



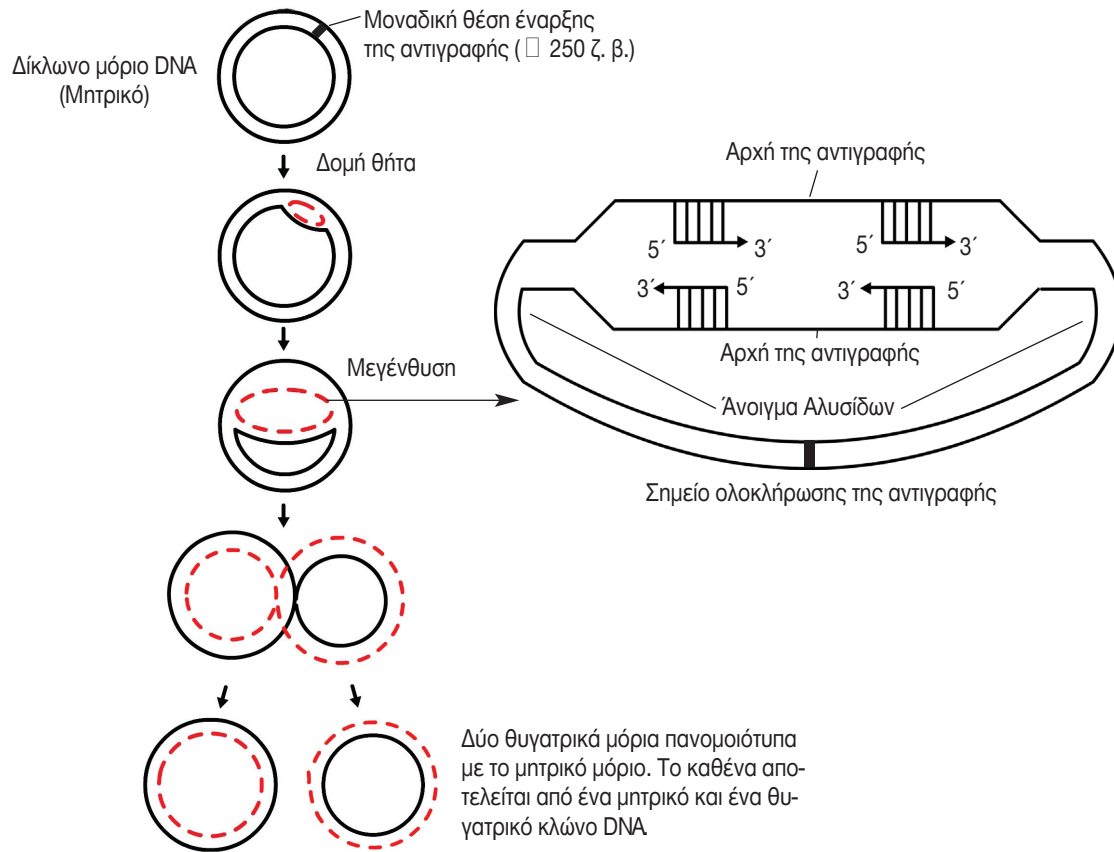
ΟΡΟΛΟΓΙΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

ΑΓΓΕΛΙΟΦΟΡΟ RNA (mRNA): Το είδος του RNA που μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από το DNA (ακριβέστερα από τις περιοχές του DNA όπου εδράζουν τα γονίδια που κωδικοποιούν πολυπεπτιδικές αλυσίδες) στα ριβοσώματα, προκειμένου να γίνει η σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς διακρίνεται σε πρόδρομο (μη ώριμο) και ώριμο mRNA.

ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΕΣ ΛΗΞΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗΣ: Ειδικές αλληλουχίες του DNA που έχουν διατηρηθεί σχεδόν ίδιες στην πάροδο της εξέλιξης. Βρίσκονται στο τέλος του κάθε γονιδίου ή οπερονίου και επιτρέπουν την απελευθέρωση του συντηγμένου RNA και της RNA πολυμεράσης, τερματίζοντας τη μεταγραφή. Δύο μηχανισμοί τερματισμού της μεταγραφής είναι γνωστοί στο *E.coli*, ενώ για τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς λιγότερα πράγματα είναι γνωστά.

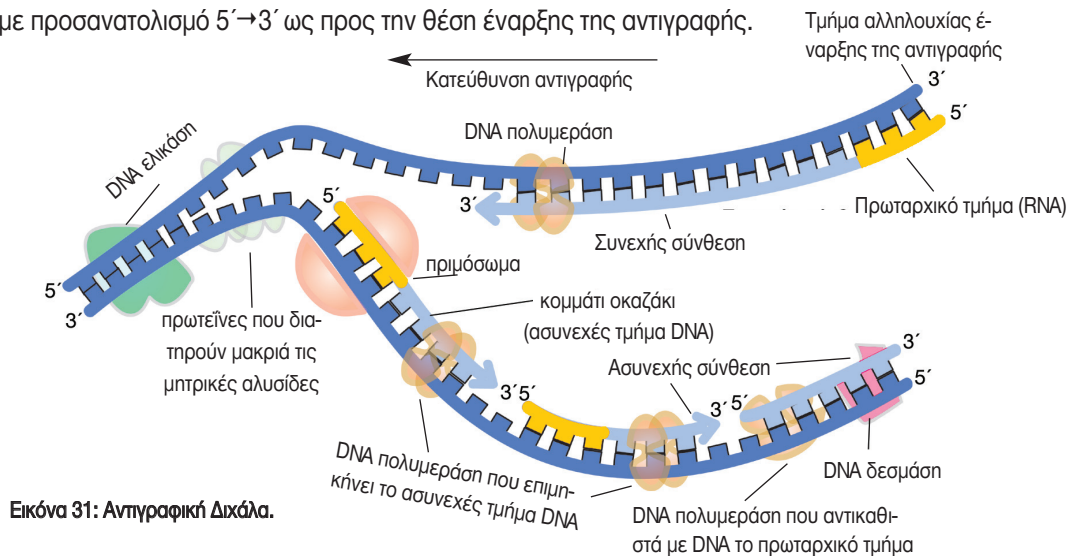
ΑΜΕΤΑΦΡΑΣΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ 5' ΚΑΙ 3': Συνιστούν τα δύο ακραία τμήματα ενός mRNA τα οποία δεν μεταφράζονται ωστόσο αν το mRNA προέρχεται από ασυνεχές γονίδιο θεωρείται ότι ανήκουν στα εξώνια. Η 5' αμετάφραστη περιοχή είναι εκείνο το τμήμα του mRNA που ξεκινά από το 5' άκρο του και φθάνει μέχρι το κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης (AUG), χωρίς να το περιλαμβάνει. Παίζει καθοριστικό ρόλο στην έναρξη της πρωτεϊνσύνθεσης, καθώς συνίσταται από καθορισμένες αλληλουχίες οι οποίες είναι συμπληρωματικές προς το rRNA που περιέχεται στη μικρή ριβοσωμική υπομονάδα. Έτσι σχηματίζεται, με την προσθήκη και του tRNA που μεταφέρει τη μεθειονίνη, το σύμπλοκο έναρξης της πρωτεϊνσύνθεσης. Η 3' αμετάφραστη περιοχή είναι το τμήμα του mRNA που ξεκινά από το κωδικόνιο λήξης και φθάνει μέχρι το 3' άκρο του μορίου. Καθώς περιλαμβάνει το κωδικόνιο λήξης, παίρνει μέρος στις διαδικασίες λήξης της πρωτεϊνσύνθεσης ενώ παίζει σημαντικό ρόλο και στη διάρκεια ζωής του mRNA στο κυτταρόπλασμα. Το τμήμα του mRNA που παρεμβάλλεται μεταξύ της 5' και 3' αμετάφραστης περιοχής, δηλαδή αυτό που ξεκινά από το κωδικόνιο έναρξης και φτάνει (χωρίς να το συμπεριλαμβάνει) μέχρι το κωδικόνιο λήξης, ονομάζεται **ανοιχτό πλαίσιο ανάγνωσης**. Το ανοιχτό πλαίσιο ανάγνωσης είναι το τμήμα ενός mRNA που αποτελεί την κωδική περιοχή του. Οι όροι «5' και 3' αμετάφραστη περιοχή» καθώς και «ανοιχτό πλαίσιο ανάγνωσης» χρησιμοποιούνται όχι μόνο για το mRNA αλλά και για τις αντίστοιχες περιοχές του γονιδίου, στο DNA.

ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ: Διαδικασία διπλασιασμού του DNA του κυττάρου, η οποία γίνεται με ημισυντηρητικό τρόπο και συμβαίνει κατά την μεσόφαση.

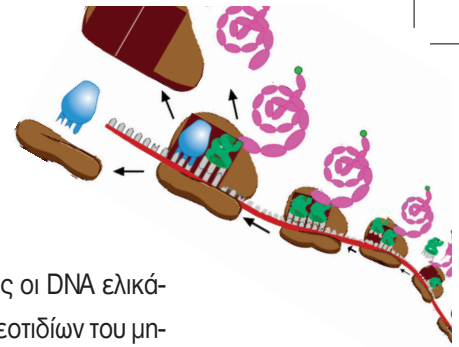


Εικόνα 30: Αντιγραφή κυκλικού μορίου DNA.

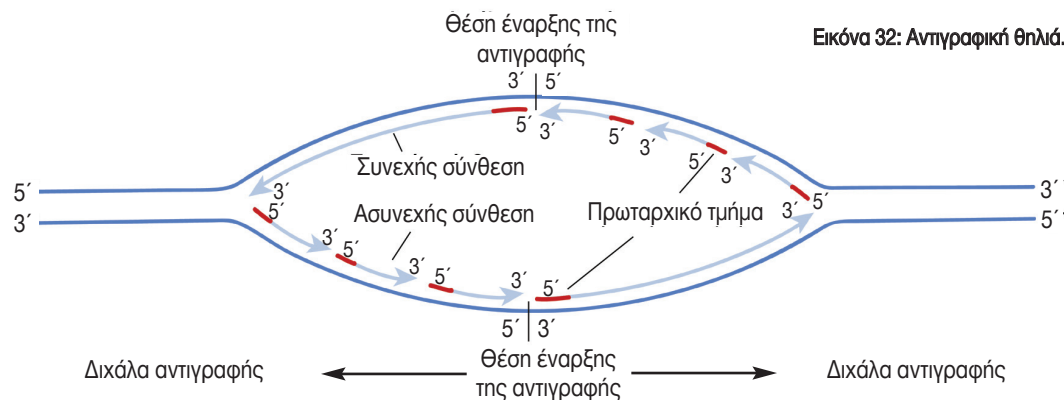
ΑΝΤΙΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΧΑΛΑ: Ονομάζεται καθένα από τα δύο όρια της αντιγραφικής θηλιάς, με τις περιοχές του DNA στις οποίες οι δύο μητρικοί κλώνοι δεν έχουν ακόμα διαχωριστεί. (Βλέπε και Αντιγραφική θηλιά). Σε κάθε αντιγραφική διχάλα ο ένας από τους δυο κλώνους του DNA αντιγράφεται συνεχώς και άλλος ασυνεχώς. **Συνεχώς** αντιγράφεται ο μητρικός κλώνος με προσανατολισμό 3'→5' ως προς την θέση έναρξης της αντιγραφής και **ασυνεχώς** αντιγράφεται ο μητρικός κλώνος του DNA με προσανατολισμό 5'→3' ως προς την θέση έναρξης της αντιγραφής. Τμήμα αλληλουχίας έ-



Εικόνα 31: Αντιγραφική Διχάλα.



ΑΝΤΙΓΡΑΦΙΚΗ ΘΗΛΙΑ: Η θηλιά που σχηματίζεται κατά την αντιγραφή του DNA, καθώς οι DNA ελικάσες σπάνε τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των απέναντι συμπληρωματικών νουκλεοτιδίων του μητρικού μορίου DNA και διαχωρίζουν τους δύο κλώνους του (βλέπε και DNA ελικάσες).



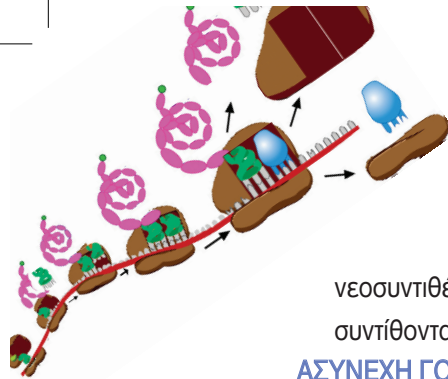
ΑΝΤΙΚΩΔΙΚΟΝΙΟ: Τριπλέτα νουκλεοτιδίων του tRNA, συμπληρωματική με αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA. Κατά την πρωτεϊνοσύνθεση, το tRNA συνδέεται με το mRNA μέσω δεσμών υδρογόνου μεταξύ κωδικονίου και αντικωδικονίου (βλέπε εικ. 41 και 42).

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΓΡΑΦΑΣΗ: Ειδικό **ιικό** ένζυμο, το οποίο χρησιμοποιώντας σαν μήτρα το μονόκλωνο RNA συνθέτει DNA συμπληρωματικό του RNA. Το φέρουν οι ρετροϊοί.

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ: Πρόκειται για τη διαδικασία κατά την οποία χρησιμοποιείται ένα μόριο RNA ως μήτρα, προκειμένου με τη δράση του ενζύμου αντίστροφη μεταγραφάση να συντεθεί ένα συμπληρωματικό μόριο μονόκλωνου DNA (cDNA). Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα *in vivo* κατά τον πολλαπλασιασμό ορισμένων RNA ιών (ρετροϊών). Στην περίπτωση αυτή, η αντίστροφη μεταγραφάση χρησιμοποιώντας ως μήτρα το RNA του ιού, συνθέτει ένα μόριο μονόκλωνου DNA. Στη συνέχεια, και πάλι η αντίστροφη μεταγραφάση μετατρέπει το μονόκλωνο DNA σε δίκλωνο που ενθέτεται στο γονιδίωμα του ξενιστή και χρησιμοποιείται για τη σύνθεση νέων ιών.

Οι επιστήμονες, εκμεταλλευόμενοι τις ιδιότητες της αντίστροφης μεταγραφάσης, πραγματοποιούν την αντίστροφη μεταγραφάση *in vitro* για την κατασκευή cDNA από mRNA. Στη συνέχεια το cDNA μετατρέπεται σε δίκλωνο DNA (ds cDNA) με τη βοήθεια μιας DNA πολυμεράσης. Αν και η μετατροπή ενός μονόκλωνου DNA σε δίκλωνο μπορεί να καταλυθεί από την αντίστροφη μεταγραφάση (όπως συμβαίνει *in vivo* κατά τον πολλαπλασιασμό των ρετροϊών), για την *in vitro* κατασκευή του δίκλωνου DNA προτιμάται η DNA πολυμεράση γιατί έχει διαπιστωθεί πως εμφανίζει έναντι της αντίστροφης μεταγραφάσης πολύ υψηλότερο βαθμό πιστότητας, δηλαδή κάνει πολύ λιγότερα λάθη από την αντίστροφη μεταγραφάση κατά την κατασκευή της συμπληρωματικής αλυσίδας. Η *in vitro* κατασκευή cDNA από mRNA βρίσκει εφαρμογή στη δημιουργία cDNA βιβλιοθηκών (βλέπε κεφ. 4).

ΑΣΥΝΕΧΗΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ DNA: Πρόκειται για τον τρόπο που γίνεται η αντιγραφή σε μια από τις δυο μητρικές αλυσίδες του DNA (σε αυτή με προσανατολισμό 5'→3' ως προς την θέση έναρξης της αντιγραφής). Ο τρόπος αυτός αποτελεί συνέπεια δύο γεγονότων: αφενός διότι οι αλυσίδες του DNA είναι αντιπαράλληλες και αφετέρου διότι η αντιγραφή του DNA γίνεται πάντα με κατεύθυνση 5'→3' (καθώς οι DNA πολυμεράσες καταλύουν τον σχηματισμό 3'→5' φωσφοδιεστερικού δεσμού). Έτσι η

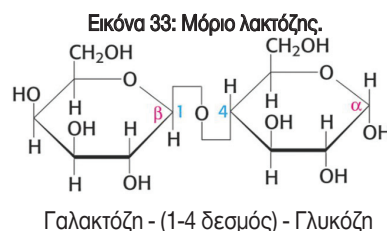


νεοσυντιθέμενη αλυσίδα πολυμερίζεται πάντα με προσανατολισμό 5'→3'. Τα ασυνεχή τμήματα που συντίθενται έχουν μέγεθος 1.000 με 2.000 νουκλεοτίδια και ονομάζονται κομμάτια *Okazaki*.

ΑΣΥΝΕΧΗ ΓΟΝΙΔΙΑ: Γονίδια τα οποία απαντώνται στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς και σε ιούς που προσβάλλουν ευκαρυωτικούς οργανισμούς και τα οποία περιέχουν εσώνια (βλέπε σελ. 107).

ΑΦΟΡΤΙΣΤΟ RNA: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα tRNA όταν δεν είναι συνδεδεμένο με το αμινοξύ στο οποίο, σύμφωνα με το γενετικό κώδικα, αντιστοιχεί το αντικωδικονίό του.

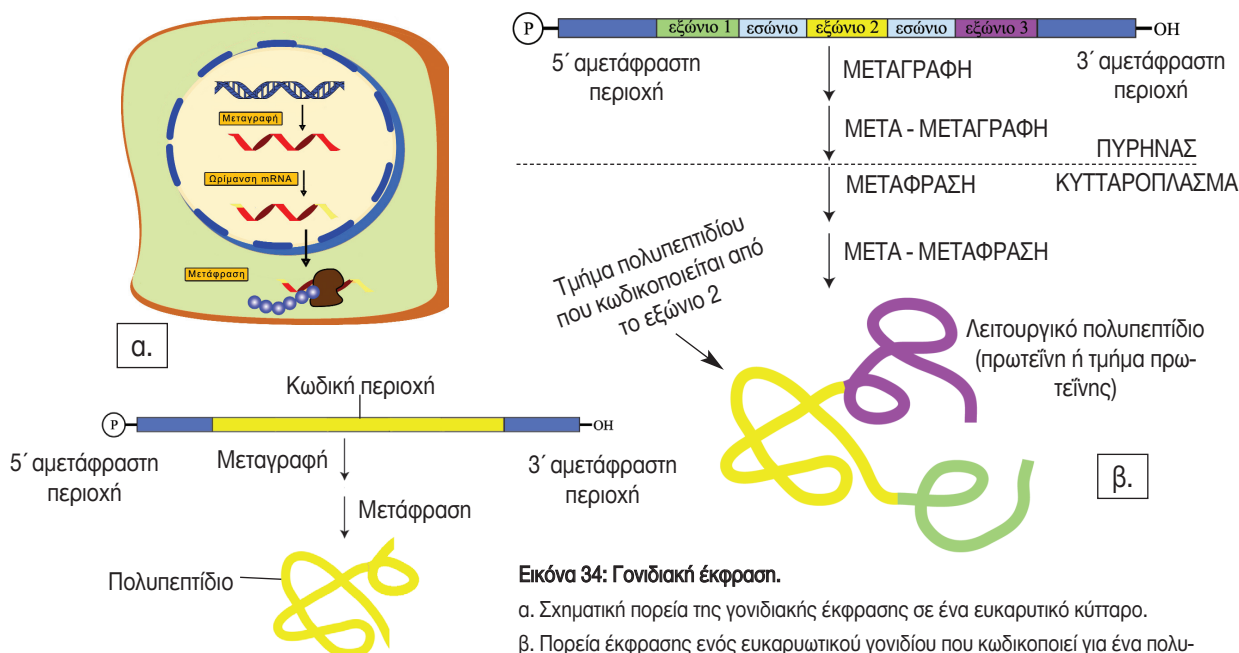
β- ΓΑΛΑΚΤΟΣΙΔΑΣΗ: Πρόκειται για το ένζυμο που κωδικοποιείται από το δομικό γονίδιο *Z* του οπερονίου της λακτόζης του βακτηρίου *Escherichia coli*. Το ένζυμο αυτό διασπά τον δισακχαρίτη λακτόζη σε γλυκόζη και γαλακτόζη, σάκχαρα τα οποία μπορούν να μεταβολιστούν περαιτέρω από το κύτταρο της *E. coli*.



ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ: Πρόκειται για ένα σύνολο κληρονομήσιμων οδηγιών, με βάση τις οποίες διαμορφώνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού και οι οποίες καταγράφονται σε συγκεκριμένες αλληλουχίες νουκλεοτιδίων του γενετικού του υλικού, οι οποίες ονομάζονται γονίδια.

