

Metodický list: Nukleové kyseliny a příbuzné látky

Podle vzdělávacího oboru Chemie, jak je vymezen v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (dále RVP G), by žáci měli charakterizovat nukleové kyseliny jako jednu ze základních skupin látek v bioorganické chemii. RVP G klade důraz na orientaci se ve funkcích a struktuře, přičemž u nukleových kyselin jde o znalost jednotlivých komponent a o znalost procesů, které vedou od jednotlivých částí k celku. Po žácích se také požaduje základní orientace v proteosyntéze. Je tu souvislost se základy genetiky spadající do biologie.

Didaktické cíle

- Žák zná názvy a vzorce jednotlivých komponent tvořících nukleové kyseliny (tj. monosacharidy D-ribosa a 2-deoxy-D-ribosa, dusíkaté heterocyklické báze, fosfát).
- Žák popíše vlastnosti, strukturu a význam čtyř běžných typů nukleových kyselin (DNA, mRNA, tRNA, rRNA).
- Žák aplikuje poznatky o komplementaritě bází, replikaci DNA a proteosyntéze. Chápe souvislost molekulárních jevů s uchováním a přenosem genetické informace.
- Žák vyřeší otevřené úlohy s využitím vyšších myšlenkových operací (analýza, syntéza, evaluace) – provede srovnání chemických sloučenin, formuluje zdůvodnění svých odpovědí, převádí informace z grafické podoby do textové a obráceně, porozumí a aplikuje nově představené informace, analyzuje a doplňuje zadaná schémata apod.

Pomůcky

- Pracovní list pro žáky
- Didaktické materiály (předzázpis, prezentace)
- Doporučená literatura
 - MCMURRY, John. *Organická chemie*. V Brně: VUTUM, 2007. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-3291-8.
 - TEPLÁ, Milada. *Nukleové kyseliny – Translace* [online], studiumbiochemie.cz [cit. 20. 07. 2020]. Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/translace.html>

Harmonogram výuky

Odhad časové zátěže:

Číslo úlohy	Čas [min]
1	6–8
2	7–9
3	16–19
4	6–8
5	4–6
6	6–8
7	4–6
8	10–12
9	12–14
10	5–7

Taxonomie úloh

V úloze č. 1 musí žáci analyzovat výrok (II.4) a evaluovat jeho pravdivost (III.6). Pokud dojdou k závěru, že je výrok chybný, musí ho přeformulovat do výroku pravdivého, což lze považovat za syntézu nebo vysvětlení (II.4 nebo III.2). Jedná se o kombinovanou úlohu II. a III. úrovně dle Tollingerové.

Úloha č. 2 se skládá z několika otázek. Otázka a) vyžaduje vyjmenování a roztřídění (II.2 a II. 6). Otázky b), c) a d) jsou především na vytvoření vzorce z názvu a opačně, což je transformace (III.1), otázky b) a d) lze považovat za reprodukci faktů (I.2).

Úloha č. 3 se skládá z několika otázek. Obsahuje výchozí text, který je zdrojem některých informací a slouží jako motivace. Otázka a) je výpočet (II.9). Vzorce mají žáci k dispozici, musí je ale analyzovat (II. 4), aby je mohli správně aplikovat. Otázka b) kombinuje reprodukci faktů (I.2) spočívající ve vypsání názvů enzymů s analýzou (II.4) a transformací (III.1) informace z obrázkové podoby, které jsou nutné pro správné přiřazení enzymu do náčrtku a odvození jeho funkce. Otázka c) vyžaduje složitější myšlenkové operace s poznatky, konkrétně vysvětlení významu (III.2). Stejný případ je otázka e). Otázka d) se zaměřuje na popis procesu (II.3). Otázka f) vyžaduje kritické zhodnocení popsaného výzkumu a jeho validity, zde je zhodnocení náročnější než v úloze č. 1, neboť vyžaduje vlastní úvahu (III.6).

Úloha č. 4 vyžaduje především práci s předloženými informacemi v textu a tabulce u otázek a) a b) (II.1), klíčová je znalost principu komplementarity a schopnost ho aplikovat v otázce c), kterou lze považovat za úlohu na transformaci (III.1). Otázka d) je na reprodukci faktu (I.2).

