



BIOΧΗΜΕΙΑ

Δομή και Λειτουργία των Πρωτεϊνών

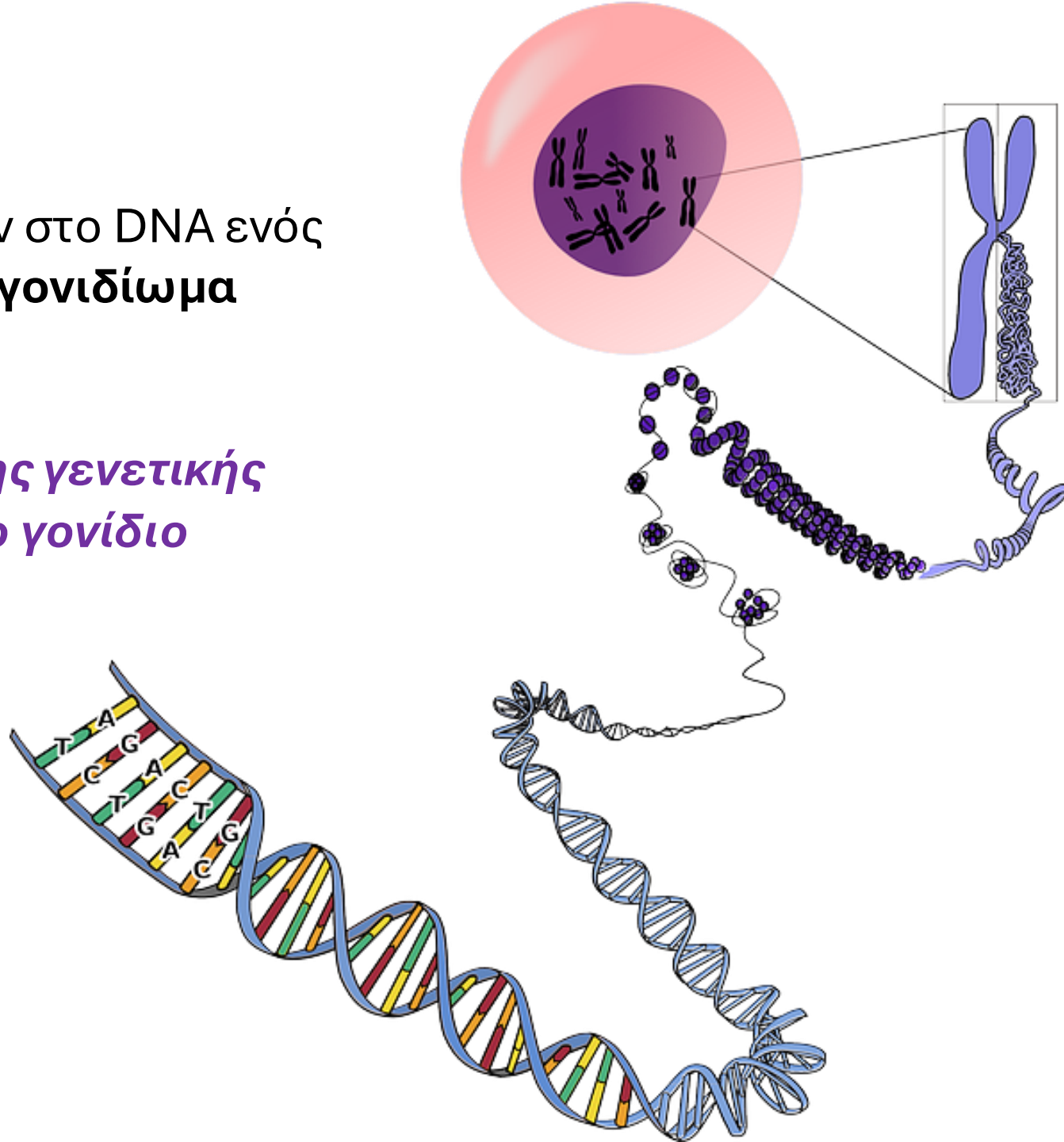
Τμήμα Αειφορικής Γεωργίας

Παναγιώτα Σταθοπούλου

Μάρτιος, 2024

Το σύνολο των πληροφοριών στο DNA ενός οργανισμού ονομάζεται **γονιδίωμα**

Η λειτουργική μονάδα της γενετικής πληροφορίας είναι το γονίδιο

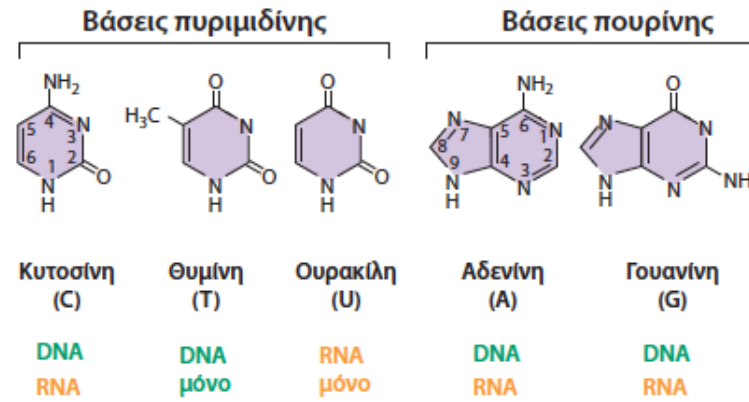
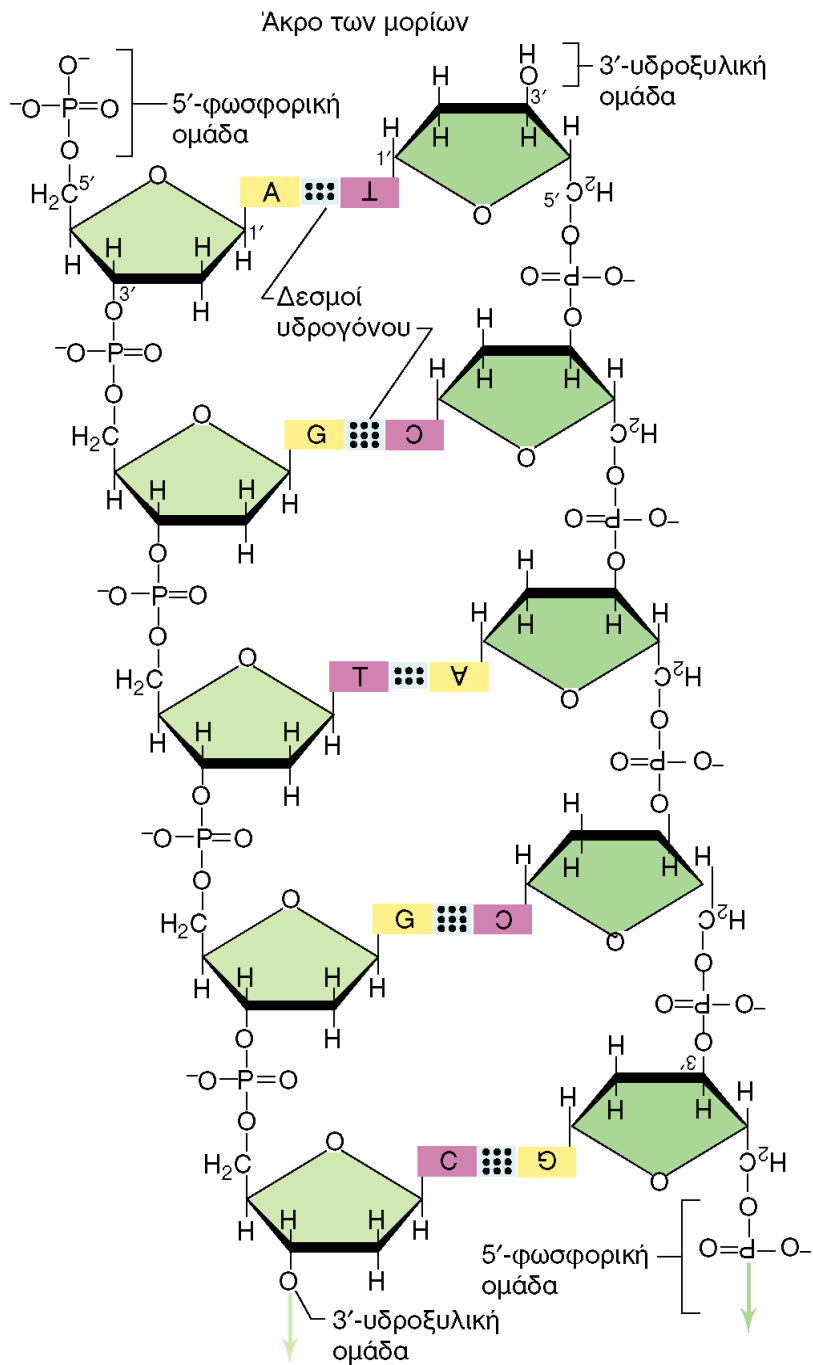


Ιδιότητες DNA

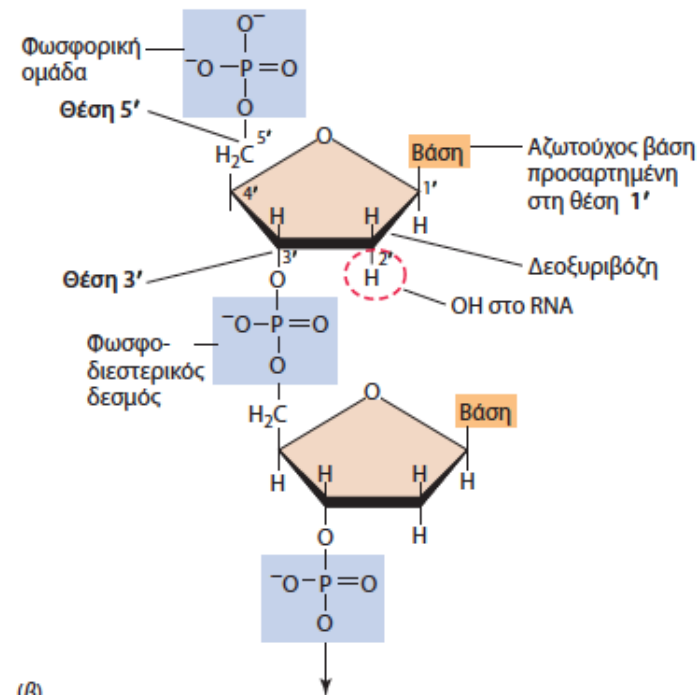
Το DNA ως ο φορέας των κληρονομικών χαρακτηριστικών έχει τις πιο κάτω ιδιότητες:

- Είναι ικανό να αποθηκεύει κωδικοποιημένα μηνύματα στο μόριό του, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του μεταβολισμού και της ανάπτυξης του κάθε οργανισμού.
- Μπορεί να αντιγράφεται κατά την κυτταρική διαίρεση, με αποτέλεσμα όλα τα κωδικοποιημένα μηνύματα να μεταφέρονται από την πατρική στη θυγατρική γενιά.
- Είναι σταθερό και έτσι μεταφέρονται όλα τα κωδικοποιημένα μηνύματα σε πολλές διαδοχικές γενιές.
- Μπορεί να υποστεί μεταλλάξεις (αλλαγές), με δυνατότητα να δημιουργηθούν νέοι χαρακτήρες που επιτρέπουν στους οργανισμούς να προσαρμόζονται καλύτερα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος

Η δομή του DNA



(α)

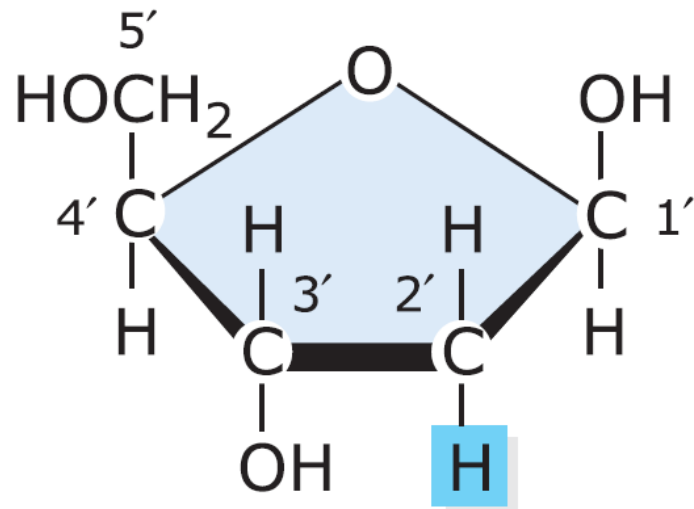


(β)

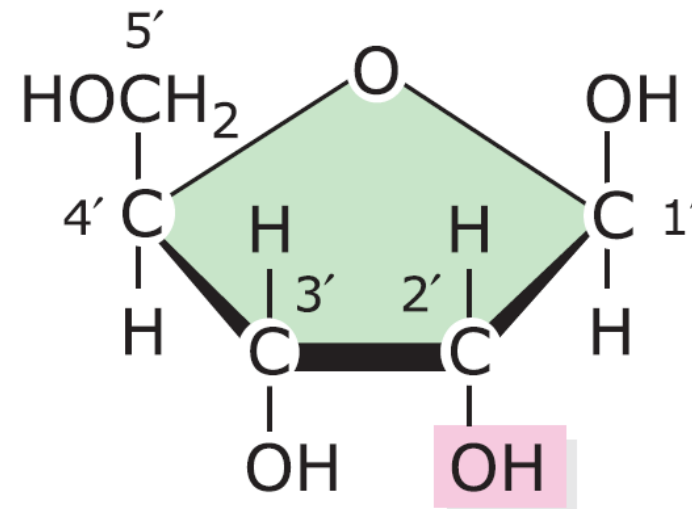
Η γενετική
πληροφορία
είναι
ενσωματωμένη
στα νουκλεϊκά
οξέα

Οι δομές της δεοξυριβόζης και της ριβόζης, των σακχάρων πεντόζης του DNA και του RNA αντίστοιχα.

Επισημαίνεται η διαφορά μεταξύ των δύο σακχάρων στο 2' άνθρακα.



Δεοξυριβόζη



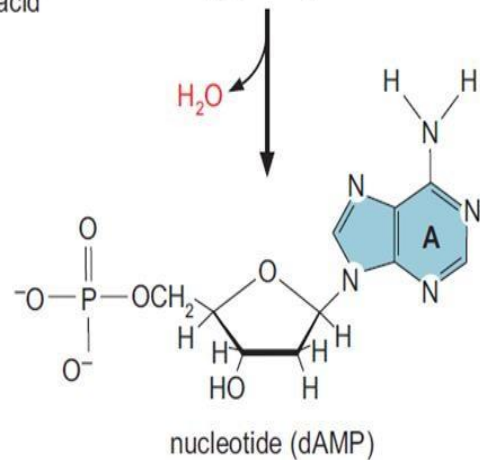
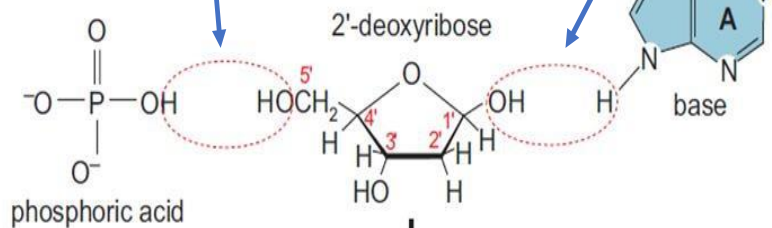
Ριβόζη



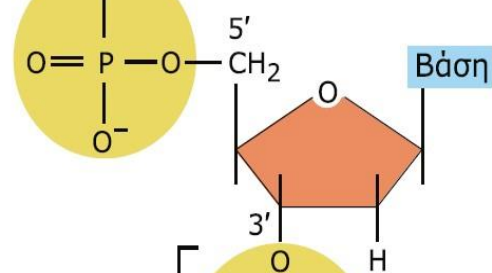
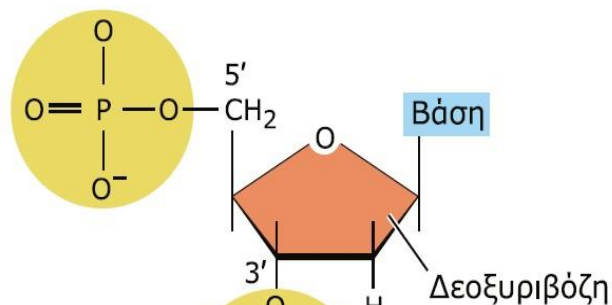
Δεσμοί

Φωσφοεστερικός
δεσμός

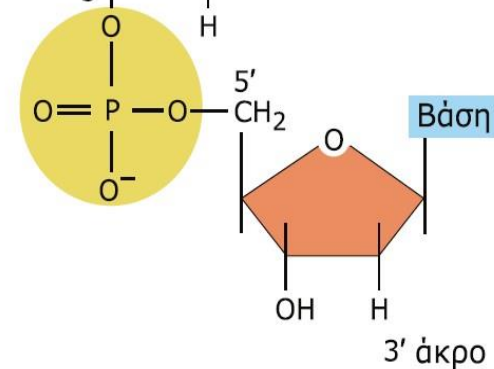
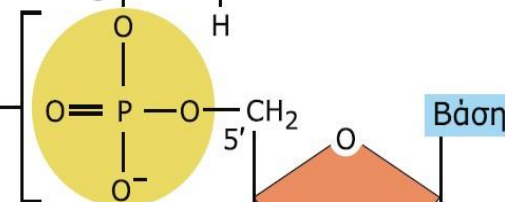
Γλυκοζιτικός
δεσμός



5' άκρο



Φωσφοδιεστερικοί
δεσμοί

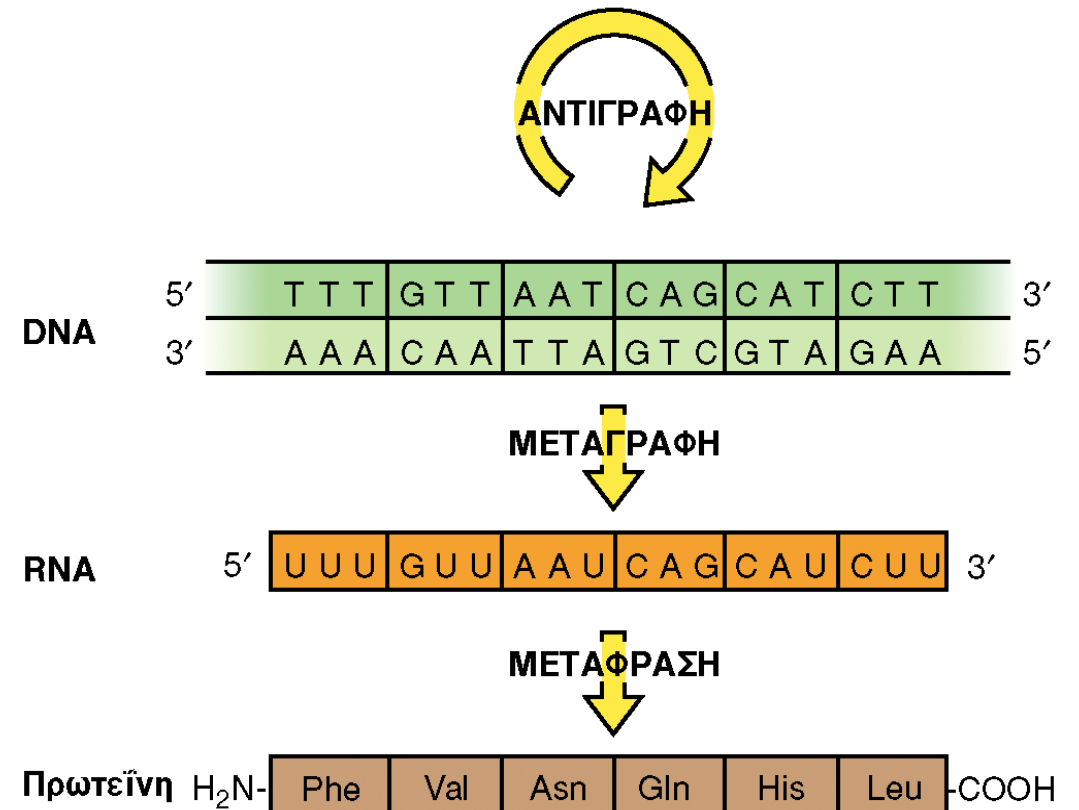
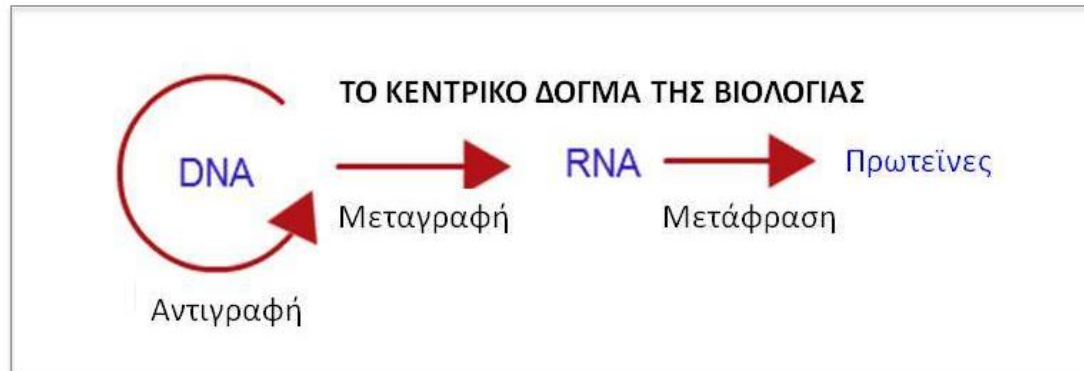


