



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 10: Δομή και λειτουργία του DNA

Γεώργιος Παπαδόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 10: Δομή και λειτουργία του DNA

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

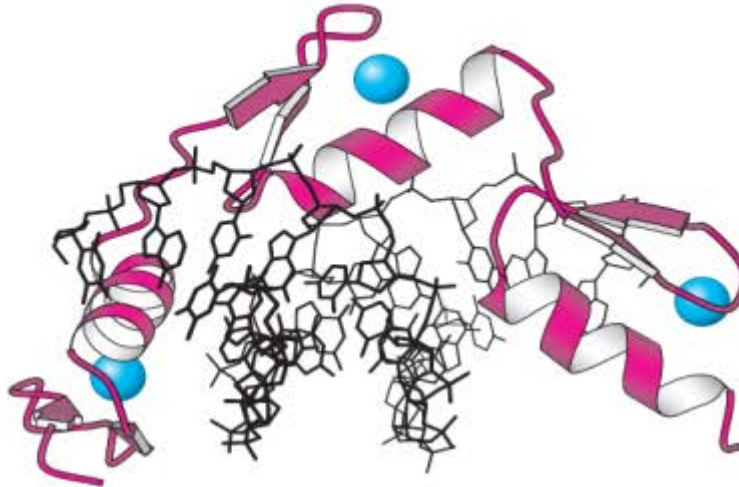
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



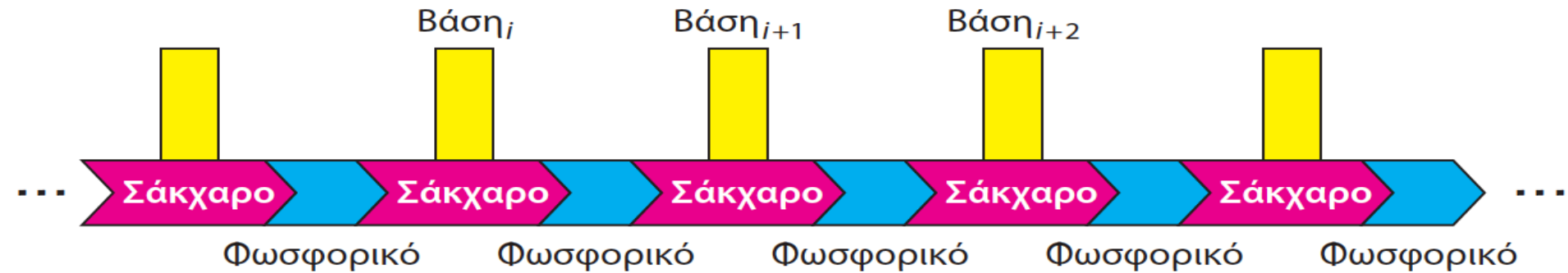
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



DNA, RNA και η ροή των γενετικών πληροφοριών



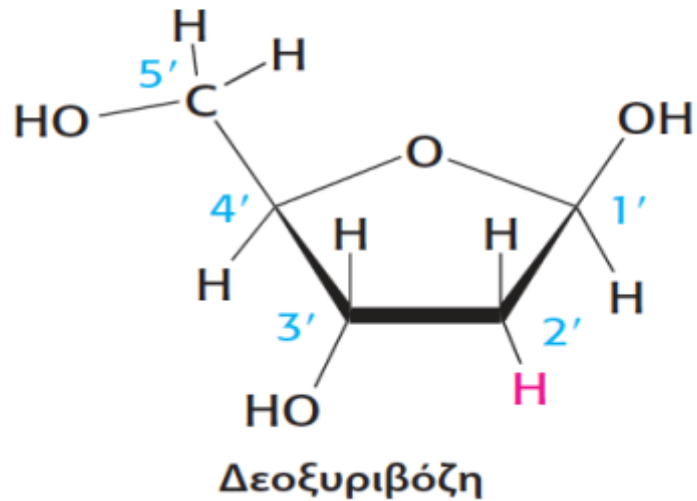
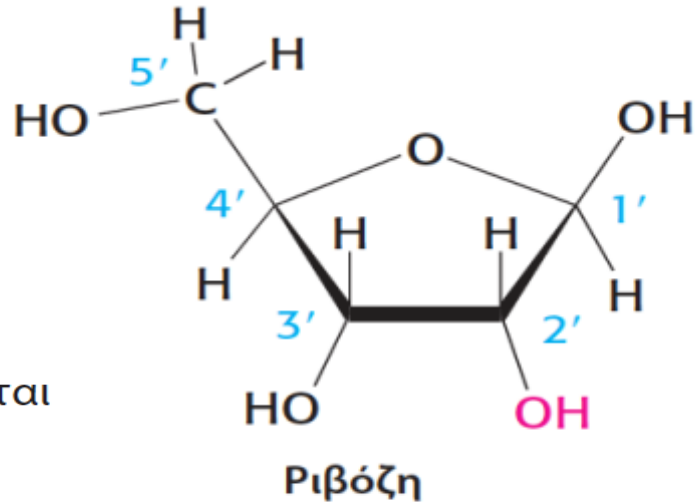
Η ομοιότητα μεταξύ μιας μητέρας και των θυγατέρων της οφείλεται στα κοινά γονίδια. Τα γονίδια πρέπει να εκφραστούν για να έχουν οποιοδήποτε αποτέλεσμα, και η έκφραση αυτή ρυθμίζεται από πρωτεΐνες. Μία τέτοια ρυθμιστική πρωτεΐνη, η πρωτεΐνη με δάκτυλο ψευδαργύρου (τα ιόντα ψευδαργύρου δείχνονται με μπλε, η πρωτεΐνη με κόκκινο), παρουσιάζεται στο σχήμα, δεσμευμένη σε μια ρυθμιστική περιοχή του DNA (μαύρο). [(Αριστερά) Barnaby Hall/Photonica. (Δεξιά) Σχεδιασμένο από 1AAY.pdb.]

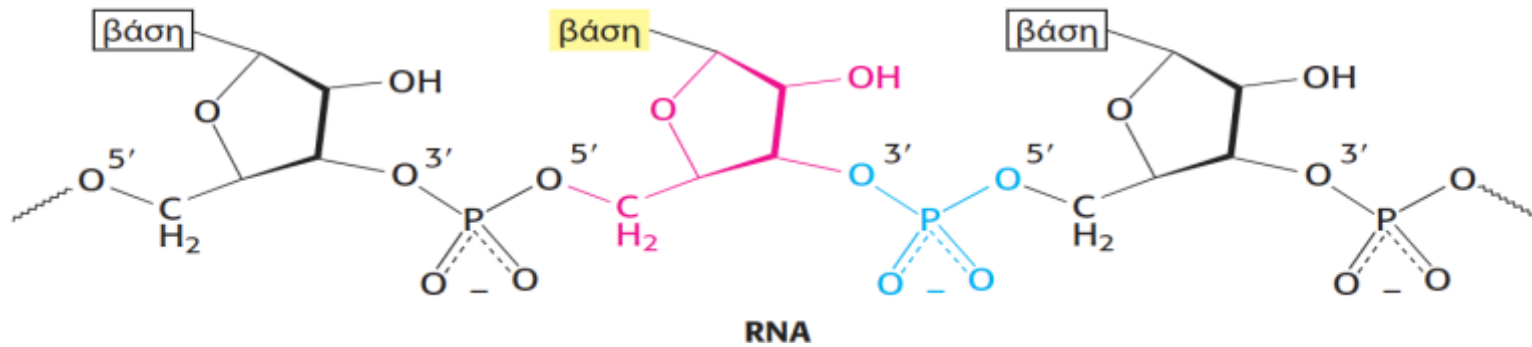
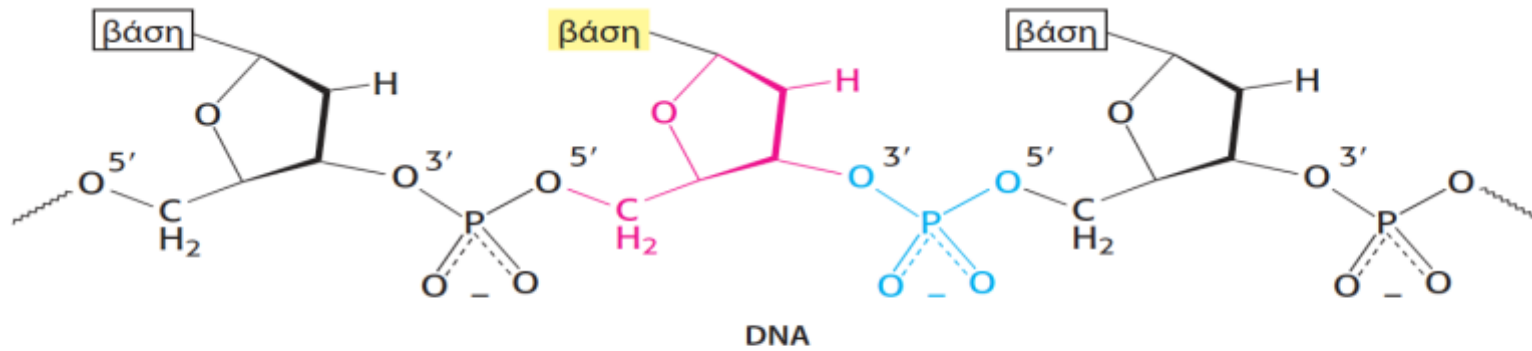


Εικόνα 4.1 Η πολυμερής δομή των νουκλεϊκών οξέων.



Εικόνα 4.2 Ριβόζη και δεοξυριβόζη. Τα άτομα στα τμήματα σακχάρων αριθμούνται και τονίζονται για να διακρίνονται από τα άτομα των βάσεων (βλ. Εικόνα 4.4).

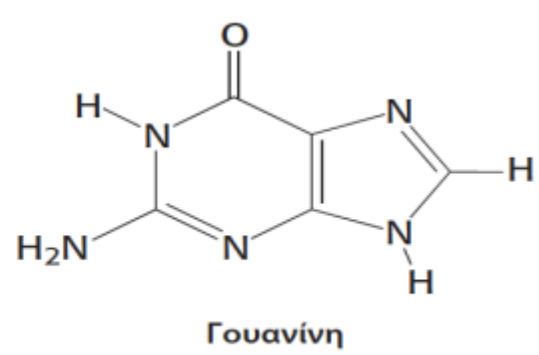
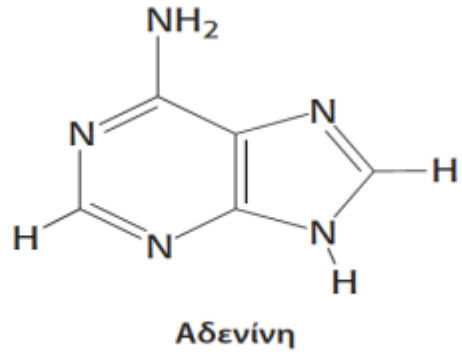
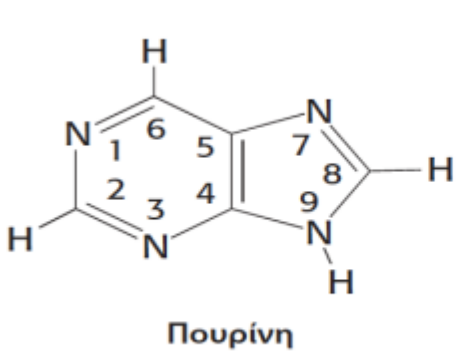




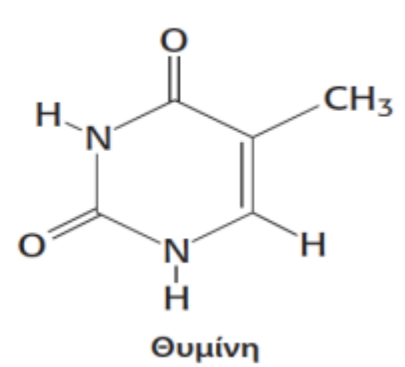
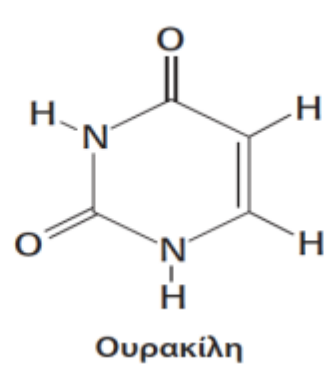
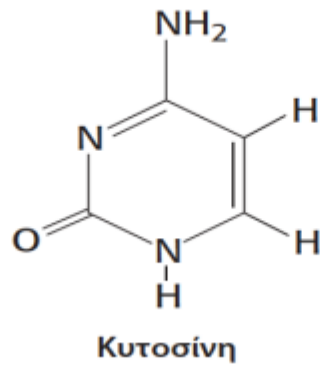
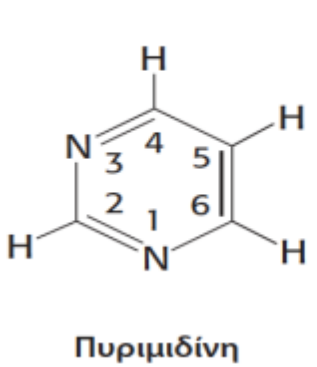
Εικόνα 4.3 Ο κορμός του DNA και του RNA. Ο κορμός αυτών των νουκλεϊκών οξέων σχηματίζεται με φωσφοδιεστερικούς δεσμούς 3'-προς-5'. Η μονάδα σακχάρου τονίζεται με κόκκινο χρώμα και η φωσφορική ομάδα με μπλε χρώμα.