Úloha č. 5 obsahuje otázku a) a b) na reprodukci faktu, který je v případě otázky b) grafické povahy (I.2). Otázku c) lze považovat za úlohu na odvozování (III.4), pokud žák tuto informaci již neznal, pak by šlo též o reprodukci faktu (I.2).

V úloze č. 6 je otázka a), kde je nutné provést analýzu tvrzení (II.4) a na jeho základě odvodit vzorec dvou chemických látek (III.4). Otázka b) se zaměřuje na schopnost formulovat hypotézu (II.4) na základě porovnání struktury dvou látek (II.5). Otázka c) je pouze na reprodukci faktu (I.2).

V úloze č. 7 doplňují žáci do textu chybějící slova, jedná se o úlohu kombinující reprodukci faktů (I.2) s analýzou textu (II.4).

V úloze č. 8 jsou otázky a), b) a d), které jsou převážně na reprodukci poznatků (I.2) a otázka c), která kombinuje transformaci mezi vzorcem a názvem sloučeniny (III.1) s porovnáváním struktury (II.5) a formulací závěru (II.4).

Úloha č. 9 se zaměřuje především na formulaci vysvětlení (III.2). Otázka d) vyžaduje zjištění informace z obrázku, proto lze úlohu považovat za úlohu na transformaci (III.1) či analýzu (II.4).

Úloha č. 10 je reprodukčního charakteru (I.2).

Variabilita úloh

Nukleové kyseliny jsou specifické tím, že se jedná o úzké téma. S ohledem na školní znalosti, je variabilní pouze úloha č. 1, kde lze vymyslet jiná tvrzení, a úloha č. 4, kde by bylo možné zadat jiný peptid. Ostatní úlohy jsou variabilní jen málo nebo vůbec.

Autorské řešení

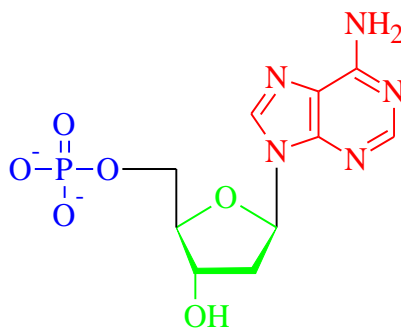
ÚLOHA Č. 1		11 bodů
<p>Posuďte pravdivost následujících vět o bílkovinách, v případě potřeby chybu opravte. Nepoužívejte tzv. prostý zápor (přidání či naopak odebrání předpony ne- u slovesa), ale sloveso správně nahraďte jiným tam, kde je to třeba.</p>		
TVRZENÍ	ANO/NE	OPRAVA
DNA se u eukaryot může vyskytovat pouze v jádře.	NE	Existuje také např. mitochondriální či ribosomální DNA.
Nukleosid je označení pro molekulu tvořenou z nukleové báze a sacharidu (D-ribosy nebo 2-deoxy-D-ribosy).	ANO	
DNA se po většinu života prokaryotické buňky nachází v podobě chromozomů.	ANO	
Adenin a guanin patří mezi pyrimidinové báze.	NE	Adenin a guanin patří mezi purinové báze.
Molekula RNA může být tvořena jedním nebo dvěma polynukleotidovými řetězci.	ANO	
Cytosin a thymin tvoří komplementární pár dusíkatých bází.	NE	Komplementární pár tvoří cytosin s guaninem a adenin s thyminem (případně s uracilem).

Reakce, při které z nukleosidu vzniká nukleotid se nazývá fosforylace.	ANO	
Nejčastější sekundární strukturou DNA je pravotočivá dvoušroubovice.	ANO	
Proces vzniku RNA se nazývá translace.	NE	Přepis z DNA do mRNA se nazývá transkripce. Při translaci se AMK spojují amidickými vazbami a tvoří primární strukturu bílkoviny.
Funkcí transferové RNA je přinášet aminokyseliny na ribozomy, kde probíhá proteosyntéza.	ANO	
Tzv. snRNA (small nuclear RNA) se uplatňuje při splicingu – vystřihování exonů z pre-mRNA.	NE	snRNA se uplatňuje při splicingu, ale splicing je vystřihování intronů z pre-mRNA.

Poznámky k bodování: Za rozhodnutí ano/ne 0,25 bodu, se správným důvodem za 1 bod.

