

Κεφάλαιο 2

– Αντιγραφή, έκφραση
και ρύθμιση της
γενετικής πληροφορίας



Μόριο tRNA

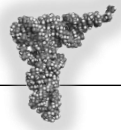
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

για τη διδασκαλία της Βιολογίας Γ' Λυκείου
Προσανατολισμού Σπουδών Υγείας

Επιμέλεια: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΙΛΛΙΑΣ
Βιολόγος, M.Sc., Υποψήφιος Διδάκτωρ
gvillias.wixsite.com/education

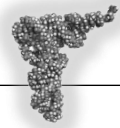


2020



Επισκόπηση της θεωρίας

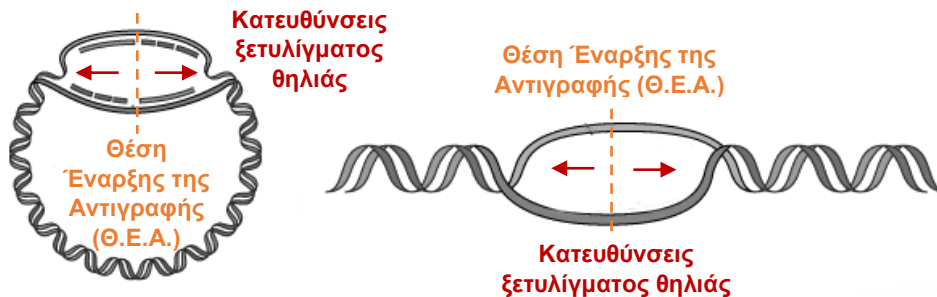
- ☐ **Ημισυντηρητικός** μηχανισμός αντιγραφής του DNA
- ☐ **Θέσεις έναρξης της αντιγραφής** του DNA σε **προκαρυωτικά** κύτταρα
- ☐ **Θέσεις έναρξης της αντιγραφής** του DNA σε **ευκαρυωτικά** κύτταρα
- ☐ Λειτουργίες ενζύμων **DNA ελικάσης, πριμοσώματος, DNA πολυμεράσης, DNA δεσμάσης** και **επιδιορθωτικών ενζύμων**
- ☐ **Συνεχής** και **ασυνεχής σύνθεση DNA** (σε θηλειές και σε διχάλες αντιγραφής)
- ☐ **Κεντρικό δόγμα** Μοριακής Βιολογίας
- ☐ **Είδη RNA** (mRNA, tRNA, rRNA, snRNA)
- ☐ **Μηχανισμός μεταγραφής** (RNA πολυμεράση, υποκινητές, μεταγραφικοί παράγοντες, αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, κωδική αλυσίδα, μη κωδική ή μεταγραφόμενη αλυσίδα)
- ☐ **Μεταγραφή στους προκαρυωτικούς οργανισμούς**
- ☐ **Μηχανισμός ωρίμανσης στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς** (ασυνεχή γονίδια, εσώνια, εξώνια, πρόδρομο mRNA, ώριμο mRNA, ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια)
- ☐ Θέση και λειτουργία **5' και 3' αμετάφραστων περιοχών**
- ☐ **Χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα**
- ☐ **Μηχανισμός μετάφρασης** (σχηματισμός συμπλόκου έναρξης, επιμήκυνση, λήξη μετάφρασης)
- ☐ Σχηματισμός **πολυσωμάτων**
- ☐ Έννοια και σημασία της **κυτταρικής διαφοροποίησης**
- ☐ **Δομή & μηχανισμός λειτουργίας του οπερονίου της λακτόζης** (ρυθμιστικό γονίδιο, υποκινητής, χειριστής, πρωτεΐνη καταστολέας, δομικά γονίδια, επαγωγέας)
- ☐ **Επίπεδα ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς** (μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, μετάφραση, μετά τη μετάφραση)



Επισημάνσεις & διευκρινίσεις της θεωρίας

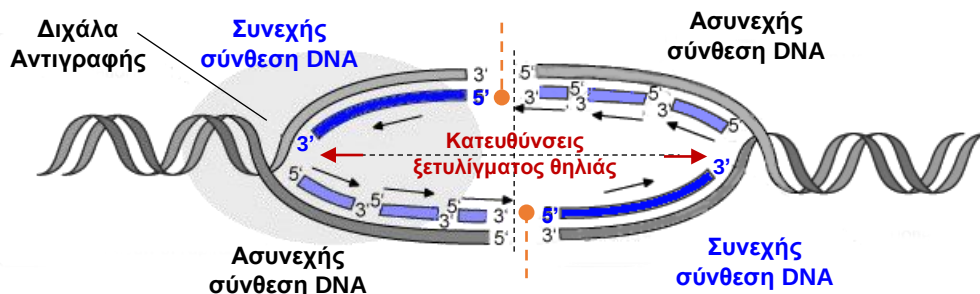
§ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ – Διχάλες & Θηλιές αντιγραφής

Κατά τη διάρκεια της αντιγραφής το ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA σε κάθε θέση έναρξης της αντιγραφής οδηγεί στο σχηματισμό χαρακτηριστικών θηλιών. Αυτό ισχύει τόσο για τα κυκλικά μόρια DNA (π.χ. βακτηριακό χρωμόσωμα, πλασμίδια, μιτοχονδριακό & χλωροπλαστικό DNA), όσο και για τα γραμμικά μόρια στα οποία συναντάμε περισσότερες θέσεις έναρξης της αντιγραφής (Θ.Ε.Α.).



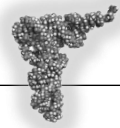
Γνωρίζοντας ότι οι DNA ελικάσες επεκτείνουν τη θηλιά και προς τις δύο κατευθύνσεις, μπορούμε να διακρίνουμε ότι η κάθε θηλιά αποτελείται επί της ουσίας από δύο διχάλες αντιγραφής. Σε κάθε διχάλα αντιγραφής η μία αλυσίδα συντίθεται συνεχώς και η άλλη ασυνεχώς.

Εάν είναι γνωστός ο προσανατολισμός των μητρικών αλυσίδων, τότε είναι εύκολο να εντοπίσουμε ποιες από τις νέο-συντιθέμενες αλυσίδες σχηματίζονται με συνεχή και ποιες με ασυνεχή τρόπο. Οι αλυσίδες που συντίθενται με συνεχή τρόπο, από τη στιγμή του αρχικού σχηματισμού τους στα σημεία της Θ.Ε.Α., επιμηκύνονται διαρκώς και με προσανατολισμό 5'-3' προς τις κατευθύνσεις ξετυλίγματος της θηλιάς.



Χωρίζοντας τη θηλιά σε 4 τεταρτημόρια και εφόσον έχουμε εντοπίσει τη μία συνεχή αλυσίδα μπορούμε να αναγνωρίσουμε τον τρόπο σύνθεσης και των υπολοίπων. Προσοχή πρέπει να δοθεί στην τοποθέτηση του προσανατολισμού όλων των αλυσίδων έτσι ώστε να διατηρείται ο κανόνας της αντιπαράλληλίας με τις μητρικές.

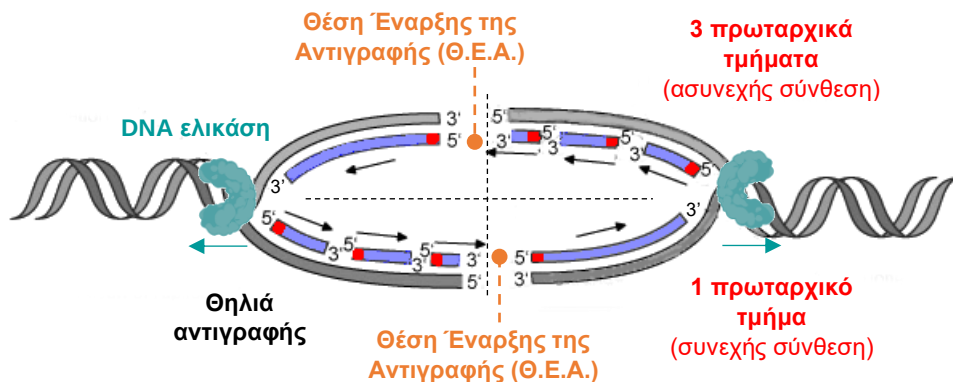




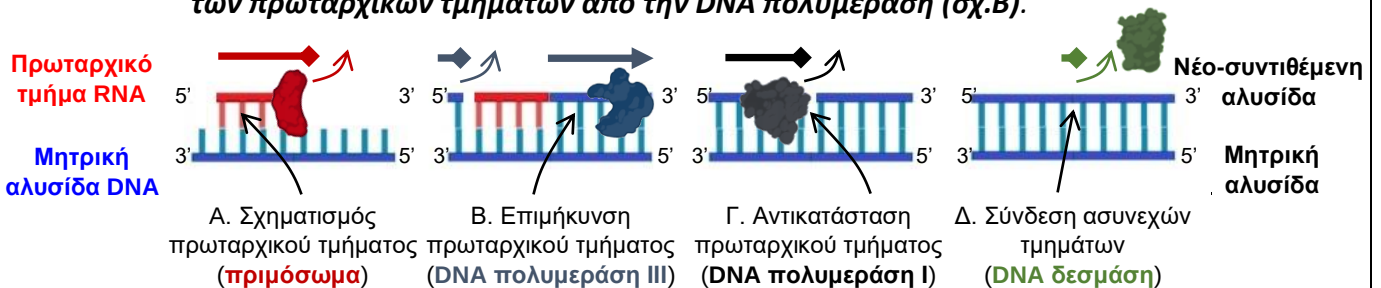
§ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ – Δράση ενζύμων & πρωταρχικά τμήματα

Μερικές επισημάνσεις που αφορούν τη δράση ενζύμων της αντιγραφής:

- **DNA ελικάσες:** Διευρύνουν τις διχάλες αντιγραφής σπάζοντας τους δεσμούς υδρογόνου που συγκρατούν ενωμένες τις μητρικές αλυσίδες της δίκλωνης έλικας του DNA. **Συναντάμε 2 μόρια σε κάθε θηλιά.**
- **Πριμόσωμα:** Σύμπλοκο ενζύμων που τοποθετεί πρωταρχικά τμήματα RNA πάνω στις ελεύθερες, μονόκλωνες, μητρικές αλυσίδες. **Σε κάθε αλυσίδα που συντίθενται συνεχώς δημιουργείται μόνο ένα πρωταρχικό τμήμα,** αμέσως μετά τη Θ.Ε.Α. **Στις αλυσίδες που συντίθενται ασυνεχώς δημιουργούνται περισσότερα πρωταρχικά τμήματα.**

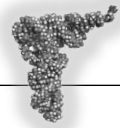


- **DNA πολυμεράση:** Το κατεχοχόν ένζυμο για τη δημιουργία αλυσίδων DNA. Για να συνδεθεί χρειάζεται δίκλωνο υπόστρωμα, οπότε υποχρεωτικά για να δράσει πρέπει να προηγηθεί η τοποθέτηση πρωταρχικού τμήματος RNA από το πριμόσωμα. Το πρωταρχικό αυτό RNA τμήμα θα το επιμηκύνει και σε επόμενο στάδιο θα το αντικαταστήσει με DNA. **Η παρουσία λοιπόν δεοξυριβονουκλεοτιδίων αλλά και ριβονουκλεοτιδίων πάνω στην ίδια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα αποτελεί ένα στιγμιότυπο της επιμήκυνσης των πρωταρχικών τμημάτων από την DNA πολυμεράση (σχ.Β).**



- **DNA δεσμάση:** Συνδέει με 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό τα ασυνεχή τμήματα που θα προκύψουν μετά την αντικατάσταση των πρωταρχικών τμημάτων με DNA (σχ. Γ-Δ). **Ο αριθμός των δεσμών αυτών ισοδυναμεί με τον αριθμό των πρωταρχικών τμημάτων που αντικαθίστανται.**



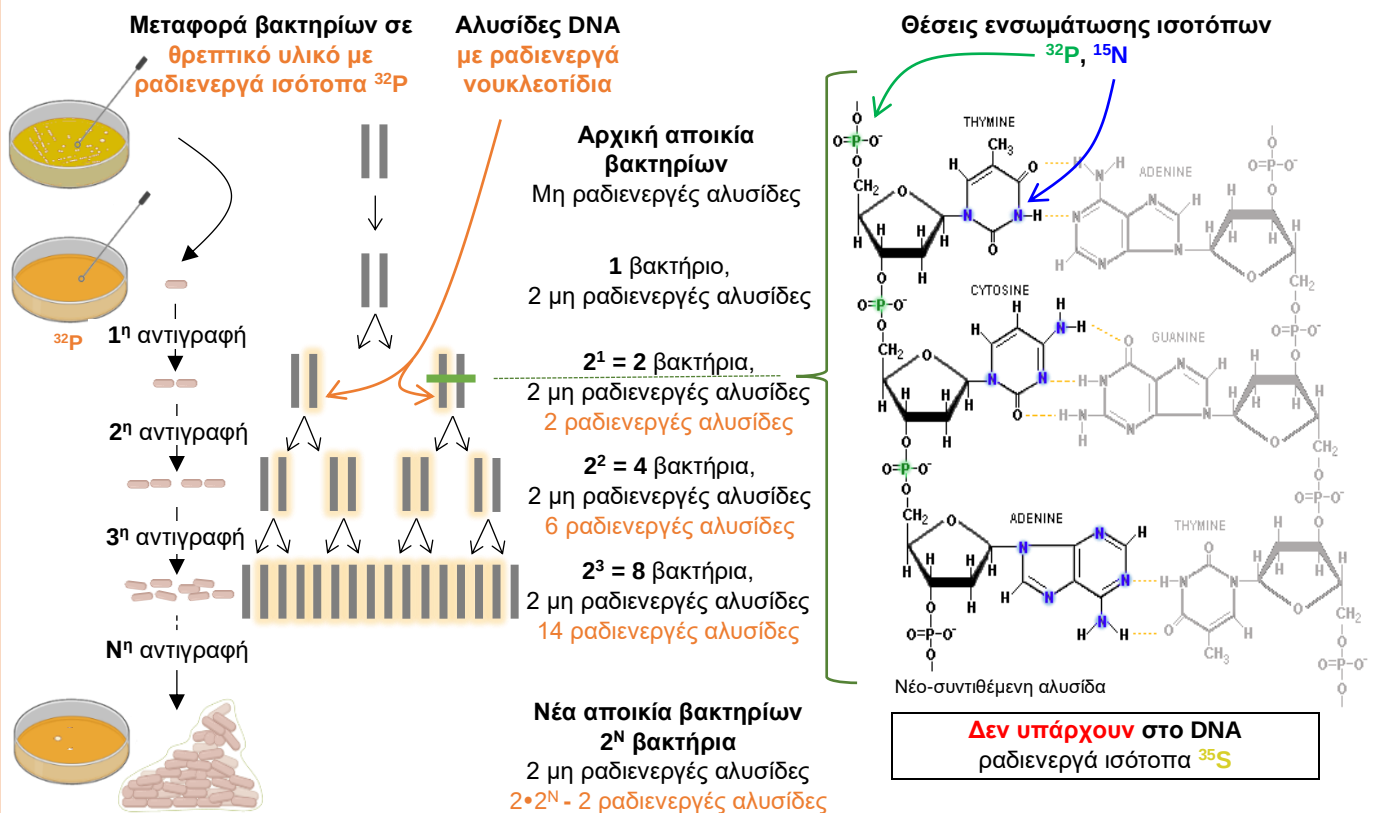


§ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ – Ιχνηθέτηση DNA με ραδιενεργά & μη ραδιενεργά ισότοπα

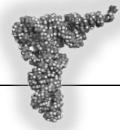
Μερικές φορές εισάγουμε στο θρεπτικό υλικό ανάπτυξης των βακτηρίων ισότοπα χημικών στοιχείων προκειμένου να ιχνηθετήσουμε μόρια DNA ή πρωτεϊνών:

- Στο πείραμα των *Hershey & Chase (1952)* **ραδιενεργά ισότοπα φωσφόρου** ^{32}P και θείου ^{35}S χρησιμοποιήθηκαν για τη σήμανση του DNA και των πρωτεϊνών βακτηριοφάγων αντιστοίχως.
- Στο πείραμα των *Meselson & Stahl (1958)*, **μη ραδιενεργά, βαριά ισότοπα αζώτου** ^{15}N χρησιμοποιήθηκαν για τη σήμανση DNA.

