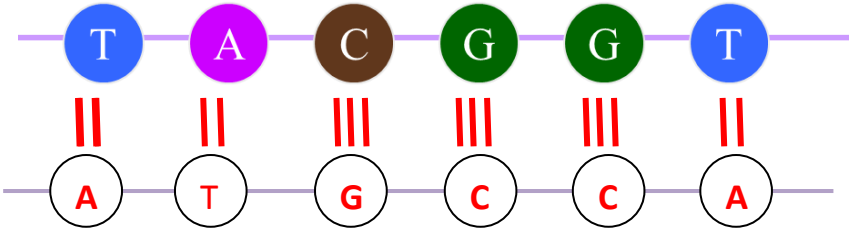
K vazbě mezi určitou dvojicí bází dochází na základě tzv. **komplementarity:**

- **cytosin** je komplementární s **guaninem,**
- **adenin** je komplementární s **tyminem,**
- sekvence nukleotidů v obou řetězcích je na sobě závislá,
- je-li v jednom řetězci cytosin, pak leží ve druhém naproti vždy guanin **(pár C-G),**
- naproti adeninu leží vždy tymin **(pár A-T).**

Různým pořadím nukleotidů v řetězci lze dosáhnout obrovského počtu kombinací. Právě různý **sled jednotlivých druhů nukleotidů** – který se nazývá tzv. **primární strukturou** – v sobě uchovává genetickou informaci.

Doplňte komplementární báze do 2. vlákna DNA a zaznačte počet vodíkových vazeb mezi bázemi:

Žáci doplní komplementární báze, po kontrole na tabuli pak možno procvičit dalšími podobnými příklady.



3.6.1.2 Kyselina ribonukleová – RNA

Molekula kyseliny ribonukleové (RNA) je tvořena jedním polynukleotidovým řetězcem.

Nukleotid RNA:

- pentóza (pěti-uhlíkatý cukr) – **ribóza,**
- **fosfátová skupina,**
- dusíkaté báze: **A = adenin,**
  U = uracil,
  G = guanin,
  C = cytosin.

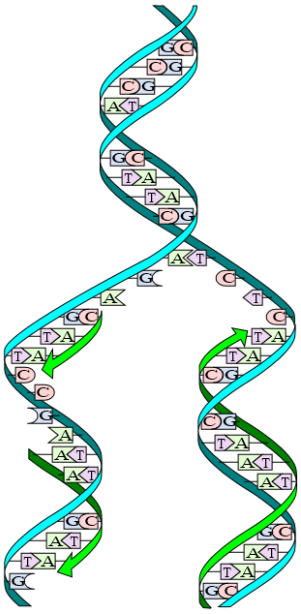
RNA zajišťuje přenos genetické informace z DNA do struktury bílkovin, v organismech je přítomna v několika typech:

- **mRNA** (messenger RNA, také mediátorová nebo informační) – obsahuje přepis informací z DNA o primární struktuře bílkovinné molekuly, je matricí pro syntézu bílkovin,
- **rRNA** (ribozomová RNA) – je součástí ribozomů, v nichž probíhá proteosyntéza,
- **tRNA** (transferová RNA) – přenáší aminokyseliny z cytoplazmy na místo syntézy bílkovin (ribozomy), kde jsou spojovány do polypeptidickych řetězců, pro každou aminokyselinu existuje alespoň jedna tRNA.

Srovnání struktury RNA a DNA

Vyučující nechá žáky prostřednictvím schématu v prezentaci a v učebních materiálech uvést hlavní rozdíly mezi strukturou DNA a RNA.

3.6.2 Replikace DNA



Replikace DNA je tvorba kopií molekul nukleových kyselin zajišťující přenos genetické informace při dělení buňky. Je založena na komplementaritě bází.

U prokaryotních buněk probíhá replikace tzv. **zipovým principem** - vlákna DNA se od sebe postupně otevřou, u eukaryotní buňky začne syntéza probíhat na několika místech najednou - **bublinkový princip.**

- Vlákna se uvolní působením enzymů (dojde k rozmotání DNA), přeruší se jen vodíkové můstky,
- nasyntetizuje se nové vlákno (podle komplementarity bází),
- původní vlákna zůstávají a připojí se k nim 1 vlákno nasyntetizované,
- z původní molekuly DNA vznikají dvě dvouřetězcové dceřiné molekuly, ve kterých jeden řetězec pochází z původní mateřské molekuly DNA a druhý je nově vytvořený.

U prokaryotní buňky měří DNA asi 1,5 mm, doba trvání replikace je asi 30 minut. U eukaryot probíhá replikace mnohem rychleji.

3.6.3 Od DNA k proteinu

DNA obsahuje úseky, které kódují pořadí aminokyselin v proteinovém řetězci (primární struktura). Takový funkční **úsek DNA kódující nějakou vlastnost organismu se nazývá gen**.

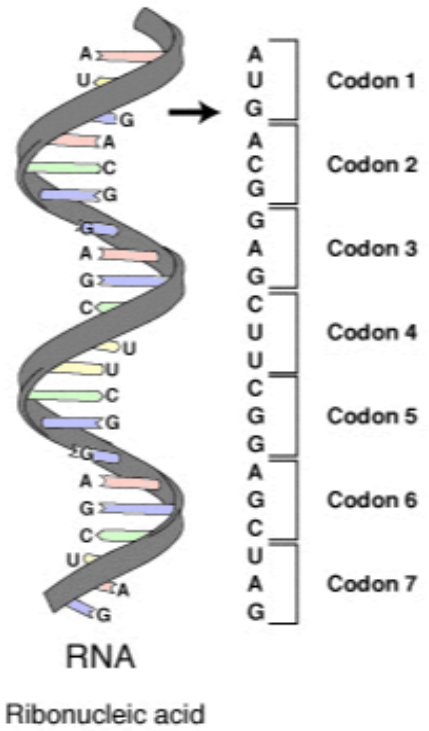
Některé geny (**strukturní geny**) jsou informační předlohou pro tvorbu bílkovin. Jiné geny (regulátorové neboli funkční geny) určují, kdy a za jakých podmínek dojde k projevu jim podřízených strukturních genů. Bílkoviny jsou u člověka zakódovány pouze asi ve3 % genetické informace, zbytek tvoří nekódující DNA.

Některé vlastnosti organismu (kvalitativní znaky, např. barva květů) mohou být skutečně kódovány jediným genem – tzv. geny velkého účinku neboli **majorgeny**. Znaky kvantitativní (např. plodnost, odolnost proti určité chorobě) jsou výsledkem komplikované souhry více genů malého účinku - **polygeny**.

