

# Molekulaargeneetilised alused

Ülle Irdt

# Molekulaargeneetilised alused

- 1869 eraldas Saksa teadlane **Friedrich Miescher** rakutuumast aine, mille nimetas nukleiinhappeks
- Ülesanne päriliku info kandmine
  - **DNA**: desoksüribonukleiinhape  
Geneetilise informatsiooni talletamine, regulatsioon
  - **RNA**: ribonukleiinhape  
Geneetilise informatsiooni realiseerimine

# Molekulaargeneetilised alused

- DNA ehitus:

1) Monomeerideks on

**Desoksüribonukleotiidid,**

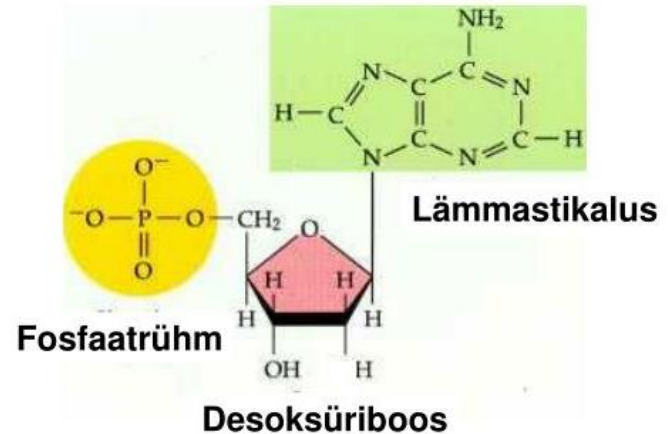
mis koosnevad omakorda

3-st komponendist:

- desoksüriboos,
- fosfaatrühm,
- lämmastikalus

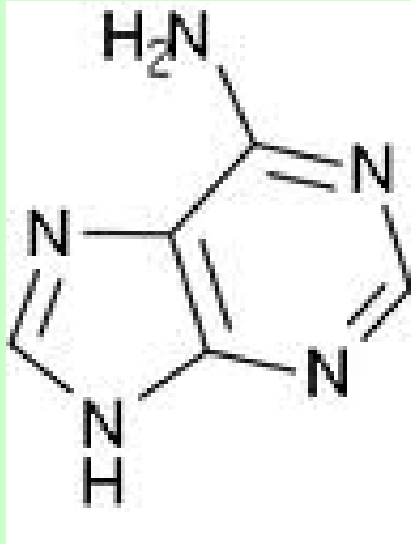
2) Biheeliks e kaheaahelaline (James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins, Rosalind Franklin) 1953

DNA monomeer - desoksüribonukleotiid

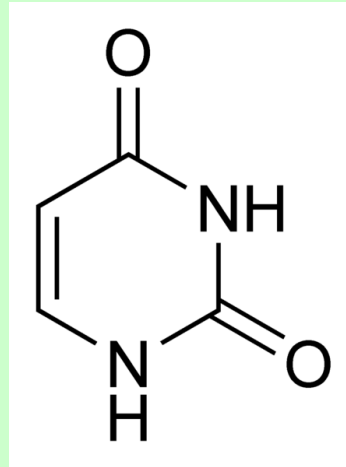


# Nukleiinihapped

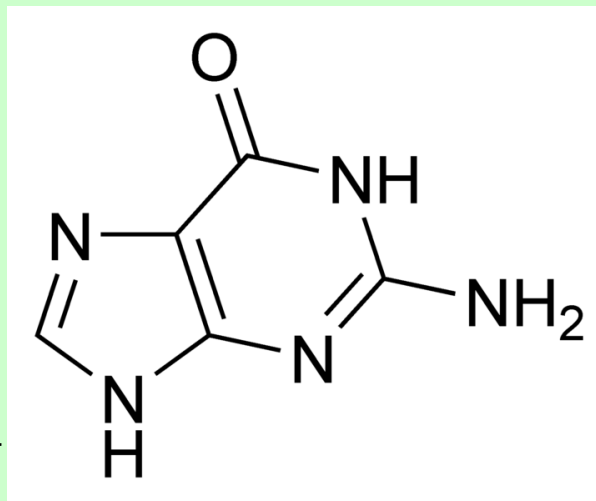
## Lämmastikalused DNA-s:



**Adeniin - A**

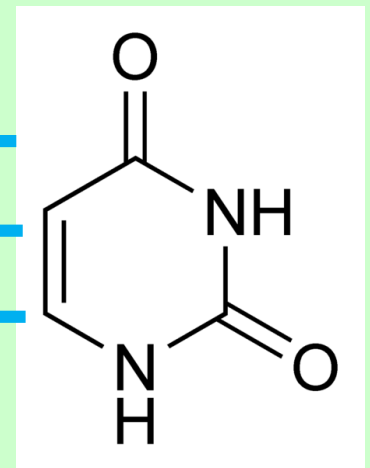


**Tümiin - T**



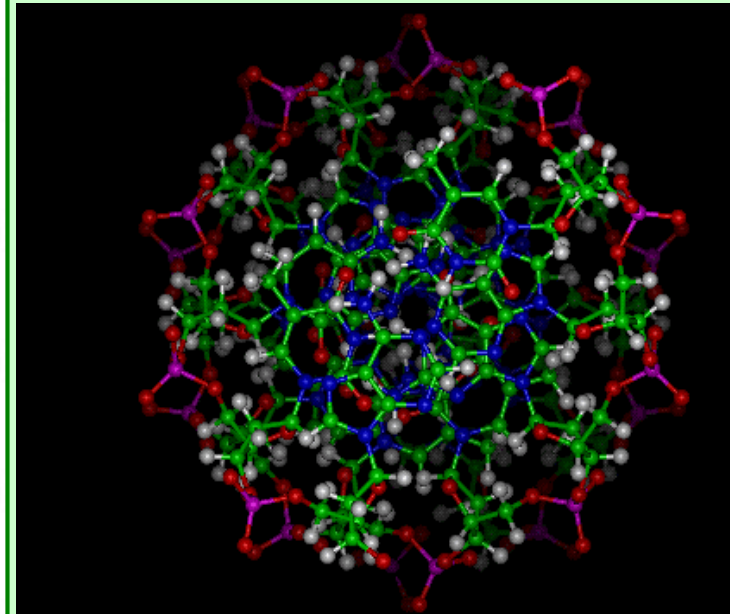
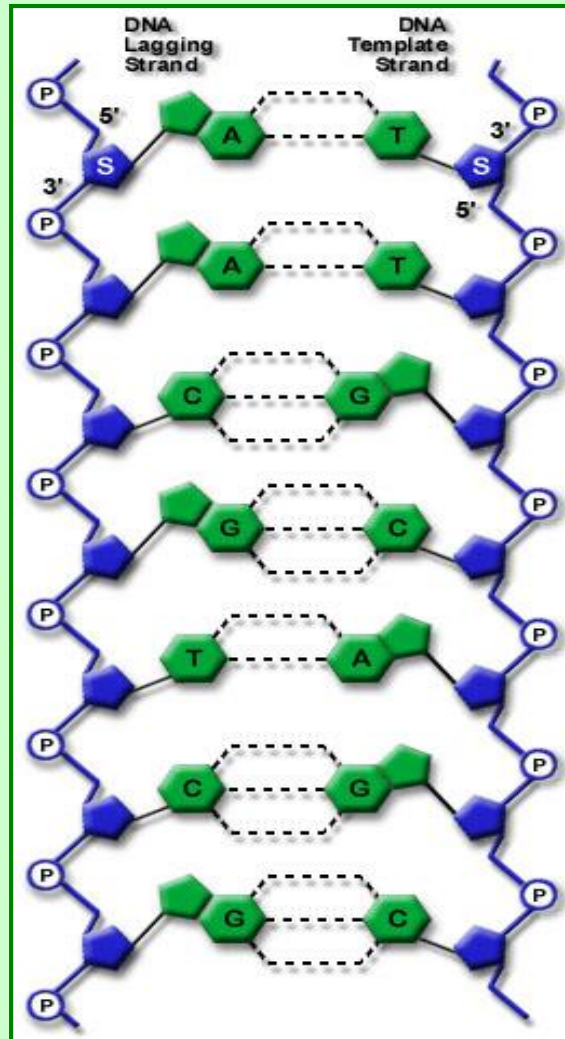
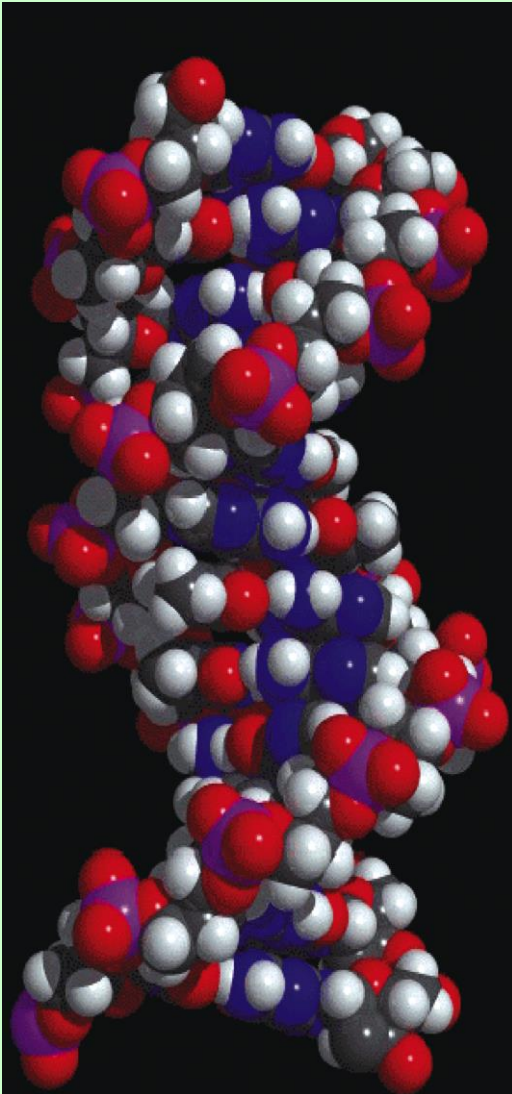
**Guaniin - G**