Τα μόρια που σημαίνονται με τον τρόπο αυτό δεν είναι τα ήδη υπάρχοντα, αλλά εκείνα που συντίθενται εκ νέου στα κύτταρά τους. Για την ιχνηθέτηση λοιπόν νεο-συντιθέμενων αλυσίδων DNA, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ραδιενεργά ισότοπα φωσφόρου ^{32}P , είτε μη ραδιενεργά, βαριά ισότοπα αζώτου ^{15}N , τα οποία και μπορούν να ενσωματωθούν στη φωσφορική ομάδα ή την αζωτούχο βάση των νουκλεοτιδίων που συγκροτούν τις νέες αλυσίδες.



Γνωρίζοντας τον αριθμό των κύκλων αντιγραφής που θα κάνει η βακτηριακή μας καλλιέργεια στο σημασμένο θρεπτικό υλικό, αλλά και τον αρχικό αριθμό των κυττάρων της, μπορούμε να υπολογίσουμε πόσες ραδιενεργές αλυσίδες ή πόσα ραδιενεργά νουκλεοτίδια θα υπάρχουν στα παραγόμενα μόρια DNA.

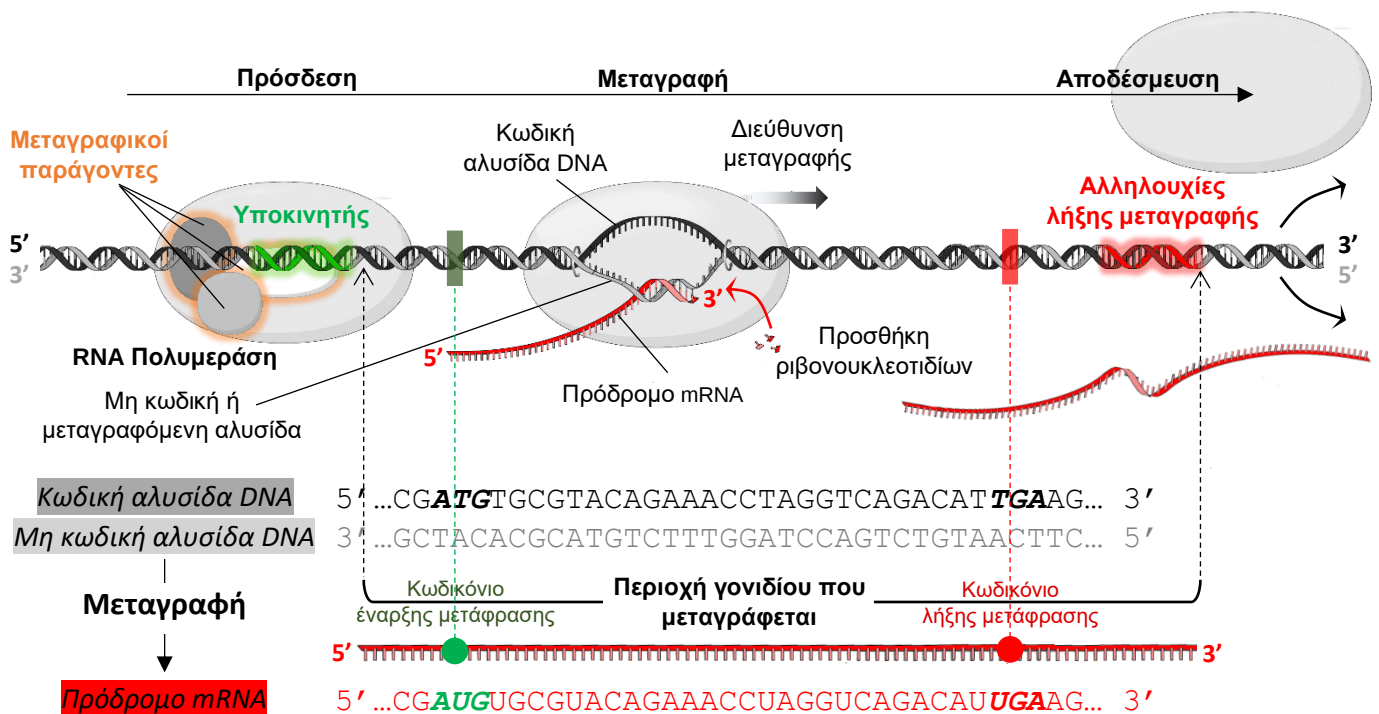


§ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ – Ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής

Η μεταγραφή ενός γονιδίου ελέγχεται από 3 ρυθμιστικά στοιχεία: τον **υποκινητή**, τους **μεταγραφικούς παράγοντες**, και τις **αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής**.

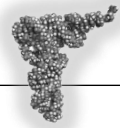
Η θέση τους ΔΕΝ συμπίπτει με τα κωδικόνια έναρξης και λήξης της μετάφρασης

- Οι **υποκινητές** είναι ειδικές αλληλουχίες DNA που εντοπίζονται πάντα στο 5' άκρο της κωδικής αλυσίδας ενός γονιδίου και εξασφαλίζουν τη σωστή πρόσδεση της RNA πολυμεράσης για την μεταγραφή του. Η μεταγραφή ξεκινά μετά την αλληλουχία του υποκινητή. Γνωρίζοντας λοιπόν τη θέση και τον 5'-3' προσανατολισμό της κωδικής αλυσίδας ενός γονιδίου, βρίσκουμε εύκολα τη θέση του υποκινητή και το αντίστροφο.
- Οι **αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής** είναι μέρος του μεταγραφόμενου τμήματος ενός γονιδίου, εντοπίζονται στο τέλος αυτού και σηματοδοτούν για την RNA πολυμεράση το σημείο αποδέσμευσής της από το DNA.



- Η πρόσδεση μιας RNA πολυμεράσης στον υποκινητή ενός ευκαρυωτικού γονιδίου προϋποθέτει την συμμετοχή συγκεκριμένου συνδυασμού ειδικών πρωτεϊνών που ονομάζονται **μεταγραφικοί παράγοντες**. Η παρουσία λοιπόν και η απουσία τους, ρυθμίζει ουσιαστικά την έκφραση ή την αποσιώπηση των γονιδίων σε κάθε κυτταρικό τύπο και συνεπώς ευθύνεται άμεσα για το φαινόμενο της κυτταρικής διαφοροποίησης.

-----∞-----

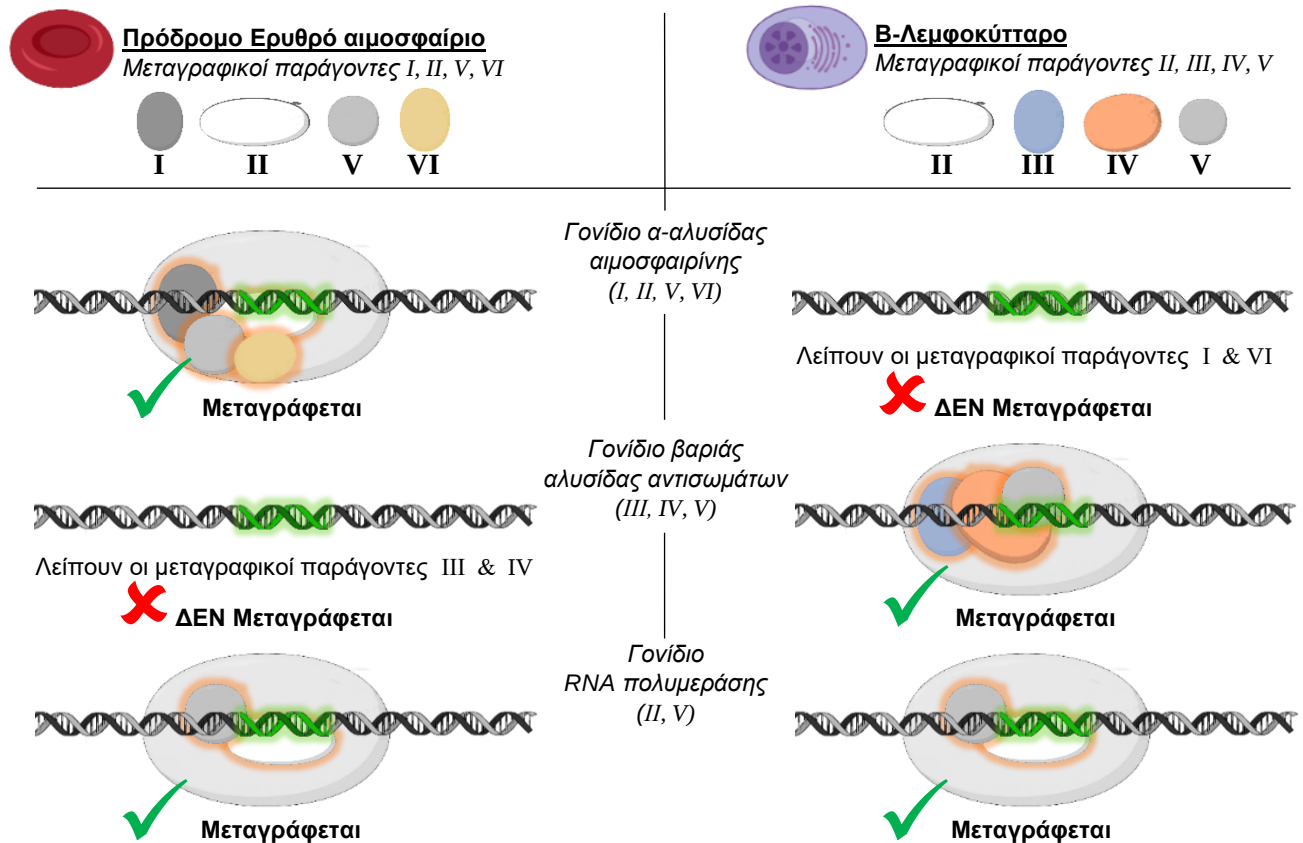


§ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ – Μεταγραφικοί παράγοντες

Παρά το γεγονός ότι όλα τα σωματικά κύτταρα ενός πολυκύτταρου ευκαρυωτικού οργανισμού περιέχουν το ίδιο γενετικό υλικό και τον ίδιο αριθμό γονιδίων, **δεν εκφράζονται τα ίδια γονίδια σε κάθε κυτταρικό τύπο** (κυτταρική διαφοροποίηση).

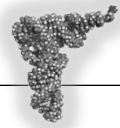
Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στο επίπεδο της μεταγραφής επιτυγχάνεται και με τη βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων. Δεδομένου ότι **σε κάθε κυτταρικό τύπο εντοπίζονται συγκεκριμένες κατηγορίες μεταγραφικών παραγόντων**, η έκφραση του κάθε γονιδίου καθορίζεται από την παρουσία του κατάλληλου συνδυασμού.

Για ορισμένα γονίδια, η έκφρασή τους πραγματοποιείται σε έναν μόνο κυτταρικό τύπο, π.χ. τα γονίδια των αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης εκφράζεται μόνο στα πρόδρομα ερυθρά αιμοσφαίρια, ενώ τα γονίδια των αλυσίδων των αντισωμάτων μόνο στα Β-λεμφοκύτταρα.



Κάποια γονίδια των οποίων η λειτουργία τους είναι απαραίτητη για τη βιωσιμότητα των κυττάρων εκφράζονται σχεδόν παντού, συνεπώς χρειάζονται μεταγραφικούς παράγοντες που είναι κοινός σε όλους τους κυτταρικούς τύπους, π.χ. γονίδια RNA πολυμερασών, ιστονών, tRNA, rRNA, snRNA, συνθετασών ATP.



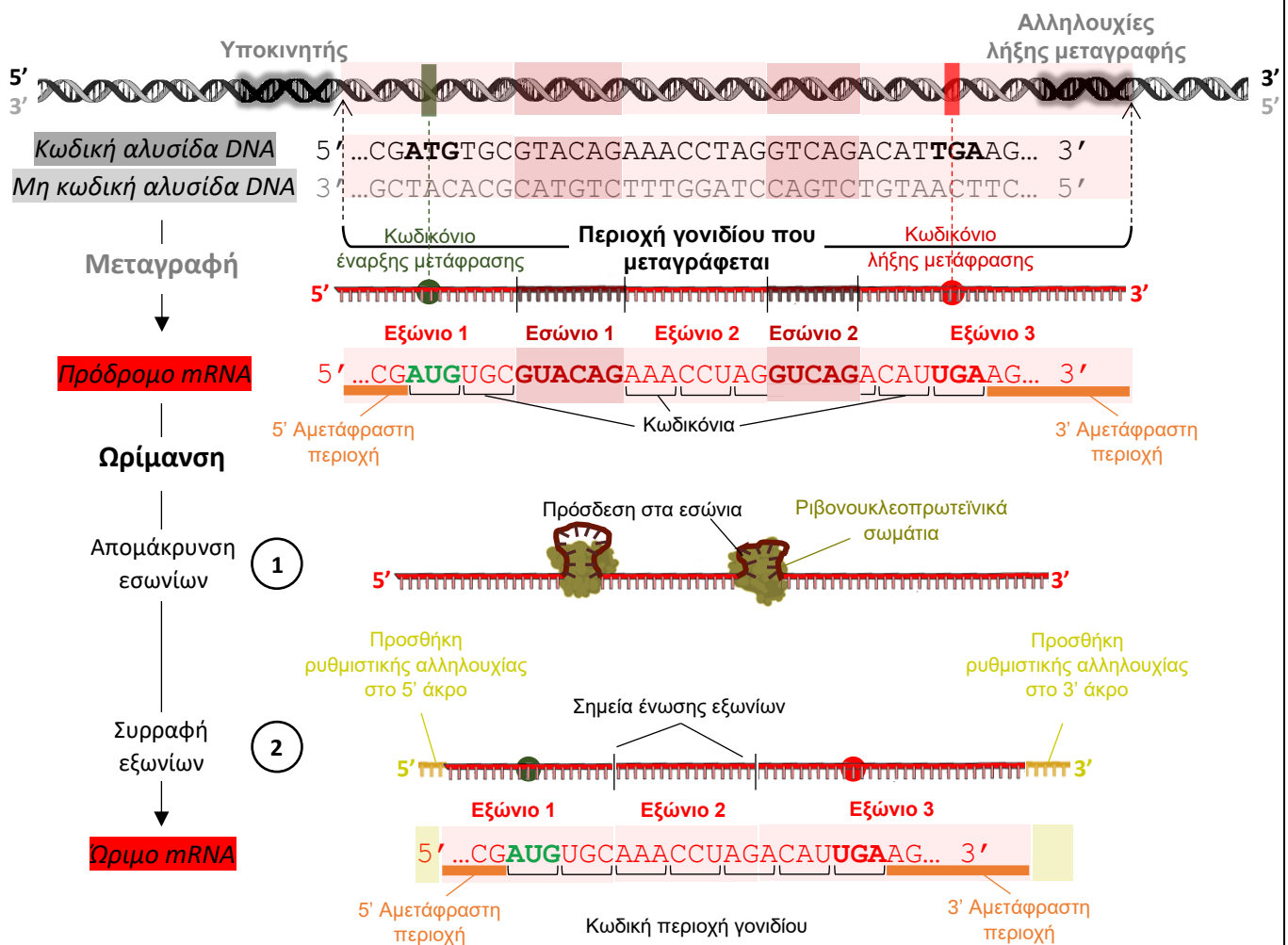


§ ΩΡΙΜΑΝΣΗ – Εσώνια & ώριμο mRNA

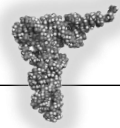
Η διαδικασία της ωρίμανσης πραγματοποιείται μόνο στα ευκαρυωτικά κύτταρα. Ο όρος “εσώνιο” ή “εξώνιο”, μπορεί να αναφέρεται τόσο στο δίκλωνο μόριο DNA, οπότε και αναφερόμαστε σε δίκλωνα κομμάτια, όσο και σε μονόκλωνα τμήματα αλυσίδων του πρόδρομου ή του ώριμου RNA.

