

Příloha 1 – Metodická příručka

Metodická příručka k výuce genetiky pro základní školu

Základní pojmy

Níže je uveden slovníček základních pojmů, který se může vyučujícímu hodit. Veškerá hesla jsou převzata, případně upravena. Literatura, ze které byla hesla převzata, je uvedena na konci každého hesla.

Pro detailnější informace z oboru genetiky doporučuje autor knihy Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky (Alberts 1998), Genetika. Druhé, aktualizované vydání (Snustad et al. 2017) nebo <http://www.genetika-biologie.cz/>.

heslo	vysvětlivka
3' konec	konec molekuly DNA končící -OH skupinou sacharidu (Alberts 1998)
5' konec	konec molekuly DNA končící fosfátovou $-PO_3^{2-}$ skupinou (Alberts 1998)
aminokyselina	organické kyseliny obsahující ve své molekule kromě COOH (karboxylová skupina) ještě NH_2 (aminová skupina); základní stavební jednotka proteinů (Snustad et al. 2017)
aminokyselinová sekvence	pořadí aminokyselin v proteinech; toto pořadí je kódováno v DNA (Alberts 1998)
amplifikace	zmnožení/zvýšení počtu molekul DNA nebo RNA (Alberts 1998)
autoreparace	schopnost DNA-polymerázy opravit chyby ve své práci (Alberts 1998)
báze	části molekuly DNA/RNA obsahující dusík; v molekulách DNA a RNA dva typy - purinové guanin a adenin a pyrimidinové cytosin, thymin, uracil (Alberts 1998)
centrální dogma molekulární biologie	Procesy v buňce vedoucí ke kopírování DNA, vzniku RNA a vytvoření proteinu (replikace, translace, transkripce a reverzní translace) (Alberts 1998).

cytoplasma	vnitřní tekutá složka buňky (Snustad et al. 2017)
DNA	deoxyribonukleová kyselina; nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace (Snustad et al. 2017)
DNA polymeráza	enzym, který katalyzuje syntézu nového vlákna DNA podle původního řetězce, má autoreparační schopnost; pracuje ve směru 5' k 3' (Snustad et al. 2017, Alberts 1998)
dvoušroubovice	šroubovice je pravidelná struktura připomínající točité schodiště; dvoušroubovice je pak molekula DNA složená ze dvou komplementárních šroubovic (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
enzym	proteiny se specifickou funkcí; řídí všechny chemické přeměny probíhající v buňce (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
eukaryontní	eukaryotický organismus; jejich buňky obsahují jádro a organely oddělené od ostatního prostředí membránou nebo membránami (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
exprese genu	proces, kterým vznikají z genů molekuly RNA a proteinů, jež následně ovlivňují funkci nebo vzhled organismu (Snustad et al. 2017)
fosfát	zbytek kyseliny H_3PO_4 , obvykle připojený na C5 uhlík deoxyribózy nebo ribózy (Alberts 1998)
gen	dědičná jednotka se specifickou biologickou funkcí; jednotka dědičnosti DNA lokalizovaná na určitém místě chromozomu (Snustad et al. 2017)
genetická informace	informace obsažená v nukleotidové sekvenci DNA (Alberts 1998)
genom	kompletní genetická výbava organismu (Snustad et al. 2017)
haploidní organismus	organismus, který obsahuje pouze jednu úplnou sadu chromozomů – u člověka je jedna sada 23 chromozomů

	(Snustad et al. 2017)
katalytická funkce	schopnost urychlovat chemické reakce (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
kodon	každá trojice sousedních nukleotidů RNA, některé kodony iniciují translaci (např. AUG), jiné ji ukončují (např. UAA); ostatní přiřazují konkrétní aminokyselinu do řetězce proteinu; některé kodony více aminokyselin (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
kódování proteinů	struktury proteinu jsou založeny na pořadí aminokyselin; pořadí aminokyselin kóduje pořadí nukleotidů v RNA (Alberts 1998)
komplementární párování	thymín v jednom vlákně DNA se páruje s adeninem ve druhém vlákně; cytosin v jednom vlákně DNA se páruje s guaninem ve druhém vlákně (a naopak); v RNA se páruje adenin s uracilem a cytosin s guaninem (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
komplementární vlákna	doplňující se vlákna; jedná se o taková vlákna, kdy naproti sobě jsou vždy páry A-T/U a C-G (Alberts 1998)
lineární polymer	makromolekula skládající se z mnoha stejných molekul poskládaných do řady za sebou např. polyetylen (PE) nebo polyvinylchlorid (PVC) (Alberts 1998)
mRNA	RNA molekula, která nese informaci nutnou pro syntézu proteinu z DNA (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
nukleotid	část molekuly DNA nebo RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr deoxyribózu nebo ribózu a dusíkatou bázi adenin, thymín/uracil, cytosin a guanin (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
nukleotidová sekvence	pořadí nukleotidů v molekule DNA nebo RNA (Alberts 1998)

párování bází	větší, purinové báze (guanin a adenin) se párují s menšími, pyrimidinovými (cytosin a thymin nebo uracil) a to proto, aby páry bází zaujaly energeticky co nejvýhodnější polohu (Alberts 1998)
podjednotka	část proteinu nebo RNA (Alberts 1998)
polypeptidový řetězec	protein složený z dvou a více aminokyselin (Alberts 1998)
promotor	konkrétní místo na molekule DNA, kde začíná transkripce (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
proteiny	makromolekula složená z jednoho až několika polypeptidických řetězců (Snustad et al. 2017)
replikace DNA	proces zkopírování molekuly DNA podle templátu (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
ribonukleotid	část molekuly RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr ribózu a dusíkatou bázi – adenin, uracil, cytosin, guanin (Alberts 1998)
ribozom	organela, na které probíhá syntéza proteinů (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
RNA	ribonukleová kyselina; nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace (některé viry); může přenášet informace (mRNA) vytvářet struktury podobné svou funkcí proteinům, přenášet aminokyseliny (při translaci) nebo katalyzovat chemickou reakci (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
RNA polymeráza	enzym, který katalyzuje syntézu RNA (Snustad et al. 2017)
sacharidová kostra	pevné spojení mezi sacharidy v molekulách DNA a RNA, které tvoří "kostru", tzn. výztuhu těchto molekul (Alberts 1998)
sigma faktor	část RNA-polymerázy zodpovědná za rozpoznání promotoru (místa začátku transkripce); vyskytuje se pouze u bakteriální RNA-polymerázy (Alberts 1998)

směr replikace	od 5' konce DNA k 3' konci (Alberts 1998)
templát	předloha; jedno z vláken dvoušroubovice DNA slouží jako předloha pro jeho kopírování nebo přepis do RNA (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
templátový řetězec	vlákno DNA, které je při transkripci přepisováno do RNA (Alberts 1998)
terminátor	konkrétní místo na molekule DNA, kde končí transkripce (Alberts 1998)
transkripce	proces, při kterém podle vzoru z molekuly DNA vzniká molekula RNA (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
translace	proces, při kterém podle molekuly mRNA vzniká protein, probíhá na ribozomech (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
triplet	trojice nukleotidů (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
tRNA	transferová RNA, zodpovědná za správný výběr aminokyseliny a její správné přiřazení do vznikajícího proteinu (Alberts 1998)
vodíkový můstek	slabá interakce mezi molekulami vodíku a kyslíku/dusíku, velmi významné vazby v biomolekulách (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)

ALBERTS, Bruce. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Přeložil Arnošt KOTYK, přeložil Bohumil BOUZEK, přeložil Pavel HOZÁK. Ústí nad Labem: Espero, c1998. ISBN 80-902906-2-0.

SNUSTAD, D. Peter a Michael J. SIMMONS, RELICHOVÁ, Jiřina, ed. *Genetika*. Druhé, aktualizované vydání. Přeložil Jiří DOŠKAŘ, přeložil Jiří FAJKUS, přeložil Petr HOŘÍN, přeložil Aleš KNOLL, přeložil Petr KUGLÍK, přeložil Jan ŠMARDA, přeložil Jana ŠMARDOVÁ, přeložil Renata VESELSKÁ, přeložil Boris VYSKOT. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8613-5.

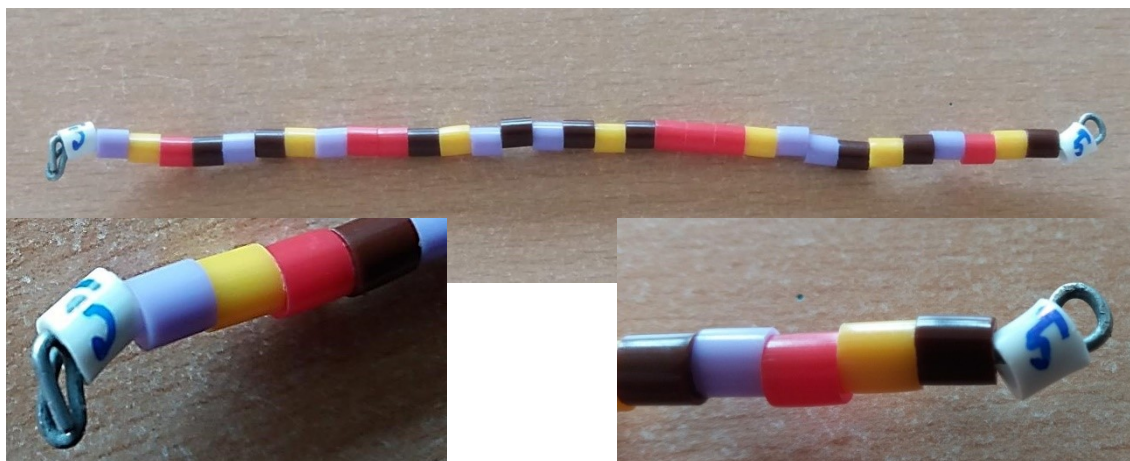
Výroba DNA a RNA z korálek

Pro výrobu molekul DNA a RNA je potřeba sehnat korálky. Pro potřeby této práce byly pořízeny korálky z IKEI, které jsou v dostatečném počtu, barvách a jejich nespornou výhodou je nízká pořizovací cena. Dále je potřeba sehnat drátky, na které se korálky navlékají. Drátky je možné sehnat v každém obchodě s hobby potřebami nebo v železářství. Posledním vybavením, které bylo pro výrobu modelů potřeba, byly kleště na zkrácení a zahnutí drátků. Při samotném vytváření molekuly DNA z korálek je potřeba dobře ohnout oba konce dané molekuly a nezapomenout na ně dát bílý korálek s nápisem 3' a 5', aby žáci věděli, z které strany mají začít navlékat.

