INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Biologie zajímavě

Výukový 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 Vynález mikroskopu ... 7
1.1.3 Typy mikroskopů ... 8
1.1.4 Stavba mikroskopu ... 9
1.2 Zásady práce s mikroskopem ... 11
1.2.1 Pracovní postup při mikroskopování ... 11
1.2.2 Mikroskopický preparát ... 12
1.2.3 Pomůcky při mikroskopování ... 13
1.3 Praktická cvičení ... 14
1.3.1 Pozorování buněk z pokožky cibule ... 14
1.3.2 Pozorování buněk z pokožky cibule – příprava vlastního preparátu ... 15
1.3.3 Pozorování stonku rostlin ... 16
1.4 Otestujte si své znalosti ... 17
1.4.1 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení ... 17
1.4.2 Odpovězte na následující otázky ... 17
2 Buňka ... 18
2.1 Historie objevu buňky ... 18
2.2 Základní funkce buňky ... 19
2.3 Typy buněk ... 19
2.3.1 Prokaryotická buňka ... 20
2.3.2 Eukaryotická buňka ... 22
2.4 Organizovanost živých soustav ... 25
2.4.1 Nebuněčné organismy ... 26
2.4.2 Jednobuněčné organismy ... 27
2.4.3 Mnohobuněčné organismy ... 30
2.5 Praktická cvičení ... 31
2.5.1 Živočišná buňka - pozorování prvoků v senném nálevu ... 31
2.5.2 Živočišná buňka - pozorování buněk dlaždicového epitelu psa ... 32
2.5.3 Rostlinná buňka - pozorování buněk listu ... 33

OBSAH

2.6 Otestujte si své znalosti ... 35
2.6.1 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení ... 35
2.6.2 Odpovězte na následující otázky ... 35
3 Základy genetiky ... 36
3.1 Základní pojmy ... 36
3.1.1 Kvíz ... 36
3.1.2 Základní genetické pojmy ... 37
3.2 Historie genetiky ... 38
3.2.1 J. G. Mendel ... 38
3.2.2 Historie genetiky ve zkratce ... 40
3.3 Rozmnožování a dědičnost ... 42
3.3.1 Nepohlavní rozmnožování ... 42
3.3.2 Pohlavní rozmnožování ... 42
3.4 Geny a chromozomy ... 43
3.4.1 Chromozomy a jejich stavba ... 43
3.5 Dědičnost a proměnlivost mnohobuněčného organismu ... 44
3.5.1 Alelová analýza ... 45
3.6 Genový význam DNA ... 49
3.6.1 Chemická struktura nukleových kyselin ... 49
3.6.2 Replikace DNA ... 52
3.6.3 Od DNA k proteinu ... 52
3.6.4 Proteosyntéza (syntéza bílkovin) ... 53
3.7 Základy genetiky člověka ... 57
3.7.1 Chromozomové určení pohlaví ... 57
3.7.2 Geneticky podmíněné choroby ... 58
3.7.3 Metody výzkumu ... 61
3.8 DNA technologie a využití poznatků genetiky v praxi ... 62
3.8.1 Analýza genetického materiálu ... 62
3.8.2 Využití genetiky v praxi ... 65
3.8.3 Studium lidského genomu ... 66
3.9 Praktická cvičení ... 67

OBSAH

3.9.1 Sestavení modelu mini DNA 67
3.10 Otestujte si své znalosti 71
3.10.1 Kvíz 71
3.10.2 Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení 72
3.10.3 Odpovězte na následující otázky 72
4 Literatura a zdroje obrázků 73

Chtěla bych poděkovat zaměstnancům laboratoří lékařské genetiky a klinické mikrobiologie Agel a.s. v Novém Jičíně – paní Mgr. Martině Novotné a ing. Arpádu Bódayovi za odbornou a metodickou pomoc při tvorbě výukových materiálů a za to, že mi umožnili pořídit některé fotografie a výuková videa.

Mgr. Zuzana Špačková

1 Mikroskop a základy mikroskopování

1.1 Mikroskop a jeho části

1.1.1 Kvíz - Co víte o mikroskopu?

1) Které české synonymum pro mikroskop se dříve používalo?
   - zvětšovadlo
   - drobnohled
   - lupohled

2) Jaké bylo povolání Zachariase Janssena, který v Nizozemsku v roce 1590 sestavil první mikroskop?
   - obchodník s látkami
   - brusič drahých kamenů
   - učitel

3) Jak se jmenoval holandský vědec, který v roce 1676 zdokonalil mikroskop a jako první pozoroval bakterie?
   - Vincent van Gogh
   - Peter Paul Rubens
   - Antoni van Leeuwenhoek

4) Kdy britský geolog Robert Hook popsal konstrukci mikroskopu s odděleným objektivem, okulárem a osvětlovacím zařízením?
   - koncem 16. století
   - koncem 17. století
   - koncem 18. století

5) Jaká jsou základní optická zařízení mikroskopu?
   - tubus a okulár
   - okulár a stativ
   - objektiv a okulár

1.1.2 Vynález mikroskopu

Přečtěte si následující text o historii prvních mikroskopů:

Vynález mikroskopu se nedá připsat jediné osobě. Už ve starověku se používaly silné čočky ke zkoumání malých objektů.

Jeden z prvních mikroskopů byl postaven kolem roku 1590, kdy dva holandští výrobci brýlí a brusiči drahých kamenů, Zacharias Janssen a jeho syn Hans, při experimentování s několika čočkami v trubici zjistili, že se blízké předměty jeví silně zvětšené. Jejich mikroskop měl dvě čočky a byl dlouhý přes 1,2 m.

Jako jeden z prvních používal jednoduchý mikroskop na zkoumání detailů živých objektů další Holanďan, Anton van Leeuwenhoek, kolem r. 1668. Leeuwenhoek začínal jako učeň ve skladu s textilním zbožím, kde byla zvětšovací skla používána k počítání nití v látce. Jeho mikroskop byl velmi jednoduchý, ale fungoval lépe, než do té doby sestavené mikroskopy. Byl schopen studovat strukturu tkání a byl prvním, kdo spatřil a popsal bakterii, kvasnice a pozoroval hemživý život v kapce vody. Také zkoumal krevní kapiláry a přispěl k poznání anatomie krevního oběhu. Během svého dlouhého života Leeuwenhoek sestrojil přes 200 mikroskopů a používal svoje objektivy k pionýrským studiím nejrůznějších věcí živých i neživých a svoje nálezy popsal ve více než stovce dopisů, zasílaných Anglické královské společnosti a Francouzské akademii.

Poptávka po mikroskopech pro vědecké účely hodně vzrostla právě v době Leeuwenhoekových objevů. Také brzy došlo ke zdokonalení v jejich designu.

Důležitým přelomem v rozvoji mikroskopie bylo dílo britského geologa Roberta Hooka *Micrographia* vydané v Londýně, v němž popsal v roce 1665 konstrukci mikroskopu s odděleným objektivem, okulárem a osvětlovacím zařízením (jako první použil v mikroskopu zdroj světla).

V polovině 19. století už byla optika mikroskopů takřka dokonalá a jejich základní design zůstal stejný až dodneška. Jako první zahájila výrobu mikroskopů firma Carl Zeiss v roce 1847. V lékařském světě použil mikroskop např. Francouz Luis Pasteur při objevu kvasinek nebo Robert Koch při objevu bacilů tuberkulózy a cholery.

Optický mikroskop dosáhl ve 30. letech 20. století své teoretické hranice. Světelný mikroskop nelze použít k rozlišení předmětů, jež jsou menší než polovina vlnové délky světla. Bylo tedy nutno zkonstruovat mikroskop na jiném principu. Místo světelného paprsku se zde využil elektronový paprsek (tok rychlých elektronů), místo skleněné čočky čočka magnetická.

První mikroskop na tomto principu byl vyvinut v Německu v roce 1931 a zasloužili se o to především Max Knoll a Ernst Ruska. Byl to tzv. prozařovací elektronový mikroskop, kdy elektronové paprsky procházely zkoumaným předmětem a vytvořily stínový obraz (jako např. při promítání diapozitivu).

Mikroskop a základy mikroskopování

Druhý typ elektronového mikroskopu, tzv. skenovací elektronový mikroskop (SEM), se objevil v roce 1942, komerčně však byl požíván až kolem roku 1965, kdy se podařilo zvládnout skenování vzorku (podobně jako např. při skenování fotografií).

1.1.3 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?

……

Přiřaďte k dalším typům moderních mikroskopů správnou definici:

1. **elektronový mikroskop** …….
2. **polarizační mikroskop** …….
3. **konfokální mikroskop** …….
4. **fluorescenční mikroskop** …….

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).

- Jaký je význam práce s mikroskopem v současnosti? Uveďte příklady, kde se s mikroskopem můžete setkat.

……

……

……

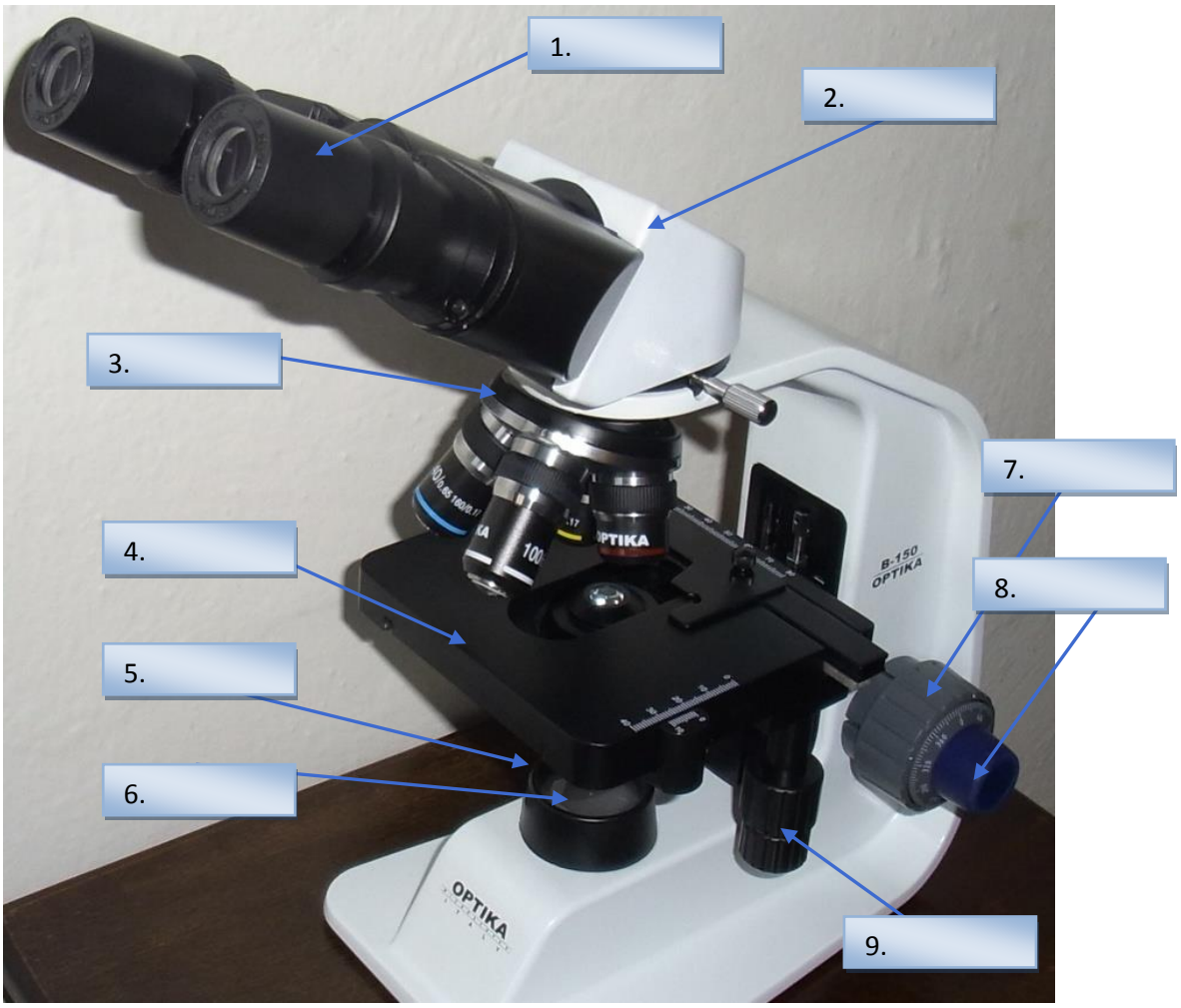
……

Mikroskop a základy mikroskopování

1.1.4 Stavba mikroskopu

Popište jednotlivé části mikroskopu:

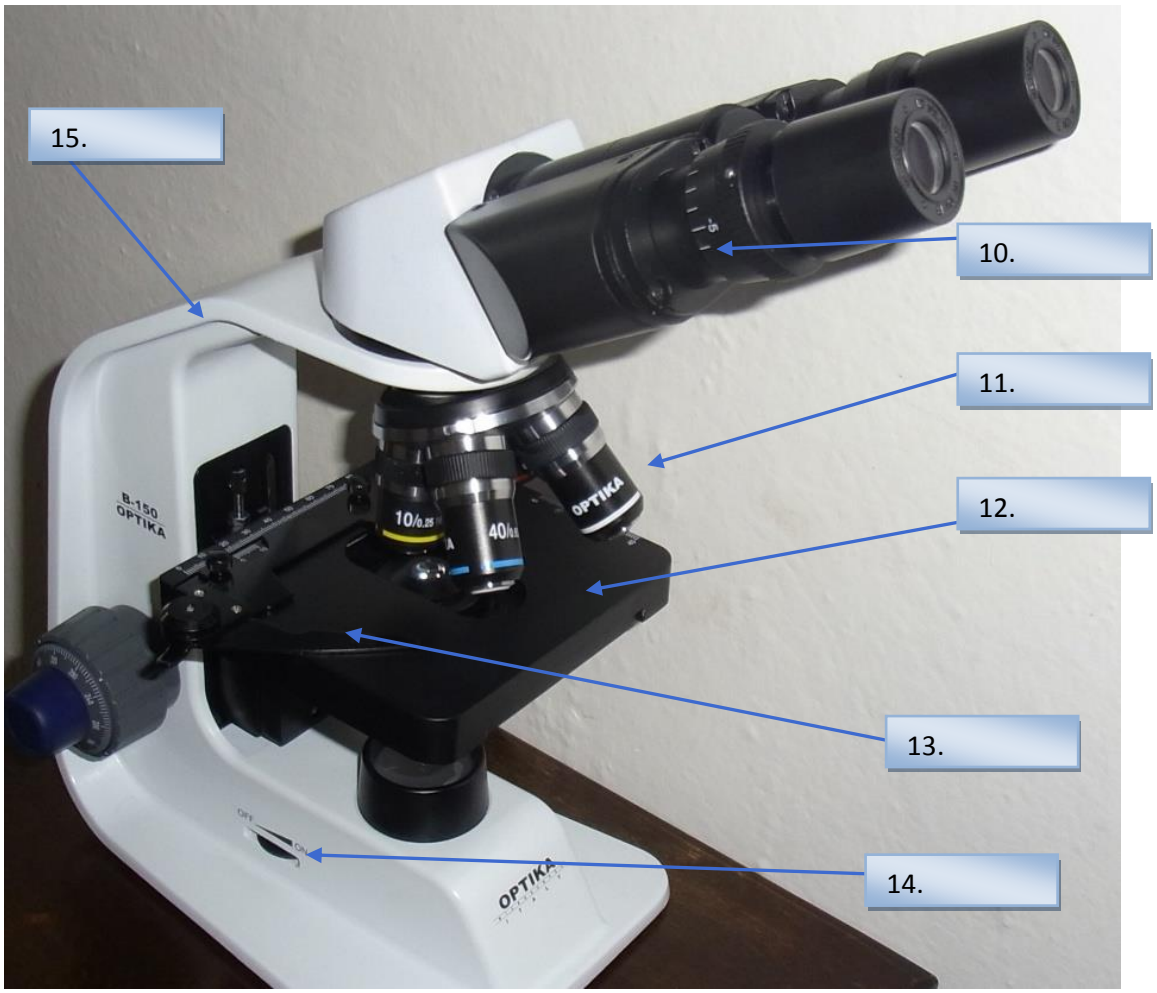
pracovní stolek	*osvětlení*	*okulár*	*clona*	*šroub na posunutí preparátu*
otočná hlavice	*mikro zaostřování*	*binokulární hlavice*	*makro zaostřování*	



Pozn. – autorská fotografie, 2014

Mikroskop a základy mikroskopování

pracovní stolek	*objektivy*	*rameno mikroskopu*
nastavení dioptrie	*držák preparátu*	*nastavení jasu*



Pozn. – autorská fotografie, 2014

Mikroskop a základy mikroskopování

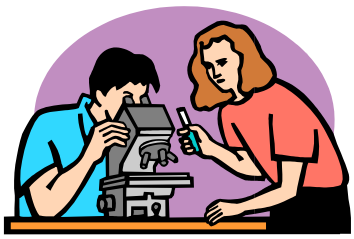
Přiřaďte k jednotlivým částem mikroskopu správnou funkci

1 Okulár
2 Tubus okuláru
3 Otočná hlavice
4 Makro zaostřování
5 Mikro zaostřování
6 Objektivy
7 Binokulární hlavice
8 Kondenzor

a) umožní precizní doostření preparátu
b) optický prvek zajišťující dostatek světla pro osvícení preparátu
c) optický člen pro vhled do mikroskopu
d) hlavice se dvěma vhledy
e) nosič objektivů, slouží k jejich snadné záměně
f) zajistí hrubé zaostření preparátu
g) slouží ke vložení okuláru do správné pozice
h) optické členy s různými hodnotami zvětšení

1.2 Zásady práce s mikroskopem

1.2.1 Pracovní postup při mikroskopování



Seřaďte jednotlivé fáze postupu mikroskopování tak, jak za sebou následují:

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

Mikroskop a základy mikroskopování

1.2.2 Mikroskopický preparát

Pro mikroskopování můžeme použít **dočasné nebo trvalé preparáty**.

Dočasné preparáty připravujeme následujícím způsobem:

- do středu očištěného podložního sklíčka naneseme kapátkem nebo pipetou kapku vody,

- vložíme připravený preparát (preparáty se nejčastěji připravují příčným řezem žiletkou nebo skalpelem),

- preparát ve vodě překryjeme krycím sklíčkem tak, že je nejdříve šikmo postavíme na hranu, posuneme ke kapce, která přilne k okraji sklíčka, zachytíme okraj špičkou preparační jehly a pak sklíčko zvolna spouštíme na kapku vody,

- podle potřeby můžeme odsát přebytečnou vodu filtračním papírem nebo naopak přidat malou kapku vody ke hraně krycího sklíčka, ta se pod ně vsaje.

Mikroskop a základy mikroskopování

1.2.3 Pomůcky při mikroskopování

Na základě výše uvedeného postupu přípravy mikroskopického preparátu vypište všechny pomůcky, které budete při jeho přípravě a vlastním pozorování potřebovat.

a. ……

b. ……

c. ……

d. ……

e. ……

f. ……

g. ……

h. ……

POKUS

1.3 Praktická cvičení

1.3.1 Pozorování buněk z pokožky cibule

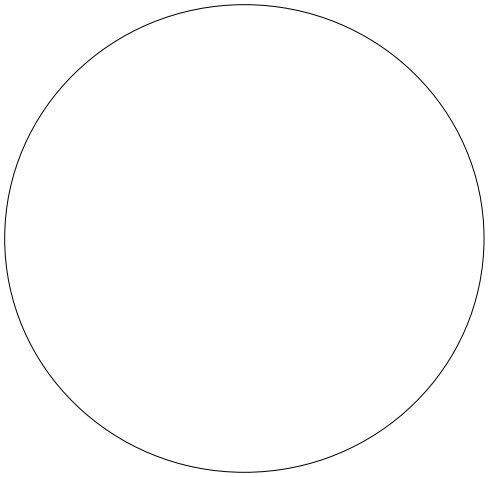
Práce s mikroskopem - pozorování rostlinných buněk z pokožky cibule na trvalém mikroskopickém preparátu

Pomůcky: mikroskop, sada žákovských preparátů.

Postup práce:

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

Nákres: načrtněte mikroskopovaný preparát



Zvětšení:

POKUS

1.3.2 Pozorování buněk z pokožky cibule – příprava vlastního preparátu

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

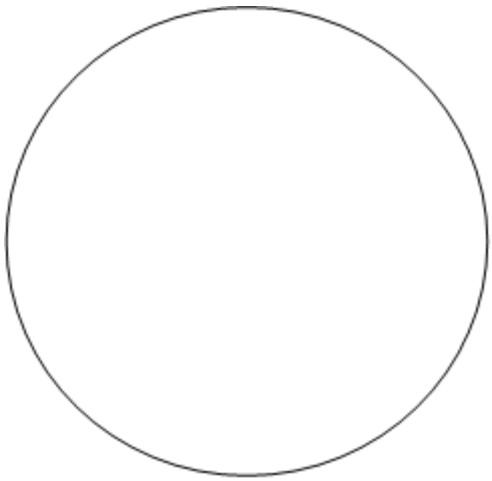
Pomůcky: mikroskop, podložní a krycí sklíčko, potřeby k mikroskopování

Biologický materiál: Cibule kuchyňská (*Allium cepa*)

Postup práce:

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

Nákres: načrtněte mikroskopovaný preparát



Zvětšení:

Závěr: porovnejte nákresy z trvalého a dočasného mikroskopického preparátu pokožky cibule a uveďte 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.

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.

Nákresy: načrtněte mikroskopované preparáty a připojte název rostliny.

1. ……..……

2 …….

3. ……..

Zvětšení:

Závěr:

1.4 Otestujte 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. 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. ANO/NE

1.4.2 Odpovězte na následující otázky

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

2.1 Historie objevu buňky

Věda zabývající se studiem buněk se nazývá **cytologie** neboli buněčná biologie. Dějiny cytologie sahají více než 300 let do minulosti a jsou úzce spjaty s objevem mikroskopu.

Nejdůležitější data z dějin cytologie:

1676 ***Antoni van Leeuwenhoek*** poprvé pozoroval bakterie mikroskopem vlastní výroby.

1686 ***Robert Hook*** poprvé použil pojem *buňka*, když studoval za pomoci primitivního mikroskopu vlastní výroby stavbu korku a našel v něm jakési prázdné dutinky, které mu připomínaly buňky včelích plástů, a tak je podle nich pojmenoval *cellulae* (lat.) - buňky.

1837 ***Jan Evangelista Purkyně*** poprvé formuloval svou buněčnou teorii stavby těl živočichů, když už předtím v roce 1825 uveřejnil první popis jádra živočišné buňky.

1838 Německý botanik ***Matthias Jakob Schleiden*** a fyziolog ***Theodor Schwann*** objevili, že rostlinné i živočišné buňky mají *jádro*. V roce 1839 prvně formulovali *buněčnou teorii* ve smyslu, že veškeré živé organizmy jsou tvořeny jednou či více buňkami, a že je buňka základní strukturní jednotkou všech organizmů.

1898 Italský anatom ***Camillo Golgi*** objevil v nervových buňkách soustavu buněčných váčků, které slouží k transportu a úpravě bílkovin – organelu nyní známou pod jménem *Golgiho aparát.*

1945 Použitím elektronového mikroskopu ke studiu buněk byla objevena organela *endoplazmatické retikulum*.

1953 ***James D. Watson a Francis Crick*** poprvé představili *dvoušroubovicový model DNA*. V roce 1962 pak obdrželi Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství.

2.2 Základní funkce buňky

Všechny živé organismy s výjimkou virů jsou tvořeny jednou či více buňkami. Buňka je tudíž základní strukturní i funkční jednotkou tkání, orgánů a organismů.

Které základní životní projevy buňky znáte? Doplňte:

1) **M** - - - - - - - - - - - (výměna látek a energie)
2) **R** - - - - - - - - - - -
3) **K** - - - - - - - - - s okolím
4) **R** - - -

2.3 Typy buněk

Existují dva základní typy buněk - **buňka prokaryotická a eukaryotická.**

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
c. Prokaryotická buňka tvoří těla virů a baktérií. ANO/NE
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
g. Eukaryotická buňka tvoří těla rostlin, hub a živočichů. ANO/NE