Φωσφοδιεστερικός δεσμός:
-OH του C3 της
δεόξυριβόζης
- φωσφορική ομάδα C5
του επόμενου

Τα χαρακτηριστικά της διπλής έλικας του DNA

- ✓ Οι δύο αλυσίδες περιελίσσονται δεξιόστροφα γύρω από κοινό άξονα και έχουν αντίθετες κατευθύνσεις (**αντιπαράλληλες**)
- ✓ Οι βάσεις βρίσκονται στο εσωτερικό της έλικας ενώ η δεσοξυριβόζη και το φωσφορικό εξωτερικά
- ✓ Οι δύο αλυσίδες κρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου ανάμεσα στα συμπληρωματικά ζευγάρια βάσεων $A=T$, $G=C$. Οι δύο αλυσίδες είναι συμπληρωματικές
- ✓ $A+G/T+C = 1$
- ✓ Τρεις διαδοχικές βάσεις σε μία αλληλουχία DNA αποτελούν ένα κωδικόνιο και κωδικοποιούν ένα συγκεκριμένο αμινοξύ
- ✓ Φωσφοδιεστερικοί δεσμοί

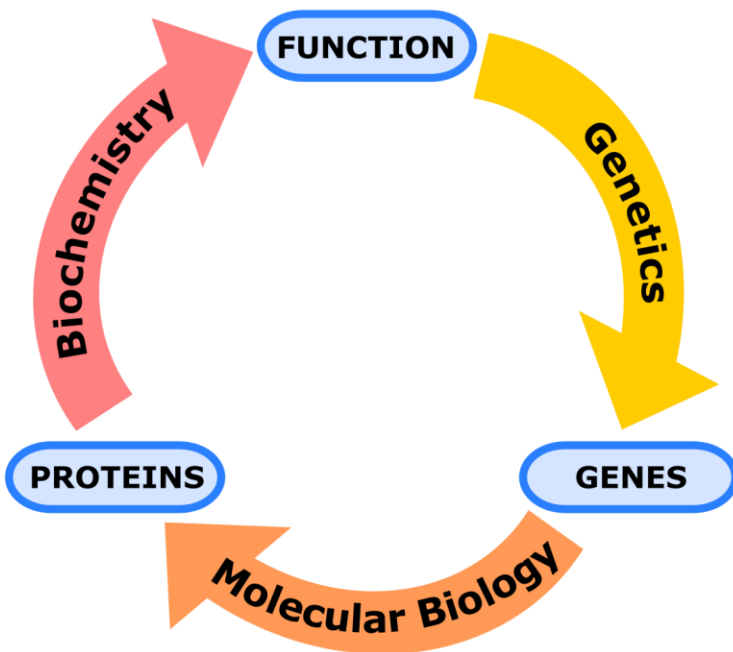
Το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας



Εικόνα 7.1 Σύνθεση των τριών τύπων πληροφοριακών μακρομορίων. Σημειώστε ότι σε κάθε συγκεκριμένη περιοχή μεταγράφεται μόνο μία από τις δύο αλυσίδες της διπλής έλικας.

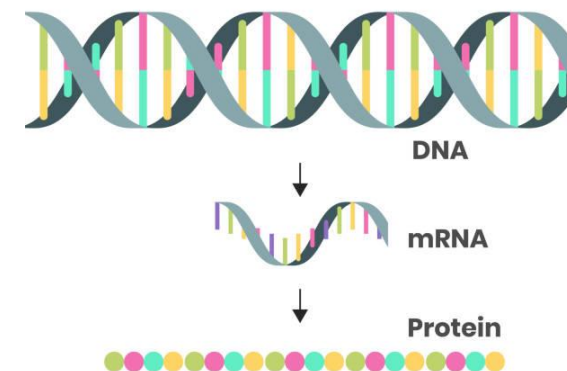
Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας

Η ροή της γενετικής πληροφορίας

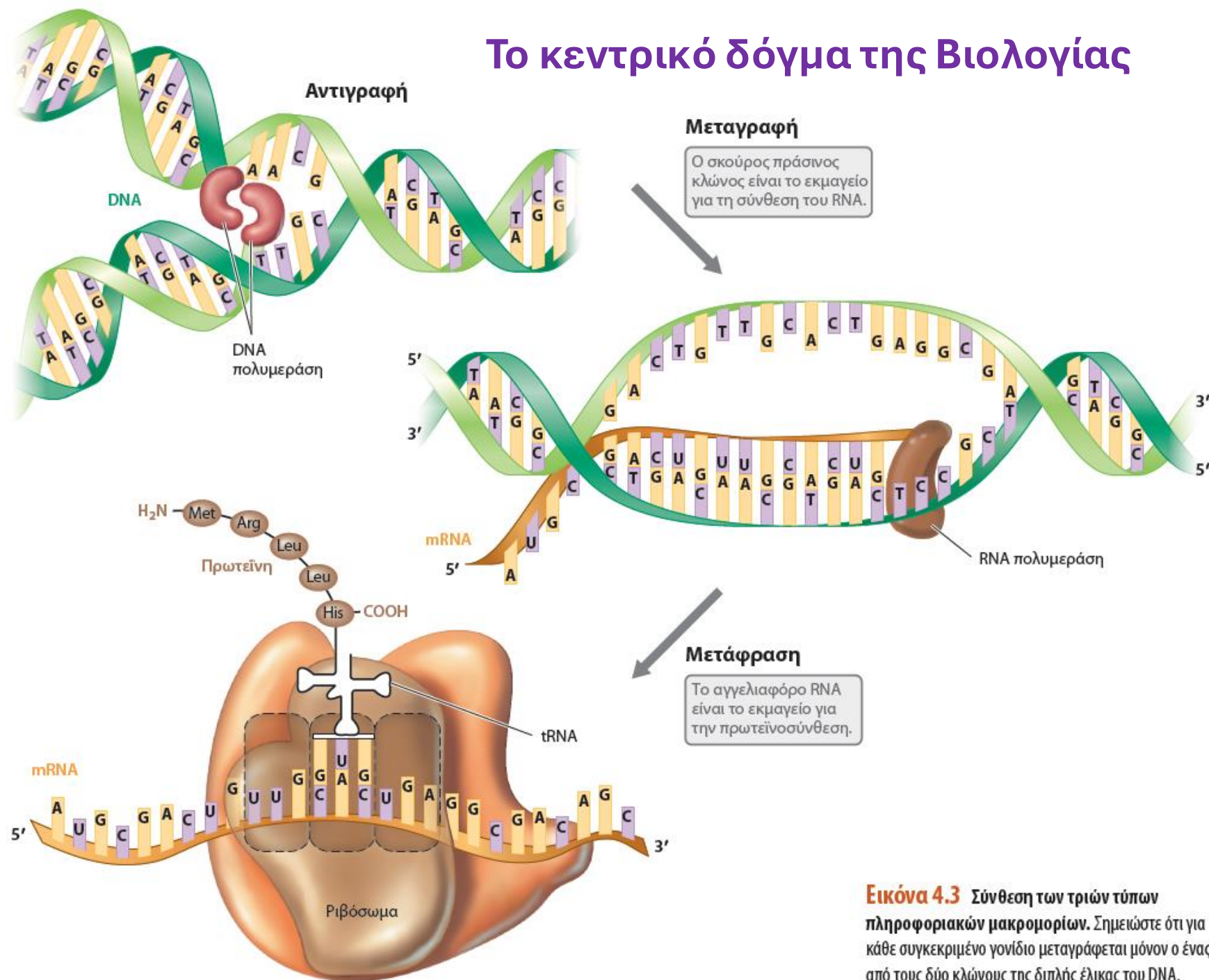


- Οι γενετικές μας πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στο DNA, δηλαδή στα γονίδια, αντιγράφονται.
- Οι γενετικές μας πληροφορίες μεταγράφονται σε μικρότερα μόρια, στα RNA, και μεταφέρονται έξω από τον πυρήνα στα ριβοσώματα.
- Οι γενετικές μας πληροφορίες μεταφράζονται στα ριβοσώματα και σχηματίζονται οι διάφορες πρωτεΐνες, που είναι υπεύθυνες για την κατασκευή και τις λειτουργίες των κυττάρων μας.