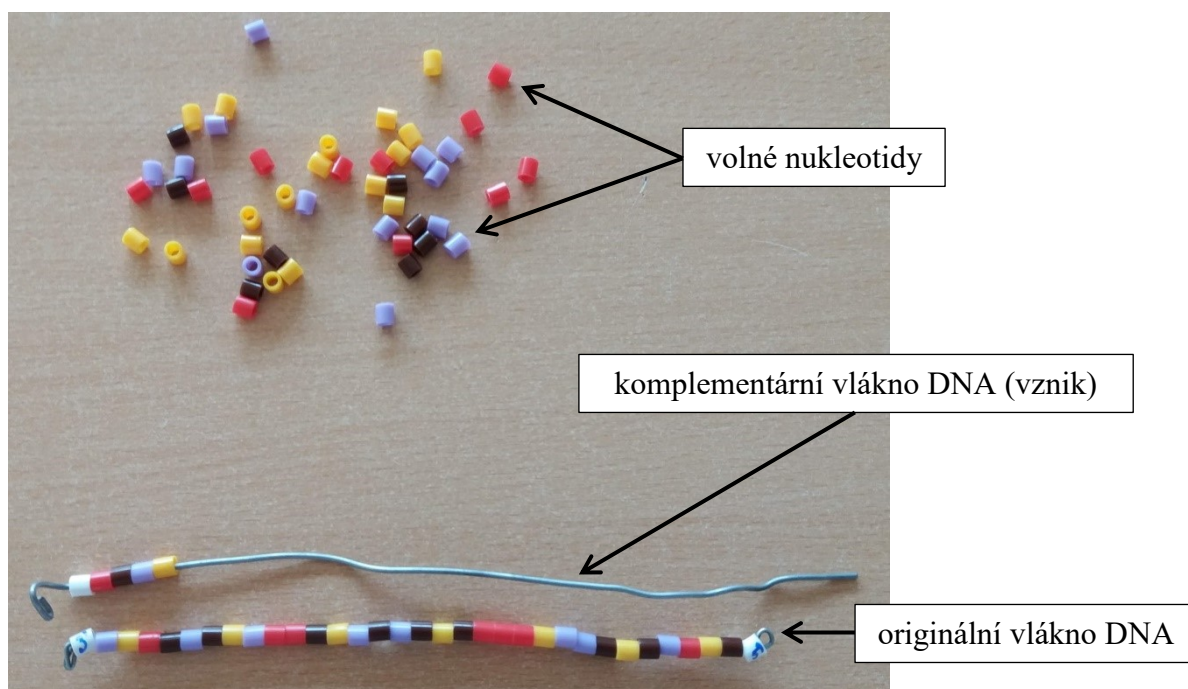
Při následné práci s korálky v hodině je potřeba žáky upozornit, aby se pokusili korálky neztratit a nerozházet po celé třídě.

Replikace a transkripce pomocí korálek

Celý postup replikace a transkripce s použitím korálek je uveden na fotografiích níže (obrázek 1-4).



Obrázek 1: Jedno vlákno molekuly DNA. Na obrázku jsou vyznačené oba konce (3' a 5').



Obrázek 4: Příprava na replikaci DNA.



Obrázek 3: Postup replikace DNA.



Obrázek 2: Transkripce. V řetězci nově vznikající RNA je místo thyminu (červená) uracil (zelená).

1. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Úvod do studia genetiky

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák identifikuje s pomocí videa nové pojmy. Žák diskutuje s ostatními nové pojmy a jejich význam zapíše do pracovního listu.

Pojmy, které již žák zná:

DNA, RNA, genetická informace – pojmy, se kterými přišel žák do styku v předchozích ročnících

Probírané pojmy:

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika

Klíčové kompetence:

Kompetence komunikativní - naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje.

Kompetence k učení - vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

Motivace:

Plán hodiny:

- | | |
|--|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli + rozdělení do skupin po 4 žácích | 4 minuty |
| 2) Zhlédnutí videa NEZkreslená věda III: Genetika | 10 minut |
| • NEZkreslená věda III: Genetika
(https://www.youtube.com/watch?v=GEaZ9ngOuPE). | |
| 3) Diskuse ve skupinkách nad novými pojmy s pomocí pracovního listu | 15 minut |
| 4) Správné řešení pracovních listů a dovysvětlení pojmů | 10 minut |
| • učitel využije k dovysvětlení pojmů prezentaci | |
| 5) Shrnutí hodiny | 6 minut |

Vyučovací metody:

skupinová práce, kritické myšlení, diskuse

Pomůcky a technika:

pracovní list, počítač, dataprojektor, prezentace

Pracovní list – základy genetiky – žák

1. Doplň vynechaná slova (vyber z nabídky):

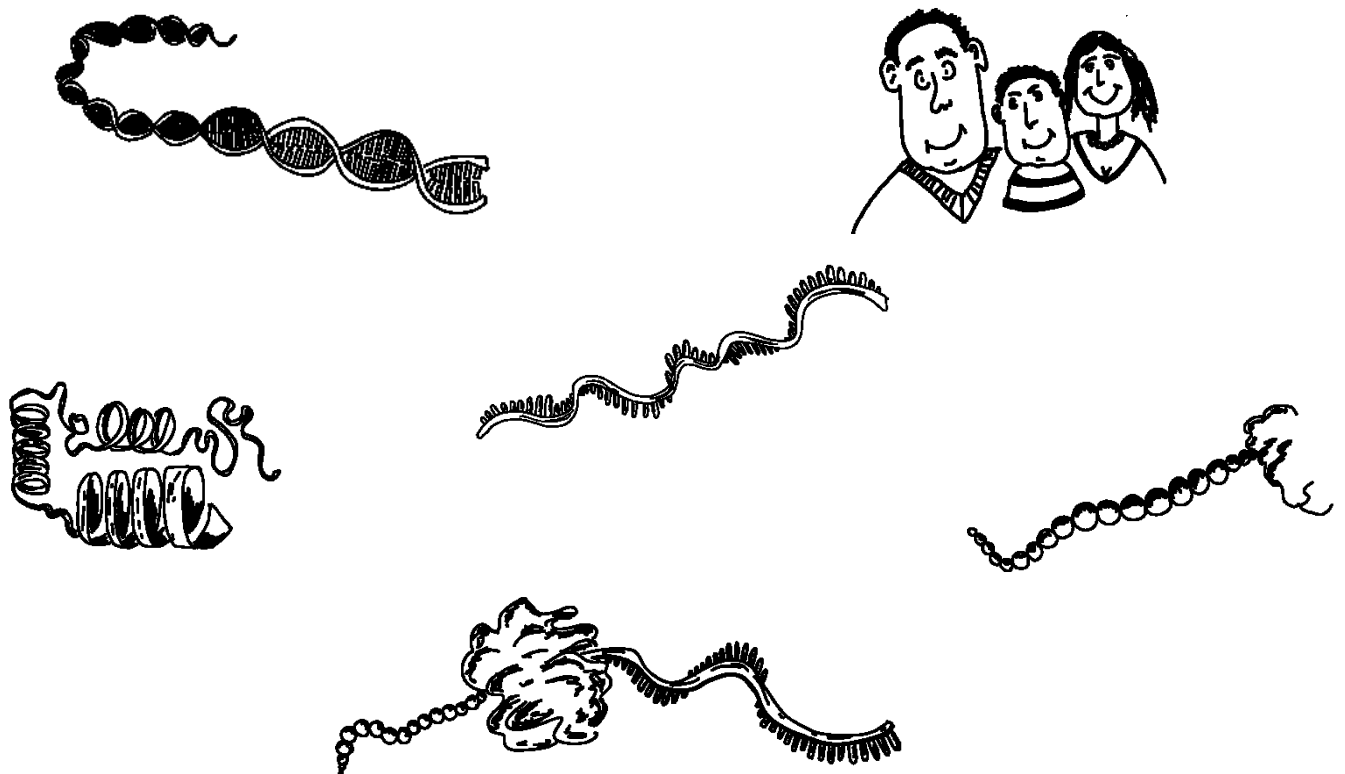
DNA, proteinů, proměnlivostí, dědičnosti, dědičností, geny, základní stavební jednotky.

Genetika se zabývá _____ a _____ organismů a jejich příčinami. Hlavním tématem genetiky jsou _____, což jsou základní jednotky _____. Jsou to části molekuly deoxyribonukleové kyseliny _____. Tyto úseky vedou postupně k tvorbě _____, což jsou _____ organismů.

2. Cesta vzniku proteinu

Spoj čarou obrázky tak, jak jde za sebou proces realizace genetické informace. Jednotlivé obrázky pojmenuj.

DNA → transkripce → mRNA → translace → protein → složení proteinu → dědičný znak



Pracovní list – základy genetiky – žák

3. Odpověz na otázky:

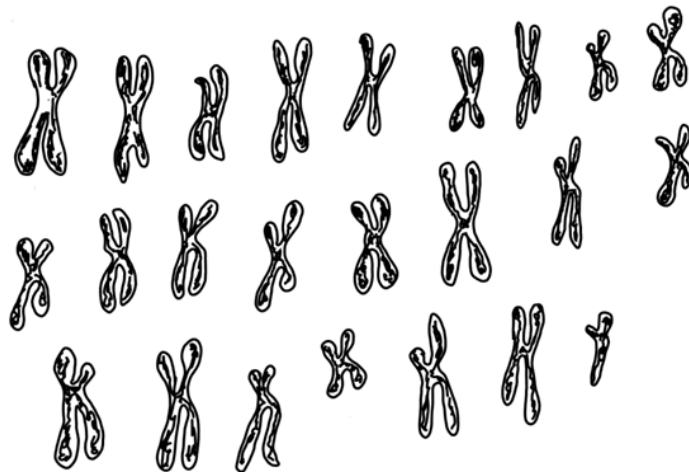
a) Jaké znaky podmiňuje fenotyp?