Buňka

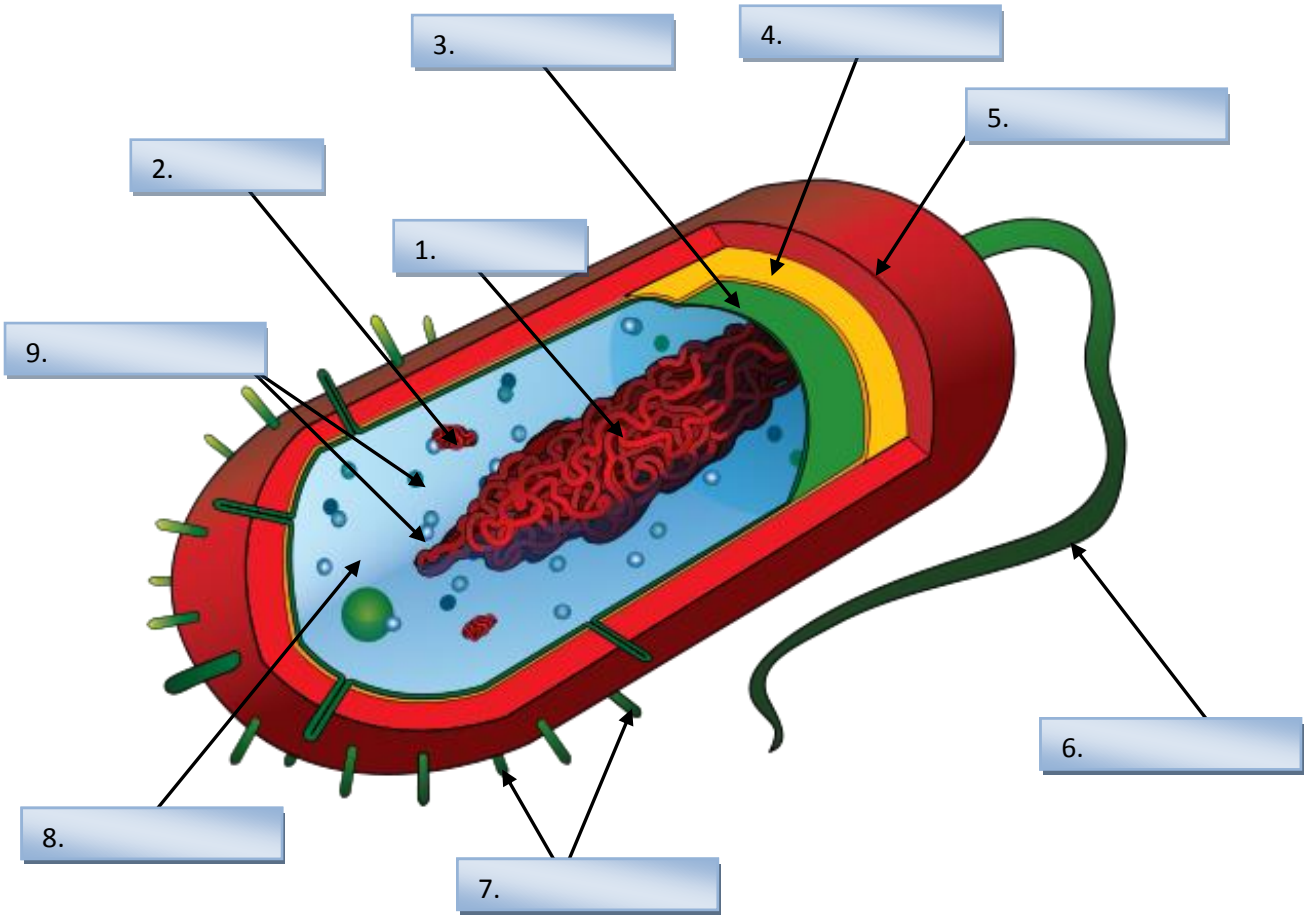
2.3.1 Prokaryotická buňka

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

Popište jednotlivé části prokaryotické buňky

bičík	*cytoplazmatická membrána*		*pouzdro*	*ribozomy*
plazmid	*cytoplazma*	*buněčná stěna*	*nukleoid (kruhová DNA)*	*brvy*



Buňka

Doplňte správnými výrazy následující charakteristiku prokaryotické buňky:

Prokaryotická buňka je asi desetkrát (1) _____ než eukaryotická a má celkově jednodušší stavbu. Velikost prokaryotické buňky se obvykle pohybuje mezi desetinami a desítkami (2) _____.

(3) _____ (nukleoid) je tvořeno jedním chromosomem uloženým volně v cytoplazmě. Obsahuje jednu kruhovou molekulu (4) _____ nesoucí dědičnou informaci.

Buňka může obsahovat (5) _____, 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) _____, mnoho bakterií má pak na povrchu buňky buněčnou stěnu z peptidoglykanu a ještě další polysacharidovou či proteinovou ochrannou vrstvu, tzv. kapsulu – (7) _____. Jeho funkcí je dále zpevňovat povrch bakterií (díky tomu jsou více patogenní) a lépe přichytit k substrátu.

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

Většinou se prokaryotické organizmy množí příčným dělením. Jsou vždy jednobuněčné, nevytvářejí mnohobuněčný organizmus. Prokaryotický typ buňky se vyskytuje pouze u (9) _____ a u příbuzné skupiny nazývané Archea.

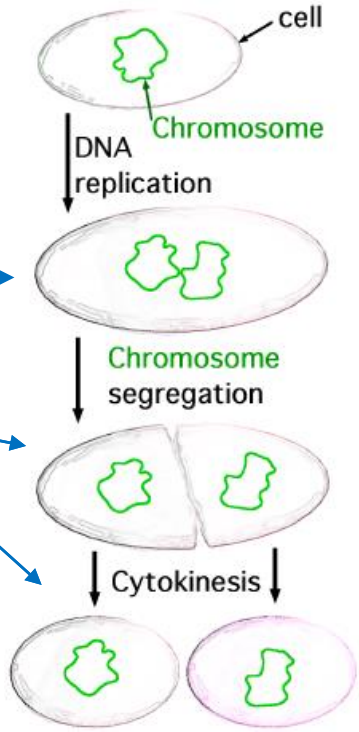
Rozmnožování prokaryotních buněk

Prokaryotní buňky se množí dělením, jemuž předchází rozdělení chromozómu, tj. replikace chromozomální DNA.

Bakteriální chromozom (DNA) se replikuje a oba dceřinné chromozómy se oddalují k opačným pólům buňky.

Buňka začne postupným růstem stěny vytvářet přepážku, která původní buňku rozdělí na dvě.

Po rozdělení se mohou buňky oddělit, mohou však také zůstat spojené; tak vznikají shluky nebo řetízky buněk. V rychle rostoucí kultuře bakterií se DNA začne replikovat krátce po předchozím dělení buněk. Doba, která uplyne od jednoho dělení k druhému, se nazývá **generační doba**. U rychle rostoucích bakterií je to 20 minut i méně.



Buňka

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

a.	_____	Nachází se uvnitř buňky, obsahuje makromolekulu DNA.
b.	_____	Soustava vzájemně propojených miniaturních cisteren a kanálků, existují dva typy – drsné (s ribozomy) a hladké, zajištují transport bílkovin vytvořených ribozomy.
c.	_____	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.	_____	Dodává buňce potřebnou pevnost a tvar, chrání ji, je propustná. Je složena z celulózy, polysacharidů a bílkovin.
e.	_____	Nacházejí se v cytoplazmě všech buněk i na povrchu endoplazmatického retikula, probíhá na nich syntéza bílkovin.
f.	_____	Semiautonomní organely, probíhá v nich proces buněčného dýchání, zdroj energie, uzavřeny dvěma membránami.
g.	_____	Semiautonomní organely v rostlinných buňkách, probíhá v nich fotosyntéza (podílí se na tvorbě glukózy a dalších organických látek z látek anorganických).
h.	_____	Mikrofilamenta a mikrotubuly uvnitř buněk, udržují buněčný tvar, podílí se na pohybu organel, tvoří pohybový aparát.
i.	_____	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.
j.	_____	Složeny z mikrotubulů, zajišťují pohyb celé buňky.
k.	_____	Zajišťují pohyb látek na bezprostředním povrchu buňky.
l.	_____	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.

Buňka

Nejzákladnější dělení eukaryotických buněk rozlišuje buňku rostlinnou a živočišnou

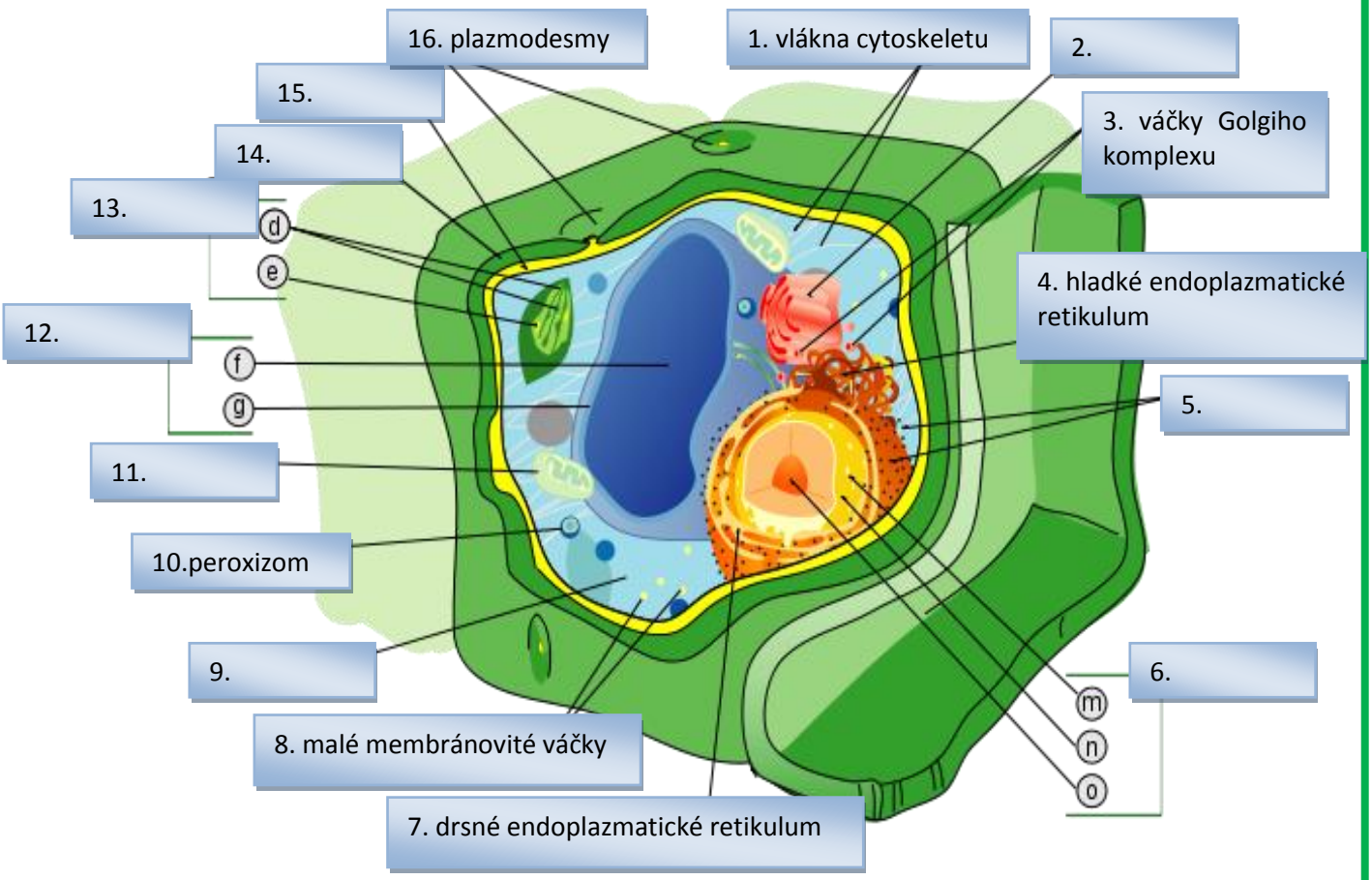
2.3.2.1 Rostlinná buňka

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

jádro s jadérkem *cytoplazmatická membrána* *vakuola* *mitochondrie*
ribozomy *Golgiho komplex* *chloroplast* *cytoplazma* *buněčná stěna*



Buňka

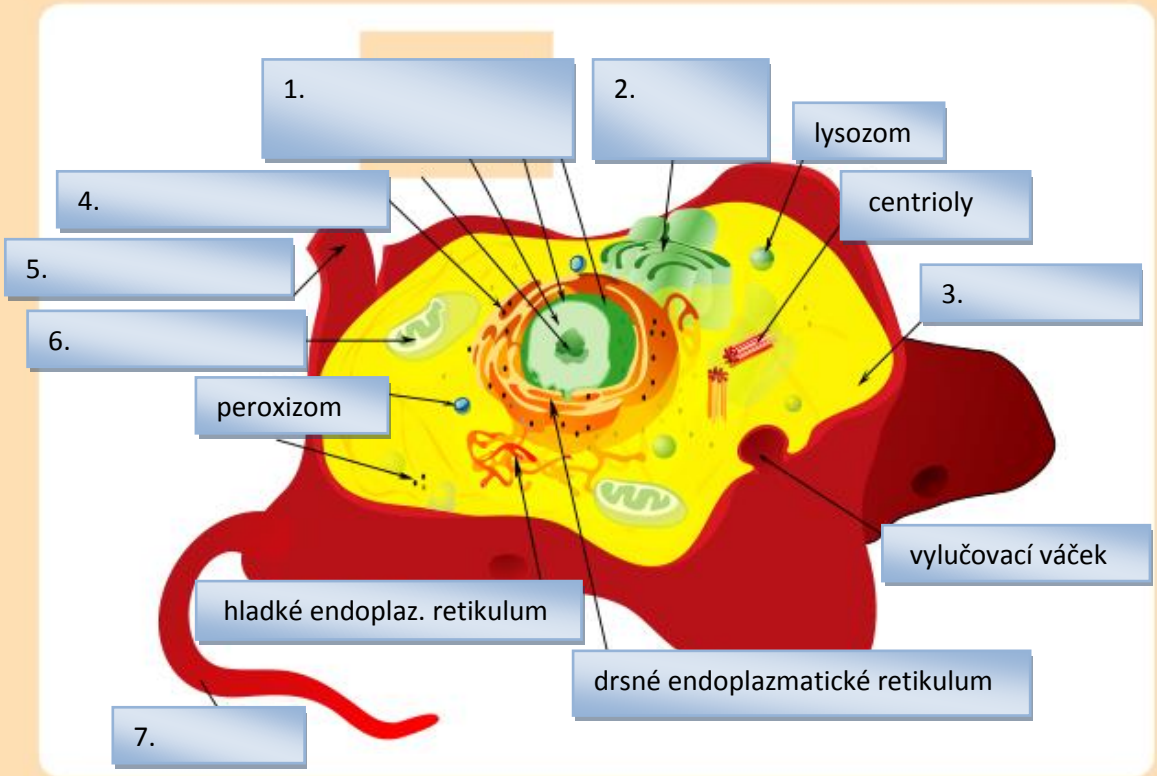
2.3.2.2 Živočišná buňka

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

cytoplazmatická membrána	*bičík*	*ribozomy*	*jádro s jadérkem*
Golgiho komplex	*cytoplazma*	*mitochondrie*	