$\text{DNA} \rightleftharpoons \text{RNA} \rightarrow \text{πρωτεΐνες ή νουκλεϊκά οξέα} \rightarrow \text{πρωτεΐνες}$

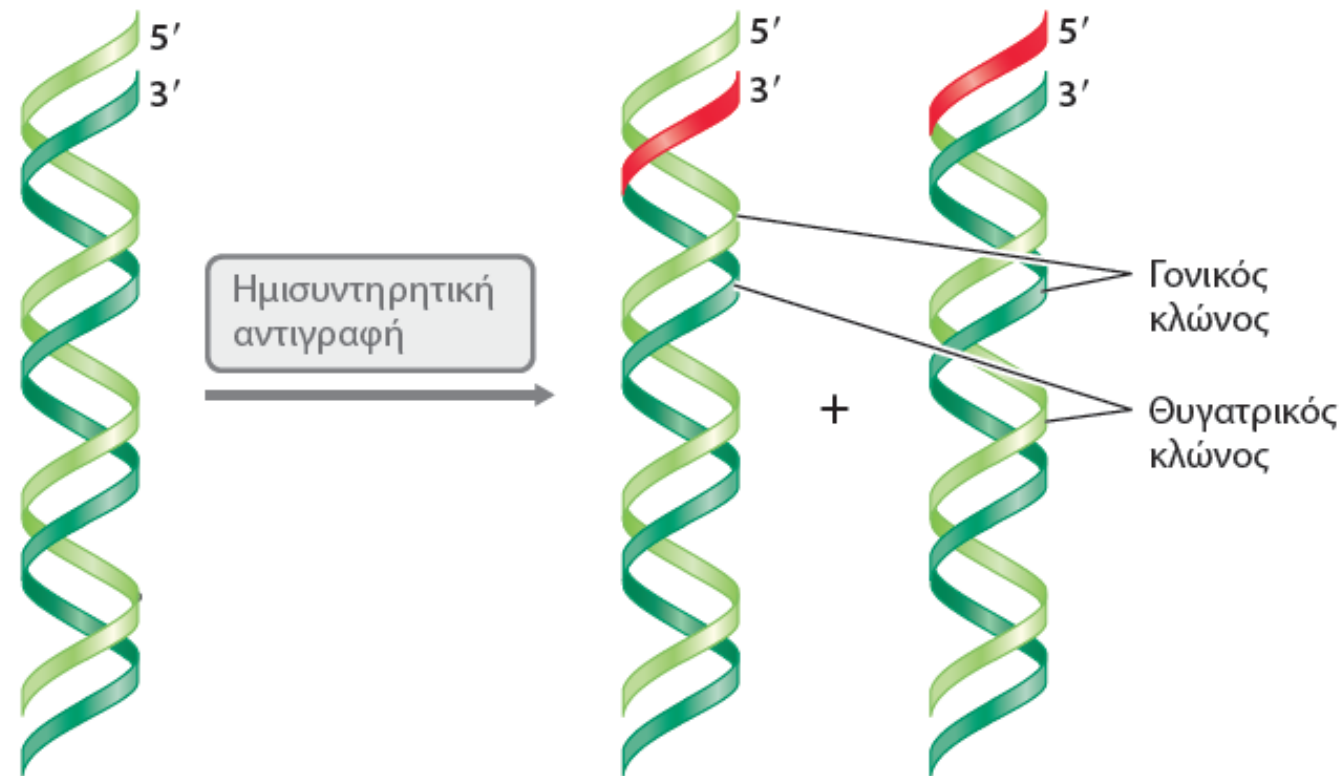


Το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας



Εικόνα 4.3 Σύνθεση των τριών τύπων πληροφοριακών μακρομορίων. Σημειώστε ότι για κάθε συγκεκριμένο γονίδιο μεταγράφεται μόνον ο ένας από τους δύο κλώνους της διπλής έλικας του DNA.

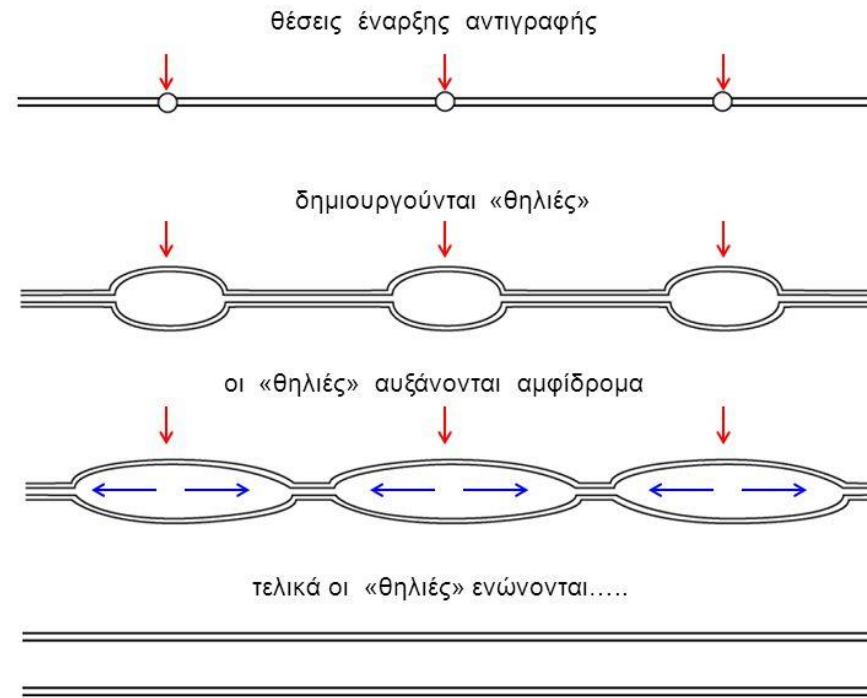
Η αντιγραφή του DNA



Εικόνα 4.11 Σχηματική επισκόπηση της αντιγραφής του DNA. Η αντιγραφή του DNA είναι μια ημισυντηρητική διαδικασία σε όλα τα κύτταρα. Σημειώστε ότι κάθε νέα διπλή έλικα περιέχει έναν νέο θυγατρικό κλώνο (ο οποίος υποδεικνύεται στο άκρο του με κόκκινο χρώμα) και έναν γονικό κλώνο.

Η αντιγραφή του DNA

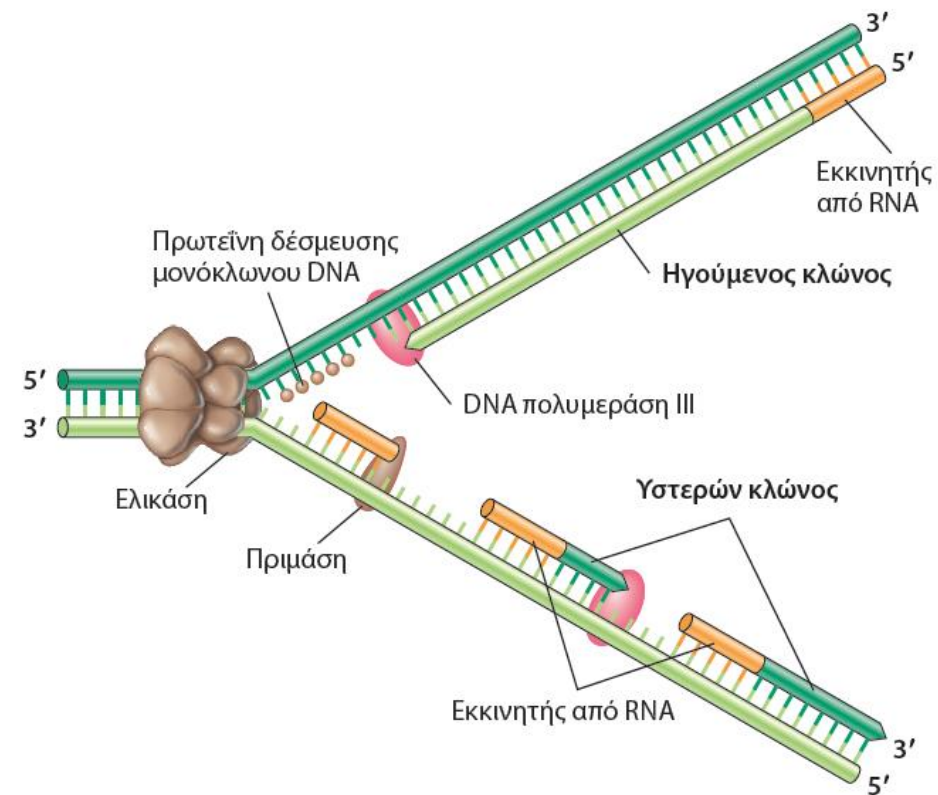
- Η αντιγραφή του DNA ξεκινάει από καθορισμένες αλληλουχίες νουκλεοτιδίων, που ονομάζονται **Θέσεις Έναρξης της Αντιγραφής (ΘΕΑ)**.
Υπάρχουν εκατοντάδες ή και χιλιάδες ΘΕΑ στα ευκαρυωτικά χρωμοσώματα, αλλά μόνο μία στο κυκλικό μόριο DNA των βακτηρίων.



Η αντιγραφή του DNA

Τα ένζυμα. I

- Τα ένζυμα **DNA ελικάσες** ξετυλίζουν στις ΘΕΑ τη διπλή έλικα σπάζοντας τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των δύο αλυσίδων.
- Η **θηλιά αντιγραφής** αυξάνεται και προς τις δύο κατευθύνσεις καθώς προχωρά η αντιγραφή
- Το **πριμόσωμα** ξεκινάει τη σύνθεση των νέων αλυσίδων, δημιουργώντας, στις ΘΕΑ, μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά με τις μητρικές αλυσίδες, που ονομάζονται **πρωταρχικά τμήματα**.
- Οι **DNA πολυμεράσες**, τα κύρια ένζυμα της αντιγραφής, επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα τοποθετώντας συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA.