Anatomické _____

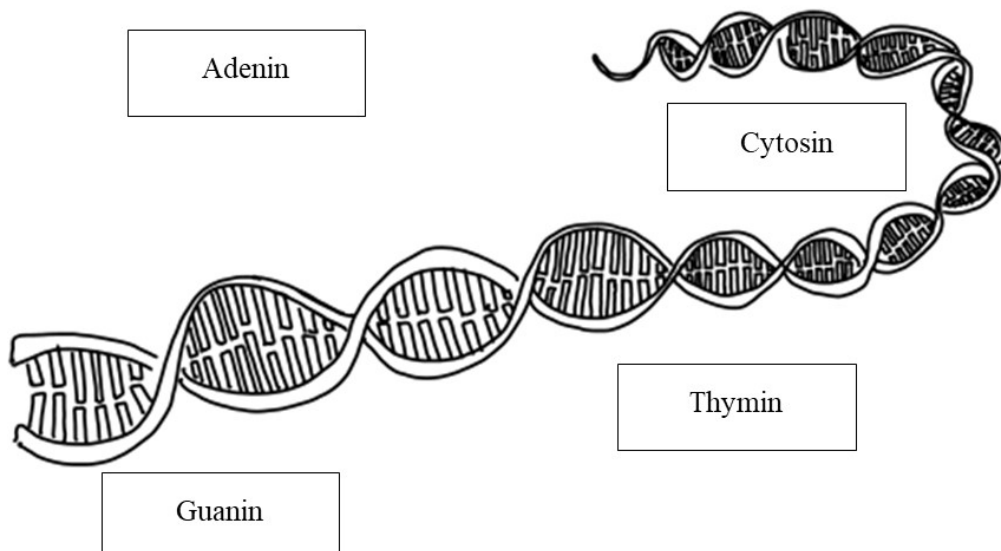
Fyziologické – _____

Psychické – _____

b) Podle čeho se v genetice rozlišuje pohlaví?



4. Spoj čarou dva nukleotidy podle toho, jak se spolu párují v DNA:



Pracovní list – základy genetiky - ŘEŠENÍ

1. Doplň vynechaná slova (vyber z nabídky):

DNA, proteinů, proměnlivostí, dědičnosti, dědičností, geny, základní stavební jednotky.

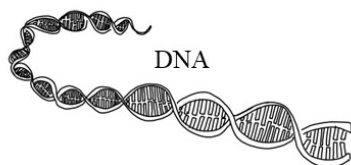
Genetika se zabývá dědičností a proměnlivostí organismů a jejich příčinami. Hlavním tématem genetiky jsou geny, což jsou základní jednotky dědičnosti. Jsou to části molekuly deoxyribonukleové kyseliny DNA. Tyto úseky vedou postupně k tvorbě proteinů, což jsou základní stavební jednotky organismů.

2. Cesta vzniku proteinu

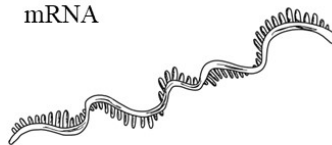
Spoj čárou obrázky tak, jak jde za sebou proces realizace genetické informace. Jednotlivé obrázky pojmenuj.

DNA → transkripce → mRNA → translace → protein → složení proteinu → dědičný znak

transkripce



mRNA



dědičný znak



složení proteinu



protein

Pracovní list – základy genetiky - ŘEŠENÍ

3. Odpověz na otázky:

a) *Jaké znaky fenotyp podmiňuje?*

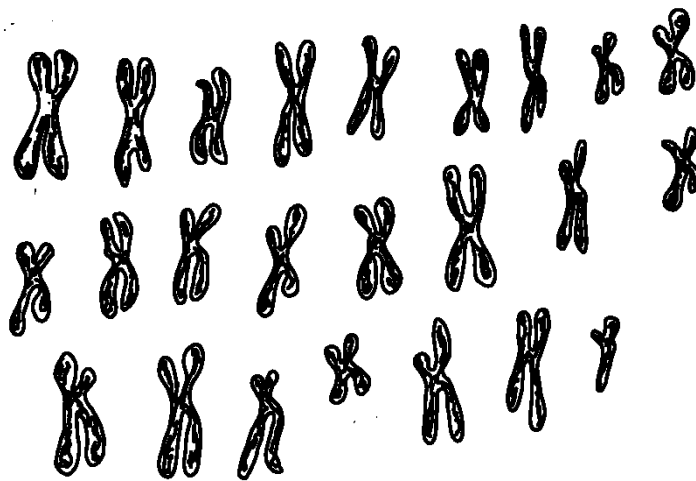
Anatomicko – morfologické znaky – barva očí, výška postavy, ...

Fyziologické – vysoký krevní tlak, sklony k obezitě, ...

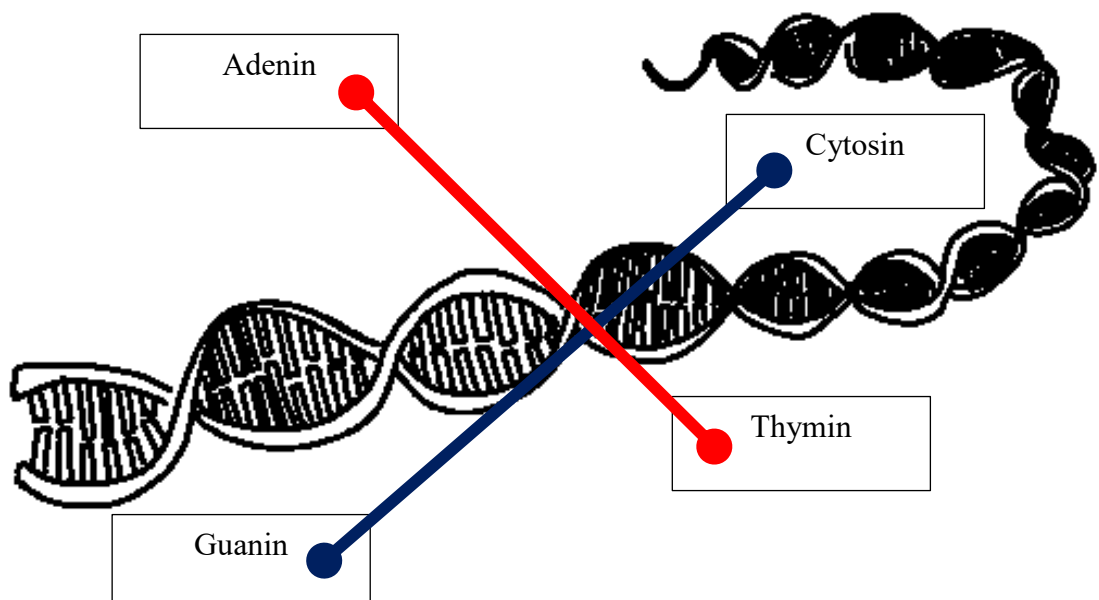
Psychické – náchylnost k psychickým nemocem

b) *Podle čeho se v genetice rozlišuje pohlaví?*

Podle pohlavních chromozomů. Samci mají pohlavní chromosomy XY, samice XX.



4. Spoj čarou dva nukleotidy podle toho, jak se spolu párují v DNA:



2. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Replikace DNA

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák je schopen pomocí korálek replikovat DNA. Žák popíše svými slovy princip replikace DNA.

Pojmy, které již žák zná:

chromosom, DNA, RNA, exprese genů, gen, genetika

Probírané pojmy:

centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace

Klíčové kompetence:

Kompetence pracovní – žák využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech.

Kompetence k učení – žák třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

Motivace:

Ukázka molekuly DNA z korálek.

Plán hodiny:

- 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli 2 minuty
- 2) Vznik nové DNA a vysvětlení principů, které se u toho uplatňují 13 minut
 - učitel pomocí brainstormingu rychle zopakuje pojmy z minulé hodiny,
 - učitel s pomocí prezentace vysvětlí centrální dogma molekulární biologie a s pomocí prezentace a videa (<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>) vysvětlí základní principy replikace DNA.
- 3) Skupinová práce žáků – výroba komplementárního vlákna DNA 25 minut
 - žáci pomocí korálek ve dvojicích vytvářejí komplementární vlákna DNA,
 - na tabuli je napsané párování bází a barev:

báze	barva
adenin	fialová
thymín	hnědá
cytosin	červená
guanin	žlutá
 - poté, co žáci vytvoří komplementární vlákno DNA, je nutné, aby vyučující pečlivě zkontroloval, zda je na všech pozicích zařazená správná báze (stejně jako DNA polymeráza); pokud tomu tak není, je nutné, aby žáci vlákno vytvořili znovu.
- 4) Shrnutí a zakončení hodiny 6 minut

Vyučovací metody:

brainstorming, frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

Pomůcky a technika:

počítač, dataprojektor, prezentace, korálky různých barev, manuál na výrobu DNA z korálek a práci s nimi

3. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Struktura RNA a transkripce

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák je schopen pomocí korálků popsat princip transkripce. Žák diskutuje rozdíly mezi DNA a RNA.

Pojmy, které již žák zná:

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace

Probírané pojmy:

transkripce, RNA, templát

Klíčové kompetence:

Kompetence pracovní – žák využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech.

Kompetence k učení – žák třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

Motivace:

Byl jednou jeden život: Zrození – 18:00 – do 19:20
(https://www.youtube.com/watch?v=8_GPYYaxSTw).

Plán hodiny:

- 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli + video 10 minut
- 2) Opakování replikace – korálky 5 minut
- 3) Vysvětlení principů transkripce pomocí prezentace 10 minut
- 4) Transkripce pomocí korálků 10 minut

- a tabuli je napsané párování bází a barev:

báze	barva
adenin	fialová
thymín	hnědá
uracil	zelená
cytosin	červená
guanin	žlutá

- poté, co žáci vytvoří mRNA, je vhodné, aby vyučující zkontroloval, zda je na všech pozicích zařazená správná báze; pokud tomu tak není, žáci vlákno neopravují, protože ani RNA polymeráza tuto funkci autoreparace nemá; naopak je vhodné žákům vysvětlit, co by se mohlo touto mutací v řetězci stát.