Κατά την μετατροπή του πρόδρομου mRNA σε ώριμο, αφαιρούνται τα εσώνια και ενώνονται μεταξύ τους τα εξώνια. Τα εξώνια βρίσκονται πάντα στην αρχή και στο τέλος του πρόδρομου mRNA. Κατά συνέπεια, ο αριθμός των εξωνίων είναι πάντα κατά ένα μεγαλύτερος του αριθμού των εσωνίων.

Η θέση των εσωνίων μπορεί να διακόπτει (π.χ. εσώνιο 2 στο παρακάτω σχήμα), ή και να μη διακόπτει (π.χ. εσώνιο 1 στο παρακάτω σχήμα) κάποιο κωδικόνιο.



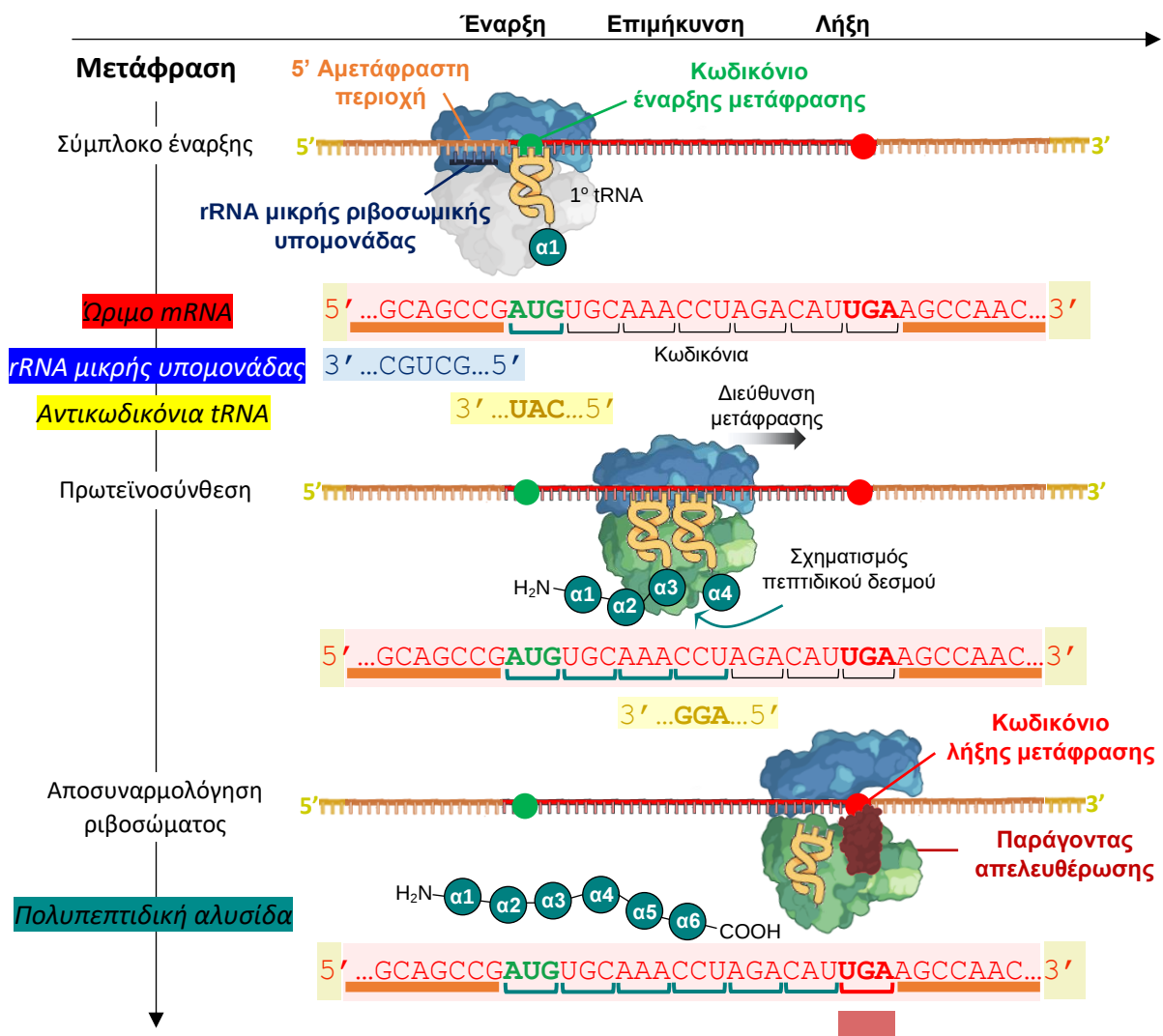
Η αρχή και το τέλος τόσο του πρόδρομου, όσο και του ώριμου mRNA βρίσκονται αντιστοίχως αρκετά νουκλεοτίδια πριν από το κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης (AUG) και μετά το κωδικόνιο λήξης της μετάφρασης (UGA, UAG, UAA).

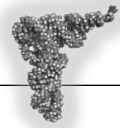


§ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ – Ρόλος 5' αμετάφραστης περιοχής

Η 5' αμετάφραστη περιοχή είναι υπεύθυνη για τη σύνδεση του ώριμου mRNA με τη μικρή ριβοσωμική υπομονάδα κατά τη διάρκεια σχηματισμού του συμπλόκου έναρξης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω τμήματος rRNA, συμπληρωματικού και αντιπαράλληλου με την 5' αμετάφραστη περιοχή του ώριμου mRNA.

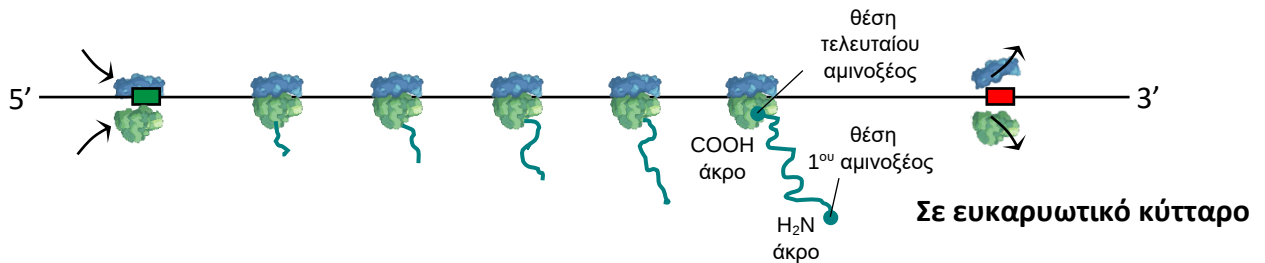
Σε περίπτωση που αναζητούμε τον προσανατολισμό της αλυσίδας του mRNA και γνωρίζοντας ότι η διαδικασία της μετάφρασης γίνεται με κατεύθυνση 5' → 3', προς το 5' άκρο αναμένουμε να βρούμε την περιοχή σύνδεσης του τμήματος rRNA που αναφέρθηκε πριν και το κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης (AUG). Επιπλέον, το μήκος της σχηματιζόμενης πολυπεπτιδικής αλυσίδας θα αυξάνεται καθώς το ριβόσωμα κινείται προς το 3' άκρο.





ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ – Πολυσώματα ή πολυριβοσώματα

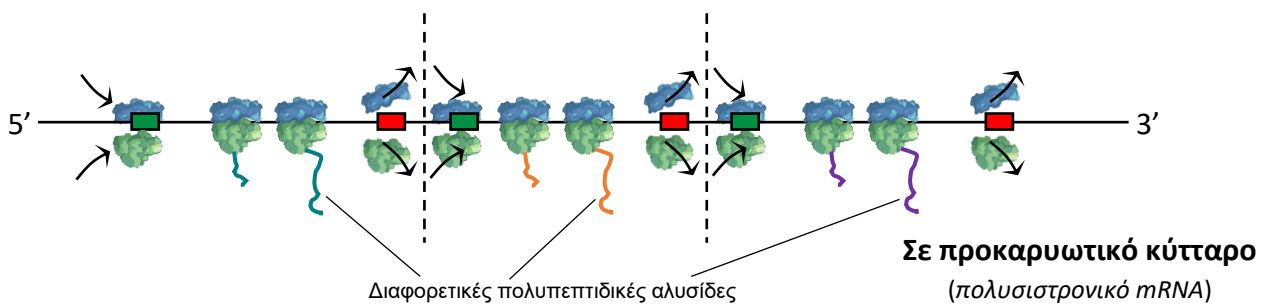
Η δημιουργία πολυσωμάτων για την επίτευξη γρήγορης (ως προς τον χρόνο της πρωτεϊνοσύνθεσης) και οικονομικότερης (ως προς τον αριθμό των μορίων mRNA που χρειάζεται αρχικά να μεταγραφούν) μετάφρασης ενός μορίου mRNA, είναι χαρακτηριστικό και των προκαρυωτικών ΚΑΙ των ευκαρυωτικών κυττάρων.



Στα ευκαρυωτικά κύτταρα κάθε γονίδιο έχει τα δικά του ρυθμιστικά στοιχεία και περιέχει πληροφορίες για την κωδικοποίηση ενός γονιδιακού προϊόντος. Κατά συνέπεια, τα μόρια mRNA που προκύπτουν από τη μεταγραφή μεταφράζονται στο κυτταρόπλασμα ή το εσωτερικό μιτοχονδρίων (μήτρα) και χλωροπλαστών (στρώμα), σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα.

Όσο πλησιέστερα βρισκόμαστε προς το 3' άκρο του mRNA, τόσο μεγαλύτερη σε μήκος θα είναι η νέο-συντιθέμενη πολυπεπτιδική αλυσίδα που προεξέχει από το ριβόσωμα.

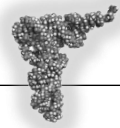
Το πρώτο σε σειρά αμινοξύ έχει ελεύθερο το αμινικό του άκρο (H_2N) και είναι το πλέον απομακρυσμένο από το ριβόσωμα, ενώ το τελευταίο αμινοξύ της πολυπεπτιδικής αλυσίδας έχει ελεύθερο το καρβοξυλικό του άκρο ($COOH$) και θα βρίσκεται πλησίον του ριβοσώματος.



Στα προκαρυωτικά κύτταρα τα γονίδια είναι οργανωμένα σε οπερόνια, οπότε τα μεταγραφόμενα μόρια mRNA είναι πολυσιστρονικά, δηλαδή περιέχουν περισσότερα του ενός γονιδιακά προϊόντα.

Σε αυτά τα μόρια mRNA συναντάμε πολλαπλά κωδικόνια έναρξης και λήξης της μετάφρασης τα οποία οριοθετούν τις κωδικές περιοχές διαφορετικών γονιδίων του οπερονίου.



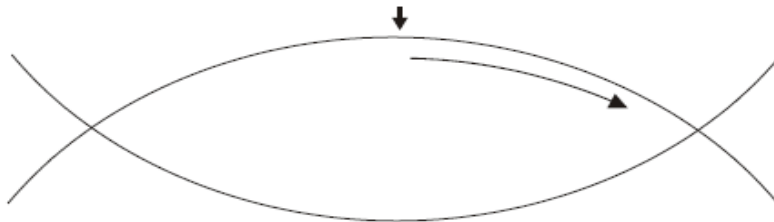


Κατηγορίες ασκήσεων & μεθοδολογία επίλυσης αυτών (58 ασκήσεις)

1. Θηλειές & Διχάλες αντιγραφής

A

Σε μια θέση έναρξης αντιγραφής του DNA, η σύνθεση στη μια αλυσίδα είναι συνεχής, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

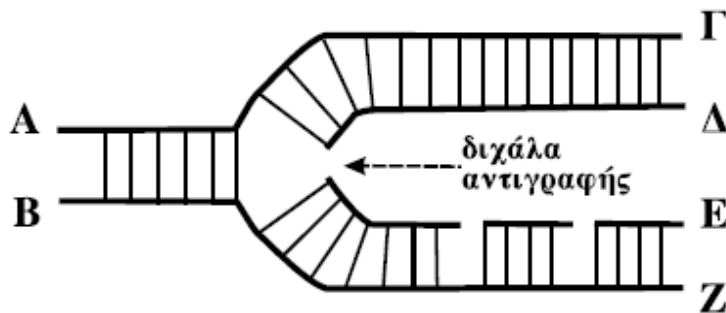


α. Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας το παραπάνω σχήμα, να σχεδιάσετε σ' αυτό όλες τις νέο-συντιθέμενες αλυσίδες του DNA και να σημειώσετε τον προσανατολισμό τους, γράφοντας τα 3' και 5' άκρα.

β. Η σύνθεση των νέων αλυσίδων του DNA γίνεται είτε με συνεχή είτε με ασυνεχή τρόπο. Γιατί συμβαίνει αυτό;

B

Δίνεται το παρακάτω τμήμα DNA στο οποίο έχει αρχίσει η διαδικασία της αντιγραφής:

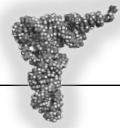


α. Στις θέσεις Α,Β,Γ,Δ,Ε,Ζ να αντιστοιχίσετε τις ενδείξεις 3' ή 5', ώστε να φαίνεται ο προσανατολισμός των αρχικών και των νέο-συντιθέμενων αλυσίδων.

β. Τι είναι τα πρωταρχικά τμήματα, πως δημιουργούνται και πως επιμηκύνονται;

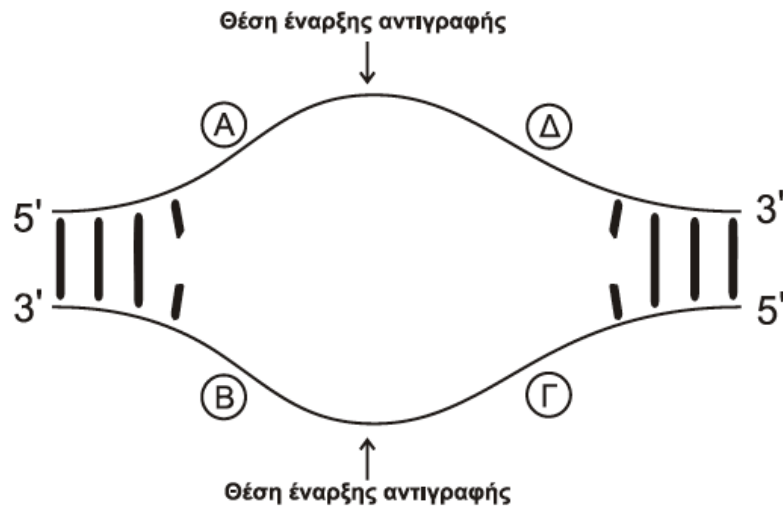
γ. Εξηγήστε γιατί πρέπει, στην παραπάνω διαδικασία να ενεργοποιηθεί το ένζυμο DNA δεσμάση και πώς θα δράσει αυτό;

δ. Ποια ένζυμα θα επιδιορθώσουν τα πιθανά λάθη της διαδικασίας της αντιγραφής;



Γ

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μια θηλιά αντιγραφής.

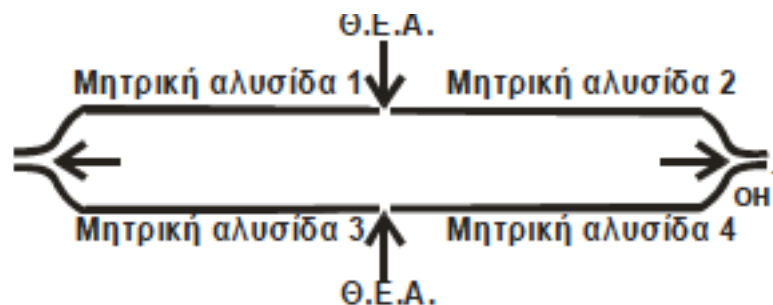


- α. Ποια από τα τμήματα Α, Β, Γ και Δ αντιγράφονται συνεχώς και ποια αντιγράφονται ασυνεχώς; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- β. Το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών κυττάρων αν και είναι πολύ μεγαλύτερο από το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων, αντιγράφεται πολύ γρήγορα. Για ποιο λόγο συμβαίνει αυτό;
- γ. Γιατί ο τρόπος αντιγραφής του DNA ονομάζεται ημισυντηρητικός; Ποια είναι η σημασία της συμπληρωματικότητας των αλυσίδων της διπλής έλικας του DNA;



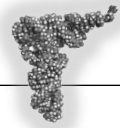
Δ

Το παρακάτω τμήμα του βακτηριακού DNA αντιγράφεται. Στην εικόνα απεικονίζεται η θηλιά αντιγραφής που δημιουργείται στη θέση έναρξης της αντιγραφής (Θ.Ε.Α.). Κατά την διάρκεια της αντιγραφής δημιουργείται το πρωταρχικό τμήμα 5' GCUGUAA 3' στο τμήμα της αλυσίδας που αντιγράφεται συνεχώς.