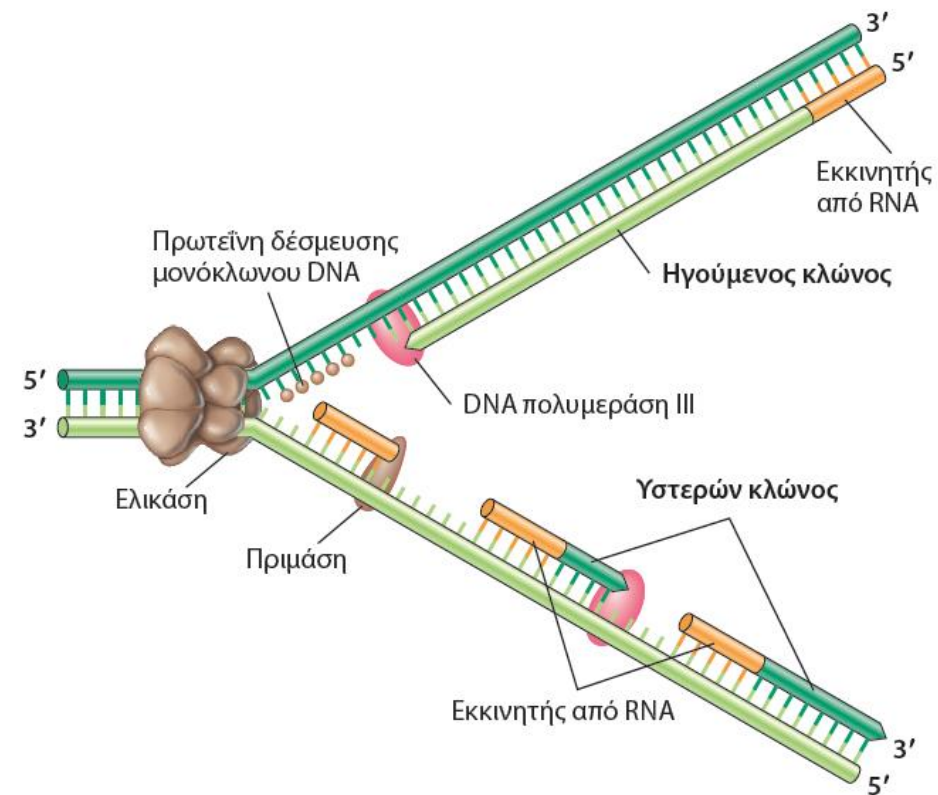


Εικόνα 4.15 Τα συμβάντα στη διχάλα αντιγραφής του DNA. Προσέξτε την πολικότητα και την αντιπαράλληλη φύση των κλώνων του DNA.

Η αντιγραφή του DNA

Τα ένζυμα. I

- Τα ένζυμα **DNA ελικάσες** ξετυλίζουν στις ΘΕΑ τη διπλή έλικα σπάζοντας τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των δύο αλυσίδων.
- Η **θηλιά αντιγραφής** αυξάνεται και προς τις δύο κατευθύνσεις καθώς προχωρά η αντιγραφή
- Το **πριμόσωμα** ξεκινάει τη σύνθεση των νέων αλυσίδων, δημιουργώντας, στις ΘΕΑ, μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά με τις μητρικές αλυσίδες, που ονομάζονται **πρωταρχικά τμήματα**.
- Οι **DNA πολυμεράσες**, τα κύρια ένζυμα της αντιγραφής, επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα τοποθετώντας συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA.

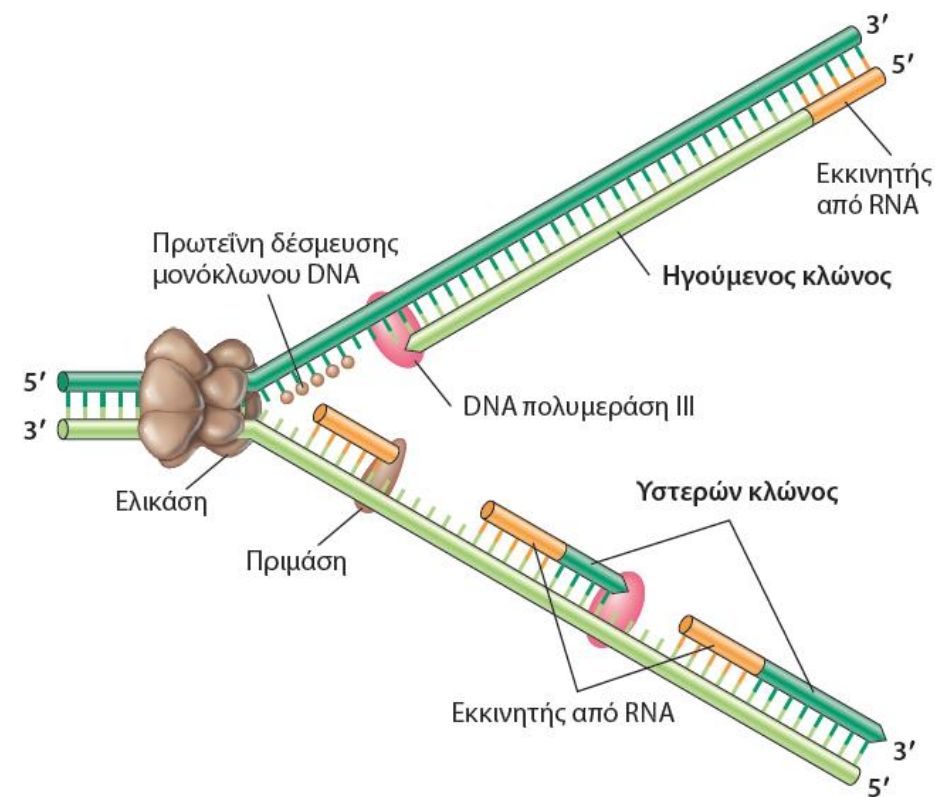


Εικόνα 4.15 Τα συμβάντα στη διχάλα αντιγραφής του DNA. Προσέξτε την πολικότητα και την αντιπαράλληλη φύση των κλώνων του DNA.

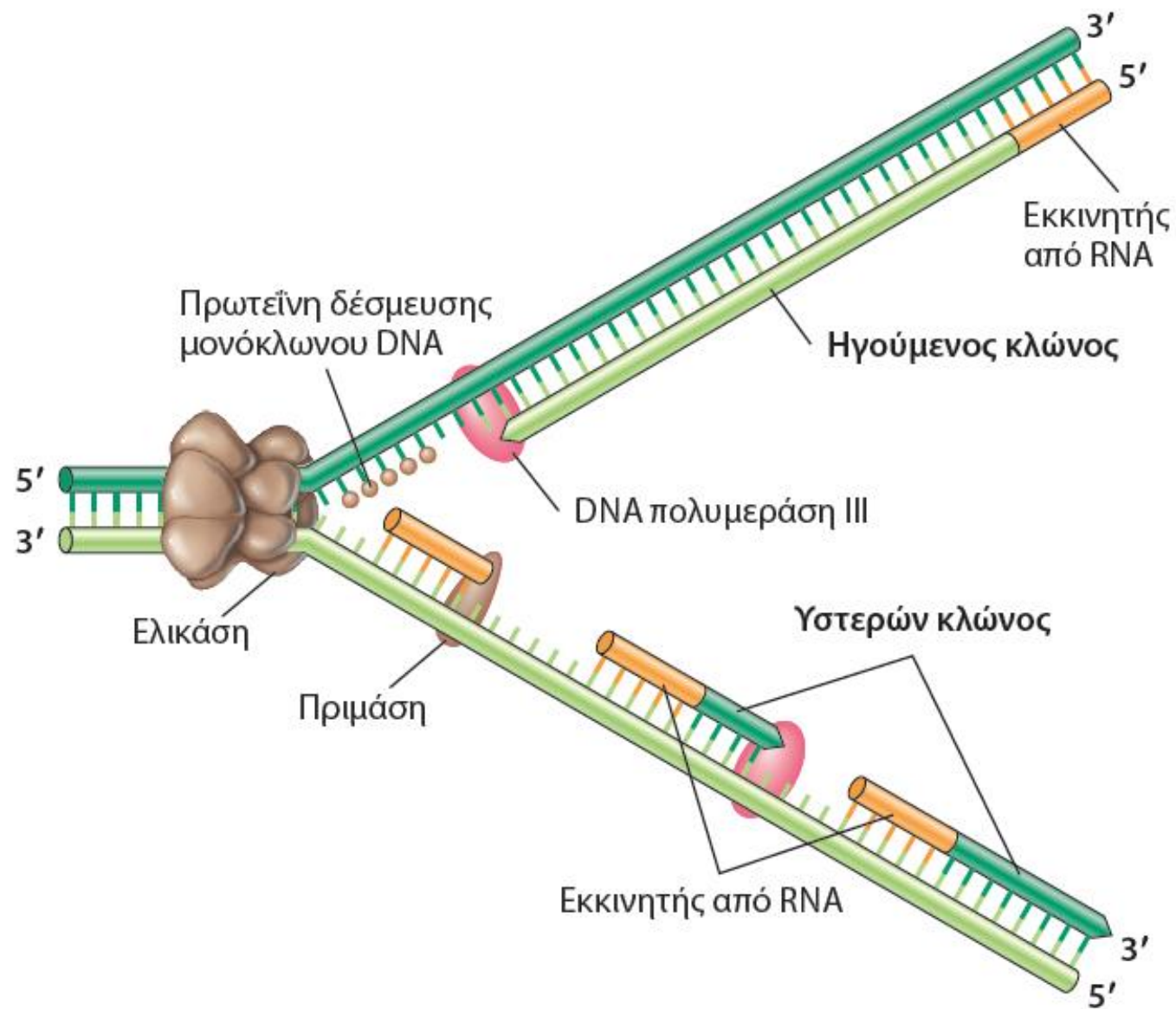
Η αντιγραφή του DNA

Τα ένζυμα. III

- Το ένζυμο **DNA δεσμάση** (DNA ligase) ενώνει τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας αλλά και τα τμήματα DNA που προκύπτουν από τις διάφορες Θέσεις έναρξης της Αντιγραφής.
- Τέλος, τα **επιδιορθωτικά ένζυμα** επιδιορθώνουν μεγάλο ποσοστό από τα λάθος νουκλεοτίδια που δεν έχουν επιδιορθωθεί από τις DNA πολυμεράσες με αποτέλεσμα μετά το τέλος της αντιγραφής να υπάρχει ένα λάθος νουκλεοτίδιο στα 10 δισεκατομύρια!