- 5) Shrnutí a závěr hodiny 10 minut

Vyučovací metody:

frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

Pomůcky a technika:

počítač, dataprojektor, prezentace, korálky různých barev, manuál na výrobu DNA z korálků a práci s nimi

4. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Transkripce DNA

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák kriticky zhodnotí napsaný text. Žák je schopen popsat vlastními slovy principy transkripce DNA.

Pojmy, které již žák zná:

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát

Probírané pojmy:

žádné nové pojmy

Klíčové kompetence:

Kompetence k učení – žák uvádí věci do souvislostí, propojuje do širších celků poznatky z různých vzdělávacích oblastí a na základě toho si vytváří komplexnější pohled.

Kompetence k řešení problémů – žák vyhledá informace vhodné k řešení problému, využívá získané vědomosti a dovednosti k objevování různých variant řešení, nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému.

Kompetence komunikativní – žák rozumí různým typům textů a záznamů, obrazových materiálů, přemýšlí o nich, reaguje na ně a tvořivě je využívá ke svému rozvoji.

Motivace:

Plán hodiny:

- | | |
|---|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli | 3 minuty |
| 2) Skupinová práce na kritické myšlení | 20 minut |
| <ul style="list-style-type: none">• Žáci jsou rozděleni do skupin po čtyřech. Zároveň jsou po třídě připravena 4 stanoviště s textem (viz níže). Ke každému stanovišti je přidělen z každé skupiny jeden člen. Po splnění úkolu na stanovišti (tj. přečtení textu a vypsání výpisků) se žáci vrací do „domovské“ skupiny. | |
| 3) Interpretace skupinové práce | 15 minut |
| <ul style="list-style-type: none">• Žáci po návratu do „domovské“ skupiny interpretují ostatním členům své poznatky a společně pomohou ostatním členům vyplnit pracovní list. | |
| 4) Reflexe skupinové práce a závěr hodiny | 7 minut |
| <ul style="list-style-type: none">• Kontrola správného vyplnění pracovního listu proběhne až příští hodinu. Doporučuji vyplněné a podepsané pracovní listy vybrat k učiteli. | |

Vyučovací metody:

Skupinová práce, práce s textem, diskuse ve skupinách

Pomůcky a technika:

pracovní list

Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly

Proč jsou části DNA přepisovány jako RNA?

Transkripce (přepis) a translace (překlad) jsou procesy, kterými buňka realizuje své genetické instrukce - své geny. Podle jednoho genu může vzniknout mnoho kopií RNA a jedna RNA může dát vznik několika identickým molekulám proteinu. Protože v buňce bývá jen jedna kopie genu na haploidní genom, tato amplifikace umožňuje buňce nasynthetizovat požadované množství proteinu mnohem rychleji, než kdyby DNA byla sama templátem pro syntézu proteinů. Každý gen může být přepsán a přeložen s různou účinností, což umožňuje buňce nasynthetizovat velmi odlišná množství různých proteinů. Navíc může buňka regulovat expresi každého genu podle okamžité potřeby.

Prvním krokem pro uplatnění genetické informace v buňce je přepsání části nukleotidové sekvence DNA- genu - do nukleotidové sekvence RNA. Tento proces se nazývá transkripce (přepis), protože informace, ačkoliv je kopírována do jiné chemické formy, je stále zapsána stejným způsobem, totiž nukleotidy. Stejně jako DNA je RNA lineární polymer složený ze čtyř typů podjednotek spojených navzájem fosfodiesterovými vazbami. RNA se liší od DNA ve dvou aspektech: (1) nukleotidy v RNA se nazývají ribonukleotidy, protože cukernou složkou je ribóza (proto ribonukleová kyselina) místo deoxyribózy; (2) v RNA se také vyskytují báze adenin (A), cytosin (C) a guanin (G), ale thymin (T) je nahrazen uracilem (U).

Protože se U stejně jako T páruje vodíkovými můstky s A, platí párování nukleotidů popsané pro DNA i pro RNA. Navzdory těmto malým chemickým odlišnostem se DNA a RNA velice liší celkovou strukturou. Zatímco se DNA v buňce vyskytuje vždy jako dvoušroubovice (s výjimkou některých virů), RNA je jedno řetězcová molekula, která se na základě párování bází může sbalit do různých tvarů podobně jako polypeptidový řetězec do konečného tvaru bílkoviny. Schopnost sbalit se do komplexní trojrozměrné struktury umožňuje RNA i jiné funkce, kromě přenosu informace z DNA do proteinu. Funkcí DNA je pouze uchování genetické informace, RNA však může mít i strukturní, popřípadě katalytickou funkci.

Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly

Jak transkripce funguje?

Veškerá RNA v buňce vzniká transkripcí, procesem, který se v některých krocích podobá replikaci DNA. Transkripce začíná rozvolněním krátkého úseku dvoušroubovice DNA, jeden z řetězců pak slouží jako templát pro syntézu RNA. Stejně jako při replikaci DNA je i nukleotidová sekvence RNA určena komplementárním párováním bází. Řetězec RNA vznikající transkripcí - transkript - je tedy postupně prodlužován a má stejnou sekvenci jako vlákno DNA, které je komplementární k templátovému řetězci DNA.

Transkripce se však liší od replikace v několika zásadních rysech. Oproti nově vznikající DNA nezůstává RNA spojena s templátovou DNA vodíkovými můstky. Místo toho dochází hned za místem, kde byl přidán ribonukleotid, k obnovení dvoušroubovicové struktury DNA a vytěsnění vlákna RNA. Proto jsou molekuly RNA jedno vláknové. Vzhledem k tomu, že dochází k přepisu pouze malé části DNA, jsou molekuly RNA mnohem kratší než DNA.

Zatímco DNA lidského chromosomu má délku více než 250 milionů párů bází, většina molekul RNA je tvořena několika málo tisíci nukleotidy a mnoho z nich je ještě kratších. Enzymy, které přepisují DNA do RNA, se nazývají RNA-polymerázy. Také RNA je syntetizována ve směru 5' → 3'. Téměř okamžité uvolňování RNA z templátového řetězce během syntézy umožňuje vznik mnoha kopií RNA podle DNA jednoho genu, protože další RNA kopie začíná vznikat obvykle před dokončením syntézy první RNA. Transkripce genu střední velikosti (zhruba 1 500 nukleotidových párů) jednou RNA polymerázou trvá přibližně 50 sekund a na tomto úseku může být navázáno až 15 RNA-polymeráz. To znamená, že během jedné hodiny může vzniknout až tisíc transkriptů jednoho genu. U většiny genů je však množství transkriptů mnohem menší.

Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly

Jak poznat, kde začít a kde skončit?

Před začátkem transkripce musí RNA-polymeráza přesně rozeznat začátek genu a navázat se na toto místo. Způsob, jakým RNA polymeráza poznává začátek transkripce, se liší mezi prokaryoty (bakterie) a eukaryoty. Protože je situace u bakterií jednodušší, ukážeme si nejprve na nich. Iniciace (začátek) transkripce je velmi zajímavý proces, protože hlavně na této úrovni buňka reguluje, který protein a v jakém množství je nutno nasyntetizovat. U bakterií má RNA-polymeráza snahu slabě se vázat na molekulu DNA, kdykoliv se s ní náhodně setká a potom se po ní rychle pohybuje skluzem. Jakmile RNA-polymeráza rozpozná v DNA sekvenci tzv. promotoru, která obsahuje informaci o začátku transkripce, pevně se naváže na tento úsek.

Jakmile se RNA-polymeráza pevně naváže na promotor, rozvolní před sebou strukturu dvoušroubovice a vytvoří tak krátké jedno řetězcové úseky DNA. Jedno z vláken je pak templátem pro komplementární párování bází a RNA-polymeráza spojí první dva nukleotidy nového řetězce RNA. K jeho prodlužování dochází do té doby, než RNA-polymeráza narazí na druhý signál v DNA, tzv. terminátor, kde se zastaví a odpoutá se od templátu DNA i řetězce RNA. Za rozpoznání promotorové sekvence v bakteriální DNA je primárně zodpovědná podjednotka RNA-polymerázy nazývaná sigma-faktor. Jakmile se polymeráza naváže na promotor a nasyntetizuje vlákno dlouhé přibližně 10 nukleotidů, je sigma-faktor uvolněn a RNA-polymeráza se může pohybovat ve směru transkripce a pokračovat v syntéze RNA.

Požadavek pevné vazby RNA-polymerázy na DNA před začátkem transkripce umožňuje přesnou kontrolu, které sekvence mají být přepisovány - jsou to pouze ty, před kterými se nachází promotor. Tak je zajištěno, aby se přepisovaly do RNA pouze genové sekvence.

Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly

Co jsou posttranskripční úpravy a k čemu jsou dobré?

Před tím, než může být RNA přeložena do aminokyselinové sekvence proteinu, musí být transportována z jádra do cytoplasmy malými póry v jaderné membráně. Před opuštěním jádra však RNA podléhá několika posttranskripčním úpravám. Transkripcí tedy vzniká tzv. primární transkript - RNA, která ještě nebyla nijak upravena. Transkripty jsou v jádře dále upravovány různými způsoby. Dvě základní úpravy, kterým podléhá jen budoucí mRNA, jsou přidání čepičky a polyadenylace:

1. Přidání čepičky je modifikace 5' -konce primárního transkriptu, tj. konce, který je syntetizován jako první. V této reakci je na 5' - konec navázán atypický nukleotid - guaninový nukleotid. K tomuto procesu dochází obvykle kotranskripčně, tedy ještě před dokončením transkripce celého genu.

2. K polyadenylaci dochází u většiny nově transkribované mRNA, a to na 3' - konci. Na rozdíl od bakterií, jejichž transkripty končí v místě, kde skončila syntézu RNA-polymeráza, je 3' -konec většiny eukaryontních mRNA nejdříve naštěpen ve specifickém místě a pak enzym přidá na nově vytvořený konec RNA-sekvenci složenou pouze z adeninů (poly(A)-konec). Poly(A)-konec je obvykle několik stovek nukleotidů dlouhý.