ÚLOHA Č. 2
10 bodů

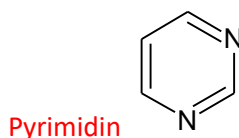
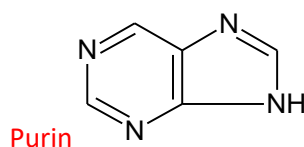
Na obrázku vidíte vzorec základní strukturní jednotky DNA - nukleotidu. Nukleotidy se skládají ze tří částí, které jsou na obrázku odlišeny různými barvami. Červená část je tvořena dusíkatou bází, zelená sacharidem a modrá fosfátem.



a) Vyjmenujte dusíkaté báze vyskytující se v nukleových kyselinách. Rozdělte je na purinové a pyrimidinové a na výskyt v DNA a v RNA. **5 bodů**

V DNA jsou purinovými bázemi adenin a guanin a pyrimidinovými bázemi cytosin a thymin.
V RNA jsou purinovými bázemi adenin a guanin a pyrimidinovými bázemi cytosin a uracil.

b) Zakreslete vzorec purinu a pyrimidinu. **2 body**

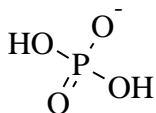


c) Pojmenujte zeleně vyznačený sacharid. Určete z něj, zda vyobrazený nukleotid patří do DNA nebo RNA. **1,5 bodu**

Sacharidem je 2-deoxy-D-ribose nacházející se v DNA.

d) Napište název a vzorec kyseliny, od které je odvozen fosfát. **1,5 bodu**

Fosfát je odvozen od kyseliny trihydrogenfosforečné.



Poznámky k bodování:

a) Za zařazení purinová/pyrimidinová báze 0,5 bodu a za zařazení do DNA/RNA 0,5 bodu (celkem 5 bází).

c) Za název sacharidu 1 bod, správné zařazení za 0,5 bodu.

d) Za název kyseliny 0,5 bodu, za vzorec 1 bod.

Přečtěte si následující text:

Každý divák Jurských parků od Stevena Spielberga se asi někdy zaobíral myšlenkou, jestli by bylo možné naklonovat živého dinosaura ze zlomku DNA. Možné to není, protože množství DNA v kostech fosilií dinosaurů je příliš nízké. Michael Bunce z laboratoře Starodávné DNA australské Murdochovy univerzity a jeho spolupracovníci nedávno analyzovali vzorky z celkem 158 radiokarbonově datovaných fosilních kostí nohou, náležejících ke třem různým druhům novozélandských ptáků moa, tedy vymřelých běžců řádu Dinornithiformes. Podařilo se zjistit, že poločas rozpadu DNA se pohybuje okolo 521 let. Za tuto dobu se podle nich rozloží polovina z původního množství DNA živých tkání. Bezprostředně po smrti se do DNA pustí enzymy a mikroorganismy, po čase se hlavním ničem stává voda.

(převzato a zkráceno z osel.cz)

a) Pokud vezmeme poločas rozpadu zjištěný na Murdochově univerzitě za všeobecně platný fakt, jak dlouho potrvá, než se DNA ve vzorku stane nečitelnou? DNA je čitelná ještě i v relativním množství 10^{-867} z původního množství. **3 body**

Pro poločas rozpadu platí

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Kde λ se nazývá rozpadová konstanta.