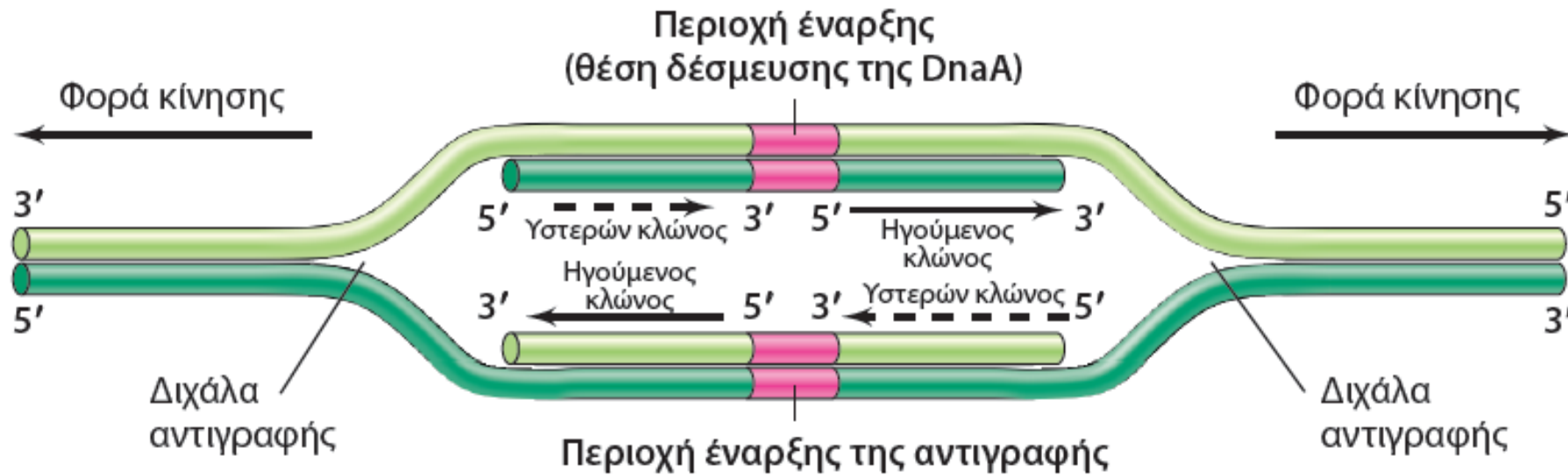


Εικόνα 4.15 Τα συμβάντα στη διχάλα αντιγραφής του DNA. Προσέξτε την πολικότητα και την αντιπαράλληλη φύση των κλώνων του DNA.



Εικόνα 4.15 Τα συμβάντα στη διχάλα αντιγραφής του DNA. Προσέξτε την πολικότητα και την αντιπαράλληλη φύση των κλώνων του DNA.

Η διχάλα αντιγραφής του DNA



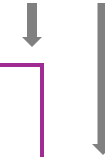
Κεντρικό Δόγμα Βιολογίας

ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ

Μεταβίβαση γενετικής πληροφορίας από ένα κύτταρο στα θυγατρικά του και από έναν οργανισμό στους απογόνους του

Διαιωνίζεται η γενετική πληροφορία

Γονιδιακή Έκφραση



ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ

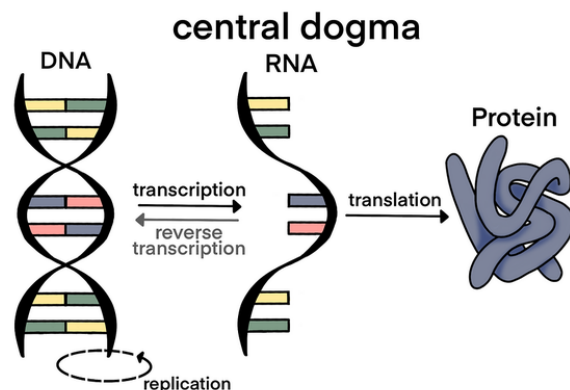
Η διαδικασία μεταφοράς της γενετικής πληροφορίας από το DNA στο RNA προκειμένου αυτή να εκφραστεί

Καθορίζει ποια γονίδια θα εκφραστούν, σε ποιους ιστούς (πολυκύτταροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί) και σε ποια στάδια της ανάπτυξης

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

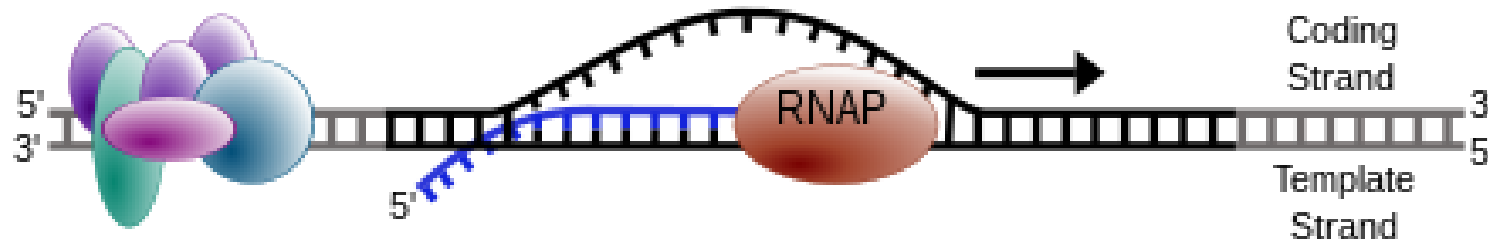
Η διαδικασία μεταφοράς της γενετικής πληροφορίας από το RNA στις πρωτεΐνες που ευθύνονται για τη δομή και λειτουργία των κυττάρων και κατ' επέκταση και των οργανισμών

Χρήση της γενετικής πληροφορίας για κατασκευή πολυπεπτιδίου (πρωτεΐνης)



Η μεταγραφή

Μεταγραφή είναι η παραγωγή μορίων RNA, με χρησιμοποίηση του DNA σαν μήτρα.



Μόνο η μία αλυσίδα του DNA χρησιμοποιείται σαν μήτρα.

Η αλληλουχία των βάσεων του παραγομένου μορίου RNA είναι συμπληρωματική της μίας αλυσίδας του DNA.

Η μεταγραφή

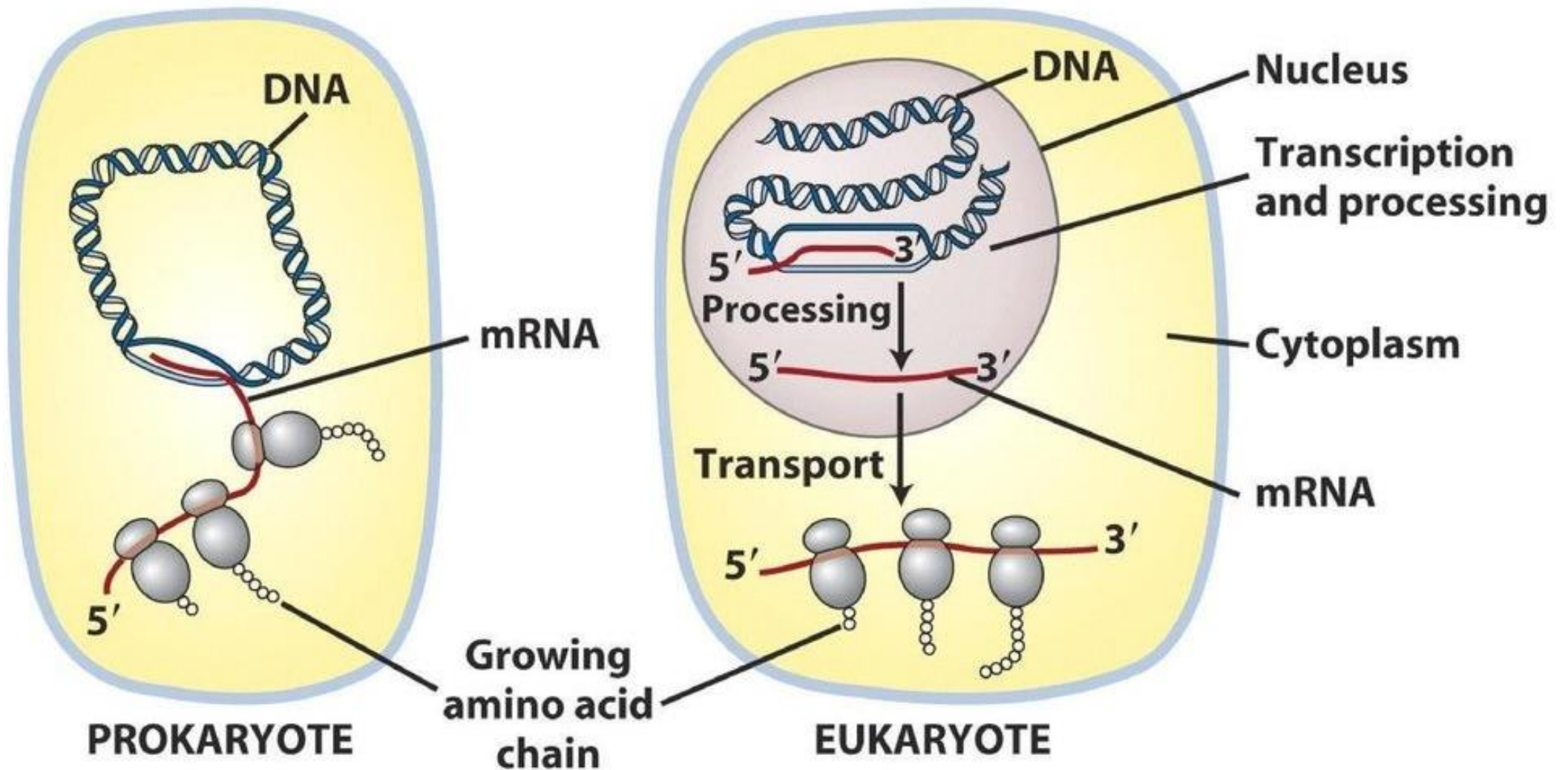
Τι χρειάζεται;

- DNA (μήτρα)
- Ένζυμο που θα καταλύσει την αντίδραση (RNA πολυμεράση).
 $(\text{RNA})_n + \text{τριφωσφορικός ριβονουκλεοζίτης} \rightarrow (\text{RNA})_{n+1} + \text{PP}$
- Τριφωσφορικά ριβονουκλεοτίδια (οι δομικές μονάδες του RNA).
Χρειάζονται και οι τέσσερις τριφωσφορικοί ριβονουκλεοζίτες
ATP, GTP, UTP και CTP.
- Μικρομοριακοί παράγοντες (π.χ. ιόντα μαγνησίου, πολυαμίνες κλπ) για τη βέλτιστη λειτουργία της αντίδρασης.
- Μεγαλομοριακοί παράγοντες απαραίτητοι για τη δράση και ρύθμιση της RNA πολυμεράσης.