**Tsütosiin - C**

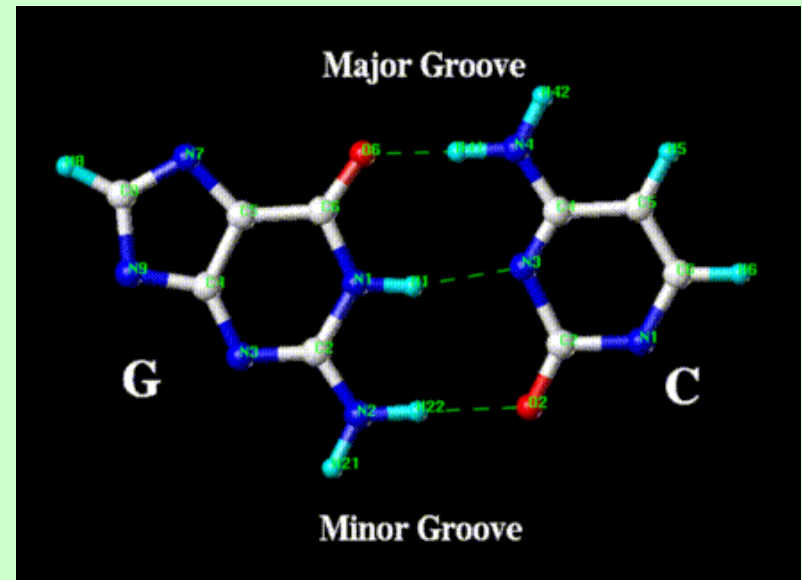
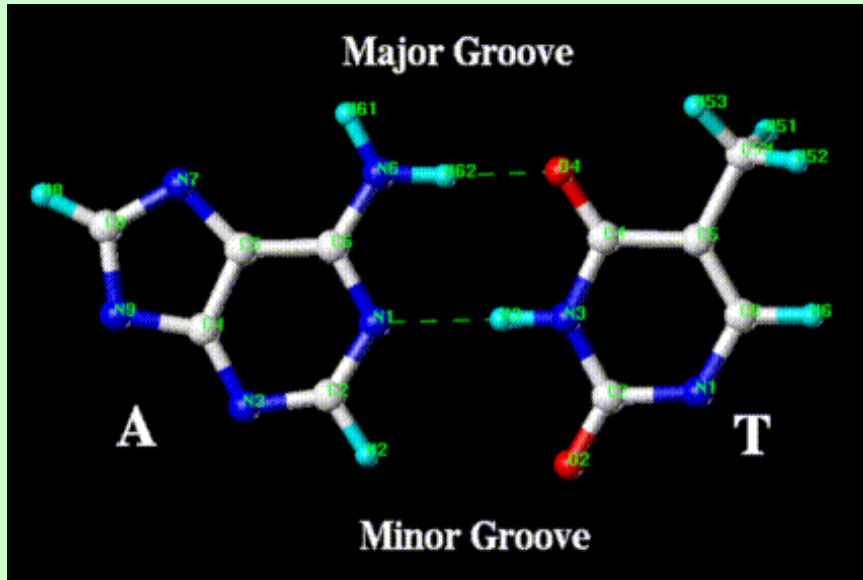


# Desoksüribonukleiinhape

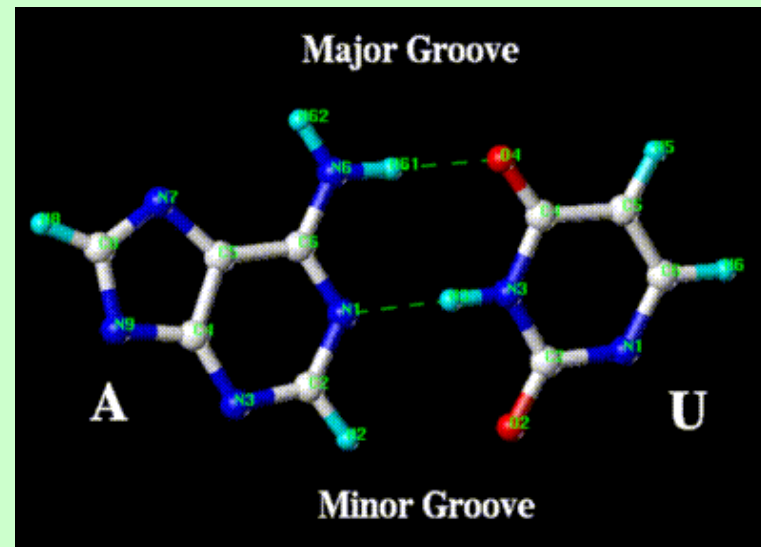
## DNA



# Nukleiinhapped

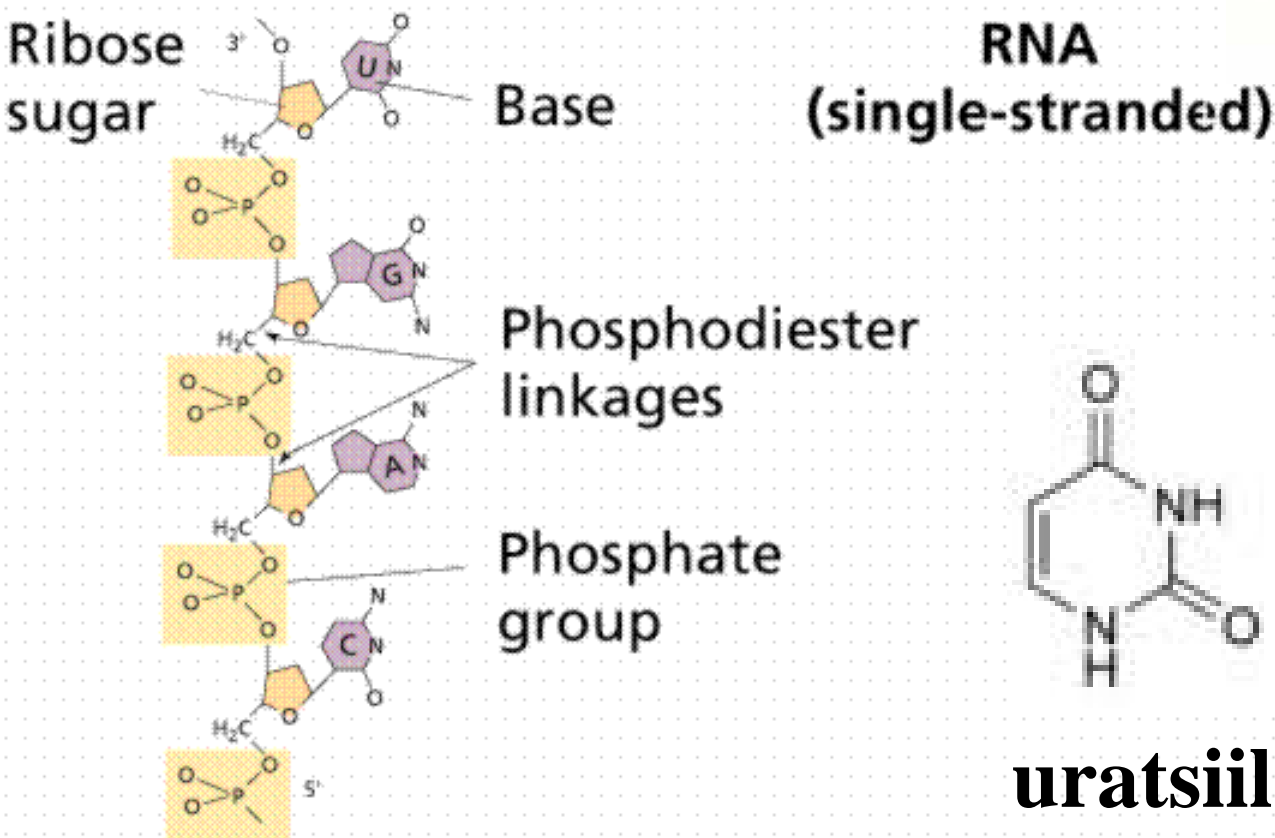
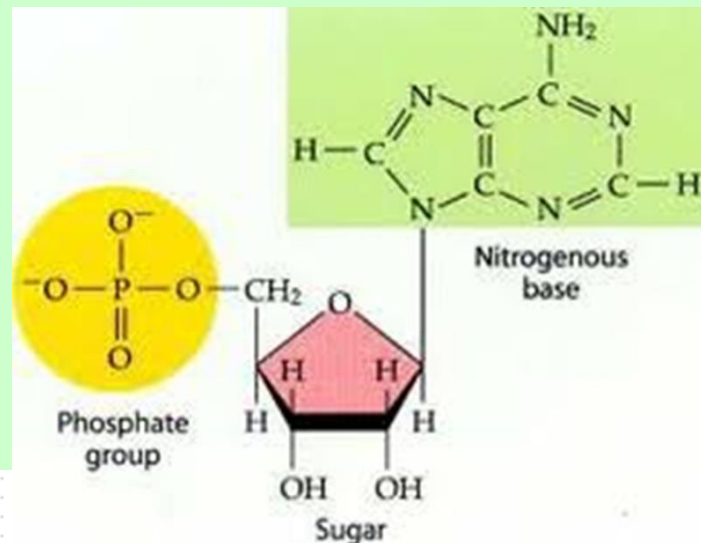


**Komplementaarsus-** ühele  
lämmastikalusele vastab  
teine konkreetne  
lämmastikalus



# Ribonukleiinhapped

- Ribonukleotiidid →
- Üheaahelaline



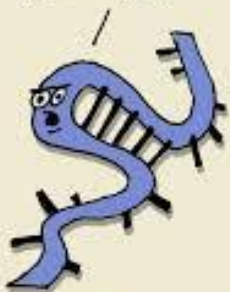
T-tümiini asemel on U-uratsiil !

STILL SINGLE?



DNA

ALWAYS.



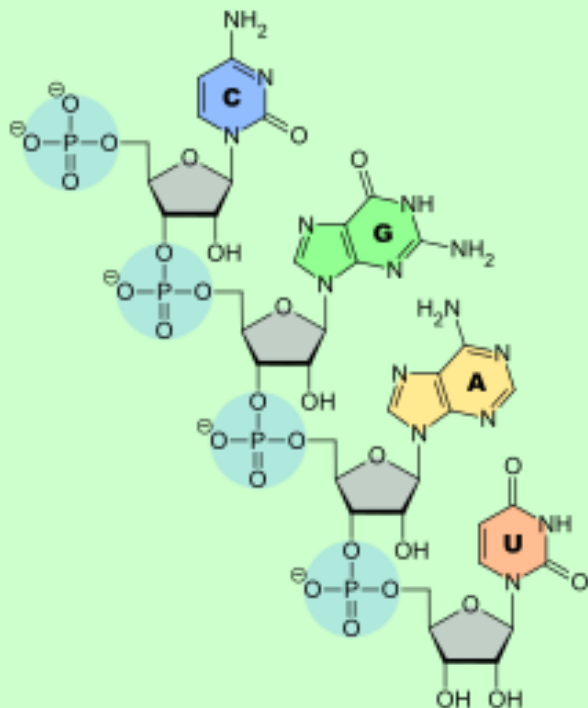
RNA

Daw-Doodles

# RNA

## Olulisemad RNA-d:

- **Informatsiooni mRNA** - kopeerib informatsiooni DNA-lt
- **Transpordi tRNA** – kannab aminohapped ribosoomi
- **Ribosoomi rRNA** – vastutab aminohapetest valgu ülesehituse eest

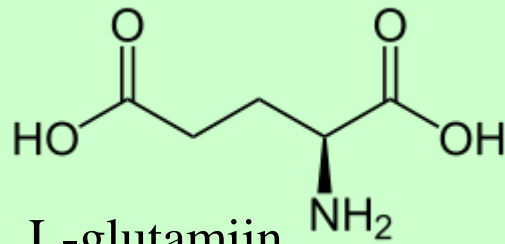




# Valgud

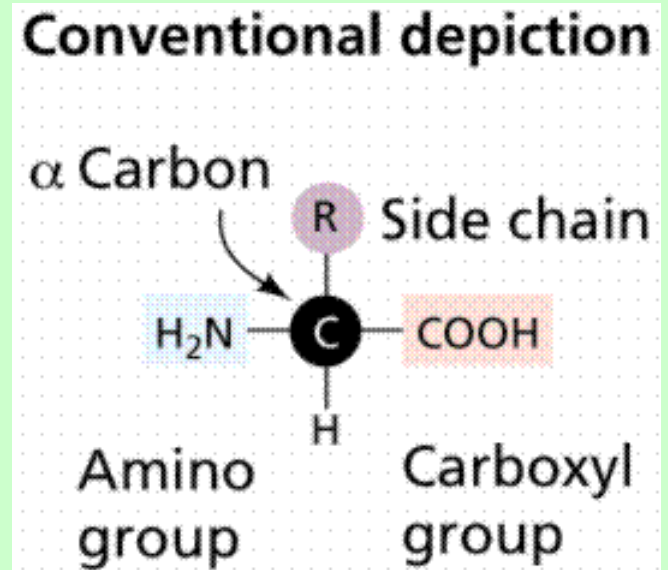
## Valgu monomeerideks on aminohapped:

- Karboksüülrühm
- Aminorühm
- Radikaal



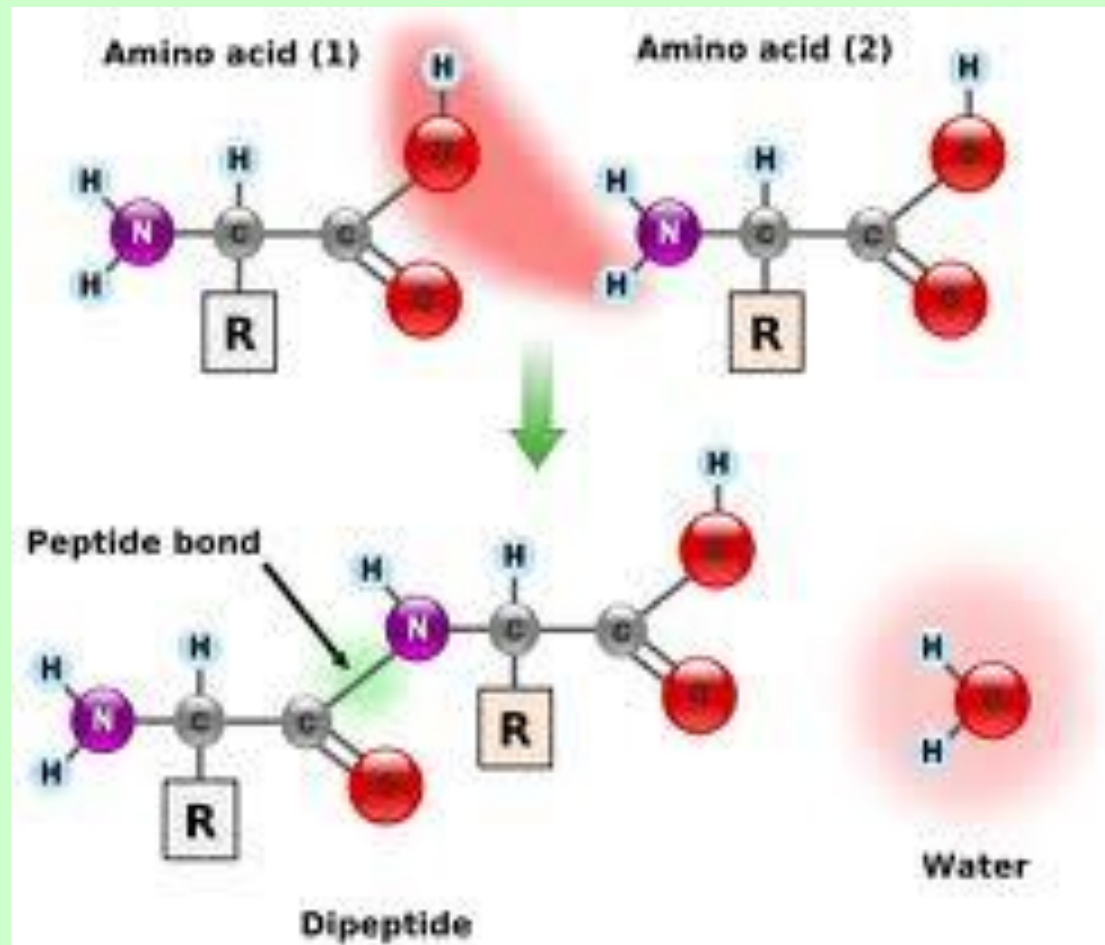
- L-glutamiin

- Ühes valgus tuhandeid aminohappeid!



# Valgud

- Peptiidside



– Peptiidsidemetega liidetud aminohappeahelat nimetatakse polüpeptidaahelaks

# Valgud

- **Asendamatud aminohapped:**

- |                 |      |
|-----------------|------|
| – Isoleutsiin   | -Ile |
| – Leutsiin      | -Leu |
| – Lüsiin        | -Lys |
| – Metioniin     | -Met |
| – Fenüülalaniin | -Phe |
| – Treoniin      | -Thr |
| – Trüptofaan    | -Trp |
| – Valiin        | -Val |

Lapsele on lisaks ülivajalikud veel:

- Arginiin (Arg)
- Histidiin (His)

# Ülesanded:

- **Ensümaatiline** – Vastutavad organismis toimivate ainevahetusreaktsioonide eest
- **Ehituslik**- organellide koostises:
  - Rakumembraan, ribosoomid
  - Küüned, kabjad, suled, juuksed, kõõlused, lihased jne
- **Transpordifunktsioon** – erinevate ühendite transport (hemoglobiin), membraanpumbad

# Ülesanded:

- **Retseptorfunktsioon**- retseptorvalgud membraanil: tagavad nt närviimpulsside toimumised
- **Signaalfunktsioon**- valgulised hormoonid:
  - Hormoonid (insuliin))
- **Liikumisfunktsioon** – kontraktsioonivalgud
  - Aktiin, müosiin
- **Kaitsefunktsioon**- antikehad, kõrge spetsiifilisus
- **Energeetiline funktsioon**

# Molekulaargeneetilised alused

- **Geneetika**- teadus, mis uurib organismide pärilikkuse ja muutlikkuse seaduspärasusi
- **Pärilikkus**=looduse üldine seaduspärasus, mille kohaselt sarnanevad järglased oma ehituselt ja talitluselt vanematele
- **Muutlikkus**=liigisisene organismide erinemine üksteisest

# Molekulaargeneetilised alused

- **Pärilikkuse kandjad**= kromosoomid
- **Geen**= DNA lõik, mis määrab ära ühe RNA sünteesi või ühe valgu aminohappelise järjekorra

Vähim geene on bakteritel (alates 200)

Inimesel umbes 23 000, mis määravad valgusünteesi (1,5% kogu genoomist)

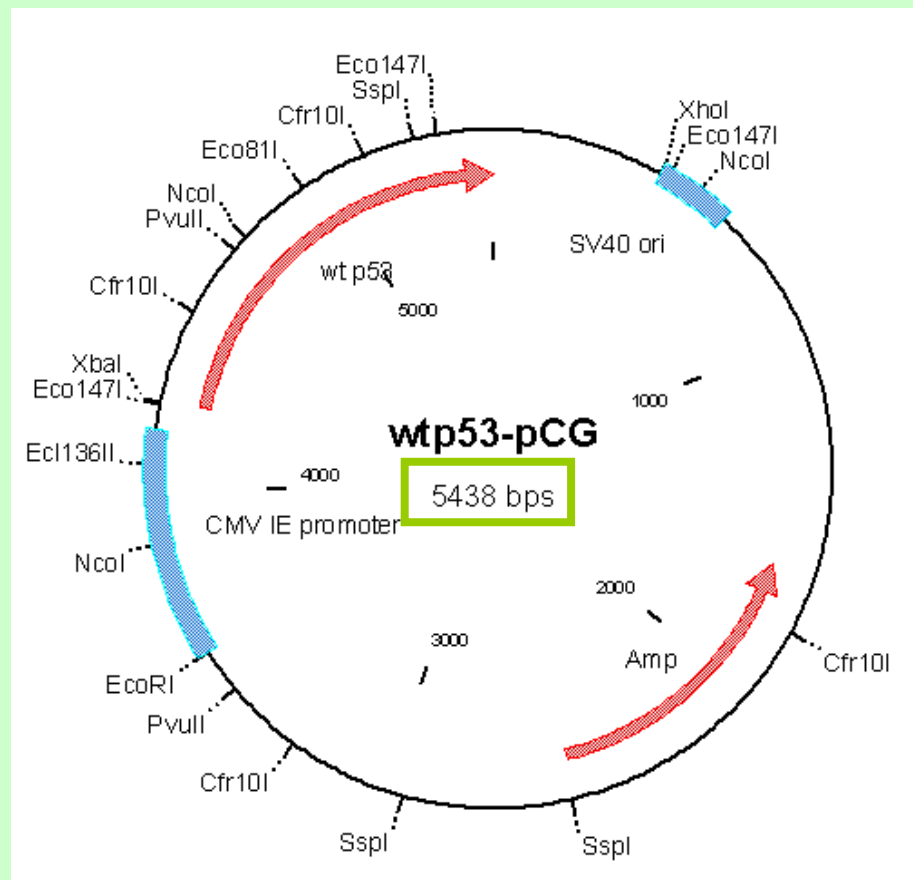
On ka geenid, mis määravad erinevate RNA-de sünteesi

# Molekulaargeneetilised alused

- **Genoom**=liigiomases ühekordses kromosoomistikus sisalduv geneetiline materjal
- **Genotüüp** = ühe isendi kromosoomides olev geenide ja nende erinevuste kogum
- **Fenotüüp** = ühe isendi vaadeldavate tunnuste kogum