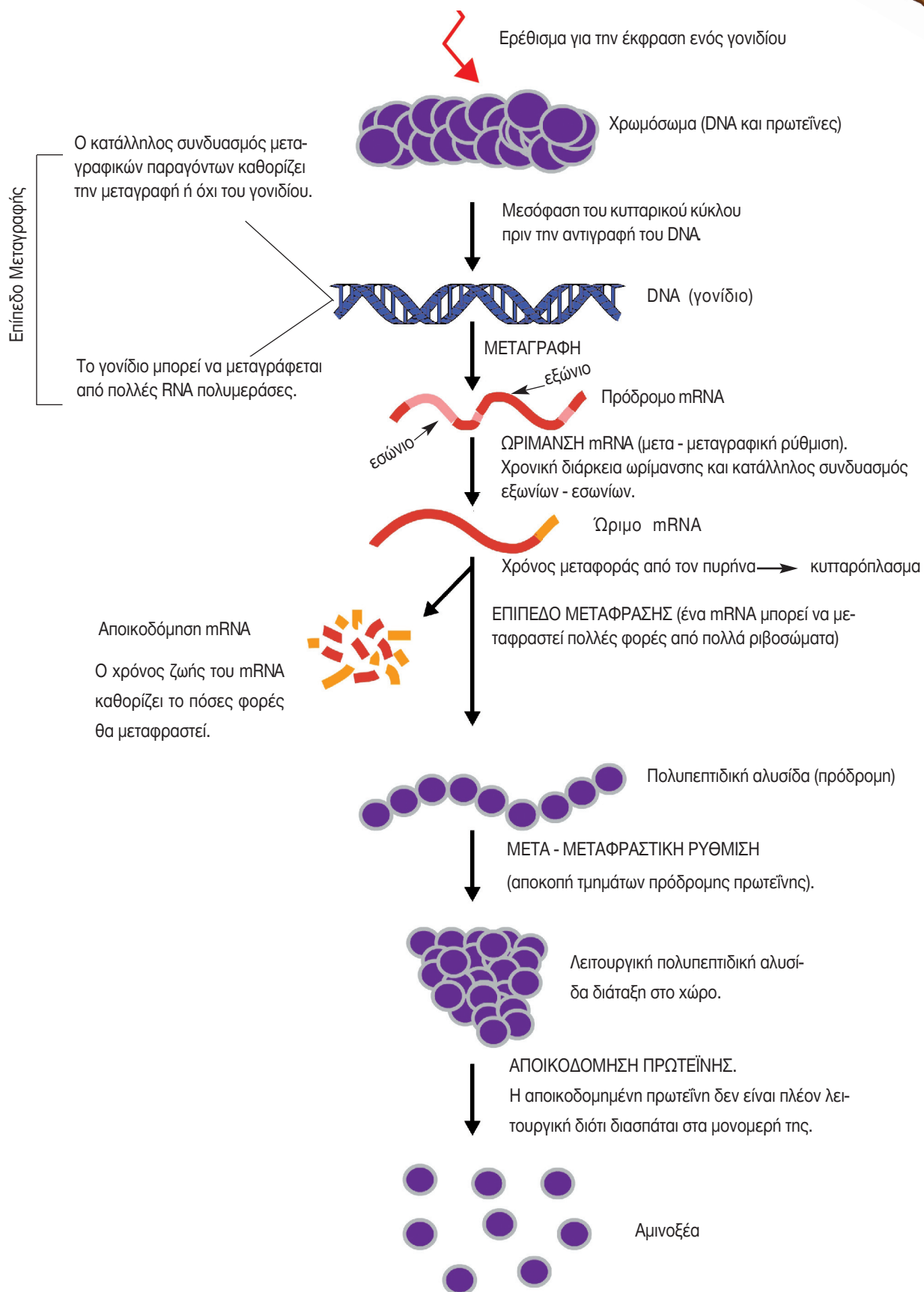
ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ: Κώδικας αντιστοίχισης τριπλετών νουκλεοτιδίων (κωδικονίων) του mRNA (άρα και του γονιδίου στην αντίστοιχη περιοχή του DNA) με τα αμινοξέα των πρωτεϊνών. Με βάση τον γενετικό κώδικα επιτελείται η πρωτεϊνοσύνθεση.

ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΕΚΦΡΑΣΗ: Ο όρος αυτός αναφέρεται στο σύνολο των βιοχημικών διαδικασιών που πρέπει να μεσολαβήσουν, ώστε ένα γονίδιο να παράγει το προϊόν το οποίο κωδικοποιεί. Ως γνωστόν υπάρχουν γονίδια τα οποία φέρουν την αλληλουχία νουκλεοτιδίων ειδικών τύπων RNA (όπως το rRNA) και γονίδια

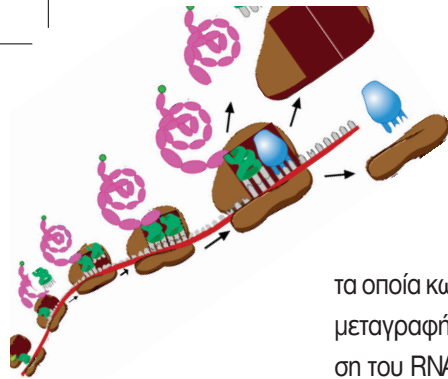


Εικόνα 34: Γονιδιακή έκφραση.

- α. Σχηματική πορεία της γονιδιακής έκφρασης σε ένα ευκαρυωτικό κύτταρο.
- β. Πορεία έκφρασης ενός ευκαρυωτικού γονιδίου που κωδικοποιεί για ένα πολυπεπίδιο.
- γ. Πορεία έκφρασης προκαρυωτικού γονιδίου που κωδικοποιεί για ένα πολυπεπίδιο. Απουσία πυρήνα το παραγόμενο mRNA μεταφράζεται απευθείας πριν ακόμη ολοκληρωθεί η σύνθεσή του.



Εικόνα 35: Γονδιακή Ρύθμιση (Ρύθμιση της έκφρασης της γενετικής πληροφορίας).

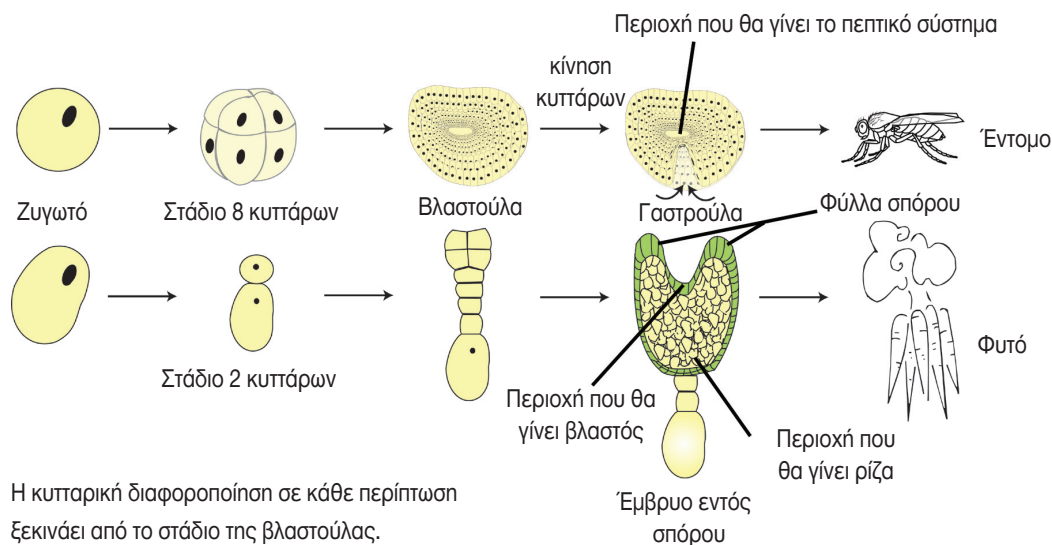


τα οποία κωδικοποιούν για πολυπεπίδια. Για μεν τα πρώτα, η γονιδιακή έκφραση ολοκληρώνεται με την μεταγραφή προς RNA (π.χ. rRNA). Για τα δεύτερα, η γονιδιακή έκφραση περιλαμβάνει τόσο τη σύνθεση του RNA (mRNA) όσο και την συνακόλουθη μετάφραση αυτού και τη σύνθεση του πολυπεπτιδικού μορίου. Η γονιδιακή έκφραση λοιπόν αναφέρεται κατά κύριο λόγο στη μεταγραφή και τη μετάφραση. Στις περιπτώσεις όμως πρωτεϊνών που υφίστανται μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις προκειμένου να καταστούν ενεργές, ο όρος γονιδιακή έκφραση περιλαμβάνει και αυτές. Τέλος, ειδικά στα ευκαρυωτικά κύτταρα, περιλαμβάνει επιπλέον τις διαδικασίες ωρίμανσης του πρόδρομου mRNA και τις διαδικασίες μεταφοράς του ώριμου mRNA στο κυτταρόπλασμα (βλέπε *Ωρίμανση RNA και Μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις*).

ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ: Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στην ιδιότητα του κυττάρου να καθορίζει και να μεταβάλλει την έκφραση των γονιδίων του, σύμφωνα με τις ανάγκες του. Μέσω της γονιδιακής ρύθμισης ελέγχεται το είδος και η ποσότητα των πρωτεϊνών καθώς και η χρονική στιγμή που αυτές θα παραχθούν (βλέπε *εικ. 35*).

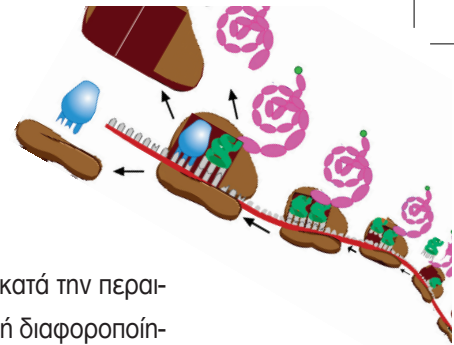
ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΥΤΤΑΡΙΚΗ: Διαδικασία η οποία λαμβάνει χώρα κυρίως στο στάδιο της εμβρυογένεσης αλλά και στα διάφορα αναπτυξιακά στάδια του οργανισμού και αφορά στην εξειδίκευση των κυττάρων των ανώτερων πολυκύτταρων οργανισμών, με σκοπό την δημιουργία των διαφορετικών ιστών του σώματος. Οφείλεται στην γονιδιακή ρύθμιση που επιτρέπει την εκλεκτική έκφραση του γενετικού υλικού, δηλαδή στο ότι σε κύτταρα διαφορετικών ιστών εκφράζονται διαφορετικά γονίδια. Για να γίνει κατανοητή η τεράστια σημασία της κυτταρικής διαφοροποίησης θα πρέπει να αναλογιστούμε πως όλα τα εμπύρνηνα κύτταρα του σώματος ενός πολυκύτταρου οργανισμού φέρουν πανομοιότυπο με τα υπόλοιπα, πλήρες γονιδίωμα (δηλαδή περιέχουν το σύνολο των γονιδίων). Επομένως, μέσω της κυτταρικής διαφοροποίησης, το κάθε είδος κυττάρου, ανάλογα με το είδος του

Πορεία κυτταρικής διαφοροποίησης από το ζυγωτό στο έντομο.



Πορεία κυτταρικής διαφοροποίησης από το ζυγωτό στο φυτό.

Εικόνα 36: Κυτταρική διαφοροποίηση (ορισμένα κρίσιμα στάδια - διαφορές και ομοιότητες φυτών - ζώων).



ιστού στον οποίο συμμετέχει, εκφράζει (τόσο κατά τη διαφοροποίησή του όσο και κατά την περαιτέρω λειτουργία με την οποία είναι επιφορτισμένο) διαφορετικά γονίδια. Η κυτταρική διαφοροποίηση είναι τόσο έντονη ώστε σε δεδομένο είδος κυττάρων μπορεί να μην έχουν εκφραστεί καθόλου συγκεκριμένα γονίδια καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Για παράδειγμα, τα παγκρεατικά κύτταρα ενός ανθρώπου έχουν ακριβώς το ίδιο γονιδίωμα με τα λεμφοκύτταρα, ωστόσο στα πρώτα εκφράζεται το γονίδιο που κωδικοποιεί την ινσουλίνη και δεν εκφράζονται τα γονίδια που κωδικοποιούν τα αντισώματα και αντίστοιχα στα λεμφοκύτταρα, εκφράζονται τα γονίδια των αντισωμάτων και δεν εκφράζεται το γονίδιο της ινσουλίνης.

ΔΟΜΙΚΑ ΓΟΝΙΔΙΑ ΟΠΕΡΟΝΙΟΥ: Γονίδια ενός οπερονίου τα οποία κωδικοποιούν την σύνθεση ενζύμων που συμμετέχουν σε μια μεταβολική διαδικασία. Μεταγράφονται μόνο εφόσον προηγηθεί επαγωγή της έκφρασης τους από κατάλληλο περιβαλλοντικό παράγοντα.

DNA ΔΕΣΜΑΣΗ: Ένζυμο που συνδέει με φωσφοδιεστερικό δεσμό τα ασυνεχή τμήματα DNA που προκύπτουν κατά την αντιγραφή του, καθώς και τα σημεία που συναντιούνται οι διχάλες της αντιγραφής, αφού προηγουμένως η DNA πολυμεράση έχει αντικαταστήσει τα πρωταρχικά τμήματα RNA με DNA.

DNA ΕΛΙΚΑΣΗΣ: Ένζυμο που αναγνωρίζουν τις θέσεις έναρξης της αντιγραφής του DNA και ξετυλίζουν τις δυο αλυσίδες, σπάζοντας τους υδρογονικούς δεσμούς που τις συγκρατούν.

DNA ΠΟΛΥΜΕΡΑΣΗΣ: Τα βασικά ένζυμα της αντιγραφής του DNA. Οι DNA πολυμεράσες συνθέτουν DNA συνδέοντας διαδοχικά νουκλεοτίδια με τρεις φωσφορικές ομάδες το καθένα στο 3' άκρο προϋπάρχοντος ολιγονουκλεοτιδίου με τη δημιουργία 3' → 5' φωσφοδιεστερικού δεσμού. Για να αρχίσουν τη σύνθεση, απαιτείται αρχικό τμήμα RNA (με ελεύθερη ομάδα υδροξυλίου στο 3' άκρο) και μονόκλωνο DNA, με πρότυπο το οποίο και σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας θα τοποθετηθούν τα νέα νουκλεοτίδια. Ένα είδος DNA πολυμεράσης επιδιορθώνει τα λάθη της αντιγραφής, ενώ ένα άλλο απομακρύνει τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστά με DNA.

ΕΠΑΓΩΓΕΑΣ ΟΠΕΡΟΝΙΟΥ: Κατάλληλος χημικός παράγοντας, η παρουσία του οποίου ενεργοποιεί τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων του οπερονίου. Π.χ. για την έκφραση του οπερονίου της λακτόζης ο επαγωγέας είναι η ύπαρξη του δισακχαρίτη λακτόζη στο θρεπτικό μέσο ανάπτυξης της *Escherichia coli*.

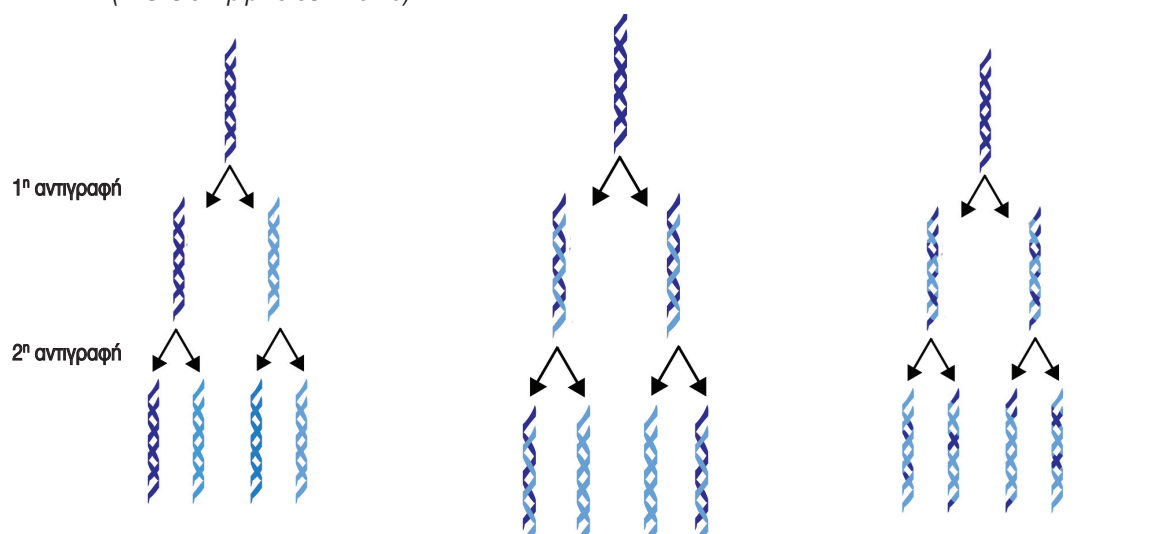
ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ: Ελέγχουν την πιστότητα της αντιγραφής σε ένα τμήμα DNA, αφού αυτή ολοκληρωθεί, και αποκαθιστούν περιπτώσεις οι οποίες δεν είναι τοποθετημένες σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας. Ως επιδιορθωτικά ένζυμα, χαρακτηρίζεται μια κατηγορία ενζύμων, διαφορετικά της DNA πολυμεράσης, που μετέχουν στις διαδικασίες επιδιόρθωσης του DNA. Κατά την αντιγραφή του DNA, περίπου 1 στα 100.000 νουκλεοτίδια ενσωματώνεται στις νέες αλυσίδες, κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας. Τα επιδιορθωτικά ένζυμα εντοπίζουν και διορθώνουν τέτοια λάθη. Τα ένζυμα αυτά αντιμετωπίζουν επίσης και ορισμένες βλάβες, που σε σπάνιες περιπτώσεις εμφανίζονται στο DNA, όπως π.χ. τα διμερή πυριμιδινών τα οποία σχηματίζονται από τη δράση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Προβλήματα στη λειτουργία τους είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε καρκίνο. (βλέπε κεφ. 6).



ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΚΦΡΑΣΗΣ ΓΟΝΙΔΙΟΥ: Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στην ποσότητα, στην οποία απαντά στο κύτταρο η λειτουργική πρωτεΐνη, την οποία κωδικοποιεί ένα γονίδιο. Όταν υπάρχει σχετικά μεγάλη ποσότητα λειτουργικής πρωτεΐνης, λέμε πως τα επίπεδα έκφρασης του γονιδίου είναι υψηλά. Όταν υπάρχει μικρή σχετικά ποσότητα λειτουργικής πρωτεΐνης, λέμε πως τα επίπεδα της έκφρασης του είναι χαμηλά.

ΘΕΣΕΙΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗΣ: Οι συγκεκριμένες αλληλουχίες του DNA που αναγνωρίζονται και πάνω στις οποίες προσδένονται οι DNA ελικάσες, προκειμένου να ξεκινήσουν το ξετύλιγμα της διπλής έλικας του μητρικού μορίου, κατά την αντιγραφή του DNA (*Βλέπε και DNA ελικάσες*). Το βακτηριακό χρωμόσωμα και τα πλασμίδια τα οποία είναι κυκλικά έχουν μόνο μία θέση έναρξης της αντιγραφής (μέγεθος περίπου 245 ζ.β.). Τα ευκαρυωτικά χρωμοσώματα τα οποία είναι γραμμικά και κατά πολύ μεγαλύτερα των βακτηριακών μορίων DNA, προκειμένου να αντιγράφονται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, έχουν πολλές θέσεις έναρξης της αντιγραφής.

ΗΜΙΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗΣ: Είναι ο τρόπος αυτοδιπλασιασμού του DNA. Κάθε νέο μόριο DNA που προκύπτει, είναι όμοιο με το μητρικό και αποτελείται από μια μητρική και μια νέα αλυσίδα. (*Βλέπε σχ. βιβλίο σελ. 28-29*)



Συντηρητικός τρόπος αντιγραφής.

Το μητρικό μόριο παραμένει ως έχει και το νέο μόριο αποτελείται από δύο νέους κλώνους.

Ημισυντηρητικός τρόπος αντιγραφής.

Κάθε θυγατρικό μόριο αποτελείται από ένα μητρικό κλώνο και ένα νεοσυντιθέμενο κλώνο.