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

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:

Jednobuněčné organismy:

Mnohobuněčné organismy:

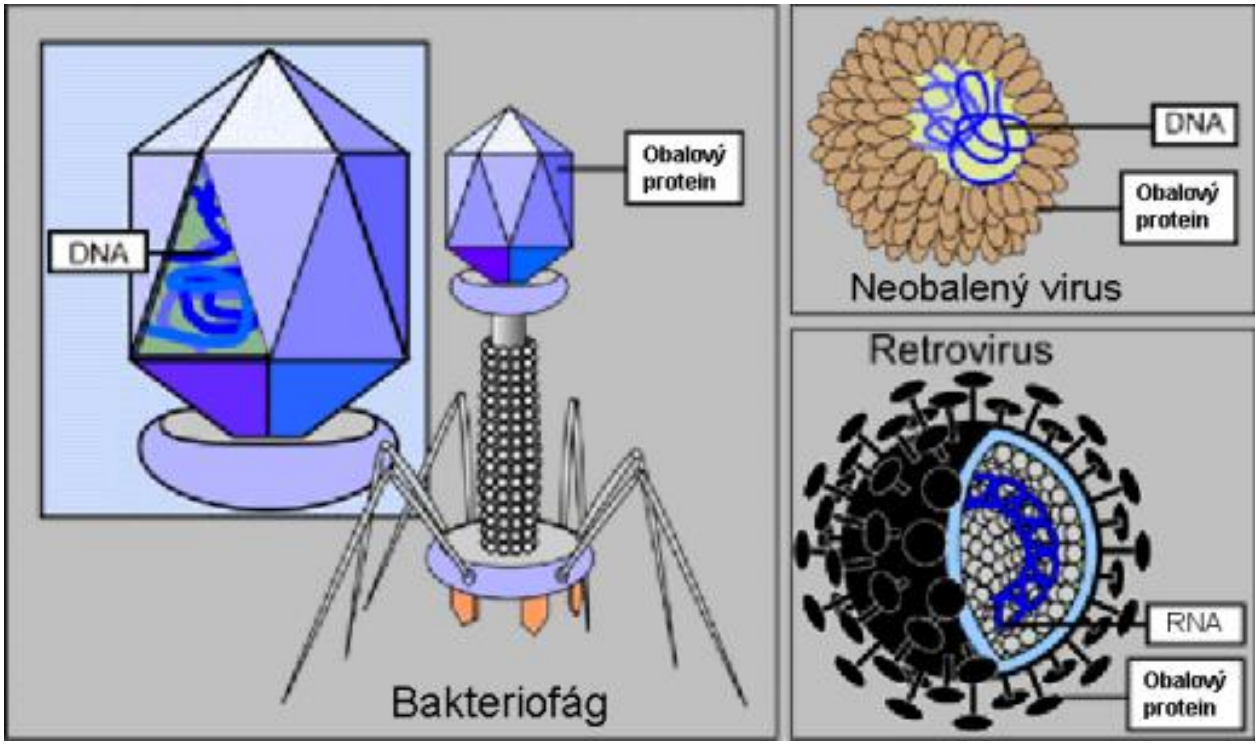
Buňka

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).

Příklady typů virů:



Tři různé typy virů: v levé části virus infikující bakterie neboli bakteriofág, vpravo nahoře průřez neobaleným virem, vpravo dole průřez retrovirem HIV, u kterého je virová částice ještě obalena membránou s povrchovými glykoproteiny.

Která virová onemocnění znáte?

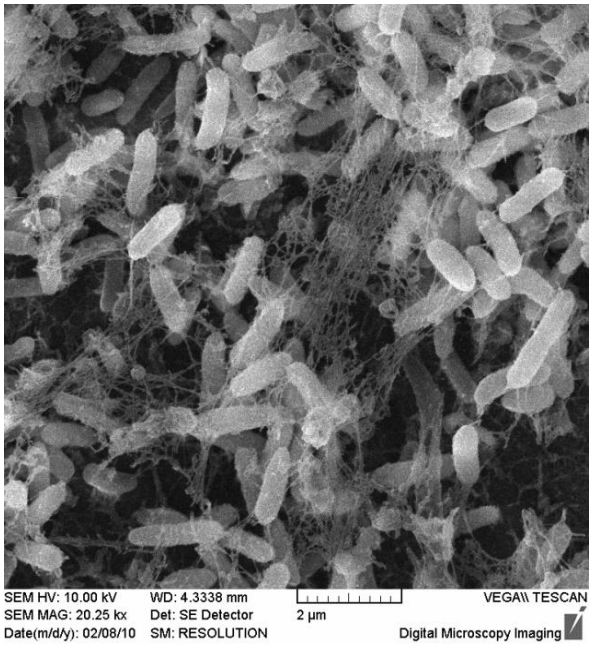
2.4.2 Jednobuněčné organismy

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.**

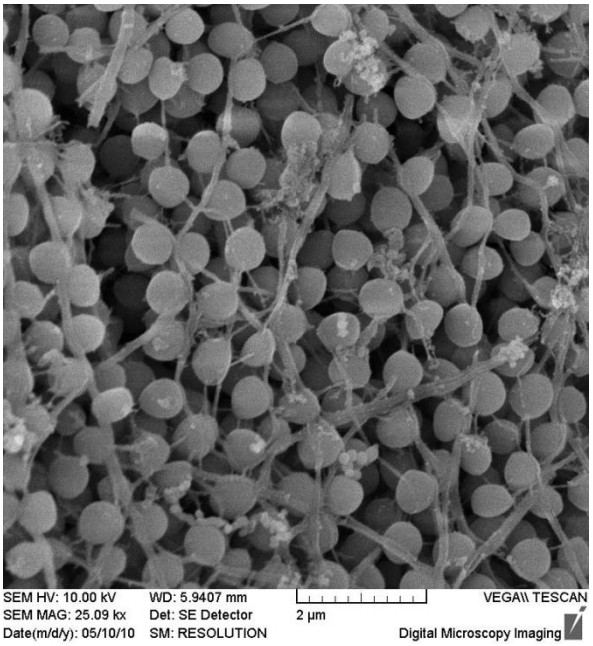
Skutečnost, že u jednobuněčných organismů jediná buňka zajišťuje všechny životní funkce, vedla v průběhu evoluce ke vzniku specializovaných vnitrobuněčných struktur. Rozmnožování jednobuněčných organismů je totožné s dělením buněk, jejich generační doba je proto velmi krátká.

Příklady bakterií:

Snímky bakterií z elektronového mikroskopu - experimentálně pěstovaný biofilm (bakterie jsou propojeny mezibuněčnou hmotou a jsou v této podobě odolnější).



Pseudomonas aeruginosa (zvětšení 20’000x)



Staphylococcus aureus (zvětšení 25’000x)

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.

Buňka

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.

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:**
2) **Kapénkovou infekcí:**
3) **Kůží:**
4) **Pohlavním stykem:**

Které další bakteriální choroby znáte?

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 ve 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

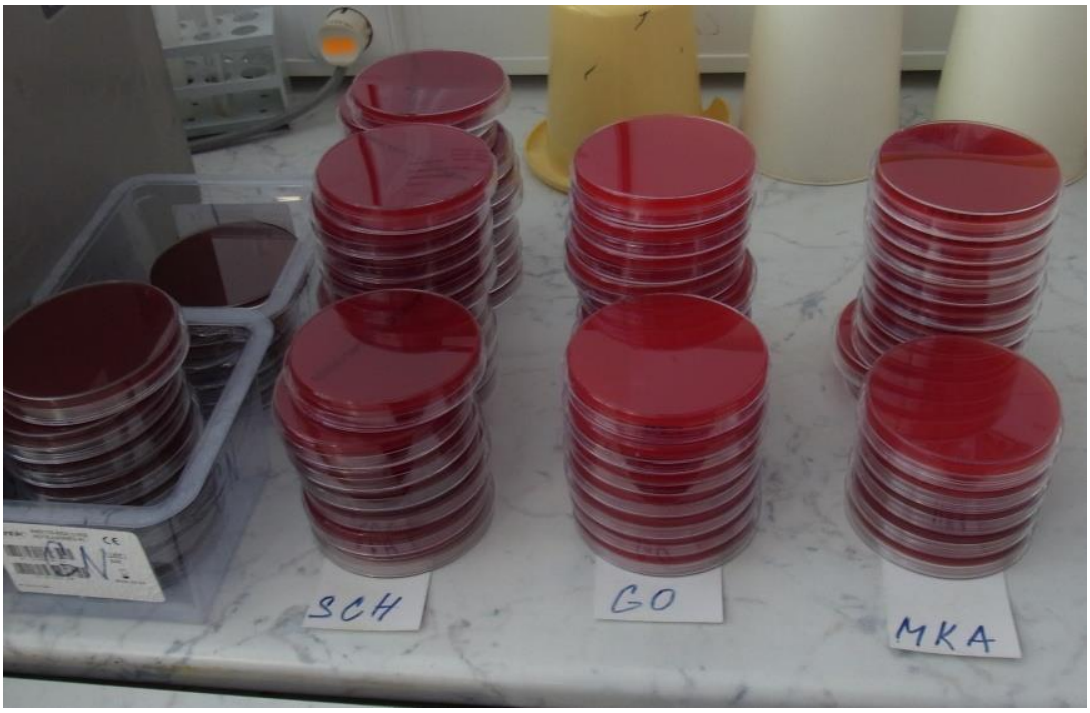
Ve výzkumu se bakterií využívá kvůli rychlému růstu a poměrně snadné manipulaci s nimi. Bakterie jsou modelové organismy pro molekulární biologii, genetiku a biochemii.

2.4.2.2 Mikrobiologie a některé její metody

Mikrobiologie je věda zabývající se mikroorganismy – tedy prokaryotickými organismy a některými mikroskopickými eukaryotními organismy.

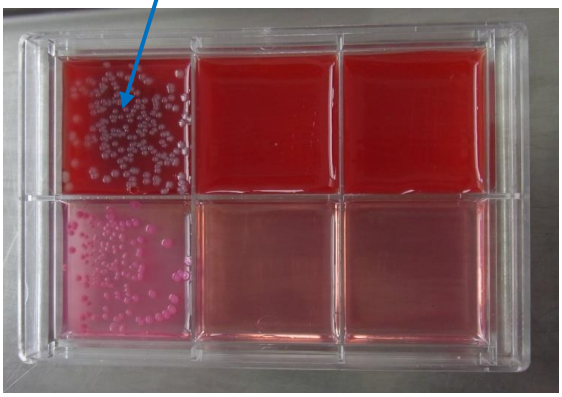
Z hlediska praktické využitelnosti poznatků získaných v mikrobiologii tuto vědu dělíme například na potravinářskou mikrobiologii, která se zabývá mikrobiálními procesy využívanými ve zpracování potravin, lékařskou mikrobiologii, která se zabývá převážně mikroby, které vyvolávají u člověka nějaké onemocnění, mikrobiologii čištění odpadních vod, zemědělskou mikrobiologii, mikrobiologii ochrany materiálů, mikrobiologii životního prostředí apod.

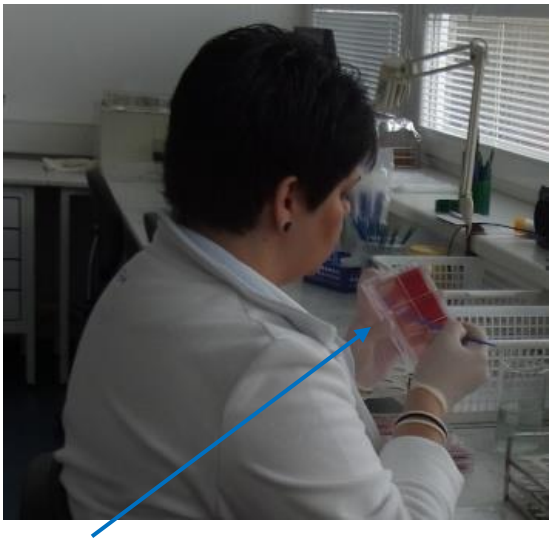
Mikrobiologové nepracují s jednotlivými buňkami či organismy, ale s miliony organismů, které získávají pěstováním – **kultivací** – v přesně sledovaných podmínkách v laboratoři. Toto prostředí musí mít vhodné chemické a fyzikální vlastnosti, zpravidla charakteristické pro určitý typ bakterií. Médium 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.