GATCTTTTCCCTCTGCCAAAATATGCGGACATCATGAAGCCCTTGAGCATCTGACT  
TCTGGCTAATAAAGGAAATTTATTTTCATTGCAATAGTGTGTTGGAATTTTTGTGTCTC  
TCACTCGGAAGGACATATGGGAGGGCAATCATTAAACACATCAGAATGATATTTGGTT  
TAGAGTTTGGCAACATATGCCATATGCTGGCTGCCATGAACAAAGGTGGCTATAAAGAGG  
TCATCAGTATATGAAACAGCCCCCTGCTGTCATTCTTATTTCCATAGAAAAGCCTTGAC  
TTGAGGTTAGATTTTTTATATTTGTTTTGTGTTATTTTTCTTTAACATCCCTAAA  
ATTTCTCTACATGTTTACTAGCCAGATTTTTCTCTCTCTCTGACTACTCCCAGTCAT  
AGCTGTCCCTCTCTCTTATGAACCTCGAGCTTTTTGCAAAAAGCCTAGGCTCCCAAAAAG  
CCTCTCACTACTCTTCTGGAATAGCTCAGAGGCCGAGGCGGCCCTCGCCCTCATATAAATA  
AAAAAATAGTCAGCCATGGGGCGGAGAATGGGCGGAATGGGCGGAGTATGGGGCGGG  
ATGGGCGGAGTTAGGGGCGGACTATGGTTGCTGACTAATTGAGATGCTGCATTAATGAA  
TCGGCAACGCGCGGGGAGAGGCGGTTTGGGATTGGGCGCTCTCCGCTTCTCGCTCA  
CTGACTCGCTCGCTCGGTCTGGTCTGGCTGCGGGGAGCGGTTATCAGCTCACTCAAAGGCGG  
TAATACGGTTATCCACAGAATCAGGGGATAACCGAGCAAGCATGTGACAAAAGGCC  
AGCAAAAGGCGAGGAAACCGTAAAAGGCGCGCTTCTGCGCTTTTTCCATAGGCTCCGCC  
CCCCTGACGAGCATCACAAAATCGACGCTCAAGTCAGAGTGGCGAAACCCGACAGGAC  
TATAAGATACCAGGCTTTCCCCCTGGAAGCTCCCTCGTGGCTCTCTCTGTTCCGACCC  
TGCCGCTTACCGGATACCTGTCCGCTTTCTCCCTTGGGAAAGCGTGGCGCTTCTCATGA  
GCTCAGCGCTTAGGTTATCTCAGTTCCGGTGTAGGTCGTTCCGCTCAAGCTGGGCTGTGTG  
ACGAAACCCCGGTTTACGCCCCAGCCGCTGCGCTTATCCGGTAACTATCGTCTTAGTCCA  
ACCCGGTAAGACACGACTTATCGCCACTGGCAGCAGCCACTGTAACAGGATTAGCAGAG  
CGAGGTATGTAGGCGGTGTACAGAGTCTTGAAGTGGTGGCCTAACTACGGCTACACTA  
GAAGGACAGTATTTGGTATCTGCGCTCTGCTGAAGCCAGTTACCTTCGGAAGAAAGAGTTG  
GTAGCTCTTGATCCGGCAACAAACACCCGCTGGTAGCGGTTTTTTTTGTTTGGCAAGC  
AGCAGATTACCGCGCAAAAAAAGGATCTCAAGAAGATCCTTTGATCTTTTCTACGCGGT  
CTGACGCTCAGTGGAAACGAAAACCTACGTTAAGGGATTTTTGGTCATGAGATTATCAAAA  
GGATCTCACCTAGATCCTTTAAATTAATAAAGTAAAAATCAATCTAAAGTATAT  
ATGAGTAAACTGGTCTGACAGTTACCAATGCTTAATCAGTGAGGCACCTATCTCAGCGA  
TCTGTCTATTTCCGTTTCCATCCATAGTTGCTGACTCCCGTCTGTAGATACTACGATCA  
GGGAGGGCTTACACTCTGGCCCAAGTGTCTGCAATGATACCGCGAGACCCAGCTCACCGG  
CTCCAGATTTATCAGCAATAAACCCAGCCAGCCGGAAGGGCCGAGCGCAAGTGGTCTGT  
CAACTTTATCCGCTCCATCCAGTCTATAAATGTTGCCGGGAAGCTAGAGTAAGTAGTT  
CGCCAGTTAAATAGTTTGGCCCAACGTTGTTGCCATTGCTACAGGCATCGTGGTGTACGCT  
CGTCTGTTTTGGTATGGCTTATTGAGCTCCGCTTCCCAACGATCAAGCGGATTTACATGAT  
CCCCATGTTGTGCAAAAAAGCGGTTAGCTCCTTCGGTCTCCGATCGTTGTGCAAGAATA  
AGTTGGCCGAGTGTATCACTCATGTTATGCGCAGCAGTCATAAATCTCTTACTGTCA  
TGCCATCCGTAAGATGCTTTTTCTGTGACTGGTGAAGTACTCAACCAAGTCAATCTGAGAAT  
AGTGTATGGCGGCGACCGAGTTGCTCTTCCCGCGCGTCAATACGGGATAATACCGCGCCAC  
ATACGAGAACCTTTAAAAGTGCTCATCATTGAAAAAGCTTTCTTGGGGCGAAAACTCAA  
GGATCTTACCCTGTGAGATCCAGTTCCGATGTAACCCACTCTGTGACCCAACTGATCTT  
CAGCATCTTTTACTTTACCCAGCGTTTCTGGGTGAGCAAAAAACGAAAGGCAAAATGCCG  
CAAAAAAGGAATAAGGGCGACACGGAATGTTGAATACTCACTCTTCTTTTTCAAT  
ATTAATGAAGCATTTATCAGGGTATTGTCTCATGAGCGGATACATATTTGAAATGATTT  
AGAAAAATAAACAAATAGGGGTTCCGCGCACATTTCCCGAAAAAGTCCACCTGACGCT  
AAGAAACCATTTATCATGACATTAACCTATAAAAAATAGGCGTATCACAGGCCCCCTTC  
GTCTCGCGGTTTTCGGTGATGACGGTGAACACCTGTGACACATCAGCTCCCGGAGACGG  
TCACAGCTGTCTGTAAGCGGATGCCGGGAGCAGACAAGCCGTCAGGGCGGCTCAGCGG  
GTGTTGGCGGGTGTGGGGCTGGCTTAACTATGCGGCATCAGAGCAGATTGTACTGAGAG  
TGCACCATATGCGGTGTGAAAATACCGCACAGATGCGTAAGGAGAAAAATACCGCATAGGA  
AATGTAAACGTTAATATTTGTTAAAATTCGGGTTAAATTTTTGTTAAAATCAGCTCAAT  
TTTTAACCAATAGGCCGAAATCGCAAAATCCCTTATAAATCAAAGAATAAGACCGAGAT  
AGGGTTGAGTGTGTTCCAGTTTGAACAAGAGTCCACTATTAAGAAGCTGGACTCCAA  
CGTCAAAGGGCGAAAAACCGCTATCAGGGCGATGGCCCACTACGTGAACCATCACCTA  
ATCAAGTTTTTTGGGGTCGAGGTGCCGTAAGGCACTAAATCGGAACCCCTAAAAGGGAGCC  
CCGATTTAGAGCTTTGACGGGGAAAGCCGCGCAACGTGGCGAGAAAGGAAGGAAAGAC  
GAAAGGAGCGGGCGCTAGGGCGCTGGCAAGTGTAGCGGTACGCTGCCGTAACCAACAC  
ACCCGCGCGCTTATGCGCCGCTACAGGGCGCGTCCGCCATTCGCCATTCAGGCTGCG  
CAACTGTTGGAAAGGGCGATCGGTGCGGGCTCTTCGCTATTACGCCAGCTGGCGAAAGG  
GGGATGTGCTGCAAGGCGATTAAAGTTGGGTAAAGCGGAGGTTTTCCCGATGACGACTGT  
TAAACAGCAGCGGCAATGAAATGAAACGCTCACTATAGGGGCAATTCGGTTACATAA  
TTACGGTAAATGGCCGCTGGCTGACGCCCAACAGCCACCCGCCATTCAGCTCAATAA  
TGACGTATGTTCCCATAGTAAAGCAATAGGACTTTCCATTGACGTCAATGGTGGAGT  
ATTTACGGTAACTGCCCACTGGCAGTACATCAAGTGTATCATATGCCAAGTACGCCCC  
CTATTGACGTCAATGACGGTAAATGGCCGCGCTGGCATTATGCCAGTACATAGCCTTAT  
GGGATTTCTCACTTGGCAGTACATCTACGTATAGTACATGCTATACCATGCTGATGCG  
GGTTTTGGCATACATCAATGGCGGTGATAGCGGTTTGACTACGGGATTTCCAAGTC  
TCCACCCATTGACGTCAATGGGAGTTGTTTTGGCACCAAAATCAACGGGACTTTCCAA  
AATGTGTAACAACCTCCGCCCATTTAGCCAAATGGGCGGTAGGCGTGTACGGTGGGAGG  
TCTATATAAGCAGAGCTCGTTTATGTAACCCGTCAGATCGCTGGAAGACGCCATCCCAGCT  
GTTTTACCTCCATAGGAAGACACCCGGACCCATCAGCGCTGAGGCGTCTTTGGTGGCGT  
GAAATGCCCGCACCTTTCGCGACGCGCTTGTAGAAGCCGCTAGGCTTCTAGAAATGA  
GGAGCCGAGTCAGATCTAGCGTCGAGCCCTCTGAGTCAGGAACATTTTACAGCT

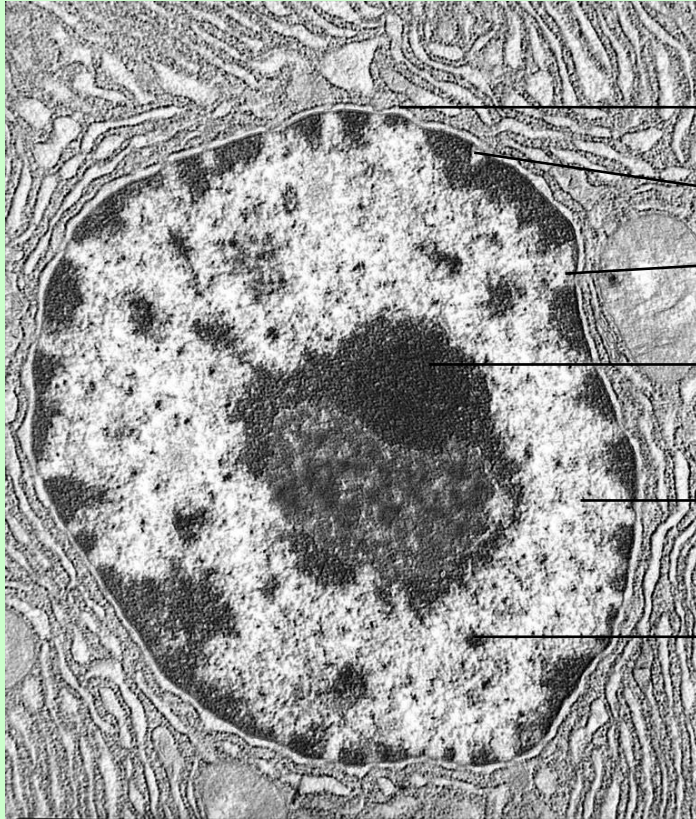


ATGGAACACTCTCTGAAAAACAGTTCGTGCCCCCTTGGCGTCCCAAGCAATGGATGA  
TTTGATGCTGTCCCGGACGATATTTGAACAATGGTCTACTGAAGACCCAGTCCAGATGA  
AGCTCCCGAATGCCAGAGGCTGCTCCCCCGTGGCCCTGCACCCAGCAGCTCCTACACC  
GGCGCCCCGTGACCCAGCCCCCTCTGGCCCTGTCACTTCTGTCCCTCCAGAAAAAC  
CTACCAGGGCAGCTACGGTTTTCCGTCTGGGCTTCTTGCATTCTGGGACAGCCAAGTCTGT  
GACTTGCAGTACTCCCCGCTCAACAAGATGTTTTGCAACTGGCCAAAGACCTGCC  
CTGTGACGCTGTGGGTTGATTTCCACAGCCCGCCCGCCGCTCCGCGCATGGCCAT  
CTACAAGCAGTACAGCAGCATGACGGAGGTTGTGAGGCGCTGCCCCACCATGAGCGCTG  
CTCAGATAGCGATGGTCTGGCCCTCTCAGCATCTTATCCGAGTGAAGGAAATTTGCG  
TGTGGAGATTTGGATGACAGAAACACTTTTGCACATAGTGTGGTGTGCCATGAGCC  
GCCTGAGGTTGGCTGCTGACTGACCACCATCCACTACAATACATGTGTAAACAGTTCCTG  
CATGGCGGGATGAACCGAGGCCCCCTCCTCACCATACATCACACTGGAAGACTCCAGTGG  
TAATCTACTGGACGGAACAGCTTTGAGGTGATTTTTGTGCTGTCTGGGAGAGACCG  
GCGCACAGAGAAAGAAATCTCCGCAAGAAAGGGGAGGCTCACCACGAGCTGCCCCAGG  
GAGCACTAAGCGAGCACTGCCAACACACAGCTCCTCTCCCAAGCAAGAAAGAAACC  
ACTGGATGGAGAATATTTACCCTTCAAGTCCGTGGCGGTGAGCGCTGAGGATGTTCCG  
AGAGTGAATGAGGCTTTGAAACTCAAGATGCCAGCTGGGAGCTGGAAAGGAGGCGGAG  
CAGGGCTCACTCCAGCCACTGAAGTCCAAAAGGGTCACTACTCCCGCCATAAAAA  
ACTCATGTTCAAGACAGAAGGGCTGACTCAGACTGAG

