INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Základy geneky

Mgr. Zuzana Špačková

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

**Projekt: CZ.1.07/1.1.24/01.0134 Rozvoj technického a přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

| | |
|---|---|
| Název školy | VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice |
| Číslo projektu | CZ.1.07/1.1.24/01.0134 |
| Název projektu | Rozvoj technického a přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici |
| Oblast | Přírodní vědy |
| Modul | Biologie |
| Název prezentace | Základy genetiky |
| Název souboru | 3_3_5_základy_genetiky |
| Autor | Mgr. Zuzana Špačková |
| Klíčová slova | dědičnost, proměnlivost, gen, alela, DNA, RNA, chromozom, báze, proteosyntéza, genom, analýza gentického materiálu. |
| Anotace | Prezentace seznamuje se základy genetiky, stavbou nukleových kyselin, základními principy přenosu genetické informace a základními postupy při analýze DNA. |

# Základy genetiky

- Historie genetiky
- Alelová analýza
- Mendelovy zákony
- Geny a chromozomy
- DNA, RNA
- Replikace DNA
- Proteosyntéza
- Analýza genetického materiálu
- Sestavení modelu DNA

# Historie genetiky

Přečtěte si v pracovních listech podrobnější informace o historii genetiky jako vědního oboru.

# Johan Gregor Mendel

J. G. Mendel je považován za zakladetele genetiky

# Johan Gregor Mendel

řešení

Co víte o životě J. G. Mendela? Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení:

1) Johann Gregor Mendel se narodil v rodině drobných zemědělců v roce 1822 v Hynčicích, části obce Vražné na Novojičínsku.
2) I když působil v dvojjazyčném prostředí, jeho mateřským jazykem byla čeština.
3) Mendel se chtěl stát učitelem českého jazyka.
4) Roku 1843 se stal mnichem řádu svatého Augustina, kde první 4 léta studoval bohosloví.
5) V zahradě augustiniánského kláštera v Brně podnikl své experimenty s dědičností čočky.
6) 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.
7) V roce 1868 se Mendel stal opatem a prelátem augustiniánského kláštera v Brně.
8) Zabýval se také astronomií a uveřejnil několik prací z meteorologie.

# Johan Gregor Mendel

Co víte o životě J. G. Mendela? Rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení:

1) ✓ Johann Gregor Mendel se narodil v rodině drobných zemědělců v roce 1822 v Hynčicích, části obce Vražné na Novojičínsku.
2) ✗ I když působil v dvojjazyčném prostředí, jeho mateřským jazykem byla čeština.
3) ✗ Mendel se chtěl stát učitelem českého jazyka.
4) ✓ Roku 1843 se stal mnichem řádu svatého Augustina, kde první 4 léta studoval bohosloví.
5) ✗ V zahradě augustiniánského kláštera v Brně podnikl své experimenty s dědičností čočky.
6) ✓ 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.
7) ✓ V roce 1868 se Mendel stal opatem a prelátem augustiniánského kláštera v Brně.
8) ✓ Zabýval se také astronomií a uveřejnil několik prací z meteorologie.

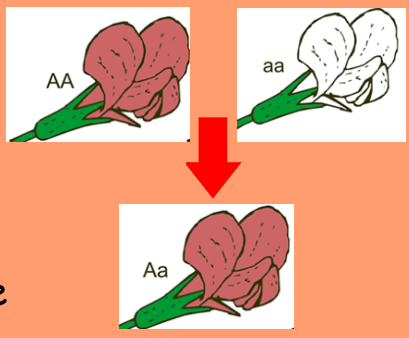
# Základní genetické pojmy

# Alelová analýza

- J. G. Mendel podnikl v zahradě augustiniánského kláštěra v Brně své experimenty s dědičností hrachu.
- Křížil jedince, kteří nesou odlišné znaky.
- Svůj zájem jsem soustředil na dědičnost znaků typ „buď-anebo", které jsou jasně pozorovatelné (například barva květů).

# Alelová analýza

P generace
rodičovská generace




F1 generace
dceřiná generace

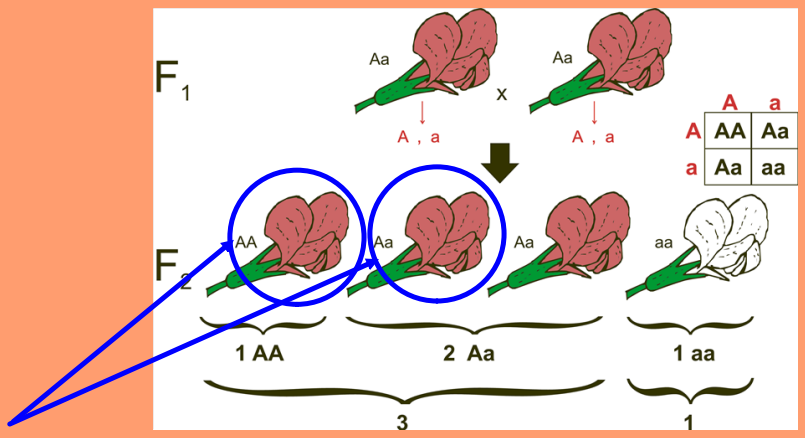
Křížením bělokvětého a červenokvětého (homozygotního) hrachu získáme jednotnou generaci hrachu (heterozygotního) s červeným květem.

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.

# Alelová analýza

Křížením F1 generace mezi sebou 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.

# Dominance a recesivita

Geny pro červenou barvu květu jsou silnější než geny pro bílou barvu květu - jsou dominantní.

Geny pro bílou barvu květu jsou recesivní.

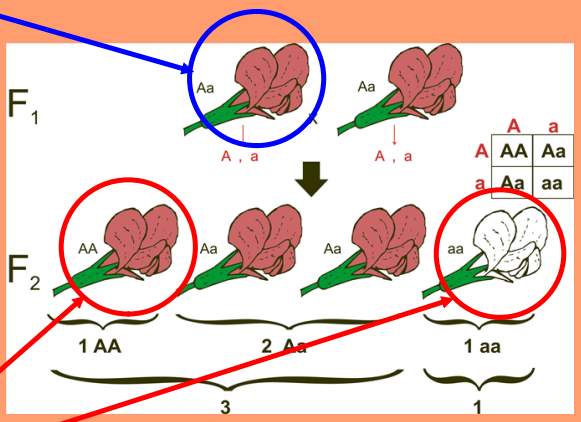
# Alela

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

Každý organismus má chromozomy (a tudíž i geny) ve dvou sadách, může mít tedy geny ve dvou alelách.

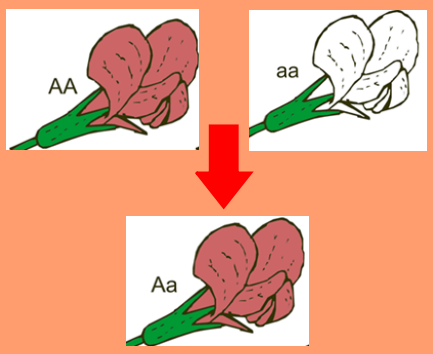
# Homozygot a heterozygot

Heterozygoti mohou produkovat pohlavní buňky nesoucí alely A i a.