Základy genetiky

3.6.3.1 Genetický kód

- Ze stavby DNA vyplývá, že genetická informace je zapsána v její struktuře jako sled 4 typů nukleotidů (A, U, G, C),
- každá z 20 aminokyselin, ze kterých se v buňkách syntetizují bílkoviny, je kódována kombinací 3 po sobě následujících bází (nukleotidů),
- začlenění každé aminokyseliny do vznikající bílkoviny je tedy určeno vždy trojicí, tzv. **tripletem nukleotidů**, které nazýváme **kodóny,**
- vzájemnými kombinacemi nukleotidů může vzniknout **64 (4^3)** různých kodónů,
- každý triplet kóduje jen jednu z 20 aminokyselin, zatímco stejná aminokyselina může být kódována i několika různými triplety.



Genetický kód je soustava biologicky podmíněných pravidel, podle kterých jsou k jednotlivým kodónům přiřazovány určité aminokyseliny (pořadí nukleotidů v nukleových kyselinách tak řídí pořadí aminokyselin v molekule bílkoviny).

3.6.4 Proteosyntéza (syntéza bílkovin)

Vyjádření genetické informace proteosyntézou (syntézou bílkovin) se nazývá **exprese genu**.

Proteosyntéza probíhá ve **dvou stupních**:

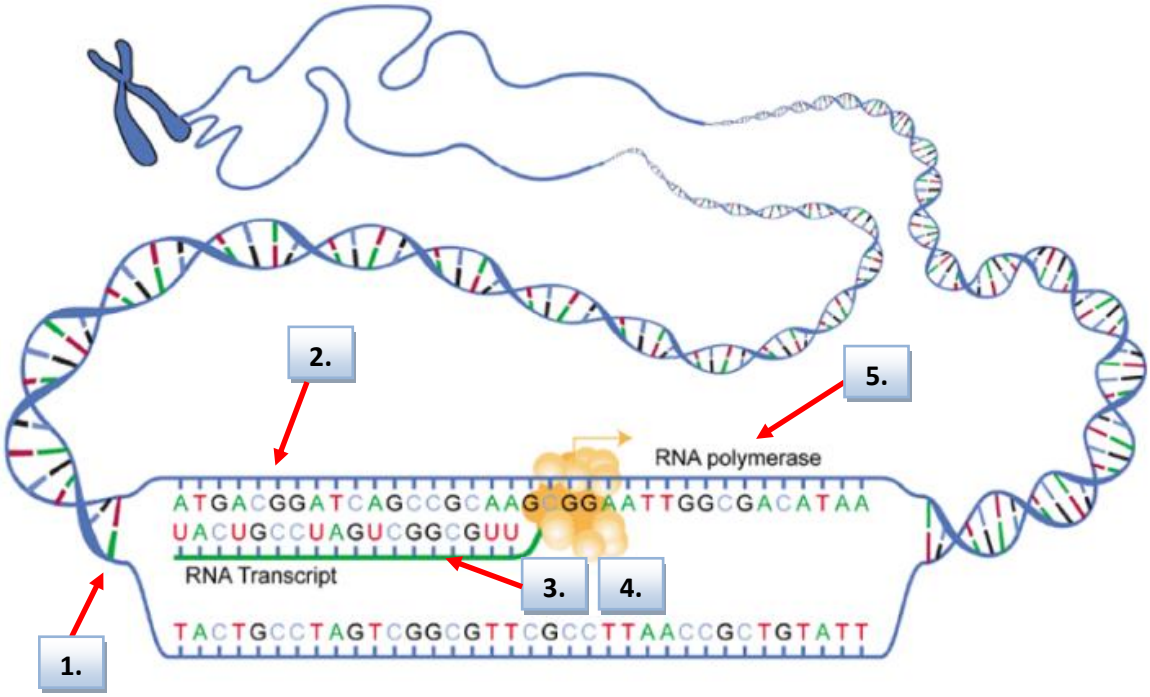
1) Nejdříve nastává **transkripce** – informace z DNA se přepíše do mRNA, probíhá především v buněčném jádře, ale i v organelách, které obsahují DNA (např. mitochondrie).

2) Následuje **translace** – podle informace v mRNA se syntetizují bílkoviny, probíhá na ribozomech, pořadí aminokyselin v polypeptidovém řetězci je určeno pořadím nukleotidů v molekule mRNA.

Vyučující postupně seznámí žáky prostřednictvím schémat a informací v prezentaci a učebních materiálech se základními principy genové exprese.

3.6.4.1 Transkripce – přepis

Transkripce je „přepis“ genetické informace z DNA do mRNA.



1. Dochází k rozvolnění dvoušroubovice DNA.
2. Jeden řetězec DNA slouží jako matrice.
3. K jednotlivým nukleotidům DNA se na základě komplementarity přiřazují volné nukleotidy RNA (místo tyminu se na adenin váže **uracil**).
4. Ribonukleotidy jsou spojeny vazbami a vytvoří souvislý polyribonukleotidový řetězec, který se prodlužuje a postupně se od molekuly DNA odděluje, opouští jádro a napojuje se na ribozomy.
5. Pro průběh transkripce je nezbytné katalytické působení enzymu RNA-polymeráza.

3.6.4.2 Translace

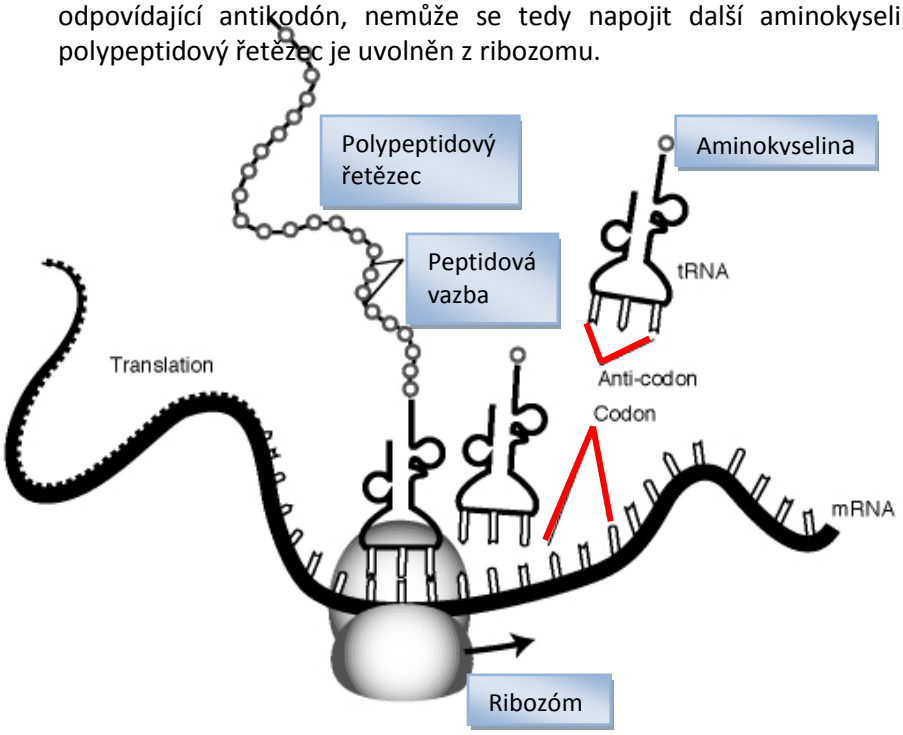
Translace je „překlad“ genetické informace z pořadí nukleotidů v mRNA do pořadí aminokyselin v polypeptidickém řetězci prostřednictvím genetického kódu. Probíhá na ribozomech.