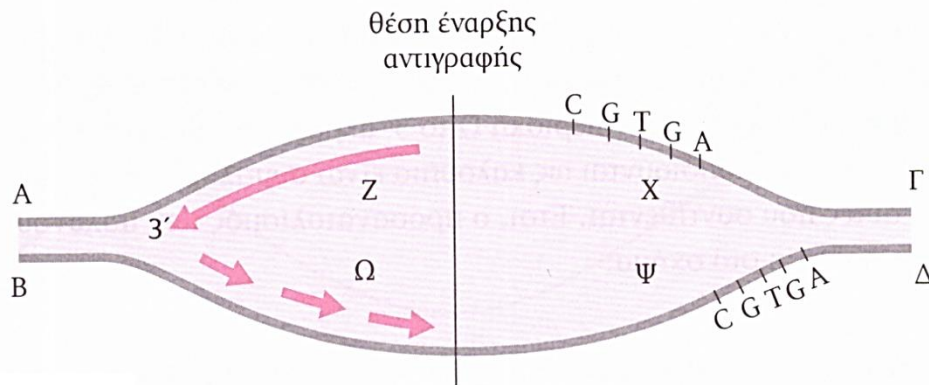
- α. Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας τη θηλιά της Εικόνας 3 και να δείξετε με βέλος σε ποιες θέσεις μπορεί να τοποθετηθεί το πρωταρχικό τμήμα που σας δόθηκε, με την αιχμή του βέλους να δείχνει την κατεύθυνση σύνθεσης της νέας αλυσίδας του DNA. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- β. Να εξηγήσετε πόσα υδροξύλια (-OH) μπορούν να συμμετάσχουν στη δημιουργία φωσφοδιεστερικού δεσμού στο πρωταρχικό τμήμα 5' GCUGUAA 3'.





Ε

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει μια θηλιά αντιγραφής.

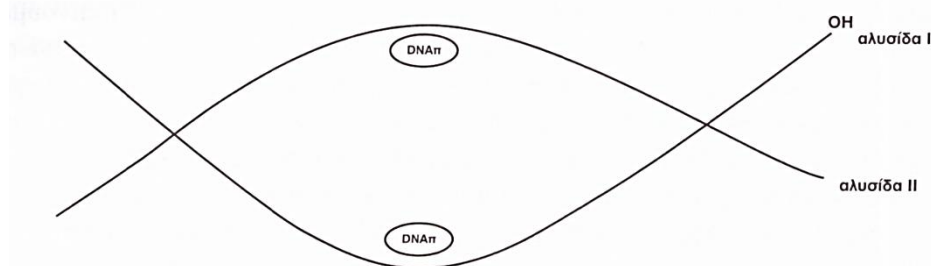


- α. Να σημειώσεις στις θέσεις Α-Δ τον προσανατολισμό των πολυνουκλεοτιδικών αλυσίδων, αιτιολογώντας την απάντησή σου.
- β. Σε ποια περιοχή, στη Χ ή στην Ψ ή και στις δύο μπορεί να δημιουργηθεί πρωταρχικό τμήμα 5' –UCACG– 3' ; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
- γ. Αν η παραπάνω θηλιά αντιγραφής είναι η μοναδική στο μόριο του DNA, να εξηγήσεις ποια θα είναι η μορφή του (γραμμικό/κυκλικό – μονόκλωνο/δίκλωνο) και από ποια κατηγορία οργανισμών είναι πιθανόν να προέρχεται το παραπάνω μόριο του DNA.
- δ. Αν όλα τα πρωταρχικά τμήματα έχουν το ίδιο μήκος και στην κάθε ασυνεχή αλυσίδα δημιουργούνται 4 πρωταρχικά τμήματα, να εξηγήσεις πόσα ριβονουκλεοτίδια είναι απαραίτητα για την αντιγραφή του DNA στην παραπάνω θηλιά αντιγραφής.



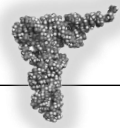
ΣΤ

Σε μια θέση έναρξης αντιγραφής σημειώνονται οι υποθετικές θέσεις των DNA πολυμερασών (DNAπ στο σχήμα).



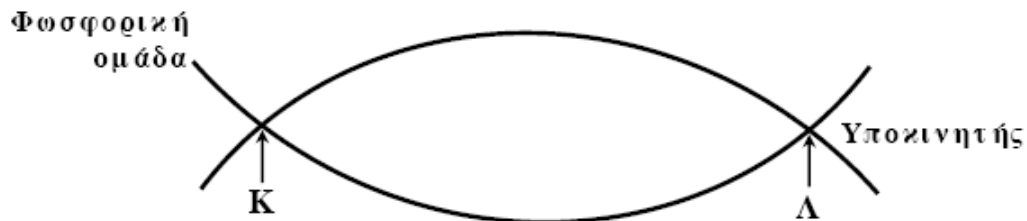
- α. Να σημειώσεις πάνω στο σχήμα τον προσανατολισμό των δύο αλυσίδων γράφοντας τα 5' και 3' άκρα.
- β. Να σχεδιάσεις πάνω στο σχήμα την περιοχή κάθε νέο-συντιθέμενης αλυσίδας που θα αντιγραφεί με συνεχή και την περιοχή που θα αντιγραφεί με ασυνεχή τρόπο, γράφοντας τα 3' και 5' άκρα σε κάθε αλυσίδα.





2

Στο παρακάτω τμήμα δίκλωνου μορίου DNA, μεταξύ των σημείων K και Λ περιέχεται ένα γονίδιο. Στο διάγραμμα υποδεικνύεται η θέση του υποκινητή του γονιδίου. Να μεταφέρετε το σχήμα στο τετράδιό σας.

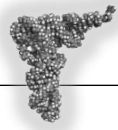


- α. Να σημειώσετε στο σχήμα τους προσανατολισμούς των κλώνων του μορίου και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- β. Να τοποθετήσετε στο σχήμα και στις κατάλληλες θέσεις το κωδικόνιο έναρξης του γονιδίου και ένα από τα κωδικόνια λήξης (της επιλογής σας). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- γ. Να εξηγήσετε τι γίνεται κατά την έναρξη της μεταγραφής ενός γονιδίου.



- Αξιοποιούμε τυχόν στοιχεία που υπάρχουν στο σχήμα (φωσφορική ομάδα ή υδροξύλιο στα άκρα, προσανατολισμός νέο-συντιθέμενης αλυσίδας, θέση έναρξης αντιγραφής και πρωταρχικά τμήματα), προκειμένου να καθορίσουμε σωστά τον 5' → 3' προσανατολισμό των μητρικών αλυσίδων.
- Γνωρίζοντας τον προσανατολισμό των μητρικών αλυσίδων και την κατεύθυνση ξετυλίγματος της θηλιάς ή της διχάλας αντιγραφής, βρίσκουμε ποια νέο-συντιθέμενη αλυσίδα (αντιπαράλληλη ως προς τις μητρικές αλυσίδες) θα επιμηκύνεται διαρκώς όσο ξετυλίγεται η θηλιά ή η διχάλα αντιγραφής και θα συντίθεται με συνεχή τρόπο.
- Έχοντας βρει τη μία αλυσίδα που συντίθεται με συνεχή τρόπο και χωρίζοντας τη θηλιά σε 4 τεταρτημόρια μπορούμε να καθορίσουμε τον τρόπο σύνδεσης και τον προσανατολισμό και των υπολοίπων νέο-συντιθέμενων αλυσίδων.





2. Αντιγραφή και πρωταρχικά τμήματα

A

Η ακόλουθη αλληλουχία αποτελεί τμήμα βακτηριακού DNA που αντιγράφεται προκειμένου να ακολουθήσει η διαίρεση του βακτηρίου.

... CCGACTTCATGGCCA|TTCGGACCTGCCATCGTA... P
GGCTGAAGTACCGGT|AAGCCTGGACGGTAGCAT

θέση έναρξης της αντιγραφής

α. Να τοποθετήσεις τα 5' και 3' άκρα στις αλυσίδες του DNA. Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

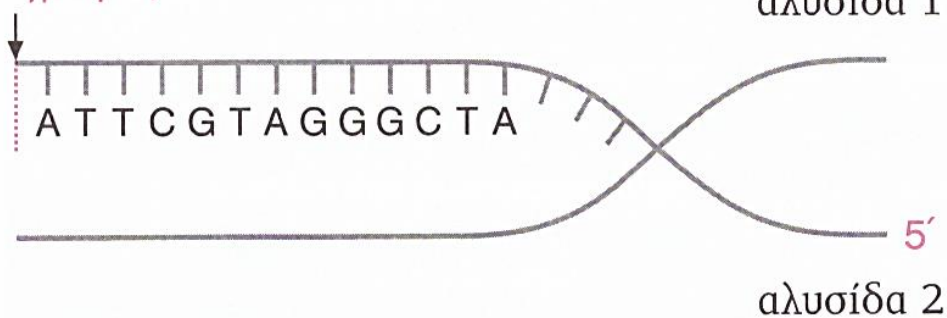
β. Να γράψεις τις αλληλουχίες των πρωταρχικών τμημάτων (μήκους 5 νουκλεοτιδίων το καθένα) που θα χρησιμοποιηθούν για τις αλυσίδες που θα συντεθούν με συνεχή τρόπο σημειώνοντας και τα άκρα τους.

-----∞-----

B

Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται μια διχάλα αντιγραφής (μισή θηλιά αντιγραφής) και η θέση έναρξης της αντιγραφής.

*θέση έναρξης
αντιγραφής*

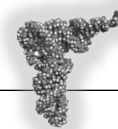


α. Ποια αλυσίδα αντιγράφεται με τρόπο συνεχή και ποια με ασυνεχή και γιατί;

β. Να γράψεις την αλληλουχία του πρωταρχικού τμήματος που σχηματίζεται στη θέση έναρξης της αντιγραφής, με δεδομένο ότι αποτελείται από 5 νουκλεοτίδια.

γ. Εάν στη διχάλα αντιγραφής του σχήματος σχηματίστηκαν 3 ασυνεχή τμήματα, πόσα πρωταρχικά τμήματα σχηματίστηκαν συνολικά σε όλη τη θηλιά αντιγραφής;

-----∞-----



Γ

Κατά την αντιγραφή ενός μορίου DNA από βακτήριο σχηματίζονται 22 πρωταρχικά τμήματα.

α. Πόσα είναι τα συνεχή και πόσα τα ασυνεχή τμήματα που σχηματίζονται σε κάθε θυγατρική αλυσίδα του DNA κατά τη διάρκεια της αντιγραφής;

β. Κατά την αντιγραφή του μορίου, οι DNA πολυμεράσες δημιουργούν 49.978 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς κατά την επιμήκυνση των πρωταρχικών τμημάτων και κατά την αντικατάσταση των τμημάτων RNA από τμήματα DNA. Ποιο είναι το μήκος του βακτηριακού DNA; Να θεωρήσεις ότι κατά την αντιγραφή δεν γίνονται λάθη που επιδιορθώνονται από τις DNA πολυμεράσες.



Δ

Δίνεται το παρακάτω τμήμα βακτηριακού DNA, το οποίο κωδικοποιεί ένα ολιγοπεπτίδιο:

Αλυσίδα 1: GTTGAATTCTTAGCTTAAGTCGGGCATGAATTCTC

Αλυσίδα 2: CAACTTAAGAATCGAATTCAGCCCGTACTTAAGAG

Το παραπάνω τμήμα DNA αντιγράφεται, και κατά τη διαδικασία της αντιγραφής δημιουργούνται τα παρακάτω πρωταρχικά τμήματα:

i) 5' –GAGAAUUC–3'

ii) 5' –UUAAGCUA–3'

iii) 5' –GUUGAAUU–3'

Να προσδιορίσεις ποια αλυσίδα αντιγράφεται με συνεχή και ποια με ασυνεχή τρόπο. Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.



Ε

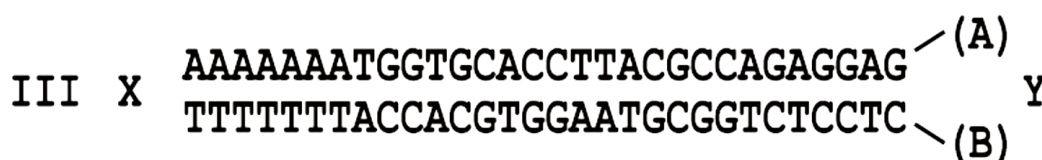
Η αλληλουχία III της εικόνας 4 είναι τμήμα ενός μορίου DNA, που αντιγράφεται σε μια διχάλα

αντιγραφής, στην οποία συμμετέχουν τα εξής πρωταρχικά τμήματα:

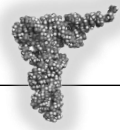
i) 5' AAAUGGU 3'

ii) 5' CUCCUC 3'

iii) 5' ACGCCA 3'



Εικόνα 4

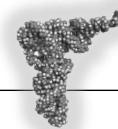


- α. Πώς ονομάζεται το σύμπλοκο των ενζύμων που συνθέτει τα πρωταρχικά τμήματα;
- β. Να εντοπίσετε αν η θέση έναρξης της διχάλας αντιγραφής βρίσκεται στη θέση Χ ή στη θέση Υ.
- γ. Ποια αλυσίδα (Α ή Β) στη διχάλα αντιγραφής αντιγράφεται συνεχώς και ποια ασυνεχώς;
- δ. Ποιο ένζυμο επιμηκύνει τα πρωταρχικά τμήματα;
- ε. Ποιο από τα πρωταρχικά τμήματα της ασυνεχούς αλυσίδας συντίθεται πρώτο;



- Στην περίπτωση θηλιάς, τα πρώτα δύο πρωταρχικά τμήματα σχηματίζονται πάντα στο σημείο της θέσης έναρξης της αντιγραφής. Το κάθε ένα από αυτά συντίθεται πάνω στη μία από τις δύο μητρικές αλυσίδες. Τα δύο αυτά τμήματα, μεταξύ τους θα έχουν αντίθετη φορά.
- Νέο-συντιθέμενες αλυσίδες στις οποίες συναντάμε μόνο ένα πρωταρχικό τμήμα περιμένουμε ότι αντιγράφονται με συνεχή τρόπο. Εάν έχουμε δύο ή περισσότερα πρωταρχικά τμήματα να σχηματίζονται πάνω στην ίδια αλυσίδα, τότε αυτή θα αντιγράφεται με τρόπο ασυνεχή.
- Καλό είναι να γράφουμε την αλληλουχία των πρωταρχικών τμημάτων πάνω στη δοσμένη αλληλουχία ή θηλιά με τον ίδιο τρόπο, π.χ. εξωτερικά των μητρικών αλυσίδων.





3. Αντιγραφή σε περιβάλλον ιχνηθετημένων νουκλεοτιδίων

A

Ένα βακτήριο περιέχει κυκλικό μόριο DNA που αποτελείται από 100.000 ζεύγη βάσεων. Το βακτήριο αυτό αναπτύσσεται σε θρεπτικό υλικό που περιέχει αποκλειστικά ως πηγή φωσφόρου ραδιενεργό ^{32}P , με αποτέλεσμα όλα τα νέα νουκλεοτίδια να είναι ραδιενεργά.