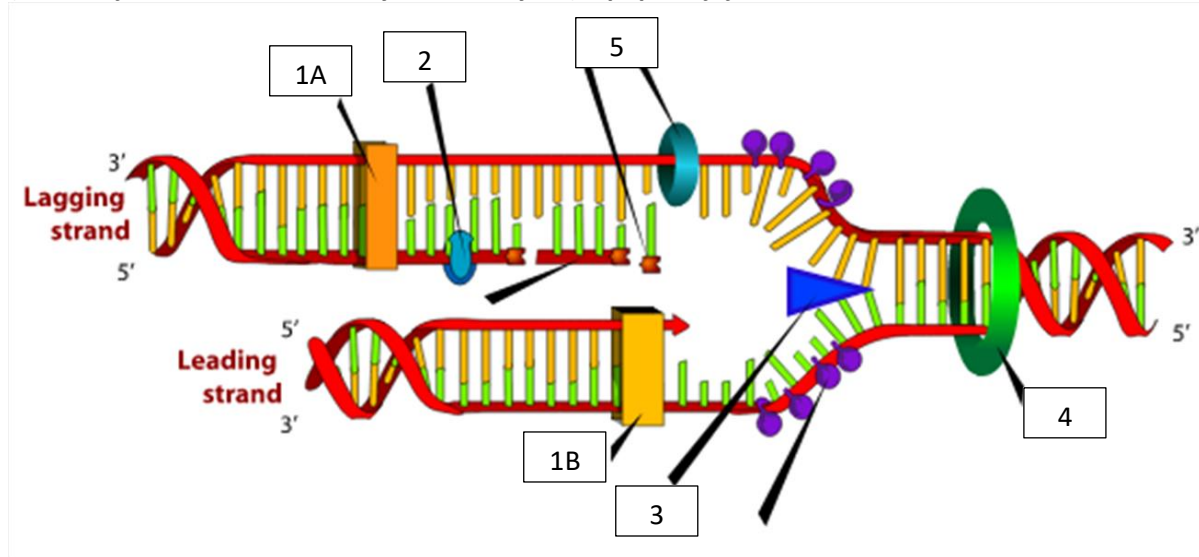
Ta se poté vyskytuje ve vztahu udávajícím vztah mezi množstvím rozpadlých molekul a časem.

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N}{N_0} = 10^{-867} \quad T_{1/2} = 521 \text{ let} \quad t = ?$$

$$\begin{aligned} T_{1/2} &= \frac{\ln 2}{\lambda} \\ \lambda &= \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 0,00133 \\ \frac{N}{N_0} &= e^{-\lambda t} \\ t &= -\frac{\ln \frac{N}{N_0}}{\lambda} = -\frac{\ln 10^{-867}}{0,00133} = 1\,500\,000 \end{aligned}$$

b) Na obrázku vidíte schéma replikace DNA. Doplněte k číslům enzymy, které se procesu účastní (1A a 1B jsou dvě odlišné formy téhož enzymu) a popište jejich funkci. 7,5 bodu



Obrázek 1: Schéma replikace DNA. Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Replikace_DNA

1A, 1B – DNA-polymerasa, která katalyzuje připojení nové nukleotidové jednotky k rostoucímu řetězci DNA.

2 – DNA-ligasa, která spojuje Okazakiho fragmenty.

3 – helikasa, která katalyzuje rozpojení vodíkových můstků a tím rozdělení úseku DNA do replikačního oka.

4 – topoisomerasa, která umožňuje měnit terciární strukturu DNA (rozvinuje šroubovici)

5 – DNA-primasa – enzym vytvářející počáteční úseky DNA (primery)

c) Vysvětlete, proč jedno z vláken roste diskontinuálně (po fragmentech)? 2 body

DNA-polymerasa syntetizuje nové vlákno DNA pouze ve směru od 5' k 3' konci, proto jeden z nových řetězců vzniká spojitě (plynule) a druhý nespojitě (diskontinuálně) po tzv. Okazakiho fragmentech.

d) Popište buněčný cyklus eukaryot. Ve které jeho fázi dochází k replikaci DNA? 2,5 bodu

Buněčný cyklus je období života buňky od konce jednoho dělení do konce dělení následujícího. Interfáze je klidové období života buňky. G1 fáze – presyntetická fáze, dochází k hromadění energetických a zásobních látek, probíhá intenzivní činnost jádra a replikování organel. S1 fáze – syntetická interfáze, kdy je činnost jádra pozastavena, ale dochází k replikaci jader DNA. G2 fáze – postsyntetická fáze představuje období života buňky těsně před jejím dělením. M fáze zahrnuje profázi, metafázi, anafázi, telofázi a cytokinezi.

e) V textu je zmíněno radiokarbonové datování. Vysvětlete tento termín. 1 bod

Radiokarbonová metoda je založena na měření nestabilního izotopu ^{14}C . Díky ní lze zjistit, jak dlouho je zkoumaný vzorek (organismus) již po smrti.

f) Zhodnoťte spolehlivost stanoveného poločasu rozpadu DNA z hlediska metodiky výzkumu a přítomných/nepřítomných faktorů. 2 body

Výzkum nestanovuje poločas přeměny zcela spolehlivě. Vychází totiž z úzkého vzorku nálezů (pták moa) a z geograficky poměrně jednotvárného prostředí (Austrálie).