- Aminokyseliny jsou na místo syntézy (do ribozomů) transportovány pomocí transferové RNA (tRNA).
- Druh aminokyseliny určuje kodón (triplet) = tři za sebou následující báze v mRNA → ke každému kodónu je komplementární antikodón – tři za sebou následující báze tRNA komplementární ke kodónu (každá tRNA je specifická pro určitou aminokyselinu).

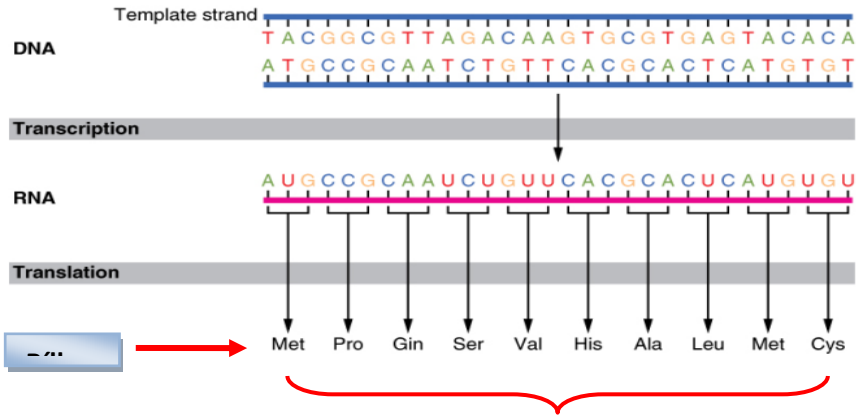
Například: kodón = AGU → antikodón = UCA.

Translace probíhá v několika fázích:

1. Na ribozom se připojuje mRNA, ribozom se po molekule mRNA posunuje, přičemž volný konec molekuly mRNA se může napojovat na další ribozomy.
2. Při posouvání se mRNA dostává na každém ribozomu do kontaktu s jeho dvěma vazebnými místy, která odpovídají svou velikostí trojicím nukleotidů v mRNA (kodónům), v těchto místech dochází k připojování aminokyselin a k jejich spojování do polypeptidového řetězce **peptidovou vazbou**.
3. Aminokyseliny jsou k ribozomům přinášeny transferovými RNA.
4. Celý proces probíhá až po terminační kodón (UGA, UAA, UAG), pro který neexistuje žádný odpovídající antikodón, nemůže se tedy napojit další aminokyselina a nově vytvořený polypeptidový řetězec je uvolněn z ribozomu.



Syntéza bílkovin (proteosyntéza)



Polypeptidový řetězec

Příklady aminokyselin:

methionin – Met

serin – Ser

leucin –Leu

valin – Val

cystein – Cys

alanin - Ala

Doplňte správnými výrazy:

Žáci doplní správné pojmy, případně vyhledají v textu a pak doplní chybějící informace.

Přepis genetické informace z DNA do mRNA se nazývá **transkripce**.

Syntéza bílkovin probíhá v **ribozomech.**

Vznik proteinového řetězce podle mRNA se nazývá **translace.**

Každému kodónu na messenger RNA odpovídá příslušný **antikodón** tRNA.

Aminokyseliny jsou na místo syntézy transportovány pomocí **transferové RNA (tRNA).**

Aminokyseliny jsou spojovány do polypeptidového řetězce **peptidovou** vazbou.

3.7 Základy genetiky člověka

3.7.1 Chromozomové určení pohlaví

3.7.1.1 Pohlavní chromozomy

Vyučující nejprve ověří (případně zopakuje) znalosti žáků o stavbě, typu a počtu chromozomů u člověka.

Pohlaví je určeno chromozomovou výbavou jedince, přesněji řečeno jeho dvojicí pohlavních chromozomů. U živočišných druhů s odděleným pohlavím a u dvoudomých rostlin existují dva základní typy chromozomového určení pohlaví:

1) Typ Drosophila (savčí typ)

- **homogametické** (se shodnými pohlavními chromozomy) pohlaví je pohlaví **samičí (XX)**
- **heterogametické** je pohlaví **samčí (XY)**
- u člověka, většiny savců, hmyzu, dvoudomých rostlin a některých ryb a plazů

2) Typ Abraxas (ptačí typ)

- **homogametické** pohlaví je pohlaví **samčí (ZZ)**
- **heterogametické** je pohlaví **samičí (ZW)**

TEORIE

- u ptáků, motýlů a některých obojživelníků

U hmyzu existuje také tzv. systém X0 : XX – samice, X – samec

Člověk má 46 chromozomů v 23 párech, 22 párů je nepohlavních chromozomů (somatických chromozomů), 1 pár pohlavních chromozomů (gonozomů) určuje pohlaví:

XX – žena, XY – muž

Žena může produkovat vajíčka nesoucí pohlavní chromozomy X, mužské spermie mohou nést X i Y. Pokud je vajíčko oplodněno spermií X, je nově vzniklý jedinec žena, pokud je oplodněno spermií Y, je vzniklý jedinec muž.

3.7.1.2 Poruchy chromozomálního určení pohlaví

XO – Turnerův syndrom

- Vrozené onemocnění vyskytující se u žen, absence jednoho chromozomu X.
- Vyskytuje se s četností 1 případu na 2500 – 5000 ženských novorozenců.
- V nejranějším mládí často bez významnějších příznaků, dosahují menšího vzrůstu.
- Většinou dochází k poruše vývoje k pohlavní dospělosti a zakrnění pohlavních orgánů, časté poruchy sluchu a zraku.