# Molekulaargeneetilised alused

- Kromosoomid paiknevad raku tuumas
- Tuumas eraldame:
  - Kahekordne tuumamembraan
  - Kromatiinaine
  - Tuumakesed (sünteesitakse ribosoomi-RNA-d ja ribosoomi)

# Rakutuum elektronmikroskoobis



tuumamembraan

tuumapoorid

tuumake

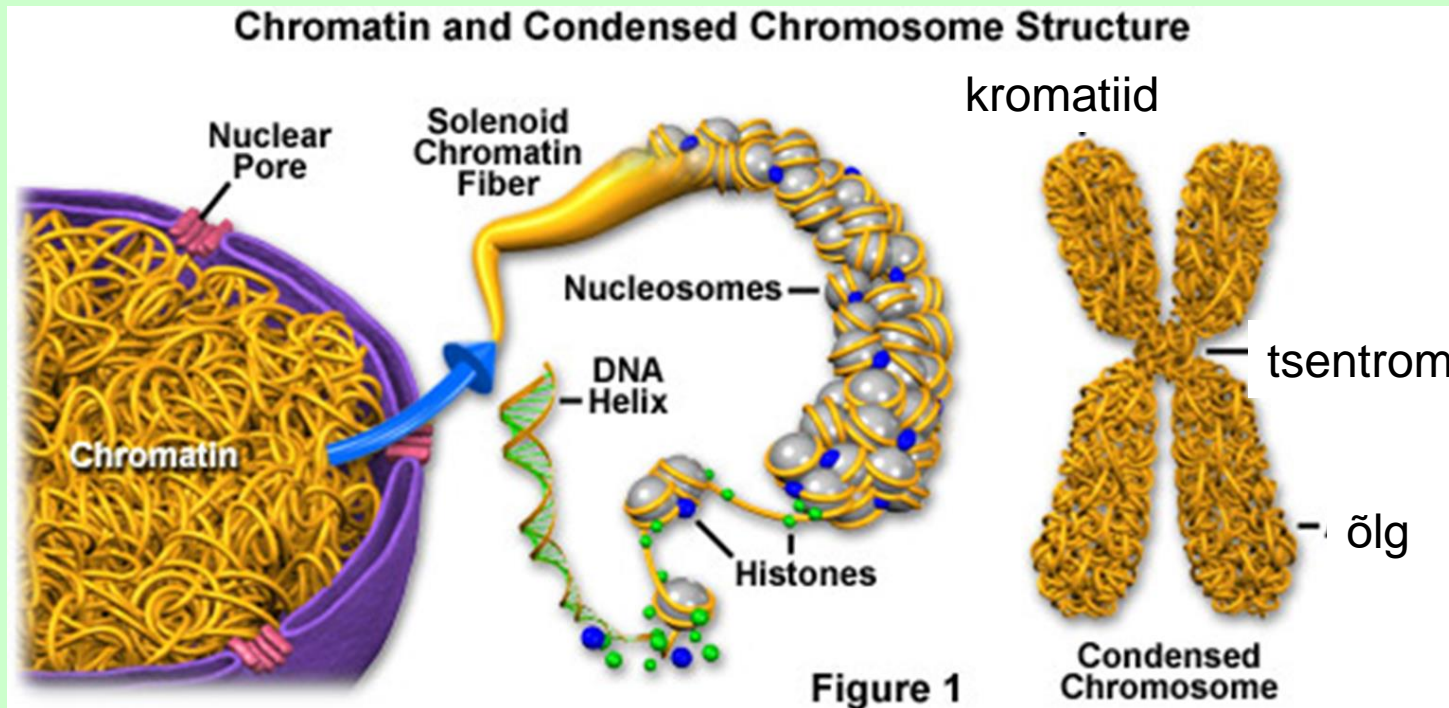
karüoplasma

kromatiin

**KROMOSOOMID?**

# Molekulaargeneetilised alused

- Kromosoom koosneb 1 DNA-st ja temaga seotud histoonidest.
- Igal liigil oma kindel kromosoomide arv

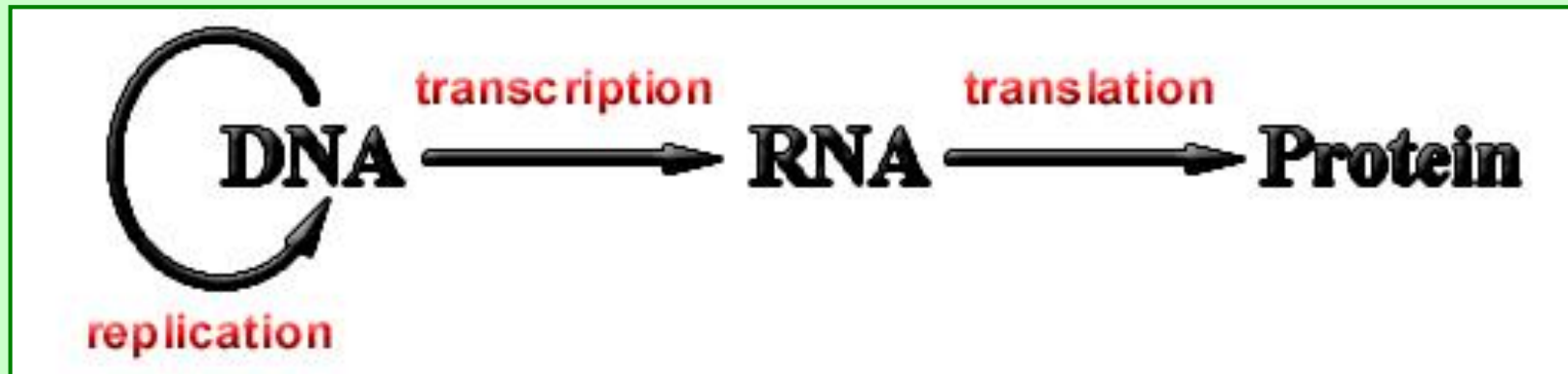


# Pärilikkuse molekulaargeneetilised alused

- Molekulaargeneetika uurib pärilikkuse seaduspärasusi molekulaarsel tasemel
- **Matriitssünteesid:**
  - **Replikatsioon** tagab päriliku info säilimise
  - **Transkriptsioon** tagab päriliku info avaldumise
  - **Translatsioon** päriliku info avaldumise protsess

# Molekulaargeneetilise dogma:

- kõik **matriitsünteesid** on omavahel seotud( **järjekord** on oluline) DNA(DNA replikatsioon) (transkriptsioon)- RNA(translatsioon)- **proteiin**

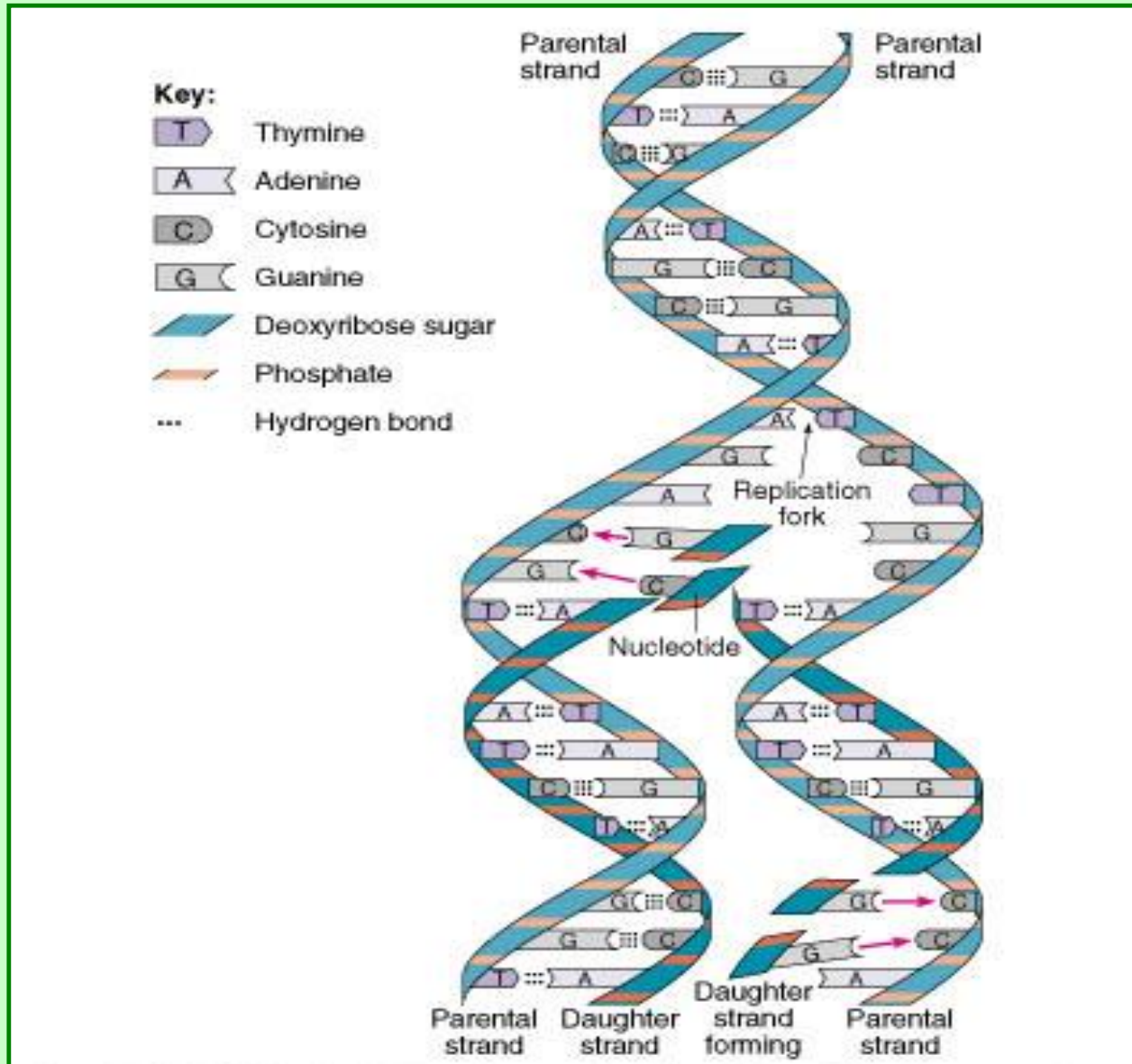


# Replikatsioon

- DNA kahekordistumine;
- Enne raku jagunemist;
- Rakutuumas;
- DNA-polümeraas;
- Helikaas;
- Komplementaarsus: A:::T ja C:::G



# Replikatsioon





# Replikatsioon

- Inimese rakus ~2m DNA-d
  - Kokkupakitud biheeliksid
  - Rakujagunemisel vajalik kogu genoomi kopeerimine
- DNA ahela kopeerimiseks tuleb ahelad vesiniksidemete kohalt katkestada
  - Teostab ensüüm **helikaas**

<http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::535::535::/sites/dl/free/0072437316/120076/bio23.swf::How%20Nucleotides%20are%20Added%20in%20DNA%20Replication>