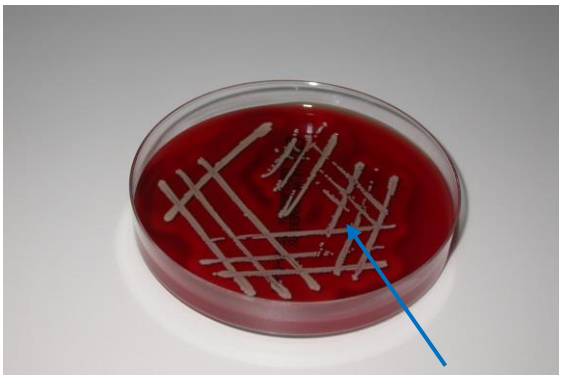
Pozn. – autorská fotografie, 2014 – laboratoře Agel - laboratoř klinické mikrobiologie

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.





očkování bakterií



kolonie bakterie *Staphylococcus aureus*

Pozn. – autorské fotografie, 2014 – laboratoře Agel - laboratoř klinické mikrobiologie

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 schopna 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.

Buňka

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

POKUS

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*).

Postup práce:

a) příprava senného nálevu:

- do zavařovací sklenice naberte vodu z přírodního zdroje - potoka nebo rybníka,
- přidejte seno, listí, nebo mech,
- 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.

Buňka

Nákres: načrtněte a popište mikroskopované preparáty.

Zvětšení:

Závěr: porovnejte nákresy obou mikroskopických preparátů a uveďte případné rozdíly.

2.5.2 Živočišná buňka - pozorování buněk dlaždicového epitelu psa

Pozorování živočišných buněk na trvalém mikroskopickém preparátu

Pomůcky: mikroskop, sada žákovských preparátů.

Postup práce:

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

Buňka

Nákres: načrtněte mikroskopovaný preparát.

Zvětšení:

Závěr:

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.

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.

Buňka

Nákresy: načrtněte mikroskopované preparáty a připojte název rostliny.

1. ……

2.……

3. ……..

Zvětšení:

Závěr:

2.6 Otestujte 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. 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. ANO/NE

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

2.6.2 Odpovězte na následující otázky

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) Dceřinné 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

Základy genetiky

3.1.2 Základní genetické pojmy

Přiřaďte k jednotlivým pojmům správnou definici

1. obecná genetika
2. molekulární genetika
3. genetika populací
4. genetika člověka
5. dědičnost (heredita)
6. proměnlivost (variabilita)
7. gen
8. znak
9. alela
10. genotyp

a) schopnost živých organismů si předávat z generace na generaci určité znaky, vlohy a schopnosti

b) konkrétní forma genu

c) určitá vlastnost organismu, kterou způsobují geny

d) vloha, základní jednotka dědičné informace

e) zkoumá biologické procesy související s vlastnostmi organismů

f) soubor genů - kompletní genetická informace organismu (či buňky)

g) zabývá se studiem struktury a funkce nukleových kyselin

h) nauka o změnách zastoupení genů v populaci

i) věda zabývající se lidským genomem

j) je ovlivněna podmínkami vnějšího prostředí i vrozeným základem znaků a vlastností daného organismu

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.

Mezi podobory genetiky patří například: molekulární genetika, cytogenetika, imunogenetika, onkogenetika, populační genetika, klasická (Mendelovská) genetika, genetika rostlin (bakterií, virů...), evoluční genetika a lékařská (klinická) genetika.

3.2 Historie genetiky

Za zakladatele genetiky je považován **Johan Gregor Mendel**.

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 prostudujte životopis J. G. Mendela

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 chromozómové teorii dědičnosti.

3.2.2 Historie genetiky ve zkratce

Nejdůležitější data z dějin genetiky:

1866 ***J.G. Mendel*** oznámil a publikoval svou teorii dědičnosti, dnes známou jako ***Mendelovy zákony.***

1875 ***Charles Darwin*** přišel s myšlenkou „gemulí“, hypotetických částic určených k přenosu rysů z rodičů na potomky.

1882 Walther Flemming objevil pomocí barviva k obarvení buněk struktury, které byly později nazvány ***chromozómy.***

1900 Nezávisle na sobě potvrzují *Hugo de Vries*, *Erich Tschermak* a *Carl Correns* ***pravdivost Mendelovy teorie.***

1903 ***Walter Sutton*** objevil pohyb chromozomů během meiózy a jejich rekombinaci a spojil jej s tříděním Mendelových párových faktorů. Dal Mendelovým elementům název ***geny***.

1907 Americký biolog ***T. H. Morgan*** začal svou práci s ovocnými muškami, která prokázala, že chromozomy mají jednoznačnou funkci v dědičnosti, založila ***teorii mutace*** a vedla k základnímu porozumění mechanizmů dědičnosti.

1944 Deoxyribonukleová kyselina (**DNA**) byla určena ***nositelkou genetické informace***.

1950 ***Erwin Chargaff*** zjistil, že množství adeninu a tyminu je stejné jako množství guaninu a cytozinu – později známa jako „Chargaffova pravidla“.

1953 ***James D. Watson a Francis Crick*** poprvé představili ***dvoušroubovicový model DNA.*** V roce 1962 pak obdrželi Nobelovu cenu za fyziologii a lékařství.

1966 Byl ***rozluštěn genetický kód,*** bylo dokázáno, že sekvence tří nukleotidových bází určuje každou z 20 aminokyselin, bylo zjištěno, že DNA se nachází i mimo jádro buňky.

Základy genetiky

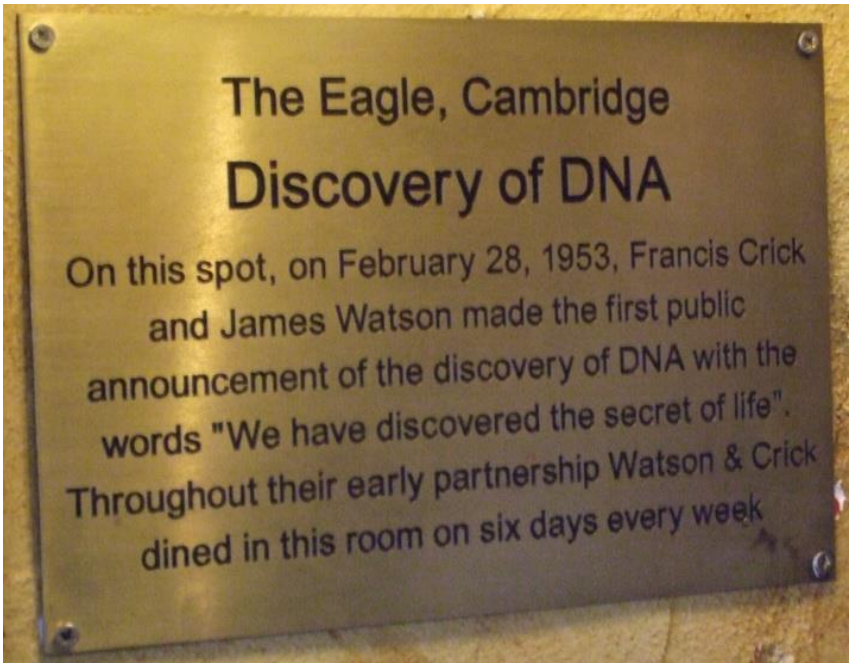
1969 Byl ***izolován první gen***.

1970 Byl vytvořen ***první umělý gen***.

1973 Počátek rozvoje ***genetického inženýrství*** a experimentování s geny.

1988 Mezinárodní tým vědců začal pracovat na ***projektu mapování lidského genomu*** (Human Genome Project).

2000 Bylo ohlášeno ***ukončení*** první fáze ***mapování lidského genomu***.



Pozn. – autorské fotografie, 2011

Pamětní deska v hostinci *Eagle* v Cambridge ve Velké Británii, kde molekulární biologové Francis Crick a James Watson pracující v laboratoři Cavendish na nedaleké univerzitě, pravidelně obědvali. Zde poprvé v roce 1953 na veřejnosti oznámili svůj objev struktury DNA a sestavení jejího modelu. Pronesli zde slavnou větu: „*We have discovered the secret of life*“ (Objevili jsme tajemství života).

Základy 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 některé jeho výhody a nevýhody:

1) pohlavní rozmnožování

2) nepohlavní rozmnožování

a) energeticky méně náročné

b) energeticky náročné

c) geneticky variabilní potomstvo má větší šanci odolat náhlým změnám prostředí

d) klony jsou zranitelnější vůči náhlým změnám prostředí

3.4 Geny a chromozomy

Geny uložené v makromolekulách DNA jsou v buňkách organismů zabudovány do molekulové struktury jejich chromozomů.

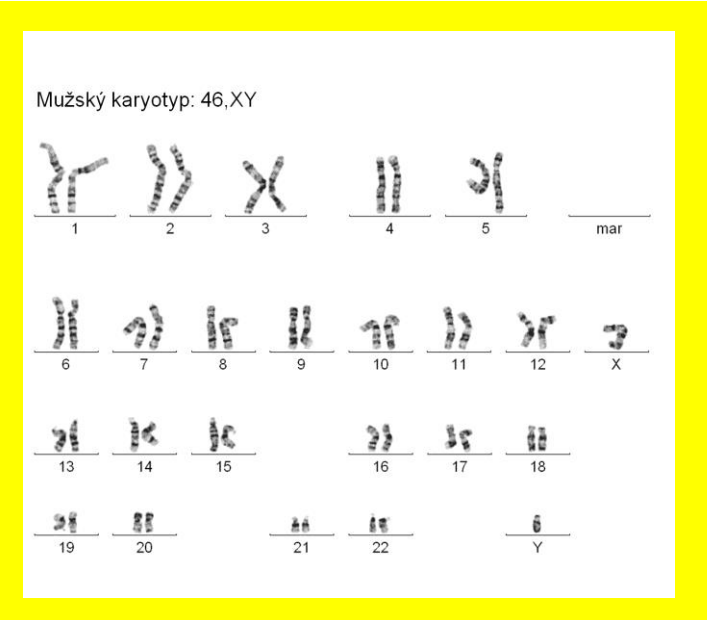
Zygota (a každá buňka, která z ní dělením vznikne) obsahuje v jádře stálý počet chromozomů. V tělních buňkách je každý chromozom v páru -**homologní chromozomy**. Jeden z homologních chromozomů pochází od otce a jeden od matky.

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 organismů, 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.** Z toho 22 chromozomů jsou **nepohlavní chromozomy (autozomy)** a tvoří **homologní páry**, zatímco poslední pár je **heterologní** a je tvořen **pohlavními chromozomy (gonozomy).**

Karyotyp muže:



Příklady počtů chromozómů pro některé druhy:

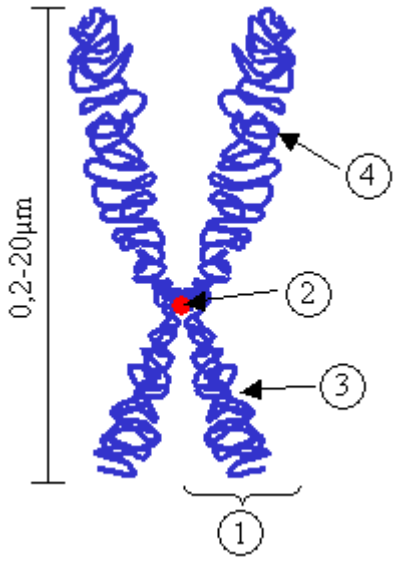
člověk	***46***	***kůň***	***66***
pes	***78***	***myš***	***40***
kočka	***38***	***šimpanz***	***48***

holub	***80***	***brambor***	***48***
kapr	***104***	***borovice***	***24***
komár	***6***	***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 chromozómů se nachází ještě sekundární zaškrcení, které odděluje jeho koncovou část, to je tzv. satelit.

Popište jednotlivé části chromozomu:

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....



Doplňte správnými výrazy:

U člověka (i u ostatních eukaryotických organismů) je většina genetického materiálu uložena v _____. Genetický materiál je uspořádán v chromozomech. Člověk má _____ párů chromozomů.

Dvojice stejných chromozomů se nazývá _____, dvojice různých chromozomů se nazývá _____.

Tělní (somatické buňky) mají _____chromozomů – diploidní počet 2 n.

Pohlavní buňky mají 23 chromozomů - _____ .

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).

Základy genetiky

3.5.1 Alelová analýza

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

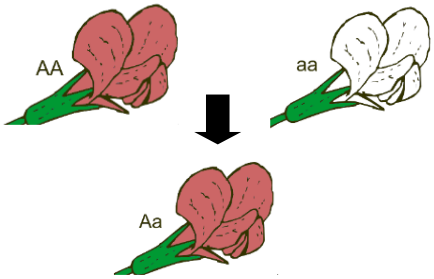
Každý organismus má geny ve dvojím provedení (protože má chromozomy v páru). Tyto alely mohou být shodné – pak hovoříme o **homozygotním** organismu, nebo ve dvou odlišných formách – **heterozygot**.