Tyto dvě modifikace konců mRNA - čepička a poly(A) pravděpodobně stabilizují molekulu RNA a pomáhají při jejím transportu z jádra do cytoplasmy. Později jsou také využity aparátem syntetizujícím proteiny jako signál, že daná mRNA má oba konce a informace, kterou kóduje, je kompletní.

Kritické myšlení – slovníček pojmů

heslo	vysvětlivka
aminokyselina	Organické kyseliny obsahující ve své molekule kromě COOH (karboxylová skupina) ještě NH ₂ (aminová skupina). Základní stavební jednotka proteinů.
aminokyselinová sekvence	Pořadí aminokyselin v proteinech. Toto pořadí je kódováno v DNA.
amplifikace	Zmnožení/zvýšení počtu molekul DNA nebo RNA.
cytoplasma	Vnitřní tekutá složka buňky.
DNA	Deoxyribonukleová kyselina. Nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace.
enzym	Proteiny se specifickou funkcí; řídí všechny chemické přeměny probíhající v buňce.
eukaryotní	Eukaryotický organismus. Jejich buňky obsahují jádro (mimo některé konkrétní typy buněk – např. červené krvinky) a orgány oddělené od ostatního prostředí membránou nebo membránami.
exprese genu	Proces, kterým vznikají z genů molekuly RNA a proteinů, jež následně ovlivňují funkci nebo vzhled organismu.
genom	Kompletní genetická výbava organismu.
haploidní organismus	Organismus, který obsahuje pouze jednu úplnou sadu chromozomů (u člověka je jedna sada 23 chromozomů).
katalytická funkce	Schopnost urychlovat chemické reakce.
komplementární párování	Thymin v jednom vlákne DNA se páruje s adeninem ve druhém vlákne; cytosin v jednom vlákne DNA se páruje s guaninem ve druhém vlákne (a naopak). V RNA se páruje adenin s uracilem a cytosin s guaninem.
lineární polymer	Makromolekula skládající se z mnoha stejných molekul poskládaných do řady za sebou. Např. polyetylen (PE) nebo polyvinylchlorid (PVC)
mRNA	RNA molekula, která nese informaci nutnou pro syntézu proteinu z DNA.
nukleotid	Část molekuly DNA nebo RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr (deoxyribóza nebo ribóza) a dusíkatou bázi (adenin, thymin/uracil, cytosin, guanin).
nukleotidová sekvence	Pořadí nukleotidů v molekule DNA nebo RNA.
podjednotka	Část proteinu nebo RNA.

Kritické myšlení – slovníček pojmů

heslo	vysvětlivka
polypeptidový řetězec	Protein složený z dvou a více aminokyselin.
promotor	Konkrétní místo na molekule DNA, kde začíná transkripce.
ribonukleotid	Část molekuly RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr ribózu a dusíkatou bázi (adenin, uracil, cytosin, guanin).
RNA	Ribonukleová kyselina. Nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace (některé viry). Může přenášet informace (mRNA) vytvářet struktury podobné svou funkcí proteinům, přenášet aminokyseliny (při translaci) nebo katalyzovat chemickou reakci.
RNA polymeráza	Enzym, který katalyzuje syntézu RNA.
sigma faktor	Část RNA-polymerázy zodpovědná za rozpoznání promotoru (místa začátku transkripce). Vyskytuje se pouze u bakteriální RNA-polymerázy.
templát	Předloha. Jedno z vláken dvoušroubovice DNA slouží jako předloha pro jeho kopírování nebo přepis do RNA.
templátový řetězec	Vlákno DNA, které se při transkripci přepisuje do RNA.
terminátor	Konkrétní místo na molekule DNA, kde končí transkripce.
transkripce	Proces, při kterém podle vzoru z molekuly DNA vzniká molekula RNA.
vodíkový můstek	Slabá interakce mezi molekulami vodíku a kyslíku/dusíku, velmi významné vazby v biomolekulách.

5. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Translace

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák je schopen pomocí korálek popsat princip transkripce. Žák popíše rozdíly mezi procesy replikace, translace a transkripce.

Pojmy, které již žák zná:

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát

Probírané pojmy:

aminokyselina, protein, triplet, kodon, antikodon, tRNA, mRNA, ribozom, rRNA, primární, sekundární a terciální struktura proteinů

Klíčové kompetence:

Kompetence komunikativní - naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje.

Kompetence pracovní – žák využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech.

Kompetence k učení – žák třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

Motivace:

Plán hodiny:

- | | |
|---|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli | 2 minuty |
| 2) Vysvětlení translace pomocí videa | 18 minut |
| <ul style="list-style-type: none">• Pustit video NEZkreslená věda II: 8. Proteosyntéza - od DNA k proteinu (od 5:00 do 8:55). Následně diskutovat o zjištěných skutečnostech a nakonec pomocí prezentace shrnout poznatky z videa. | |
| 2) Struktura proteinů | 15 minut |
| <ul style="list-style-type: none">• Žák s pomocí videa (https://www.youtube.com/watch?v=wwTv8TqWC48 od 1:14 do 3:30) vysvětlí, co je a jak vzniká primární, sekundární, terciální a kvartérní struktura proteinu. | |
| 3) Kontrola zjištěných informací a shrnutí hodiny | 10 minut |

Vyučovací metody:

diskuse, frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

Pomůcky a technika:

počítač, dataprojektor, prezentace, korálky různých barev, manuál na výrobu DNA z korálků a práci s nimi

6. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Proteiny I

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák popíše proces proteosyntézy. Žák diskutuje strukturu proteinů, její vznik a význam.

Pojmy, které již žák zná:

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát, aminokyselina, protein, triplet, kodon, antikodon, tRNA, mRNA, ribozom, rRNA

Probírané pojmy:

proteosyntéza, hemoglobin, aktin, myosin, enzymy, hormony, biopolymery

Klíčové kompetence:

Kompetence komunikativní – žák naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje.

Kompetence k učení – žák vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

Kompetence pracovní – žák promyslí a naplánuje způsob řešení problémů a využívá k tomu vlastního úsudku a zkušeností.

Motivace:

Plán hodiny:

- 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli 2 minuty
- 2) Opakování formou videa 4 minuty
 - Pustit video
<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>
- 3) Samostatná práce – skládkové učení 10 minut
 - Žák nejprve sám, pak ve dvojici a nakonec ve čtveřici vyplní pracovní list. K vyplňování není možné používat žádné pomůcky (sešit, mobil, ...).
 - Nakonec proběhne společná kontrola správného vyplnění pracovního listu.
- 4) Zadání skupinové práce 27 minut
 - Žáci vypracují referát na zadané téma. Jedná se o skupinový referát formou prezentace. Rozdělení do skupin a přiřazení témat nechávám v kompetenci vyučujícího. Osobně jsem rozdělil témata do dvojic. Na dokončení referátu mohou žáci pracovat doma. Odevzdat musejí všichni, prezentovat ale jen dobrovolníci (až následující hodinu).

Témata:

a) Enzymy	g) Receptorové proteiny
b) Strukturní proteiny	h) Regulační proteiny v genové expresi
c) Transportní proteiny	i) Proteiny se zvláštním posláním (např. protimrazové proteiny, fluoreskující proteiny, ...)
d) Pohybové proteiny	
e) Zásobní proteiny	
f) Signální proteiny	
- 5) Shrnutí a závěr hodiny 2 minuty

Vyučovací metody:

diskuse, frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

Pomůcky a technika:

počítač, dataprojektor, mobilní telefony žáků nebo mobilní zařízení školy (tablety), pracovní list

Pracovní list – opakování

Popiš procesy vedoucí ke vzniku proteinů:

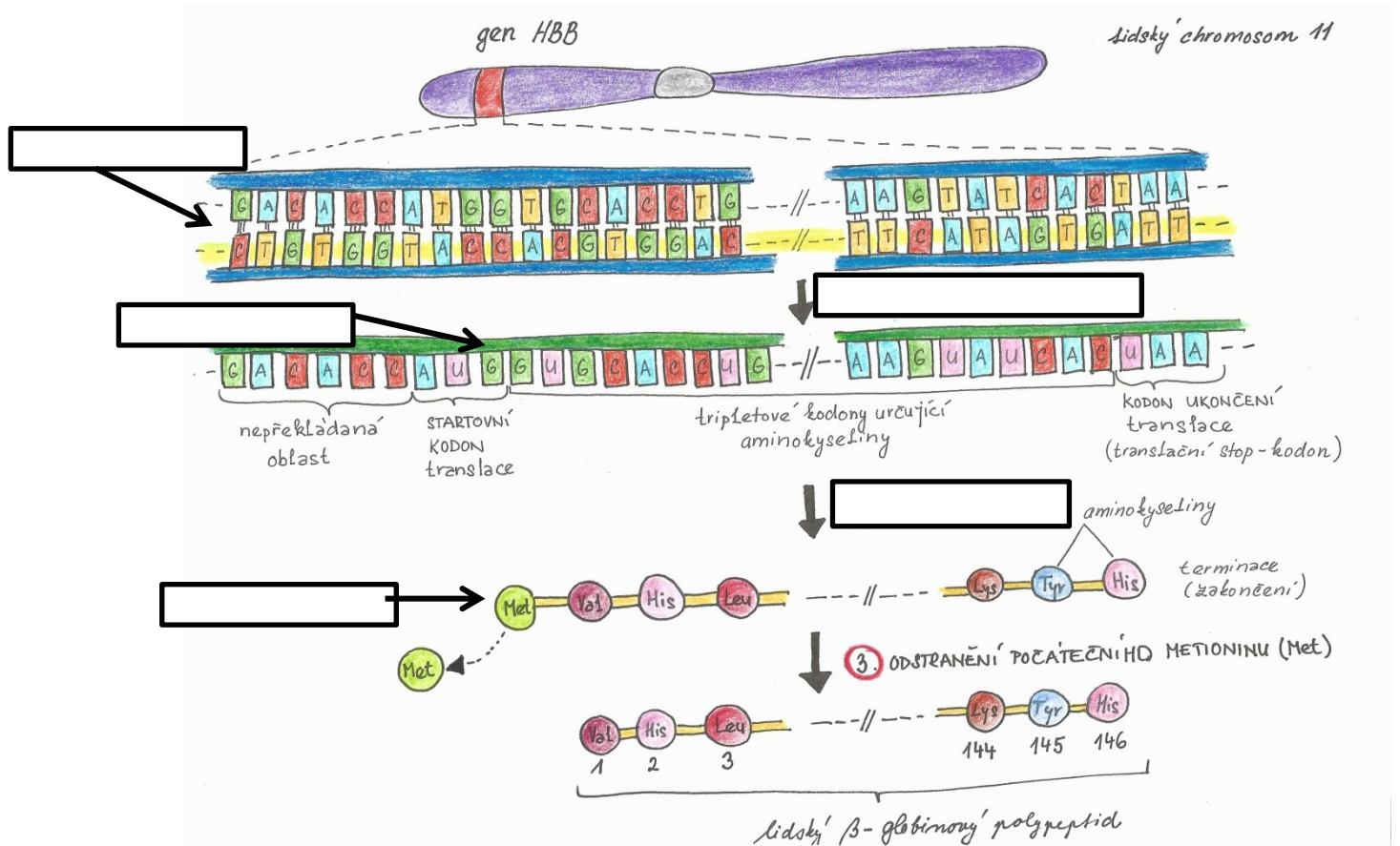
Jaké báze se spolu párují v DNA a jaké v RNA?