XXY – Klinefelterův syndrom

- Postižený mužský jedinec má místo jednoho chromozomu X tyto chromozomy dva a jeden Y.
- Muž s ženskými znaky.
- Poruchy plodnosti spolu s dalšími rysy psychických a fyzických změn.
- Postiženi jsou jeden narozený chlapec na 1000.

XYY syndrom (supermuž)

- Genetická porucha u mužů, která se projevuje existencí jednoho chromozomu Y navíc.
- Vysocí muži.
- Dříve se tvrdilo, že tento syndrom souvisí se zvýšenou agresivitou.
- Vyskytuje se u jednoho z 1000 živě narozených chlapců.

XXX syndrom (superžena)

- Variace chromozomů, při které přebývá jeden chromozom X.
- Většina postižených žen je normální.
- Může se vyskytnout snížené IQ, problémy v reprodukci.

3.7.2 Geneticky podmíněné choroby

Vyučující se nejprve vhodnými otázkami snaží zjistit, které nemoci mohou být dědičné a zdali se žáci osobně sekali s některou známou dědičnou nemocí.

3.7.2.1 Choroby vázané na pohlavní chromozom X

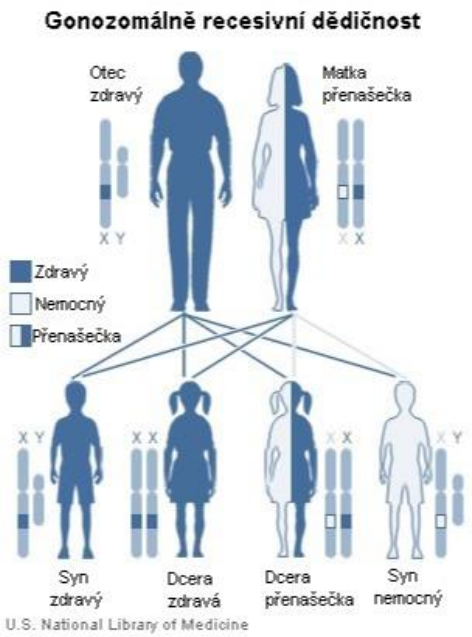
Ženy bývají těmito chorobami postiženy velmi zřídka - jen v případě, že jsou recesivními homozygoty.

Syndrom fragilního chromozomu

- Genetická choroba, nesená na chromozomu X.
- Projevuje se především u mužů (u žen pouze u homozygotních jedinců XF XF).
- Poškozený chromozom X způsobuje řadu mentálních poruch.
- K projevům onemocnění patří i hyperaktivita a specifický vzhled - protáhlý obličej, velké uši, prominence brady.

Hemofilie

- Porucha srážlivosti krve.
- Přenáší se ve formě vadné alely na chromozomu X.
- Obvykle postihuje pouze muže (není příliš pravděpodobné, že by se sešly dvě vadné alely), žena s jednou vadnou alelou je pouze skrytá přenašečka. Muži nemohou být skrytými přenašeči, jsou buďto nemocní (v tom případě jsou všechny jejich dcery přenašečky a všichni synové zdraví – za předpokladu, že matka nebyla přenašečkou) nebo zdraví.
- U mužů s frekvencí 1:10 000.
- Nejznámější dědičná linie vznikla díky britské královně Viktorii, její dcery rozšířily onemocnění do královských rodin Německa, Španělska a Ruska.



Daltonismus (barvoslepost)

- Chybí, nebo je omezena schopnost rozlišit červenou a zelenou barvu.

Svalové dystrofie X

- Vázané poruchy syntézy dystrofinu, což je jeden ze strukturních proteinů svalových tkání.
- V raném dětství se začne projevovat svalová slabost, která začíná progresivně omezovat motoriku jedince.

Pohlavní chromozomy ovlivňují i projevy jiných genů – např. **plešatost**. U mužů se projevuje v dominantní nebo hybridní formě (PP, Pp), u žen se projevuje pouze v dominantní formě (PP).

3.7.2.2 Choroby podmíněné dominantní alelou

K projevu nemoci stačí zdědit jednu alelu, proto jen málo chorob je letálních. Nemoc je přenášena po více generací, aniž by některou vynechala.

Huntingtonova choroba

- Vzácné dědičné neurodegenerativní onemocnění mozku.
- Nekoordinované trhavé pohyby těla a snížené mentální schopnosti.
- Postihuje jedince obojího pohlaví.
- Projevuje se až ve středním nebo pozdním věku.
- Účinná léčba neexistuje.

3.7.2.3 Choroby podmíněné recesivní alelou (projevují se jen v homozygotní formě)

Cystická fibróza

- Mutace genu, díky které je kódován vadný protein, a ten způsobí nefunkčnost membránových iontových kanálů v postižených buňkách.
- Jedno z nejčastějších autozomálně recesivních onemocnění člověka (asi 1 : 2 500).
- Postihuje žlázy s vnitřní sekrecí (pankreas, játra).
- V plicích se tvoří vazký hlen, vedoucí k respiračním potížím. Sekundární infekce dýchacích cest může vést až k vážnému poškození plic i smrti

Srpkovitá anemie

- Erytrocyty (červené krvinky) pacientů se za určitých podmínek zkroutí do srpkovité podoby.
- Dochází k ucpávání kapilár a zvětšení sleziny, která má sníženou funkci.
- Poruchy dýchání.

- Onemocnění je recesivně dědičné, heterozygoti jsou zdraví, pouze za výjimečných okolností se u nich mohou objevit nějaké potíže.
- Heterozygoti jsou mnohem odolnější proti malárii než zdraví jedinci; v oblasti výskytu malárie tvoří heterozygoti až polovinu populace.

Tay-Sachsova choroba

- Porucha nervového systému.
- Velmi vzácná metabolická choroba.
- Projevuje se třešňovo-červenou skvrnou na sítnici oka.

3.7.2.4 Aneuploidie

Zygota má jiný než 2n počet chromozomů

Downův syndrom (trisomie 21. chromozomu)

- Vzniká poruchou při distribuci chromozomů během prvního meiotického dělení.
- Malý vzrůst, mentální retardace, mongoloidní typ obličeje.
- Postižení mají zvýšené předpoklady pro rozvoj leukémie či Alzheimerovy choroby.
- Dožívají se v průměru nižšího věku a většinou bývají sterilní.
- Riziko Downova syndromu vzrůstá s věkem matky.