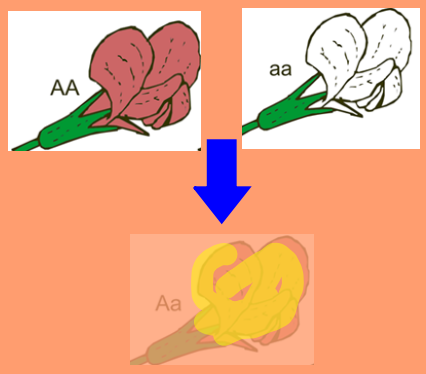

Homozygoti mohou produkovat pohlavní buňky nesoucí jen jeden druh alely, buď A, nebo a.

# Úplná dominance




Dominantní alela se ve fenotypu projeví zcela a neomezeně na úkor recesivní alely.

# Neúplná dominance




Při neúplné dominanci se dominantní alela neprojeví plně. Heterozygot má tedy svůj specifický fenotyp odlišný od fenotypu dominantních i recesivních homozygotů.

# Kodominance

Projeví se u genu s třemi a více alelami, kde je dva či více dominantních alel - když se setkávají, dávají vznik novému fenotypu.

Typ krevní skupiny je podmíněn 3 alelami. Dvě jsou dominantní ($I^A$, $I^B$) a jedna recesivní (i).

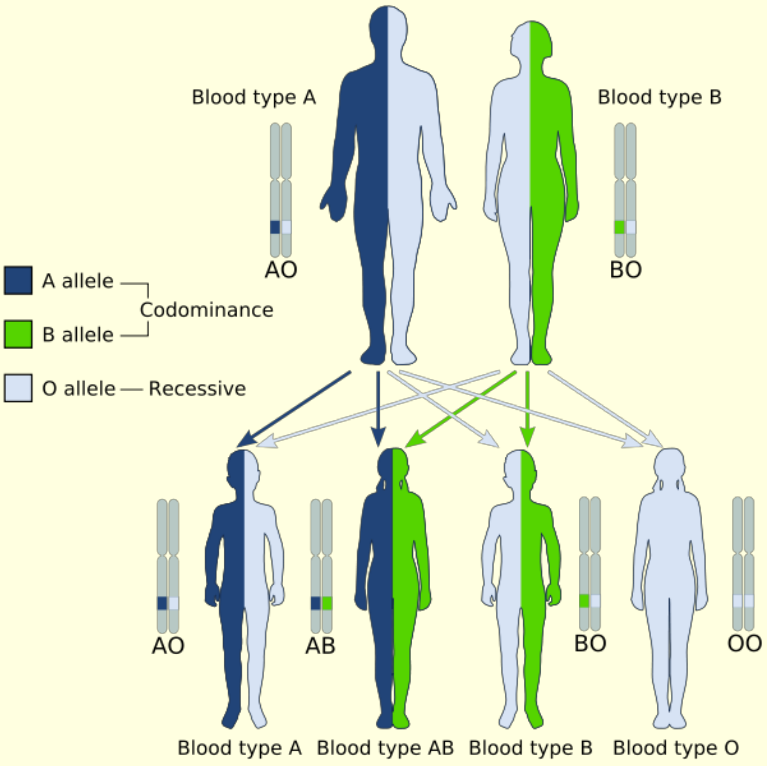
Je-li jedinec nositelem alely dominantní a recesivní - úplná dominance (sk. A,B) .

Je-li jedinec nositelem dvou odlišných dominatních alel - kodominance (skupina AB).

## Krevní skupiny

| | | |
|---|---|---|
| $I^AI^A$ or $I^Ai$ | A | |
| $I^BI^B$ or $I^Bi$ | B | |
| $I^AI^B$ | AB | |
| ii | O | |

# Krevní skupiny



# 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“

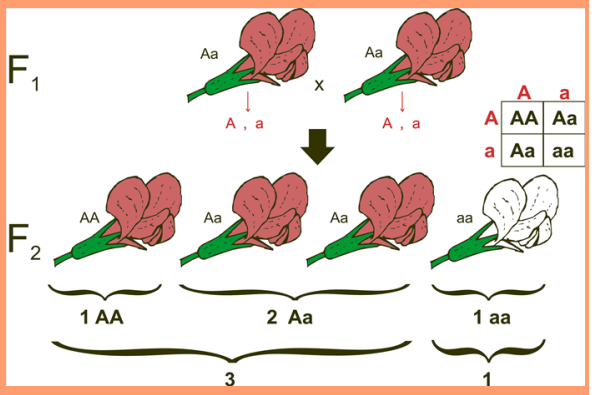
# Mendelovy fenotypové zákony

## 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 s bílokvětými rostlinami můžeme dostat všechny červené, všechny bílé (výjimečně též například růžové), ale nikdy ne část bílých 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 : Aa + Aa -> AA : Aa : Aa : aa
fenotypově buď 1:2:1 v případě neúplné dominance, nebo 3:1 u dominance úplné



# Mendelovy genotypové zákony

## 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.

## 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.

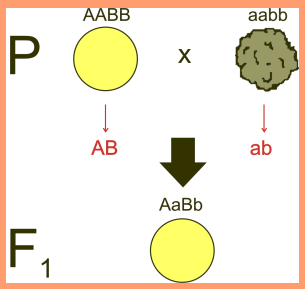
Pozorujeme-li dědičnost dvou znaků (daných dvěma odlišnými geny), pak alely těchto genů jsou distribuovány nezávisle. Heterozygotní jedinec (dihybrid) AaBb může produkovat pohlavní buňky AB, Ab, aB, ab.

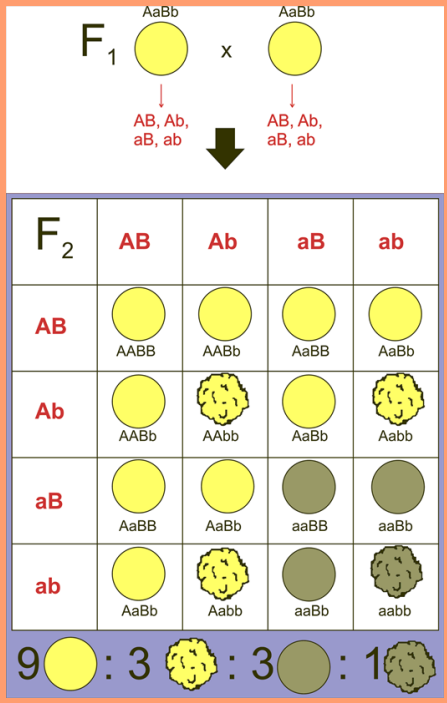
# Mendelův zákon o volné kombinovatelnosti alel

## 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



## Příklady k procvičení

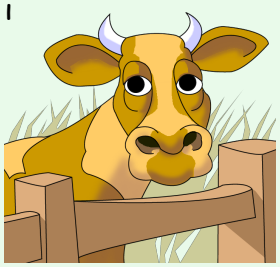
**1.** Černá barva srsti je u skotu dominantní vůči červené a celotělové zbarvení je dominantní vůči skvrnitému zbarvení (strakatému). Jaké potomstvo můžeme očekávat ze zkřížení celotělově černého zvířete (homozygota dominantního v obou znacích) s červeně strakatým (homozygota recesivního v obou znacích)?