DNA	RNA

Která z následujících vět nejlépe vystihuje replikaci DNA?

- a) Při replikaci vzniká molekula DNA a molekula RNA.
- b) DNA je při replikaci schopná autoreparace.
- c) Replikace začíná vždy z jednoho místa.
- d) Pro začátek replikace není nutné rozvolnění molekuly DNA.

Doplň do obrázku, co je na kterém kroku zobrazeno:



Pracovní list – opakování - ŘEŠENÍ

Popiš procesy vedoucí ke vzniku proteinů:

transkripce → translace → sbalení proteinu podle primární, sekundární a terciální struktury

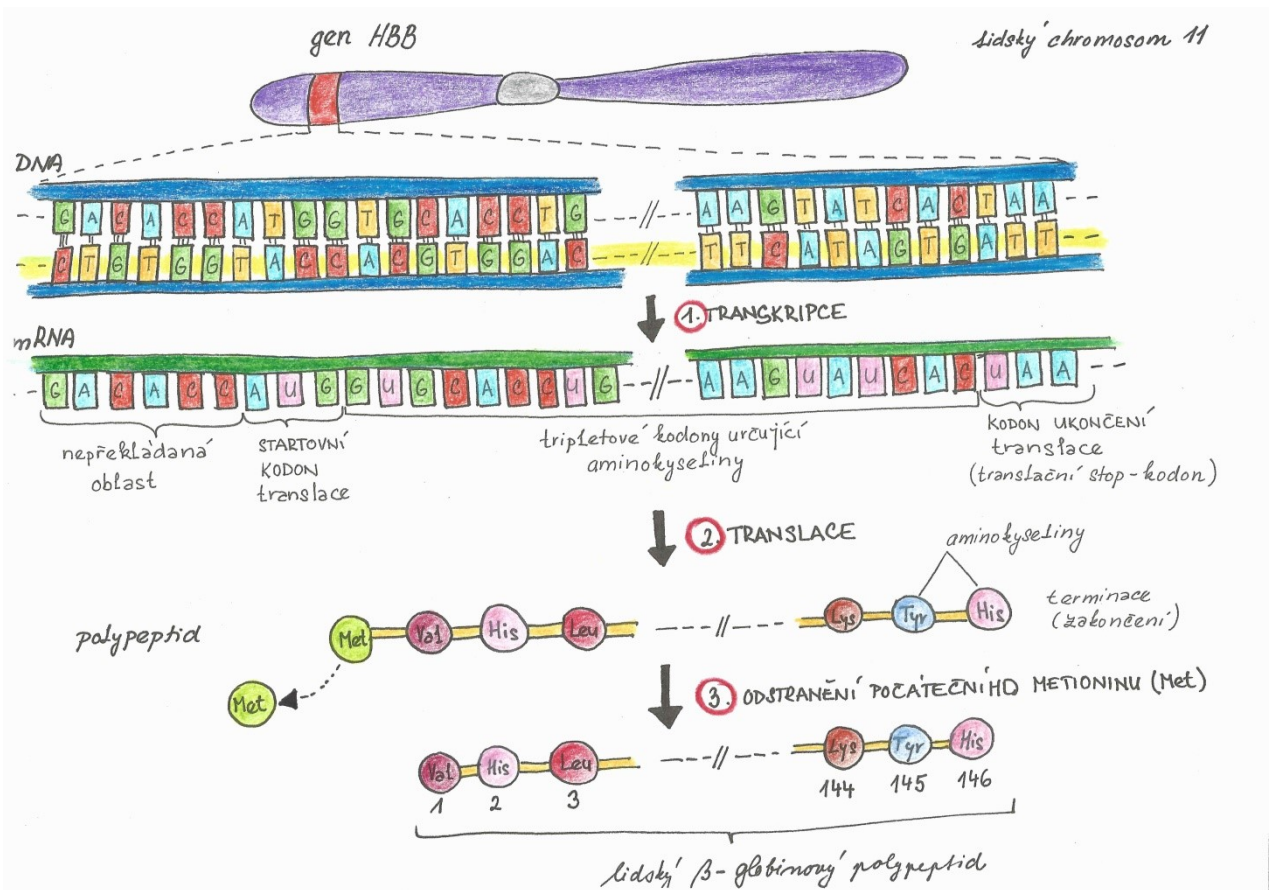
Jaké báze se spolu párují v DNA a jaké v RNA?

DNA	RNA
<u>Adenin – thymin</u>	<u>Adenin - uracil</u>
<u>Cytosin - guanin</u>	<u>Cytosin - guanin</u>

Která z následujících vět nejlépe vystihuje replikaci DNA?

- a) Při replikaci vzniká molekula DNA a molekula RNA.
- b) **DNA je při replikaci schopná autoreparace.**
- c) Replikace začíná vždy z jednoho místa.
- d) Pro začátek replikace není nutné rozvolnění molekuly DNA.

Doplň do obrázku, co je na kterém kroku zobrazeno:



7. Vyučovací hodina

Téma hodiny:

Proteiny II

Výukové cíle a očekávané výstupy:

Žák přiřadí funkci proteinů k vybraným proteinům. Žák diskutuje proces degradace proteinů. Žák kriticky hodnotí centrální dogma molekulární biologie.

Pojmy, které již žák zná:

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát, aminokyselina, protein, triplet, kodon, antikodon, tRNA, mRNA, ribozom, rRNA, proteosyntéza, hemoglobin, aktin, myosin, enzymy, hormony, biopolymery

Probírané pojmy:

funkce proteinů, degradace proteinů,

Klíčové kompetence:

Kompetence komunikativní – žák naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhajuje svůj názor a vhodně argumentuje. Žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory v logickém sledu, vyjadřuje se výstižně, souvisle a kultivovaně v písemném i ústním projevu

Kompetence k řešení problémů – žák kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit, výsledky svých činů zhodnotí.

Motivace:

Plán hodiny:

- | | |
|--|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli | 2 minuty |
| 2) Prezentace jednotlivých referátů a diskuse nad nimi | 30 minut |
| 3) Shrnutí, zápis a ukončení hodiny | 13 minut |

Vyučovací metody:

diskuse, frontální výuka s prezentací, skupinová práce

Pomůcky a technika:

počítač, dataprojektor, prezentace

Příloha 2 – prezentace pro podporu výuky

Genetická informace - základy



Mgr. Tomáš Pinkr

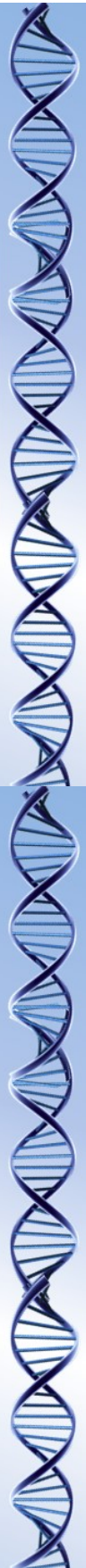
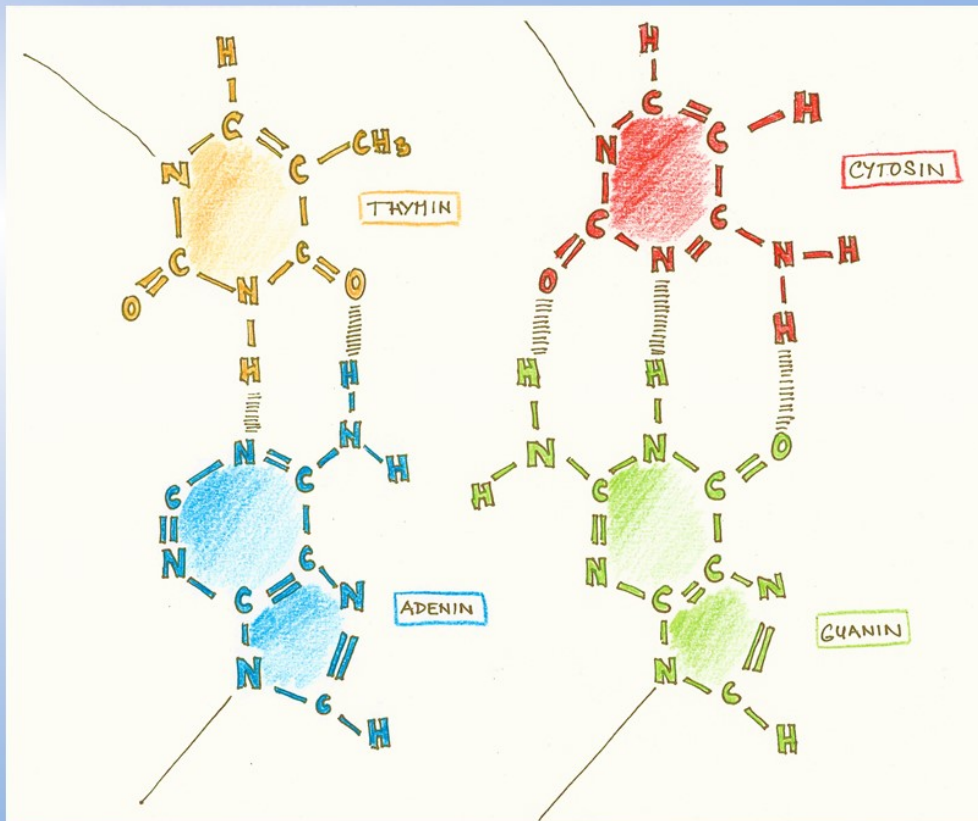
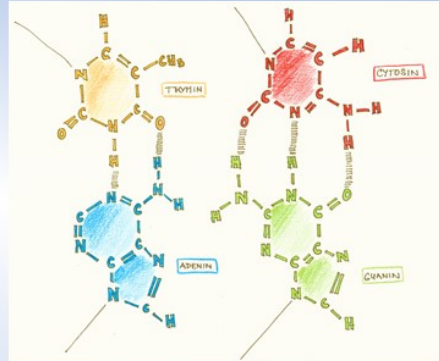
Genetika