Poznámky k bodování:

b) Za název 0,5 bodu (celkem 5 názvů), za funkci 1 bod (celkem 5 funkcí).

d) Za popis 2 body, za označení fáze 0,5 bodu.

ÚLOHA Č. 4
12 bodů

Hormon oxytocin je nonapeptid tvořený sekvencí aminokyselin CYIQNCPLG. Aby mohl vzniknout, musí být informace o pořadí aminokyselin správně zakódována do pořadí nukleotidů v nukleových kyselinách. Každá z cca 20 aminokyselin se ukrývá pod jedním či několika trojicemi nukleotidů v řetězci mRNA, kterým se říká triplety či kodony. Některé kodony jsou určeny k ukončení sekvence aminokyselin – viz tabulka.

		Druhý nukleotid					
		U	C	A	G		
První nukleotid	U	UUU fenyalanin	UCU serin	UAU tyrosin	UGU cystein	U	Třetí nukleotid
		UUC fenyalanin	UCC serin	UAC tyrosin	UGC cystein	C	
		UUA leucin	UCA serin	UAA stop kodon	UGA stop kodon	A	
		UUG leucin	UCG serin	UAG stop kodon	UGG tryptofan	G	
	C	CUU leucin	CCU prolin	CAU histidin	CGU arginin	U	
		CUC leucin	CCC prolin	CAC histidin	CGC arginin	C	
		CUA leucin	CCA prolin	CAA glutamin	CGA arginin	A	
		CUG leucin	CCG prolin	CAG glutamin	CGG arginin	G	
	A	AUU isoleucin	ACU threonin	AAU asparagin	AGU serin	U	
		AUC isoleucin	ACC threonin	AAC asparagin	AGC serin	C	
		AUA isoleucin	ACA threonin	AAA lysin	AGA arginin	A	
		AUG methionin	ACG threonin	AAG lysin	AGG arginin	G	
	G	GUU valin	GCU alanin	GAU kyselina asparagová	GGU glycin	U	
		GUC valin	GCC alanin	GAC kyselina asparagová	GGC glycin	C	
		GUA valin	GCA alanin	GAA kyselina glutamová	GGA glycin	A	
		GUG valin	GCG alanin	GAG kyselina glutamová	GGG glycin	G	

Obrázek 2: Tabulka genetického kódu. Zdroj: <https://core.ac.uk/download/30283166.pdf>

a) AUG je tzv. iniciační kodon. Kterou aminokyselinu kóduje?

0,5 bodu

Methionin

b) Zapište libovolnou sekvenci mRNA, podle které by na ribosomu byl syntetizován oxytocin, včetně označení začátku a konce syntézy.

5,5 bodu

Cys – Tyr – Ile – Gln – Asn – Cys – Pro – Leu – Gly

Např.:

AUG* UGU UAU AUU CAA AAU UGU CCU CUU GGU UGA

* Met není součástí konečného hormonu (bude odstraněn)

c) K vláknu mRNA z otázky b) zapište komplementární vlákno DNA.

5,5 bodu

TAC ACA ATA TAA GTT TTA ACA GGA GAA CCA ACT

d) Jak se nazývá část DNA, která kóduje nějaký peptid či protein?

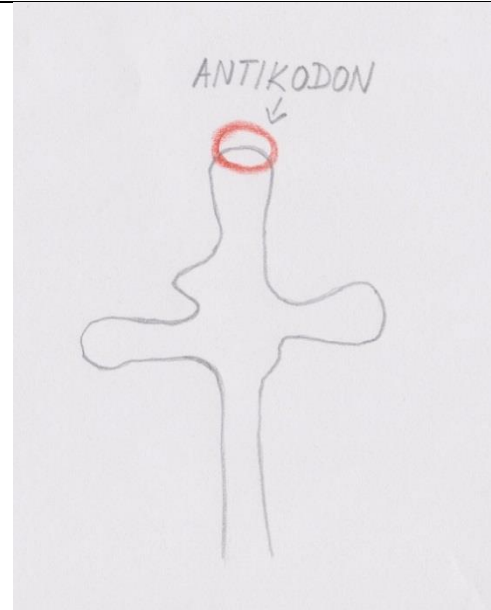
0,5 bodu

Strukturní gen

Poznámky k bodování:

b), c) Za 1 kodon 0,5 bodu (celkem 11 kodonů).

d) Za odpověď „gen“ pouze 0,25 bodu.