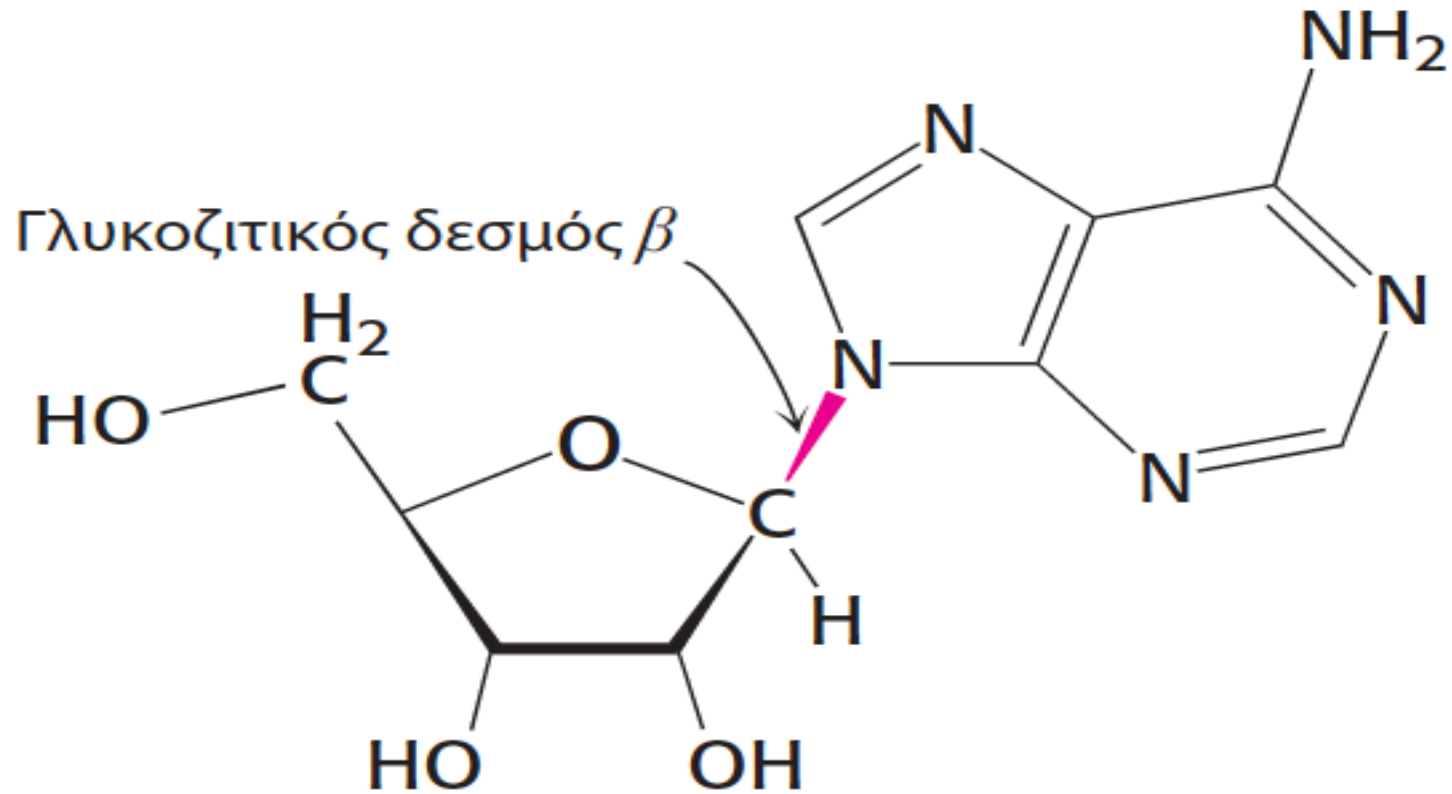
ΠΟΥΡΙΝΕΣ



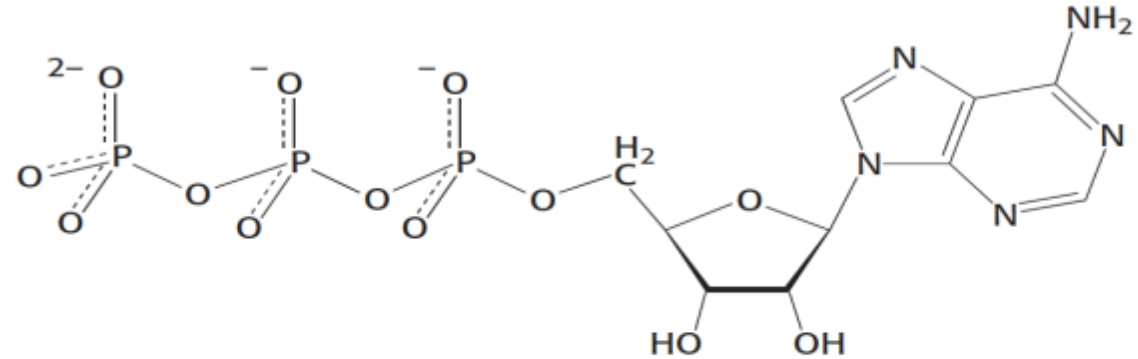
ΠΥΡΙΜΙΔΙΝΕΣ



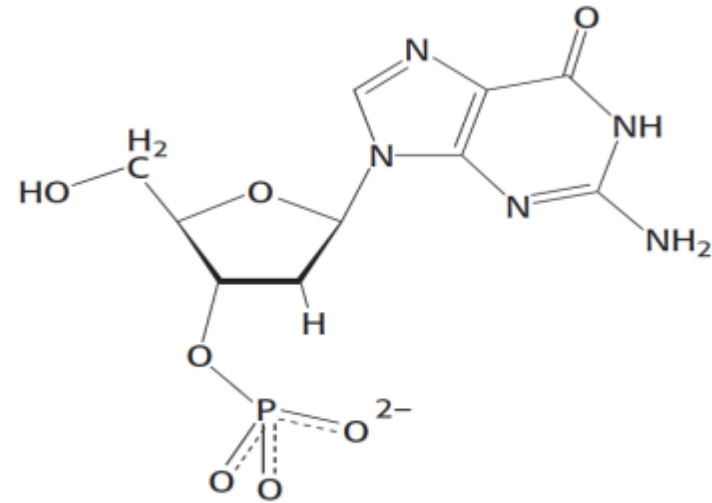
Εικόνα 4.4 Πουρίνες και πυριμιδίνες. Τα άτομα στις βάσεις αριθμούνται χωρίς τόνους. Στο RNA χρησιμοποιείται η ουρακίλη αντί της θυμίνης.



Εικόνα 4.5 Ο γλυκοζιτικός δεσμός β σε έναν νουκλεοζίτη.

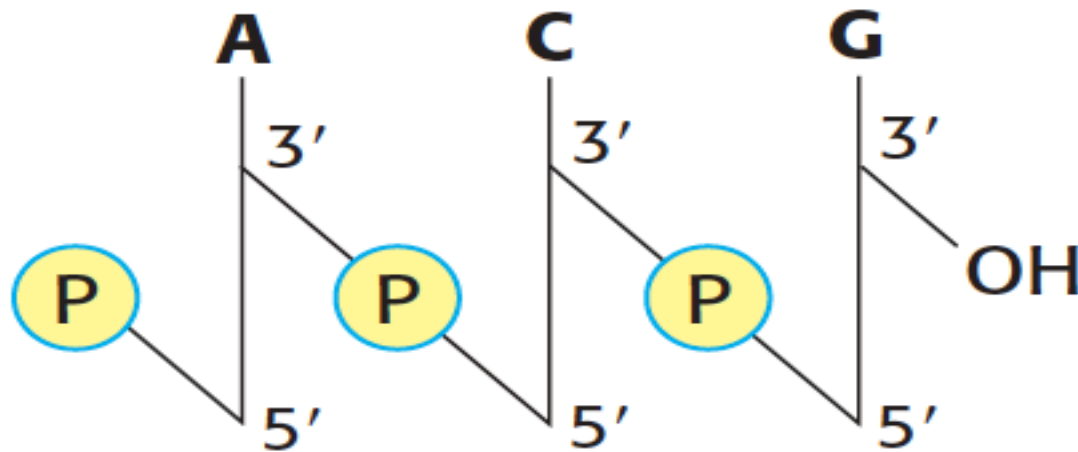


5'-ATP



3'-dGMP

**Εικόνα 4.6 Τα νουκλεοτίδια
5'-τριφωσφορική αδενοσίνη (5'-ATP) και
3'-μονοφωσφορική δεοξυγουανοσίνη
(3'-dGMP).**

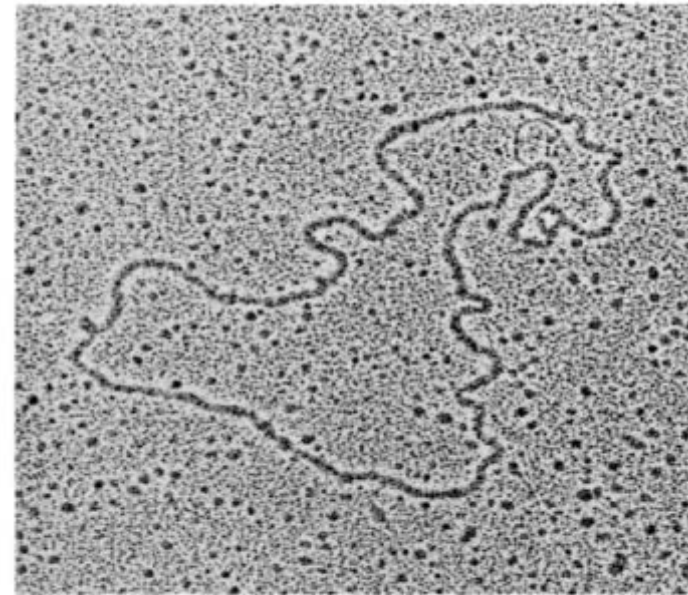


Εικόνα 4.7 Η δομή της αλυσίδας του DNA.

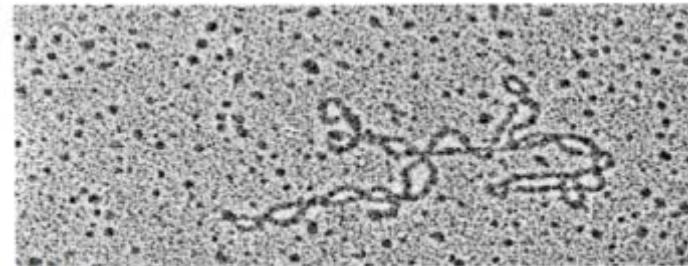
Η αλυσίδα έχει ένα άκρο 5', που συνήθως είναι συνδεδεμένο με φωσφορική ομάδα, και ένα άκρο 3', που συνήθως είναι μια ελεύθερη υδροξυλική ομάδα.



Εικόνα 4.17 Ηλεκτρονιομικρογραφίες κυκλικού DNA μιτοχονδρίων. (A) Χαλαρή μορφή. (B) Υπερσπειρωμένη μορφή.
[Ευγενική προσφορά Dr. David Clayton.]



(A)



(B)



Εικόνα 4.8 Ηλεκτρονιομικρογραφία ενός τμήματος του γονιδιώματος της *E. coli*. [Dr. Gopal Murti/Science Photo Library/Photo Researchers.]



Εικόνα 4.9 Το ινδικό μούντιακ και τα χρωμοσώματά του. Τα κύτταρα του θηλυκού ινδικού μούντιακ (δεξιά) περιέχουν τρία ζεύγη πολύ μεγάλων χρωμοσωμάτων (χρωματισμένα πορτοκαλί). Το κύτταρο της εικόνας είναι υβρίδιο που περιέχει και ένα ζεύγος ανθρώπινων χρωμοσωμάτων (χρωματισμένα πράσινα) για σύγκριση. [(Αριστερά) M. Birkhead, OSF / Animals Animals. (Δεξιά) J.-Y. Lee, M. Koi, E. J. Stanbridge, M. Oshimura, A. T. Kumamoto and A. P. Feinberg, *Nature Genetics* 7:30, (1994).]

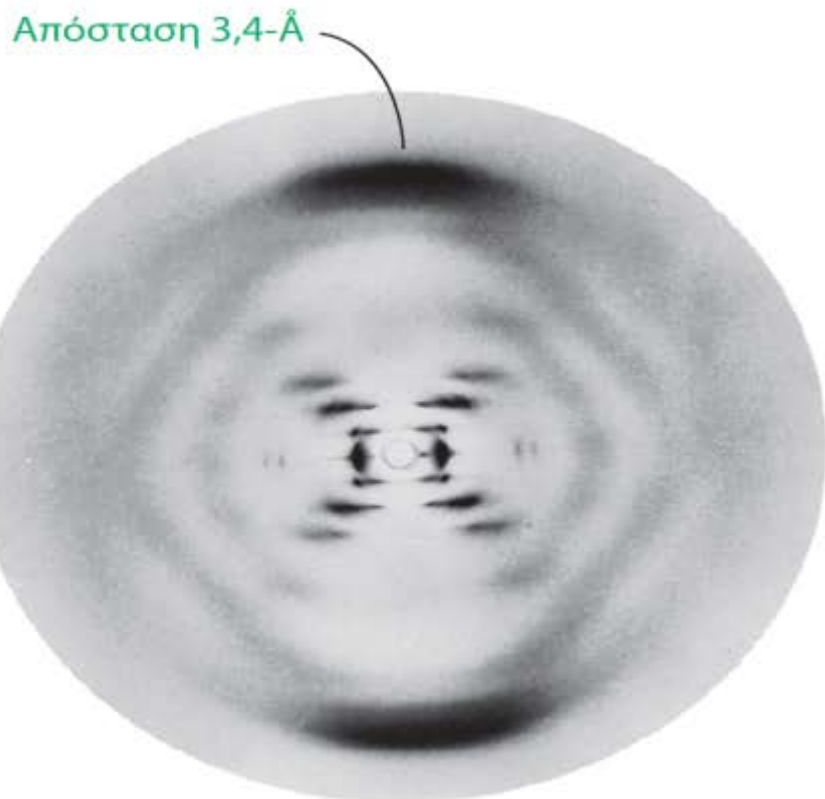
**Πίνακας 4.1** Η πειραματικώς προσδιορισμένη σύσταση βάσεων ορισμένων οργανισμών

| Οργανισμός | A : T | G : C | A : G |
|----------------------------|-------|-------|-------|
| Άνθρωπος | 1,00 | 1,00 | 1,56 |
| Σολομός | 1,02 | 1,02 | 1,43 |
| Σιτάρι | 1,00 | 0,97 | 1,22 |
| Ζυμομύκητας | 1,03 | 1,02 | 1,67 |
| <i>Escherichia coli</i> | 1,09 | 0,99 | 1,05 |
| <i>Serratia marcescens</i> | 0,95 | 0,86 | 0,70 |



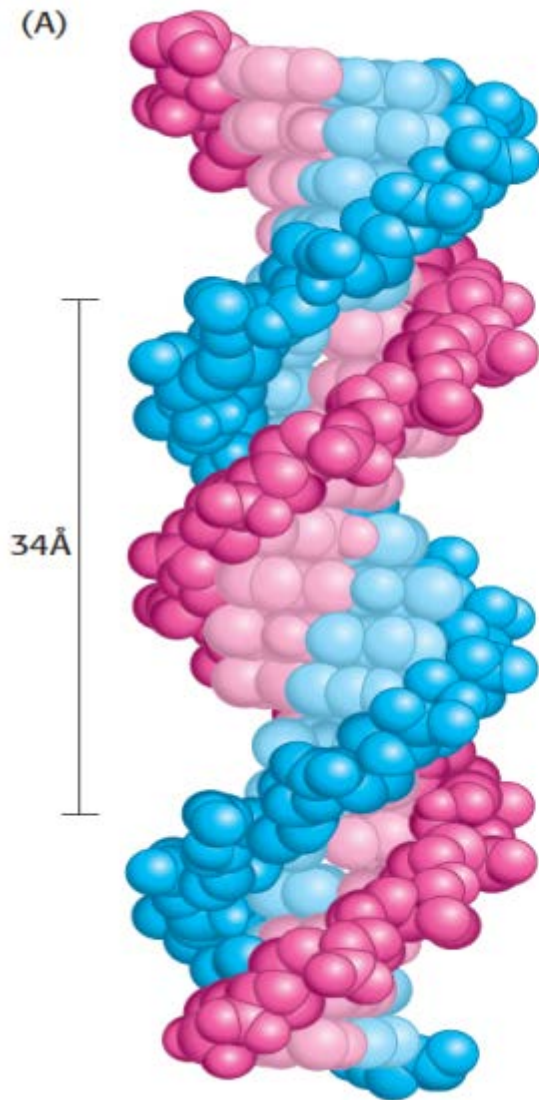
Εικόνα 4.10 Φωτογραφία περίθλασης ακτίνων Χ μιας ενυδατωμένης ίνας DNA.

Όταν ακτινοβολούνται οι κρύσταλλοι ενός βιομορίου με ακτίνες Χ, οι ακτίνες Χ περιθλώνται και εμφανίζονται σαν μια σειρά κηλίδων, που ονομάζονται αντανάκλασεις, σε μια οθόνη πίσω από τον κρύσταλλο. Η δομή του μορίου μπορεί να καθοριστεί από το σχήμα των αντανάκλασεων (Υποκεφάλαιο 3.6). Όσον αφορά τους κρυστάλλους του DNA, το σχήμα Χ στο κέντρο αποτελεί διαγνωστικό στοιχείο της ύπαρξης μιας ελικοειδούς δομής. Τα έντονα μεσημβρινά τόξα προέρχονται από το στοίβαγμα των νουκλεοτιδικών βάσεων που βρίσκονται σε απόσταση 3,4 Å μεταξύ τους. [Ευγενική προσφορά Dr. Maurice Wilkins.]