# Příklady k procvičení

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

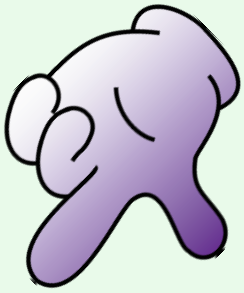
P:

F1:



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.

## Příklady k procvičení



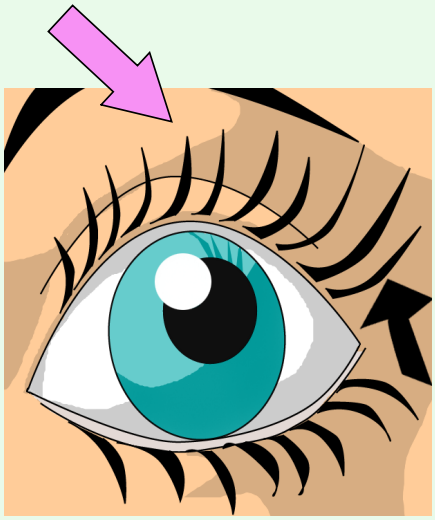
4. Muž má šest prstů na každé ruce. Jeho žena i dcera mají normální počet prstů. Šestý prst je projevem dominantní alely. U jakého procenta potomků mohou očekávat, že se tato alela projeví?

?

## Příklady k procvičení

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?

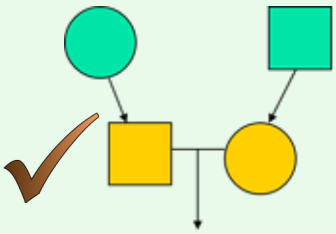
| Barva očí rodičů | Počet párů | Počet dětí s modrýma očima | Počet dětí s hnědýma očima |
|---|---|---|---|
| modré x modré | 150 | 625 | 0 |
| modré x hnědé | 158 | 317 | 322 |
| hnědé x hnědé | 29 | 25 | 82 |



# Příklady k procvičení

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

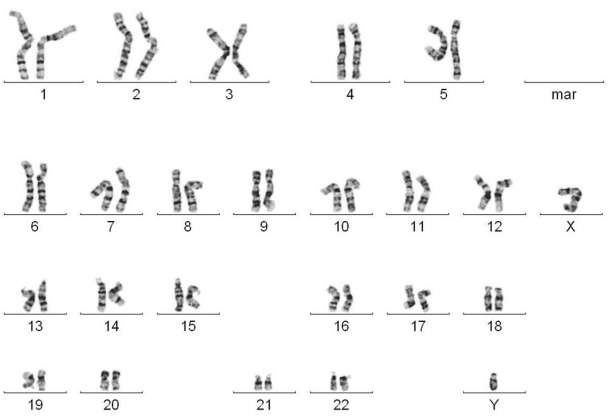
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Punnett_hetero_x_hetero.svg?uselang=cs

# Geny a chromozomy

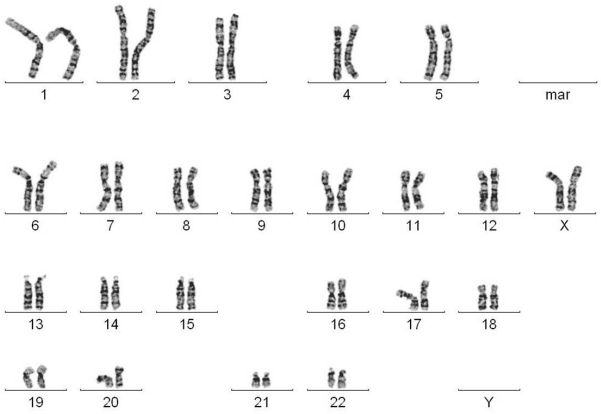
V tělních buňkách je každý chromozom v páru- homologní chromozomy.
Jeden z homologních chromozomů pochází od otce a jeden od matky.

Tělní buňky člověka obsahují 46 chromozomů (23 párů).

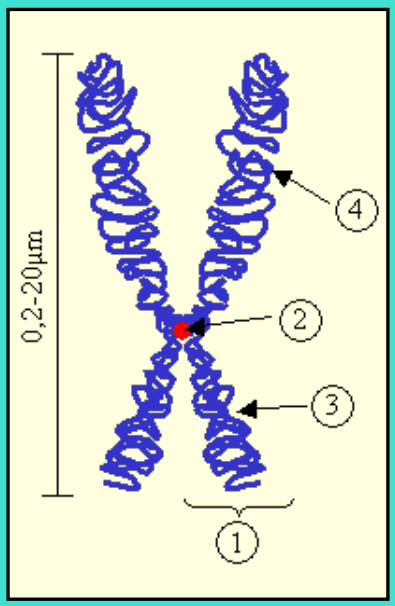
Mužský karyotyp: 46,XY




Karyotyp ženy: 46,XX



# Stavba chromozomu




Popište jednotlivé části chromozomu:

delší rameno

kratší rameno

centromera

chromatida

Chromozomy jsou tvořeny proteinovou složkou – histony a vlákny DNA .

# Chemická struktura nukleových kyselin

Nukleové kyseliny mají obrovskou molekulu, která podobně jako bílkoviny, tvoří dlouhý nevětvený řetězec.

Základní stavební jednotkou tzv. nukleotid, který se skládá ze tří složek:

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

# Kyselina deoxyribonukleová - DNA

**Nukleotid DNA:**

pentóza (pěti-uhlíkatý cukr) = deoxyribóza

fosfátová skupina

dusíkaté báze: A = adenin

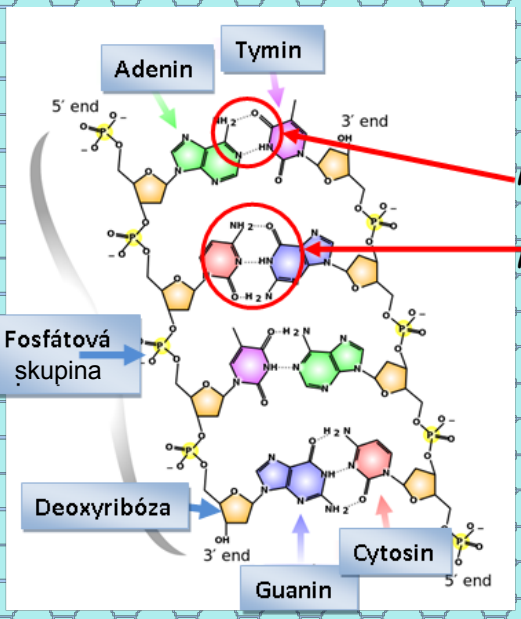
T = tymin

G = guanin

C = cytosin

# Struktura DNA

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




A = T

Mezi adeninem a tyminem jsou dva vodíkové můstky .

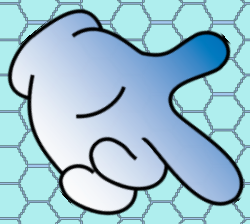
Mezi guaninem a cytosinem jsou tři vodíkové můstky.