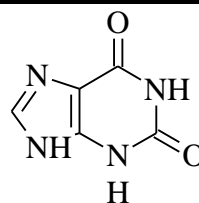
ÚLOHA Č. 5		3 body
Pro realizaci genetického kódu jsou nezbytné molekuly tRNA.		
a) Jak se nazývá část tRNA, která umožňuje specifické navázání tRNA na komplementární část molekuly mRNA?		0,5 bodu
Antikodon		
b) Nakreslete typický vzhled sekundární struktury tRNA. Vyznačte, kde se v ní nachází část zmíněná v předchozí otázce.		1,5 bodu
		
c) Odvoďte z názvu, jakou funkci plní enzym aminoacyl-tRNA-syntetasa.		1 bod
Tento enzym umožňuje navázání vhodné aminokyseliny na tRNA.		

Poznámky k bodování:

b) Za nákras 1 bod, za označení antikodonu 0,5 bodu.

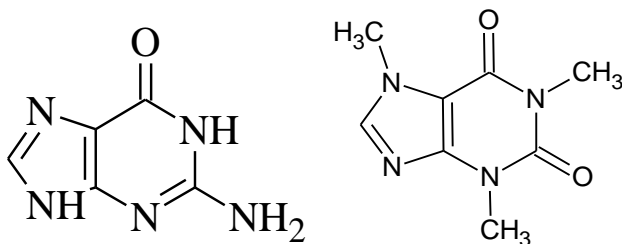
ÚLOHA Č. 6
5 bodů

Na obrázku vidíte vzorec xanthinu. Jedná se o purinovou bázi, která by se v nukleových kyselinách vyskytovat neměla, přesto se objevit může.



a) Xanthin může vzniknout reakcí z dusíkaté báze X, která se vyskytuje v nukleových kyselinách, pomocí enzymu deaminasy. Trojnásobnou methylací pak vzniká alkaloid Y, známý pro své stimulační účinky. Pojmenujte látky X a Y a nakreslete jejich vzorce. **3 body**

Dusíkatá báze X je guanin. Alkaloid Y představuje kofein.



b) Zůstane zachovaná původní komplementarita báze X, pokud dojde k její přeměně na xanthin? Zdůvodněte. **1,5 bodu**

Nezachová. Guanin tvořil 3 vodíkové vazby s cytosinem, toho xanthin schopný není.

c) Jak se nazývá jev, kdy v DNA vznikne defekt v podobě špatné báze (vynechání báze, zdvojení báze či jako ve výše uvedeném případě nahrazení nepřírozenou bází)? **0,5 bodu**

Genová mutace

Poznámky k bodování:

- a) Pojmenování sloučeniny za 0,5 bodu (celkem 2 sloučeniny), vzorec za 1 bod (celkem 2 vzorce).
- b) Za zachování/nezachování komplementarity 0,5 bodu, za zdůvodnění 1 bod.
- c) Za odpověď „genová mutace“ 0,5 bodu, pouze „mutace“ za 0,25 bodu.

ÚLOHA Č. 7**5 bodů****Doplňte vhodné termíny do následujícího textu.**

Nukleové kyseliny slouží k **uchování, přenosu a realizaci genetické informace**. DNA se nachází především v **jádře buněk**, ale i některé organely mohou mít vlastní DNA – např. **mitochondrie**. Každý úsek DNA, který nese ucelenou informaci, se nazývá **gen**. Některé mají regulační funkci, podle jiných se syntetizují bílkoviny (mají funkci strukturní). Soubor všech těchto úseků DNA v rámci jedné buňky se označuje jako **genom**, v rámci celého organismu (jedince) jako **genotyp** a v rámci celé sledované populace daného organismu jako **genofond**. Úseky DNA, které mají strukturní funkci, se projevují jako navenek viditelný znak – barva vlasů, barva očí, sklon k podsaditosti apod., úsek DNA, který kóduje daný znak, může mít přitom několik forem (např. pro modré oči, pro hnědé oči atd.) – tyto formy se nazývají **alely**. Soubor všech znaků u daného organismu se označuje jako **fenotyp**. V době dělení buňky DNA kondenzuje do podoby útvarů známých jako **chromosomy**.