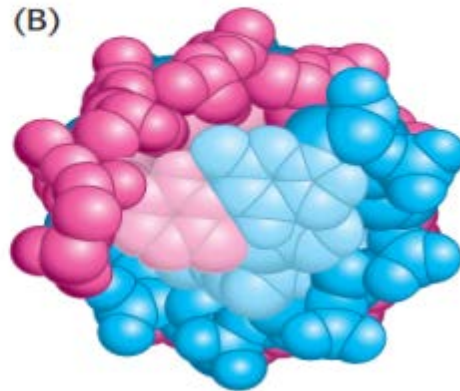
(A)

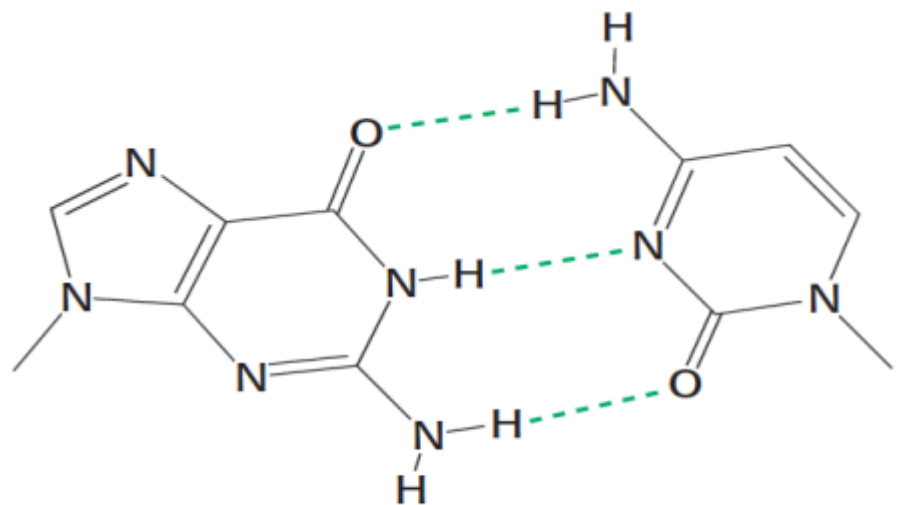


Εικόνα 4.11 Το μοντέλο Watson-Crick της διπλής έλικας DNA. Η μία πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα παρουσιάζεται με μπλε χρωμα, ενώ η άλλη με κόκκινο.

Οι βάσεις πουρίνης και πυριμιδίνης παρουσιάζονται με πιο ανοιχτά χρώματα απ' ό,τι ο φωσφοσακχαρικός κορμός. (A) Πλάγια όψη της έλικας. Η δομή επαναλαμβάνεται κατά μήκος του άξονα της διπλής έλικας (καθέτως), σε απόσταση 34 \AA , που αντιστοιχεί σε 10 νουκλεοτίδια της κάθε αλυσίδας. (B) Εγκάρσια τομή της διπλής έλικας.

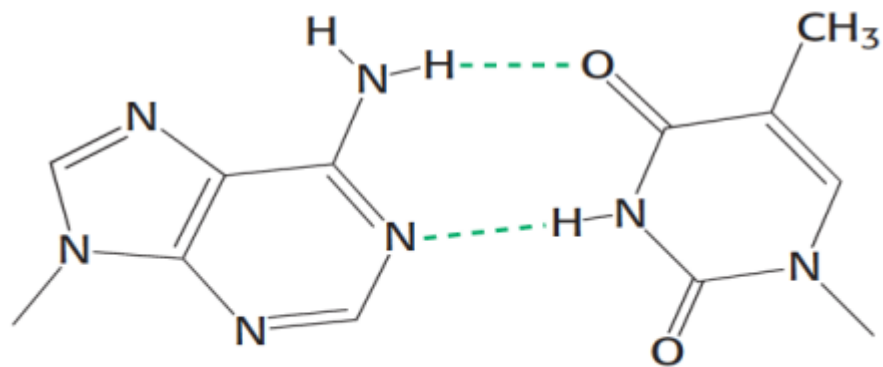
(B)





Γουανίνη

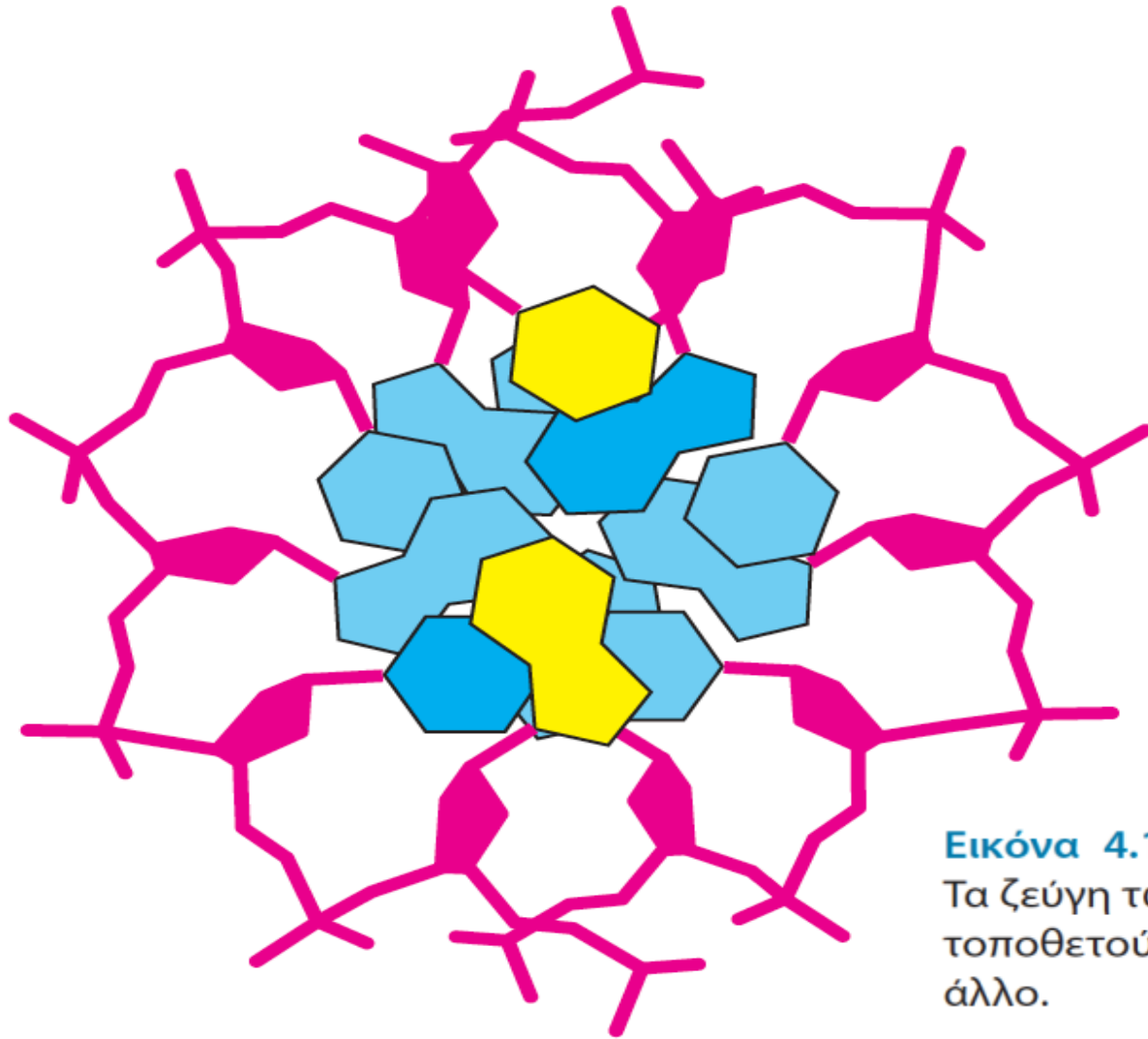
Κυτοσίνη



Αδενίνη

Θυμίνη

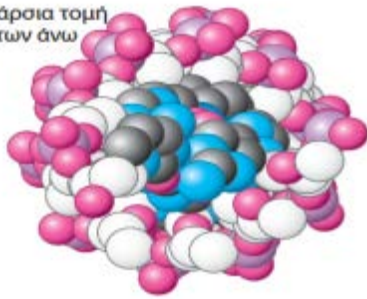
Εικόνα 4.12 Δομές των ζευγών βάσεων σύμφωνα με την πρόταση των Watson και Crick.



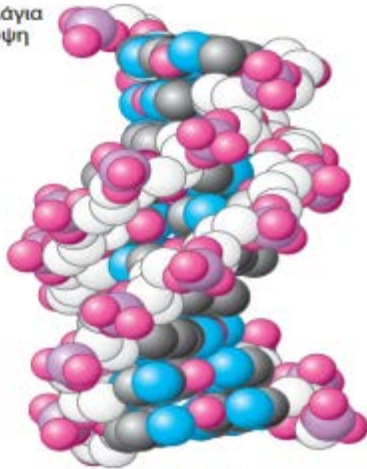
Εικόνα 4.13 Εγκάρσια όψη του DNA. Τα ζεύγη των βάσεων στη διπλή έλικα τοποθετούνται σχεδόν το ένα επάνω στο άλλο.



Εγκάρσια τομή
ΕΚ ΤΩΝ ΑΝΩ




Πλάγια
όψη

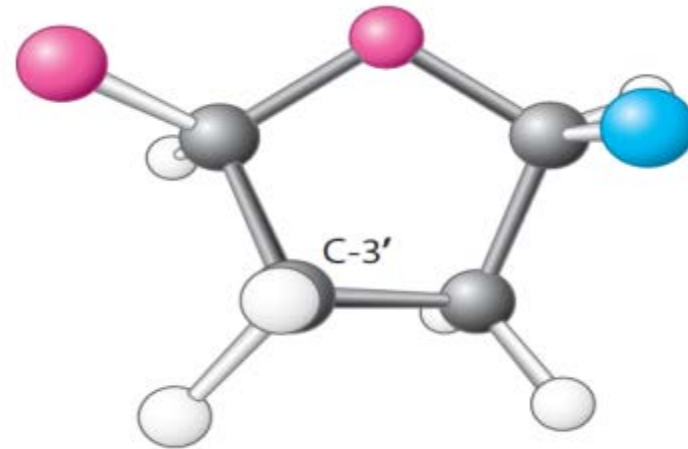


Μορφή Β



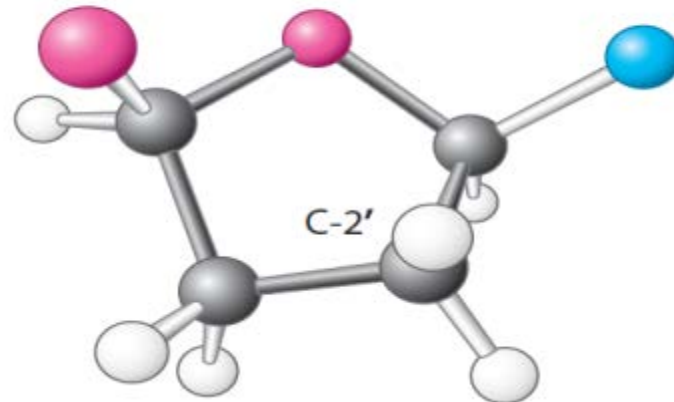
Μορφή Α

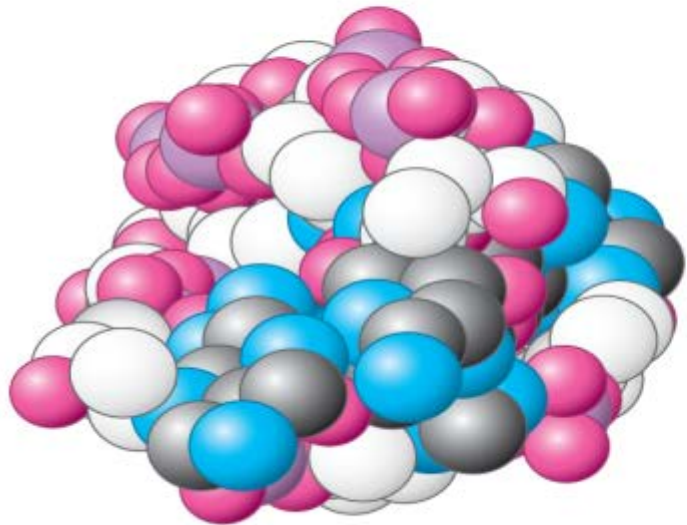
 **Εικόνα 4.14 Μορφή Β και μορφή Α του DNA.** Τα χρωσπηρωτικά μοντέλα 10 ζευγών βάσεων των μορφών Β και Α του DNA απεικονίζουν τη δεξιόστροφη ελικοειδή δομή τους. Παρατηρήστε ότι η έλικα μορφής Β είναι μακρύτερη και στενότερη από την έλικα μορφής Α. Τα άτομα άνθρακα του κορμού απεικονίζονται με λευκό χρώμα. [Σχεδιασμένο από 1BNA.pdb και 1DNZ.pdb.]



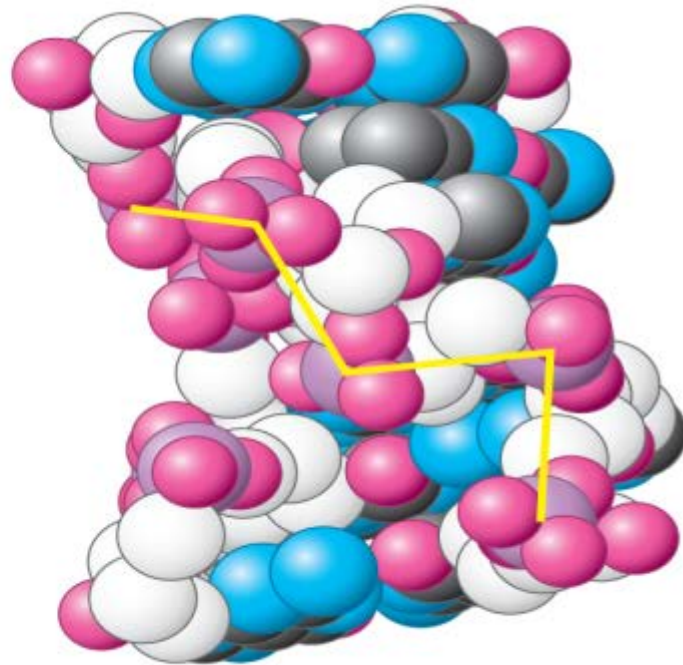
C-3' ενδο (μορφή A)

Εικόνα 4.15 Η παραμόρφωση των σακχάρων. Στο DNA μορφής A, το άτομο άνθρακα C-3' βρίσκεται εκτός του επιπέδου, το οποίο περίπου καθορίζεται από τα υπόλοιπα τέσσερα, πλην των υδρογόνων, άτομα του σακχάρου (δομή που ονομάζεται C-3' ενδο). Στο DNA μορφής B, όλες οι δεοξυριβόζες βρίσκονται σε διαμόρφωση C-2' ενδο, στην οποία το άτομο C-2' βρίσκεται εκτός του επιπέδου.






Εγκάρσια τομή εκ των άνω



Πλάγια όψη

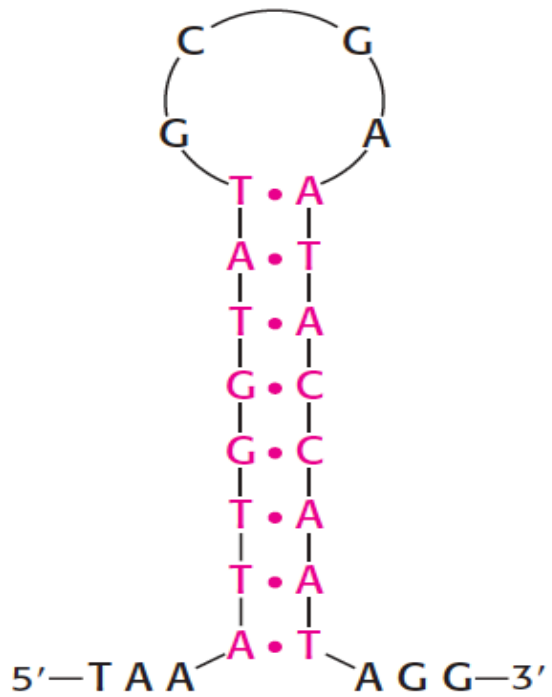
 **Εικόνα 4.16 Z-DNA.** Ολιγομερή μόρια DNA όπως το CGCGCG βρίσκονται σε μια εναλλακτική στερεοδιάταξη που ονομάζεται Z-DNA, επειδή οι φωσφορικές ομάδες σχηματίζουν ζιγκ-ζάγκ κατά μήκος του σκελετού. [Σχεδιασμένο από 131D.pdb.]