# Replikatsioon

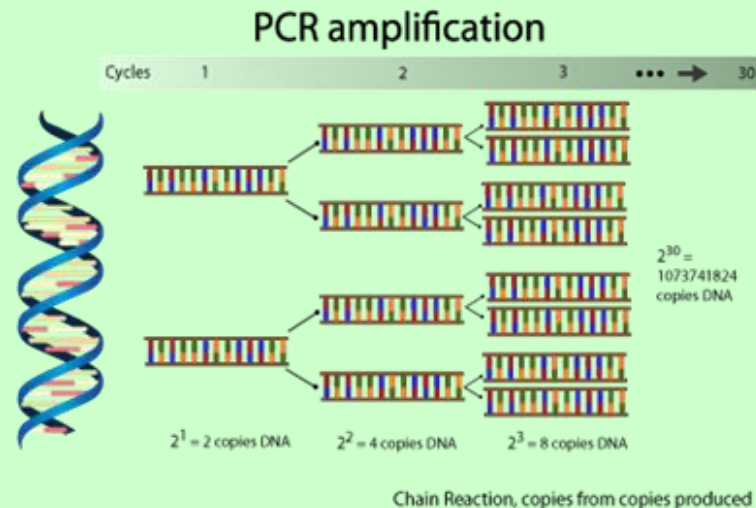
- Replikatsioon algab ühe DNA mitmest kohast korraga
- 1. DNA-s keskmiselt 150milj aluspaari!
- DNA sünteesi teostab DNA-polümeraas
  - Süntees toimub ahelas alati ühes suunas:  
 $5' \longrightarrow 3'$
  - komplementaarsusprintsip

<https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>

# Replikatsioon

<https://www.youtube.com/watch?v=iQsu3Kz9NYo&t=48s>

<https://www.youtube.com/watch?v=6mQGNDnOyH8>



Chain Reaction, copies from copies produced

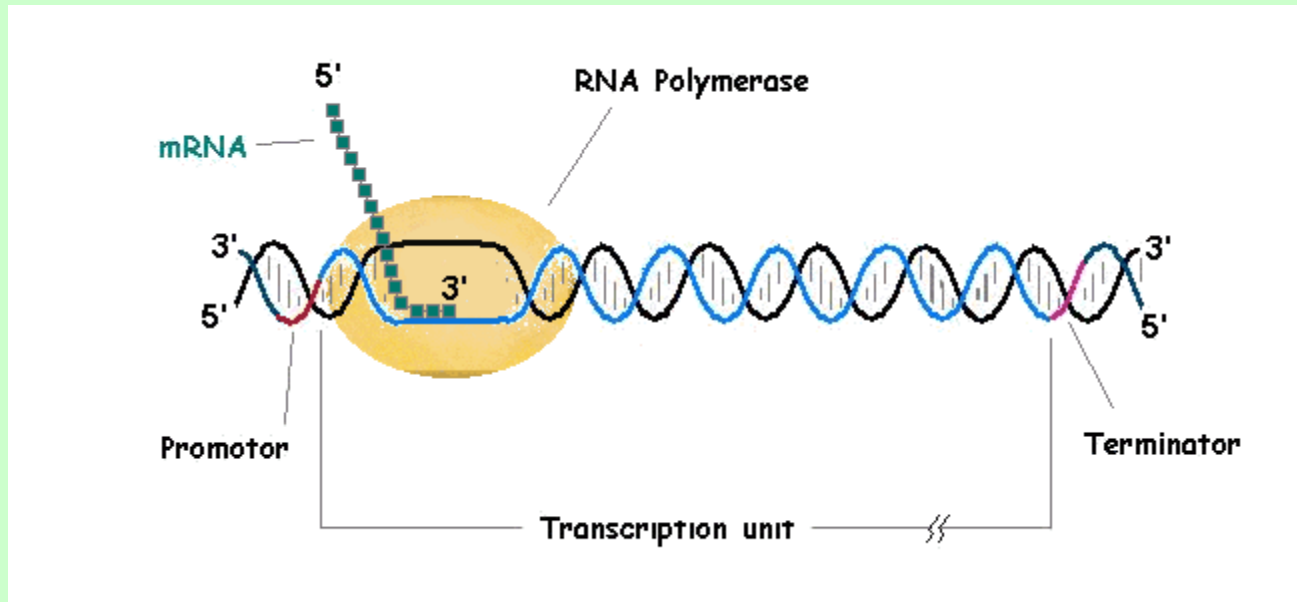
- **PCR meetod** (Polymerase chain reaction)
  - Geenitehnoloogia üks olulisemaid meetodeid
  - Väikese DNA-lõigu paljundamine suhteliselt kiiresti tuhandeid kordi.
  - Töötas välja ameeriklane Kary Mullis 1983 (Nobeli pr)
  - Võimaldab isikute kindlakstegemist
  - Uurida väljasurnud loomade (taimede) DNA-d ja võrrelda seda tänapäeva organismide omaga



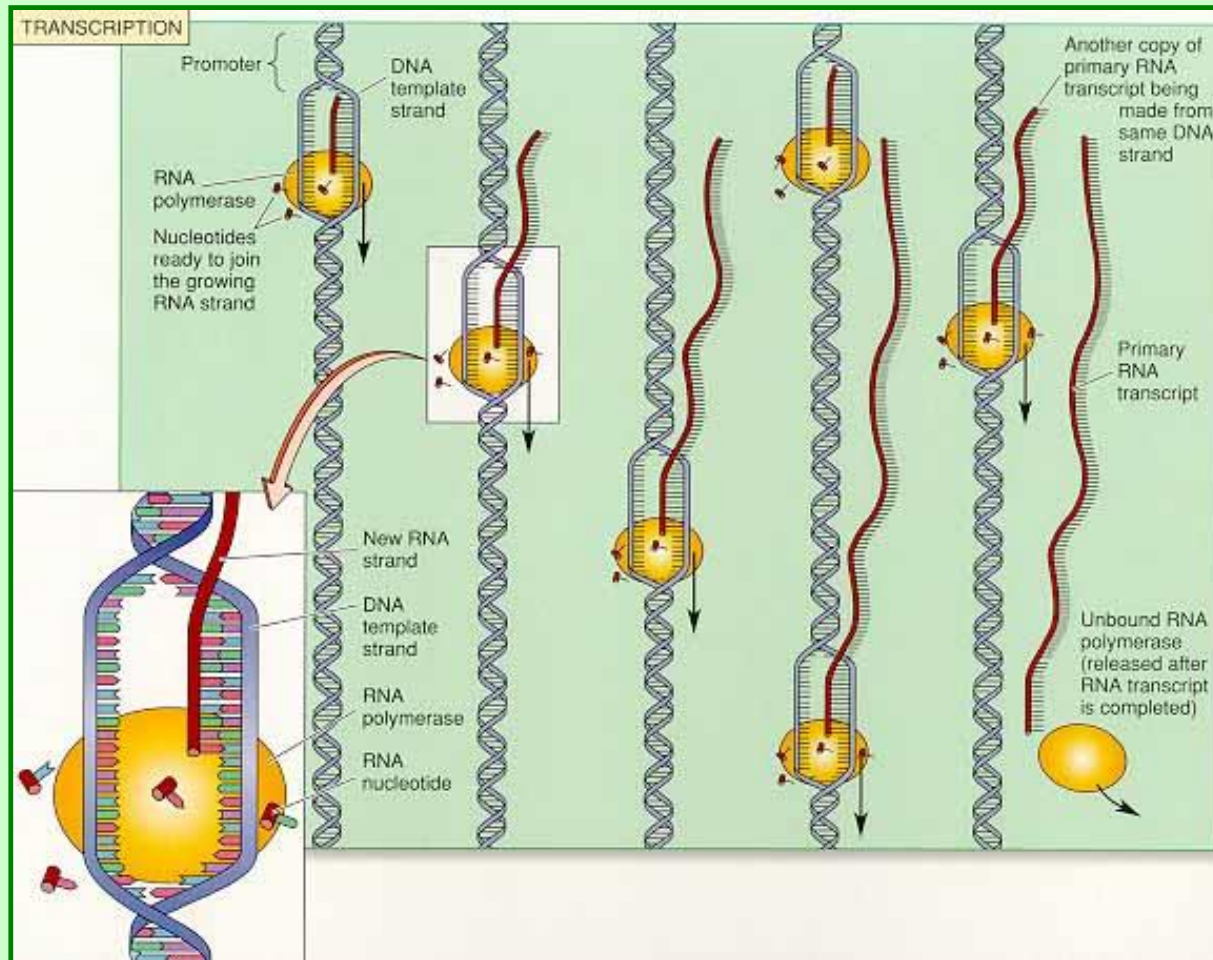
# Transkriptsioon

- RNA-polümeraas seostub DNA **promootorpiirkonnaga**
- **Avaldumispiirkond**: RNA-polümeraas avab DNA ahela (helikaasi vaja ei lähe!)
- Selle möödumisel DNA ahel taastub kohe
- RNA moodustub DNA ühe ahela alusel
- Transkriptsioon lõpeb **terminaatorpiirkonnas**

# Transkriptsioon



# Transkripsioon



# Transkriptsioon

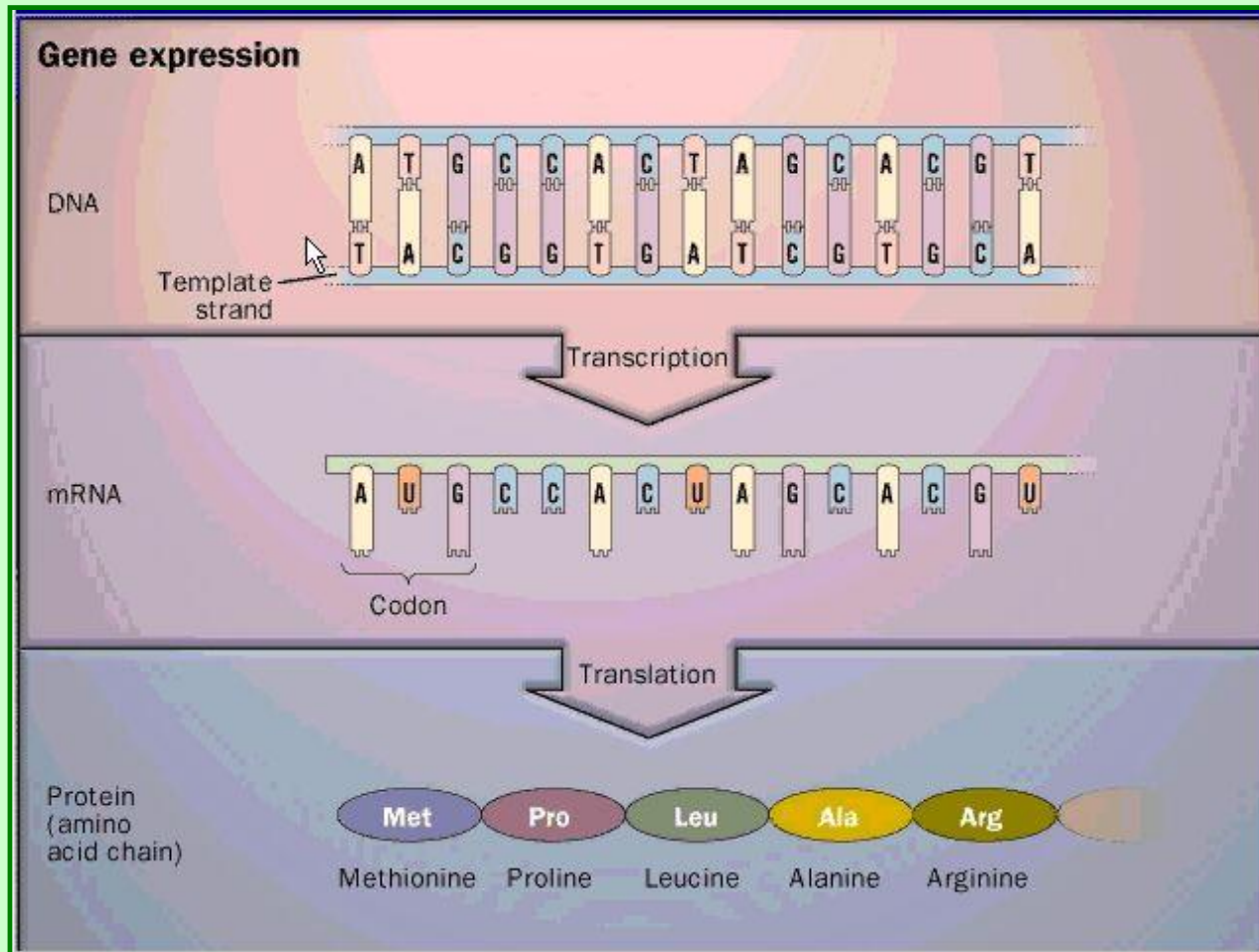
- Vastavalt avaldumisele jaotatakse geenid 4 gruppi.
  - Geenid, mis avalduvad kõikides rakkudes üheaegselt
  - Geenid, mis avalduvad ainult kindla koe rakkudes
  - Geenid, mis avalduvad kindlal eluetapil
  - Geenid, mis ei avaldu mitte kunagi