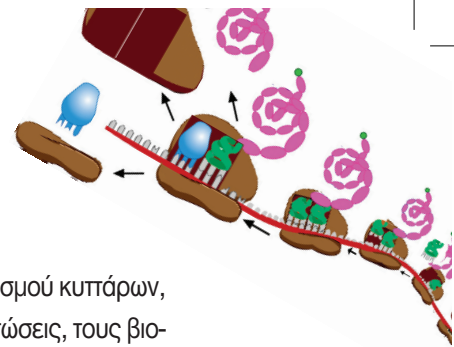
Διασπαρτικός τρόπος αντιγραφής.

Τμήματα του μητρικού κλώνου συνδέονται με τμήματα του νεοσυντιθέμενου κλώνου.

Εικόνα 37: Πιθανοί τρόποι διαπλασιασμού του DNA πριν την απόδειξη ότι το DNA διπλασιάζεται ημισυντηρητικά.

ΚΑΤΑΣΤΟΛΗ ΓΟΝΙΔΙΩΝ: Η αδυναμία έκφρασης κάποιων γονιδίων εξαιτίας της έλλειψης του κατάλληλου παράγοντα (επαγωγέα), που θα ενεργοποιήσει την έκφρασή τους.

ΚΑΤΑΣΤΟΛΕΑΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗ: Πρωτεΐνη που κωδικοποιείται από το ρυθμιστικό γονίδιο και αλληλεπιδρά με τον χειριστή του οπερονίου, εμποδίζοντας τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων του.



ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑ: Αν με ήπιο τρόπο καταστρέψουμε τις μεμβράνες ενός πληθυσμού κυττάρων, θα ελευθερώσουμε το κυτταρικό περιεχόμενο διατηρώντας, στις περισσότερες περιπτώσεις, τους βιοχημικούς του παράγοντες σε λειτουργική κατάσταση. Το ετερογενές μείγμα που θα προκύψει, ονομάζεται κυτταρικό εκχύλισμα και περιέχει μεταξύ άλλων ριβοσώματα, αμινοξέα, tRNA και ό,τι γενικά χρειάζεται για τη διαδικασία της μετάφρασης. Δεδομένου ότι ο γενετικός κώδικας είναι (σχεδόν) καθολικός, το mRNA ενός οποιουδήποτε οργανισμού, αν μεταφραστεί σε κυτταρικό εκχύλισμα προερχόμενο από ζωικά, φυτικά ή βακτηριακά κύτταρα, θα καθοδηγήσει τη σύνθεση του ίδιου πάντα πολυπεπτιδίου. Ωστόσο, εάν το mRNA προέρχεται από ευκαρυωτικό κύτταρο, και μεταφράζεται σε βακτηριακό εκχύλισμα, θα πρέπει να είναι ώριμο. Αυτό διότι το βακτηριακό κύτταρο δεν διαθέτει τους μηχανισμούς ωρίμανσης του mRNA που συναντάμε στα ευκαρυωτικά κύτταρα.

ΚΩΔΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ DNA: Είναι η αλυσίδα DNA του γονιδίου, η οποία φέρει την γενετική πληροφορία (αλληλουχία κωδικονίων που αντιστοιχούν στα αμινοξέα της πρωτεΐνης που κωδικοποιεί το συγκεκριμένο γονίδιο) και είναι συμπληρωματική της μεταγραφόμενης. Συνεπώς, η κωδική αλυσίδα είναι όμοια σε αλληλουχία αζωτούχων βάσεων με το προκύπτον από την μεταγραφή αυτού του γονιδίου mRNA, πριν την ωρίμανση του (αν πρόκειται για γονίδιο ευκαρυωτικού οργανισμού). Φυσικά, η κωδική αλυσίδα του DNA, ως αλυσίδα δεοξυριβονουκλεοτιδίων, φέρει θυμίνες εκεί που το mRNA φέρει ουρακίλες.

ΚΩΔΙΚΟΝΙΑ: Είναι οι 64 διαφορετικές τριπλέτες ριβονουκλεοτιδίων στο ώριμο mRNA ή δεοξυριβονουκλεοτιδίων στο γονίδιο που η καθεμία κωδικοποιεί σύμφωνα με τον γενετικό κώδικα την προσθήκη συγκεκριμένου αμινοξέος (ενός από τα 20 διαφορετικά) ή την λήξη της μετάφρασης κατά τη σύνθεση μίας πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Υπάρχουν 61 κωδικόνια που κωδικοποιούν για τα 20 αμινοξέα, συμπεριλαμβανομένου του κωδικονίου έναρξης AUG το οποίο ταυτόχρονα κωδικοποιεί για την μεθειονίνη. Τα κωδικόνια UAG, UGA, UAA δεν αντιστοιχούν σε κανένα αμινοξύ και λειτουργούν ως σήματα που καθορίζουν τον τερματισμό της πρωτεϊνσύνθεσης. Τα κωδικόνια αναγράφονται πάντα με φορά 5'→3'.



Όταν αναφερόμαστε σε ένα mRNA ή ένα γονίδιο, πρώτο κωδικόνιο του θεωρείται το κωδικόνιο έναρξης, ενώ τελευταίο το κωδικόνιο λήξης. Δεν χαρακτηρίζουμε δηλαδή ως κωδικόνια ενός mRNA ή ενός γονιδίου, τις τριπλέτες των αμετάφραστων περιοχών τους. Εξαίρεση αποτελεί το κωδικόνιο λήξης, που χαρακτηρίζεται ως κωδικόνιο, αν και αποτελεί τμήμα της 3' αμετάφραστης περιοχής.

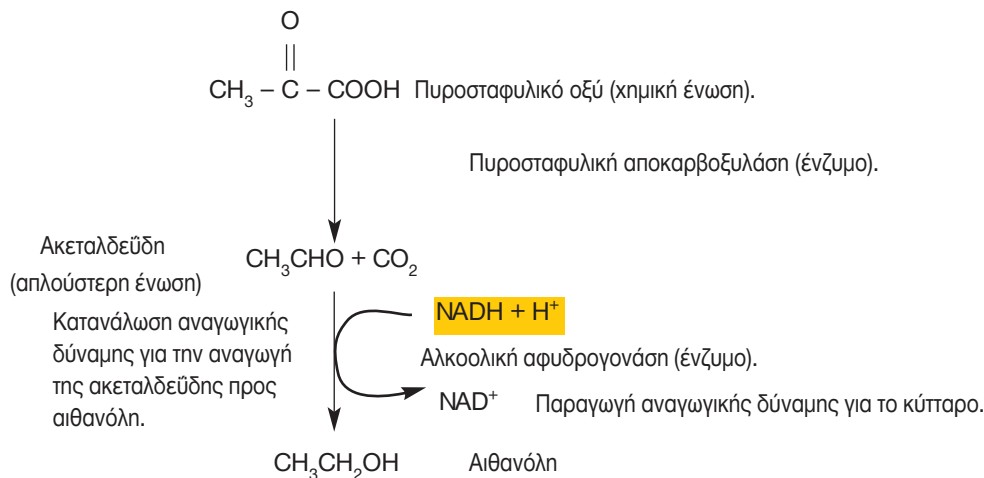
ΚΩΔΙΚΟΝΙΟ ΕΝΑΡΞΗΣ: Όταν αναφερόμαστε στο γενετικό κώδικα, ως κωδικόνιο έναρξης θεωρούμε γενικά το AUG. Όταν αναφερόμαστε σε ένα mRNA (ή γονίδιο), ως κωδικόνιο έναρξης του, θεωρούμε αυτό το συγκεκριμένο AUG (ή ATG αντίστοιχα) το οποίο κωδικοποιεί το πρώτο αμινοξύ του αντίστοιχου πεπτιδίου. Προφανώς, μέσα στο ανοικτό πλαίσιο ανάγνωσης μπορεί να υπάρχουν και άλλα AUG (ή ATG) με σκοπό την τοποθέτηση αμινοξέων μεθειονίνης στα αντίστοιχα σημεία του πρωτεϊνικού μορίου, τα οποία όμως δεν αναφέρονται ως κωδικόνια έναρξης του mRNA (ή του γονιδίου).



ΚΩΔΙΚΟΝΙΟ ΛΗΞΗΣ: Όταν αναφερόμαστε στο γενετικό κώδικα, ως κωδικόνια λήξης θεωρούμε γενικά τα UAG, UGA και UAA, που δεν αντιστοιχούν σε κανένα αμινοξύ και λειτουργούν ως σήματα τα οποία καθορίζουν τον τερματισμό της πρωτεϊνοσύνθεσης. Όταν αναφερόμαστε σε ένα mRNA (ή γονίδιο), ως κωδικόνιο λήξης του θεωρούμε τη συγκεκριμένη εκείνη τριπλέτα που ακολουθεί αμέσως μετά το τέλος του ανοικτού πλαισίου ανάγνωσης του και επομένως της πρωτεϊνοσύνθεσης.

ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ: Ενός κυττάρου ή ενός οργανισμού είναι το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων του κυττάρου ή του οργανισμού αντίστοιχα. Μέσω του μεταβολισμού του ένα κύτταρο ή ένας οργανισμός διαχειρίζεται το σύνολο της ενέργειας και των ανόργανων και οργανικών υλικών του. Ο μεταβολισμός χωρίζεται σε καταβολισμό και αναβολισμό. Κατά τον **καταβολισμό** γίνεται η παραγωγή ενέργειας μέσω της διάσπασης των σύνθετων μορίων των τροφών σε απλούστερες ενώσεις π.χ. η διάσπαση της γλυκόζης παρουσία O_2 σε CO_2 και H_2O μέσω της κυτταρικής αναπνοής, όποτε παράγεται ATP. **Αναβολισμός** αντίθετα, είναι η βιοσύνθεση σύνθετων μορίων από απλούστερα μόρια π.χ η σύνθεση μιας πρωτεΐνης από αμινοξέα ή η σύνθεση υδατανθράκων από CO_2 μέσω της φωτοσύνθεσης. Οι αντιδράσεις βιοσύνθεσης του αναβολισμού απαιτούν κατανάλωση ενέργειας από το κύτταρο. Η ενέργεια αυτή έχει προέλθει από τον καταβολισμό ή απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία.

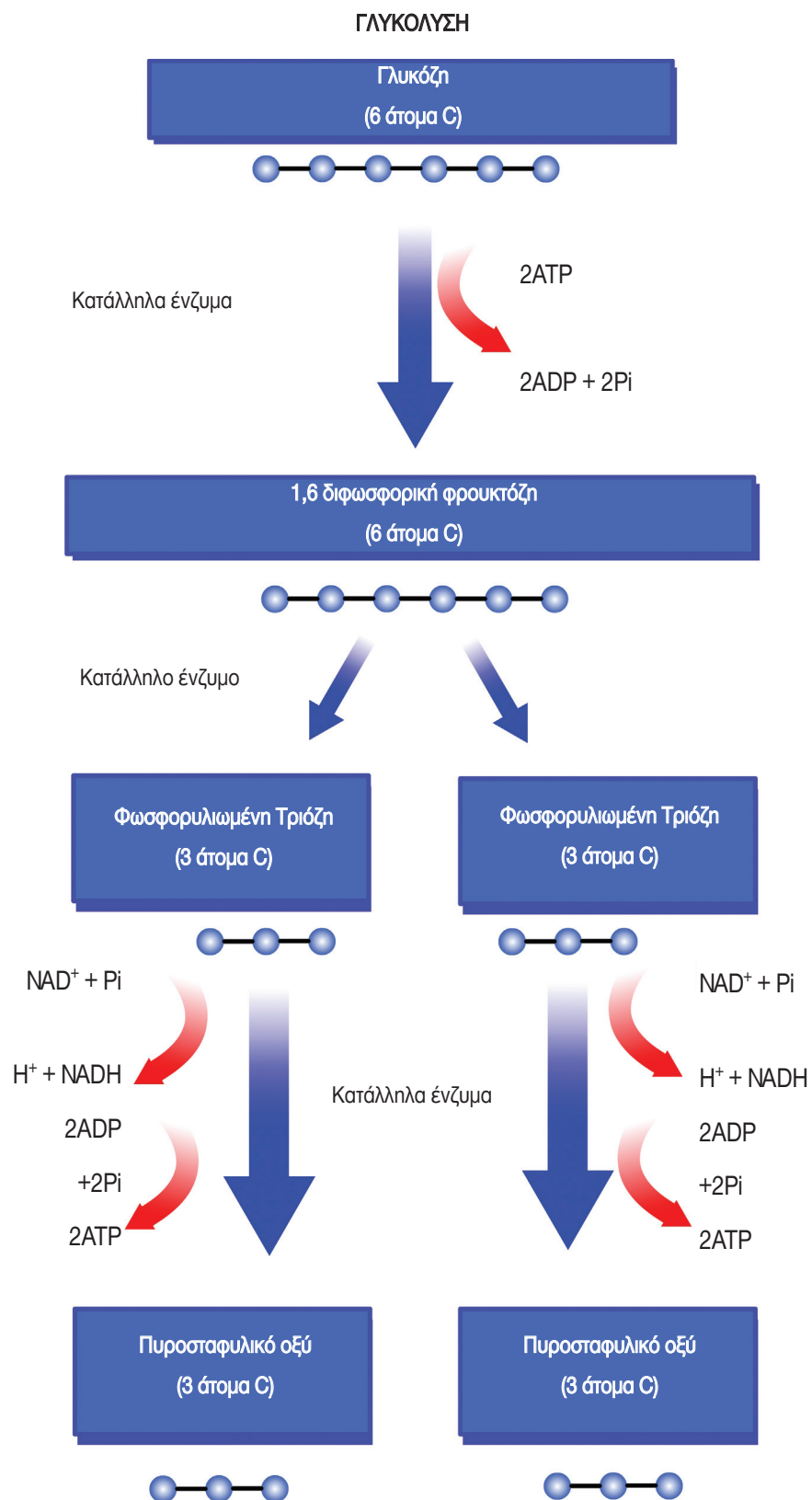
ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟ ΜΟΝΟΠΑΤΙ Ή ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΔΟΣ: Είναι το σύνολο των διαδοχικών βιοχημικών αντιδράσεων, η καθεμία από τις οποίες καταλύεται από ένα διαφορετικό πιθανόν ένζυμο. Οι αντιδράσεις αυτές επιτελούνται από το κύτταρο προκειμένου να διασπάσει (αποικοδομήσει) μια συγκεκριμένη σύνθετη ένωση σε απλούστερη ή να βιοσυνθέσει μια δεδομένη πολύπλοκη ένωση από απλούστερα μόρια. Ο μεταβολισμός ενός κυττάρου συνίσταται από πολλές διαφορετικές μεταβολικές οδούς (βλέπε και εικ. 39).



Εικόνα 38: Παράδειγμα καταβολικού μονοπατιού.

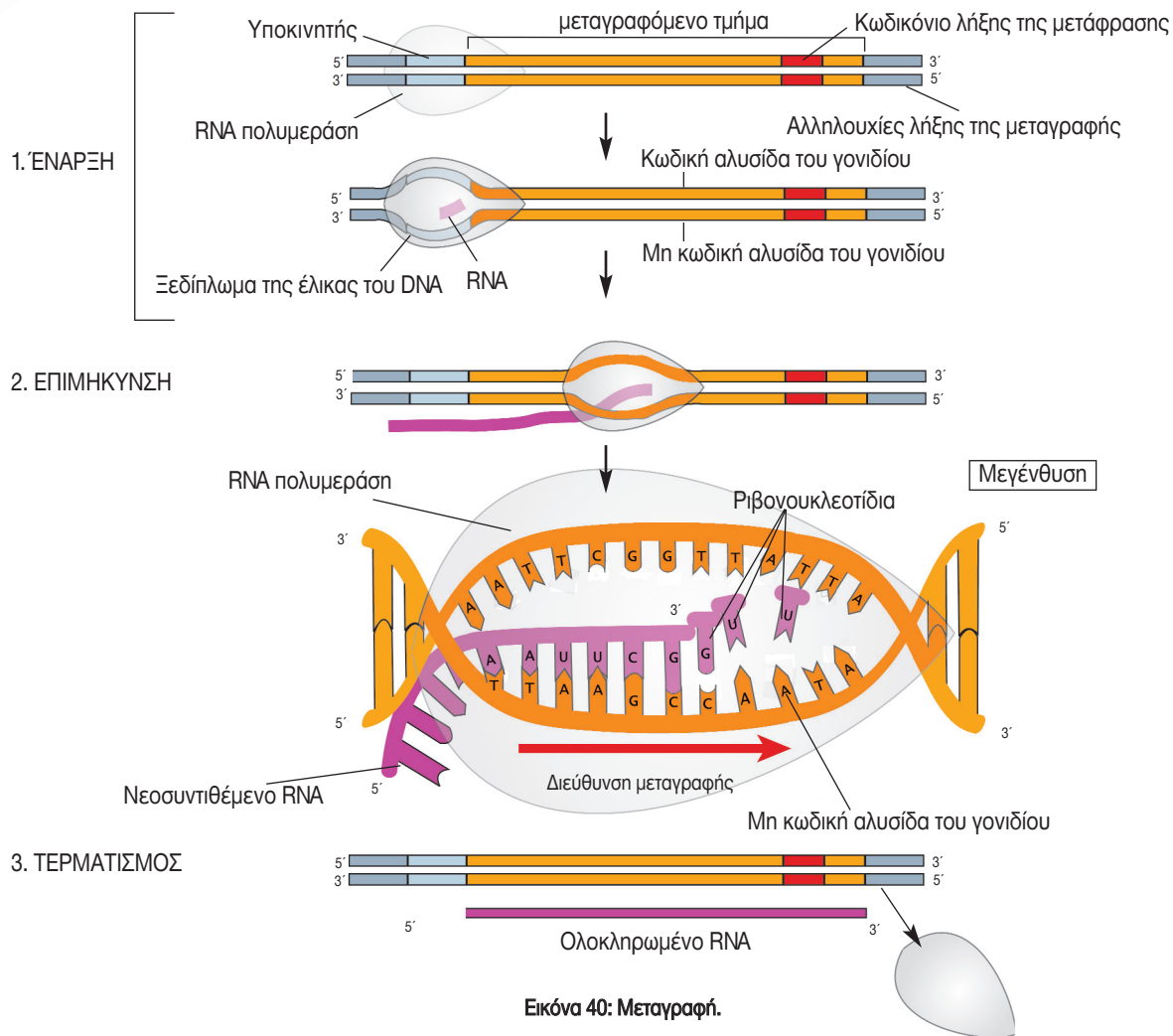
ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ: Διαδικασία σύνθεσης RNA με τη βοήθεια της RNA πολυμεράσης, με καλούπι το DNA (συγκεκριμένα την μεταγραφόμενη ή μη κωδική αλυσίδα του γονιδίου), (βλέπε εικ. 40).

ΜΕΤΑ-ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ: Βλέπε Ωρίμανση RNA.



Εικόνα 39: Το μεταβολικό μονοπάτι της γλυκόλυσης (συνολική πορεία).

Η γλυκόλυση είναι το πρώτο στάδιο καταβολισμός των υδατανθράκων σε όλους τους οργανισμούς του πλανήτη.



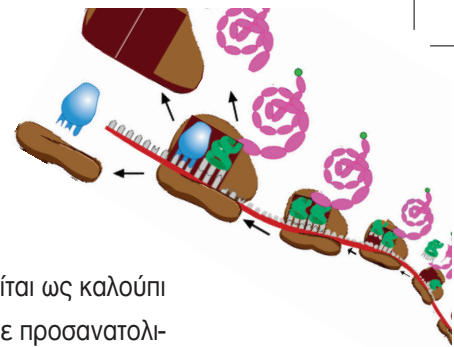
Εικόνα 40: Μεταγραφή.

1. Έναρξη: Η RNA πολυμεράση, μετά την πρόσδεση των κατάλληλων μεταγραφικών παραγόντων, προσδένεται στον υποκινητή, σπάει τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των δύο κλώνων του γονιδίου και ξεκινάει την μεταγραφή πολυμερίζοντας RNA με μήτρα την μη κωδική αλυσίδα του γονιδίου.

2. Επιμήκυνση: Η RNA πολυμεράση κινείται με προσανατολισμό 5'→3' κατασκευάζοντας 3'→5' φωσφοδιεστερικούς δεσμούς στο πολυμεριζόμενο μόριο RNA, χρησιμοποιώντας ως μήτρα την αλυσίδα του γονιδίου που έχει προσανατολισμό 3'→5' ως προς τον υποκινητή.

3. Τερματισμός: Μόλις η RNA πολυμεράση συναντήσει τις αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, σταματάει τον πολυμερισμό του RNA και τόσο αυτό όσο και η ίδια απομακρύνεται από το DNA.

ΜΕΤΑΓΡΑΦΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ: Πρωτεΐνες (ένζυμα) που διευκολύνουν την πρόσδεση της RNA πολυμεράσης στον υποκινητή του γονιδίου, ώστε να αρχίσει η μεταγραφή. Οι μεταγραφικοί παράγοντες παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Μόνο όταν ο σωστός συνδυασμός αυτών προσδεθεί στον υποκινητή του γονιδίου, αρχίζει η RNA πολυμεράση τη μεταγραφή του γονιδίου. Οι μεταγραφικοί παράγοντες ρυθμίζουν μαζί με τους υποκινητές στους οργανισμούς, τη γονιδιακή έκφραση σε επίπεδο μεταγραφής.



ΜΕΤΑΓΡΑΦΟΜΕΝΗ ΑΛΥΣΙΔΑ DNA: Η αλυσίδα DNA του γονιδίου, που χρησιμοποιείται ως καλούπι για τη σύνθεση του RNA κατά τη μεταγραφή. Είναι πάντα ο κλώνος του γονιδίου με προσανατολισμό 3' → 5' ως προς τον υποκινητή.

ΜΕΤΑ-ΜΕΤΑΦΡΑΣΤΙΚΕΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ: Τροποποιήσεις που μπορεί να υφίσταται ένα πεπτίδιο προκειμένου να μετατραπεί σε λειτουργική πρωτεΐνη. (Βλέπε και Γονιδιακή έκφραση).



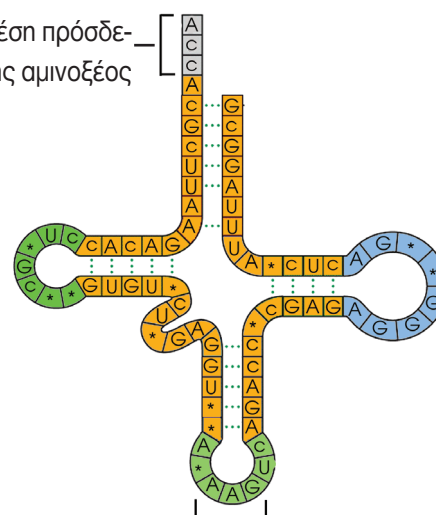
Στο σχολικό βιβλίο γίνεται αναφορά σε δύο παραδείγματα μετα-μεταφραστικών τροποποιήσεων:

- Το πρώτο έχει να κάνει με τη μετατροπή της προϊνσουλίνης σε ινσουλίνη (σελ. 118 του σχ. βιβλίου) και αφορά όσους από τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς παράγουν ινσουλίνη.
- Το δεύτερο αναφέρεται στη σελ. 36 του σχ. βιβλίου (χωρίς να διευκρινίζεται σε ποιους οργανισμούς συμβαίνει) και έχει να κάνει με την απομάκρυνση αμινοξέων από το αμινικό άκρο των πρωτεϊνών. Αυτή η μετα-μεταφραστική τροποποίηση, συμβαίνει τόσο σε διάφορες προκαρυωτικές όσο και σε πολλές ευκαρυωτικές πρωτεΐνες. Γενικά, πρωτεΐνες όλων των οργανισμών μπορεί να υφίστανται διάφορων τύπων μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις. Είναι όμως πιο συνηθισμένες και περισσότερο εκτεταμένες στην περίπτωση των ευκαρυωτικών οργανισμών. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα διαθέτουν πολύ περισσότερους μηχανισμούς τροποποίησης των πρωτεϊνών τους. Για το λόγο αυτό το σχ. βιβλίο αναφέρει στη σελ. 135 πως «... τα βακτήρια δεν διαθέτουν τους μηχανισμούς τροποποίησης των πρωτεϊνών που διαθέτουν οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί». Ορισμένα γονίδια ρυθμίζονται στο επίπεδο των μετα-μεταφραστικών τροποποιήσεων (αναφορά στο σχολικό βιβλίο, σελ. 42). Το φαινόμενο αυτό είναι πιο συνηθισμένο στα ευκαρυωτικά κύτταρα παρά στα προκαρυωτικά.

ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟ RNA (tRNA): Τα tRNAs κωδικοποιούνται από τα tRNA γονίδια και είναι φορείς των αμινοξέων στα ριβοσώματα. Όλα τα tRNAs είναι όμοια σε μέγεθος (70-90 ριβονουκλεοτίδια) και σχήμα. Διαφέρουν όμως ως προς το αντικωδικόνιό τους. Το αντικωδικόνιο που φέρει κάθε tRNA καθορίζει το είδος του αμινοξέος που αυτό θα μεταφέρει στα ριβοσώματα.

Το μόριο κάθε tRNA μεταγράφεται ως ένα ενιαίο μονόκλωνο μόριο RNA, επειδή όμως κάποια σημεία του εμφανίζουν συμπληρωματικότητα, το μόριο αναδιπλώνεται με αποτέλεσμα να παίρνει την χαρακτηριστική δομή που φαίνεται στην εικόνα.

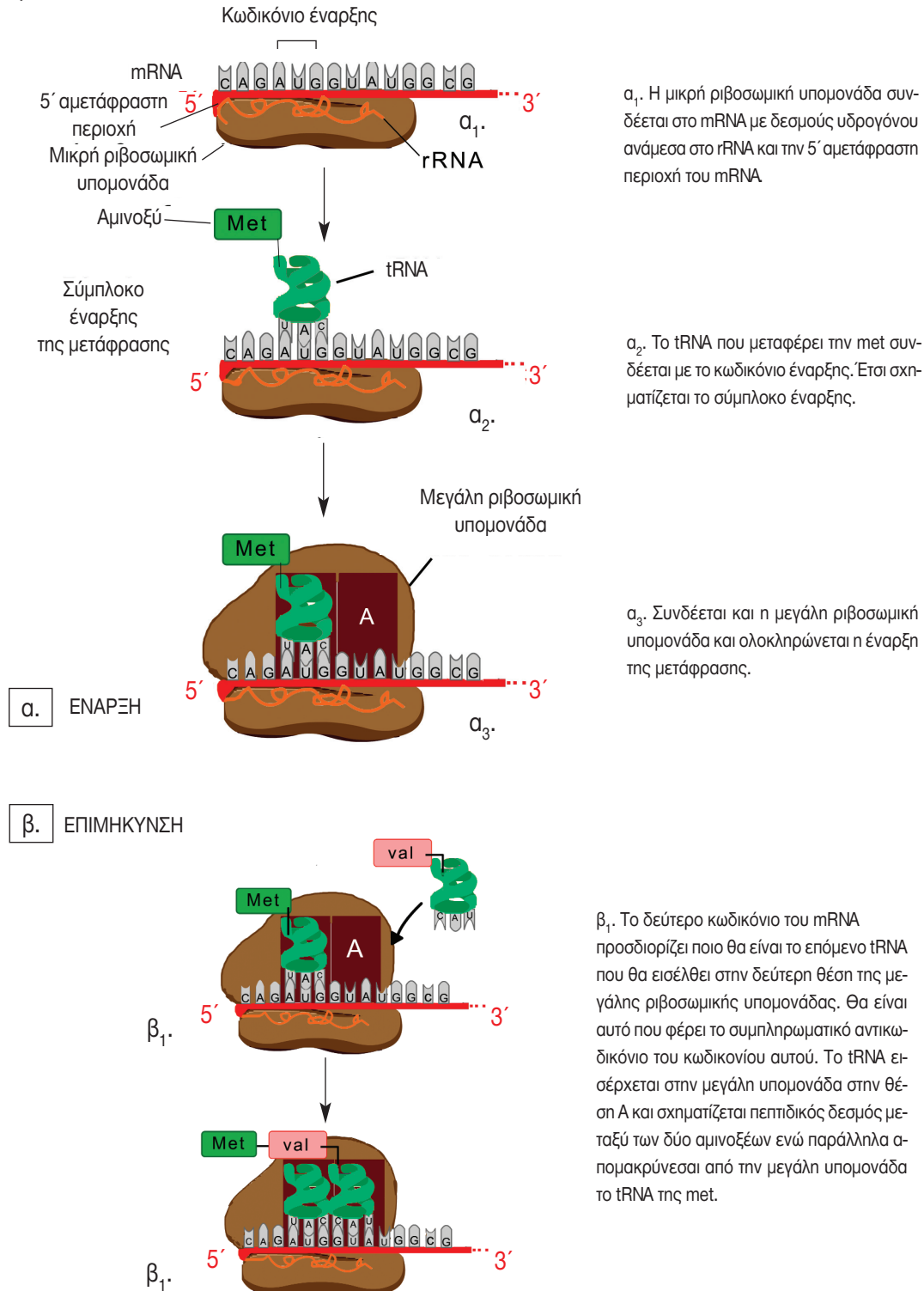
Θέση πρόσδεσης αμινοξέος



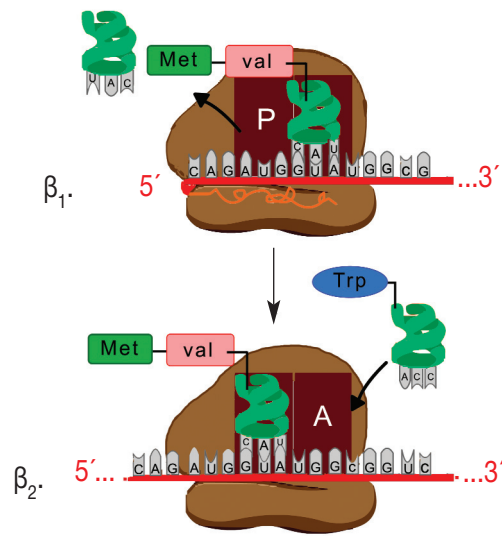
Αντικωδικόνιο

Εικόνα 41: Δομή tRNA σε δύο διαστάσεις (στο επίπεδο).

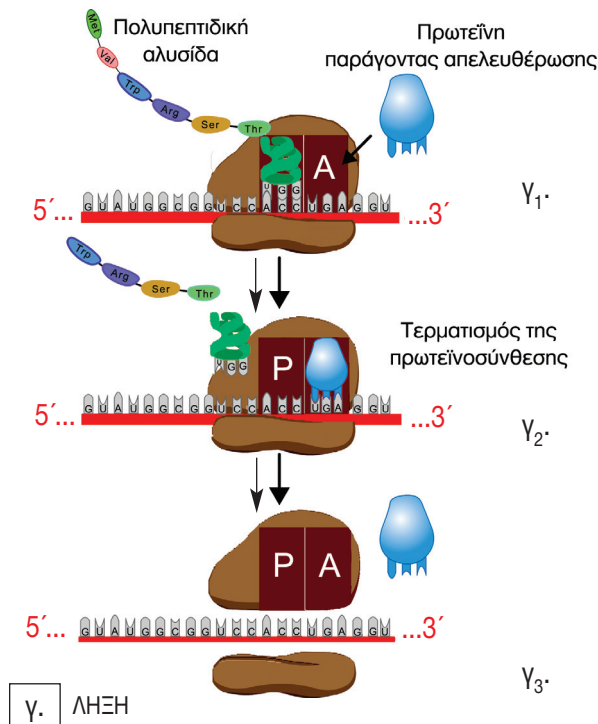
ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ: Το τελικό στάδιο της έκφρασης της γενετικής πληροφορίας, κατά το οποίο γίνεται η σύνθεση μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας, με βάση τη γενετική πληροφορία που υπάρχει σε ένα μόριο mRNA.



Εικόνα 42: Μετάφραση.



β₂. Το ριβόσωμα έχει μετακινηθεί κατά ένα κωδικόνιο. Το tRNA που βρισκόταν στη θέση A του ριβοσώματος έχει έλθει τώρα στην θέση P και η θέση A είναι και πάλι ελεύθερη για να δεχθεί το τρίτο tRNA κ.ο.κ. μέχρι το ριβόσωμα να συναντήσει το κωδικόνιο λήξης του mRNA

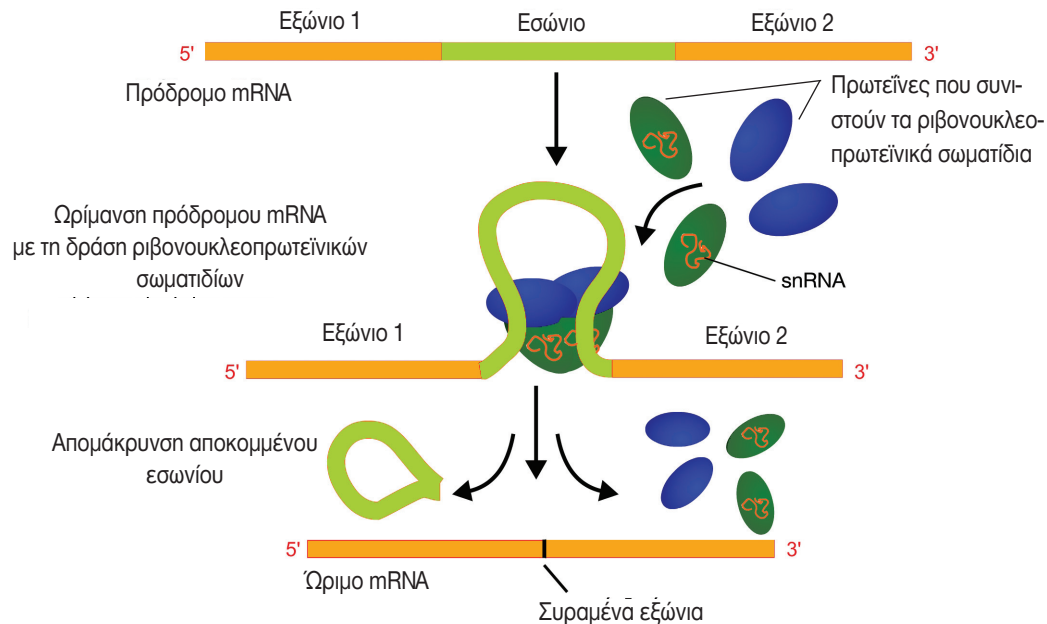


γ₁. Το ριβόσωμα συναντά το κωδικόνιο λήξης. Στη θέση P βρίσκεται το τελευταίο tRNA και με αυτό συνδέεται η πολυπεπτιδική αλυσίδα, της οποίας η σύνθεση έχει ολοκληρωθεί.

γ₂. Δεν υπάρχει tRNA που να έχει αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του κωδικονίου λήξης. Η πρωτεΐνη παράγοντας απελευθέρωσης εισέρχεται στην θέση A του ριβοσώματος. Απελευθερώνεται το πολυπεπτίδιο από το tRNA και τα δύο ελευθερώνονται στο κυτταρόπλασμα.

γ₃. Το ριβόσωμα διαχωρίζεται στις υπομονάδες του που αποδεσμεύονται από το mRNA, ενώ απομακρύνεται και ο παράγοντας απελευθέρωσης.

ΜΙΚΡΟ ΠΥΡΗΝΙΚΟ RNA (snRNA): Είδος RNA που συνδέεται με πρωτεΐνες για το σχηματισμό μικρών ριβονουκλεοπρωτεϊνικών σωματιδίων. Τα σωματίδια αυτά καταλύουν την ωρίμανση του mRNA (κόβοντας τα εσώνια και συρράπτοντας τα εξώνια), που γίνεται μόνο στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων. Το snRNA είναι συμπληρωματικό με τα άκρα των εσώνιων, έτσι τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια αναγνωρίζουν τα εσώνια καθώς το snRNA τους συνδέεται με τα άκρα τους. Σχεδόν όλα τα εσώνια ξεκινάνε με GU (στο mRNA) και τελειώνουν με AG.



Εικόνα 43: Ωρίμανση του πρόδρομου mRNA.

ΟΠΕΡΟΝΙΟ ΛΑΚΤΟΖΗΣ: Πρόκειται για ένα σύστημα μέσω του οποίου ρυθμίζεται η έκφραση των γονιδίων, που μετέχουν στο μεταβολισμό της λακτόζης. Σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο, αποτελείται από:

- Τα **δομικά γονίδια** που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες τις οποίες χρησιμοποιεί το κύτταρο κατά το μεταβολισμό της λακτόζης.

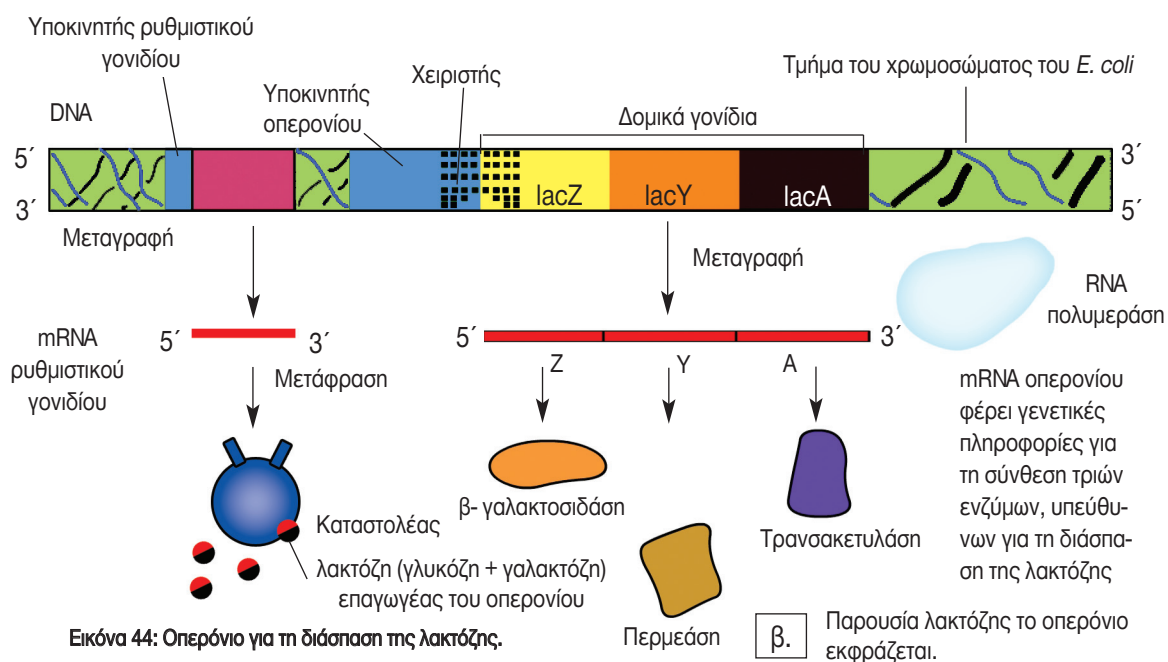
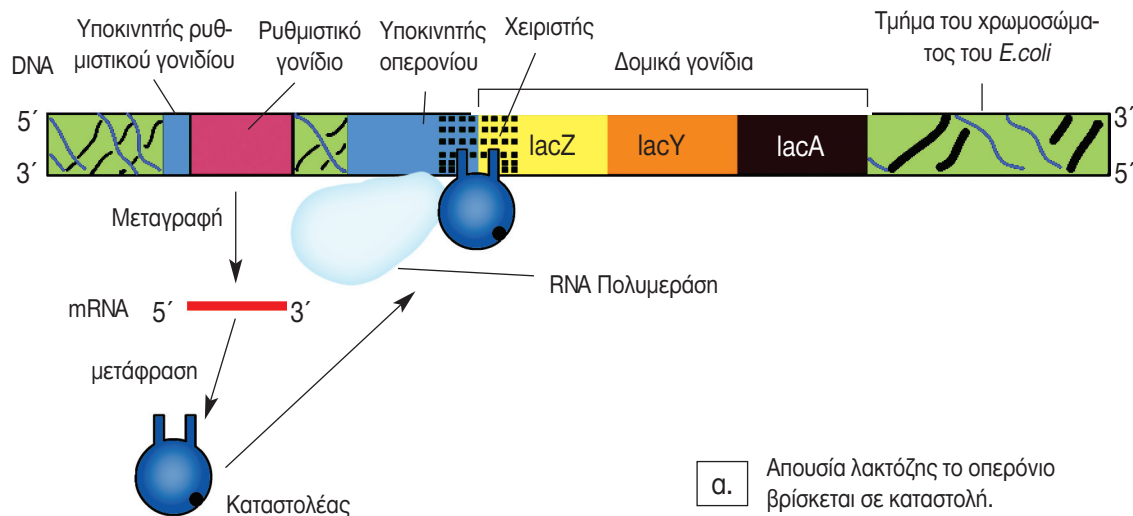
β) Τον κοινό **υποκινητή** των δομικών γονιδίων, από τον οποίο ξεκινάει η μεταγραφή τους, σε ένα μόνο μόριο mRNA, που περιέχει διαδοχικά τα ανοικτά πλαίσια ανάγνωσής τους.