3.7.3 Metody výzkumu

Genetické zkoumání člověka se od zkoumání jiných organismů značně liší, jelikož jsou vědci ve svém výzkumu omezeni několika skutečnostmi:

- na člověku nelze z etických důvodů provádět některé experimenty a selekci,
- člověk má většinou za život velmi malé množství potomků,
- složitost lidského genomu,
- dlouhá doba obměny populace (generace je 20-25 let) → nelze zkoumat více než 3-4 generace,
- mnoho znaků je polygenních (jsou ovlivnitelné vnějším prostředím a dokonce i sociálními faktory).

Základy genetiky

Cytogenetický výzkum

Žáci se prostřednictvím výukového videa seznámí s moderními metodami práce v cytogenetické laboratoři.

- Základní cytogenetickou metodou je stanovení karyotypu.
- Studium chromozomů.
- Zjišťování strukturních a genomových aberací.
- Materiálem pro cytogenetické vyšetření jsou buňky kostní dřeně, méně často periferní krve či jiných typů tkání.
- Vyšetření stavu plodu - odebrání plodové vody (amniocentéza).

Výzkum dvojčat

- Velmi přínosný.
- Dvojvaječná, jednovaječná dvojčata.
- Jednovaječná dvojčata jsou vlastně přírodní klony, mají stejný genotyp a stejné pohlaví.

Výzkum rodokmenů (genealogický)

- Nejběžnější metoda výzkumu.
- Sestavování rodokmenu několika generací.
- Dá se sestavit riziko výskytu dědičné choroby.

Výzkum populací

- Zkoumání určitého vzorku populace.
- Populace člověka se pokládají za panmiktické (běžné je nenáhodné párování).
- Porušení panmixie – příbuzenské sňatky (inbreeding), v některých zemích velmi časté (Arábie, Indie – až 30 %) → vede ke zvýšení frekvence homozygotů v potomstvu a tím ke zvýšení nepříznivého působení recesivní alely.

Eugenika

Eugenika je sociálně-filosofický směr zaměřený na studium metod, které povedou k dosažení co nejlepšího genetického fondu člověka. Největší rozkvět zažila před druhou světovou válkou. Šlo o tzv. negativní eugeniku, která měla zamezit rozmnožování vybraných osob (dědičné choroby). Nacistická ideologie dovedla eugeniku do extrémů (snaha o vyšlechtění "čisté" árijské rasy a vymýcení rasy židovské). Z těchto důvodů se po válce od eugeniky upustilo a byla spolu s rasismem odsouzena.

3.8 DNA technologie a využití poznatků genetiky v praxi

V genetickém výzkumu se používá mnoho rozličných metod. Jde zejména o metody biochemické, fyzikální, mikroskopické, metody analytické chemie a bioinformatiky.

Mnoho specifických metod bylo objeveno výhradně pro genetický výzkum - zejména různé sekvenovací a značkovací metody.

3.8.1 Analýza genetického materiálu

Kompletní **genom** obsahuje až miliardy nukleotidů, které kódují stovky a tisíce **genů.** Při analýze genetického materiálu je zapotřebí izolovanou DNA rozdělit na menší úseky.

Žáci se prostřednictvím informací v učebních materiálech a výukových videí postupně seznámí s některými moderními metodami analýzy DNA v laboratoři molekulární biologie (laboratoř lékařské genetiky).

Izolace DNA

Odebraný vzorek s genetickým materiálem je v laboratoři rozdělen na menší části, ze kterých je molekula DNA izolována a očištěna od případných nečistot.

Základní postup při analýze genomu:

1) rozštěpení molekuly DNA na menší úseky pomocí restrikčních enzymů,

2) naklonování dostatečného množství fragmentů,

3) rozdělení fragmentů podle velikosti,

4) analýza posloupnosti nukleotidů v sekvenci.

1) Rozštěpení chromozomální DNA na menší úseky pomocí restrikčních enzymů

- Speciální endonukleázy, které štěpí vazbu mezi nukleotidy.
- Byly objeveny v 60-tých letech při studiu genomu baktérií.
- Restrikční enzymy se vyrábějí komerčně.
- Více než 1000 typů, každý se váže na charakteristickou skupinu nukleotidů.

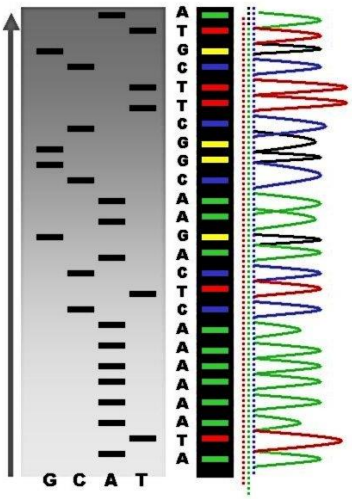
2) Klonování úseků DNA

Metoda PCR - polymerázová řetězová reakce (*polymerase chain reaction*)

- V krátké době lze mnohonásobně naklonovat požadovaný úsek DNA.
- Vzorek DNA je zahřátím denaturován – oddělí se jednotlivé řetězce.
- S pomocí DNA polymerázy se oddělené řetězce dosyntetizují.
- Získané vzorky jsou opět denaturovány a proces opakován – vzorky rostou geometrickou řadou.

3) Rozdělení úseků DNA podle velikosti

- Probíhá pomocí **gelové elektroforézy.**
- Využívá faktu, že části nukleových kyselin nesou záporný náboj (na fosfátové skupině).
- Fragmenty izolované DNA jsou umístěny do gelu, který je pod nízkonapěťovým stejnosměrným elektrickým proudem.
- Fragmenty DNA pronikají tenkým gelem ke kladné elektrodě.
- Větší úseky DNA putují pomaleji a zůstávají vzdálenější od anody než kratší úseky DNA.
- Takto se extrahovaná DNA roztřídí pro následnou analýzu.



4) Analýza posloupnosti nukleotidů v sekvenci

- Identifikace úseků DNA probíhá **metodou hybridizace.**
- Úseky DNA se zahřátím denaturují – oddělí se jednotlivé řetězce DNA.
- Oddělené úseky DNA se dostávají do kontaktu s testovacími sekvencemi DNA (DNA markers).
- Testovací sekvence tvoří dvojice s úseky DNA na základě komplementarity.
- Všechny řetězce mají charakteristickou strukturu, která je následně porovnávána se srovnávanou strukturou DNA.

Sekvenování se uplatnilo např. v projektu čtení lidského genomu (Human Genome Project), ale přečteny byly genomy i mnoha jiných organismů, včetně různých rostlin, živočichů a mikrobů. Někdy se sekvenují pouze jisté části genomu, které mají pro odborníky v daném okamžiku význam.