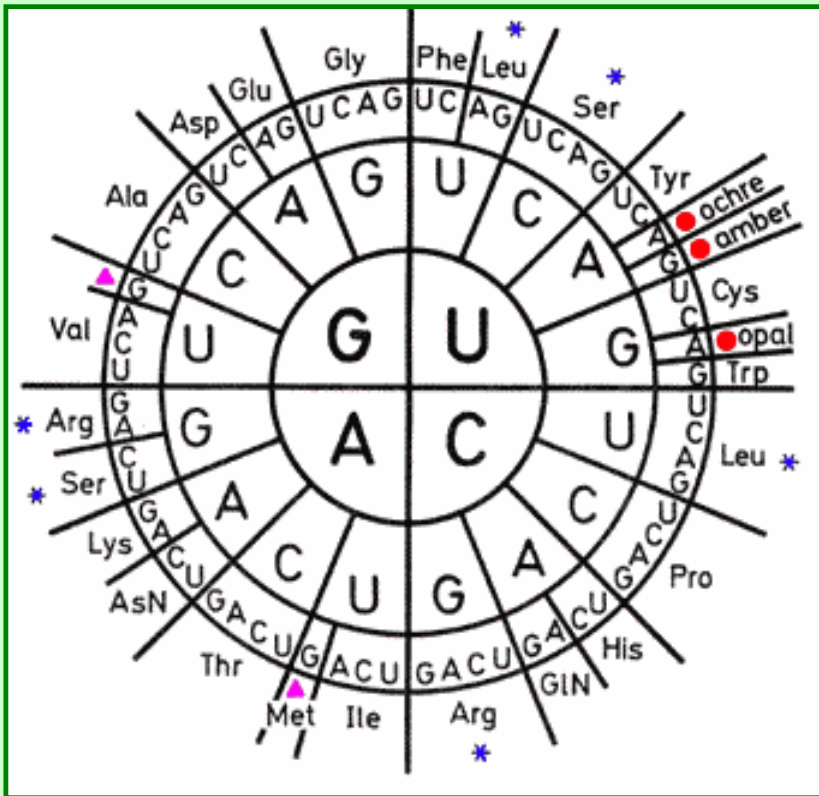
# Replikatsioon ja transkriptsiooni võrdlus

- Päriliku info jõudmine kõikidesse rakkudesse, edasikandumine järglastele
- DNA-ahela kopeerimine enne raku jagunemist
- Rakutuum
- DNA (info päritolu)
- Kogu DNA
- A, T, C, G
- Komplementaarsus
- DNA-polümeraas, helikaas, jt.
- 2 täpselt ühesugust DNA - molekuli
- Päriliku info avaldamine
- RNA ahela süntees DNA-s oleva info alusel
- Rakutuum
- DNA
- Väike osa DNA-ahelast
- A, U, C, G
- Komplementaarsusprintsiipt
- RNA-polümeraas
- DNA-ahelaga komplementaarne üheaahelaline RNA-molekul

# Molekulaargeneetilne dogma



# Geneetiline kood — koodipäike



Initsiaatorkoodon — 

Stoppkoodon — 

Geneetilise koodi omadused:

- Universaalsus
- Sünonüümsus
- Ühetähenduslikkus
- Mittekattuvus

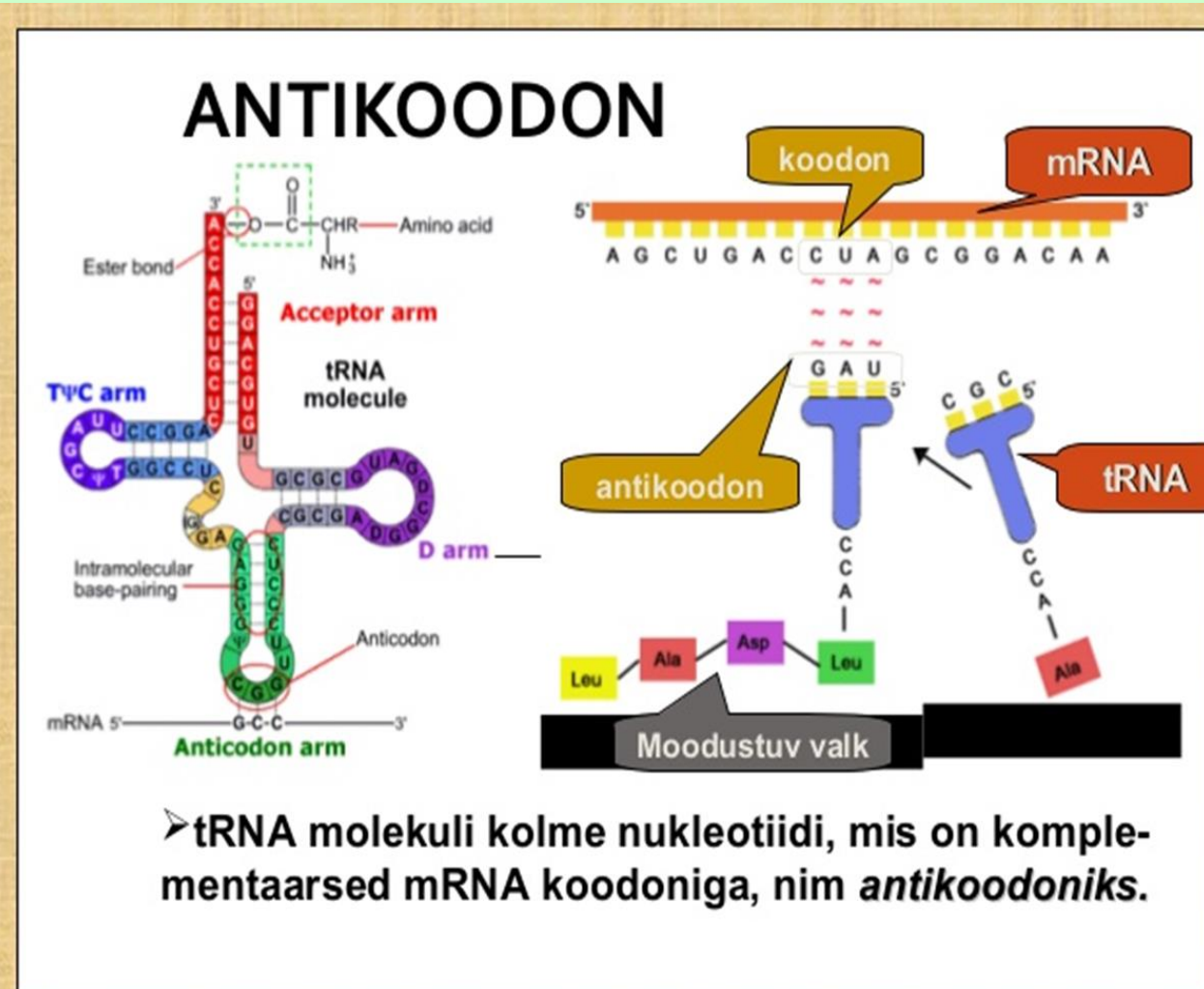
**Koodon:** 3 järjestikulist nukleotiidi mRNA-s määravad ära ühe aminohappe jäägi valgu molekulis

# Translatsioon

## Translatsioon on valgusüntees

Vaja läheb:

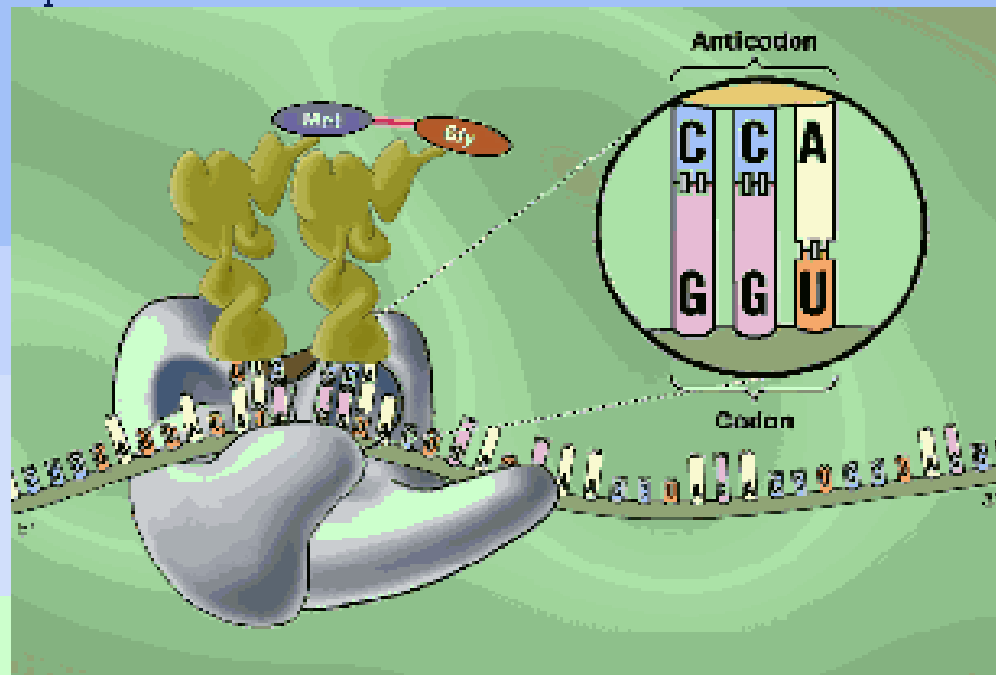
- mRNA
- rRNA
- tRNA
- Aminohappeid
- Ensüüme
- ATP ja GTP