- projevy závisí na expresi genů
- gen = základní jednotka dědičnosti
- původ genetiky – 19. st. Mendel
- nosič genetické informace RNA nebo DNA



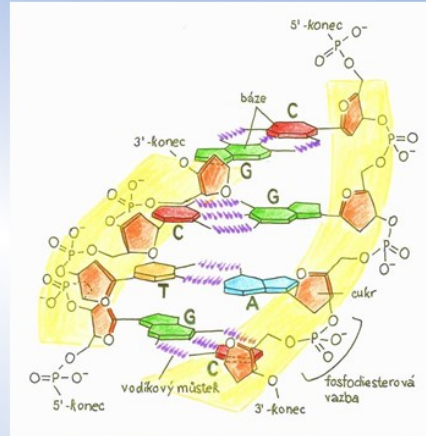
Struktura DNA

- dvoušroubovice
- čtyři báze (nukleotidy)
 - adenin (A)
 - guanin (G)
 - thymin (T)
 - cytosin (C)
- vodíkové můstky
- sacharidová kostra (deoxyribosa)
- fosfát (zbytek H_3PO_4)

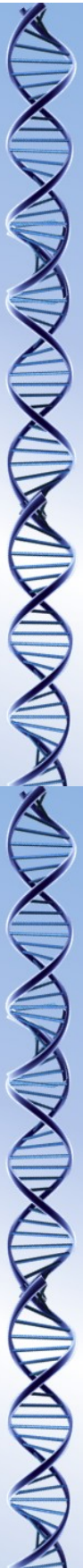
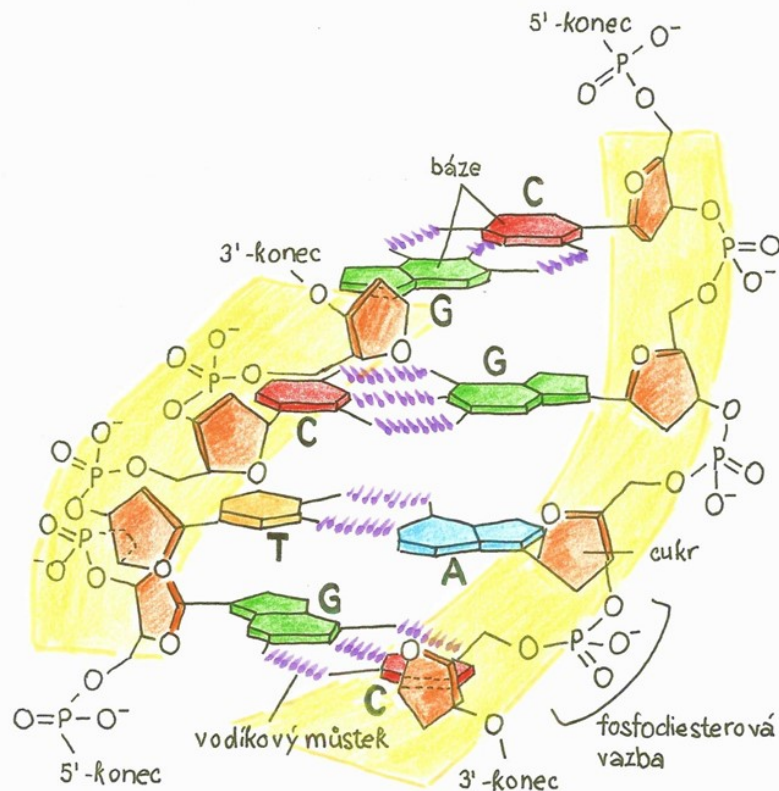


Vlastnosti DNA

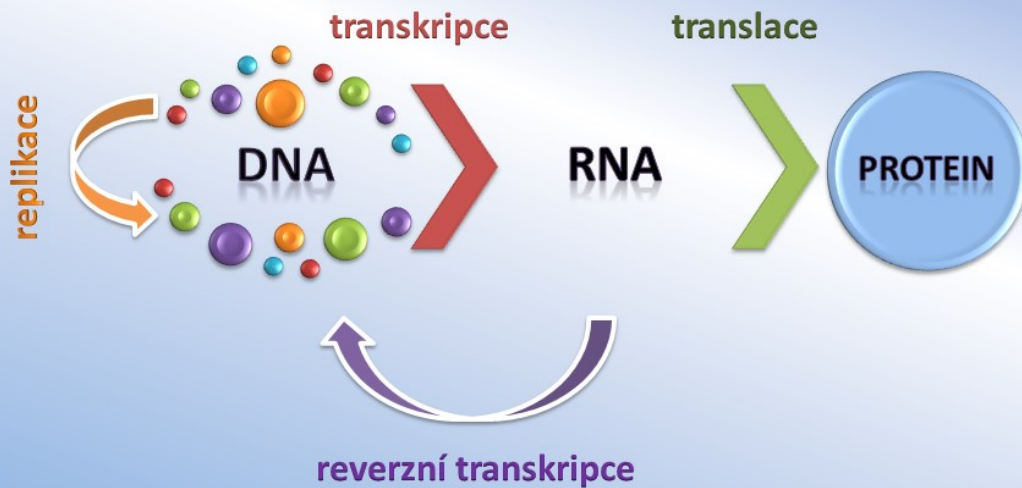
- 3' konec
 - končí –OH skupinou
- 5' konec
 - končí –PO₄ skupinou
- párování AT a CG
- antiparalelní vlákna
- komplementární vlákna



- 3'
-
- 5'
-
- pá
- an
- ko

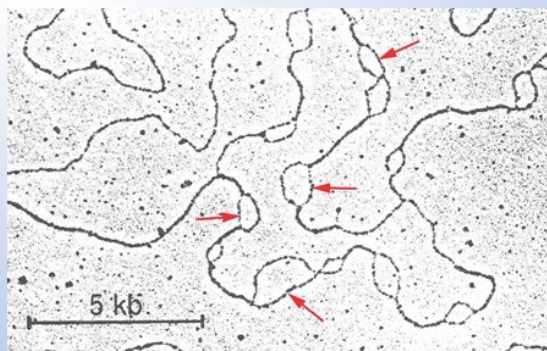


Centrální dogma molekulární biologie



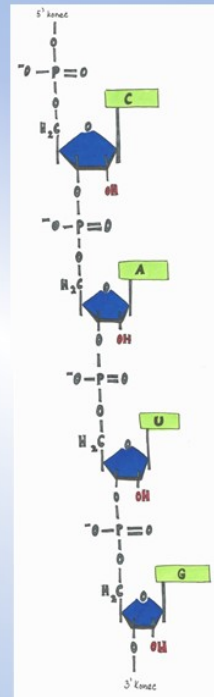
Replikace DNA

- dvě nové DNA
- komplementární vlákna = templáty
- několik počátků
- DNA polymeráza
- směr 3' → 5'
- autoreparace



Struktura RNA

- **lineární**
- čtyři báze
 - adenin (A)
 - guanin (G)
 - cytosin (C)
 - **uracil (U)**
- vodíkové můstky
- sacharidová kostra (**ribosa**)
- fosfát (zbytek H_3PO_4)

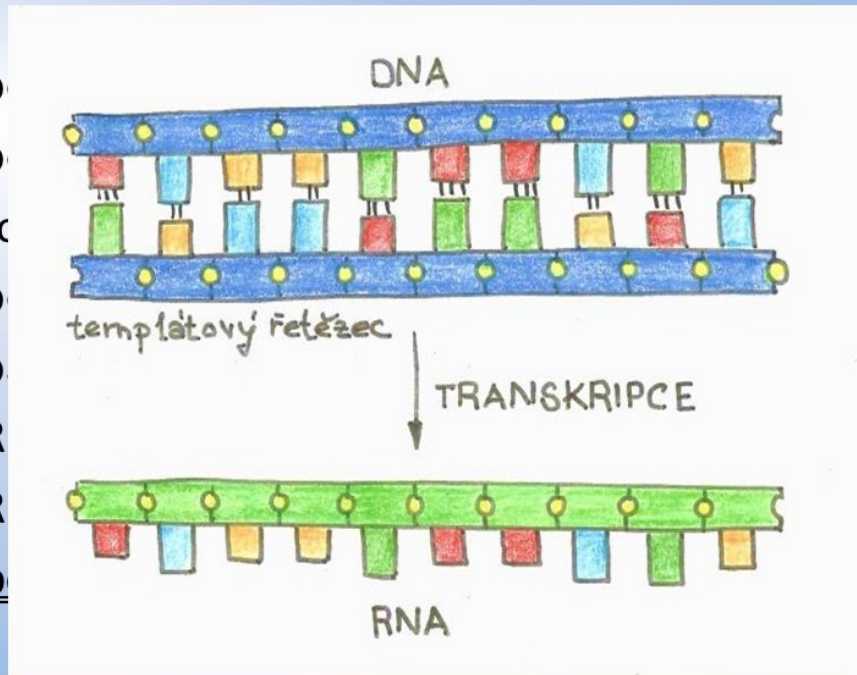


Transkripce

- podle jednoho genu více kopií RNA
- podobné replikace
- rozvolnění dvojšroubovice DNA
- podle jednoho templátu DNA vzniká RNA
- párování **AU** a CG
- RNA po ukončení transkripce se odpoutá od DNA
- RNA-polymeráza
- **bez autoreparace!**