Poznámky k bodování: Za každé volné políčko 0,5 bodu.

ÚLOHA Č. 8
6,5 bodu

Retrovirus je v širším slova smyslu každý virus obsahující reverzní transkriptázu (v užším slova smyslu to je první čeleď, u které byl tento enzym pozorován). Retroviry mají velkou hostitelskou specifitu a jsou původci mnoha celoživotních infekcí. Samotná reverzní transkriptáza je málo selektivní. Toho využívá lék Zidovudin, který je podobný běžným nukleotidům, a proto se může vázat do nově syntetizované molekuly nukleové kyseliny místo nich.

a) Vysvětlete funkci reverzní transkriptázy.

1 bod

Reverzní transkriptáza umožňuje retrovirům přepisovat svou RNA do DNA.

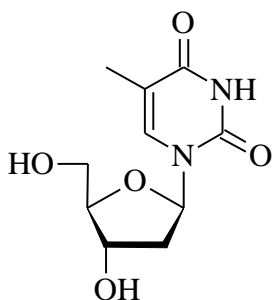
b) Uveďte alespoň 2 příklady onemocnění, jejichž původcem jsou retroviry.

1 bod

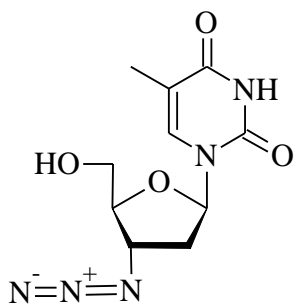
U člověka AIDS či leukémii, u ptáků např. aviární leukózu.

c) Systematický název Zidovudinu je 3'-azido-2',3'-dideoxythymidin (zkráceně AZT). Zakreslete vzorec běžného deoxythymidinu a této látky (nezapomeňte, že jde o nukleosidy, čárka u čísel indikuje, že jde o pozici v jeho sacharidové složce). Využijte svou odpověď v otázce a) a porovnání struktury deoxythymidinu a AZT a vysvětlete, jaký je mechanismus účinku tohoto léku. 4 body

Běžný deoxythymidin



AZT



Reverzní transkriptáza je podobná DNA polymeráze – syntetizuje DNA podle předpisu v RNA viru. Když se místo běžného thymidinu naváže AZT (to je možné, protože reverzní transkriptáza je neodliší), syntéza DNA nemůže pokračovat (další nukleotid nelze navázat na azidoskupinu).

d) Jak se nazývá efekt, kdy je účinnost enzymu snížena látkou, která imituje přirozený substrát daného enzymu? **0,5 bodu**

Kompetitivní inhibice

Poznámky k bodování:

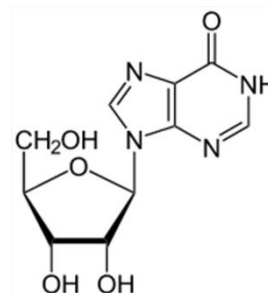
c) Za vzorec 1 bod (celkem 2 vzorce), za mechanismus účinku 2 body.

d) Za odpověď „kompetitivní inhibice“ 0,5 bodu, „inhibice“ za 0,25 bodu.

ÚLOHA Č. 9
9 bodů

Genová exprese funguje mimo jiné díky tomu, že se nukleotidy nemohou libovolně vzájemně vázat, ale váží se podle určitého souboru pravidel. Nejběžnější je Watson-Crickovské párování bází, ale existují i jiné způsoby.

Kolísavé (wobble) párování je typ párování bází v tRNA. Umožňuje snížit množství antikodonů z 64 na cca 45. Při wobble párování může například guanin vytvářet vazbu s uracilem. Především se zde ale uplatňuje univerzální nukleosid inosin (obrázek vpravo), jehož párování zachycuje obrázek níže v podotázce d).



a) Vysvětlete, proč musí komplementární pár bází ve funkční DNA tvořit vždy jedna purinová a jedna pyrimidinová báze. **2 body**

Jiné párování by způsobilo proměnlivou šířku vlákna DNA, což by destabilizovalo double-helix.

b) Podle Chargaffova pravidla je množství guaninu a cytosinu a také množství adeninu a thyminu stejné. Vztahuje se toto pravidlo ke dvoušroubovici nebo k samostatnému vláknu? Zdůvodněte platnost tohoto pravidla. Vyplývá z tohoto pravidla, že souhrnné množství purinových bází je stejné jako souhrnné množství pyrimidinových bází? **2,5 bodu**

Chargaffovo pravidlo se vztahuje pro celou dvoušroubovici a je přímým důsledkem klasického párování bází.