γ) Τον **χειριστή**. Πρόκειται για μια αλληλουχία DNA, που παρεμβάλλεται μεταξύ των δομικών γονιδίων και του υποκινητή τους. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, πάνω στο χειριστή προσδένεται μια πρωτεΐνη - καταστολέας, που εμποδίζει την RNA πολυμεράση να ξεκινήσει τη μεταγραφή των δομικών γονιδίων.

δ) Το **ρυθμιστικό γονίδιο** (με το δικό του υποκινητή), που βρίσκεται μπροστά από όλα τα παραπάνω και κωδικοποιεί για την πρωτεΐνη - καταστολέα. Το ρυθμιστικό γονίδιο εκφράζεται συνεχώς, ανεξαρτήτως συνθηκών. Μεταξύ του ρυθμιστικού γονιδίου και του υποκινητή παρεμβάλλεται περιοχή του γονιδιώματος του *E. coli* που δεν ανήκει στο οπερόνιο.

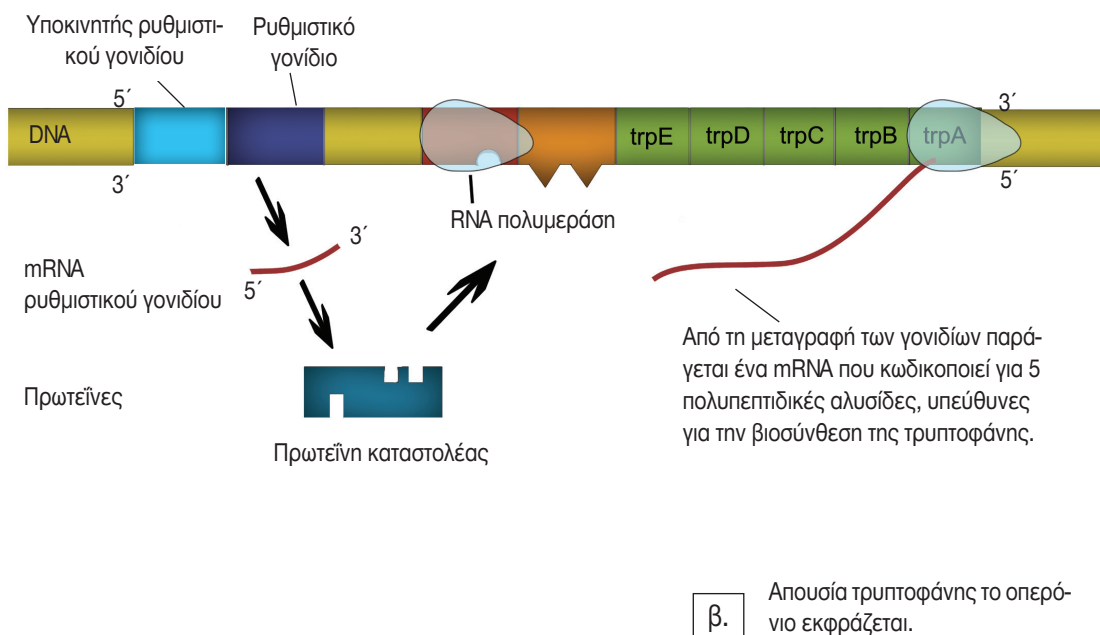
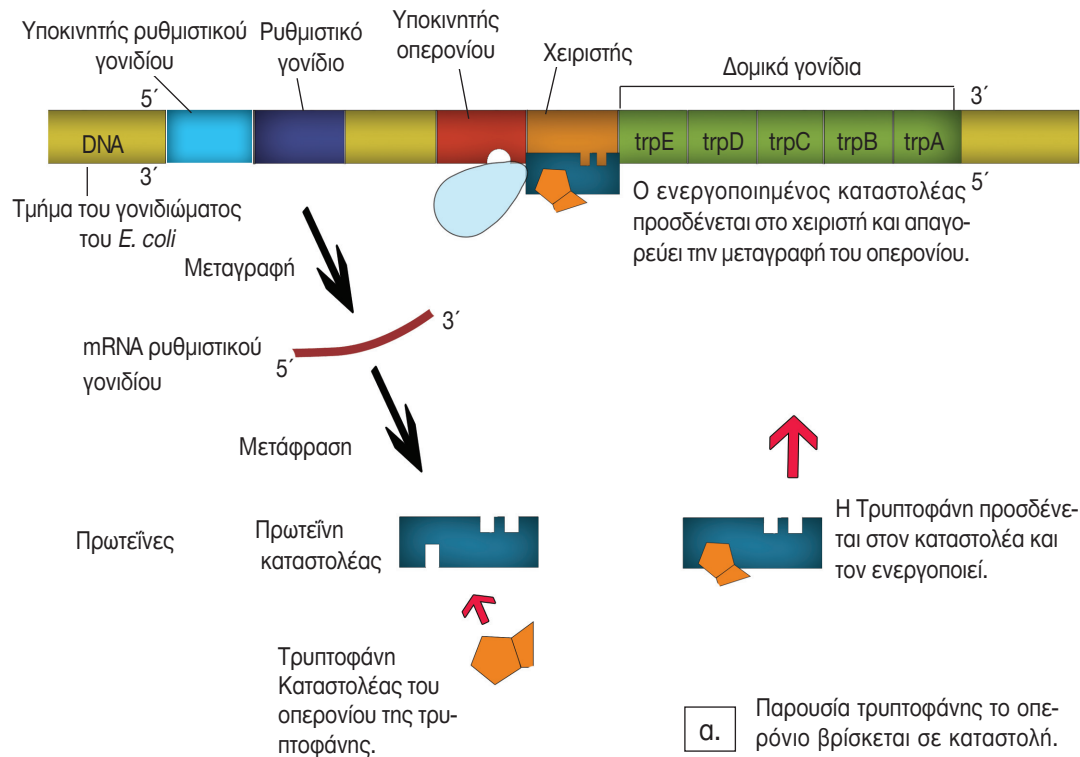
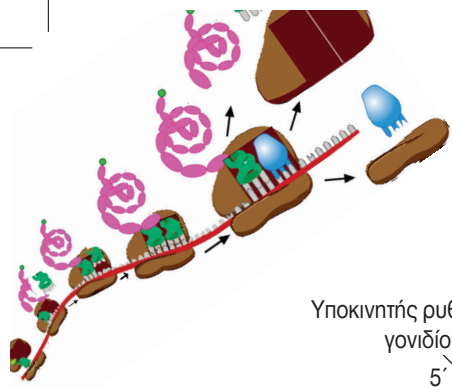
Όταν στο περιβάλλον των βακτηρίων υπάρχει λακτόζη αντί γλυκόζης, η ίδια η λακτόζη προσδένεται στον καταστολέα αδρανοποιώντας τον (αλλάζει τη στερεοδιάταξή του με αποτέλεσμα να μην μπορεί να συνδεθεί στο χειριστή). Έτσι, η λακτόζη επάγει τη μεταγραφική ενεργοποίηση του οπερονίου και για το λόγο αυτό αναφέρεται ως επαγωγέας του. Η ενεργοποίηση του οπερονίου οδηγεί σε σύνθεση των ενζύμων που διασπούν την λακτόζη. Όταν εκλείψει η λακτόζη, ο κατα-

στολέας μπορεί και πάλι να συνδεθεί με το χειριστή, οπότε διακόπτεται η παραγωγή των ενζύμων του μεταβολισμού της.



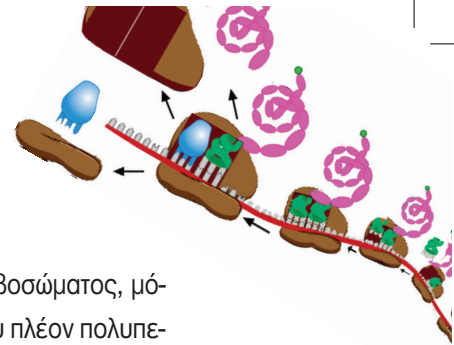
Εικόνα 44: Οπερόνιο για τη διάσπαση της λακτόζης.

ΟΠΕΡΟΝΙΟ: Μια μονάδα διαδοχικών γονιδίων (συστοιχία γονιδίων) που ονομάζονται δομικά, μαζί με τις αλληλουχίες που ρυθμίζουν τη μεταγραφή τους (υποκινητής - χειριστής). Τα δομικά γονίδια υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασης τους από τον κοινό υποκινητή τους. Μεταγράφονται σε ένα μόριο mRNA, στο οποίο περιέχονται διαδοχικά τα ανοικτά πλαίσια ανάγνωσης τους. Ορισμένοι θεωρούν επίσης ως τμήμα του οπερονίου και το λεγόμενο ρυθμιστικό γονίδιο, που κωδικοποιεί μία πρωτεΐνη η οποία ρυθμίζει την έκφραση των δομικών γονιδίων. **Οπερόνια υπάρχουν μόνο στους προκαρυωτικούς οργανισμούς.** Σε οπερόνια οργανώνονται συχνά τα γονίδια των ενζύμων τα οποία απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας μεταβολικής οδού, όπως η διάσπαση της λακτόζης ή η βιοσύνθεση διαφόρων αμινοξέων.



Στο οπερόνιο βιοσύνθεσης της τρυπτοφάνης έχουμε διαφορετικό τρόπο ρύθμισης από το οπερόνιο της λακτόζης. Η τρυπτοφάνη ενεργοποιεί τον καταστολέα και αυτός σταματά την μεταγραφή. Απουσία τρυπτοφάνης, ο καταστολέας είναι ανενεργός και το οπερόνιο μεταγράφεται συνθέτοντας τις πρωτεΐνες βιοσύνθεσης της τρυπτοφάνης.

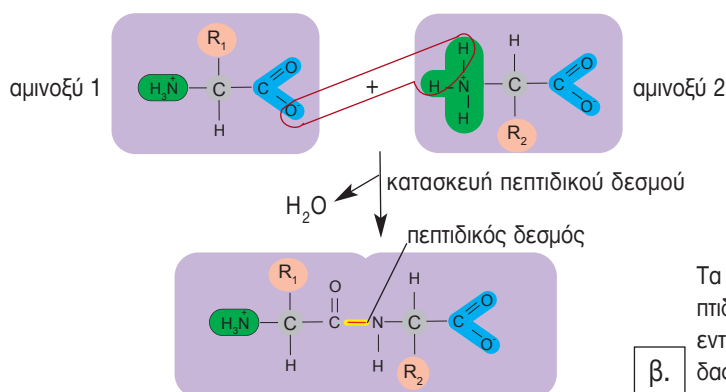
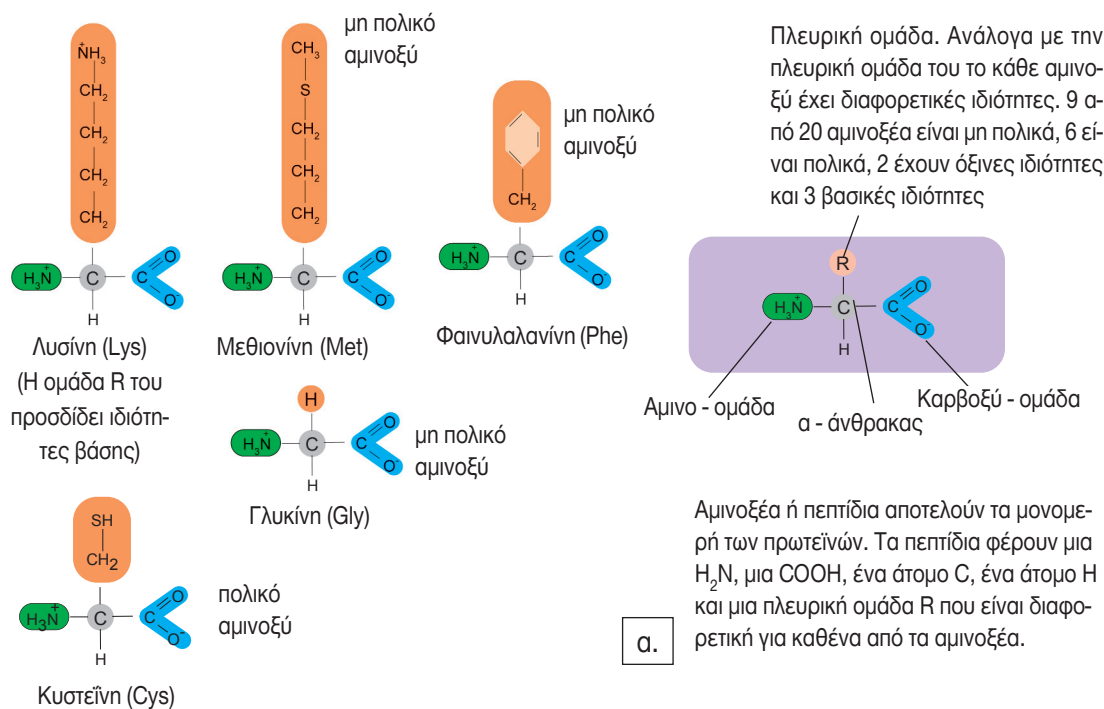
Εικόνα 45: Οπερόνιο για την βιοσύνθεση της τρυπτοφάνης.

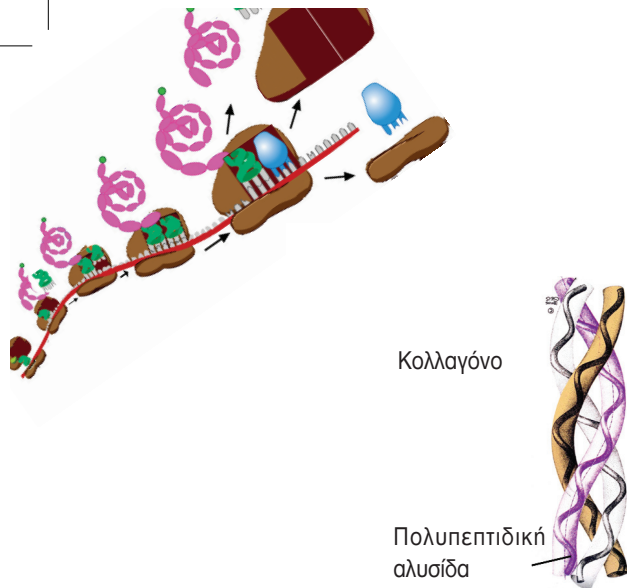


ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ: Η πρωτεΐνη που τοποθετείται στη θέση Α του ριβοσώματος, μόλις αυτό συναντήσει κωδικόνιο λήξης. Προκαλεί την απόσπαση του ολοκληρωμένου πλέον πολυπεπτιδίου από το τελευταίο tRNA και την απελευθέρωσή του στο κυτταρόπλασμα. Παράλληλα, διαχωρίζονται οι δύο ριβοσωμικές υπομονάδες και αποσπώνται από το mRNA.

ΠΕΡΜΕΑΣΗ: Πρόκειται για την πρωτεΐνη που κωδικοποιείται από το δομικό γονίδιο lacY του οπερονίου της λακτόζης. Η πρωτεΐνη αυτή βρίσκεται προσδεσμένη στην κυτταροπλασματική μεμβράνη του βακτηρίου *Escherichia coli* και επιτρέπει στον δισακχαρίτη λακτόζη να εισέλθει στο κύτταρο.

ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ Ή ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΟ: Ονομάζεται κάθε μόριο που αποτελείται από περισσότερα από 50 αμινοξέα, συνδεδεμένα με πεπτιδικούς δεσμούς. Μόρια που αποτελούνται από λιγότερα αμινοξέα, ονομάζονται ολιγοπεπτιδικές αλυσίδες ή ολιγοπεπτίδια. Οι λειτουργικές μορφές των πρωτεϊνών αποτελούνται από μία ή περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες. Αυτό σημαίνει ότι μια πρωτεΐνη μπορεί να κωδικοποιείται από περισσότερα από ένα γονίδια.





Κολλαγόνο

Πολυπεπτιδική
αλυσίδα

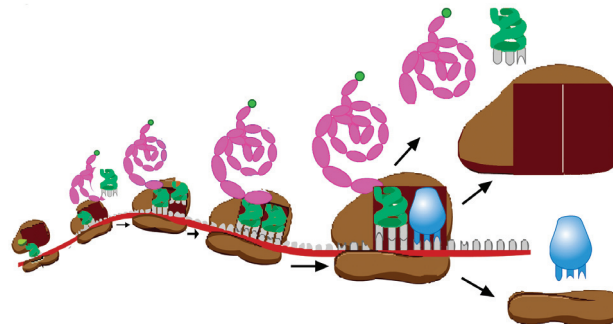
Το κολλαγόνο π.χ. είναι μια ινώδης πρωτεΐνη που αποτελείται από τρία ελικοειδή πολυπεπίδια που υπερελικόνονται δημιουργώντας ένα νίδιο με μεγάλη αντοχή. Αποτελώντας το 40% της πρωτεΐνης στον άνθρωπο, το κολλαγόνο δυναμώνει συνδετικούς ιστούς σε όλο το σώμα.

γ.

Παράδειγμα πρωτεΐνης που αποτελείται από περισσότερες από μια πολυπεπτιδικές αλυσίδες.

Εικόνα 46: Αμινοξέα, τα μονομερή των πρωτεϊνών.

ΠΟΛΥΣΩΜΑ: Σύμπλεγμα που αποτελείται από ένα μόριο mRNA και από όλα τα ριβοσώματα που το μεταφράζουν ταυτόχρονα. Με την δημιουργία πολυσώματος το κύτταρο ρυθμίζει την γονιδιακή έκφραση σε επίπεδο μετάφρασης.



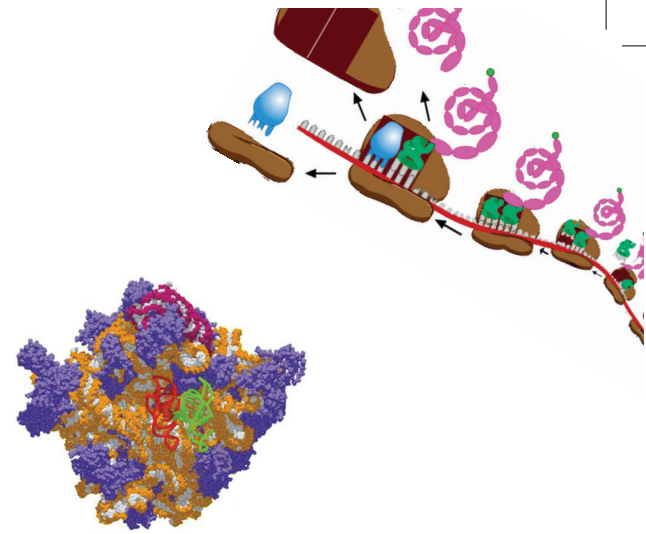
Εικόνα 47: Πολύσωμα.

ΠΡΙΜΟΣΩΜΑ: Ειδικό σύμπλοκο ενζύμων που συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες, τα οποία ονομάζονται πρωταρχικά τμήματα. Στη συνέχεια, τα πρωταρχικά τμήματα επιμηκύνονται από τις DNA πολυμεράσες. Η λειτουργία του πριμοσώματος είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση της αντιγραφής του DNA *in vivo*, επειδή οι DNA πολυμεράσες δεν μπορούν να ξεκινήσουν τον πολυμερισμό του DNA της νεοσυντιθέμενης αλυσίδας εκ του μηδενός, παρά μόνο να επιμηκύνουν τη νέα αλυσίδα βασιζόμενες στην ύπαρξη ενός προϋπάρχοντος ελεύθερου 3'-OH άκρου ενός νουκλεοτιδίου της. Έτσι είναι απαραίτητη η ύπαρξη των πρωταρχικών τμημάτων. Στην *in vitro* αντιγραφή (PCR) δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη πριμοσώματος στην αντίδραση (βλέπε κεφ. 4).

ΠΡΟΔΡΟΜΟ mRNA: Το RNA που παράγεται από τη μεταγραφή ενός ασυνεχούς γονιδίου ευκαρυωτικού κυττάρου και περιέχει εσώνια και εξώνια.

ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ: Τα μικρά τμήματα RNA, μήκους περίπου 10 νουκλεοτιδίων, που συνθέτονται από το πριμόσωμα κατά την αντιγραφή του DNA. Το ελεύθερο 3' άκρο τους, χρησιμοποιείται ως σημείο έναρξης της δράσης των DNA πολυμερασών, οι οποίες πραγματοποιούν την επιμήκυνσή τους, με μήτρα την μονόκλωνη αλυσίδα του μητρικού DNA.