Transkripce

- p
- p
- r
- p
- p
- R
- R
- b

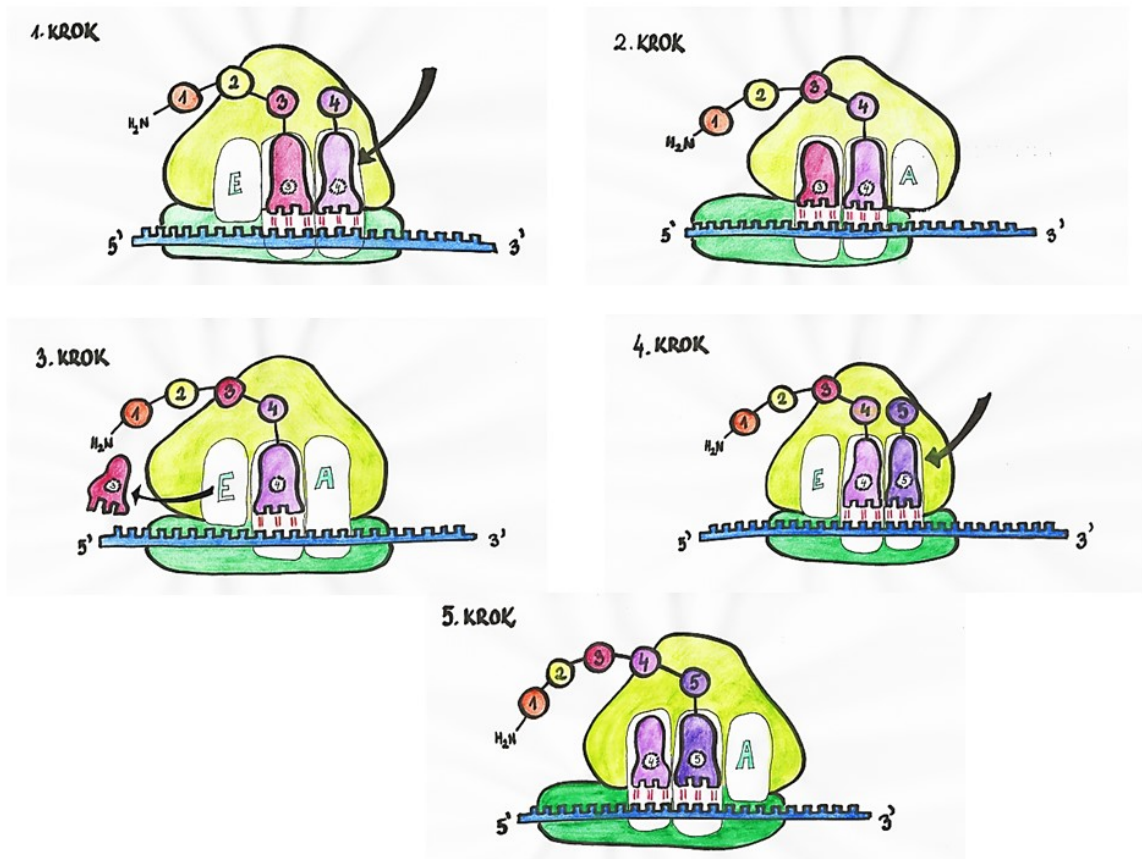


DNA

Translace

- podle mRNA vznikne na ribozomu protein
- aminokyselina je přiřazena trojici (tripletu) nukleotidů RNA
- začátek translace vždy kódován tripletem AUG
- konec translace triplety UAA, UAG, UGA
- proteiny přenášejí tRNA – na ribosomu hledá vhodné triplety

Prezentace pro podporu výuky



Proteiny

- po translaci složení proteinu
 - primární struktura – pořadí aminokyselin
 - sekundární struktura – vodíkové můstky
 - α šroubovice
 - β list
 - terciální struktura – podíl více typů chemických vazeb; vliv okolí proteinu
- některé proteiny zlikvidovány
 - špatná struktura (pořadí aminokyselin)
 - špatné složení
 - doba životnosti proteinu



Funkce proteinů

- Enzymy
- Strukturní proteiny
- Transportní proteiny
- Pohybové proteiny
- Zásobní proteiny
- Signální proteiny
- Receptorové proteiny
- Regulační proteiny v genové expresi
- Proteiny se zvláštním posláním (např. protimrazové proteiny, fluoreskující proteiny, ...)

Zachování dědičnosti

- pořadí nukleotidů
- unikátní sekvence nukleotidů
- kódování proteinů
- problém:
 - 4 báze
 - 21 aminokyselin
- řešení:

CENTRÁLNÍ DOGMA MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE



Použitá literatura

- ALBERTS, Bruce. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Přeložil Arnošt KOTYK, přeložil Bohumil BOUZEK, přeložil Pavel HOZÁK. Ústí nad Labem: Espero, c1998. ISBN 80-902906-2-0.
- SNUSTAD, D. Peter a Michael J. SIMMONS, RELICHOVÁ, Jiřina, ed. *Genetika*. Druhé, aktualizované vydání. Přeložil Jiří DOŠKAŘ, přeložil Jiří FAJKUS, přeložil Petr HOŘÍN, přeložil Aleš KNOLL, přeložil Petr KUGLÍK, přeložil Jan ŠMARDA, přeložil Jana ŠMARDOVÁ, přeložil Renata VESELSKÁ, přeložil Boris VYSKOT. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8613-5.



Příloha 3 – dotazník a test k pilotnímu ověření

Testová část:

1) Molekula DNA se skládá z (vyber všechny správné odpovědi):

- a) čtyř bází (adenin, guanin, cytosin, thymin)
- b) vodíkových můstků
- c) sacharidové kostry
- d) molekul kyslíku

2) Vyber správné párování bází (jedna správná odpověď):

- a) AC TG
- b) AT CG
- c) AG TC

3) Jaký je rozdíl mezi DNA a RNA?

4) K čemu a jak dochází při replikaci (duplikaci) DNA?

5) Vysvětli pojmy:

- a) translace: _____
- b) transkripce: _____
- c) gen: _____
- d) lokus: _____

6) Jaký je rozdíl mezi mitózou (dělení tělních buněk) a meiózou (dělení pohlavních buněk)? (jedna správná odpověď)

- a) Mitózou vznikají čtyři dceřiné buňky, meiózou dvě dceřiné buňky.
- b) Při mitóze se chromosomy replikují a po dělení je každá buňka $2n$.
- c) Meióza je proces, při kterém vznikají dvě buňky, každá $4n$.

Dotazníková část:

Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší), jak se Ti líbily aktivity, při kterých jste pracovali s korálky:

1 2 3 4 5

Jak moc Ti podle Tebe pomohla aktivita pochopit děje, při kterých se z DNA stává protein (transkripce a translace)? Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší).

1 2 3 4 5

Co konkrétně se Ti na aktivitách líbilo a proč?

Co konkrétně se Ti na aktivitách NElíbilo a proč?

Máš nějaké nápady na zlepšení aktivit s korálky?

Jaký je Tvůj názor na náročnost učiva genetiky a molekulární biologie?

Příloha 4 – dotazník a test k ověření výukového cyklu

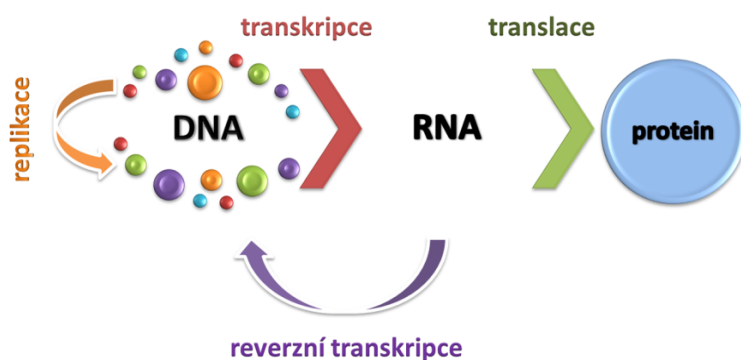
1) Vyber správné párování bází (jedna správná odpověď)

- a) AC TG
- b) AT CG
- c) AG TC
- d) nevím

2) Vyjmenuj čtyři báze DNA

3) Který z bodů je na obrázku špatně? (jedna správná odpověď)

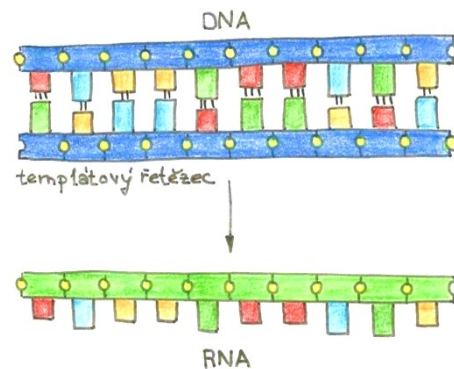
- a) 1 replikace
- b) 2 translace
- c) 3 DNA
- d) 4 translace
- e) 5 RNA
- f) 6 protein
- g) 7 reverzní transkripce
- h) nevím



4) Replikace DNA znamená

5) Jaký je rozdíl mezi molekulami DNA a RNA (alespoň jeden)

6) Jaký proces popisuje obrázek? Stručně jej vysvětli.



7) Jak se při translaci pozná, kde začít a kde skončit?

❖ **Co konkrétně se Ti na aktivitách NELíbilo a proč?**

❖ **Máš nějaké nápady na zlepšení aktivit s korálky?**

❖ **Jaký je Tvůj názor na náročnost učiva molekulární biologie?**