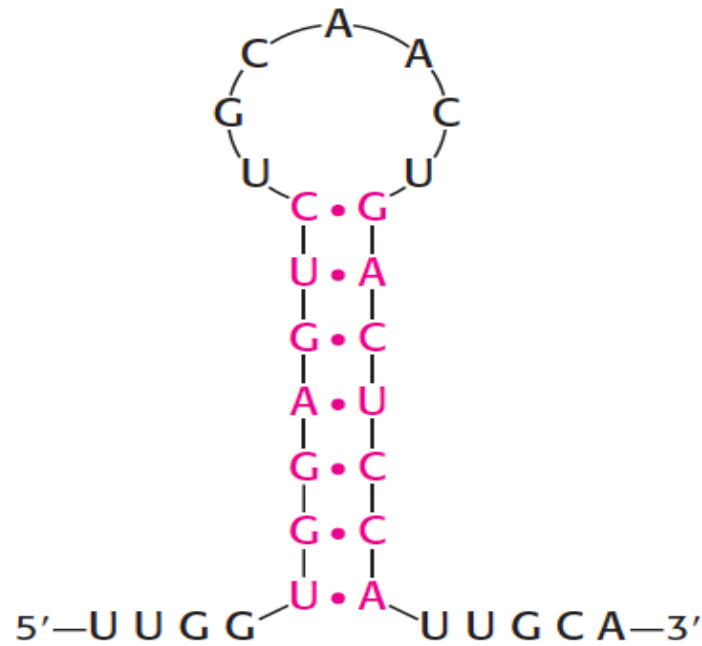
Πίνακας 4.2 Σύγκριση των A-, B- και Z-DNA

| | Τύπος έλικας | | |
|--|--------------|-------------|---|
| | A | B | Z |
| Σχήμα | Το παχύτερο | Ενδιάμεσο | Το λεπτότερο |
| Άνοδος κατά μήκος της έλικας ανά ζεύγος βάσεων | 2,3 Å | 3,4 Å | 3,8 Å |
| Διάμετρος έλικας | 25,5 Å | 23,7 Å | 18,4 Å |
| Φορά έλικας | Δεξιόστροφη | Δεξιόστροφη | Αριστερόστροφη |
| Γλυκοζιτικός δεσμός* | <i>αντι</i> | <i>αντι</i> | Εναλλασσόμενοι <i>αντι</i> και <i>συν</i> |
| Ζεύγη βάσεων ανά στροφή έλικας | 11 | 10,4 | 12 |
| Μήκος βήματος έλικας | 25,3 Å | 35,4 Å | 45,6 Å |
| Κλίση ζευγών βάσεων από την κάθετο προς τον άξονα της έλικας | 19° | 1° | 9° |

*Οι όροι *συν* και *αντι* αναφέρονται στον προσανατολισμό του N-γλυκοζιτικού δεσμού σε σχέση με τη βάση και τη δεοξυριβόζη. Στον προσανατολισμό *αντι* η βάση εκτείνεται σε αντίθετη κατεύθυνση από τη δεοξυριβόζη. Στον προσανατολισμό *συν* η βάση βρίσκεται επάνω από τη δεοξυριβόζη. Οι πυριμιδίνες μπορούν να έχουν μόνο προσανατολισμό *αντι*, ενώ οι πουρίνες μπορούν να έχουν προσανατολισμό είτε *αντι* είτε *συν*.



Μόριο DNA

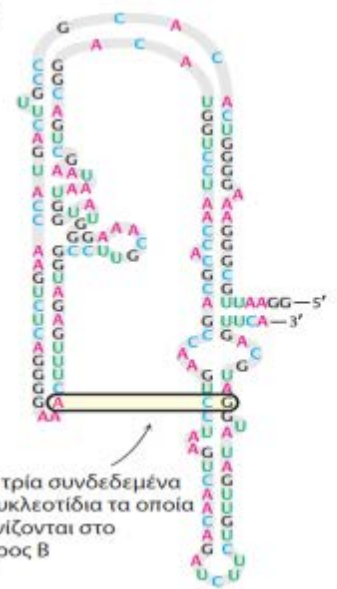


Μόριο RNA

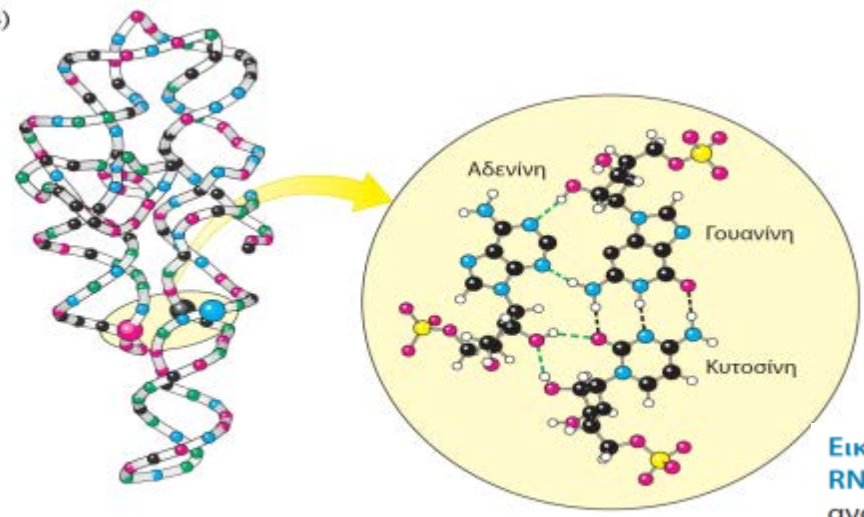
Εικόνα 4.18 Δομές στελέχους-βρόχου. Σε μονόκλινα μόρια DNA και RNA μπορούν να σχηματιστούν δομές στελέχους-βρόχου.



(A)



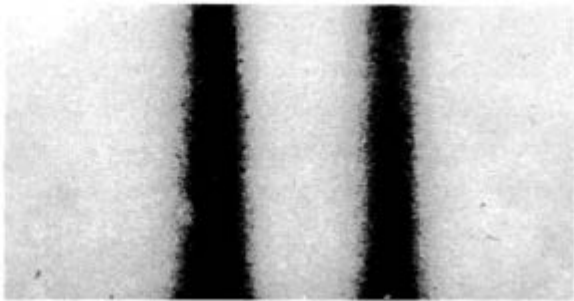
(B)



Εικόνα 4.19 Πολύπλοκη δομή ενός μορίου RNA. Ένα μονόκλωνο μόριο RNA μπορεί να αναδιπλωθεί και να σχηματίσει πολύπλοκες δομές. (A) Η αλληλουχία νουκλεοτιδίων που σχηματίζουν ζεύγη βάσεων τύπου Watson-Crick και άλλες περιοχές όπου υπάρχουν μη τυπικές ζεύξεις βάσεων, σε μια δομή στελέχους-βρόχου. (B) Η τριδιάστατη δομή και μια σημαντική αλληλεπίδραση μεγάλης απόστασης στον χώρο, μεταξύ τριών βάσεων. Στην τριδιάστατη δομή αριστερά, τα νουκλεοτίδια της κυτιδίνης παρουσιάζονται με μπλε χρώμα, της αδενοσίνης με κόκκινο, της γουανοσίνης με μαύρο και της ουριδίνης με πράσινο. Στη λεπτομερή προβολή (δεξιά), οι δεσμοί υδρογόνου στα ζεύγη βάσεων τύπου Watson-Crick παρουσιάζονται με μαύρες διακεκομμένες γραμμές, ενώ οι υπόλοιποι δεσμοί υδρογόνου δείχνονται με πράσινες διακεκομμένες γραμμές.



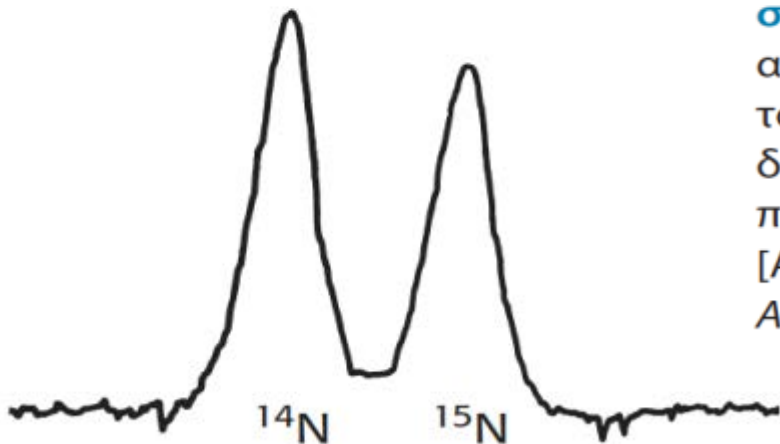
(A)



^{14}N

^{15}N

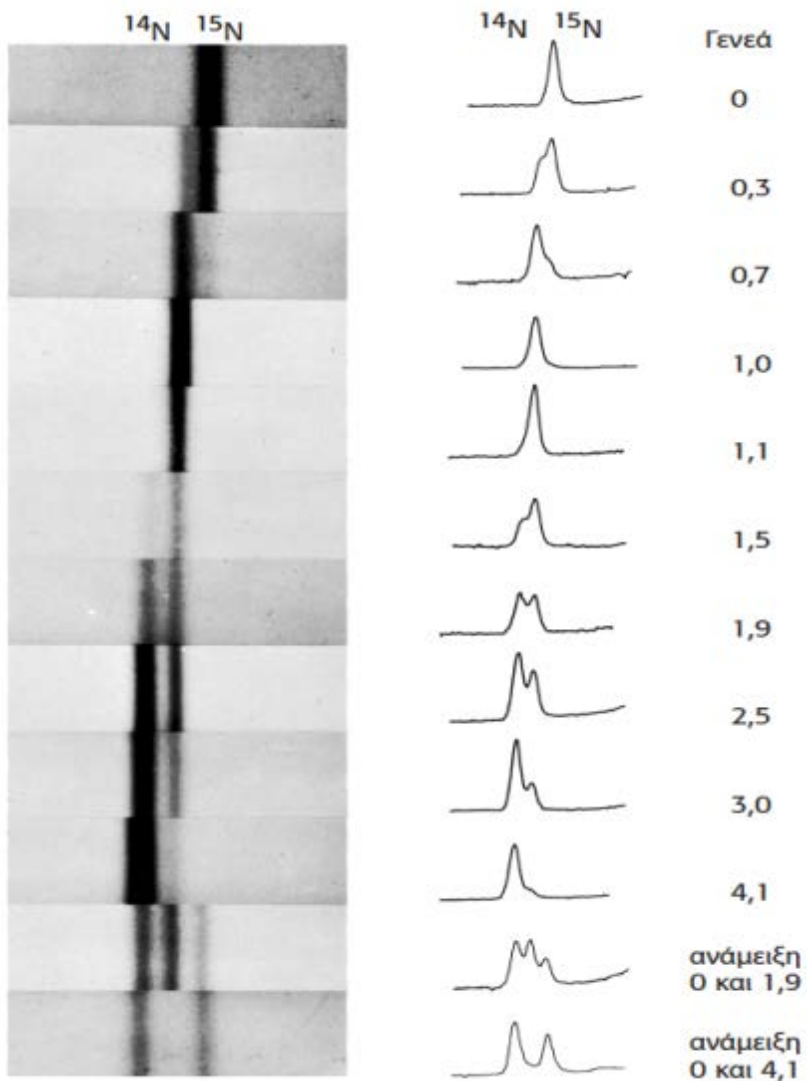
(B)



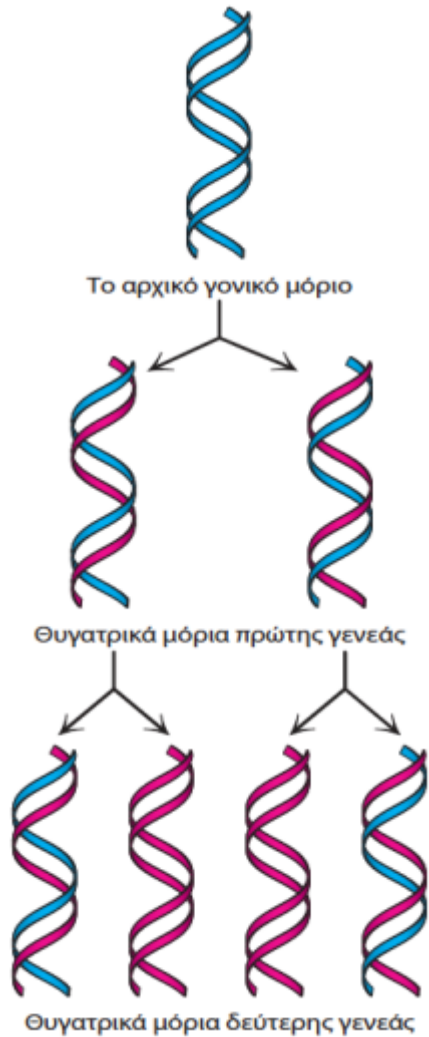
^{14}N

^{15}N

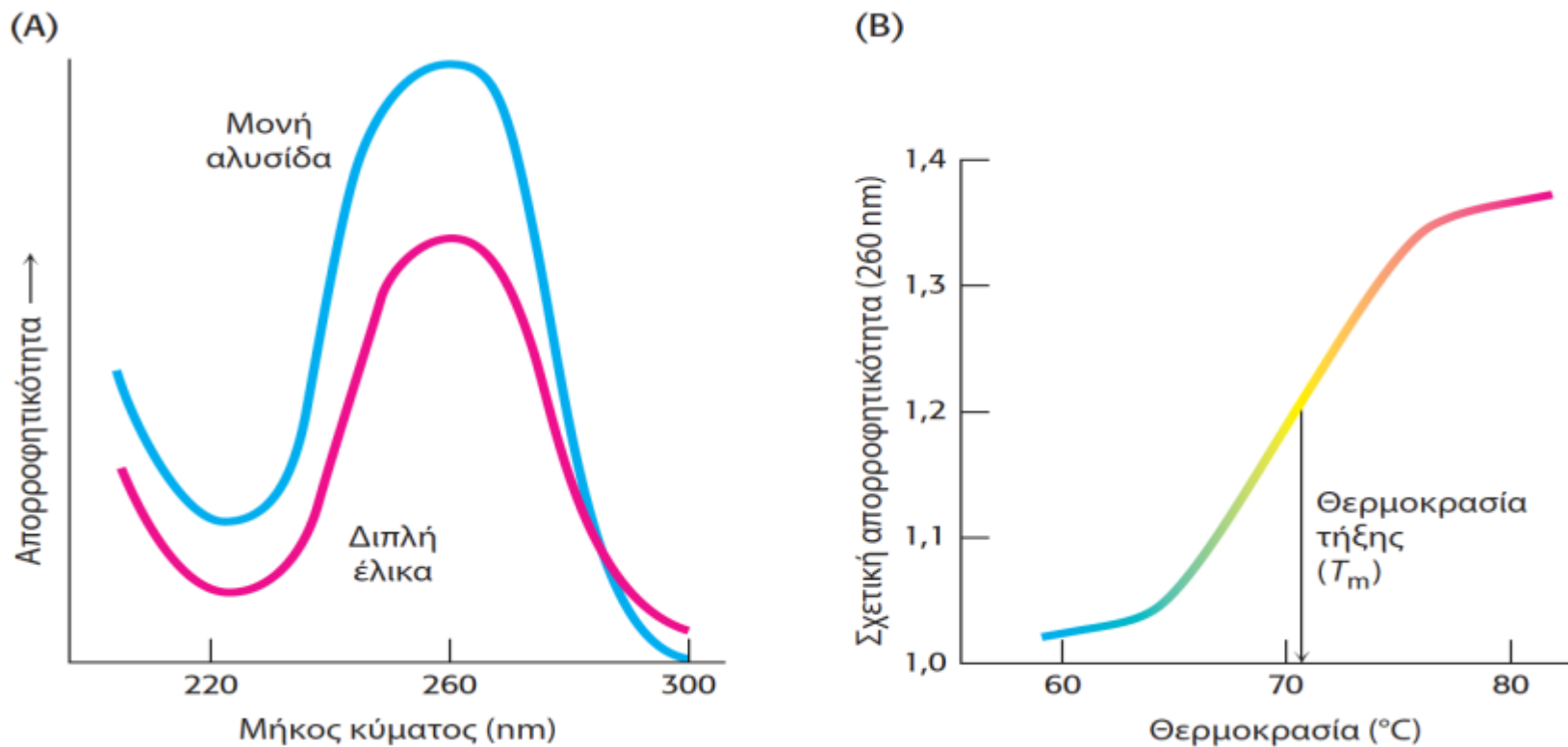
Εικόνα 4.20 Διαχωρισμός του DNA με ^{14}N από το DNA με ^{15}N μέσω φυγοκέντρησης σε βαθμίδωση πυκνότητας. (A) Φωτογραφία απορρόφησης υπεριώδους ακτινοβολίας του φυγοκεντρικού σωλήνα, όπου φαίνονται δύο διακριτές ζώνες DNA. (B) Πυκνομετρική παράσταση της φωτογραφίας απορρόφησης. [Από M. Meselson and F.W. Stahl, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 44:671-682, 1958.]