Křížení – hybridizace:

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

P generace
rodičovská generace

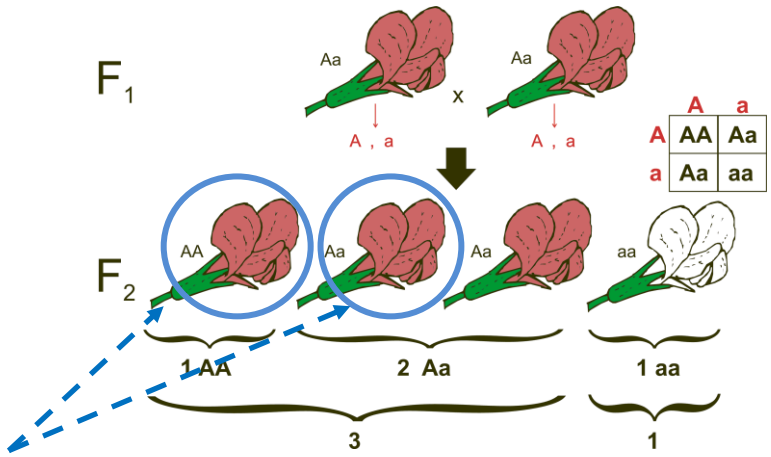
F 1 generace
dceřiná generace



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**.

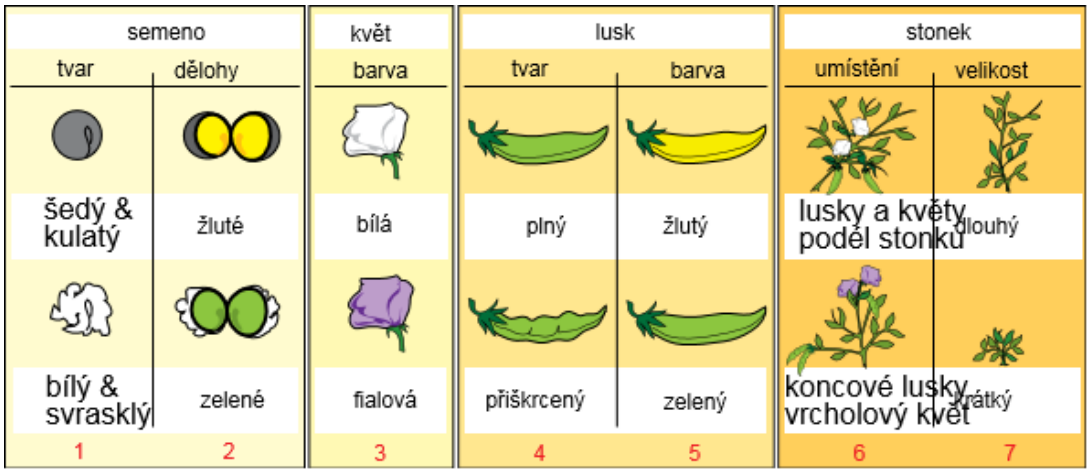
Úplná dominance: dominantní alela se ve fenotypu projeví zcela a neomezeně na úkor recesivní alely. Např. **A** – dominantní alela pro červenou barvu květu**, a**- recesivní alela pro bílou barvu květu, pak jedinci s výbavou **AA** (dominantní homozygot) a **Aa** (heterozygot) budou mít červené květy,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



Sedm charakteristik hrachoru pozorovaných Mendelem a popsaných v práci „Pokusy s rostlinnými hybridy“.

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 **a**. 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.

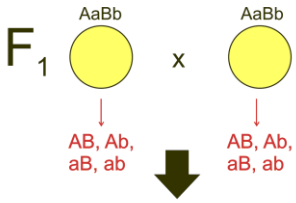
Žlutá barva a kulatý tvar hrachu setého (*Pisum sativum*) jsou dominantní, zelená barva a hranatě svraštělý tvar jsou recesivní.

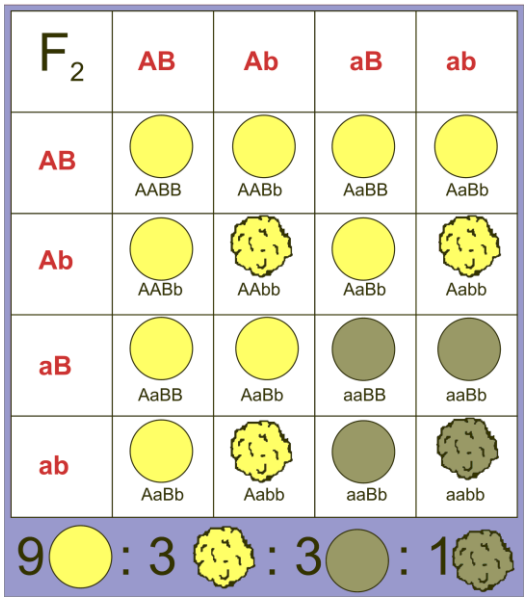
A - žlutá barva

B - kulatý tvar

a - zelená barva

b - svraštělý tvar





Dvojitý hybrid **AaBb** (kulatá žlutá semena) tvoří 4 typy gamet, které se v další generaci **F2** 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.

TEST

3.5.1.3 Úkoly k zamyšlení a k procvičení

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)?

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?

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.

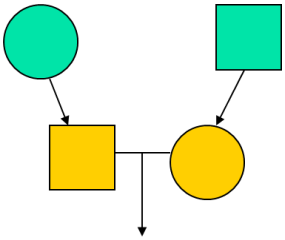
4. **Muž** má **šest prstů** na každé ruce. Jeho **žena i dcera** mají **normální počet prstů**. Šestý prst je projevem dominantní alely. U jakého procenta potomků mohou očekávat, že se tato alela projeví?

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?

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?

F1:

genotyp:

fenotyp:

3.6 Genový význam DNA

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.

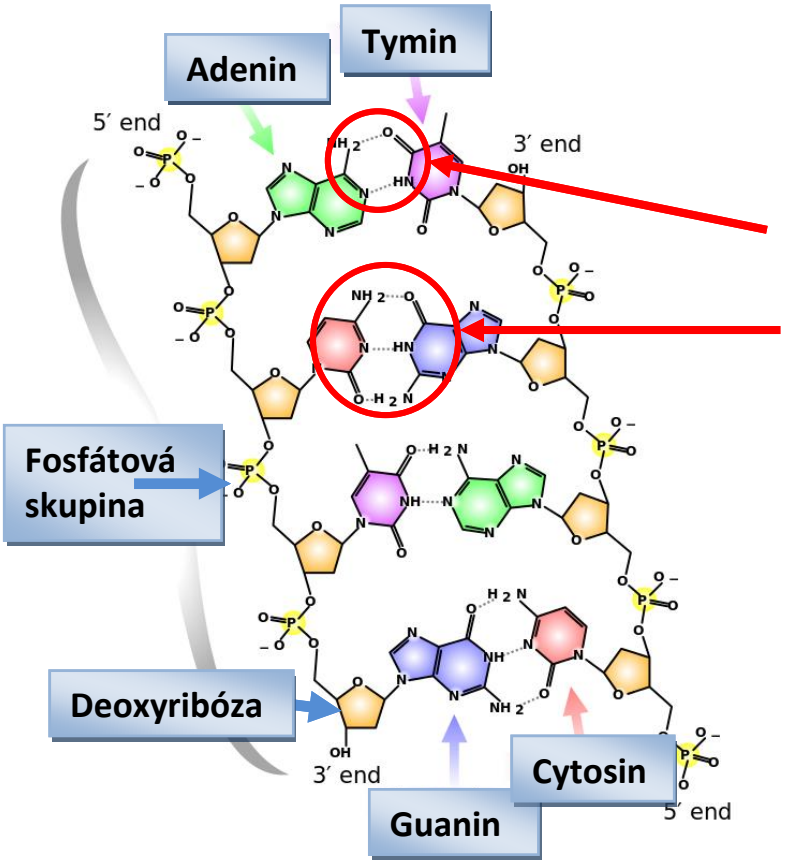
3.6.1.1 Kyselina deoxyribonukleová - DNA

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:

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

TEORIE



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

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

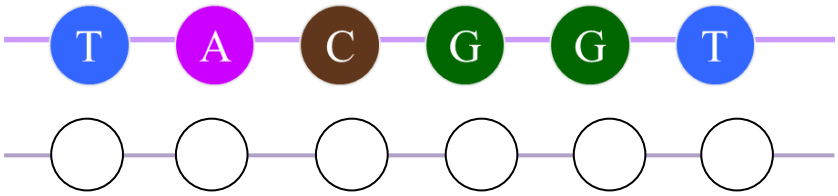
Mezi **guaninem a cytosinem** jsou **tři** vodíkové můstky.

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:



3.6.1.2 Kyselina ribonukleová - RNA

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

Základy genetiky

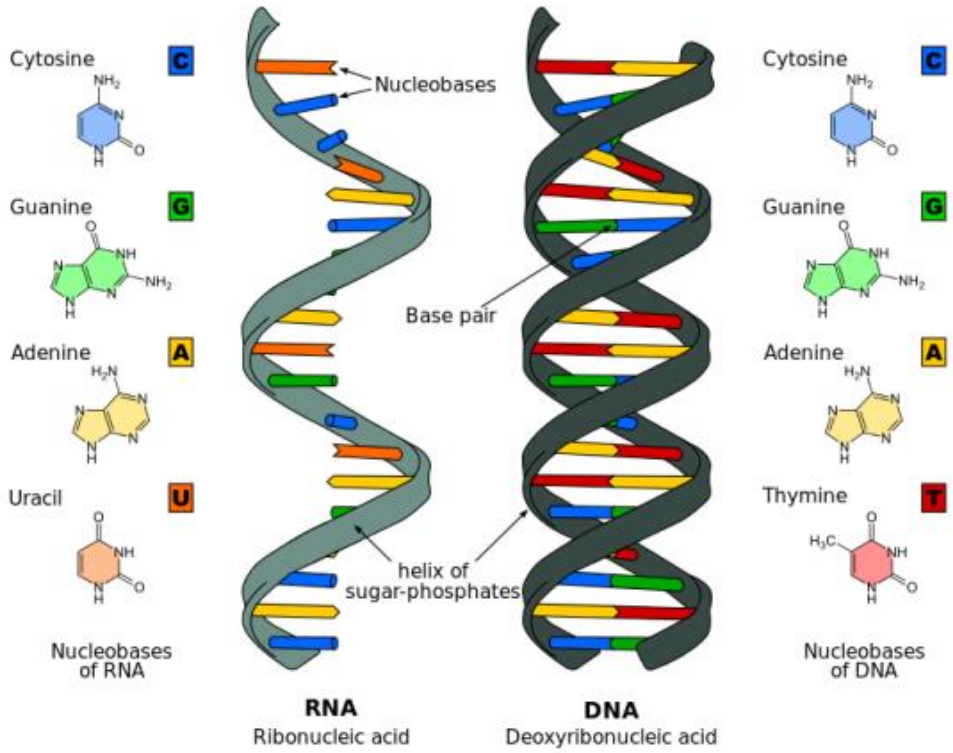
Nukleotid RNA:

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

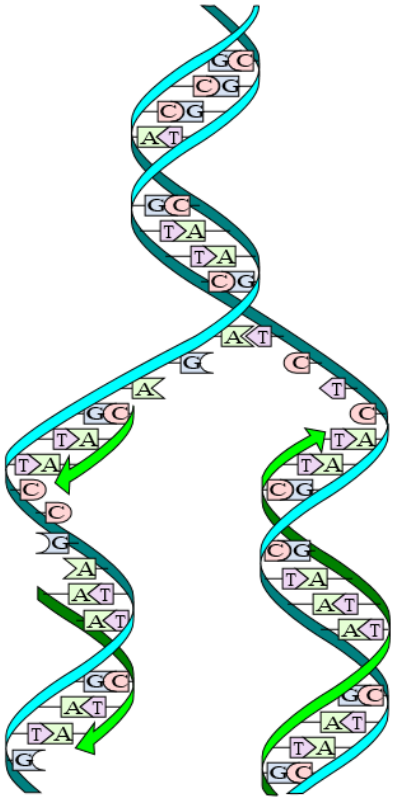
RNA zajišťuje přenos genetické informace z DNA do struktury bílkovin, v organismech je přítomna v několika typech:

- **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



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

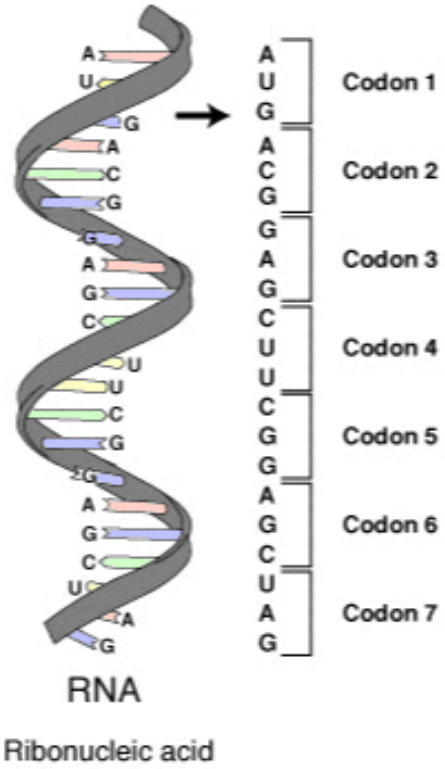
DNA obsahuje úseky, které kódují pořadí aminokyselin v proteinovém řetězci (primární struktura). Takový funkční **úsek DNA kódující nějakou vlastnost organismu se nazývá gen**.