Η μεταγραφή

Προκαρυωτικά

Ευκαρυωτικά

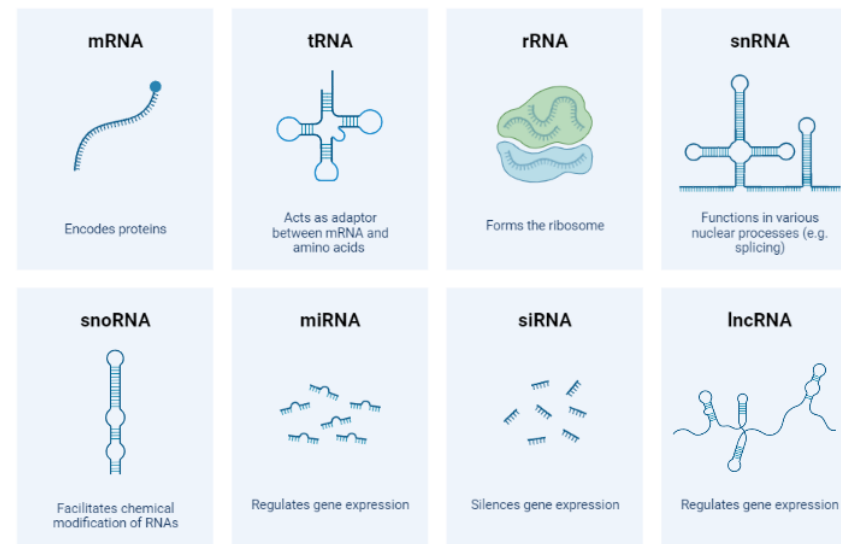


Η μεταγραφή

Είδη RNA

- Τα μόρια του RNA που μεταγράφονται από τα γονίδια στο DNA των κυττάρων (τα οποία τελικά κατευθύνουν τη σύνθεση των πρωτεϊνών) ονομάζονται αγγελιοφόρα RNA. (**messenger RNA, mRNA**)
- Το ριβοσωματικό RNA (**ribosomal RNA, rRNA**) σχηματίζει το κέντρο των ριβωσμάτων, πάνω στα οποία πραγματοποιείται η μετάφραση του mRNA σε πρωτεΐνη
- Το μεταφορικό RNA (**transfer RNA, tRNA**) σχηματίζει τους συναρμολογητές που επιλέγουν τα αμινοξέα και τα συγκρατούν στην κατάλληλη θέση πάνω στο ριβοσωμάτιο για να ενσωματωθούν σε πρωτεΐνη.
- **microRNA (miRNA)** λειτουργούν ως ρυθμιστές της έκφρασης γονιδίων στους ευκαρυώτες.
- **Άλλα μικρά μόρια RNA:** χρησιμοποιούνται στη συρραφή, στη συντήρηση των τελομερών και σε άλλες διεργασίες του κυττάρου.