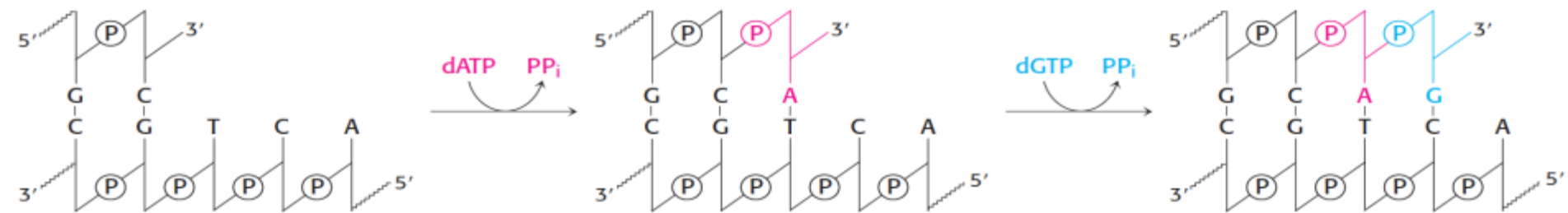
Εικόνα 4.21 Ανίχνευση του ημισυντηρητικού τρόπου αντιγραφής του DNA από την *E. coli* μέσω φυγοκέντρησης σε βαθμίδωση πυκνότητας. Η θέση μιας ζώνης του DNA εξαρτάται από την περιεκτικότητά της σε ^{14}N και ^{15}N . Μετά από μία γενεά, όλα τα μόρια DNA είναι υβρίδια που περιέχουν ίσες ποσότητες ^{14}N και ^{15}N . [Από M. Meselson and F.W. Stahl, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 44:671-682, 1958.]



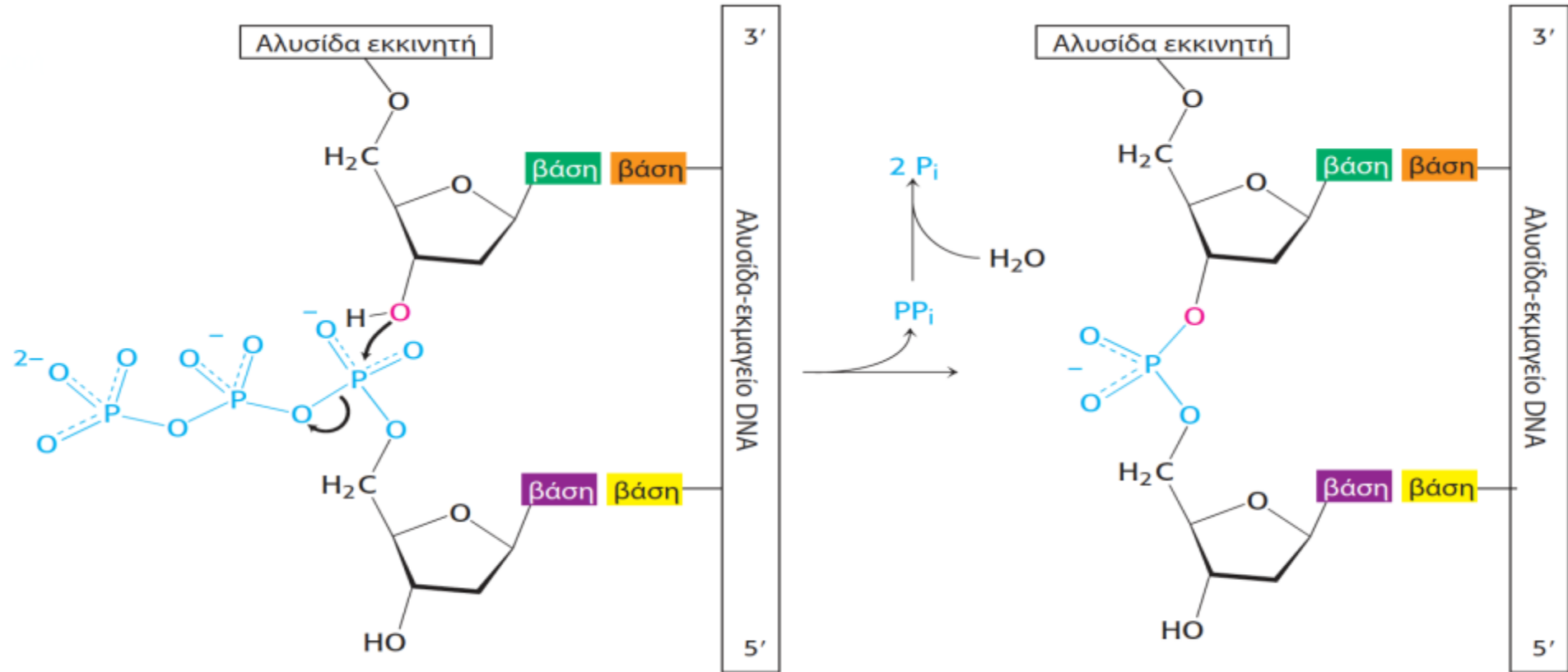
Εικόνα 4.22 Διάγραμμα ημισυντηρητικής αντιγραφής. Το γονικό DNA εμφανίζεται με μπλε χρώμα και το νεοσυντιθέμενο DNA με κόκκινο. [Κατά M. Meselson and F.W. Stahl, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 44:671-682, 1958.]



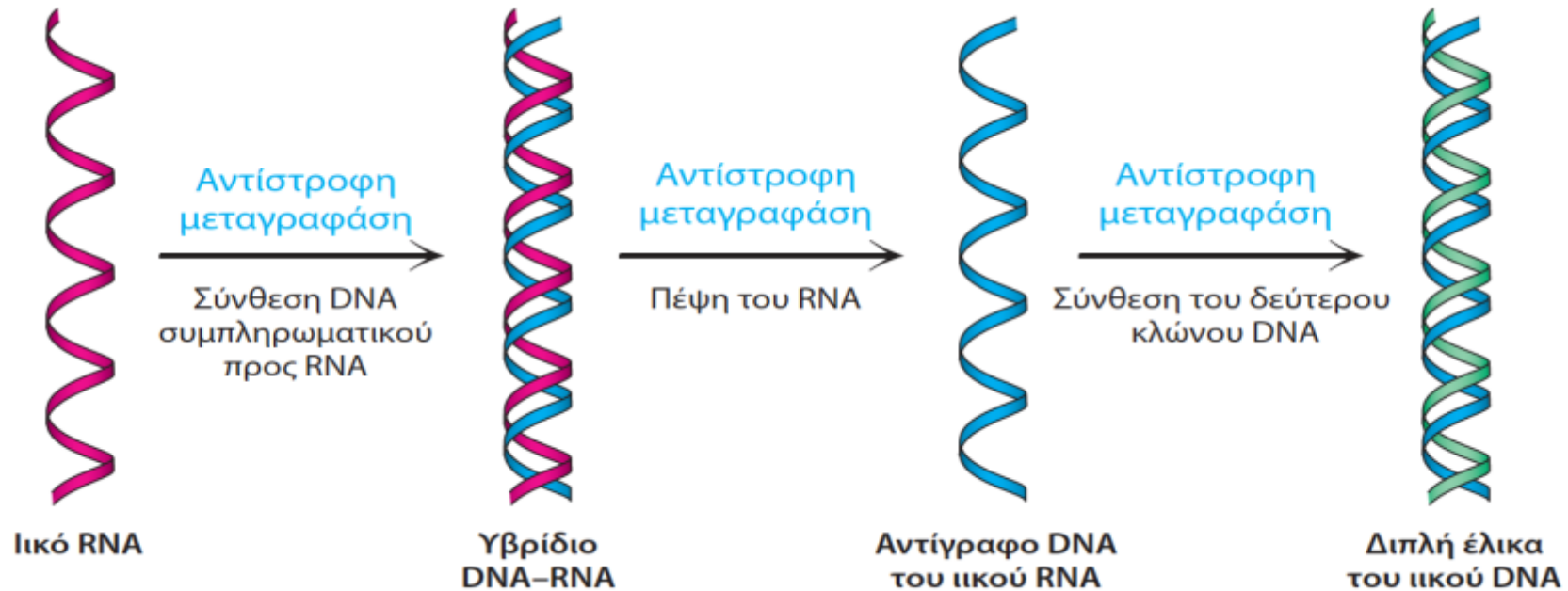
Εικόνα 4.23 Υποχρωμισμός. (A) Το μονόκλωνο DNA απορροφά περισσότερο φως απ' ό,τι το δίκλωνο DNA. (B) Η απορροφητικότητα ενός διαλύματος DNA σε μήκος κύματος 260 nm αυξάνεται καθώς η διπλή έλικα τήκεται σε μονές αλυσίδες.



Εικόνα 4.24 Η αντίδραση πολυμερισμού του DNA που καταλύεται από DNA πολυμεράσες.



Εικόνα 4.25 Η αντίδραση επιμήκυνσης της αλυσίδας DNA. Οι DNA πολυμεράσες καταλύουν τον σχηματισμό μιας φωσφοδιεστερικής γέφυρας.



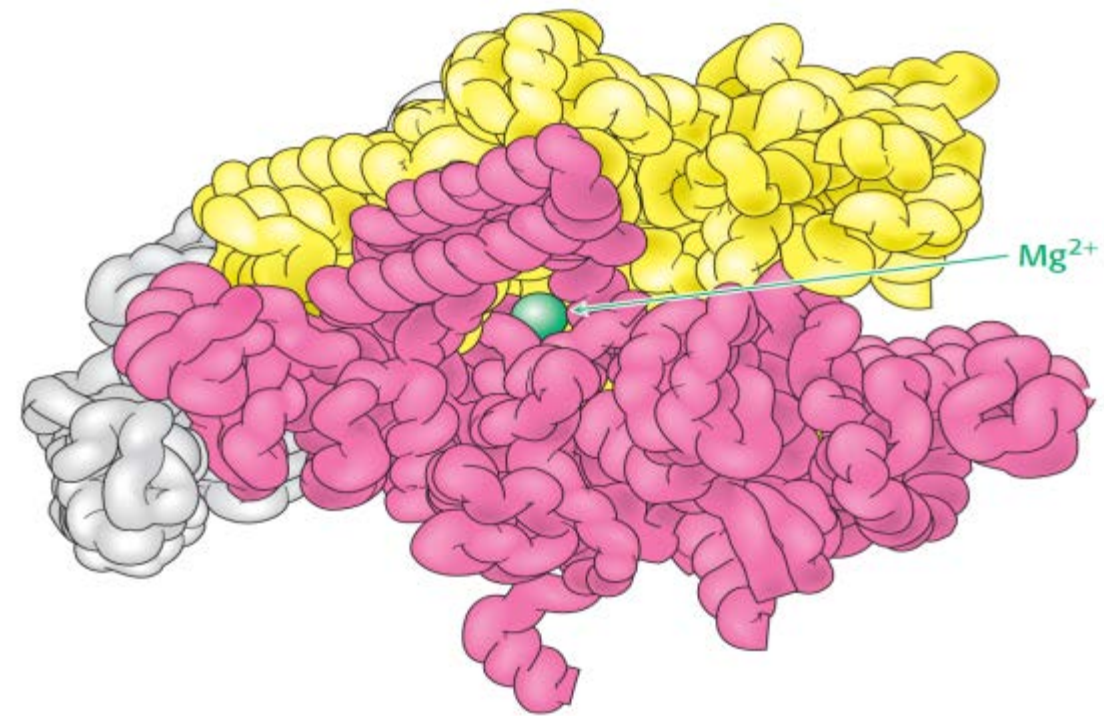
Εικόνα 4.26 Οι πληροφορίες στους ρετροϊούς ρέουν από το RNA προς το DNA.

Το γονιδίωμα του ρετροϊού αποτελείται από RNA και μετατρέπεται σε DNA από την αντίστροφη μεταγραφάση, ένα ένζυμο που μεταφέρεται στο κύτταρο από τον ιό ο οποίος το μολύνει. Η αντίστροφη μεταγραφάση έχει πολλές δραστηριότητες και καταλύει τη σύνθεση μιας συμπληρωματικής αλυσίδας DNA, την υδρόλυση του RNA και ακολούθως τη σύνθεση της αλυσίδας του DNA.



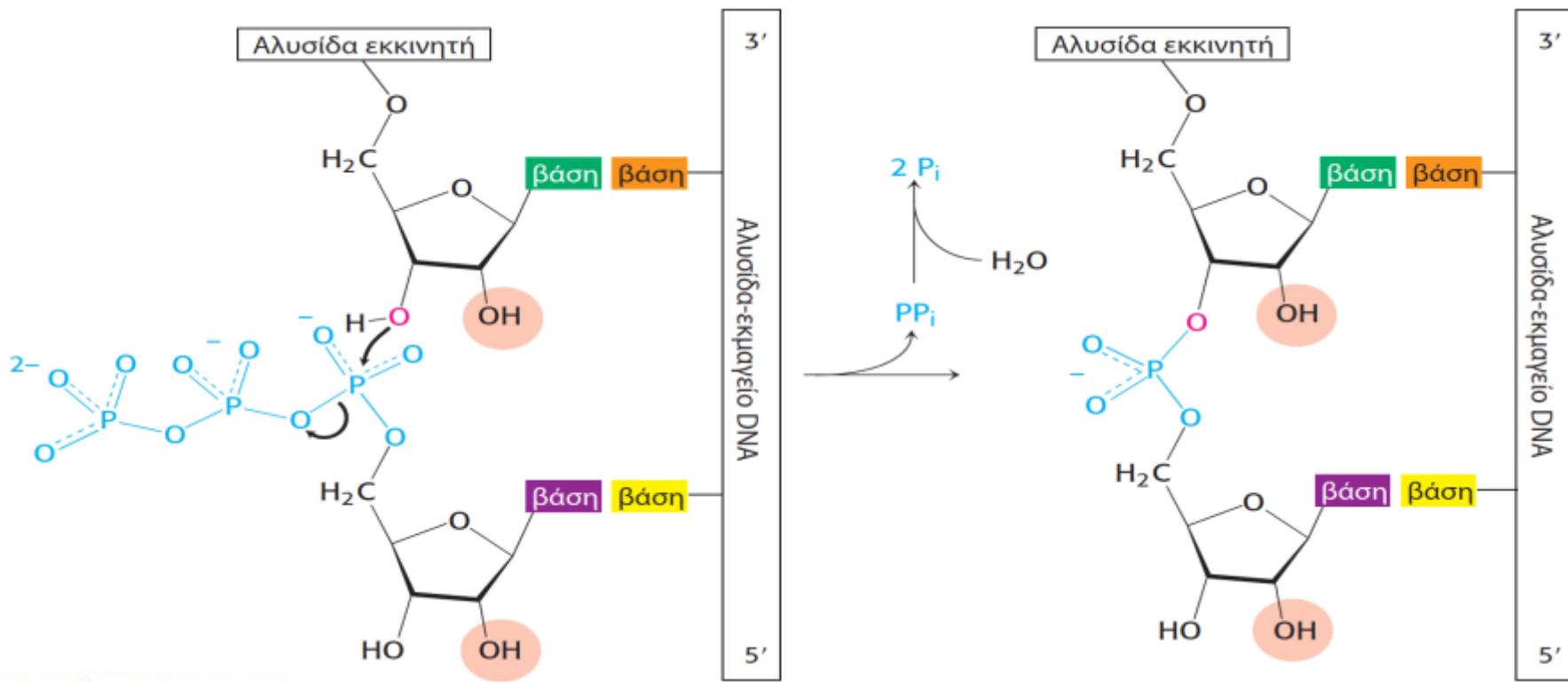
Πίνακας 4.3 Τύποι μορίων RNA στην *E. coli*

| Τύπος | Σχετική ποσότητα % | Συντελεστής καταβύθισης (S) | Μάζα (kd) | Αριθμός νουκλεοτιδίων |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|
| Ριβοσωματικό RNA (rRNA) | 80 | 23 | $1,2 \times 10^3$ | 3700 |
| | | 16 | $0,55 \times 10^3$ | 1700 |
| | | 5 | $3,6 \times 10^1$ | 120 |
| Μεταφορικό RNA (tRNA) | 15 | 4 | $2,5 \times 10^1$ | 75 |
| Αγγελιαφόρο RNA (mRNA) | 5 | | Ετερογενής | |



Εικόνα 4.27 RNA πολυμεράση.