Pokud platí $A = T$ a zároveň $G = C$, pak musí platit i $A+G = T+C$, takže z pravidla skutečně vyplývá, že souhrnné množství purinových bází je stejné jako souhrnné množství pyrimidinových bází.

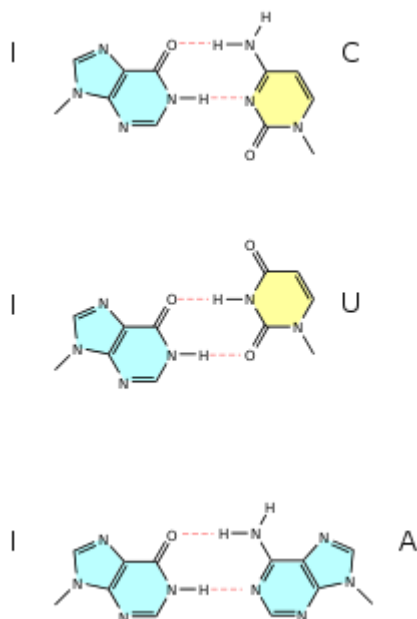
c) Jak se jmenuje typ vazby, která zprostředkovává komplementaritu bází? Jakým způsobem ji zprostředkovává? **1,5 bod**

Vodíková vazba neboli můstek.

Komplementarita funguje na principu toho, kolik která báze může vytvořit vodíkových můstků (C a G se pojí třemi, A s T pouze dvěma).

d) Pokuste se s pomocí obrázku níže zdůvodnit, proč se inosin může párovat s adeninem, cytosinem a uracilem, ale ne s guaninem.

2 body



Obrázek 3: Wobble. Zdroj: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Wobble.svg>

Inosin je schopen vytvořit dva vodíkové můstky s C a A (vhodná orientace skupin), ale i U (od U mohou jít až 3 můstky, takže mírným natočením lze také docílit komplementarity). Inosin však není komplementární s G (nevhodná orientace, byl by možný pouze jeden můstek -> nestabilní).

Poznámky k bodování:

b) Dvoušroubovice za 0,5 bodu, za důsledek komplementarity 1 bod, za rovnost purinových a pyrimidinových bází 1 bod.

c) Za označení typu vazby 0,5 bodu, za vysvětlení 1 bod.

ÚLOHA Č. 10**4,5 bodu**

Nukleotidy mají mnohem více funkcí než jen kódování genetické informace v nukleových kyselinách. Tři látky odvozené od nukleotidů mají zkratky cAMP, NAD a ATP. Ke každé napište název zkratky a popište, jakou roli má daná látka v organismu.

cAMP = cyklický adenosinmonofosfát – tzv. druhý posel v buněčné signalizaci.

NAD = nikotinamidadenindinukleotid – je koenzym přenášející elektrony v redoxních reakcích.

ATP = adenosintrifosfát – slouží jako zdroj energie tím, že se rozkládá na ADP (adenosindifosfát), dále slouží jako výchozí látka pro syntézu cAMP.

Poznámky k bodování: Za název 0,5 bodu (celkem 3 názvy), funkce za 1 bod (celkem 3 funkce).

Zdroje

CAMPBELL, Neil A. a Jane B. REECE. *Biologie*. Brno: Computer Press, c2006. ISBN 80-251-1178-4.

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

MIHULKA, Stanislav. *Jaký je poločas rozkladu DNA?* [online], OSEL.CZ, c2012, [cit. 20. 07. 2020]
Dostupné z: <https://www.osel.cz/6526-jaky-je-polocas-rozkladu-dna.html>

NIKL, Jiří. *Metody projektování učebních úloh*. Hradec Králové: Gaudeamus, 1997. ISBN 80-7041-230-5.

TEPLÁ, Milada. *Nukleové kyseliny – Translace* [online], studiumbiochemie.cz [cit. 20. 07. 2020].
Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/translace.html>

WADE, L. G. *Organic chemistry*. 8th ed. Boston: Pearson, c2013. ISBN 978-0-321-76841-4.