3.8.2 Využití genetiky v praxi

Genetika je prudce se vyvíjející obor s velkou budoucností. Genetika se kromě šlechtění a tvorby GMO široce využívá v medicíně, v dalším vědeckém výzkumu, v kriminalistice, farmaceutickém průmyslu, zemědělství, v oblasti péče o životní prostředí a mnoha dalších oblastech.

Diagnostika chorob

- Využívá se např. při léčení onkologických, metabolických a kardiologických onemocnění.

Kmenové buňky

- Využití nediferencovaných embryonálních buněk (nebo určitých buněk kostní dřeně), ze kterých mohou být kultivovány požadované buňky a tkáně.

Základy genetiky

Klonování

- Výroba geneticky identické kopie jedince.
- Využití ve farmaceutickém průmyslu, zemědělství.
- Využití kmenových buněk v medicíně.

Při klonování se vezme jádro z nějaké tělesné buňky klonovaného jedince a vloží se do vajíčka, ze kterého bylo jeho vlastní jádro odstraněno. Takto „oplozené“ vajíčko se vloží do dělohy vhodné matky, která jej normálně donosí a nakonec se narodí mládě, které má stejné geny jako jedinec, ze kterého bylo jádro buňky odebráno. Technicky se jedná o náročný proces, naklonovaný jedinec se svou genetickou výbavou nepatrně liší od originálu a navíc buněčné stáří takto narozeného jedince odpovídá pokročilému věku, což se negativně projeví na jeho zdraví a délce života.

Určování totožnosti

- Prakticky z každého typu lidské tkáně lze spolehlivě určit, zdali daný úsek DNA patří hledanému člověku.
- Genetická daktyloskopie (DNA fingerprint).
- Využití v kriminalistice - na základě nepatrné biologické stopy zanechané pachatelem lze pachatele jednoznačně identifikovat podobně jako podle otisku prstů.
- Používá se i při identifikaci obětí katastrof, kdy je vzhled obětí silně postižen.
- Provádí se různými metodami – např. PCR (polymerázová řetězová reakce).

Testy rodičovství

Při testech rodičovství se též používají technologie, které porovnávají přímo mitochondriální DNA, která se dědí pouze od matky a je tudíž výborně prokazatelná. U mužských potomků se stejně tak porovnává chromozóm Y s otcovým.

GMO - geneticky modifikované organismy

- Zásah člověka do genomu organismu pomocí moderních DNA technologií.
- Většinou se vnese část kódu jednoho organismu do kódu úplně odlišného organismu nebo se některý původní gen vyřadí z činnosti.
- Takto vzniklý (transgenní) organismus může mít nové výhodné vlastnosti.
- Označují se zkratkou GMO.
- Využití v zemědělství, lékařství, biotechnologiích.

3.8.3 Studium lidského genomu

Vyučující nechá nejdříve žáky hádat přibližný počet genů v lidské DNA.

V roce 1990 byl spuštěn **Human Genome Project**, kladoucí si za cíl přečíst (osekvenovat) celou jadernou DNA člověka; tento projekt byl úspěšně završen v podstatě již v roce 2003.

Velikost haploidního genomu:

- 23 chromozomů,
- 3,1 x 10^9 (*miliard*) nukleotidů (bází),
- přibližně 18 000—25 000 genů (dříve byl počet lidských genů odhadován na 100 000),
- 7 genů na 1 milión bází.

3.9 Praktická cvičení

3.9.1 Sestavení modelu mini DNA

Žáci pracují ve dvojčlenných až čtyřčlenných skupinkách dle uvedeného postupu práce. Pro zvýšení motivace může být cvičení provedeno formou soutěže mezi skupinami.

Pomůcky: stavebnice pokročilého modelu **mini DNA** obsahující:

- 11× Tymin (oranžový)
- 11× Adenin (modrý)
- 11× Guanin (zelený)
- 11× Cytosin (žlutý)

- 44× Deoxyribóza (červená)
- 44× Fosfát (fialový)

- 2 tyče
- 1 stojan
- 23 průhledných rozpěrných vložek
- 1 čepička (černá)

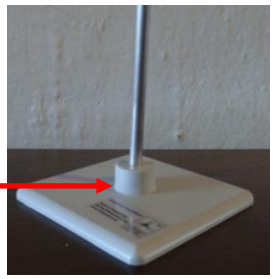
POKUS

Základy genetiky

Postup práce:

1. Stojan modelu

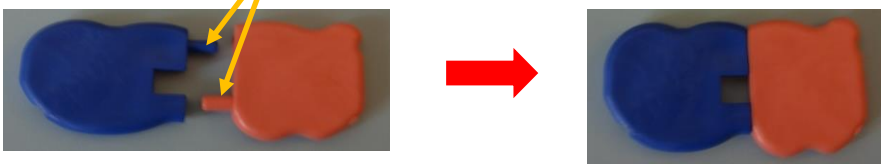
Pevně zatlačte tyč do otvoru v šedém stojanu.



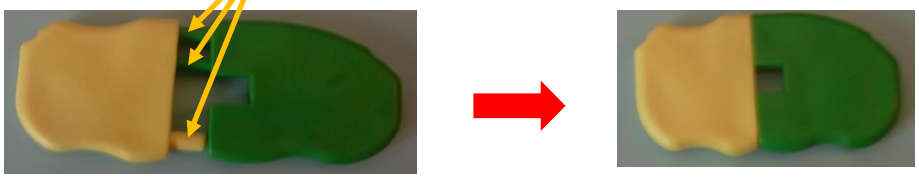
2. Komplementární páry bází

Spojte komplementární páry dusíkatých bází.

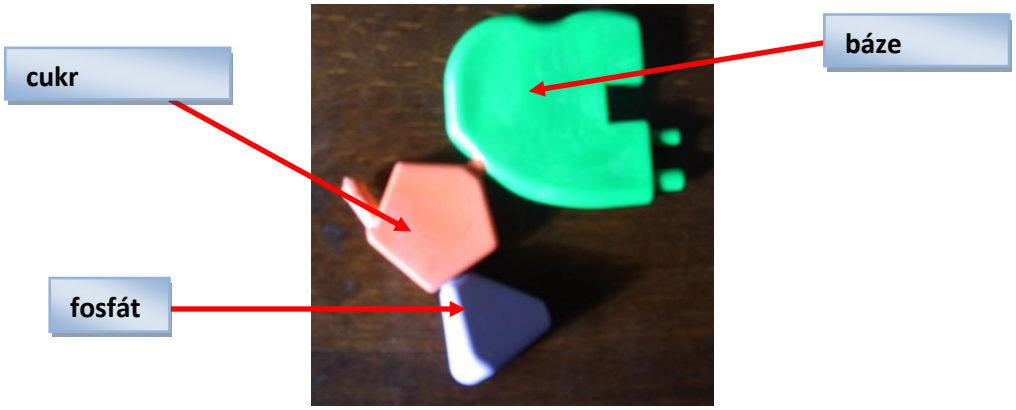
Tymin a Adenin jsou spojeny ***dvěma vodíkovými můstky***, které jsou na modelu znázorněny dvěma kolíčky:



Cytosin a Guanin jsou spojeny ***třemi vodíkovými můstky*** (3 kolíčky):



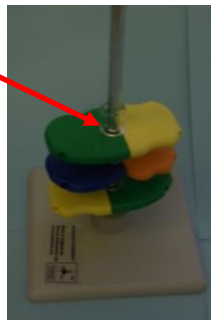
Stavební jednotky DNA jsou vytvořeny z cukrové části (červená), fosfátové části (fialová) a dusíkaté báze.
Jednotka báze, cukru a fosfátu se nazývá **nukleotid.**



Základy genetiky

3. Nasazení bází na tyč

Postupně nasuňte všechny spárované báze na tyč, nezapomeňte každou vrstvu oddělit ***rozpěrnou vložkou.***



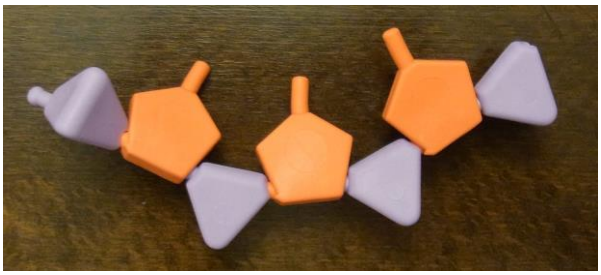
Je důležité, aby připojovací otvory postranního řetězce směřovaly na stejnou stranu – např. aby při připojení směřovaly červené části ven.

4. Postranní řetězec

Připojte ***cukr deoxyribózu*** (červená) k ***fosfátové části*** (fialová). Vložte červený pětiúhelníkový kolíček do otvoru ve fialové části. Umístěte fosfát tak, aby směřoval dolů.

5. Připojení postranního řetězce ke spárovaným bázím

Model má 2 postranní řetězce a každý je vytvořený z 12 střídajících se deoxyribózových (červených) a fosfátových (fialových) částí.



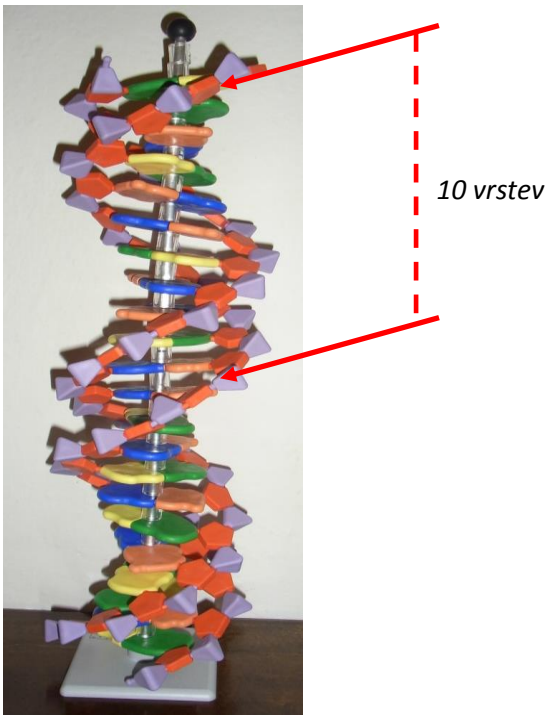
Základy genetiky

Od spodní části modelu začněte připojovat postranní řetězec do jednoho otvoru na konci spárovaných bází, pokračujte otočením každé vrstvy proti směru hodinových ručiček.

6. Dokončení modelu

Pro dokončení modelu přidejte druhý postranní řetězec, abyste vytvořili dvoušroubovici.

Každá vrstva stoupá nahoru ve směru proti hodinovým ručičkám pod úhlem 36° s jedním kompletním otočením po 10 vrstvách.



3.10 Otestujte si své znalosti

3.10.1 Kvíz

1) Která dusíkatá báze se vyskytuje pouze v RNA?
   - o Adenin
   - o Guanin
   - o **Uracil**

2) Transport genetické informace z jádra na místo proteosyntézy zajišťuje:
   - o **mRNA**
   - o tRNA
   - o rRNA

3) Proteosyntézou vzniká:
   - o cukr
   - o anorganická látka
   - o **bílkovina**

4) Jaká je teoretická šance, že otec předá potomkovi Y chromozom?
   - o 25 %
   - o **50 %**
   - o 100 %

5) Vztah, kdy dominantní alela úplně potlačí projev recesivní alely, se nazývá:
   - o kodominance
   - o neúplná dominance
   - o **úplná dominance**

6) Člověk má:
   - o **asi 20 - 25 000 genů**
   - o asi 250 000 genů
   - o více než milión genů

3.10.2 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení

Žáci pracují samostatně. Při společné kontrole vyučující vysvětlí případné nejasnosti.

1. Jednovaječná dvojčata zdědí zcela stejnou genetickou informaci. **ANO**/NE
2. Downův syndrom je způsoben trisomií chromozomu **č. 22**. **(21.)** ANO/**NE**
3. Hemofilie se dědí autozomálně recesivně. **(gonozomálně recesivně)** ANO/**NE**
4. Ribóza a deoxyribóza jsou **šesti-uhlíkaté** cukry. **(pěti-uhlíkaté)** ANO/**NE**
5. Syntéza bílkovin probíhá na ribozomech, které se nacházejí v cytoplazmě všech buněk a na povrchu endoplazmatického retikula. **ANO**/NE
6. mRNA (messenger RNA) obsahuje přepis informací z DNA o primární struktuře bílkovinné molekuly. **ANO**/NE
7. Mezi bázemi guanin a cytosin jsou **dva** vodíkové můstky. **(tři)** ANO/**NE**
8. Pohlavní buňky člověka mají 23 **párů** chromozomů. **(23 chromozomů)** ANO/**NE**
9. Základní stavební jednotkou DNA je nukleotid, který se skládá ze tří složek – dusíkaté báze, deoxyribózy a fosfátová skupiny. **ANO**/NE
10. Klinefelterův syndrom (muž s ženskými znaky) má označení XYY. **(XXY)** ANO/**NE**

3.10.3 Odpovězte na následující otázky

Žáci mohou pracovat jednotlivě nebo ve skupinkách a odpovídat na uvedené otázky, případně v rámci opakování při domácí přípravě.

a) Co víte o J. G. Mendelovi?

b) Jaký je rozdíl mezi genotypem a fenotypem?

c) Co je to alela?

d) Popište strukturu DNA.

e) Co je to proteosyntéza a z kterých fází se skládá?

f) Které typy RNA znáte?

g) Uveďte dva základní typy chromozomového určení pohlaví.

h) Které geneticky podmíněné choroby znáte?