Αυτό το ευμέγεθες ένζυμο αποτελείται από πολλές υπομονάδες, όπως η β (κόκκινο) και η β' (κίτρινο), που σχηματίζουν μια «αρπάγη» (δαγκάνα), η οποία συγκρατεί το DNA, προκειμένου αυτό να μεταγραφεί. Παρατηρήστε ότι το ενεργό κέντρο του ενζύμου περιλαμβάνει ένα Mg^{2+} (πράσινο) στο κέντρο της δομής. Οι κεκαμμένοι σωλήνες, που συνιστούν την πρωτεΐνη στην εικόνα, αντιπροσωπεύουν τον κορμό της πολυπεπτιδικής αλυσίδας του ενζύμου. [Σχεδιασμένο από 1L9Z.pdb.]



Εικόνα 4.28 Ο μηχανισμός μεταγραφής της αντίδρασης επιμήκυνσης της αλυσίδας που καταλύεται από την RNA πολυμεράση.



Πίνακας 4.4 Σύσταση βάσεων (επί τοις εκατό ποσοστό) του RNA που συντίθεται από ένα ιικό εκμαγείο DNA

Εκμαγείο DNA
(αλυσίδα συν, ή
κωδικεύουσα,
του φX174)

ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2014

Προϊόντα RNA

A 25

U 25

T 33

A 32

G 24

C 23

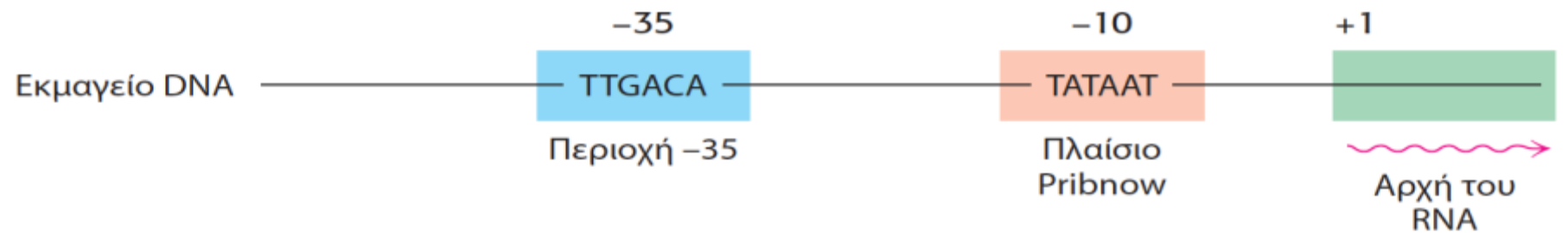
C 18

G 20



5'—GCGGCGACGCGCAGUUAUCCACAGCCGCCAGUUCGCUGGCGGCAU—3' mRNA
3'—CGCCGCTGCGCGTCAATTAGGGTGTCTGGCGGTCAAGGCGACCGCCGTA—5' Αλυσίδα-εκμαγείο DNA
5'—GCGGCGACGCGCAGTTAATCCCACAGCCGCCAGTTCCGCTGGCGGCAT—3' Κωδικεύουσα αλυσίδα DNA

Εικόνα 4.29 Συμπληρωματικότητα μεταξύ mRNA και DNA. Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA (κόκκινο) είναι συμπληρωματική προς την αλληλουχία της αλυσίδας-εκμαγείου του DNA (μπλε). Η αλληλουχία που παρουσιάζεται εδώ είναι από το οπερόνιο της θρυπτοφάνης, δηλαδή ένα τμήμα DNA που περιέχει τα γονίδια των πέντε ενζύμων που καταλύουν τη σύνθεση της θρυπτοφάνης. Η άλλη αλυσίδα του DNA (μαύρο) ονομάζεται κωδικεύουσα διότι έχει την ίδια αλληλουχία με το αντίγραφο του RNA, εκτός από την ύπαρξη ουρακίλης (U) στη θέση της θυμίνης (T).

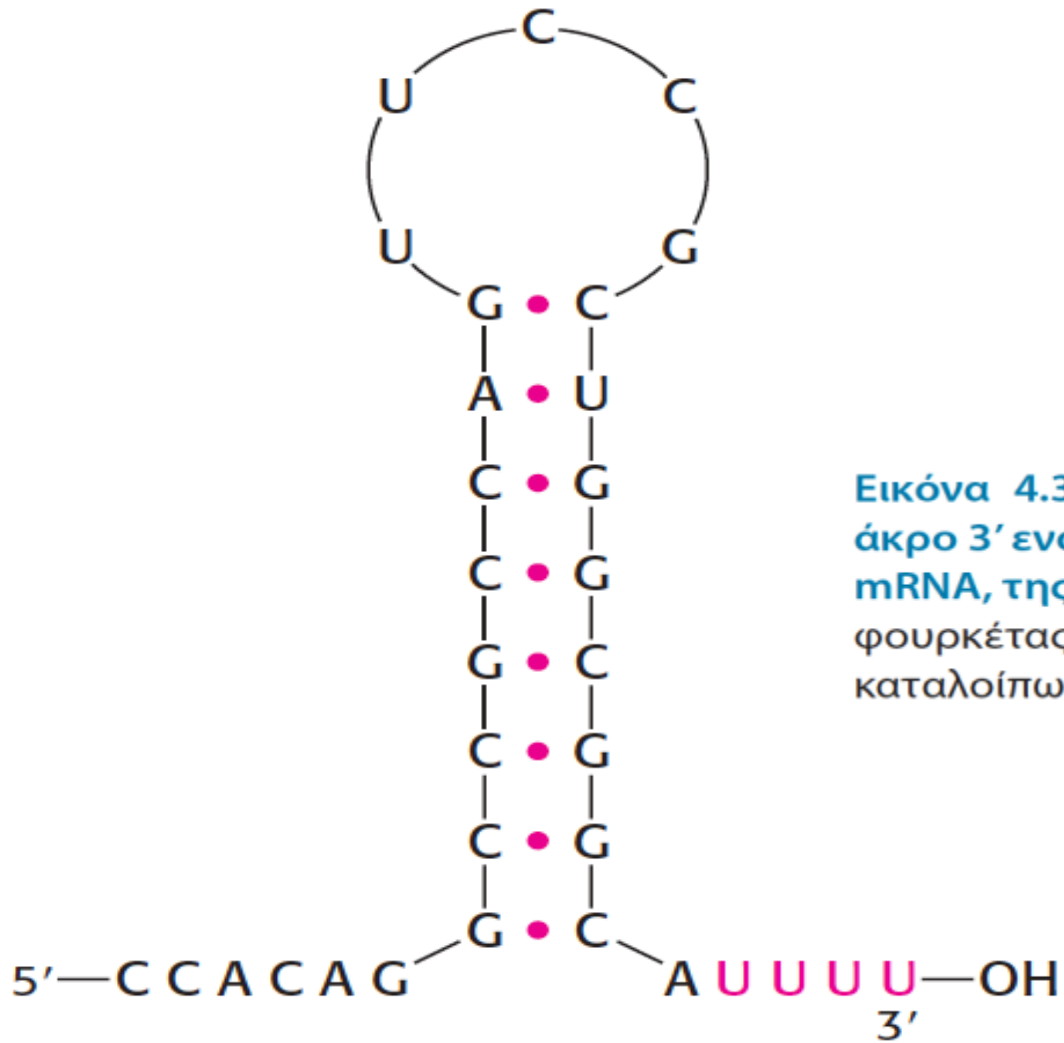


(A) Περιοχή προαγωγέα στα προκαρυωτικά

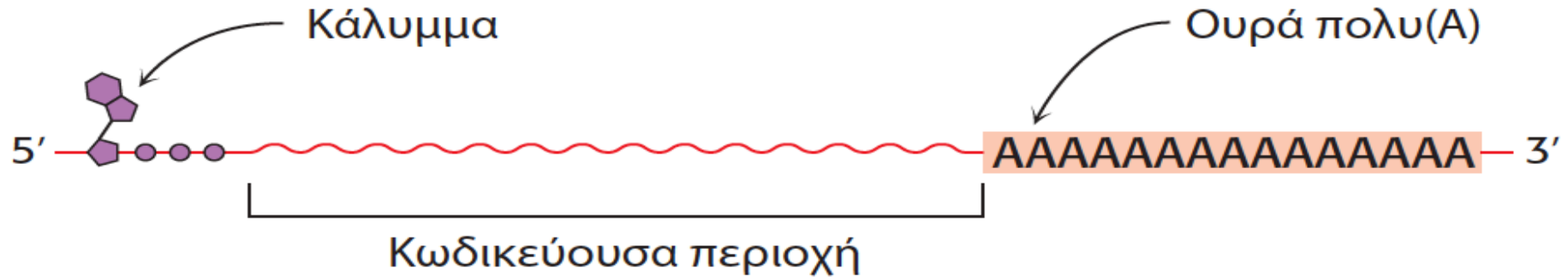


(B) Θέση προαγωγέα στα ευκαρυωτικά

Εικόνα 4.30 Οι θέσεις προαγωγέων της μεταγραφής σε (A) προκαρυώτες και (B) ευκαρυώτες. Παρουσιάζονται συναινετικές αλληλουχίες. Το πρώτο νουκλεοτίδιο που μεταγράφεται αριθμείται ως +1. Το γειτονικό του νουκλεοτίδιο προς την κατεύθυνση 5' αριθμείται ως -1. Οι αλληλουχίες που παρουσιάζονται είναι εκείνες της κωδικεύουσας αλυσίδας του DNA.

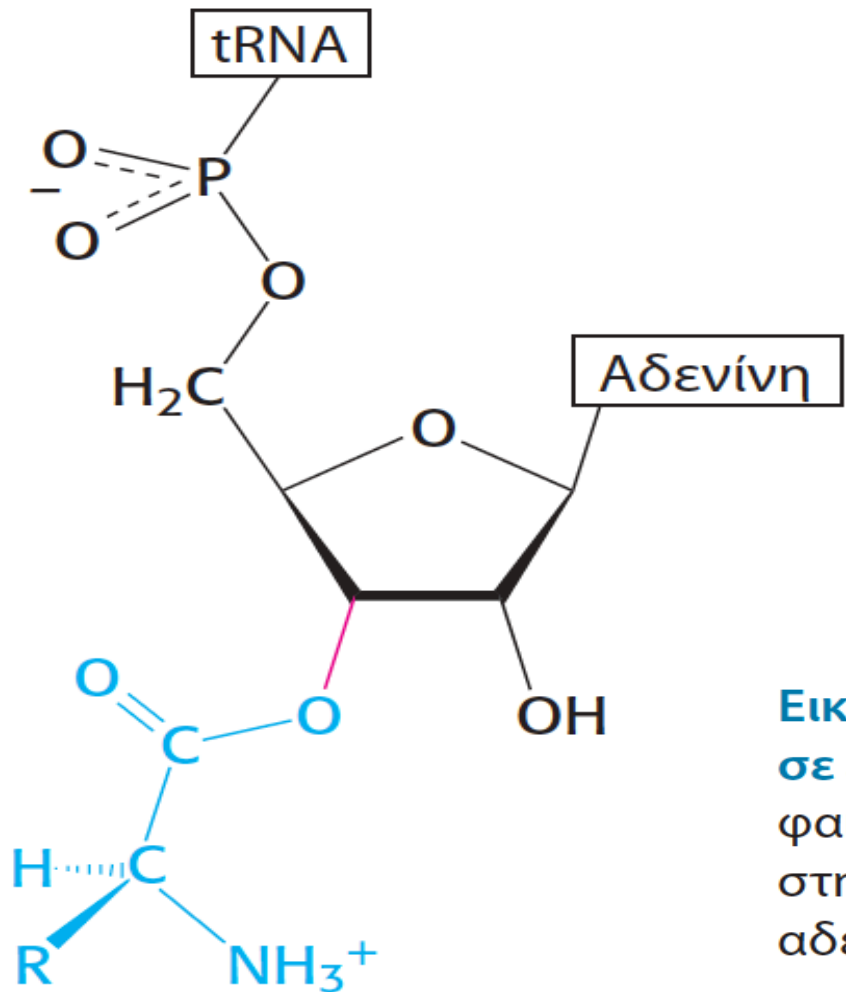


Εικόνα 4.31 Η αλληλουχία βάσεων στο άκρο 3' ενός μεταγραφικού προϊόντος, mRNA, της *E. coli*. Μια σταθερή δομή φουρκέτας ακολουθείται από μια αλληλουχία καταλοίπων ουριδίνης (U).

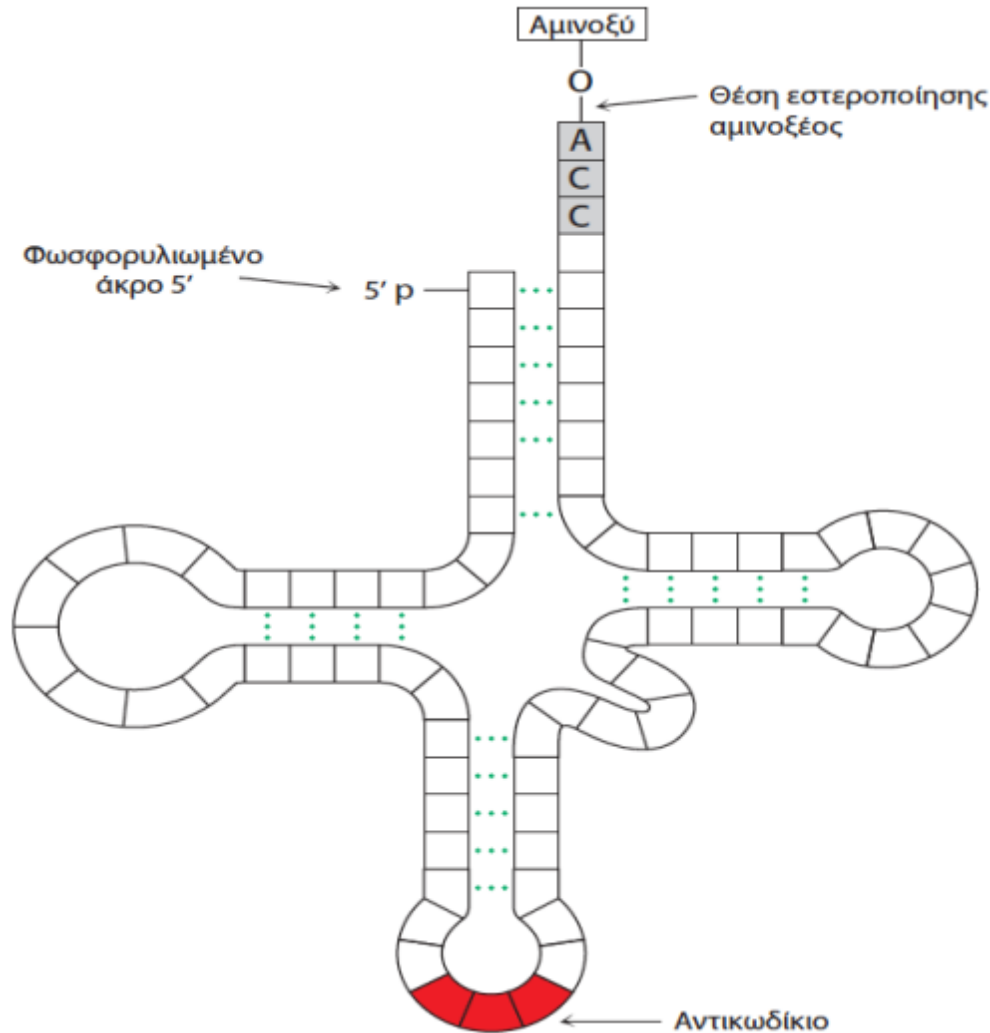


Εικόνα 4.32 Η τροποποίηση του mRNA.