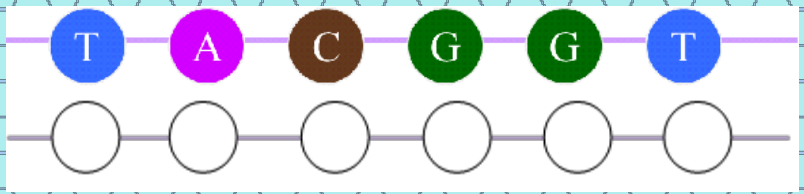
G ≡ C

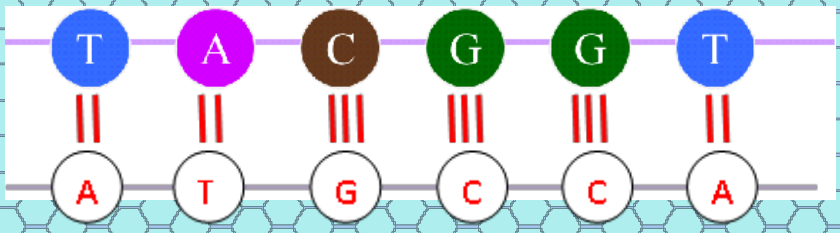
- Cytosin je komplementární s guaninem.
- Adenin je komplementární s tyminem.

# Struktura DNA

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





# Struktura RNA

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

## Nukleotid RNA:

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

# Druhy RNA

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

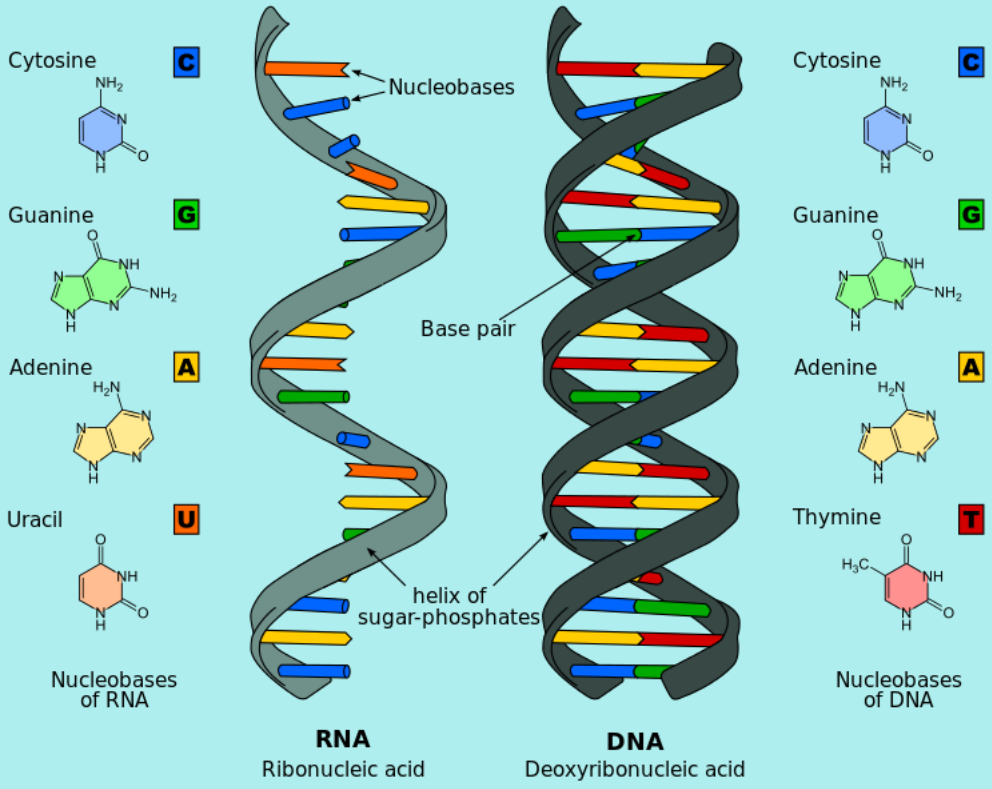
rRNA (ribozomová RNA)

- 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

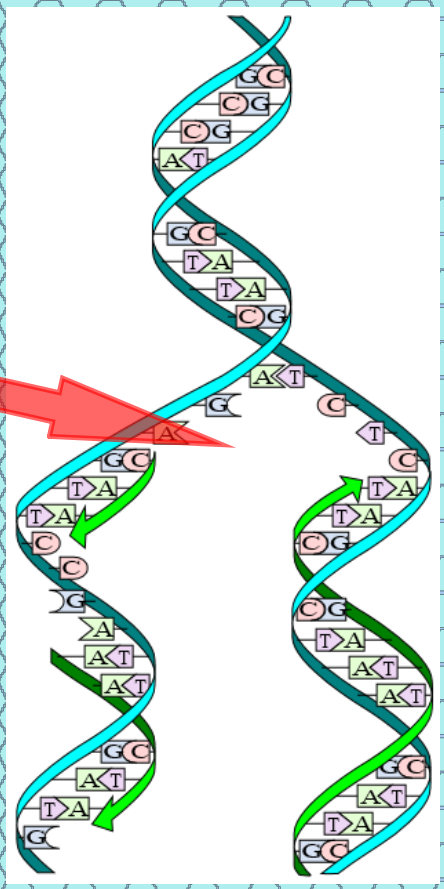


# Replikace DNA

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

u prokaryotních buněk - zipový princip
- vlákna DNA se od sebe postupně otevřou

u eukaryotní buňky - bublinkový princip
- syntéza začne probíhat na několika místech najednou

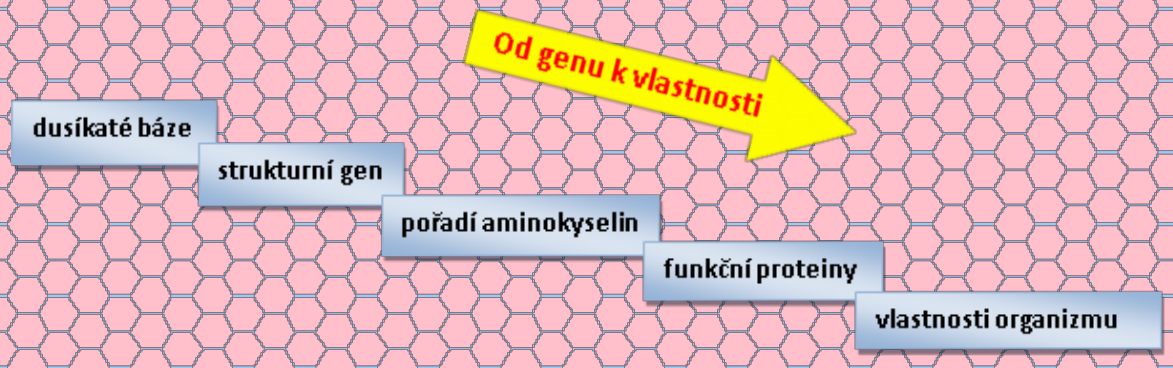


- vlákna se uvolní posobením enzymů (dojde k rozmotání DNA), přeruší se jen vodíkové můstky
- nasyntetizuje se nové vlákno (podle komplementarity bází)
- původní vlákna zůstávají a připojí se k nim 1 vlákno nasyntetizované
- z původní molekuly DNA vznikají dvě dvouřetězcové dceřiné molekuly, jeden řetězec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