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 ve 3 % 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**.

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**.

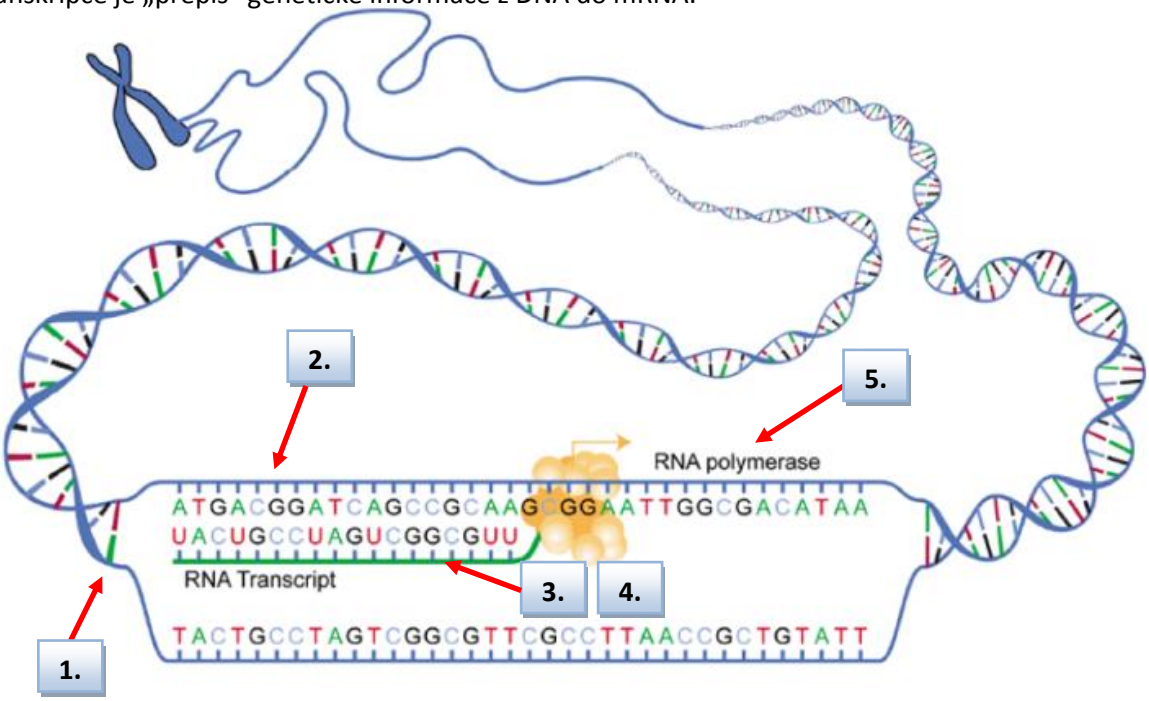
Proteosyntéza probíhá ve **dvou stupních**:

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.

TEORIE

3.6.4.1Transkripce – 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).

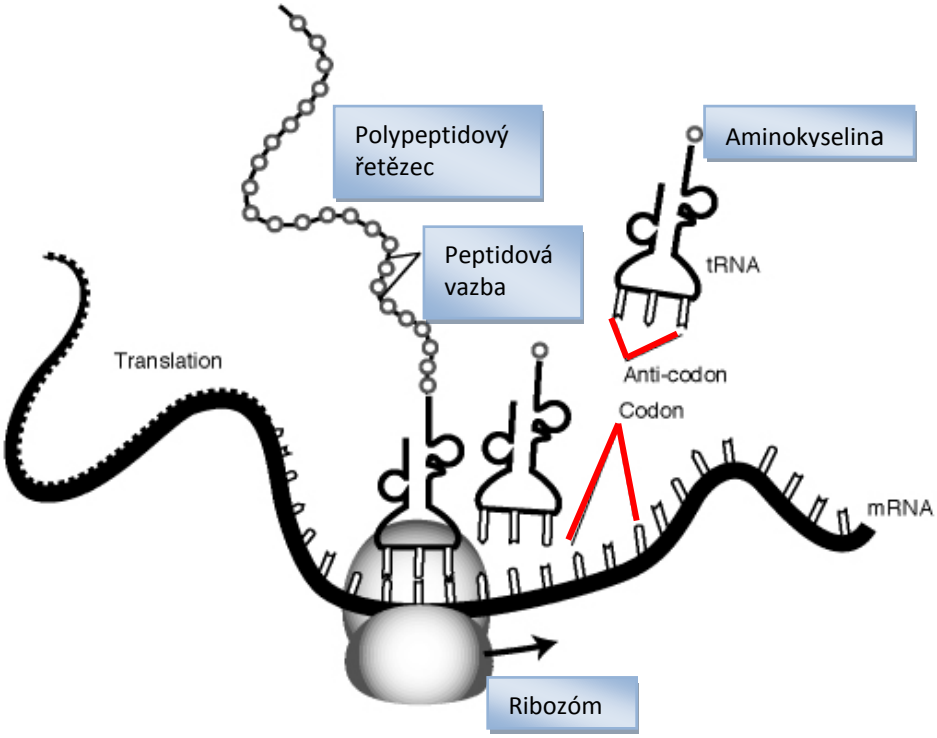
Základy genetiky

- 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

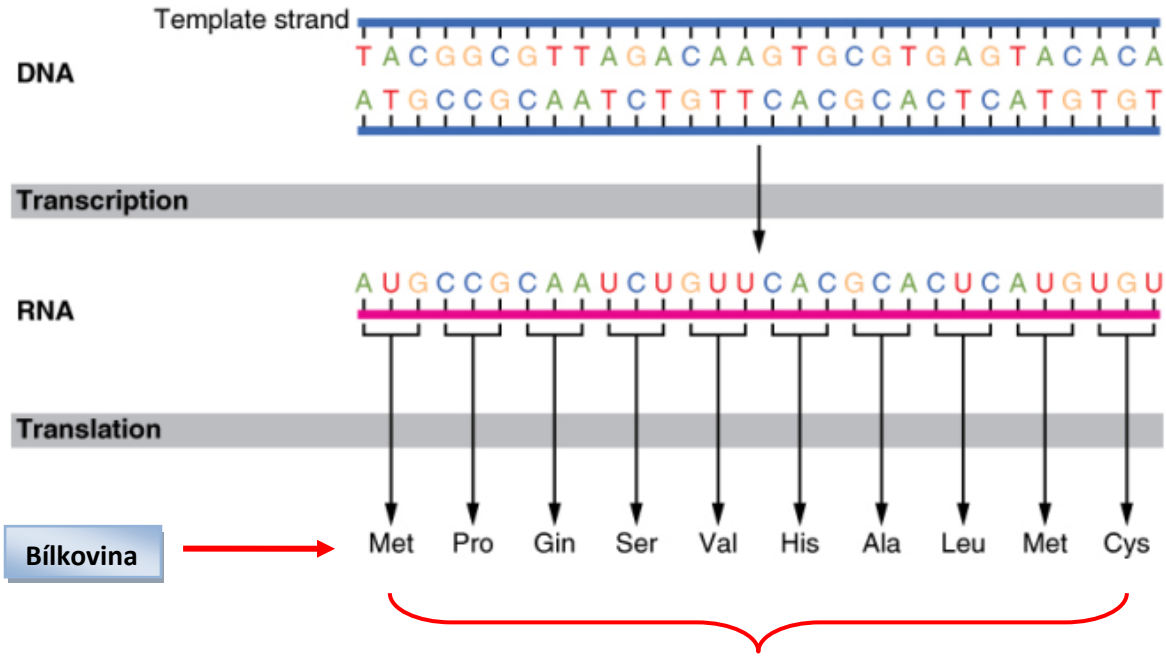
Translace probíhá v několika fázích:

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.



Základy genetiky

Syntéza bílkovin (proteosyntéza)



Příklady aminokyselin:

methionin – Met

serin – Ser

leucin –Leu

valin – Val

cystein – Cys

alanin - Ala

Doplňte správnými výrazy:

Přepis genetické informace z DNA do mRNA se nazývá _____.

Syntéza bílkovin probíhá v _____.

Vznik proteinového řetězce podle mRNA se nazývá _____.

Každému kodónu na messenger RNA odpovídá příslušný _____ tRNA.

Aminokyseliny jsou na místo syntézy transportovány pomocí _____.

Aminokyseliny jsou spojovány do polypeptidového řetězce _____ vazbou.

Základy genetiky

3.7 Základy genetiky člověka

3.7.1 Chromozomové určení pohlaví

3.7.1.1 Pohlavní chromozomy

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)**
- 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)

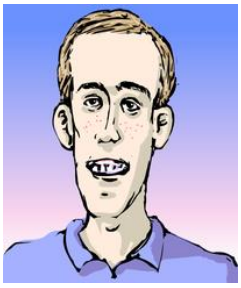
- Variace chromozomů, při které přebývá jeden chromozom X.
- Většina postižených žen je normální.
- Může se vyskytnout snížené IQ, problémy v reprodukci.

3.7.2 Geneticky podmíněné choroby

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

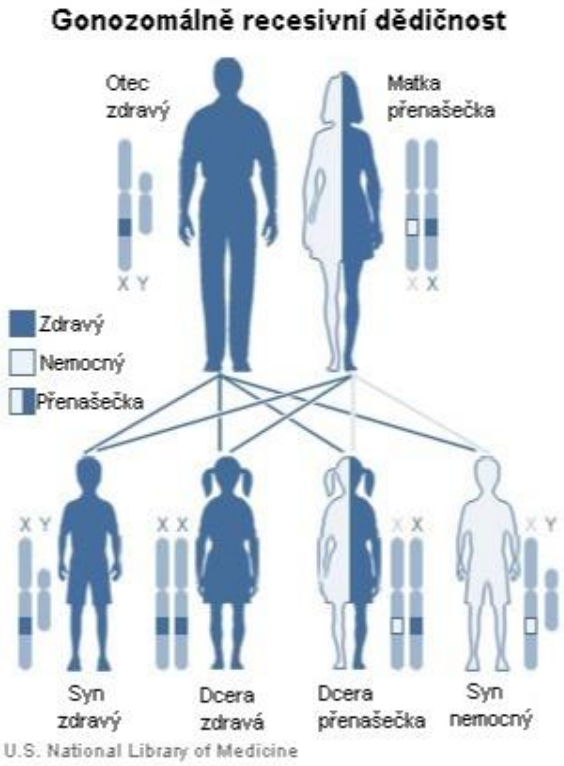


- Genetická choroba, nesená na chromozomu X.
- Jedna z nejčastějších příčin vrozené mentální retardace (po Downově syndromu).
- Projevuje se především u mužů (u žen pouze u homozygotních jedinců XF XF).
- Poškozený chromozom X způsobuje řadu mentálních poruch.
- K projevům onemocnění patří i hyperaktivita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

Základy genetiky

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 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.

Syndaktylie, polydaktylie

- Srůst, respektive znásobení několika prstových článků.
- Relativně časté, ale dá se velmi dobře řešit chirurgickou cestou v raném věku.

Brachydaktylie

- Projevuje se krátkými, zavalitými prsty.
- Často též malý vzrůst a krátké ruce a nohy.

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 2 n 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).

Cytogenetický výzkum

- 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.

Základy 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:

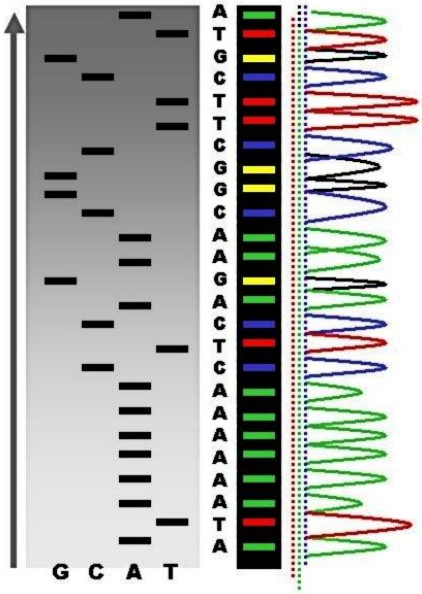
- speciální endonukleázy, které štěpí vazbu mezi nukleotidy,
- byly objeveny v 60-tých letech při studiu genomu baktérií,
- restrikční enzymy se vyrábějí komerčně,
- více než 1000 typů, každý se váže na charakteristickou skupinu nukleotidů.

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, proces opakován – rostou geometrickou řadou.