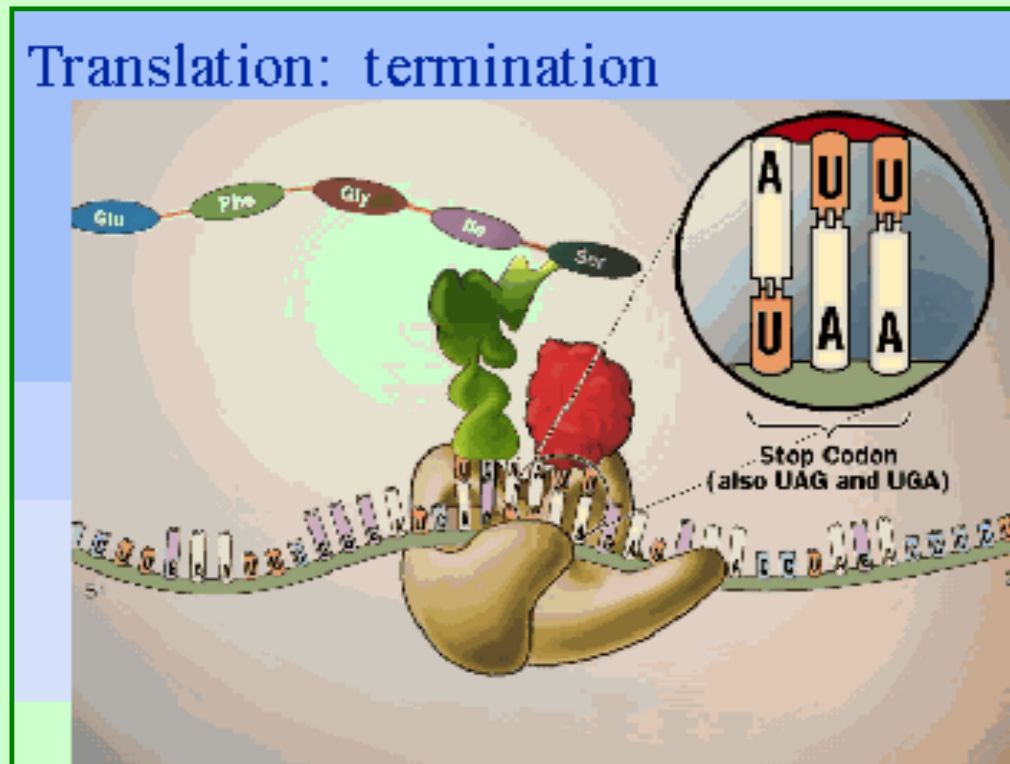
# Translatsioon

## Translation: Elongation-peptide bond

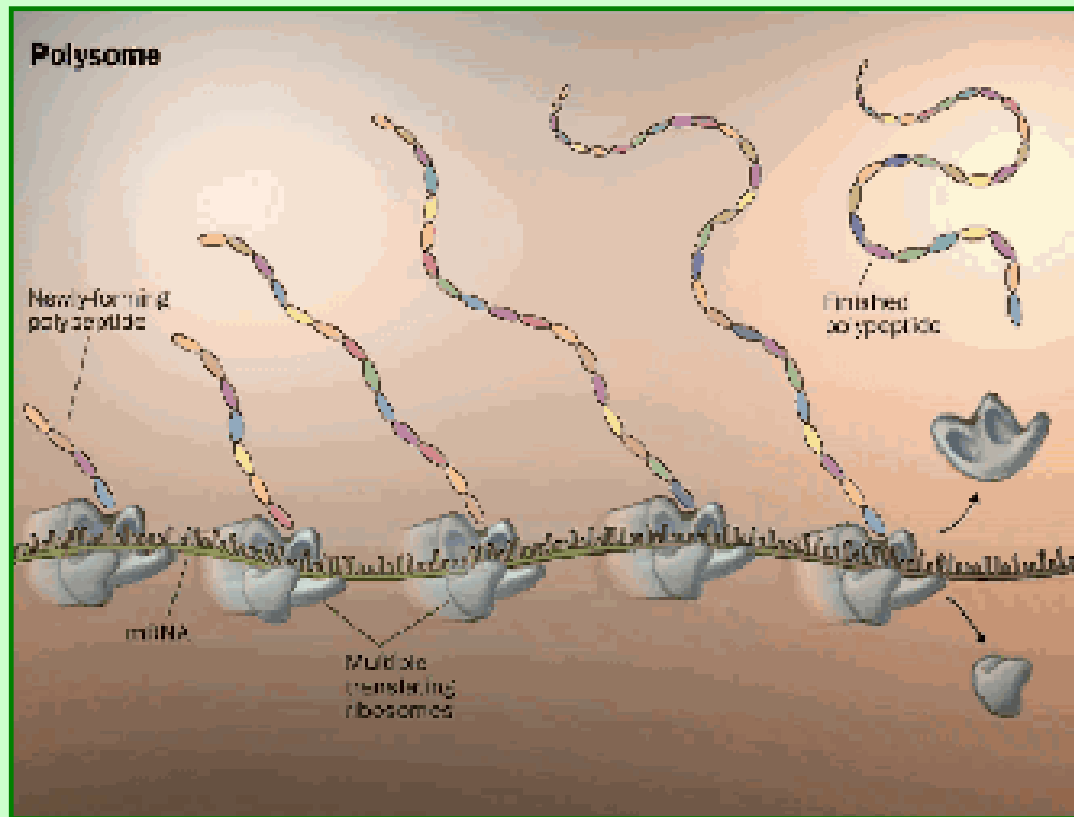
Peptide bond formed



# Translatsioon

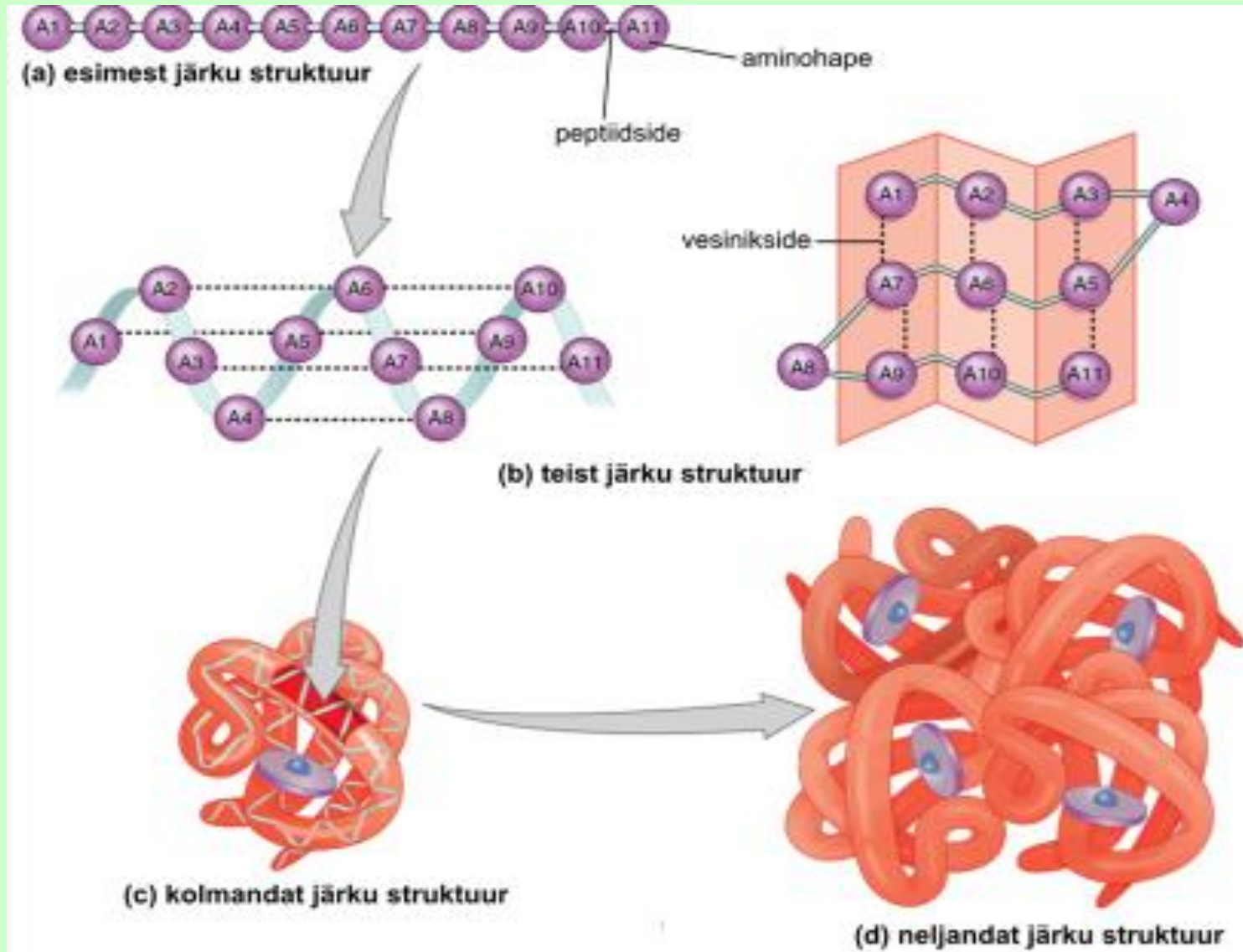


# Translatsioon



[http://www.youtube.com/watch?v=41\\_Ne5mS2Is](http://www.youtube.com/watch?v=41_Ne5mS2Is)

# Valgu struktuur





# Valgu tootmise regulatsioon

- Regulatsioonimehhanismid:

## I tasand (transkriptsiooni tasand):

- Struktuur- ja regulaatorgeenid
- Repressor, aktivaator, vitamiin
  - mRNA tootmine?
  - Korrigeerimine?
  - Saatmine ribosoomi?

## II tasand (translatsiooni tasand)

- Üleliigsete RNA-de lagundamine
- Valkude konfiguratsioon

# Kasutatud kirjandus

- [http://www.youtube.com/watch?v=41\\_Ne5mS2ls](http://www.youtube.com/watch?v=41_Ne5mS2ls)
- <http://www.youtube.com/watch?v=zFVH9SqtJCM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=OnuspQG0Jd0>
- <http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::535::535::/sites/dl/free/0072437316/120076/bio23.swf::How%20Nucleotides%20are%20Added%20in%20DNA%20Replication>
- <http://www.gmotesting.com/images/Image-6-PCR-amplification2.png?width=410&height=270>
- <http://image.slidesharecdn.com/valgusntees-140907111808-phpapp01/95/valgusntees-10-638.jpg?cb=1410088742>
- <https://vara.e-koolikott.ee/node/4493>
- <https://www.slideserve.com/evonne/nukleinhapped>
- <https://zh-min-nan.wikipedia.org/wiki/RNA>
- <https://www.dzu-doodles.com/fullscreen-page/comp-j9zl8qi9/86cfd8a1-4b2b-4cd7-89e0-341e23c941dc/122/%3Fi%3D122%26p%3Dcfaf%26s%3Dstyle-jbqsy43l>
- [https://zh-yue.m.wikipedia.org/wiki/File:L-Glutamins%C3%A4ure\\_-\\_L-Glutamic\\_acid.svg](https://zh-yue.m.wikipedia.org/wiki/File:L-Glutamins%C3%A4ure_-_L-Glutamic_acid.svg)
- <https://www.youtube.com/watch?v=iQsu3Kz9NYo&t=48s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=6mQGNDnOyH8>

Täna kuulamast –  
vaatamast!

Ülle Irdt