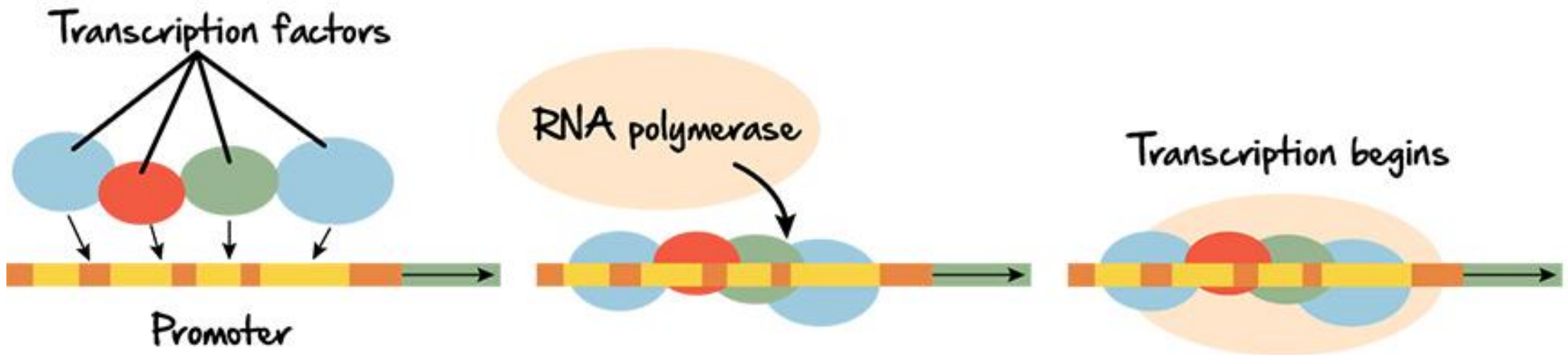
Types of RNA Produced in Cells

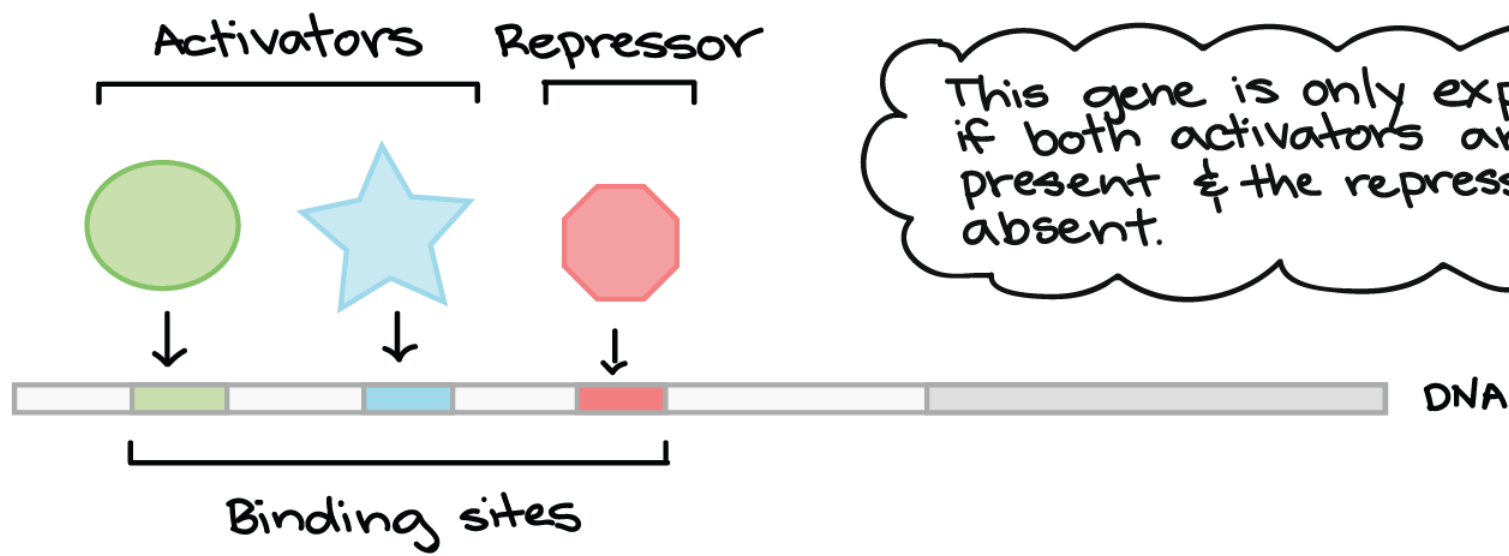


Η μεταγραφή

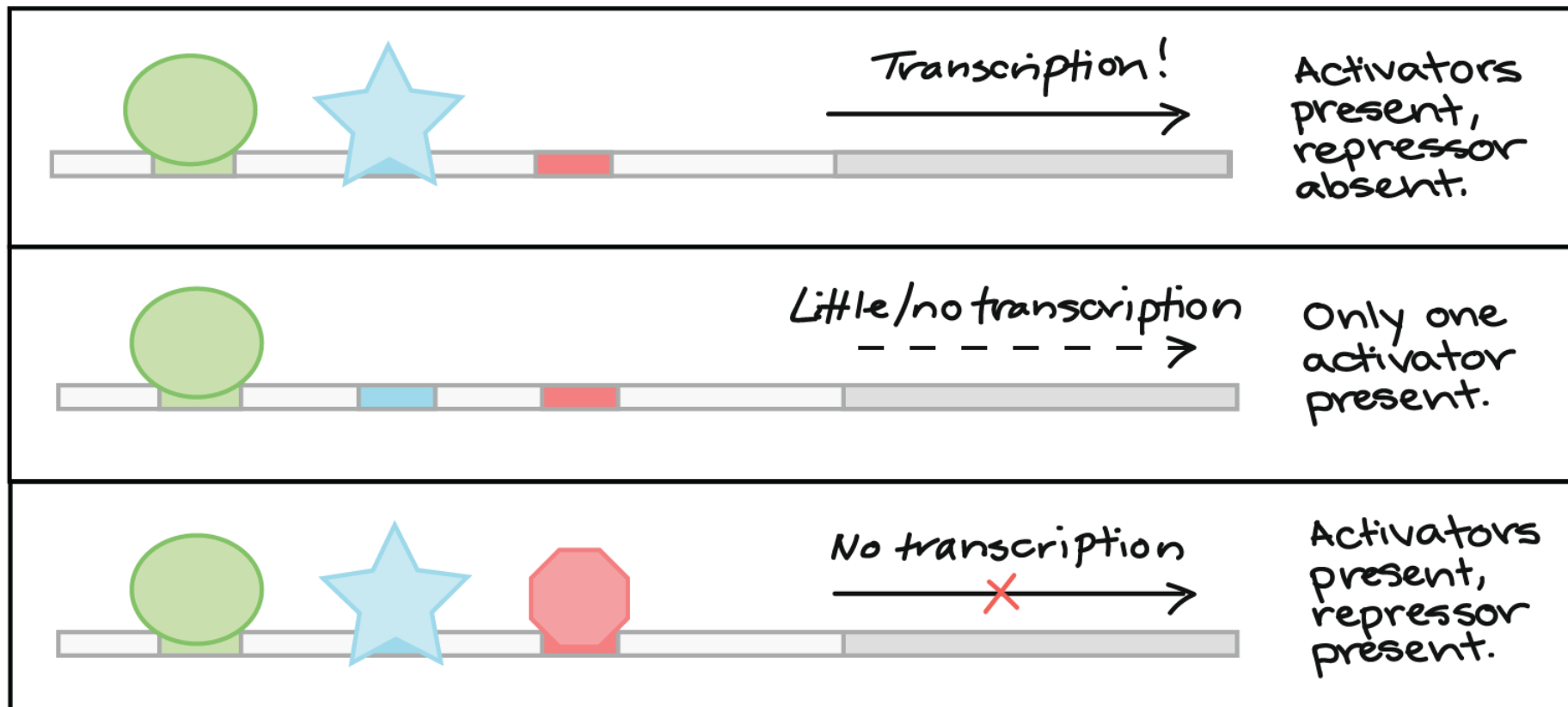
Οι RNA πολυμεράσες των ευκαρυωτών

- Η ευκαρυωτική πολυμεράση συμπεριφέρεται διαφορετικά από την προκαρυωτική.
- Σε καθαρή μορφή δεν μπορεί να μεταγράψει αλληλουχίες DNA.
- Χρειάζεται επιπλέον πρωτεΐνες, όπως παράγοντες έναρξης, που δεν αποτελούν συστατικά της πολυμεράσης.
- Αλληλοεπιδρά με **μεταγραφικούς παράγοντες** για τη ρύθμιση της μεταγραφής





This gene is only expressed if both activators are present & the repressor is absent.



Η μεταγραφή

Ρύθμιση

1. ΜΕΤΑΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

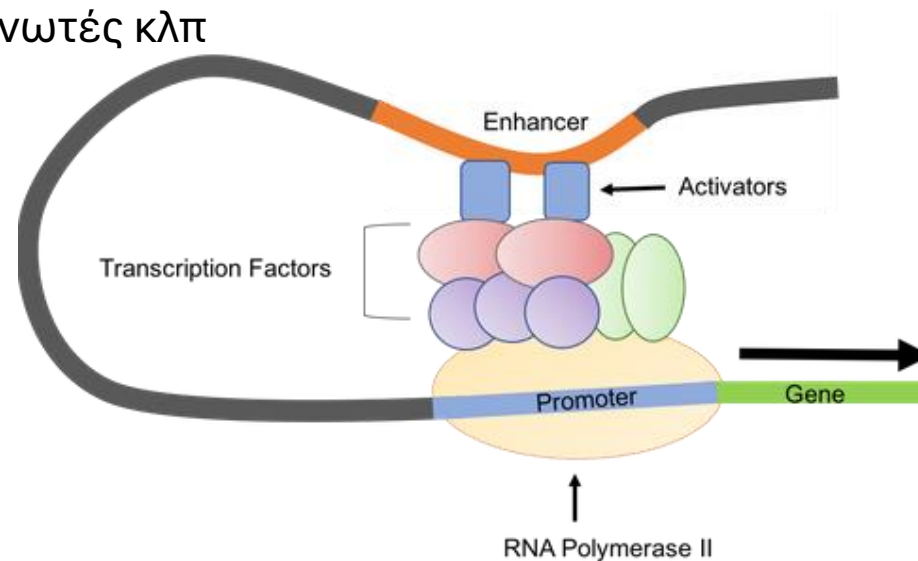
Δέσμευση σε ρυθμιστικές αλληλουχίες DNA και τροποποίηση της ενεργότητας των RNA πολυμερασών.

2. ΠΑΚΕΤΑΡΙΣΜΑ ΧΡΩΜΑΤΙΝΗΣ

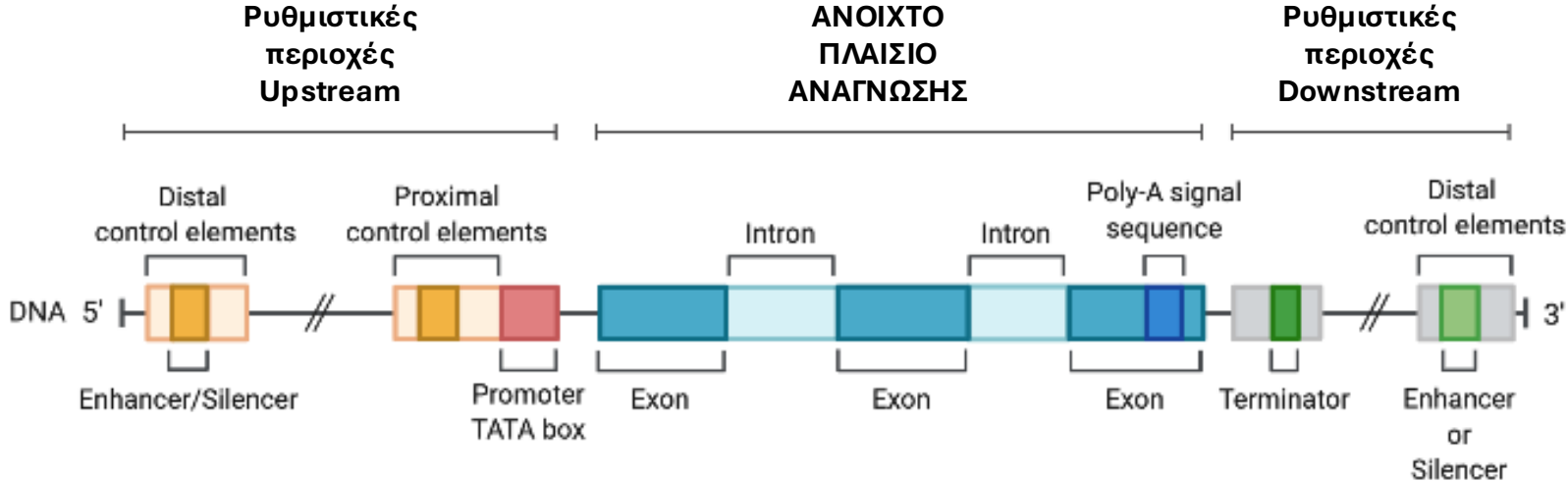
Μερικές πρωτεΐνες και μερικά μικρά μη κωδικά RNA μπορούν να επηρεάζουν τη μεταγραφή αλλάζοντας τη δομή της χρωματίνης.

3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ DNA

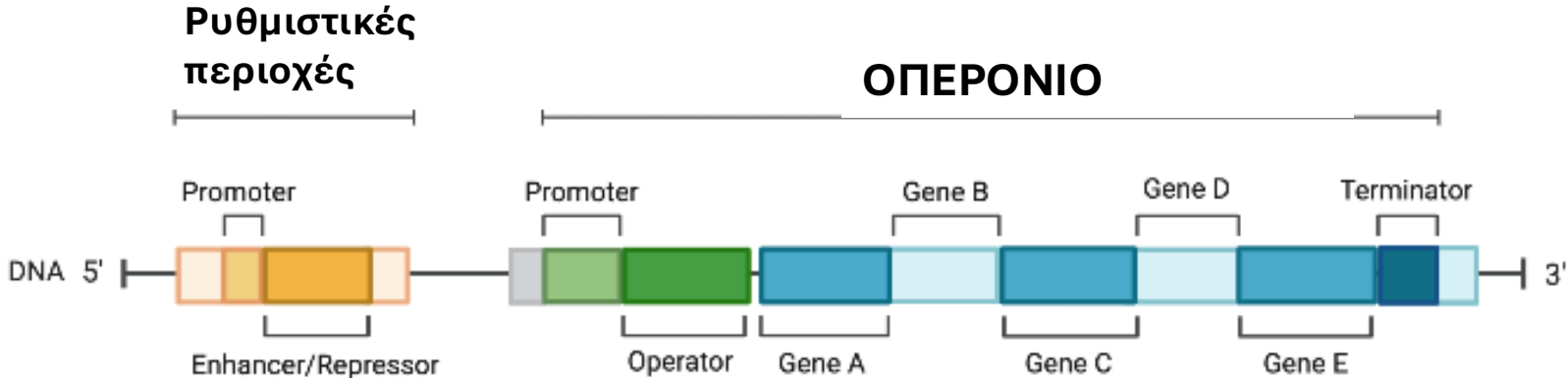
Αλληλουχίες υποκινητών, ενισχυτές, μονωτές κλπ



ΔΟΜΗ ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΟΥ ΓΟΝΙΔΙΟΥ



ΔΟΜΗ ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΟΥ ΓΟΝΙΔΙΟΥ



Η μεταγραφή mRNA

Προκαρυωτικά	Ευκαρυωτικά
Τα mRNA δεν υφίσταται ωρίμανση	Όλα τα πρωταρχικά mRNA υφίστανται ωρίμανση.
Όλα γίνονται στο κυτταρόπλασμα	Η σύνθεση mRNA γίνεται στον πυρήνα και η μετάφρασή του στο κυτταρόπλασμα
Ο χρόνος ημιζωής του mRNA είναι λεπτά	Ο χρόνος ημιζωής του mRNA είναι ώρες
Ομάδα γειτονικών γονιδίων μεταγράφεται σε ενιαίο RNA που περιέχει πληροφορίες για αρκετές πολυπεπτιδικές αλυσίδες.	Κάθε μόριο RNA φέρει πληροφορίες για μόνο μία πολυπεπτιδική αλυσίδα.