Να υπολογίσετε τον αριθμό των ραδιενεργών νουκλεοτιδίων που θα περιέχονται στο σύνολο των βακτηρίων μετά από δύο διαδοχικές διαιρέσεις του αρχικού βακτηρίου. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

B

Ένα μόριο DNA αντιγράφεται με τη χρήση νουκλεοτιδίων ιχνηθετημένων με ραδιενεργό άζωτο. Πόσες αλυσίδες με ραδιενεργά και πόσες με μη ραδιενεργά νουκλεοτίδια θα υπάρχουν μετά την πρώτη, πόσες μετά τη δεύτερη αντιγραφή και πόσες μετά την τέταρτη;

Γ

Αν ένα μόριο DNA αντιγράφεται σε περιβάλλον με νουκλεοτίδια ιχνηθετημένα με ραδιενεργό φωσφόρο (^{32}P), πόσες ραδιενεργές αλυσίδες θα υπάρχουν στα μόρια DNA που θα προκύψουν μετά την πρώτη και πόσες μετά την τρίτη αντιγραφή; Στη συνέχεια, στην τέταρτη αντιγραφή, τα μόρια DNA αντιγράφονται με χρήση μη ραδιενεργών νουκλεοτιδίων. Πόσες μη ραδιενεργές αλυσίδες και πόσες ραδιενεργές θα υπάρχουν μετά την τέταρτη αντιγραφή;

Δ

Σε ένα μόριο DNA υπάρχουν 10.000 άτομα φωσφόρου.

α. Το μόριο αντιγράφεται σε περιβάλλον με νουκλεοτίδια που έχουν ραδιενεργό φωσφόρο (^{32}P). Πόσα άτομα ραδιενεργού φωσφόρου θα υπάρχουν μετά την πρώτη και πόσα μετά την τέταρτη αντιγραφή;

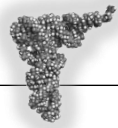
β. Ένα από τα μόρια που προέκυψαν από την πρώτη αντιγραφή μεταφέρεται σε περιβάλλον με ραδιενεργό ^{35}S , όπου και αντιγράφεται μία φορά. Πόσα νουκλεοτίδια με ραδιενεργό ^{35}S θα υπάρχουν στα μόρια DNA που θα προκύψουν;

E

Η αλληλουχία ενός τμήματος DNA που αντιγράφεται με χρήση νουκλεοτιδίων ιχνηθετημένων με ραδιενεργό φωσφόρο (^{32}P) είναι η παρακάτω:

...ATAGC...

...TATCG...



Αν Α, Τ, G, C είναι οι συμβολισμοί των μη ραδιενεργών και Α*, Τ*, G*, C* είναι οι συμβολισμοί των ραδιενεργών νουκλεοτιδίων που χρησιμοποιούνται κατά την αντιγραφή, να γράψεις την αλληλουχία των τμημάτων που θα προκύψουν μετά την πρώτη και μετά τη δεύτερη αντιγραφή.



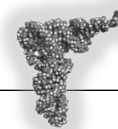
ΣΤ

Στο γενετικό υλικό ενός βακτηρίου υπάρχουν Α ηg 31P (μη ραδιενεργό ισότοπο του φωσφόρου). Το βακτήριο τοποθετείται σε θρεπτικό υλικό όπου υπάρχει μόνο το ισότοπο 32P (ραδιενεργό) του φωσφόρου. Μετά από 4 γενιές, πόσα θα είναι τα ηg του μη ραδιενεργού και πόσα του ραδιενεργού ισότοπου του φωσφόρου;



- Προσέχουμε σε ποιον κύκλο αντιγραφής γίνεται αλλαγή του θρεπτικού μέσου και χρήση ιχνηθετημένων (ραδιενεργά ή μη) νουκλεοτιδίων.
- Σε κάθε κύκλο αντιγραφής διπλασιάζεται ο αριθμός των βακτηρίων, ο αριθμός των μορίων DNA, ο αριθμός των αλυσίδων DNA, ο αριθμός των νουκλεοτιδίων, ή η μάζα του DNA.
- Ο τρόπος αντιγραφής του DNA είναι ημισυντηρητικός, γεγονός που σημαίνει ότι οι αρχικές αλυσίδες δεν μεταβάλλονται, άρα και δεν ενσωματώνουν νέα νουκλεοτίδια. Μόνο οι νέο-συντιθέμενες αλυσίδες χρησιμοποιούν για τη σύνθεσή τους νουκλεοτίδια από το θρεπτικό μέσο, είτε αυτά είναι ιχνηθετημένα (ραδιενεργά ή μη), είτε όχι.





4. Ποσοστό συμμετοχής βάσεων σε πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες

A

Μόριο mRNA που προέρχεται από τη μεταγραφή βακτηριακού DNA αποτελείται κατά 30% από αδερίνη, 30% γουανίνη, 20% κυτοσίνη και 20% ουρακίλη. Ποια θα είναι η σύσταση επί τοις εκατό (%) των βάσεων στην κωδική και ποια στη μη κωδική αλυσίδα;



B

Στη μη κωδική αλυσίδα ενός γονιδίου το άθροισμα A+G είναι ίσο με το 60% του συνόλου των βάσεων της αλυσίδας. Ποιο θα είναι το άθροισμα A+G στην κωδική αλυσίδα του DNA και ποιο στο mRNA που μεταγράφεται από αυτό το γονίδιο;



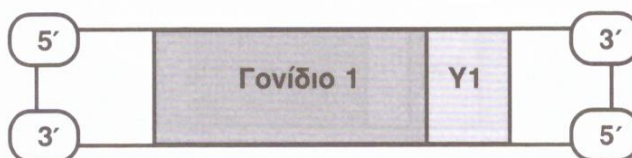
- **Εφαρμογή του κανόνα συμπληρωματικότητας και αντιστοιχία αλυσίδας mRNA με την κωδική αλυσίδα του γονιδίου από το οποίο μεταγράφεται.**



5. Θέση υποκινητή και προσανατολισμός αλυσίδων γονιδίου

A

Δίνεται τμήμα DNA (με τον προσανατολισμό των δύο αλυσίδων) που περιέχει ένα γονίδιο και τον υποκινητή του (Y1).

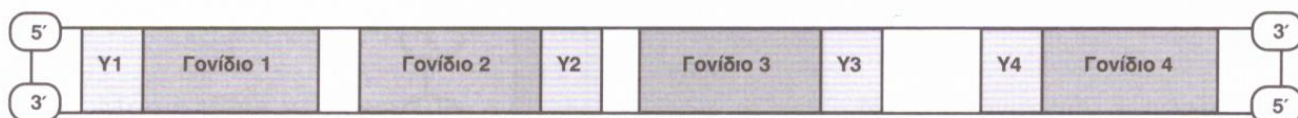


Να σημειώσεις την κωδική και τη μη κωδική αλυσίδα του συγκεκριμένου τμήματος DNA.

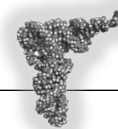


B

Δίνεται το παρακάτω τμήμα DNA, που περιέχει 4 γονίδια (Γονίδιο 1 – Γονίδιο 4) και τους αντίστοιχους υποκινητές τους (Y1, Y2, Y3 και Y4).

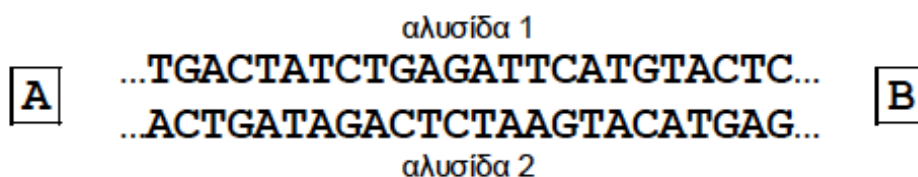


Να σημειώσεις την κωδική και τη μη κωδική αλυσίδα για το κάθε γονίδιο.



Γ

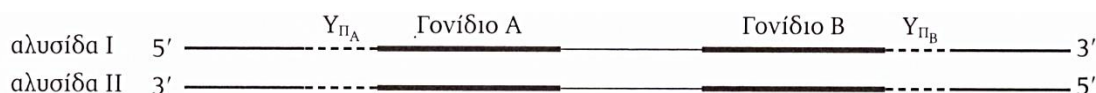
Δίνεται το παρακάτω τμήμα DNA, το οποίο περιέχει ένα συνεχές γονίδιο:



- α. Να προσδιορίσετε την κωδική και τη μη κωδική αλυσίδα του παραπάνω τμήματος DNA, επισημαίνοντας τα 5' και 3' άκρα των αλυσίδων του. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- β. Να γράψετε την αλληλουχία του mRNA που προκύπτει από την μεταγραφή του παραπάνω τμήματος DNA.
- γ. Να προσδιορίσετε αν ο υποκινητής του γονιδίου αυτού βρίσκεται στη θέση A ή στη θέση B. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Δ

Το σχήμα που ακολουθεί απεικονίζει τμήμα DNA προκαρυωτικού κυττάρου στο οποίο υπάρχουν γονίδια, το γονίδιο A και το γονίδιο B, τα οποία συμβολίζονται με έντονη γραμμή, καθώς και οι υποκινητές τους, Y_{Π_A} και Y_{Π_B} , οι οποίοι συμβολίζονται με διακεκομμένη γραμμή. Καθένα από τα δύο αυτά γονίδια φέρουν την πληροφορία για τη σύνθεση μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας.



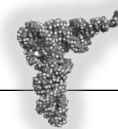
Η αλληλουχία του γονιδίου A είναι η εξής:

GCGCAAATGCCAACAGACCTAGAATGAAAATTTC
CGCGTTTACGGTTGTCTGGATCTTACTTTTAAAGG

Η αλληλουχία του γονιδίου B είναι η εξής:

CCCTAGATGTCGGCTCCCAGGAGTAGCCCATAACCTAGC
GGGATCTACAGCCGAGGGTCCTCATCGGGTATTGGATCG

Να τοποθετήσεις τις αλληλουχίες των δύο γονιδίων στο σχήμα αιτιολογώντας την απάντησή σου.



Ε

Δίνεται αλληλουχία DNA του *Bacillus thuringiensis*, που περιέχει υποκινητή και γονίδιο υπεύθυνο για τη σύνθεση πεπτιδίου:

Αλυσίδα I CACTTCAATGTCGAAGTGGACACATCGATTAAGTG

Αλυσίδα II GTGAAGTTACAGCTTCACCTGTGTAGCTAATTAC

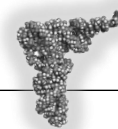
Η αλληλουχία $\begin{matrix} \text{GTGAAT} \\ \text{CACTTA} \end{matrix}$ αποτελεί τον υποκινητή του γονιδίου.

- α. Να γράψεις ποια αλυσίδα είναι η μη κωδική και να σημειώσεις τα άκρα του τμήματος DNA. Να αιτιολογήσεις τις απαντήσεις σου.
- β. Ποια είναι η αλληλουχία του mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή του γονιδίου;
- γ. Όταν κατά τη διάρκεια της μετάφρασης ένα ριβόσωμα συναντά το κωδικόνιο λήξης του συγκεκριμένου mRNA, πόσοι δεσμοί υδρογόνου έχουν σπάσει μεταξύ των κωδικονίων και των αντικωδικονίων όσων tRNA έχουν μεταφέρει αμινοξέα στο ριβόσωμα αυτό; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.



- Ο υποκινητής είναι ρυθμιστική αλληλουχία της μεταγραφής και αναφέρεται σε δίκλωνο τμήμα DNA.
- Ο υποκινητής θα βρίσκεται πλησίον του 5' άκρου της κωδικής αλυσίδας και πάντα πριν από το κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης ενός γονιδίου.
- Σε ένα χρωμόσωμα, δεν έχουν απαραίτητα όλα τα γονίδια του τον ίδιο προσανατολισμό. Κατ' επέκταση για κάποια γονίδια του ως κωδική λειτουργεί η πρώτη αλυσίδα του δίκλωνου DNA ενώ για κάποια άλλα γονίδια η δεύτερη.





6. Μεταγραφή γονιδίου & μετάφραση mRNA

A

Η αλληλουχία των βάσεων ενός βακτηριακού mRNA είναι:

5' – AUGAAUUUUCCCGGGGAUUGAUAA – 3'

Να γράψετε στο τετράδιό σας την αλληλουχία των βάσεων του δίκλωνου μορίου DNA από το οποίο προήλθε.

B

Δίνεται το παρακάτω τμήμα mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή ενός γονιδίου βακτηριακού κυττάρου:

... 5' AUG–CCU–CAU–CGU–UCU–ACU–UUU–UAA 3' ...

Να γράψετε στο τετράδιό σας τη μη κωδική αλυσίδα από την οποία προήλθε το παραπάνω mRNA και να ορίσετε τον προσανατολισμό της.

Γ

Έστω ένα τμήμα μεταγραφόμενου κλώνου DNA με την ακόλουθη αλληλουχία βάσεων:

... 5' TCACGGAATTTCTAGCAT 3' ...

Με δεδομένο ότι δε μεσολαβεί στάδιο ωρίμανσης, να γράψετε το mRNA που θα προκύψει από τη μεταγραφή του παραπάνω τμήματος DNA, σημειώνοντας ταυτόχρονα τη θέση του 5' και 3' άκρου του m-RNA.

Δ

Δίνεται το παρακάτω τμήμα βακτηριακού DNA που κωδικοποιεί τα πέντε (5) πρώτα αμινοξέα μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Η κατεύθυνση στην οποία κινείται η RNA πολυμεράση κατά τη μεταγραφή υποδεικνύεται από το βέλος.

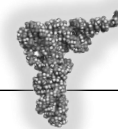
... T T A T G C C A A A G A A C A T G ...	αλυσίδα I
→	
... A A T A C G G T T T T C T T G T A C ...	αλυσίδα II

α. Ποια από τις δύο αλυσίδες του παραπάνω DNA είναι η κωδική και ποια είναι η μη κωδική; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

β. Να γράψετε την αλληλουχία του mRNA, που προκύπτει από τη μεταγραφή του παραπάνω DNA.

γ. Να γράψετε και να αιτιολογήσετε το αντικωδικόνιο του tRNA, που μεταφέρει το 2ο αμινοξύ της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

δ. Τι είναι το σύμπλοκο έναρξης της πρωτεϊνσύνθεσης και ποια είναι η μετέπειτα πορεία του tRNA, που συμμετέχει σε αυτό;



Ε

Δίνεται το παρακάτω ολιγοπεπτίδιο έξι αμινοξέων το οποίο δεν έχει υποστεί καμία τροποποίηση μετά τη σύνθεσή του

H₂N–Μεθειονίνη–Γλυκίνη–Λυσίνη–Τρυπτοφάνη–Βαλίνη–Αλανίνη–COOH

α. Με τη βοήθεια του τμήματος του γενετικού κώδικα που παρατίθεται, γράψτε την αλληλουχία των νουκλεοτιδίων και τον προσανατολισμό του τμήματος mRNA που κωδικοποιεί το παραπάνω ολιγοπεπτίδιο. Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

β. Γράψτε με τον κατάλληλο προσανατολισμό την αλληλουχία νουκλεοτιδίων στο δίκλωνο μόριο DNA που κωδικοποιεί το παραπάνω ολιγοπεπτίδιο. Ποια είναι η κωδική και ποια η μη κωδική αλυσίδα;

γ. Εάν η τριπλέτα 5'-UGG-3' στο mRNA αντικατασταθεί από την τριπλέτα 5'-UGA-3', γράψτε την αλληλουχία των αμινοξέων στο νέο ολιγοπεπτίδιο που θα συντεθεί.

Δίνονται οι παρακάτω αντιστοιχίσεις κωδικονίων και αμινοξέων από το γενετικό κώδικα:

GUC->Βαλίνη

UGG->Τρυπτοφάνη

GGU->Γλυκίνη

AUG->Μεθειονίνη

AAA->Λυσίνη

GCC->Αλανίνη

Ζ

Δίνονται τρία κωδικόνια ενός τμήματος γονιδίου από ένα μόριο DNA ευκαρυωτικού κυττάρου που κωδικοποιούν τη σύνθεση ενός πεπτιδικού τμήματος μιας πρωτεΐνης, και η διεύθυνση της μεταγραφής.

Αλυσίδα 1 ... ACA AAG ATA ... ελεύθερο υδροξύλιο
Αλυσίδα 2 ... TGT TTC TAT ...