# Od DNA k proteinu

## Co je to gen?

funkční úsek DNA kódující nějakou vlastnost organismu

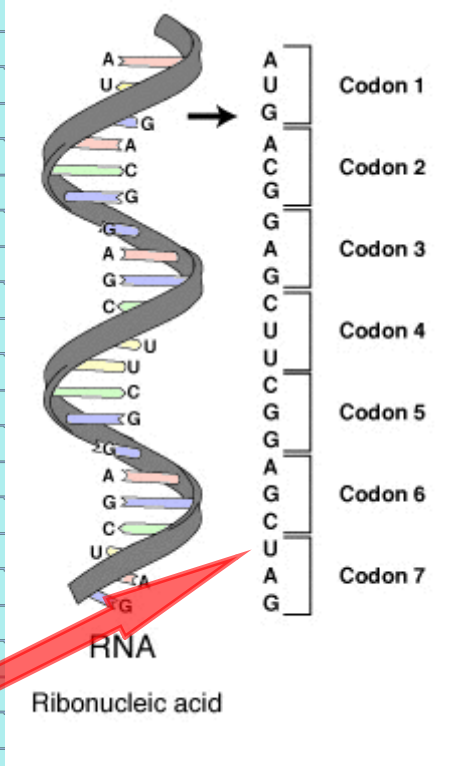


# Genetický kód

Genetická informace je zapsána ve struktuře DNA jako sled 4 typů nukleotidů - bází.

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.

# PROTEOSYNTÉZA (syntéza bílkovin)

## Probíhá ve dvou fázích:

### 1) TRANSKRIPCE

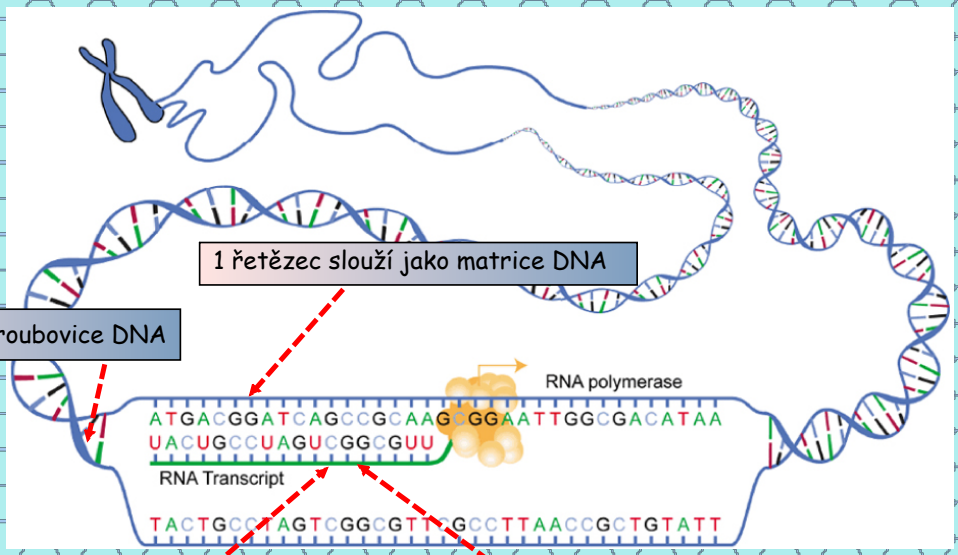
- informace z DNA se přepíše do mRNA
- probíhá především v buněčném jádře, ale i v organelách, které obsahují DNA (např. mitochondrie)

### 2) TRANSLACE

- podle informace v mRNA se syntetizují bílkoviny
- probíhá na ribozomech
- pořadí aminokyselin v polypeptidovém řetězci je určeno pořadím nukleotidů v molekule mRNA

# TRANSKRIPCE

Transkripce je „přepis" genetické informace z DNA do mRNA




1 řetězec slouží jako matrice DNA

rozvolnění dvoušroubovice DNA

přiřazují se volné nukleotidy RNA

ribonukleotidy se spojí vazbami

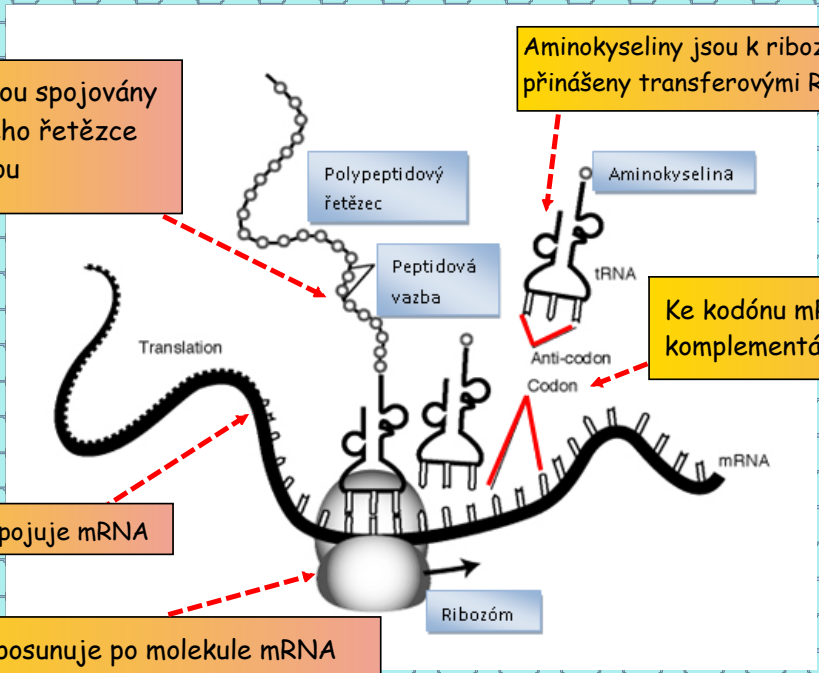
vznikne mRNA

# TRANSLACE

Translace je „překlad" genetické informace z pořadí nukleotidů v mRNA do pořadí aminokyselin v polypeptidickém řetězci prostřednictvím genetického kódu

Aminokyseliny jsou spojovány do polypeptidového řetězce peptidovou vazbou

Aminokyseliny jsou k ribozomům přinášeny transferovými RNA

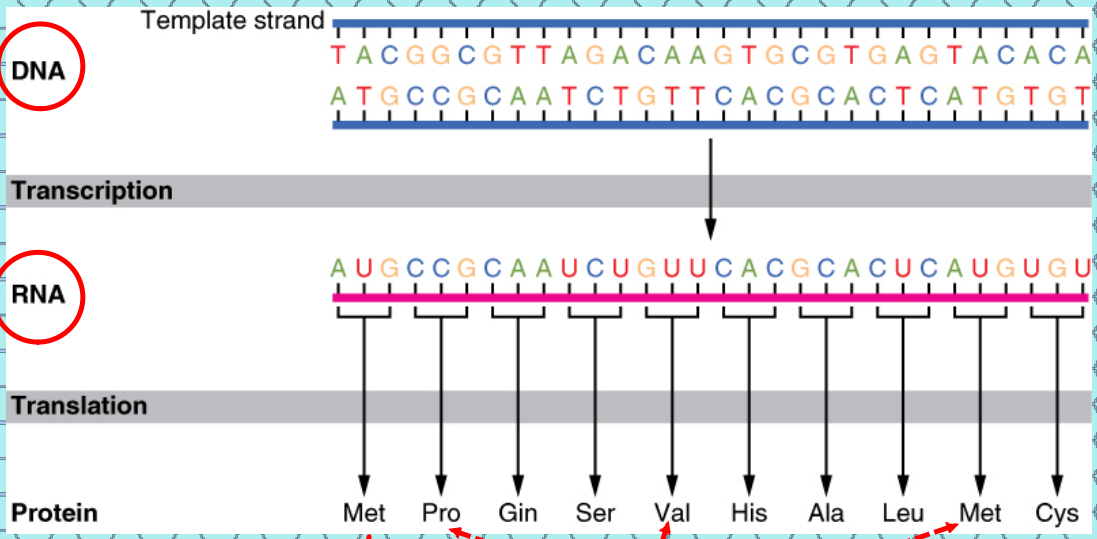



Ke kodónu mRNA se naváže komplementární antikodón tRNA

Na ribozom se připojuje mRNA

Ribozom se posunuje po molekule mRNA

# PROTEOSYNTÉZA




aminokyseliny

Příklady aminokyselin:
valin – Val
methionin - Met

polypeptidový řetězec

# Analýza genetického materiálu

Kompletní genom obsahuje až miliardy nukleotidů, které kódují stovky a tisíce genů.