3) Rozdělení úseků DNA podle velikosti:

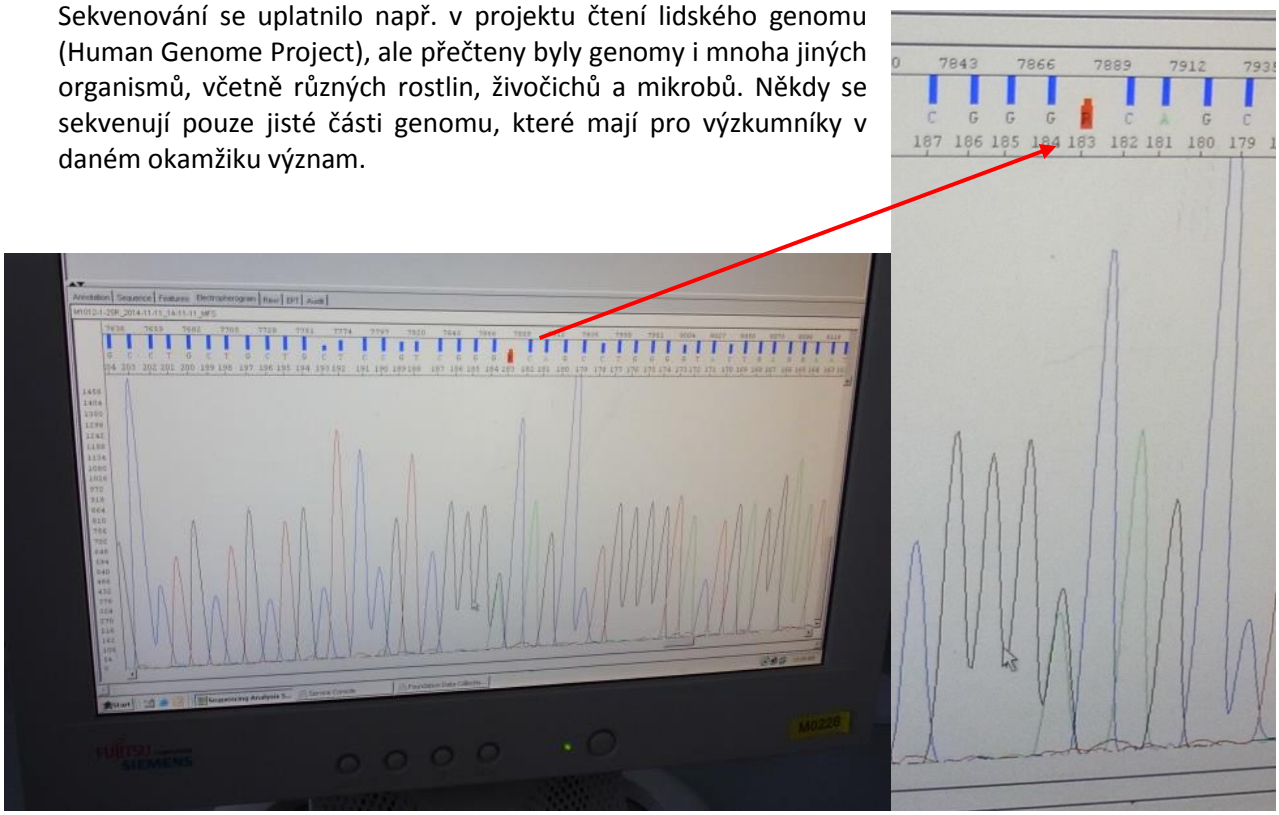
- probíhá pomocí **gelové elektroforézy,**
- využívá faktu, že části nukleových kyselin nesou záporný náboj (na fosfátové skupině),
- fragmenty izolované DNA jsou umístěny do gelu, který je pod nízkonapěťovým stejnosměrným elektrickým proudem,
- fragmenty DNA pronikají tenkým gelem ke kladné elektrodě,
- 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 výzkumníky v daném okamžiku význam.



Pozn. – autorské fotografie, 2014 – laboratoře Agel - laboratoř lékařské genetiky

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), z kterých mohou být kultivované požadované buňky a tkáně.

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

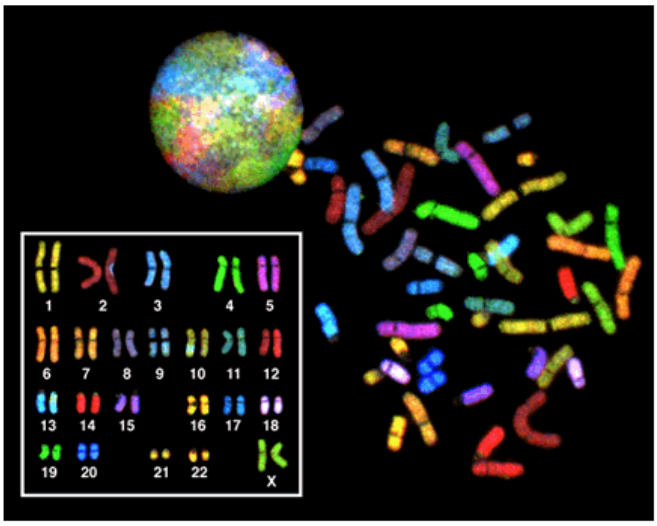
Při testech rodičovství se též používají technologie, které porovnávají přímo mitochondriální DNA, která se dědí pouze od matky a je tudíž výborně prokazatelná. U mužských potomků se stejně tak porovnává chromozóm Y s otcovým.

GMO - geneticky modifikované organizmy

- zásah člověka do genomu organizmu 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

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 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

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)

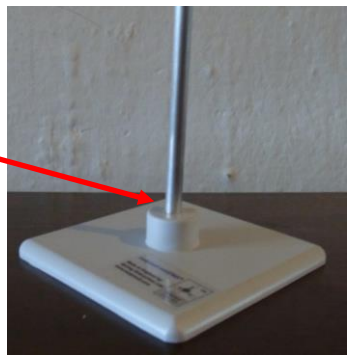
- 2 tyče
- 1 stojan
- 23 průhledných rozpěrných vložek
- 1 čepička (černá)

Pozn. – autorské fotografie, 2014

Postup práce:

1. Stojan modelu

Pevně zatlačte tyč do otvoru v šedém stojanu.



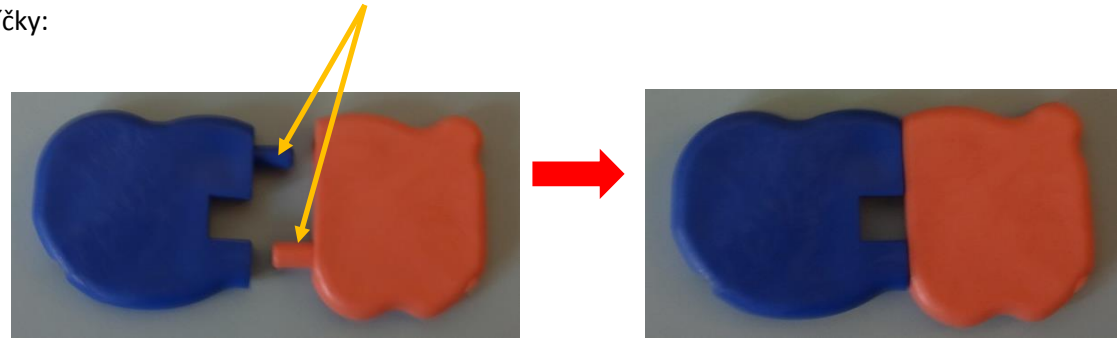
Pozn. – autorská fotografie, 2014

Základy genetiky

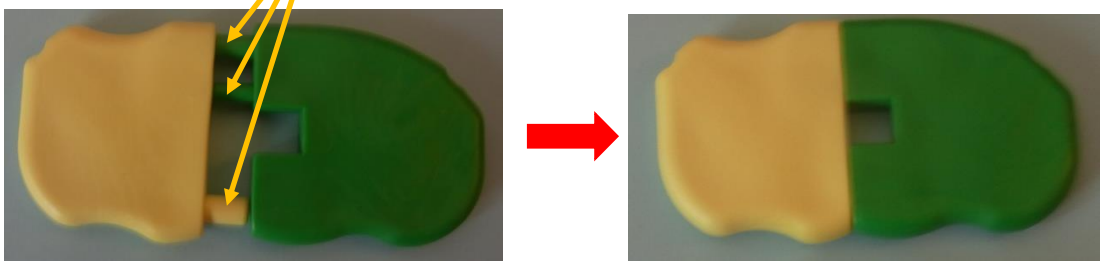
2. Komplementární páry bází

Spojte komplementární páry dusíkatých bází.

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

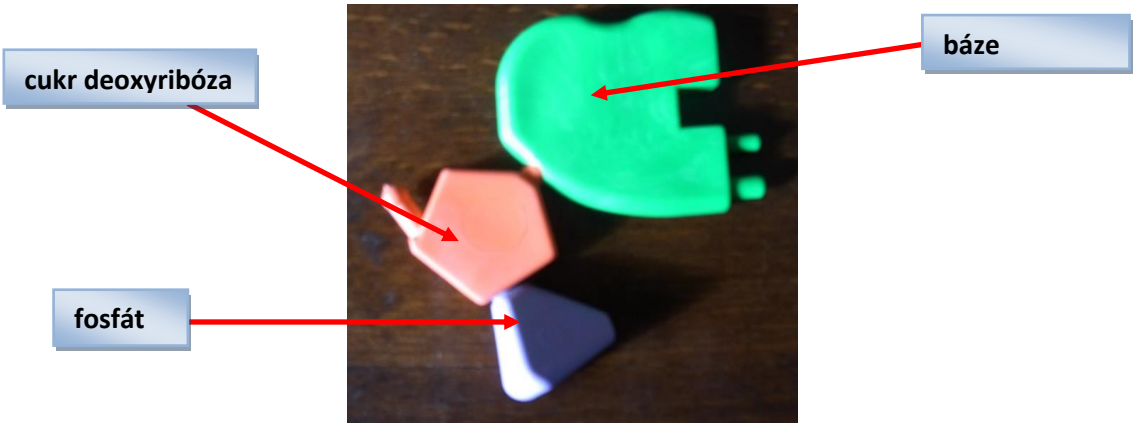


Cytosin a Guanin jsou spojeny ***třemi vodíkovými můstky*** (3 kolíčky):



Pozn. – autorské fotografie, 2014

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



Pozn. – autorská fotografie, 2014

3. Nasazení bází na tyč

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

Pozn. – autorská fotografie, 2014

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

Pozn. – autorská fotografie, 2014

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.

Pozn. – autorská fotografie, 2014

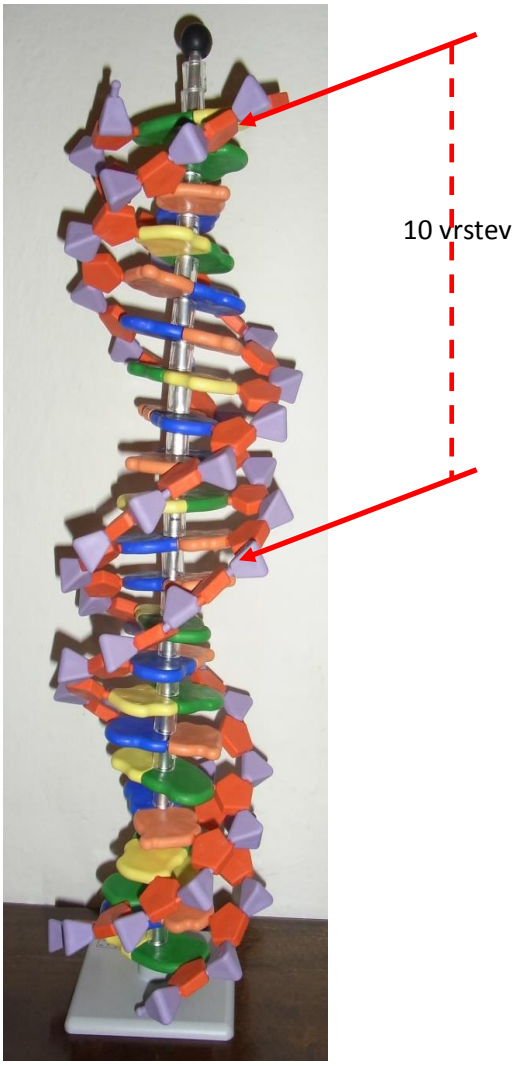
5. Připojení postranního řetězce ke spárovaným bázím

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

Pozn. – autorská fotografie, 2014

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

Pozn. – autorské fotografie, 2014



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

1. Jednovaječná dvojčata zdědí zcela stejnou genetickou informaci. ANO/NE
2. Downův syndrom je způsoben trisomií chromozomu č. 22. ANO/NE
3. Hemofilie se dědí autozomálně recesivně. ANO/NE
4. Ribóza a deoxyribóza jsou šesti-uhlíkaté cukry. 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. ANO/NE
8. Pohlavní buňky člověka mají 23 párů chromozomů. ANO/NE
9. Základní stavební jednotkou DNA je nukleotid, který se skládá ze tří složek – dusíkaté báze, deoxyribózy a fosfátové skupiny. ANO/NE
10. Klinefelterův syndrom (muž s ženskými znaky) má označení XYY. ANO/NE

3.10.3 Odpovězte na následující otázky

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

Literatura a zdroje obrázků

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

Literatura a zdroje obrázků

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

Fragile x syndrom. [online]. [cit. 2014-10-11]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fragile_x_syndrom.png

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