ΡΙΒΟΣΩΜΑΤΑ: Είναι τα οργανίδια του κυτταροπλάσματος, στα οποία επιτελείται η μετάφραση του mRNA. Αποτελούνται από δυο υπομονάδες, κάθε μια από τις οποίες συγκροτείται από rRNA και πρωτεΐνες. Στην μεγάλη υπομονάδα υπάρχουν δυο θέσεις εισδοχής των tRNA (P, A) και μέσα σε αυτήν σχημα-



Εικόνα 48: Η μεγάλη ριβοσωμική υπομονάδα όπως φαίνεται κατά τη μοντελοποίησή της σε Η/Υ. Το πορτοκαλί, το βυσσινί και το γκρι χρώμα αντιστοιχεί στο rRNA που βρίσκεται στο εσωτερικό του ριβοσώματος, το μωβ αντιστοιχεί στις πρωτεΐνες, ενώ το πράσινο και το κόκκινο είναι τα δύο tRNA που μεταφέρουν τα αμινοξέα.

τίζεται ο πεπτιδικός δεσμός μεταξύ διαδοχικών αμινοξέων. Στη μικρή ριβοσωμική υπομονάδα προσδένεται το προς μετάφραση mRNA, μέσω συμπληρωματικότητας του rRNA της υπομονάδας με την 5' αμετάφραστη περιοχή του mRNA. Κατά την μετάφραση, τα ριβοσώματα κινούνται κατά μήκος του mRNA με κατεύθυνση από το 5' προς το 3' άκρο του.

ΡΙΒΟΣΩΜΙΚΟ RNA (rRNA): Είδος RNA, που κωδικοποιείται από τα rRNA γονίδια, και συνδέεται με πρωτεΐνες σχηματίζοντας το ριβόσωμα, το οργανίδιο το οποίο αποτελεί το σημείο της πρωτεϊνοσύνθεσης. Αποτελεί το πλέον απαντώμενο είδος RNA στα κύτταρα (βλέπε σχ. βιβλίο σελ. 31).

RNA ΠΟΛΥΜΕΡΑΣΗ: Ένζυμο που συνθέτει RNA χρησιμοποι-

ώντας ως καλούπι μονόκλωνο DNA. Προσδένεται στον υποκινητή του γονιδίου προκαλώντας τοπικό ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA και είναι ικανό να ξεκινήσει *de novo* (εξ αρχής) τον πολυμερισμό της αλυσίδας RNA που κωδικοποιείται από το γονίδιο. Με άλλα λόγια, σε αντίθεση με την DNA πολυμεράση, η RNA πολυμεράση δεν απαιτεί την ύπαρξη προϋπάρχοντος νουκλεοτιδίου με ελεύθερο 3'-OH άκρο. Στους προκαρυωτικούς υπάρχει μόνο ένα είδος RNA πολυμεράσης. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς υπάρχουν τρία είδη RNA πολυμερασών. Η RNA πολυμεράση I μεταγράφει τα γονίδια των περισσότερων ειδών rRNA. Η RNA πολυμεράση II συνθέτει τα mRNA και κάποια snRNA και η RNA πολυμεράση III συνθέτει τα tRNA και κάποια rRNA και snRNA.

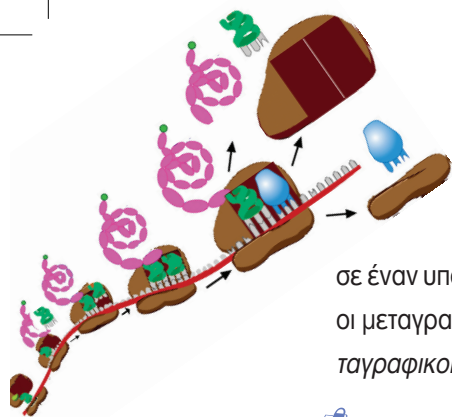
ΠΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΓΟΝΙΔΙΟ ΟΠΕΡΟΝΙΟΥ ΤΗΣ ΛΑΚΤΟΖΗΣ: Γονίδιο που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα του οπερονίου της λακτόζης. Το γονίδιο αυτό διαθέτει τον δικό του υποκινητή διαφορετικό από τον υποκινητή του οπερονίου (βλέπε εικ. 44).

ΣΥΜΠΛΟΚΟ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΟΣΥΝΘΕΣΗΣ: Το σύμπλοκο που δημιουργείται μετά την πρόσδεση του mRNA στη μικρή υπομονάδα του ριβοσώματος και του tRNA που μεταφέρει την μεθειονίνη της έναρξης (βλέπε εικ. 42).

ΣΥΝΩΝΥΜΑ ΚΩΔΙΚΟΝΙΑ: Τα διαφορετικά εκείνα κωδικόνια, που κωδικοποιούν για το ίδιο αμινοξύ.

ΤΡΑΝΣΑΚΕΤΥΛΑΣΗ: Πρόκειται για το ένζυμο που κωδικοποιείται από το δομικό γονίδιο A του οπερονίου της λακτόζης. Το ένζυμο αυτό συμμετέχει στον μεταβολισμό της λακτόζης από το κύτταρο.

ΥΠΟΚΙΝΗΤΗΣ: Μια ειδική αλληλουχία DNA μήκους περίπου 60 ζ.β. που βρίσκεται, σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο, πριν από την αρχή κάθε γονιδίου καθορίζοντας το σημείο που αρχίζει η μεταγραφή. Στον υποκινητή συνδέεται η RNA πολυμεράση με τη βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων. Οι αλληλουχίες νουκλεοτιδίων των υποκινητών δεν είναι όλες ίδιες. Όμως, όλοι σχεδόν οι προκαρυωτικοί υποκινητές έχουν κοινές αλληλουχίες σε σχεδόν συγκεκριμένα σημεία τους. Το ίδιο ισχύει και για όλους σχεδόν τους ευκαρυωτικούς υποκινητές. Οι υποκινητές διαφέρουν σημαντικά ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Οι ισχυροί υποκινητές προκαλούν συχνά έναρξη της μεταγραφής π.χ. γονίδια του *E. coli* με ισχυρό υποκινητή μεταγράφονται κάθε 2 δευτερόλεπτα. Αντίθετα γονίδια με ασθενείς υποκινητές μεταγράφονται κάθε 10 λεπτά. Μία και μόνο μετάλλαξη σε ένα ζεύγος βάσεων



σε έναν υποκινητή είναι δυνατόν να τον καταστήσει ασθενή ή ανενεργό. Τόσο οι υποκινητές όσο και οι μεταγραφικοί παράγοντες αναφέρονται ως ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής (βλέπε και Μεταγραφικοί παράγοντες).



Είναι σημαντικό να επισημάνουμε, παρόλο που δεν αναφέρεται στο σχολικό βιβλίο, ότι σε πολλούς βακτηριακούς υποκινητές η RNA πολυμεράση μπορεί να συνδεθεί και να ξεκινήσει τη μεταγραφή του αντίστοιχου γονιδίου, χωρίς τη βοήθεια μεταγραφικών παραγόντων. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα όμως υπάρχει ποικιλομορφία (πέρα από τις κοινές αλληλουχίες τους) υποκινητών, έτσι είναι απαραίτητοι οι μεταγραφικοί παράγοντες, διότι η RNA πολυμεράση δεν είναι ικανή να τους αναγνωρίζει όλους.

ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟ RNA: Έτσι χαρακτηρίζεται ένα tRNA, όταν είναι συνδεδεμένο με το αμινοξύ για τη μεταφορά του οποίου προορίζεται.

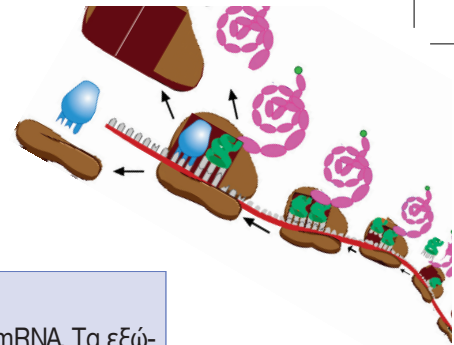
ΧΕΙΡΙΣΤΗΣ: Τμήμα του οπερονίου, το οποίο βρίσκεται πριν από τα δομικά του γονίδια. Ο χειριστής είναι το σημείο πρόσδεσης της πρωτεΐνης καταστολέα. Όταν ο καταστολέας προσδένεται στον χειριστή εμποδίζεται (καταστέλλεται) η μεταγραφή των δομικών γονιδίων του οπερονίου.

ΩΡΙΜΑΝΣΗ RNA: Πρόκειται για τη διαδικασία μέσω της οποίας από το πρόδρομο ευκαρυωτικό mRNA ασυνεχούς γονιδίου απομακρύνονται τα εσώνια και συνδέονται μεταξύ τους τα εξώνια ώστε να προκύψει το ώριμο mRNA. Επίσης πραγματοποιείται η προσθήκη του Cap στο 5' άκρο του πρόδρομου mRNA και η προσθήκη της πολύ-A ουράς στο 3' άκρο του.

ΩΡΙΜΟ mRNA: Το mRNA που προκύπτει από την διαδικασία ωρίμανσης του πρόδρομου mRNA. Το ώριμο mRNA περιέχει αποκλειστικά εξώνια που κωδικοποιούν για αλληλουχίες αμινοξέων και δυο αμετάφραστες περιοχές. Η μια βρίσκεται στο 5' άκρο και χρησιμεύει για την πρόσδεση του mRNA στο rRNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, ενώ η άλλη βρίσκεται στο 3' άκρο και παίζει σημαντικό ρόλο στην διάρκεια ζωής του mRNA στο κυτταρόπλασμα. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος παραμονής του mRNA στο κυτταρόπλασμα τόσο μεγαλύτερος μπορεί να είναι ο αριθμός των πολυπεπτιδίων που θα κωδικοποιηθούν από αυτό. Επίσης στο 5' άκρο του βρίσκεται το Cap και στο 3' άκρο του η πολύ-A ουρά.



Εικόνα 49: Όριμο mRNA.

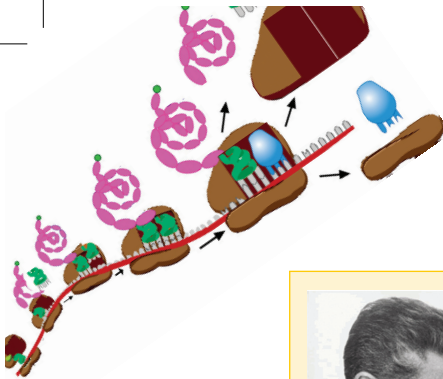


Τα **εξώνια** (βλέπε κεφ. 1, σελ. 17) είναι οι αλληλουχίες των νουκλεοτιδίων στο ώριμο mRNA. Τα εξώνια προσδιορίζουν την αρχή και το τέλος του γονιδίου, καθώς αντιστοιχίζονται με το 5' και 3' άκρο του παραγόμενου mRNA. Όλοι οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί διαθέτουν ασυνεχή γονίδια, όμως το ποσοστό τους αυξάνει από τους κατώτερους προς τους ανώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Αντίθετα το μέγεθος και το ποσοτό των εξωνίων σε ένα ασυνεχές γονίδιο μειώνεται στους ανώτερους εξελικτικά ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Τα εξώνια που κωδικοποιούν για πρωτεΐνες είναι συνήθως μικρού μεγέθους (<200 ζ.β.)

Ένα εσώνιο βρίσκεται πάντα μεταξύ δύο εξωνίων (βλέπε κεφ. 1, σελ. 17).

Όλα σχεδόν τα εσώνια αρχίζουν με GU και τελειώνουν με AG. (εξώνιο1 / {GU-εσώνιο-AG} / εξώνιο2). Έτσι τα εσώνια αναγνωρίζονται από τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια και απομακρύνονται κατά την ωρίμανση του mRNA. Τα εσώνια σε διάφορα γονίδια κυμαίνονται από πολύ μικρού ως πολύ μεγάλου μεγέθους (<200 ζ.β. έως 60.000 ζ.β.). Το μέγεθος ενός ασυνεχούς γονιδίου ενός ευκαρυωτικού οργανισμού εξαρτάται από το μέγεθος των εσωνίων του. Τα πολύ μεγάλα γονίδια είναι αποτέλεσμα πολύ μεγάλων εσωνίων, π.χ. στα θηλαστικά ένα «μέσο» γονίδιο είναι περίπου πέντε φορές το μέγεθος του ώριμου mRNA του.

Περισσότερες πληροφορίες για το Cap και την πολυ-A ουρά του mRNA μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα www.livanis.gr.



JACQUES LUCIEN MONOD (1910-1976)



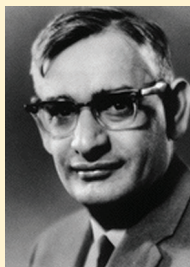
Γεννήθηκε στο Παρίσι το 1910. Το 1931 πήρε το πτυχίο του στις Φυσικές Επιστήμες και το 1941 ολοκλήρωσε τη διδακτορική του διατριβή στη Μικροβιολογία. Έγινε διευθυντής του τμήματος Κυτταρικής Βιοχημείας στο Ινστιτούτο Παστέρ το 1954 και το 1959 ανέλαβε την έδρα της Χημείας του Μεταβολισμού στο Πανεπιστήμιο της Σορβόνης. Το 1967 διορίστηκε καθηγητής στο Κολλέγιο της Γαλλίας και το 1971 έγινε διευθυντής στο Ινστιτούτο Παστέρ.

Το επιστημονικό έργο του J. Monod είναι μνημειώδες για τη συνεισφορά του στην κατανόηση των μηχανισμών ρύθμισης της έκφρασης της γενετικής πληροφορίας με την ανακάλυψη του οπερονίου της λακτόζης στο βακτήριο *E.coli*. Η ανακάλυψη αυτή άνοιξε το δρόμο -όμως ακόμα βρισκόμαστε στην αρχή- για την κατανόηση των μηχανισμών γονιδιακής ρύθμισης για όλους τους οργανισμούς. Η ανακάλυψη του Jacques Lucien Monod, για την οποία βραβεύτηκε μαζί με τους Francois Jacob και Andre Lwoff το 1965 με το βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής, έδωσε τη δυνατότητα να αντιληφθούμε την τεράστια οικονομία ενέργειας των κυττάρων, τα οποία εκφράζουν ένα γονίδιο, μόνο αν αυτό είναι απαραίτητο. Τα πειράματά τους εξήγησαν πως ορισμένες πρωτεΐνες που αποκαλούνται ρυθμιστές ρυθμίζουν την έκφραση των γονιδίων. Τα δεδομένα αυτά άνοιξαν το δρόμο για την κατανόηση του μηχανισμού της εμβρυϊκής ανάπτυξης των ανώτερων οργανισμών, ενώ παράλληλα προώθησαν τη μελέτη και άλλων φαινομένων, όπως της βιολογικής απορρύθμισης, που είναι μία από τις συνέπειες του καρκίνου. Ο J. Monod ήταν επίσης εκείνος που πρότεινε την ύπαρξη του mRNA ως συνδέσμου, στο κύτταρο, για τη μεταφορά της γενετικής πληροφορίας από το DNA στις πρωτεΐνες. Ακόμη συνεβάλε καθοριστικά στο πεδίο της Ενζυμολογίας με την θεωρία της αλλοστερικής ρύθμισης στη δράση των ενζύμων.

Τεράστια επίσης είναι η συνεισφορά του στην Μικροβιολογία, όπου μελέτησε την καμπύλη αύξησης των μικροοργανισμών στην κλειστή και στη συνεχή καλλιέργεια.

Ο Jacques Monod εκτός από κορυφαίος επιστήμονας, ήταν εξαιρετικός μουσικός, συγγραφέας και φιλόσοφος.

HAR GOBIND KHORANA (1922-...)

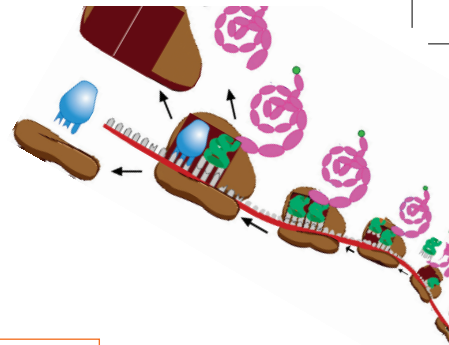


Γεννήθηκε το 1922 στο Raihur, ένα μικρό και φτωχό χωριό στο Δυτικό Πακιστάν. Ο H. Khorana φοίτησε στο πανεπιστήμιο του Punjab και έζησε στην Ινδία μέχρι το 1945, όπου πήρε μία υποτροφία που του επέτρεψε να πραγματοποιήσει τη διδακτορική του διατριβή στο Πανεπιστήμιο του Liverpool στην Αγγλία. Το 1948 έκανε μεταδιδακτορική έρευνα στο πολυτεχνείο (ETH) στη Ζυρίχη. Από το 1950 μέχρι το 1952 εργάστηκε στο Cambridge πάνω στις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα. Αργότερα εργάστηκε στα Πανεπιστήμια του Vancouver, του Wisconsin και στο MIT.

Ο Har Gobind Khorana βραβεύτηκε το 1968 με το βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής (μαζί με τους Robert Holley and Marshall Nirenberg) για την αποκρυπτογράφηση του γενετικού κώδικα. Επίσης ο Dr. Khorana ήταν ο πρώτος που συνέθεσε τεχνητά ολιγονουκλεοτίδια με αυστηρά καθορισμένα αλληλουχία και ο πρώτος που απομόνωσε το ένζυμο DNA δεσμάση.



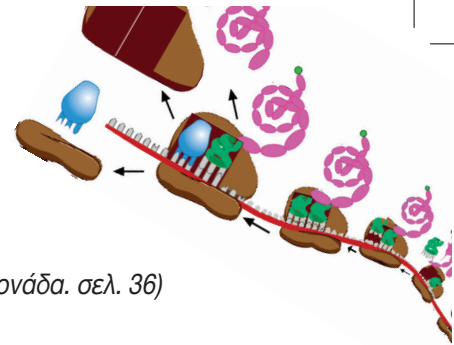
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ



1. Τι δήλωσαν οι Watson και Crick για το μηχανισμό διπλασιασμού του γενετικού υλικού;
(Απ.: Η συμπληρωματικότητα ... υλικού. σελ. 27)
2. Γιατί ο διπλασιασμός του DNA ονομάζεται ημισυντηρητικός;
(Απ.: Οι Watson ... ημισυντηρητικός. σελ. 27)
3. Για ποιο λόγο η διαδικασία της αντιγραφής, αν και φαίνεται απλή, εντούτοις είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη;
(Απ.: Η διαδικασία ... ακρίβεια. σελ. 27)
4. Ο μηχανισμός της αντιγραφής έχει μελετηθεί πολύ περισσότερο στα προκαρυωτικά κύτταρα. Γιατί συμβαίνει αυτό;
(Απ.: Ο μηχανισμός ... είδη κυττάρων. σελ. 27)
5. Πως επιτυγχάνεται το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων, αν και είναι μεγαλύτερο από αυτό των προκαρυωτικών, να μπορεί να αντιγράφεται πολύ γρήγορα;
(Απ.: Το βακτηριακό ... πολύ γρήγορα. σελ. 27-28)
6. Από τι αποτελούνται και πόσες είναι οι θέσεις έναρξης αντιγραφής σε ένα μόριο DNA;
(Απ.: Η αντιγραφή του DNA αρχίζει από καθορισμένα σημεία που ονομάζονται θέσεις έναρξης της αντιγραφής. Το βακτηριακό DNA που είναι κυκλικό, έχει μια μόνο θέση έναρξης της αντιγραφής. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα κάθε χρωμόσωμα είναι ένα μακρύ γραμμικό μόριο, το οποίο έχει πολυάριθμες θέσεις έναρξης της αντιγραφής.)
7. Για να ξεκινήσει η αντιγραφή πρέπει πρώτα να γίνει το ξετύλιγμα των δύο αλυσίδων του DNA στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής. Πως επιτυγχάνεται αυτό;
(Απ.: Για να αρχίσει ... μικροσκόπιο. σελ. 28)
8. Ποιες λειτουργίες επιτελούν οι DNA πολυμεράσες κατά την αντιγραφή;
(Απ.: Τα κύρια ένζυμα... DNA πολυμεράσες και DNA πολυμεράσες ... τμήματα DNA. σελ. 28)
9. Τι είναι το πριμόσωμα και με ποιο τρόπο συμμετέχει στη διαδικασία της αντιγραφής;
(Απ.: Τα κύρια ένζυμα ... πρωταρχικά τμήματα. σελ. 28)
10. Με ποιον τρόπο δημιουργούνται οι θυγατρικοί κλώνοι του DNA κατά τη διαδικασία της αντιγραφής;
(Απ.: Επειδή ... τμήματα DNA. σελ. 28)
11. Ποιες λειτουργίες επιτελεί το ένζυμο DNA δεσμάση;
(Απ.: Τα κομμάτια ... έναρξης αντιγραφής. σελ. 30)
12. Με ποιον τρόπο οι DNA πολυμεράσες κατασκευάζουν τις νεοσυντιθέμενες αλυσίδες ενός μορίου DNA;
(Απ.: Οι DNA πολυμεράσες ... αντιπαράλληλες. σελ. 30)
13. Με ποιο τρόπο ελέγχεται ο αριθμός των λαθών κατά την αντιγραφή ώστε να περιορίζεται, στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, στο 1 στα 10^{10} ;
(Απ.: Όπως τα προϊόντα ... 10^{10} . σελ. 30)