Το αγγελιαφόρο RNA των ευκαρυωτών τροποποιείται μετά από τη μεταγραφή του. Ένα νουκλεοτιδικό κάλυμμα προστίθεται στο άκρο 5' και μια ουρά πολυ(A) προστίθεται στο άκρο 3'.



Εικόνα 4.33 Η προσθήκη ενός αμινοξέος σε ένα μόριο tRNA. Το αμινοξύ (που φαίνεται με μπλε χρώμα) εστεροποιείται στην 3'-υδροξυλική ομάδα του τελικού αδενυλικού του tRNA.



Εικόνα 4.34 Γενική δομή ενός αμινοακυλο-tRNA. Το αμινοξύ προσδέεται στο άκρο 3' του RNA. Το αντικωδίκιο είναι η θέση αναγνώρισης του εκμαγείου. Παρατηρήστε ότι το tRNA έχει μια δομή που μοιάζει με τριφύλλι και υπάρχουν πολλοί δεσμοί υδρογόνου (πράσινες τελείες) μεταξύ των διαφόρων βάσεων.



Πίνακας 4.5 Ο γενετικός κώδικας

| Πρώτη θέση (άκρο 5') | Δεύτερη θέση | | | | Τρίτη θέση (άκρο 3') |
|-------------------------|--------------|-----|------|------|-------------------------|
| | U | C | A | G | |
| U | Phe | Ser | Tyr | Cys | U |
| | Phe | Ser | Tyr | Cys | C |
| | Leu | Ser | Stop | Stop | A |
| | Leu | Ser | Stop | Trp | G |
| C | Leu | Pro | His | Arg | U |
| | Leu | Pro | His | Arg | C |
| | Leu | Pro | Gln | Arg | A |
| | Leu | Pro | Gln | Arg | G |
| A | Ile | Thr | Asn | Ser | U |
| | Ile | Thr | Asn | Ser | C |
| | Ile | Thr | Lys | Arg | A |
| | Met | Thr | Lys | Arg | G |
| G | Val | Ala | Asp | Gly | U |
| | Val | Ala | Asp | Gly | C |
| | Val | Ala | Glu | Gly | A |
| | Val | Ala | Glu | Gly | G |

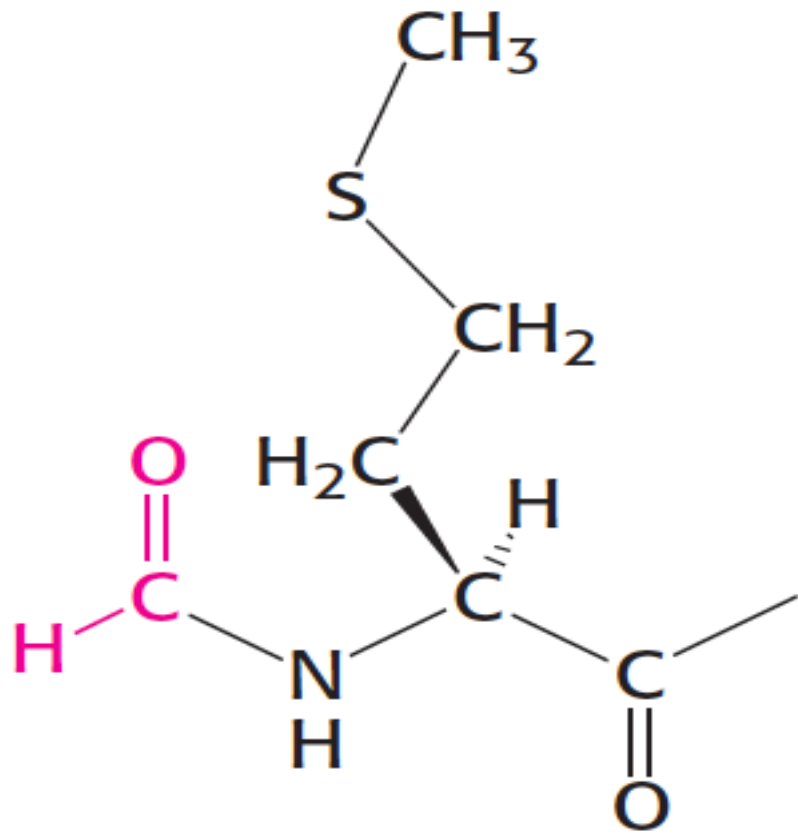
ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΠΕΚ 2014

Σημείωση: Ο πίνακας ταυτοποιεί το αμινοξύ που κωδικεύεται από την κάθε τριπλέτα. Παραδείγματος χάριν, το κωδικίο 5'- AUG -3' ενός μορίου mRNA καθορίζει την προσθήκη μεθειονίνης, ενώ το CAU την προσθήκη ιστιδίνης. Τα UAA, UAG και UGA είναι σήματα λήξης της μετάφρασης. Το AUG είναι τμήμα του σήματος έναρξης και επιπροσθέτως κωδικεύει την προσθήκη των εσωτερικών καταλοίπων μεθειονίνης.

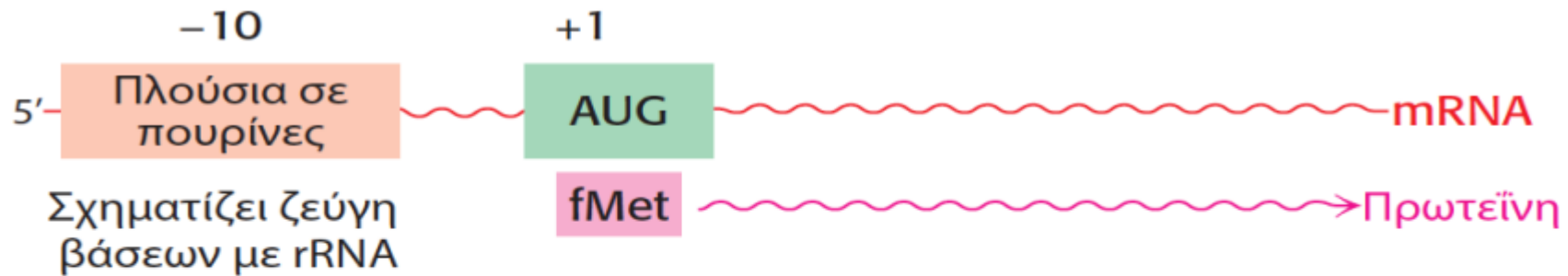


Πίνακας 4.6 Διακριτά κωδίκια των μιτοχονδρίων του ανθρώπου

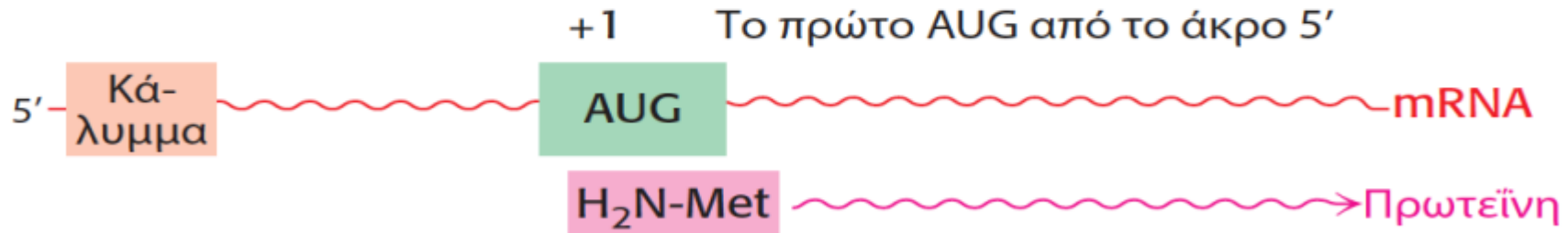
| Κωδίκιο | Γενικός κώδικας | Κώδικας μιτοχονδρίων |
|---------|-----------------|----------------------|
| UGA | Λήξη | Trp |
| UGG | Trp | Trp |
| AUA | Ile | Met |
| AUG | Met | Met |
| AGA | Arg | Λήξη |
| AGG | Arg | Λήξη |



fMet

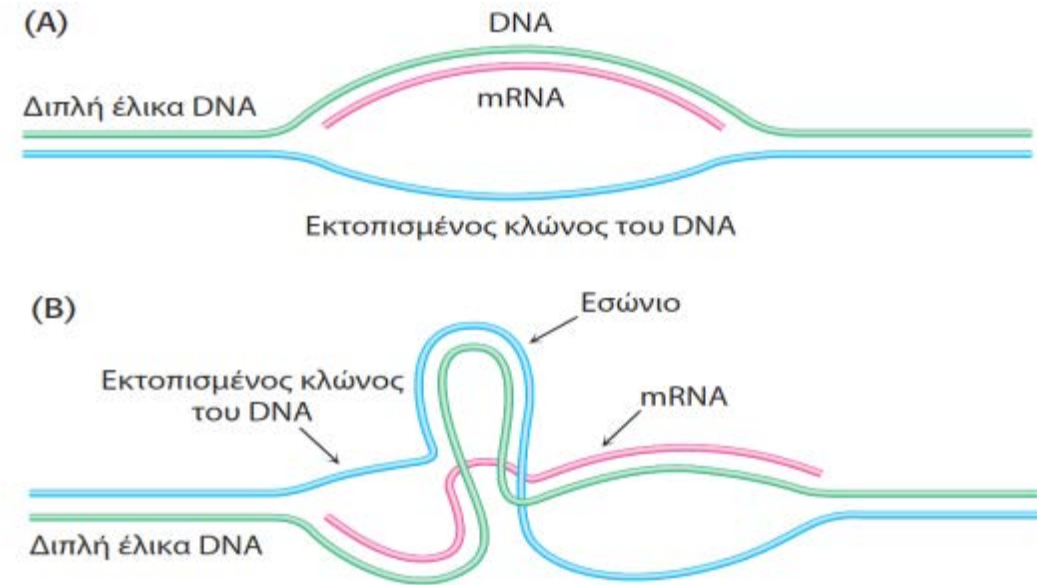


(A) Σήμα έναρξης σε προκαρυώτες

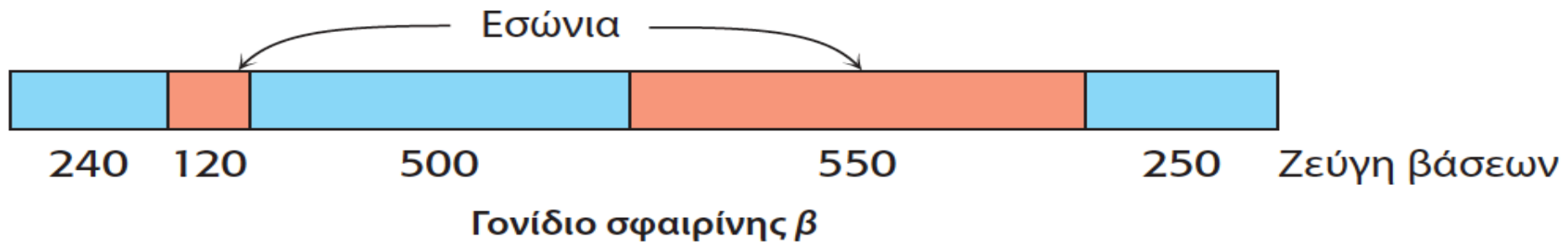


(B) Σήμα έναρξης σε ευκαρυώτες

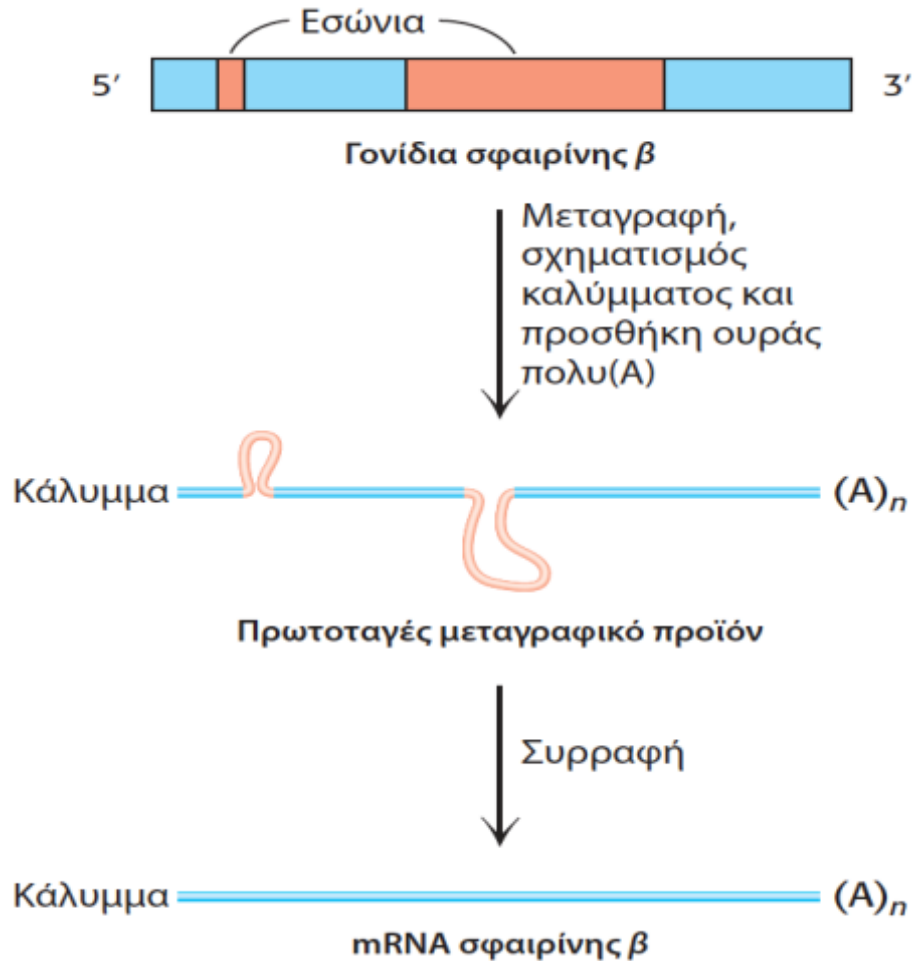
Εικόνα 4.35 Η έναρξη της πρωτεϊνοσύνθεσης. Για την έναρξη της πρωτεϊνοσύνθεσης τόσο στους προκαρυώτες (A) όσο και στους ευκαρυώτες (B) απαιτούνται σήματα έναρξης.