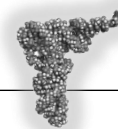
←
Διεύθυνση μεταγραφής

α. Να ορίσετε τα άκρα 3' και 5' των παραπάνω αλυσίδων DNA και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

β. Να γράψετε την αλληλουχία των βάσεων του τμήματος του mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή, σημειώνοντας τα άκρα 3' και 5' και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

γ. Ποιο ένζυμο καταλύει το μηχανισμό της μεταγραφής και ποια είναι η δράση του μετά την πρόσδεσή του στον υποκινητή;

δ. Τι επιπτώσεις μπορεί να έχει στη λειτουργικότητα της πρωτεΐνης, η οποία δεν τροποποιείται, η προσθήκη τριών διαδοχικών βάσεων που δεν κωδικοποιούν κωδικόνιο λήξης ή μιας βάσης, μεταξύ των παραπάνω κωδικονίων;



H

Δίνεται το παρακάτω τμήμα μορίου βακτηριακού DNA που κωδικοποιεί ένα πεπτίδιο με έξι αμινοξέα:

5' ... CCGATGACCAAACCTCACGCCTAGACC ... 3'
3' ... GGCTACTGGTTTGGAGTGCGGATCTGG ... 5'

- Ποια από τις δύο αλυσίδες είναι η κωδική και ποια η μη κωδική; Αιτιολογείστε.
- Να γράψετε την αλληλουχία του mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή του παραπάνω τμήματος DNA.
- Να γράψετε την αλληλουχία των αμινοξέων του πεπτιδίου που προκύπτει από τη μετάφραση του παραπάνω mRNA.
- Να γράψετε τα αντικωδικόνια των tRNA με τη σειρά που θα πάρουν μέρος στη μετάφραση του παραπάνω mRNA.

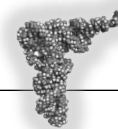
Δίνονται οι παρακάτω αντιστοιχίσεις κωδικονίων και αμινοξέων από το γενετικό κώδικα:

AUG → Μεθειονίνη	ACC → Θρεονίνη	AAA → Λυσίνη
CCU → Προλίνη	CAC → Ιστιδίνη	GCC → Αλανίνη



- Στο δίκλωνο μόριο του DNA, η μία αλυσίδα αντιστοιχεί στην κωδική και η άλλη στη μη κωδική ή μεταγραφόμενη. Λόγω συμπληρωματικότητας και αντιπαράλληλης, εφόσον μου δίνεται η μία αλυσίδα μπορώ πολύ εύκολα να σχηματίσω την άλλη.
- Η αλυσίδα mRNA είναι το κινητό αντίγραφο ενός γονιδίου που προκύπτει από τη μεταγραφή του και είναι πάντα ίδια σε αλληλουχία και προσανατολισμό με την κωδική αλυσίδα του γονιδίου, αλλά έχει U αντί για T. Η σύνθεσή της ξεκινά πάντα μετά τον υποκινητή.
- Η διεύθυνση μεταγραφής (5' → 3') συμπίπτει πάντα με τον προσανατολισμό της κωδικής αλυσίδας.
- Δεδομένου ότι συνήθως δε γνωρίζουμε στην άσκηση ούτε την αλληλουχία του υποκινητή, ούτε τις αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, στη σχηματιζόμενη αλυσίδα mRNA συμπεριλαμβάνουμε ολόκληρες και τις αλληλουχίες που βρίσκονται εκατέρωθεν των κωδικονίων έναρξης (AUG) και λήξης (UGA, UAG, UAA) της μετάφρασης που πιθανόν να δίνονται.
- Οι τριπλέτες των αντικωδικονίων θα πρέπει να γράφονται ξεχωριστά για κάθε tRNA και όχι σαν μια ενιαία αλυσίδα. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται ώστε εκτός από τη συμπληρωματικότητα των βάσεων να είναι σωστή και η τοποθέτηση των άκρων τους, σύμφωνα με τον κανόνα της αντιπαράλληλης.
- Εφόσον στην άσκηση δίνεται συνεχές γονίδιο ή βακτηριακό DNA, λόγω απουσίας εσωνίου, αναγνωρίζουμε ως κωδική την αλυσίδα εκείνη στην οποία εντοπίζονται κωδικόνια έναρξης (ATG) και λήξης (TGA, TAG, TAA) που συνδέονται με πλαίσιο ανάγνωσης βήματος τριπλέτας (γενετικός κώδικας τριαδικός, συνεχής και μη επικαλυπτόμενος).





7. Ωρίμανση mRNA & Εσώνια

A

Δίνεται το πεπτίδιο

$\text{H}_2\text{N} - \text{Μεθειονίνη} - \text{Αλανίνη} - \text{Τυροσίνη} - \text{Προλίνη} - \text{Σερίνη} - \text{COOH}$,

που κωδικοποιείται από το παρακάτω τμήμα μορίου DNA ευκαρυωτικού κυττάρου:

5' C A A A T G G C C T A T A A C T G G A C A C C C A G C T G A C G A 3'
3' G T T T A C C G G A T A T T G A C C T G T G G G T C G A C T G C T 5'

α. Να γράψετε την αλληλουχία του πρόδρομου mRNA, την αλληλουχία του ώριμου mRNA που προκύπτει μετά τη μεταγραφή του παραπάνω τμήματος DNA και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

β. Να γράψετε την αλληλουχία του εσωνίου που βρίσκεται στο παραπάνω τμήμα του μορίου DNA.

γ. Να περιγράψετε τη διαδικασία ωρίμανσης του πρόδρομου mRNA.

Δίνονται οι παρακάτω αντιστοιχίες αμινοξέων και κωδικονίων από το γενετικό κώδικα:

AUG → Μεθειονίνη

AGC → Σερίνη

GCC → Αλανίνη

CCC → Προλίνη

UAU → Τυροσίνη

B

Δίνεται το παρακάτω τμήμα πρόδρομου ευκαρυωτικού mRNA:

5' ...U A A A A U G C C G G G C C A C U U A A C C U U U A C C U G A C A A A ... 3'

Από τη μετάφρασή του προκύπτει η παρακάτω ολιγοπεπτιδική αλυσίδα:

$\text{H}_2\text{N} - \text{met} - \text{pro} - \text{gly} - \text{phe} - \text{thr} - \text{COOH}$

α. Να γράψεις την κωδική αλυσίδα του γονιδίου από το οποίο μεταγράφηκε και να σημειώσεις τα 5' και 3' άκρα.

β. Να γράψεις το ώριμο mRNA.

γ. Να γράψεις την αλληλουχία του εσωνίου στο DNA.

δ. Να γράψεις τα αντικωδικόνια των tRNA που χρησιμοποιούνται για τη μετάφραση του ώριμου mRNA.

Δίνεται τμήμα του γενετικού κώδικα:

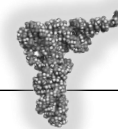
met = AUG

phe = UUU, UUC

pro = CCC, CCA, CCG, CCU

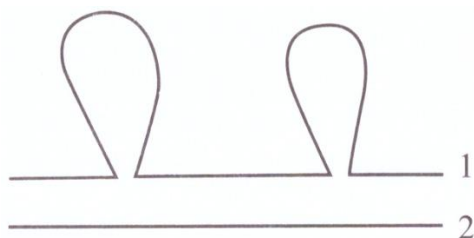
gly = GGG, GGA, GGU, GGC

thr = ACU, ACC, ACA, ACG



Γ

Ένα μόριο mRNA ευκαρυωτικού οργανισμού αναμείχθηκε με τον έναν κλώνο του γονιδίου από το οποίο μεταγράφηκε, οπότε στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο παρουσιάστηκε το παρακάτω σχήμα, στο οποίο τα δίκλινα τμήματα δημιουργήθηκαν με τη συμβολή των δεσμών H.



- α. Να προσδιορίσετε ποιος από τους δύο κλώνους ανήκει στο DNA και ποιος ανήκει στο mRNA. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- β. Ο κλώνος του DNA είναι ο κωδικός ή ο μη κωδικός κλώνος του γονιδίου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- γ. Αν ο κλώνος του DNA έχει στο αριστερό άκρο του ελεύθερη φωσφορική ομάδα, ο υποκινητής του γονιδίου βρίσκεται στα αριστερά ή στα δεξιά αυτού του κλώνου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Δ

Το γονίδιο που αναγράφεται προέρχεται από ευκαρυωτικό γονιδίωμα και κωδικοποιεί το πεπτίδιο $H_2N - met - leu - lys - pro - pro - thr - COOH$:

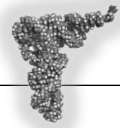
3' ...AGAATCCCCACACGCGGACCTCCAAAATTGTACGTT...5'
5' ...TCTTAGGGGTGTGCGCCTGGAGGTTTAAACATGCAA...3'

Να γράψετε τις αλληλουχίες που αποκόπτουν τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια κατά την ωρίμανση του μορίου που προκύπτει από τη μεταγραφή του γονιδίου, επισημαίνοντας τα 5' και 3' άκρα τους.



- Τα εσώνια μπορεί να αναφέρονται είτε στο αρχικό δίκλινο μόριο DNA, είτε στο τμήμα του πρόδρομου mRNA που αποκόπτονται κατά την ωρίμανση. Παραθέτω την αλληλουχία που απαιτείται αναλόγως του ερωτήματος.
- Για την εύρεση του εσωνίου εντός ασυνεχούς γονιδίου, αναζητώ τα κωδικόνια που αντιστοιχούν στα αμινοξέα του μεταφραζόμενου ολιγοπεπτιδίου διαβάζοντας την αλληλουχία του mRNA, τόσο από το κωδικόνιο έναρξης και με κατεύθυνση 5' → 3', όσο και από το κωδικόνιο λήξης και με αντίθετη κατεύθυνση 3' → 5'.
- Σε κάποιες περιπτώσεις το εσώνιο διακόπτει την τριπλέτα ενός κωδικονίου, αλλά μετά την απομάκρυνσή του δημιουργείται το επιθυμητό κωδικόνιο.

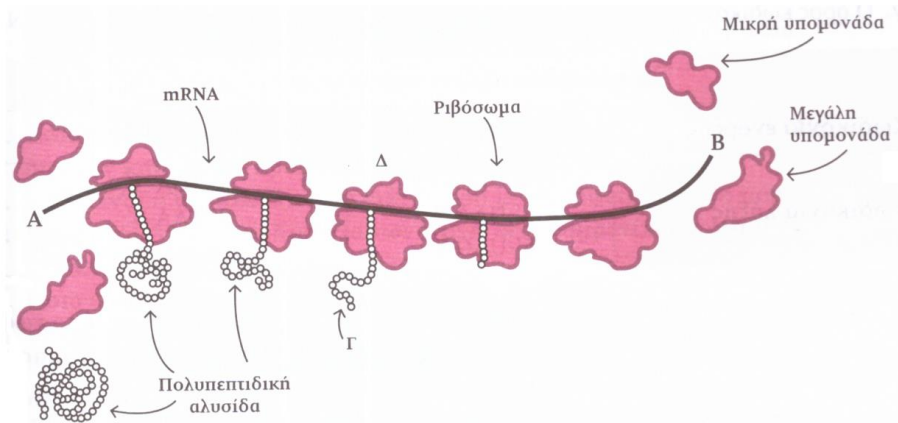




8. Ριβόσωμα, Πολύσωμα & Αμετάφραστες περιοχές

A

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο της μετάφρασης ενός mRNA ευκαρυωτικού κυττάρου.



α. Να επισημάνεις σε ποια θέση (A ή B) αντιστοιχεί η ελεύθερη φωσφορική ομάδα και σε ποια το ελεύθερο υδροξύλιο της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας, καθώς επίσης και σε ποια θέση (Γ ή Δ) αντιστοιχεί το αμινικό και το καρβοξυλικό άκρο της νέο-συντιθέμενης πεπτιδικής αλυσίδας.

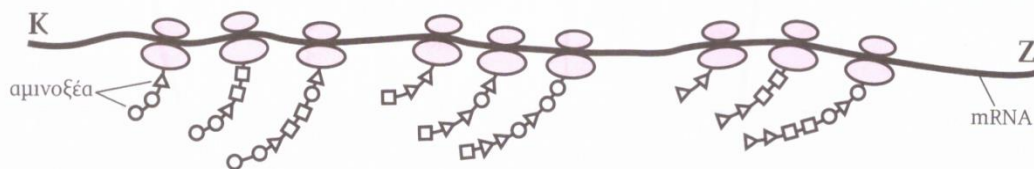
β. Το ώριμο mRNA, παρότι αποτελείται αποκλειστικά από εξώνια, έχει δύο περιοχές που δεν μεταφράζονται σε αμινοξέα. Οι αλληλουχίες αυτές ονομάζονται 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές. Ποιος ο ρόλος της 5' αμετάφραστης περιοχής;

γ. Ένα κύτταρο μπορεί να παράγει μεγάλο αριθμό μορίων μιας πρωτεΐνης από ένα ή δύο αντίγραφα ενός γονιδίου. Με ποιόν τρόπο το επιτυγχάνει αυτό;



B

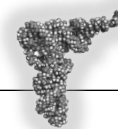
Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται στιγμιότυπα από τη μετάφραση ενός μορίου mRNA.



α. Το συγκεκριμένο mRNA προέρχεται από ευκαρυωτικό ή από προκαρυωτικό κύτταρο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

β. Σε ποια θέση υπάρχει ελεύθερη φωσφορική ομάδα στο μόριο του mRNA;



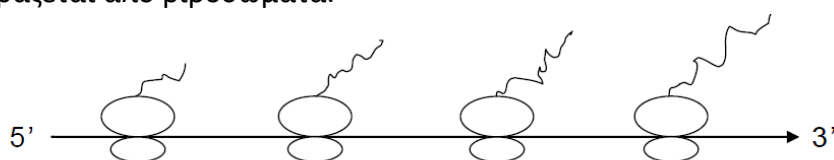


Γ

Απομονώσαμε το παρακάτω μόριο mRNA από το κυτταρόπλασμα ενός κυττάρου:

5' **Αμετάφρ-Χ₁** AUGAUACCAUGA **Αμετάφρ-Χ₂** AUGUUACCAUGGUA **Αμετάφρ-Χ₃** AUGCCUUUUCAAUCUUAA...3'

- Πόσα διαφορετικά πεπτίδια θα συντεθούν αν μεταφραστεί το συγκεκριμένο mRNA; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- Ποιος είναι ο ρόλος των αμετάφραστων αλληλουχιών: Αμετάφρ-Χ₁, Αμετάφρ-Χ₂, Αμετάφρ-Χ₃;
- Να εξηγήσετε αν το μόριο αυτό του mRNA απομονώθηκε από προκαρυωτικό ή ευκαρυωτικό κύτταρο.
- Σε κάθε μία από τις παρακάτω εικόνες 1 και 2 απεικονίζεται ένα μόριο mRNA, που μεταφράζεται από ριβοσώματα.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Να εξηγήσετε αν το σχήμα κάθε εικόνας θα μπορούσε να αφορά ευκαρυωτικό κύτταρο ή προκαρυωτικό κύτταρο.



Δ

Η αλληλουχία αποτελεί ασυνεχές γονίδιο:

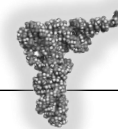
Αλυσίδα 1: ΑΑΤΤΤΤCΑCΑCΓΤGΑΑAGGGCGCΑΤGCAΑΤΤ

Αλυσίδα 2: ΤΤΑΑΑAGΤGTGCACTΤΤCCCΓCGTACGTΤΑΑ

Το γονίδιο αυτό εκφράζεται σε ηπατικό και σπληνικό κύτταρο ανθρώπου, όπου και κωδικοποιεί το ολιγοπεπτίδιο (το οποίο δεν υπόκειται σε τροποποίηση μετά τη μετάφραση):

H₂N – met – phe – his – val – COOH

- Να εξηγήσετε ποια αλυσίδα του γονιδίου (1 ή 2) είναι η μη κωδική και ποια η κωδική. Να συμπληρώσετε τα 3' και 5' άκρα των αλυσίδων της. Να γράψετε την αλληλουχία στο πρόδρομο και στο ώριμο mRNA και να σημειώσετε τα 3' και 5' άκρα τους.
- Να εξηγήσετε πόσα κωδικόνια υπάρχουν στο εν λόγω γονίδιο και πόσα αντικωδικόνια tRNA χρησιμοποιήθηκαν κατά τη σύνθεση του ολιγοπεπτιδίου.