14. Ποιο ήταν το κεντρικό δόγμα της βιολογίας, που ονομάστηκε έτσι το 1958 και πώς περιγράφεται σήμερα το δόγμα αυτό; (Απ.: Το DNA ... πρωτεΐνες. σελ. 31)
15. Όπως προκύπτει από το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας, ποιες θα λέγαμε ότι είναι οι διαπιστώσεις στις οποίες μπορούμε να καταλήξουμε για τις λειτουργίες της αντιγραφής της μεταγραφής και της μετάφρασης; (Απ.: Συνοψίζοντας ... στάδια ανάπτυξης. σελ. 31)
16. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνουμε τα γονίδια; (Απ.: Όλα τα κύτταρα ... τα γονίδια. σελ. 31)
17. Πόσα και ποια είναι τα είδη των RNA; (Απ.: Υπάρχουν ... (snRNA). σελ. 31)
18. Που απαντάται κάθε είδος RNA και ποια είναι η λειτουργία του; (Απ.: Τα τρία ... οργανισμούς. σελ. 31)
19. Ποιο ένζυμο καταλύει την μεταγραφή; (Απ.: Ο μηχανισμός ... πολυμερασών. σελ. 32)
20. Ποιες λειτουργίες επιτελεί η RNA πολυμεράση κατά τη μεταγραφή; (Απ.: Κατά την έναρξη ... αντιγραφής. σελ. 32-33)
21. Ποια είναι τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής ποιος είναι ο ρόλος τους; (Απ.: Η RNA ... κάθε γονιδίου. σελ. 32)
22. Που βρίσκονται και ποια είναι η λειτουργία των αλληλουχιών λήξης της μεταγραφής; (Απ.: Η σύνθεση ... απελευθέρωσή του. σελ. 33)
23. Ποια από τις δύο αλυσίδες ενός γονιδίου ονομάζεται κωδική και ποια μη κωδική; (Απ.: Το μόριο RNA ... ενός γονιδίου. σελ. 33)
24. Υπάρχει δυνατότητα να γίνονται ταυτόχρονα οι λειτουργίες της μεταγραφής και της μετάφρασης; (Απ.: Στους προκαρυωτικούς ... ωρίμανσης. σελ. 33)
25. Να περιγράψετε τη διαδικασία της ωρίμανσης του mRNA στα ευκαρυωτικά κύτταρα. (Απ.: Όταν ... ώριμο mRNA. σελ. 33-34)
26. Ποια γονίδια ονομάζονται ασυνεχή; Σε όλους τους οργανισμούς συναντάμε τέτοια γονίδια; (Απ.: Τα περισσότερα ... εσώνια. σελ. 33)
27. Πως σχηματίζεται και από ποιες περιοχές, αποτελείται ένα μόριο ώριμου mRNA; (Απ.: Αυτό, ... πρωτεϊνοσύνθεσης. σελ. 34)
28. Τι ορίζουμε ως γενετικό κώδικα; (Απ.: Με τη μεταγραφή ... αμινοξέων. σελ. 34)
29. Μπορείτε να δείξετε ότι δεν θα ήταν δυνατό ένα αμινοξύ να κωδικοποιείται με λιγότερα από 3 νουκλεοτίδια; (Απ.: Επειδή ... από αρκετοί. σελ. 34)
30. Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα; (Απ.: Τα βασικά ... αλυσίδας. σελ. 35)
31. Ο γενετικός κώδικας αφορά μόνο το mRNA; (Απ.: Ο όρος ... κ.ο.κ. σελ. 35-36)
32. Ποιο τμήμα κάθε γονιδίου κωδικοποιεί μια πολυπεπτιδική αλυσίδα; (Απ.: Το τμήμα ... λήξης. σελ. 36)
33. Δώστε τον ορισμό της μετάφρασης. (Απ.: Η μετάφραση ... ενέργειας. σελ. 36)
34. Που βασίζεται το γεγονός ότι τα βακτήρια μπορούν να παράγουν ανθρώπινες πρωτεΐνες; (Απ.: Τα ριβοσώματα ... ανθρώπινων πρωτεϊνών. σελ. 36)



35. Ποια είναι η δομή ενός ριβοσώματος; (Απ.: Κάθε ριβόσωμα ... υπομονάδα. σελ. 36)
36. Ποιες ειδικές τριπλέτες και ειδικές θέσεις σύνδεσης διαθέτει ένα μόριο tRNA; (Απ.: Κάθε μόριο tRNA ... αμινοξύ. σελ. 36)
37. Τι συμβαίνει κατά το στάδιο της έναρξης της πρωτεϊνσύνθεσης; (Απ.: Έναρξη ... μικρή. σελ. 36-37)
38. Από τι αποτελείται το σύμπλοκο έναρξης της πρωτεϊνσύνθεσης; (Απ.: Το σύμπλοκο ... της πρωτεϊνσύνθεσης. σελ. 36-37)
39. Να περιγράψετε το στάδιο της επιμήκυνσης της πρωτεϊνσύνθεσης. (Απ.: Επιμήκυνση ... μεταξύ τους. σελ. 37)
40. Τι συμβαίνει κατά το στάδιο λήξης της πρωτεϊνσύνθεσης; (Απ.: Λήξη ... απελευθερώνεται. σελ. 37)
41. Που στηρίζεται η έκφραση ότι η πρωτεϊνσύνθεση είναι μια «οικονομική διαδικασία»; (Απ.: Σημειώνεται ... γονιδίου. σελ. 37-38)
42. Τι είναι το πολύσωμα; (Απ.: Αμέσως ... πολύσωμα. σελ. 38)
43. Που αναφέρεται ο όρος «γονιδιακή έκφραση»; (Απ.: Ο όρος ... πρωτεΐνη. σελ. 40)
44. Για ποιο λόγο τα κύτταρα έχουν αναπτύξει ένα πρόγραμμα ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης; (Απ.: Όμως ... χρονική στιγμή. σελ. 40)
45. Για ποιο σκοπό συμβαίνει η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στα βακτήρια; (Απ.: Στα βακτήρια ... διαίρεση. σελ. 40)
46. Τι ονομάζουμε κυτταρική διαφοροποίηση; (Απ.: Τα κύτταρα ... διαφοροποίηση. σελ. 40)
47. Τι κάνει τα κύτταρα διαφορετικών ιστών του ίδιου πολυκύτταρου οργανισμού να διαφέρουν; (Απ.: Τα κύτταρα ... όλων των κυττάρων. σελ. 40)
48. Γιατί η ρύθμιση των γονιδίων στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται σε πολλά επίπεδα; (Απ.: Γι' αυτό ... σε πολλά επίπεδα. σελ. 40)
49. Υπό ποιες συνθήκες μεταγράφονται τα 4.000 γονίδια του βακτηρίου *Escherichia coli*; Δώστε ένα παράδειγμα. (Απ.: Ένα βακτηριακό ... γαλακτόζη. σελ. 40)
50. Ποιοι ερευνητές μελέτησαν πρώτοι την γονιδιακή ρύθμιση και τι ανακάλυψαν; (Απ.: Οι μηχανισμοί ... οπερόνιο λακτόζης. σελ. 40)
51. Ποιες αλληλουχίες συνιστούν το οπερόνιο της λακτόζης; (Απ.: Οπερόνιο λακτόζης ... χειριστής. σελ. 40)
52. Πότε βρίσκεται σε καταστολή το οπερόνιο της λακτόζης; (Απ.: Το οπερόνιο ... στο χειριστή. σελ. 40)
53. Να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο το βακτήριο *Escherichia coli* παράγει τα απαραίτητα ένζυμα που χρειάζεται για να μεταβολίσει τη λακτόζη, όταν δεν υπάρχει άλλη πηγή άνθρακα στην τροφή του. (Απ.: Όταν ... για κάθε ένζυμο. σελ. 40-41)
54. Τι εννοούμε όταν λέμε ότι η λακτόζη λειτουργεί ως επαγωγέας της μεταγραφής των γονιδίων του οπερονίου; (Απ.: Όταν ... του οπερονίου και συμπερασματικά ... τριών γονιδίων. σελ. 40-41)



55. Τι είναι τα οπερόνια, τι κωδικοποιούν και πού απαντώνται;

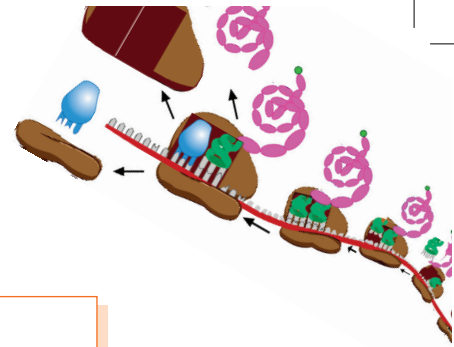
(Απ.: Στο γονιδίωμα ... έκφρασής τους. σελ.41)

56. Σε ποια επίπεδα γίνεται η γονιδιακή ρύθμιση στα ευκαρυωτικά κύτταρα;

(Απ.: Η ρύθμιση ... λειτουργική. σελ.41-42)

57. Ποιες είναι οι κυριότερες διαφορές που παρατηρούνται στο επίπεδο της μεταγραφής μεταξύ των προκαρυωτικών και των ευκαρυωτικών κυττάρων;

(Απ.: Στο επίπεδο ... ενός γονιδίου. σελ.41-42)



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ή στη φράση που συμπληρώνει σωστά την πρόταση:

1. Το οπερόνιο είναι μια ομάδα γονιδίων που, εκτός από τα δομικά γονίδια, περιέχει

- A. τον υποκινητή και το ρυθμιστικό γονίδιο
- B. το χειριστή και το ρυθμιστικό γονίδιο
- Γ. το ρυθμιστικό γονίδιο, τον υποκινητή και το χειριστή
- Δ. τον υποκινητή και το χειριστή

2. Στο ρυθμιστικό μηχανισμό διάσπασης της λακτόζης ο καταστολέας του οπερονίου της λακτόζης είναι

- A. μια αλληλουχία δεοξυριβονουκλεοτιδίων
- B. μια αλληλουχία αμινοξέων
- Γ. το mRNA που προέρχεται από τη μεταγραφή του ρυθμιστικού γονιδίου
- Δ. ο δισακχαρίτης λακτόζη

3. Ποιο από τα παρακάτω αποτελείται από DNA;

- A. οι μεταγραφικοί παράγοντες
- B. ο υποκινητής
- Γ. το πριμόσωμα
- Δ. η DNA πολυμεράση

4. Ποιο από τα παρακάτω αποτελείται από RNA;

- A. ο υποκινητής
- B. ο χειριστής
- Γ. τα πρωταρχικά τμήματα
- Δ. η RNA πολυμεράση

5. Η γενετική πληροφορία μεταφέρεται στα ριβοσώματα με

- A. πρωτεΐνες
- B. DNA
- Γ. RNA
- Δ. λιπίδια



6. Τα μόρια με τα οποία μεταφέρονται οι γενετικές πληροφορίες από κύτταρο σε κύτταρο σε έναν οργανισμό είναι

- A. πρωτεΐνες
- B. DNA
- Γ. RNA
- Δ. τίποτα από τα παραπάνω

7. Τα μόρια με τα οποία μεταφέρονται οι γενετικές πληροφορίες από έναν οργανισμό στους απογόνους του είναι

- A. πρωτεΐνες
- B. DNA
- Γ. RNA
- Δ. λιπίδια και πολυσακχαρίτες

8. Ο τυπός του RNA, που βρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο κύτταρο, είναι το

- A. mRNA
- B. tRNA
- Γ. rRNA
- Δ. snRNA

9. Στα προκαρυωτικά κύτταρα έχουν εντοπιστεί

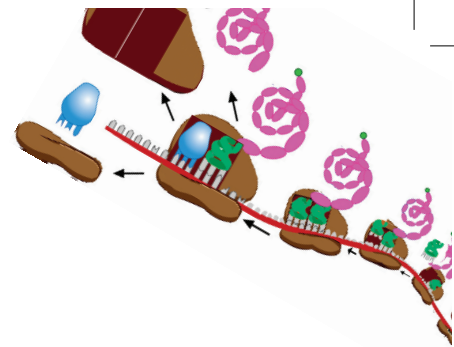
- A. mRNA, snRNA, tRNA
- B. mRNA, rRNA, snRNA
- Γ. tRNA, rRNA, mRNA
- Δ. snRNA, tRNA, rRNA

10. Από το μικρό πυρηνικό RNA (snRNA), με κατάλληλες πρωτεΐνες,

- A. ενώνονται τα εσώνια
- B. ενώνονται τα εξώνια και συρράπτονται τα εσώνια του rRNA
- Γ. προκαλείται η ωρίμανση του tRNA
- Δ. κόβονται τα εσώνια και ενώνονται τα εξώνια

11. Οι υποκινητές είναι ειδικές περιοχές του DNA, που

- A. γίνεται η πρόσδεση της DNA πολυμεράσης
- B. αποτελούν το σημείο έναρξης της αντιγραφής του DNA
- Γ. γίνεται η πρόσδεση της RNA πολυμεράσης
- Δ. βρίσκονται πριν από το ρυθμιστικό γονίδιο



12. Οι μεταγραφικοί παράγοντες

- A. είναι ρυθμιστικά στοιχεία της αντιγραφής του DNA
- B. είναι ειδικές περιοχές του DNA που πρόκειται να γίνει η μεταγραφή
- Γ. επιτρέπουν τη σωστή έναρξη της αντίστροφης μεταγραφής από την RNA πολυμεράση
- Δ. είναι πρωτεΐνες, οι οποίες ρυθμίζουν τη μεταγραφή του DNA

13. Ο όρος κωδικόνιο αναφέρεται

- A. σε μια τριάδα νουκλεοτιδίων του γονιδίου και του mRNA
- B. μόνο σε μια τριάδα νουκλεοτιδίων έναρξης ή λήξης του mRNA
- Γ. στα συνώνυμα αμινοξέα του γονιδίου
- Δ. στα αμινοξέα που κωδικοποιούνται από τρία νουκλεοτίδια του mRNA

14. Η πρώτη τριάδα των νουκλεοτιδίων της μεταφράσιμης περιοχής του mRNA είναι η

- A. 5'AGU₃'
- B. 5'AUG₃'
- Γ. 5'UGA₃'
- Δ. 5'UAG₃'

15. Στην πρώτη τριάδα των νουκλεοτιδίων της μεταφράσιμης περιοχής του mRNA προσδένεται το μεταφορικό RNA, που μεταφέρει την

- A. κυστεΐνη
- B. λευκίνη
- Γ. αλανίνη
- Δ. μεθειονίνη

16. Κατά την επιμήκυνση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας τα διαδοχικά αμινοξέα συνδέονται μεταξύ τους με

- A. πεπτιδικό δεσμό
- B. ιοντικούς δεσμούς
- Γ. υδρόφοβους δεσμούς
- Δ. φωσφοδιεστερικούς δεσμούς

17. Κατά την πρωτεϊνοσύνθεση το ριβόσωμα μετακινείται από

- A. το 5' προς το 3' άκρο του mRNA
- B. το 3' προς το 5' άκρο του mRNA
- Γ. το κωδικόνιο 5'UAG₃' προς το κωδικόνιο 5'AUG₃' του mRNA
- Δ. το κωδικόνιο 5'AGU₃' προς το κωδικόνιο 5'UAG₃' του mRNA



18. Στο βακτήριο *E. coli*, επαγωγέας για τη μεταγραφή των γονιδίων που κωδικοποιούν τη σύνθεση των ενζύμων για τη διάσπαση της λακτόζης, είναι

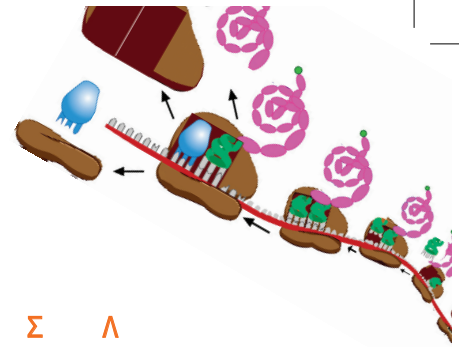
- A. η λακτόζη
- B. η πρωτεΐνη - καταστολέας
- Γ. ο υποκινητής
- Δ. ένα ρυθμιστικό γονίδιο

19. Στην *E. coli*, το mRNA, που προκύπτει κατά τη μεταγραφή του οπερονίου της λακτόζης,

- A. μεταφράζεται σε τρία ένζυμα απαραίτητα για τη διαδικασία αποικοδόμησης της
- B. μεταφράζεται σε πρωτεΐνη καταστολέα της λακτόζης
- Γ. ενεργοποιείται από τον επαγωγέα του οπερονίου της λακτόζης
- Δ. μεταφράζεται σε RNA πολυμεράση του οπερονίου της λακτόζης

20. Για να γίνει η μεταγραφή του οπερονίου της λακτόζης πρέπει να

- A. συνδεθεί ο επαγωγέας με τον χειριστή
- B. διεγερθεί η ενζυμική αντίδραση της RNA πολυμεράσης στον υποκινητή
- Γ. εισέλθει η λακτόζη στο κύτταρο της *E. coli*
- Δ. συνδεθεί με τον καταστολέα το ρυθμιστικό γονίδιο



Να χαρακτηρίσετε με Σ (σωστό) ή με Λ (λάθος) τις παρακάτω προτάσεις:

	Σ	Λ
1. Κάθε κωδικόνιο του tRNA έχει αντικωδικόνιο στο mRNA	☐	☐
2. Στα κωδικόνια λήξης αντιστοιχούν τα αμινοξέα βαλίνη, αλανίνη ή μεθειονίνη.	☐	☐
3. Στα προκαρυωτικά κύτταρα η έναρξη της σύνθεσης ενός δευτέρου μορίου πρωτεΐνης μπορεί να αρχίσει πριν ολοκληρωθεί η σύνθεση του πρώτου μορίου της πρωτεΐνης.	☐	☐
4. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς το οπερόνιο της λακτόζης κωδικοποιεί τα ένζυμα που συμμετέχουν στη διάσπαση της λακτόζης.	☐	☐
5. Στο οπερόνιο της λακτόζης της <i>E. coli</i> περιλαμβάνονται τα δομικά γονίδια, το ρυθμιστικό γονίδιο, ο υποκινητής και ο χειριστής.	☐	☐
6. Στην <i>E. coli</i> το ρυθμιστικό γονίδιο του οπερονίου της λακτόζης κωδικοποιεί τη σύνθεση του καταστολέα της λακτόζης.	☐	☐
7. Στην <i>E. coli</i> η μεταγραφή του οπερονίου της λακτόζης διακόπτεται όταν διασπαστεί όλη η λακτόζη.	☐	☐
8. Στα διαφοροποιημένα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού μεταγράφονται διαφορετικά γονίδια.	☐	☐
9. Στα προκαρυωτικά κύτταρα η πρωτεΐνη αρχίζει να συντίθεται πριν ολοκληρωθεί η μεταγραφή του αντίστοιχου γονιδίου σε mRNA	☐	☐
10. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η ύπαρξη της πυρηνικής μεμβράνης έχει ως συνέπεια να ολοκληρώνεται η μεταγραφή και η μεταφορά του mRNA στο κυτταρόπλασμα, πριν αρχίσει η διαδικασία της μετάφρασης.	☐	☐
11. Το ποσό του RNA σε ένα κύτταρο είναι σταθερό γιατί σχηματίζεται από το DNA	☐	☐
12. Κατά το διπλασιασμό του DNA, η DNA πολυμεράση αναγνωρίζει και τοποθετεί τα νουκλεοτίδια στη σωστή τους θέση.	☐	☐
13. Κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης, το DNA γίνεται μικρότερο.	☐	☐
14. Στα κύτταρα του ανθρώπου, το mRNA αρχίζει να μεταφράζεται πριν ολοκληρωθεί η μεταγραφή του.	☐	☐

Να συμπληρώσετε με τους κατάλληλους όρους τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

1. Το πολύσωμα είναι ένα σύμπλεγμα ριβοσωμάτων και
2. Μια πρωτεΐνη, που ονομάζεται ελικάση, είναι απαραίτητη για τη διάσπαση των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των βάσεων του μητρικού μορίου DNA
3. Η DNA πολυμεράση μπορεί να συνθέτει DNA μόνο κατά την κατεύθυνση Γι' αυτό το λόγο, η μια από τις νεοσυντιθέμενες πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες είναι συνεχής και η άλλη.....