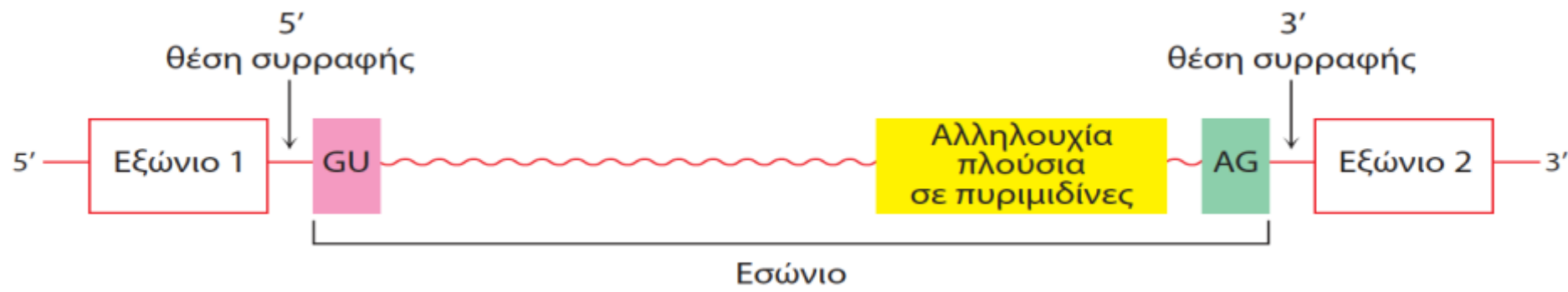
Εικόνα 4.36 Ανίχνευση εσώνιων μέσω ηλεκτρονιακής μικροσκοπίας. Ένα μόριο mRNA (παρουσιάζεται με κόκκινο χρώμα) υβριδοποιείται με γονιδιωματικό DNA που περιέχει το αντίστοιχο γονίδιο. (A) Εάν το γονίδιο είναι συνεχές θα εμφανιστεί μόνο ένας βρόχος μονόκλωνου DNA (παρουσιάζεται με μπλε χρώμα). (B) Εάν το γονίδιο περιέχει ένα εσώνιο, θα εμφανιστούν δύο βρόχοι, ένας μόνο μονόκλωνου DNA (μπλε) και ένας δίκλωνου DNA (μπλε και πράσινο). Εάν υπάρχουν περισσότερα από ένα εσώνια, τότε θα εμφανιστούν και άλλοι βρόχοι.



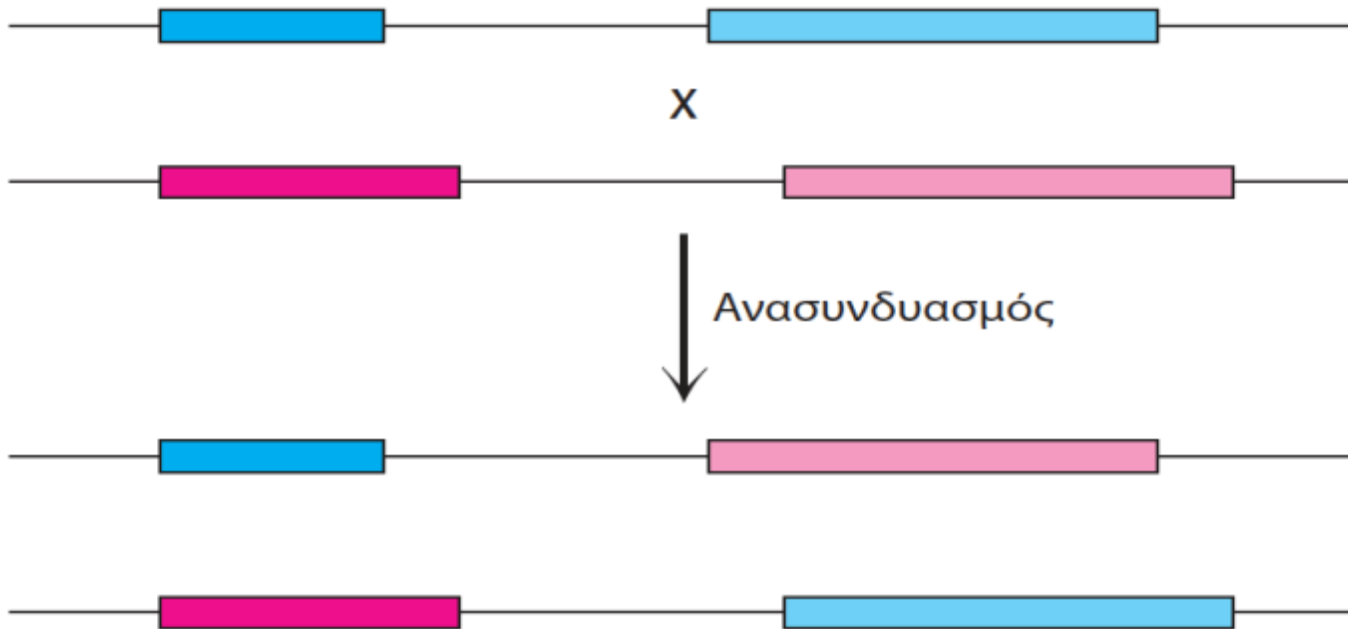
Εικόνα 4.37 Η δομή του γονιδίου της σφαιρίνης β.



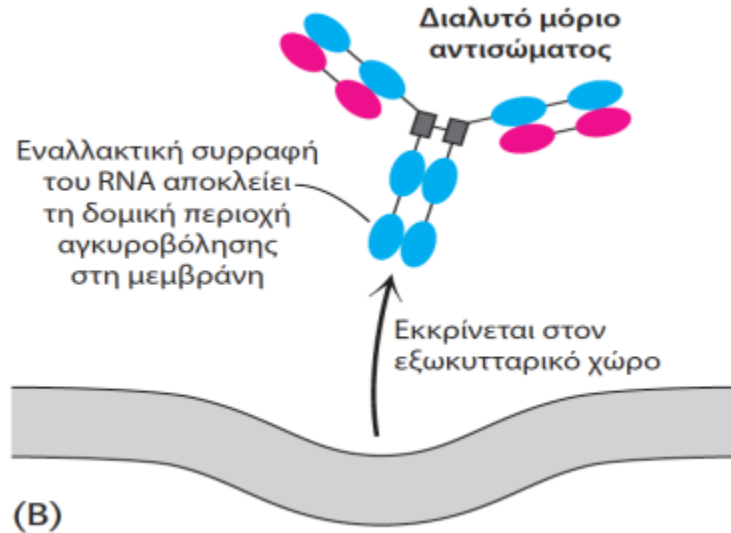
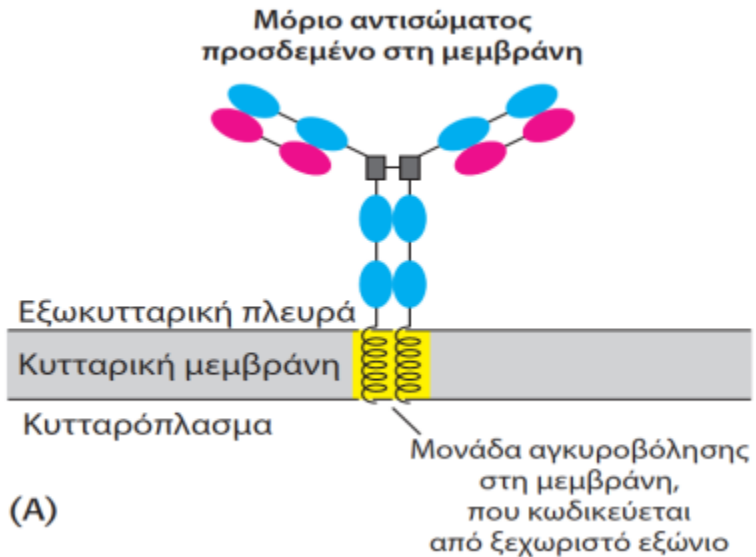
Εικόνα 4.38 Μεταγραφή και επεξεργασία του γονιδίου της σφαιρίνης β. Το γονίδιο μεταγράφεται και παράγεται το πρωτοταγές μεταγραφικό προϊόν, το οποίο τροποποιείται μέσω της προσθήκης του καλύμματος και της ουράς πολυ(A). Τα εσώνια απομακρύνονται από το πρωτοταγές μεταγραφικό προϊόν του RNA και προκύπτει το mRNA.



Εικόνα 4.39 Ομόφωνες αλληλουχίες για τη συρραφή των προδρόμων mRNA.

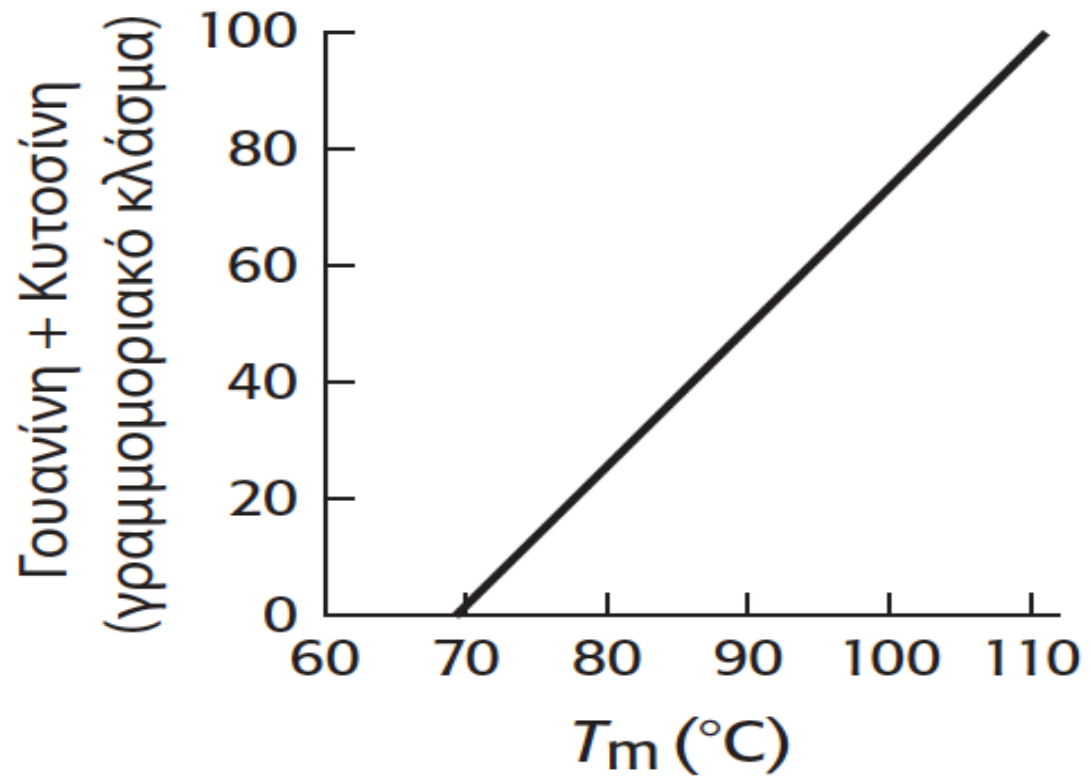


Εικόνα 4.40 Ανακατανομή εξωνίων. Τα εξώνια μπορούν να ανακατανεμηθούν εύκολα μέσω ανασυνδυασμού του DNA, προκειμένου να επεκταθεί η γενετική ποικιλία.

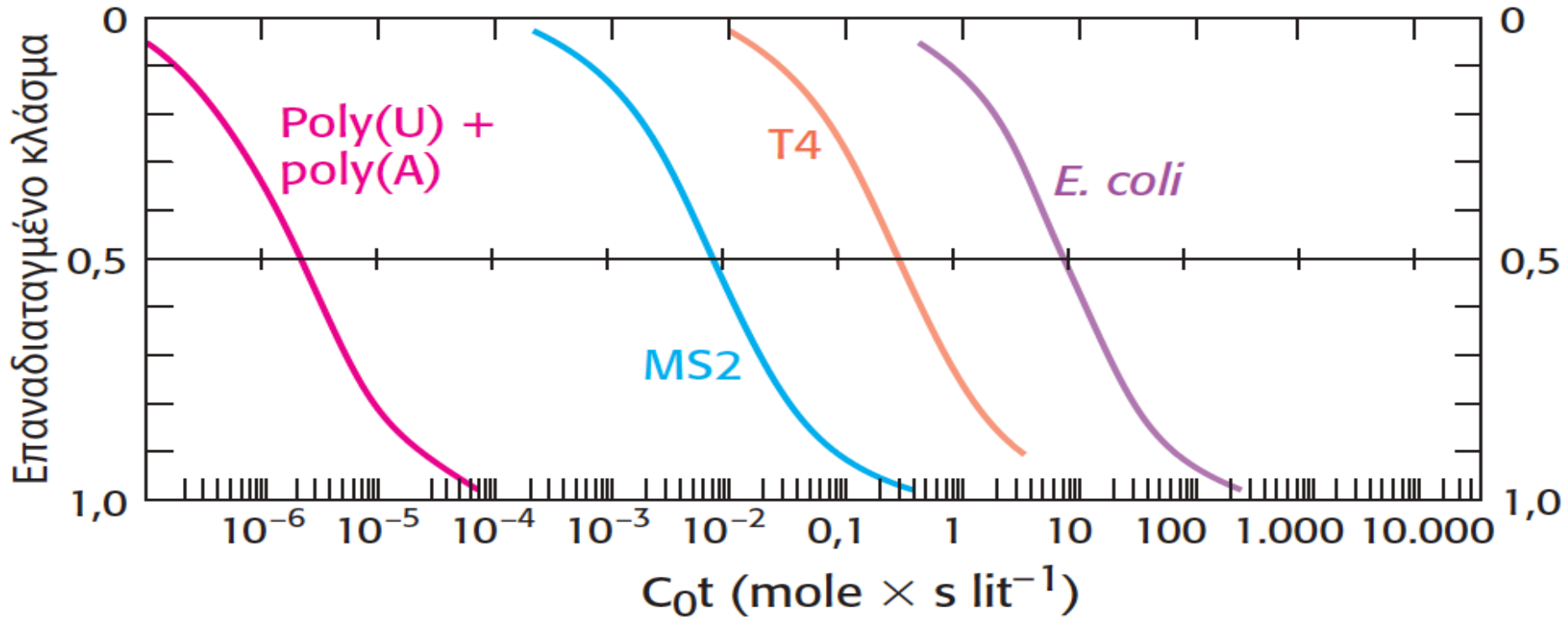


Εικόνα 4.41 Εναλλακτική συρραφή.

Η εναλλακτική συρραφή δημιουργεί δύο διαφορετικά mRNA που αποτελούν εκμαγεία για δύο διαφορετικές μορφές μιας πρωτεΐνης: (A) ένα αντίσωμα στην επιφάνεια των λεμφοκυττάρων B είναι συνδεδεμένο στη μεμβράνη και (B) τη διαλυτή του μορφή που εκκρίνεται από το κύτταρο. Το αντίσωμα αυτό είναι αγκυρωμένο στην κυτταρική μεμβράνη μέσω ενός ελικοειδούς τμήματος (τονισμένου με κίτρινο) που κωδικεύεται από δικό του εξόνιο.



[Κατά R. J. Britten and D. E. Kohne, *Science* 161:529-540, 1968.]



[Κατά J. Marmur and P. Doty, *J. Mol. Biol.* 5:120, 1962.]



Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5^η έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου www.whfreeman.com/Berg7e/
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3^η έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8^η έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2010.
4. Γ. Μουρκίδη, Γεωργική Χημεία, Θεσσαλονίκη, 1971. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
5. Geoffrey [Zubay](#), William [Parson](#), Diane E. [Vance](#). Αρχές βιοχημείας, [ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα 1999. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
6. David L. [Nelson](#), Michael M. [Cox](#). *Lehninger*, Principles of Biochemistry (υπάρχει και μεταφρασμένη ελληνική έκδοση) Βασικές αρχές βιοχημείας. Μεταφραστές: Κ.Ε. [Σταματόπουλος](#), Α.Ν. [Χατζηδημητρίου](#). Επιμελητής: Α.Γ. [Παπαβασιλείου](#). [ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα, 2007. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
7. Mathews D, van Holde KE. BIOCHEMISTRY, 3rd edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2^η εκτύπωση, 2001. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
9. ΙΓ Γεωργιάτσου, Δ. Κυριακίδης, Τ. Γιουψάνης, κ.ά. Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη, 2004. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
10. Οδηγός μελέτης του μαθήματος (φυλλάδιο που χορηγείται στη διάλεξη).



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





Σημείωμα Αναφοράς

Παπαδόπουλος, Γ. Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας.
Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG119/>





Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αντώνιος Σακελλάριος
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΒΟΝΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Τέλος Ενότητας

Δομή και λειτουργία του DNA