Základní postup při analýze genomu:

1) rozdělení chromozomální DNA na menší úseky pomocí restrikčních enzymů
2) naklonování dostatečného množství fragmentů
3) rozdělení fragmentů podle velikosti
4) analýza posloupnosti nukleotidů v sekvenci

# Izolace DNA

Odebraný vzorek s genetickým materiálem (např. leukocyty izolované z krve) je v laboratoři rozdělen na menší části.
DNA se pak očistí od bílkovin a dalších kontaminujících látek.

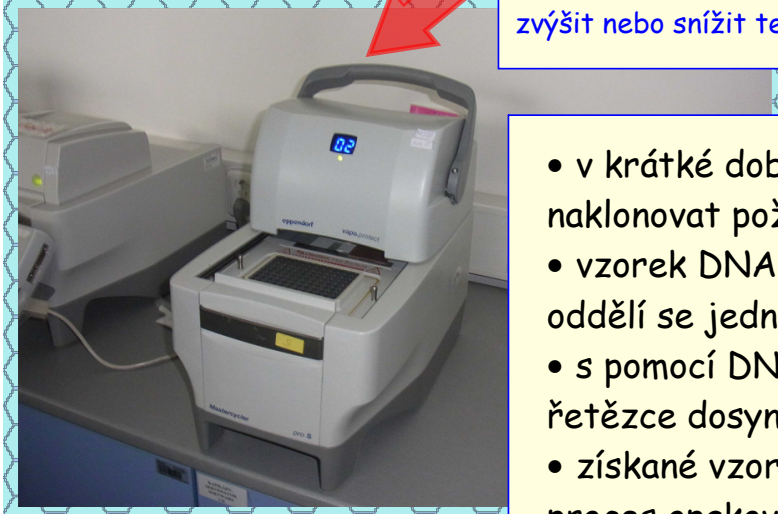
V současnosti se nejčastěji používají dvě metody:

1) Izolace DNA vazbou na silikátovou kolonku.
DNA se v přítomnosti vysoké koncentrace solí naváže na silikát, zatímco kontaminující látky kolonkou protečou. DNA se pak vymyje např. destilovanou vodou nebo zředěným pufrem.

2) Fenol-chloroformová extrakce nukleových kyselin.
Tradiční metoda extrakce ponechává nukleové kyseliny rozpuštěné ve vodném prostředí (pufru) a odstraňuje ostatní složky lyzátu, především proteiny.

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

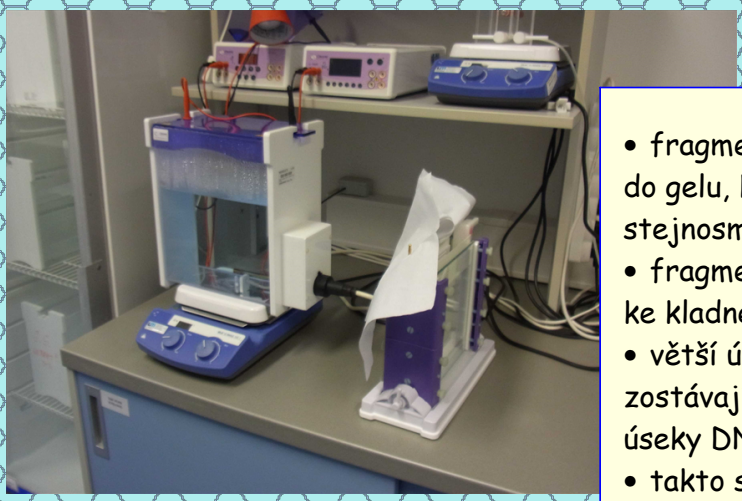
PCR probíhá v zařízení zvaném termocykler, které je zkonstruováno tak, aby dokázalo během několika sekund zvýšit nebo snížit teplotu o několik desítek stupňů Celsia



- 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

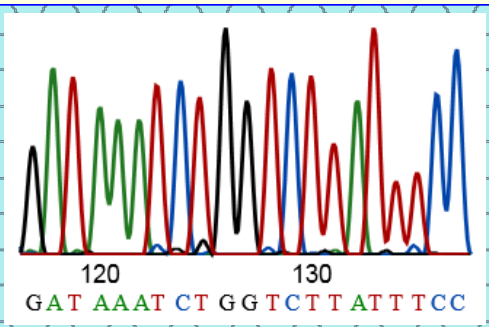
# Rozdělení úseků DNA podle velikosti

Po izolaci DNA následuje často separace (oddělení) požadovaných druhů molekul. Pro jemnější rozdělování podle velikosti se často používá elektroforéza na agarózovém nebo na polyakrylamidovém gelu.



- 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 zostávají vzdáleněší od anody než kratší úseky DNA
- takto se extrahovaná DNA roztřídí pro následnou analýzu