4 Literatura a zdroje obrázků

CAMPBELL, Neil A a Jane B REECE. Biology. 7th ed. San Francisco: Pearson, Benjamin Cummings, c2005, xl, 1231 p. ISBN 08-053-7171-0.

ROSYPAL, Stanislav. *Přehled biologie*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1998, 642 s. ISBN 80-718-3110-7.

KUBIŠTA, Václav. *Obecná biologie: úvodní učební text biologie pro 1. ročník gymnázií*. 3. upr. vyd. Praha: Fortuna, c2000, 103 s. ISBN 80-716-8714-6.

CHALUPOVÁ-KARLOVSKÁ, Vlastimila. *Obecná biologie: středoškolská učebnice*. 1. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2002, 206 s. ISBN 80-718-2100-4.

DOSTÁL, Petr, Zdeněk ŘEHÁČEK a Václav DUCHÁČ. Kapitoly z obecné biologie. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1994, 79 s. ISBN 80-042-6070-5.

MUDRYCHOVÁ, Jitka. *Maturitní otázky Biologie*. 1. vyd. Třebíč: Radek Veselý, 1999. ISBN 80-86376-02-8.

BUMERL, Jiří. Biologie: pro střední odborné školy: zemědělské, lesnické, rybářské, zahradnické, ochrany a tvorby životního prostředí. 4., přeprac. a dopl. vyd., v SPN 1. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 1997, 143 s. ISBN 80-859-3775-1.

ŠMARDA, Jan. Genetika: pro gymnázia. 1. vyd. Praha: Fortuna, 2003, 143 s. ISBN 80-716-8851-7.

KINCL, Lubomír, Vlastimila CHALUPOVÁ-KARLOVSKÁ a Vítězslav BIČÍK. *Biologie: 1583 testových otázek a odpovědí: středoškolská učebnice*. 1. vyd. Olomouc: Rubico, 1997, 222 s. ISBN 80-858-3914-8.

MALENINSKÝ, Miroslav, Michal HRUŠKA a Ivana RŮŽKOVÁ. *Biologie: sbírka úloh pro společnou část maturitní zkoušky*. 1. vyd. Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání, 2001, 86 s. ISBN 80-211-0388-4.

NEČÁSEK, Jan. *Genetika*. 2. vyd. Praha: Scientia, 1997, 112 s. ISBN 80-718-3085-2.

JELÍNEK, J. a V. ZICHÁČEK. *Biologie pro střední školy gymnaziálního typu: Praktická část*. Olomouc: Fin Publishing, 1996.

Mikroskop. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroskop

Mikroskop. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://fyzweb.cz/materialy/bizarni_kramy/mikroskop.php

Mikroskop. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://chemikuvblog.blog.cz/0909/mikroskop

Školní biologické pokusy. [online]. [cit. 2014-09-12]. Dostupné z: http://is.muni.cz/do/ped/kat/biologie/pokusy/index.html

Cytologie. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Cytologie

Prokaryota. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Prokaryota

Virus. [online]. [cit. 2014-10-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Virus

Bakterie. [online]. [cit. 2014-09-23]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Bakterie

Gregor Mendel. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Gregor_Mendel

Od počátku s DNA. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: http://is.muni.cz/do/sci/UEBBiol/DNA-FTBcz/index.html

Mendelianum. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: http://mendelianum.cz/

Genetika-Biologie. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: http://www.genetika-biologie.cz/historie-genetiky

Chromozom. [online]. [cit. 2014-10-05]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Chromozom

Biomach, výpisky z biologie [online]. [cit. 2014-10-22]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/biomachgbn/

Zdroje obrázků

Average prokaryote cell. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Average_prokaryote_cell_cs.svg

Biological cell. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Biological_cell.svg

Animal cell structure cs. svg. [online]. [cit. 2014-10-13]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Animal_cell_structure_id.svg#mediaviewer/File:Animal_cell_structure_cs.svg

Plant cell structure. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Rostlinn%C3%A1_bu%C5%88ka#mediaviewer/Soubor:Plant_cell_structure_cs.svg

Pasteur pipette. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pasteur_pipette_01.JPG?uselang=cs

Microscope slide and cover slip. [online]. [cit. 2014-09-21]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microscope_slide_and_cover_slip.JPG?uselang=cs

Binary fission. [online]. [cit. 2014-09-23]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Binary_fission.png

Virus-types. [online]. [cit. 2014-09-23]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Virus-types.png?uselang=cs

Trepka velká s popisky. [online]. [cit. 2014-09-03]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trapka_velka_Paramecium_caudatum.jpg?uselang=cs

Gregor Mendel s křížem. [online]. [cit. 2014-09-23]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Gregor_Mendel#mediaviewer/File:Gregor_Mendel_with_cross.jpg

Karyotype of a human male. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Karyotyp#mediaviewer/File:NHGRI_human_male_karyotype.png

Chromosome. [online]. [cit. 2014-10-23]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Chromosome.png

DNA sequence. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Radioactive_Fluorescent_Seq.jpg

Mendel's law of segregation. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Mendel_2_miguelferig.png?uselang=cs

Mendel's law of independent assortment P and F1. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Mendel_3a_miguelferig.png?uselang=cs

Mendel's law of independent assortment F1 and F2. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Mendel_3b_miguelferig.png?uselang=cs

Difference DNA RNA. [online]. [cit. 2015-10-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Difference_DNA_RNA-EN.svg

DNA chemical structure. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:DNA_chemical_structure.svg

DNA replication split. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:DNA_replication_split.svg

DNA Translation and Codons. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:0324_DNA_Translation_and_Codons.jpg

Transcription. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:0325_Transcription.jpg

Ribosom funktion. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ribosom_funktion.png?uselang=cs

X link Recessive cz. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:XlinkRecessive_cz.png

Spectral karyotype. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sky_spectral_karyotype.png?uselang=cs

autorské fotografie

autorské fotografie z digitálního mikroskopu B-150D

fotografie z laboratoří lékařské genetiky a klinické mikrobiologie - laboratoře Agel a.s., Nový Jičín

obrázky z galerie klipartů MS Office