γ. Να εξηγήσετε εάν είναι δυνατό η μετάφραση του mRNA που παράγεται από το γονίδιο αυτό να ξεκίνησε πριν ολοκληρωθεί η μεταγραφή του.

δ. Η αλληλουχία αποτελεί συνεχές γονίδιο (χωρίς εσώνια) που μεταγράφεται σε rRNA:

Αλυσίδα Α: ΑΑΤΤΓC CΑΑΤΓC G C C C C T A A G G G

Αλυσίδα Β: ΤΤΑΑ C G G T T A C G C G G G G A T T C C C

Το rRNA που παράγεται από το γονίδιο αυτό συμμετέχει, ως συστατικό της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, στη μετάφραση του mRNA του ερωτήματος (α). Να εξηγήσετε ποια αλυσίδα (Α ή Β) αποτελεί τη μη κωδική αλυσίδα του γονιδίου αυτού.

ε. Στο κυτταρόπλασμα του σπληνικού κυττάρου το ώριμο mRNA που παράγεται από το συγκεκριμένο γονίδιο διατηρείται για μεγαλύτερο διάστημα συγκριτικά με το ηπατικό, ενώ στο ηπατικό παρατηρούνται λιγότερα ριβοσώματα στα πολυσώματα του εν λόγω mRNA. Να αιτιολογήσετε τον λόγο για τον οποίο είναι δυνατό να παρατηρούνται οι διαφορές αυτές στους δύο τύπους κυττάρων.



Ε

Στην εικόνα 2, το τμήμα του DNA περιλαμβάνει ασυνεχές γονίδιο ευκαρυωτικού κυττάρου που κωδικοποιεί μικρό πεπτίδιο. Μέσα στην αγκύλη φαίνεται η αλληλουχία της αμετάφραστης περιοχής που ενώνεται με το rRNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος.

Αλυσίδα Α I [ACAGT...] ATGTGAATCATAGTTTCCTATGTGGGTTTAAGCAT II
Αλυσίδα Β III [TGTCA...] TACACTTAGTATCAAAGGATACACCCAAATTCGTA IV

Εικόνα 2

Τα t-RNAs που χρησιμοποιήθηκαν κατά σειρά στην παραγωγή του πεπτιδίου, είχαν τα αντικωδικώνια 5' CAU 3', 5' CCA 3', 5' AAA 3', 5' AGG 3', 5' CAU 3', 5' CCA 3', 5' AAC 3'.

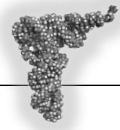
α. Να σημειώσετε στο τετράδιό σας ποια από τις αλυσίδες Α ή Β είναι η κωδική αλυσίδα του γονιδίου. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. Να χαρακτηρίσετε ως 5' ή 3' τα άκρα στα σημεία I, II, III, IV.

β. Να γράψετε στο τετράδιό σας το εσώνιο που υπάρχει στο παραπάνω γονίδιο.

γ. Να γράψετε την αλληλουχία των βάσεων του mRNA, που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη μετάφραση της πληροφορίας του γονιδίου της εικόνας 2.

Αλυσίδα Γ ...ACAGT...
Αλυσίδα Δ ...TGTCA...

Εικόνα 3

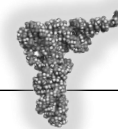


δ. Στην εικόνα 3, η αλληλουχία είναι τμήμα του γονιδίου που μεταγράφεται στο rRNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος που χρησιμοποιείται στη μετάφραση του ευκαρυωτικού γονιδίου της εικόνας 2. Ποια είναι η μεταγραφόμενη αλυσίδα του γονιδίου που μεταγράφεται στο rRNA; Να γραφεί ο προσανατολισμός της. Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας



- Για την εύρεση του προσανατολισμού ενός μορίου mRNA που μεταφράζεται από ένα πολύσωμα, παρατηρώ πώς μεταβάλλεται το μήκος της πολυπεπτιδικής αλυσίδας που συνθέτει κάθε ριβόσωμα. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα που προεξέχει από τα ριβοσώματα, επιμηκύνεται διαρκώς όσο εξελίσσεται η διαδικασία της μετάφρασης και τα ριβοσώματα κινούνται προς το 3' άκρο του mRNA.
- Εάν παρατηρούμε αυξομειώσεις στο μήκος της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, καθώς κινούμαστε από το 5' προς το 3' άκρο του μεταφραζόμενου mRNA, πιθανότατα έχουμε πολυιστρονικό mRNA που προέρχεται από τη μεταγραφή οπερονίου (προκαρυωτικά κύτταρα) με περισσότερα του ενός γονίδια.
- Τα μόρια rRNA της μικρής ριβοσωμικής υπομονάδας συνδέονται πάντα στην 5' αμετάφραστη περιοχή του ώριμου mRNA ενός γονιδίου με τρόπο συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο





9. Γενετικός κώδικας

A

Δίνεται το ακόλουθο τριπεπτίδιο το οποίο παράγεται από ένα βακτήριο:



Υπάρχουν δύο συνώνυμα κωδικόνια για την ασπαραγίνη, το AAU και το AAC. Για την τρυπτοφάνη υπάρχει ένα μόνο κωδικόνιο, το UGG. Να γράψεις όλα τα πιθανά mRNA των οποίων η μετάφραση θα οδηγούσε στη σύνθεση του παραπάνω πεπτιδίου.

-----∞-----

B

Αποφασίσατε να εκτελέσετε εσείς οι ίδιοι ένα πείραμα, προκειμένου να επιβεβαιώσετε τις ιδιότητες του γενετικού κώδικα.

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιήσατε το ίδιο μόριο mRNA, το οποίο προσθέσατε σε δύο συστήματα μετάφρασης:

- Στο ένα από αυτά χρησιμοποιήσατε ριβοσώματα βακτηρίων.
- Στο άλλο χρησιμοποιήσατε ριβοσώματα που αποσπάστηκαν από τα μιτοχόνδρια ενός σπονδυλωτού.

Το μόριο mRNA που χρησιμοποιήσατε είχε αλληλουχία:

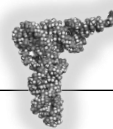
5' ...ΑΥΑCΥGGΥGGCCUUUUUGΑΑΑΑGAUGU 3'

Στην περίπτωση του συστήματος με τα βακτηριακά ριβοσώματα πήρατε ένα πεπτίδιο με αλληλουχία: **N-...Ile-Leu-Gly-Gly-Pro-Phe-C.**

Στην περίπτωση του συστήματος με τα μιτοχονδριακά ριβοσώματα πήρατε ένα πεπτίδιο με αλληλουχία: **N-...Met-Leu-Gly-Gly-Pro-Phe-Trp-Lys-C.**

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τις γνωστές ιδιότητες του Γενετικού Κώδικα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

-----∞-----



Γ

Ο κωδικός κλώνος ενός γονιδίου της *E. coli* περιλαμβάνει το ακόλουθο τμήμα:

5' ...CGTAGCCTACCCATAGG... 3' .

Να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

- α. Πόσα διαφορετικά πεπτίδια κωδικοποιούνται από την αλληλουχία mRNA που θα προκύψει;
- β. Έχετε την πρόσθετη πληροφορία ότι μεταξύ των αμινοξέων που κωδικοποιούνται περιλαμβάνεται και η Ala.
Όταν, λοιπόν, το tRNA που μεταφέρει την Ala εγκαταλείπει το ριβόσωμα, ποιο είναι το μόριο του tRNA που συνδέεται με το ριβόσωμα;
- γ. Όταν θραύεται ο δεσμός που συνδέει την Ala με το tRNA που τη μετέφερε, με ποια χημική ομάδα συνδέεται το αμινοξύ; Σε ποιο μόριο ανήκει;

-----∞-----

Δ

Δίνεται η αλληλουχία νουκλεοτιδίων από τμήμα της κωδικής περιοχής, ενός μορίου ώριμου mRNA

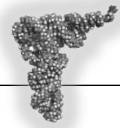
...CUCAGCGUUACCAU...

Ποιοι είναι οι πιθανοί τρόποι μετάφρασης του παραπάνω τμήματος;



- Το γεγονός ότι ο γενετικός κώδικας είναι εκφυλισμένος σημαίνει ότι πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί συνώνυμων κωδικονίων μπορούν να κατασκευάσουν την ίδια πολυπεπτιδική αλυσίδα. Το σύνολο αυτών των συνδυασμών θα ισούται με το γινόμενο του αριθμού των συνώνυμων κωδικονίων για το 1^ο αμινοξύ, επί τον αριθμό των συνώνυμων κωδικονίων για το 2^ο αμινοξύ, ... , επί τον αριθμό των συνώνυμων κωδικονίων του τελευταίου αμινοξέος της πολυπεπτιδικής αλυσίδας που μελετάμε.
- Το γεγονός ότι ο γενετικός κώδικας είναι ΣΧΕΔΟΝ καθολικός αποδεικνύεται στην πράξη στα μιτοχόνδρια όπου και κατά τη μετάφραση παρατηρούνται μικρές διαφορές στην αντιστοίχιση κάποιων κωδικονίων και αμινοξέων.
- Σε νουκλεοτιδικές αλληλουχίες που αποτελούν εσωτερικό τμήμα γονιδίων και για τις οποίες δεν έχουμε επαρκή στοιχεία για τον τρόπο μετάφρασής τους (π.χ. κωδικόνια έναρξης, λήξης, ή προσανατολισμό), εφόσον είναι αδύνατο να γνωρίζουμε το πλαίσιο ανάγνωσής τους θα πρέπει να εξετάζουμε όλες τις πιθανές περιπτώσεις (3 πλαίσια ανάγνωσης προς τη μία κατεύθυνση και 3 προς την άλλη).





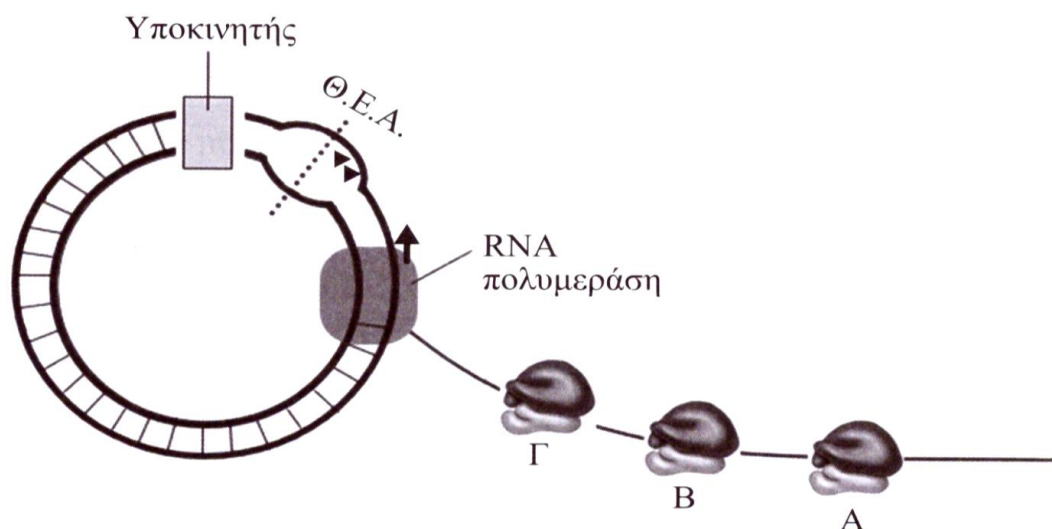
10. Συνδυασμός μηχανισμών

A

Στο ακόλουθο σχήμα εικονίζεται ένα συνθετικό βακτηριακό χρωμόσωμα στη διάρκεια της μεταγραφής και μετάφρασης του μοναδικού γονιδίου του. Τα ριβοσώματα που έχουν εμπλακεί στη μετάφρασή του, στο εικονιζόμενο στιγμιότυπο, έχουν συνθέσει το καθένα:

- Το πεπτίδιο: **N-Met-Trp-C.**
- Το πεπτίδιο: **N-Met-Trp-Pro-Ile-C.**
- Το πεπτίδιο: **N-Met-Trp-Pro-Ile-Lys-Arg-C.**

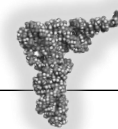
Με δεδομένο ότι: **i.** κατά την αντιγραφή του μορίου, η σύνθεση του θυγατρικού κλώνου (που έχει παρασταθεί με διαδοχικές αιχμές στο σχήμα) πραγματοποιούνται ασυνεχώς και **ii.** η RNA πολυμεράση κινείται προς την κατεύθυνση που υποδεικνύει το σχήμα:



α. Να προσδιορίσετε ποιο από τα ριβοσώματα Α, Β, Γ έχει συνθέσει καθένα από τα ολιγοπεπτίδια.

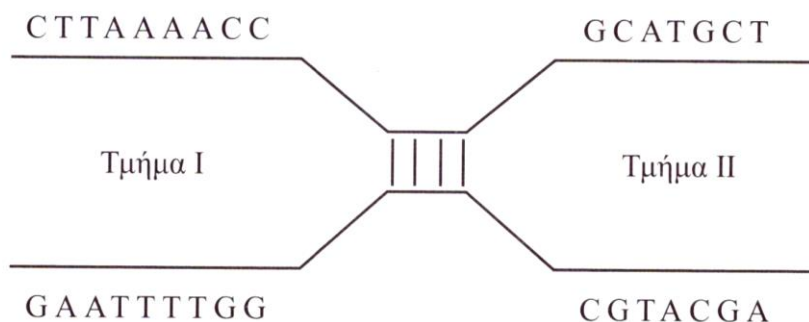
β. Χρησιμοποιώντας τα ακόλουθα κωδικόνια: Met: 5' AUG 3', Trp: 5' UGG 3', Pro: 5' CCC 3', Ile: 5' AUC 3', Lys: 5' AAA 3', Arg: 5' AGA 3', να τοποθετήσετε στον κωδικό κλώνο τα κατάλληλα νουκλεοτίδια, αιτιολογώντας την επιλογή σας.

-----∞-----



Β

Σε ένα μόριο DNA γίνεται ταυτόχρονα μεταγραφή (τμήμα I) και αντιγραφή (τμήμα II), σύμφωνα με το ακόλουθο σχήμα:



Το μόριο του mRNA που προκύπτει για το τμήμα αυτό συνδέεται κατά σειρά με tRNA που ως αντικωδικόνια έχουν τα: 5' UGG 3', 5' UUU 3', 5' GAA 3'.

α. Να γράψετε κατά σειρά τα αμινοξέα που θα ενταχθούν στο πεπτίδιο το οποίο συντίθεται με βάση το mRNA που θα παραχθεί.

β. Να τοποθετήσετε κατά προσέγγιση τον υποκινητή του γονιδίου, αιτιολογώντας την επιλογή σας.

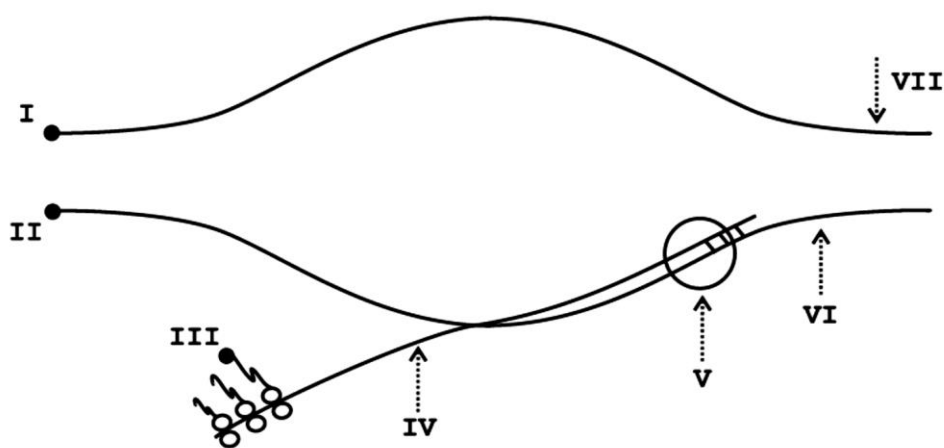
γ. Να προσδιορίσετε ποιος από τους δύο θυγατρικούς κλώνους DNA του τμήματος II, αυτός που θα συντεθεί με πρότυπο τον πάνω κλώνο ή αυτός που θα συντεθεί με πρότυπο τον κάτω κλώνο συντίθεται ασυνεχώς. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

-----∞-----

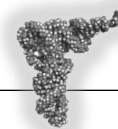
Γ

Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας την αντιστοιχία καθενός από τους αριθμούς I, II, III, IV, V, VI, VII της **εικόνας 1** με μια από τις παρακάτω έννοιες:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| A. φωσφορική ομάδα | E. υδροξύλιο |
| B. mRNA | ΣΤ. αμινομάδα |
| Γ. μεταγραφόμενη αλυσίδα | Z. RNA πολυμεράση |
| Δ. κωδική αλυσίδα | H. πυρηνική μεμβράνη |



Εικόνα 1



11. Στιγμιότυπα μηχανισμού αντιγραφής

A

Η αλληλουχία αποτελεί στιγμιότυπο της αντιγραφής τμήματος χρωμοσώματος:

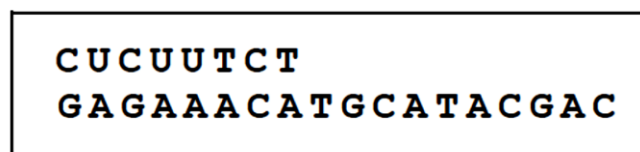
TAAGTTCGATUGGAU
...ATTCTATTCAAGCTAACCTACCC...