# Sekvenování DNA
# (analýza posloupnosti nukleotidů v sekvenci)

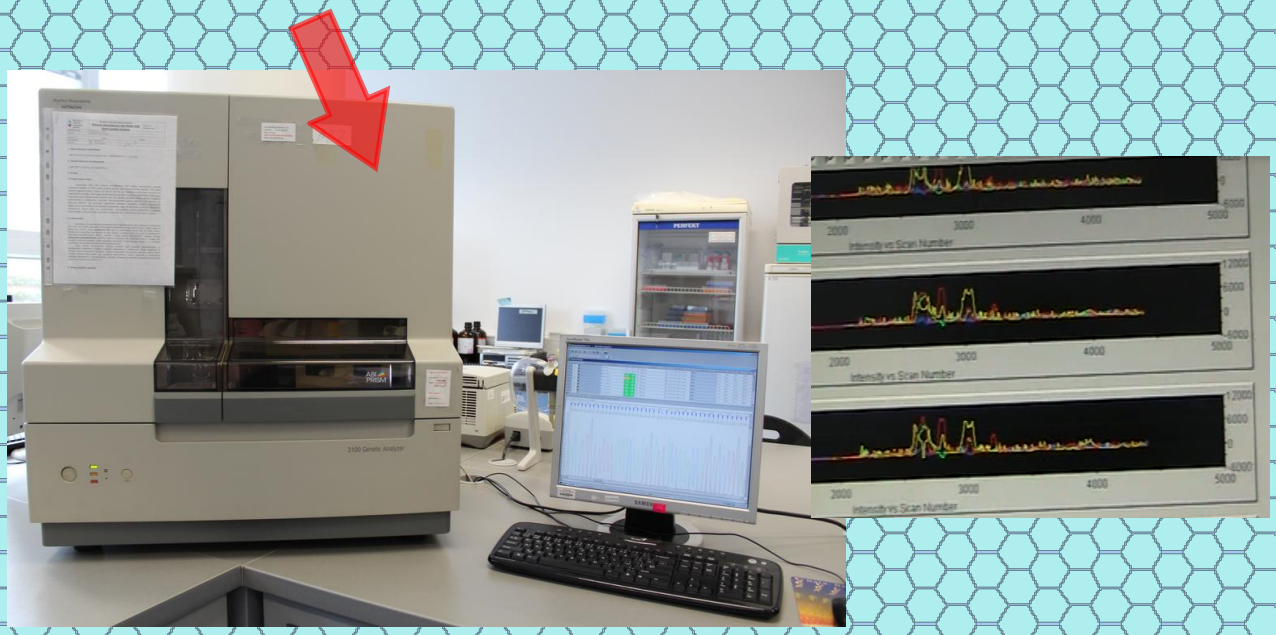



Identifikace úseků DNA probíhá metodou hybridizace

- 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

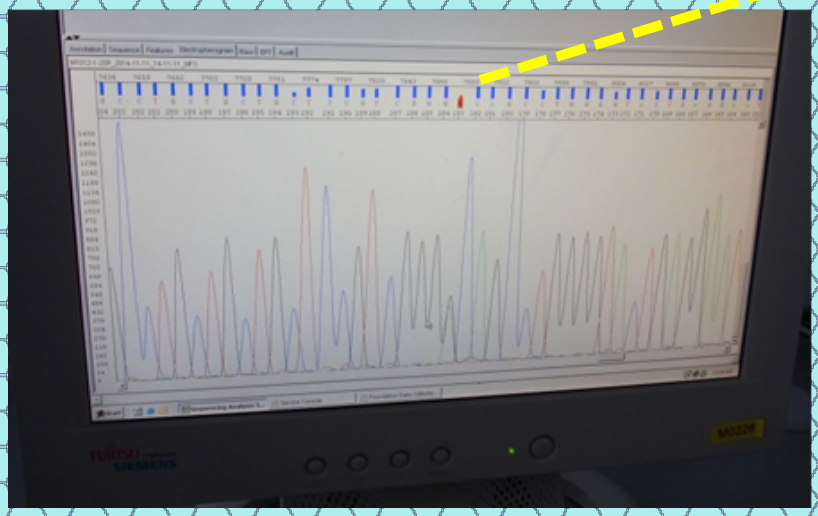
# Sekvenování DNA

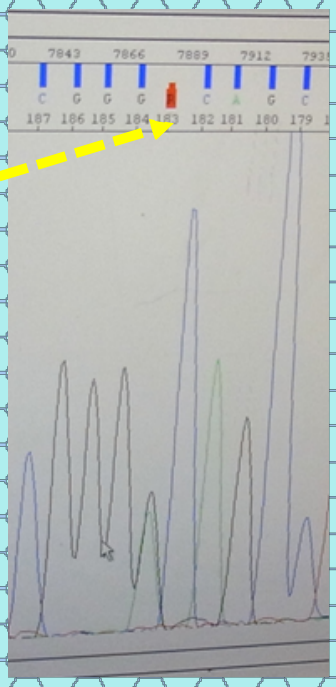
Sekvenátor ABI 3100, na kterém probíhá dělení fragmentů DNA.



# Sekvenování DNA

Najednou lze vyhodnotit sekvenci i o délce několika set nukleotidů, elektroforeogramy jsou vyhodnocovány automaty a výsledky zpracovány počítačem.



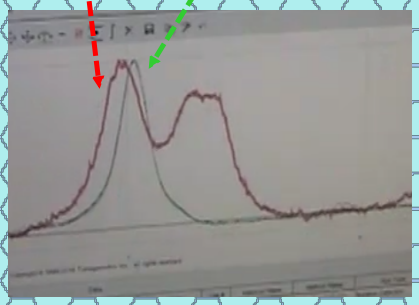



Výsledek sekvenace úseku DNA automatickým sekvenátorem - červeně je označena mutace.

# Analýza DNA metodou DHPLC

DHPLC - Denaturační vysokotlaká kapalinová chromatografie (Denaturing High Performance Liquid Chromatography) umožňuje vysoce senzitivní a automatickou analýzu mutací ve fragmentech nukleové kyseliny (DNA) na přístroji WAVE systém Transgenomic.

- metoda pro vyhledávání bodových mutací
- odděluje fragmenty DNA s mutací a bez mutace
- rozdíly v DNA jsou detekovány UV absorpcí



Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

Pomůcky: stavebnice pokročilého modelu mini DNA obsahující:

Dusíkaté báze:

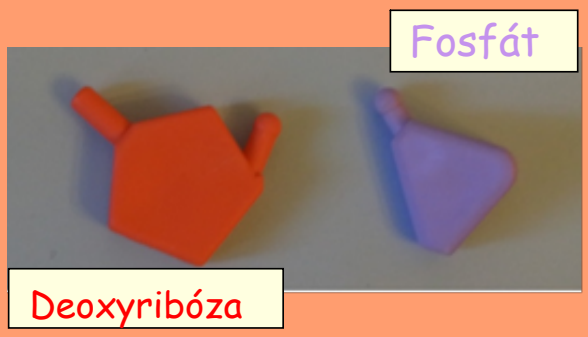
- 11× Thymin
- 11× Adenin
- 11× Guanin
- 11× Cytosin

Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

Pomůcky: stavebnice pokročilého modelu mini DNA dále obsahující:

44× Deoxyribóza
44× Fosfát

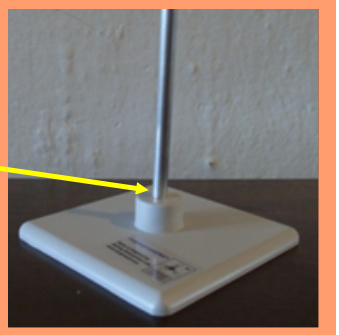



2 tyče
1 stojan
23 průhledných rozpěrných vložek
1 čepička (černá)

Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

Postup práce:



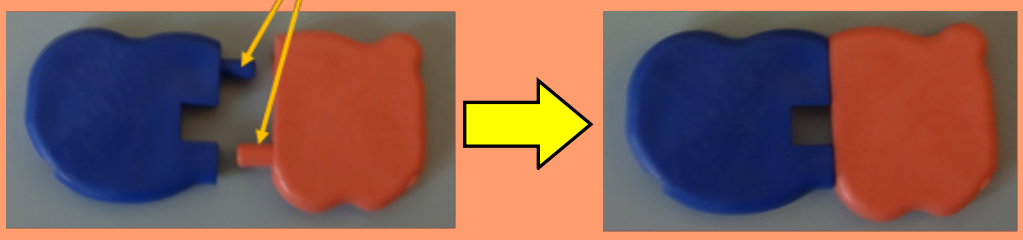
1. Stojan modelu

   Pevně zatlačte tyč do otvoru v šedém stojanu.

2. Komplementární páry bází

   Spojte komplementární páry dusíkatých bází.

Thymin a Adenin jsou spojeny dvěma vodíkovými můstky , které jsou na modelu znázorněny dvěma kolíčky.

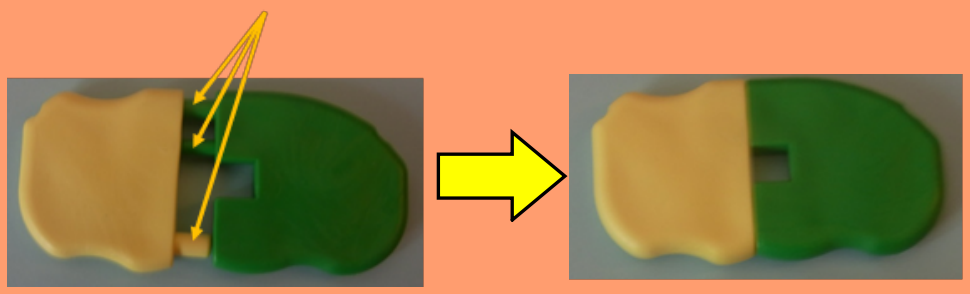


Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

## 2. Komplementární páry bází

Cytosin a Guanin jsou spojeny třemi vodíkovými můstky, které jsou na modelu znázorněny 3 kolíčky.

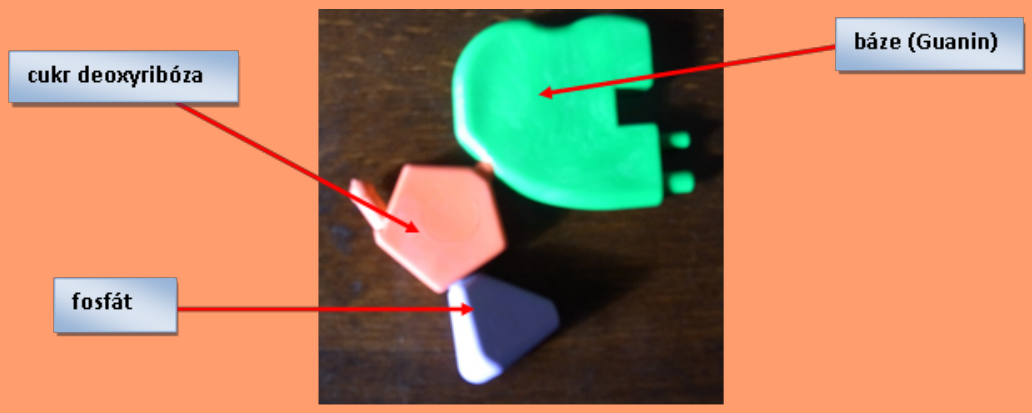


Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

Stavební jednotky DNA jsou vytvořeny z cukrové části (červená), fosfátové části (fialová) a dusíkaté báze.

Jednotka báze, cukru a fosfátu se nazývá nukleotid.

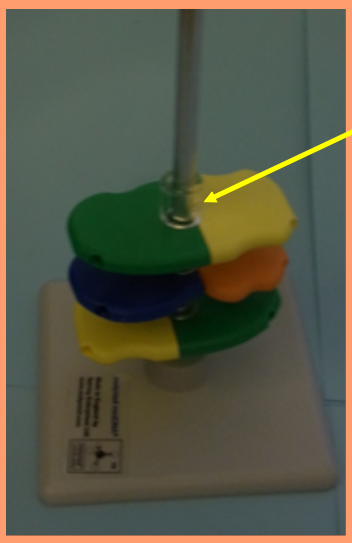


Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

## 3. Nasazení bází na tyč

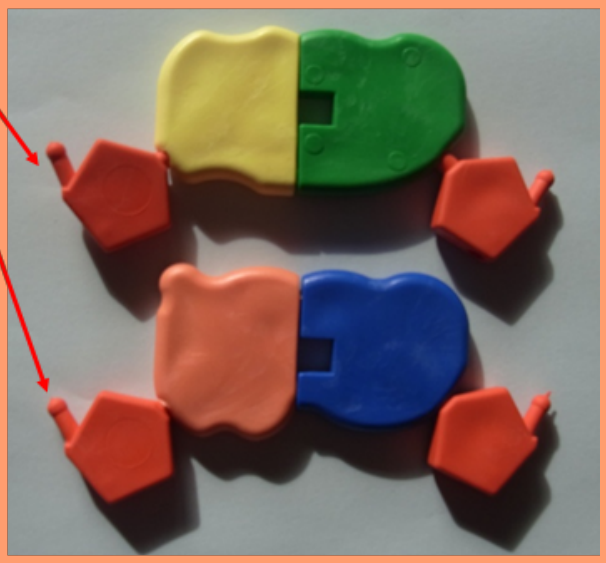
Postupně nasuňte všechny spárované báze na tyč, nezapomeňte každou vrstvu oddělit rozpěrnou vložkou.



Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

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

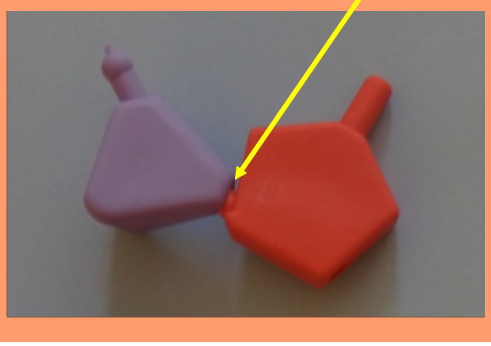


Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

## 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.



Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

## 5. Připojení postranního řetězce ke spárovaným bázím

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

Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

## 5. Připojení postranního řetězce ke spárovaným bázím

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

Praktické cvičení

# Sestavení modelu mini DNA

## 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.

# Použitá literatura / odkazy

**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: Sciena, 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, Vlasmila. 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.**

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

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

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

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

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

**Geneka-Biologie. [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: hp://www.geneka-biologie.cz/historie-geneky**

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

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

# Zdroje obrázků

**Gregor Mendel s křížem. [online]. [cit. 2014-09-23]. Dostupné z: hp://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: hp://cs.wikipedia.org/wiki/Karyotyp#mediaviewer/File:NHGRI_human_male_karyotype.png**

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

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

**Mendel's law of segregaon. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: hp://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: hp://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: hp://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Mendel_3b_miguelferig.png?uselang=cs**

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

# Zdroje obrázků

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

**DNA replicaon split. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: hp://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:DNA_replicaon_split.svg**

**DNA Translaon and Codons. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: hp://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:0324_DNA_Translaon_and_Codons.jpg**

**Transcripon. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: hp://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:0325 _Transcripon.jpg**

**Ribosom funkon. [online]. [cit. 2014-10-26]. Dostupné z: hp://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ribosom_funkon.png?uselang=cs**

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

**fotografie z laboratoří lékařské geneky a klinické mikrobiologie - laboratoře Agel a.s., Nový Jičín**
**autorské fotografie**
**obrázky z galerie Smart Notebook.**

**Vyšší odborná škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Kopřivnice, příspěvková organizace**

| | |
|---|---|
| Adresa | Husova 1302, 742 21 Kopřivnice |
| Kontakty sekretariát | 556 833 300 |
| Webové stránky školy | www.voskop.cz |
| Webové stránky výstupů projektu | www.voskop.cz/rozvoj |

evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