- α. Να σημειώσετε τα 5' και 3' άκρα στις αλυσίδες.
- β. Πόσα ριβονουκλεοτίδια απεικονίζονται στο σχήμα;
- γ. Μέχρι να ολοκληρωθεί η αντιγραφή αυτού του τμήματος, ποιος θα είναι ο ελάχιστος αριθμός δεσμών υδρογόνου που θα σπάσουν και θα δημιουργηθούν;
- δ. Ποια νουκλεοτίδια θα ενώσει με φωσφοδιεστερικό δεσμό η DNA δεσμάση για την ολοκλήρωση της αντιγραφής του τμήματος;

-----∞-----

B

Στην εικόνα 1 φαίνεται ένα μέρος μίας βιολογικής διαδικασίας, η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη.



Εικόνα 1

- α. Να ονομάσετε τη διαδικασία, που βρίσκεται σε εξέλιξη, στην εικόνα 1 και να εντοπίσετε τη βάση που ενσωματώθηκε κατά παράβαση του κανόνα της Συμπληρωματικότητας. Να γράψετε το τελικό δίκλωνο μόριο, το οποίο θα παραχθεί στο τέλος της διαδικασίας που απεικονίζει η εικόνα 1. Να σημειώσετε τον προσανατολισμό των αλυσίδων του μορίου αυτού.
- β. Να ονομάσετε τα ένζυμα που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία του τελικού δίκλωνου μορίου του ερωτήματος α και να αναφέρετε τη δράση του καθενός ενζύμου.

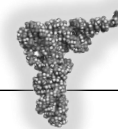
-----∞-----

Γ

Στο παραπάνω υβριδικό μόριο DNA/RNA, η DNA πολυμεράση:

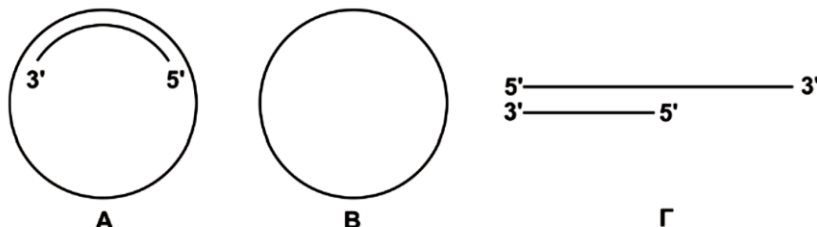
- α. μπορεί να δράσει προς τη θέση I
- β. μπορεί να δράσει προς τη θέση II
- γ. μπορεί να δράσει προς τις θέσεις I και II
- δ. δεν μπορεί να δράσει.





Δ

Σε τρία διαλύματα υπάρχουν μόρια DNA που κατά ένα ποσοστό είναι δίκλωνα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στα διαλύματα προσθέτουμε δεοξυριβονουκλεοτίδια και DNA πολυμεράση. Σε ποιο ή ποια από αυτά θα ολοκληρωθεί η σύνθεση των ημιτελών αλυσίδων και γιατί;



- Το πριμόσωμα μπορεί να προσδεθεί σε μονόκλωνη πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα και ξεκινήσει τη σύνθεση τμημάτων RNA με κατεύθυνση $5' \rightarrow 3'$. Αντιθέτως, η DNA πολυμεράση χρειάζεται δίκλωνο τμήμα για να προσδεθεί και ξεκινήσει τη σύνθεση τμημάτων DNA με κατεύθυνση $5' \rightarrow 3'$



12. Μεταγραφικοί παράγοντες

A

Στα πρόδρομα ερυθροκύτταρα περιέχονται οι εξής μεταγραφικοί παράγοντες: A, B, Γ, Δ, E, Z, H, Θ.

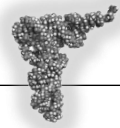
Στα Β-λεμφοκύτταρα περιέχονται οι εξής μεταγραφικοί παράγοντες: A, B, I, K, Λ, M, N, Ξ, Ο.

Για τη μεταγραφή ενός γονιδίου (X) απαιτούνται οι μεταγραφικοί παράγοντες Γ, E και Θ. Για τη μεταγραφή ενός άλλου γονιδίου (Y) απαιτούνται οι μεταγραφικοί παράγοντες K, N, Ξ και Ο. Για τη μεταγραφή ενός τρίτου γονιδίου (Z) απαιτούνται οι μεταγραφικοί παράγοντες A, B.

α. Ποιο από τα παραπάνω γονίδια θα μπορούσε να ελέγχει τη σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας β της αιμοσφαιρίνης και της ελαφριάς αλυσίδας ενός αντισώματος;

β. Να αναφέρεις 5 γονίδια τα οποία θα μπορούσε να είναι το (Z). Να αιτιολογήσεις τις απαντήσεις σου.

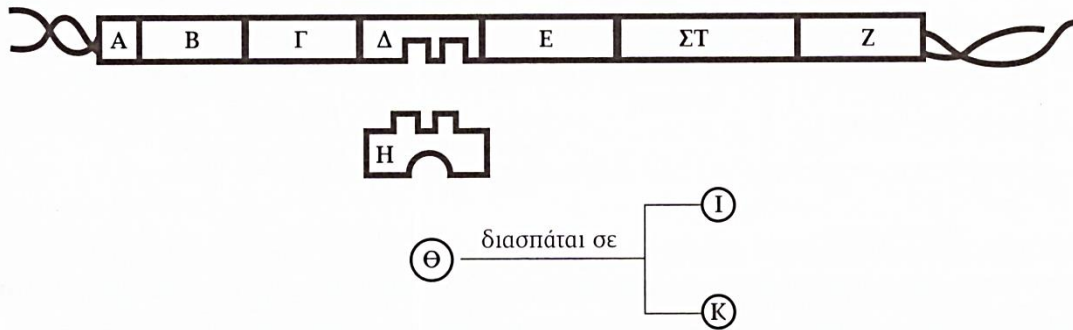




13. Γονιδιακή έκφραση σε οπερόνιαα

A

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η δομή του οπερονίου της λακτόζης στο βακτήριο *E. coli*, καθώς και κάποια άλλα μόρια που συμμετέχουν άμεσα στη ρύθμιση της λειτουργίας του οπερονίου αυτού:



- Τι είναι τα οπερόνια;
- Να αντιστοιχίσεις τα γράμματα Α-Κ στις αλληλουχίες ή στα μόρια που αντιπροσωπεύουν.
- Σε ποιες θέσεις του σχήματος εντοπίζονται οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής; Σημείωσε τις θέσεις αυτές με ένα βέλος.
- Να σχεδιάσεις τα παραγόμενα mRNA και να σημειώσεις πάνω τους το κωδικόνιο έναρξης και λήξης (χρησιμοποίησε το UAA ως κωδικόνιο λήξης).

-----∞-----

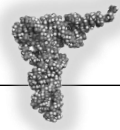
B

Δίνεται η ακόλουθη αλληλουχία mRNA η οποία προέρχεται από τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων του οπερονίου της λακτόζης του βακτηρίου *E. coli*.

5' CCAACUAAUGUUUUCAUAGCCAAAUGAUUUUGCUAACGCCAUC AUGGGAAAAUUCUGACCAAAA 3'

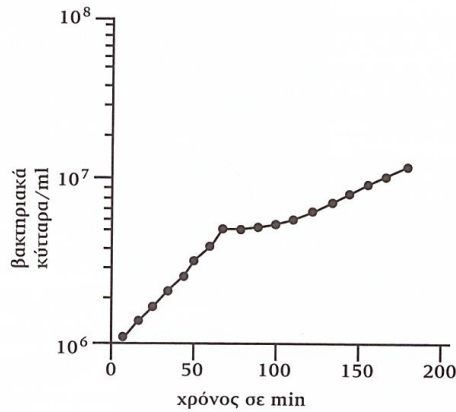
- Ποιο στοιχείο συνηγορεί υπέρ της προέλευσης του παραπάνω μορίου mRNA από τη μεταγραφή των τριών δομικών γονιδίων;
- Μετάλλαξη στο DNA έχει ως αποτέλεσμα το 46ο νουκλεοτίδιο (από το 5' άκρο) του παραπάνω mRNA να μην είναι G αλλά U.
 - Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα όσον αφορά στα προϊόντα της μετάφρασης όταν υπάρχει η αλλαγή αυτή;
 - Θα επιβιώσει η *E. coli* σε θρεπτικό υλικό που περιέχει μόνο λακτόζη;

-----∞-----

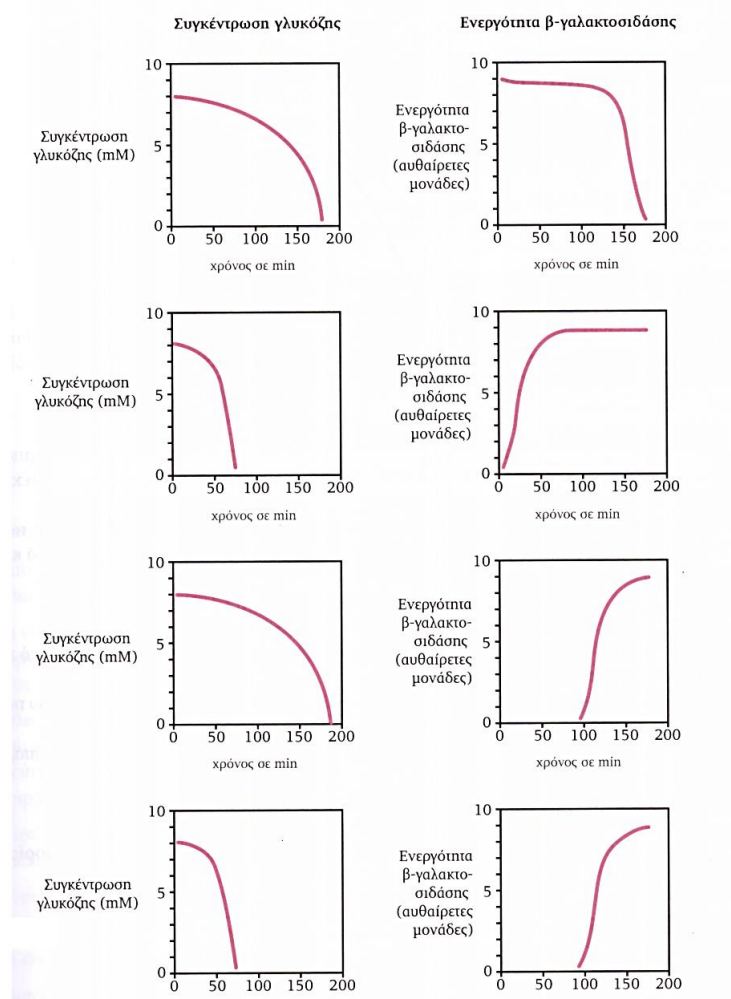


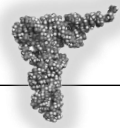
Γ

Όταν η *E. coli* αναπτύσσεται σε θρεπτικό μέσο που περιέχει μείγμα γλυκόζης και λακτόζης, η ανάπτυξη του βακτηρίου αποτυπώνεται στο παρακάτω γράφημα.



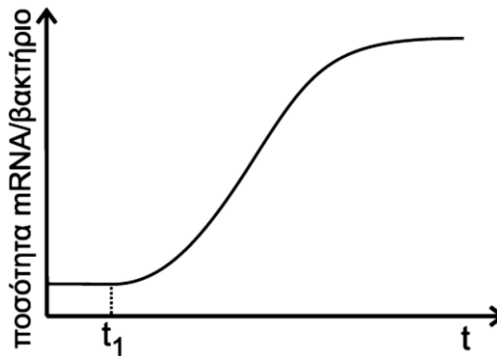
Ποιο ζεύγος γραφημάτων της επόμενης σελίδας απεικονίζει με σωστό τρόπο τις μεταβολές των συγκεντρώσεων της γλυκόζης στο θρεπτικό μέσο και της ενεργότητας της β-γαλακτοσιδάσης στα κύτταρα του βακτηρίου *E. coli*; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.





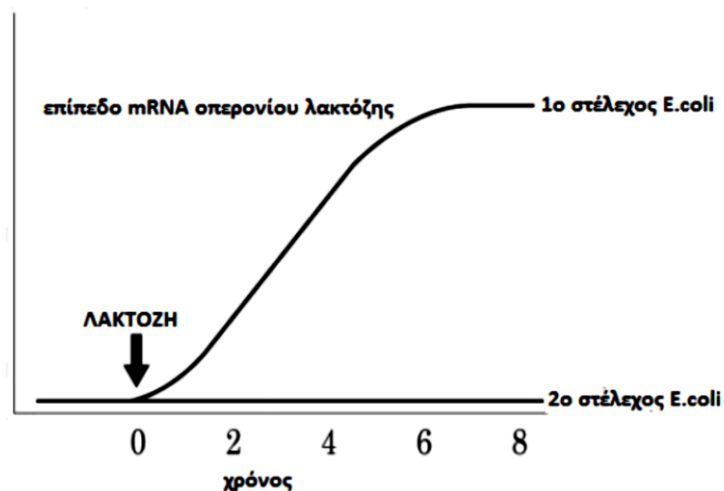
Δ

Σε μια καλλιέργεια βακτηρίων *E. coli*, διαπιστώνεται ότι η πηγή C του θρεπτικού υλικού έχει εξαντληθεί. Προκειμένου οι μικροοργανισμοί να συνεχίσουν να διαιρούνται, προστίθεται λακτόζη στο θρεπτικό υλικό της καλλιέργειας τη χρονική στιγμή t_1 . Στην παρακάτω γραφική παράσταση απεικονίζεται η ποσότητα mRNA ανα βκτήριο σε συνάρτηση με το χρόνο. Να αιτιολογήσετε την αύξηση της ποσότητας mRNA μετά την προσθήκη της λακτόζης.



Ε

Στο παρακάτω γράφημα απεικονίζεται ο τρόπος έκφρασης του οπερονίου της λακτόζης σε δύο διαφορετικά στελέχη του *E. coli* αφού προστέθηκε λακτόζη σε θρεπτικό μέσο στο οποίο έχει εξαντληθεί η γλυκόζη.



Να δείξετε με ένα **ΝΑΙ** ή ένα **ΟΧΙ** αν οι παρακάτω προτάσεις υποδεικνύουν τον τρόπο έκφρασης του οπερονίου της λακτόζης στο 2ο στέλεχος του *E. coli*.

- I. Ο καταστολέας δεν εκφράζεται.
- II. Ο καταστολέας συνδέεται στο χειριστή, αλλά δεν συνδέεται στην λακτόζη.
- III. Ο χειριστής μεταλλάχθηκε και ο καταστολέας δεν μπορεί να συνδεθεί στο χειριστή.
- IV. Η RNA πολυμεράση δεν μπορεί να συνδεθεί στον υποκινητή του οπερονίου της λακτόζης.