4. Στην πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα γίνεται σύνδεση μικρών τμημάτων μεταξύ τους.
5. Το ένζυμο είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση των μικρών τμημάτων της νεοσχηματιζόμενης πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας του DNA.
6. Το ώριμο mRNA μεταφέρεται από στα όπου γίνεται
7. γονίδιο μεταγράφεται σε mRNA, το οποίο μεταφράζεται σε πρωτεΐνη καταστολέα.
8. Η πρωτεΐνη καταστολέας προσδένεται Στην περίπτωση αυτή αναστέλλεται η μεταγραφή του mRNA από τα δομικά γονίδια της λακτόζης.
9. Όταν η λακτόζη εισέλθει στο κύτταρο της *E. coli* δρα ως..... και συνδέεται με τον καταστολέα.
10. Με την αναστολή της δράσης του καταστολέα είναι δυνατή του οπερονίου της λακτόζης.

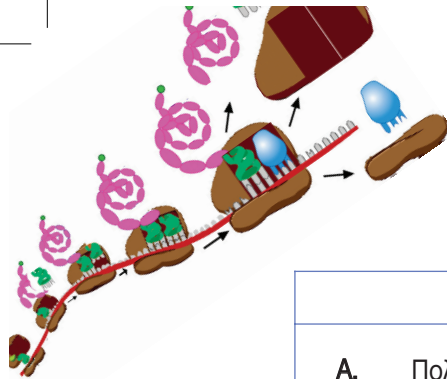
Να τοποθετήσετε τις παρακάτω προτάσεις στην κατάλληλη σειρά ανάλογα με τη λειτουργία τους:

- A. Η RNA πολυμεράση αρχίζει τη μεταγραφή των γονιδίων του οπερονίου της λακτόζης.
- B. Στο εσωτερικό των κυττάρων μιας καλλιέργειας *E. coli* που έχει ως πηγή άνθρακα γλυκόζη, η πρωτεΐνη καταστολέας είναι προσδεσμένη ισχυρά στον χειριστή.
- Γ. Στην καλλιέργεια προστίθεται θρεπτικό υλικό, που έχει ως πηγή άνθρακα, λακτόζη.
- Δ. Το θρεπτικό υλικό αρχίζει να εξαντλείται.
- E. Η λακτόζη ενώνεται με τον καταστολέα.

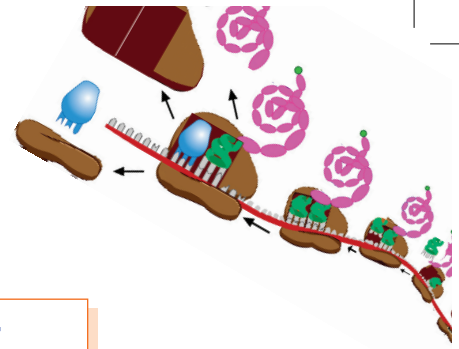


Να αντιστοιχίσετε τους όρους που αναγράφονται στη στήλη Ι με τις έννοιες ή τις φράσεις που αναγράφονται στη στήλη ΙΙ. Για το σκοπό αυτό να γράψετε δίπλα από κάθε γράμμα της Ι τον αριθμό που ταιριάζει από τη στήλη ΙΙ. (π.χ. Α-1)

I	II
A. ___ DNA πολυμεράση	1. Σπάζουν τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων.
B. ___ DNA δεσμάση	2. Συντελεί στην ελικοειδή μορφή του μορίου του DNA
Γ. ___ Πρωταρχικά τμήματα	3. Τοποθετεί τα νουκλεοτίδια το ένα δίπλα στο άλλο στην αναπτυσσόμενη πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα.
Δ. ___ Πριμόσωμα	4. Μικρά τμήματα DNA που συνθέτουν μικρά τμήματα RNA στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής.
E. ___ Επιδιορθωτικά ένζυμα	5. Συμβάλλουν, μαζί με την DNA πολυμεράση, στον περιορισμό των λαθών κατά την αντιγραφή του DNA
Z. ___ DNA ελικάση	6. Πολλά ένζυμα μαζί που συνθέτουν μικρά τμήματα RNA στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής.
	7. Συνδέει τμήματα της ασυνεχούς αλυσίδας του DNA
	8. Μικρά τμήματα RNA στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες του DNA



I	II
A. ___ Πολύσωμα B. ___ Όριμο mRNA Γ. ___ Οπερόνιο Δ. ___ Ρυθμιστικό γονίδιο	1. Περιλαμβάνει τα δομικά γονίδια, το ρυθμιστικό γονίδιο, τον υποκινητή και τον χειριστή. 2. Φέρει κωδικοποιημένη την πληροφορία για τη σύνθεση της πρωτεΐνης του καταστολέα της μεταγραφής των δομικών γονιδίων. 3. Κόβει τα εσώνια και ενώνει τα εξώνια. 4. Αποδεσμεύει την πρωτεΐνη καταστολέα από το χειριστή του οπερονίου. 5. Σύμπλεγμα ριβοσωμάτων μαζί με το mRNA. 6. Δεν περιέχει εσώνια.



ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΑ ΑΠΑΝΤΗΜΕΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Να απαντήσετε σύντομα σε καθεμία από τις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Γιατί και οι δύο αλυσίδες του DNA αντιγράφονται πάντα με προσανατολισμό 5'→3';

Επειδή η DNA πολυμεράση μπορεί να επιμηκύνει μια αλυσίδα DNA προσθέτοντας νουκλεοτίδια μόνο στο ελεύθερο 3' άκρο προϋπάρχοντος νουκλεοτιδίου, κατασκευάζοντας 3'→5' φωσφοδιεστερικούς δεσμούς.

2. Σε ποιες λειτουργίες του κυττάρου εμφανίζεται η συμπληρωματικότητα των βάσεων;

Εμφανίζεται κατά την αντιγραφή αφού η επιμήκυνση των νεοσυντιθέμενων αλυσίδων γίνεται με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας, στη μεταγραφή όπου η σύνθεση του RNA με καλούπι το μεταγραφόμενο κλώνο DNA ακολουθεί τον κανόνα της συμπληρωματικότητας, στην ωρίμανση του mRNA στην περίπτωση των ευκαρυωτικών κύτταρων και τέλος στη μετάφραση όπου η σωστή ενσωμάτωση των αμινοξέων γίνεται λόγω της συμπληρωματικότητας των βάσεων του κωδικονίου με το αντικωδικόνιο.

3. Πως εξασφαλίζεται η πιστότητα της αντιγραφής, της μεταγραφής και της μετάφρασης της γενετικής πληροφορίας;

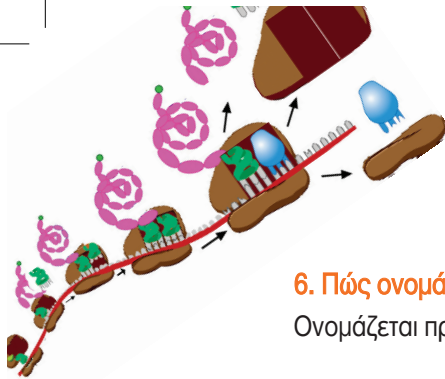
Εξασφαλίζεται από τη συμπληρωματικότητα των αζωτούχων βάσεων καθώς και από τα ένζυμα που λαμβάνουν μέρος και τα οποία πιστοποιούν ότι ακολουθείται ο κανόνας της συμπληρωματικότητας των βάσεων ανά περίπτωση. Στην αντιγραφή η DNA πολυμεράση και τα επιδιορθωτικά ένζυμα, στη μεταγραφή η RNA πολυμεράση και στη μετάφραση το σωστό ταίριασμα κωδικονίου-αντικωδικονίου μέσα στην μεγάλη ριβοσωμική υπομονάδα.

4. Να αναφέρετε την πρωτεΐνη που καταλύει την μεταγραφή.

Είναι το ένζυμο RNA πολυμεράση. Αυτό ξετυλίγει τους δύο κλώνους του DNA του γονιδίου και ενσωματώνει ριβονουκλεοτίδια απέναντι στα δεοξυριβονουκλεοτίδια της μη κωδικής αλυσίδας του DNA.

5. Πως ονομάζεται το DNA που δεν μεταφράζεται σε αμινοξέα;

Ένα τμήμα DNA (γονίδιο) μπορεί να μεταγράφεται εκτός από mRNA, που μεταφράζεται στη συνέχεια σε ακολουθίες αμινοξέων, και σε rRNA, tRNA, snRNA (το τελευταίο μόνο στους ευκαρυωτικούς). Ωστόσο αυτών των τύπων τα RNAs δε μεταφράζονται. Επίσης μη μεταφραζόμενο DNA είναι και το DNA του γονιδίου που μεταγράφεται σε εσώνια (ευκαρυωτικό γονίδιο μόνο), κωδικόνιο λήξης ή 3',5' αμετάφραστες περιοχές. Επίσης δε μεταφράζονται περιοχές του DNA που δε μεταγράφονται σε ένα κύτταρο όπως είναι οι υποκινητές των γονιδίων, τα γονίδια που δεν εκφράζονται στο συγκεκριμένο κύτταρο, οι χειριστές των οπερονίων και το μέρος του γονιδιώματος που δεν είναι γονίδια καθώς και η κωδική αλυσίδα των γονιδίων. Το DNA αυτό ονομάζεται αμετάφραστο.



6. Πώς ονομάζεται το RNA που περιέχει τα εσώνια και τα εξώνια;

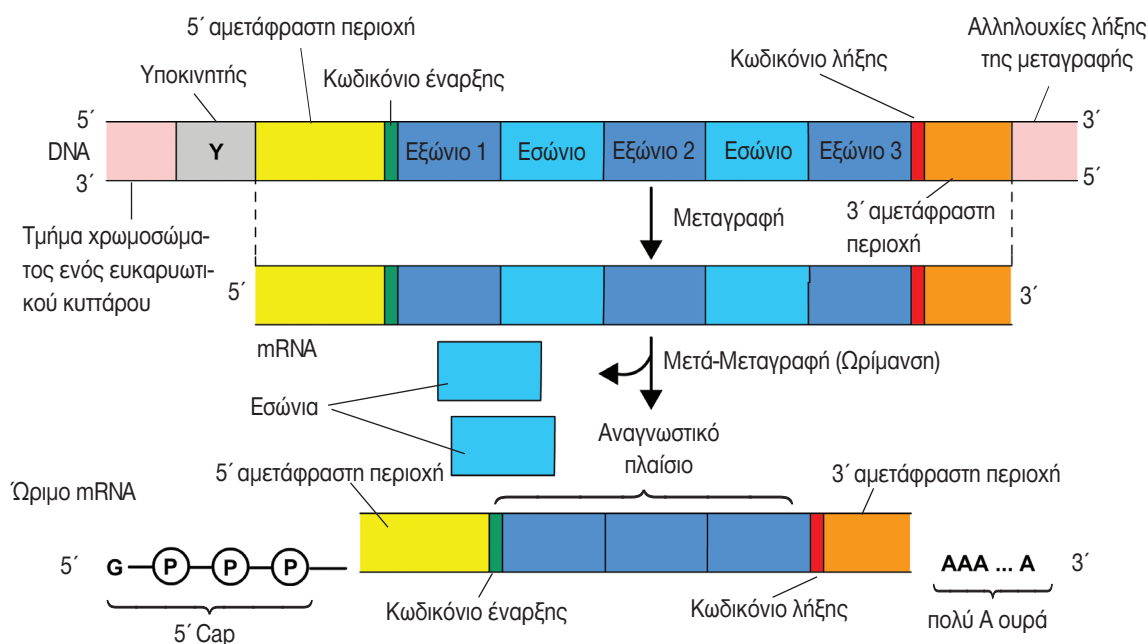
Ονομάζεται πρόδρομο mRNA και στη συνέχεια θα περάσει από τη διαδικασία της ωρίμανσης.

7. Πώς ονομάζεται η διαδικασία της μετατροπής του προδρόμου mRNA σε ώριμο mRNA;

Ονομάζεται διαδικασία της ωρίμανσης του mRNA.

8. Ποια είναι τα μέρη του γονιδίου που δεν περιέχονται στο ώριμο mRNA;

Είναι κατά σειρά ο υποκινητής, τα εσώνια και οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής.



Εικόνα 50: Μετα-Μεταγραφή (ωρίμανση) πρόδρομου mRNA.

9. Γιατί ο μηχανισμός διπλασιασμού του DNA ονομάζεται ημισυντηρητικός;

Επειδή τα δύο νέα μόρια DNA που προκύπτουν αποτελούνται από μια μητρική αλυσίδα και μια νεοσυντιθέμενη αλυσίδα DNA.

10. Για ποιους λόγους οι ερευνητές χρησιμοποιούν προκαρυωτικά κύτταρα για τη μελέτη της αντιγραφής του DNA;

Επειδή εκεί η αντιγραφή είναι απλούστερη ενώ ο γενικός μηχανισμός είναι παρόμοιος με αυτόν των ευκαρυωτικών κυττάρων.

11. Να συγκρίνετε τις θέσεις έναρξης της αντιγραφής του DNA στα ευκαρυωτικά και στα προκαρυωτικά κύτταρα.

Στα προκαρυωτικά κύτταρα υπάρχει μια μόνο θέση έναρξης της αντιγραφής στο κυκλικό μόριο DNA τους, ενώ στα ευκαρυωτικά κύτταρα υπάρχουν πολλές πάνω σε κάθε χρωμόσωμα, αφού το ευκαρυωτικό γονιδίωμα είναι πολύ μεγαλύτερο.



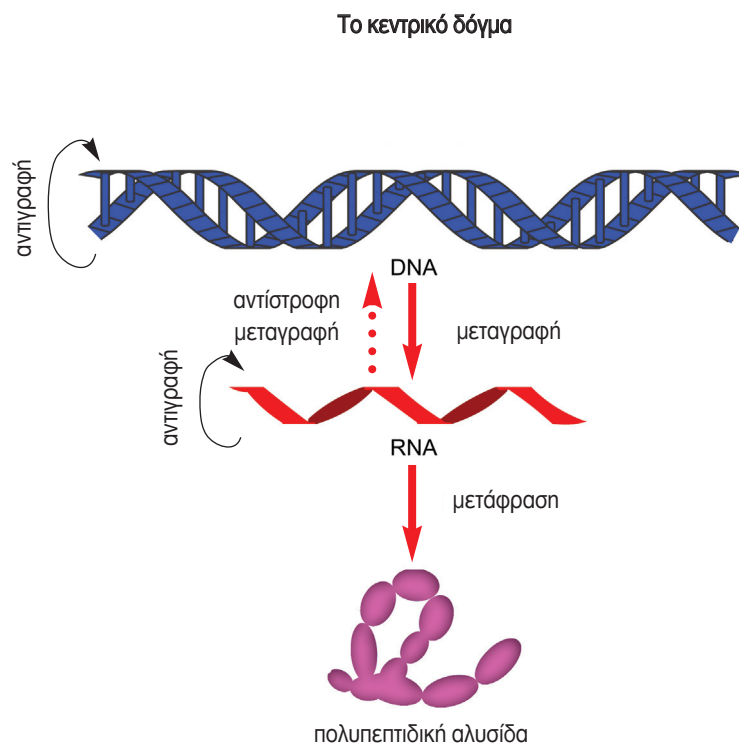
12. Το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων, παρά το γεγονός ότι είναι 1.000 φορές περίπου μεγαλύτερο από το DNA των προκαρυωτικών κυττάρων, αντιγράφεται πολύ γρήγορα. Να δώσετε μια εξήγηση για το γεγονός αυτό.

Στα προκαρυωτικά κύτταρα υπάρχει μία μόνο θέση έναρξης της αντιγραφής για το μόριο DNA τους, ενώ στα ευκαρυωτικά κύτταρα υπάρχουν πολλές σε κάθε χρωμόσωμα. Επομένως η αντιγραφή ξεκινά ταυτόχρονα σε πολλές θέσεις των χρωμοσωμάτων και συνεπώς ολοκληρώνεται πολύ γρήγορα. Αξίζει να διευκρινίσουμε πάντως ότι ένα προκαρυωτικό κύτταρο π.χ.η *E.coli* σε ιδανικές συνθήκες, διπλασιάζεται κάθε 20 λεπτά, ενώ ένα ευκαρυωτικό κύτταρο π.χ. ανθρώπου, ανάλογα με τον ιστό στον οποίο ανήκει χρειάζεται ώρες (βλέπε πιν. 2, σελ. 31).

13. Με ποιον τρόπο αποφεύγονται τα λάθη κατά την αντιγραφή του DNA;

Σε πρώτο επίπεδο, η DNA πολυμεράση τοποθετεί τα νουκλεοτίδια της θυγατρικής αλυσίδας, με πρότυπο τη μονόκλωνη μητρική αλυσίδα με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας ενώ επίσης ελέγχει η ίδια τα νουκλεοτίδια που ενσωματώνει στη νεοσυντιθέμενη αλυσίδα. Σε δεύτερο επίπεδο η πιστότητα της αντιγραφής ελέγχεται από τα επιδιορθωτικά ένζυμα.

14. Να παραστήσετε σχηματικά το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας.



Εικόνα 51: Το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας



15. Πού εντοπίζονται οι διαφορές ανάμεσα στο κεντρικό δόγμα της Βιολογίας όπως το διατύπωσε ο F. Crick και όπως διατυπώνεται σήμερα;

Μετά την ανακάλυψη του ενζύμου αντίστροφη μεταγραφάση, έγινε φανερό ότι το RNA μπορούσε κάτω από ειδικές συνθήκες να παράγει DNA και επομένως το στάδιο στο παλιό δόγμα DNA→RNA έγινε DNA↔RNA. Επίσης βρέθηκαν μόρια RNA ιών, τα οποία μπορούν και αυτοδιπλασιάζονται χωρίς να περνούν από το στάδιο του DNA (βλέπε εικ. 51).

16. Να αναφέρετε τα βασικά χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα.

Ο γενετικός κώδικας, είναι κωδικός τριπλέτας, είναι συνεχής, μη επικαλυπτόμενος, σχεδόν καθολικός, εκφυλισμένος και έχει κωδικόνιο έναρξης και κωδικόνια λήξης.

17. Τι σημαίνει: «ο γενετικός κώδικας είναι συνεχής και μη επικαλυπτόμενος»;

Ότι το mRNA και συγκεκριμένα το ανοικτό πλαίσιο ανάγνωσης, διαβάζεται συνεχώς, χωρίς να παραλείπεται κάποιο νουκλεοτίδιο και κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει μόνο σε ένα κωδικόνιο.

18. Τι εξυπηρετεί η ύπαρξη συνώνυμων κωδικονίων;

Εξυπηρετεί: α) στην μείωση των επιπτώσεων στις πρωτεΐνες από λάθη της αντιγραφής και άλλες μεταλλάξεις, β) στη δυνατότητα αύξησης του ποσοστού των ζευγών νουκλεοτιδίων G ≡ C, στις περιπτώσεις οργανισμών που είναι θερμοφιλοί. Έτσι αν συμβεί μια αλλαγή στη τρίτη βάση μιας τριπλέτας, θα παραχθεί σχεδόν πάντα ακριβώς ίδιο αμινοξύ. Αντίθετα, αν είχαμε μόνο 20 τριπλέτες με νόημα και όλες οι άλλες ήταν τριπλέτες λήξης, οποιαδήποτε αλλαγή σε βάση θα οδηγούσε συνήθως σε τριπλέτα λήξης. Αυτό θα είχε καταστροφικά αποτελέσματα στις παραγόμενες πρωτεΐνες, αφού θα παραγόταν μόνο μέρος της πρωτεΐνης, το οποίο δε θα είχε καμία λειτουργικότητα.

19. Ποιος είναι ο ρόλος του tRNA;

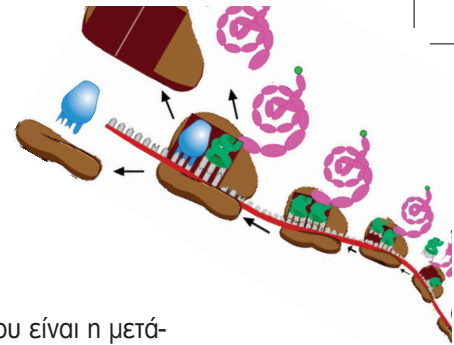
Κάθε tRNA συνδέεται με ένα συγκεκριμένο αμινοξύ ανάλογα με το αντικωδικόνιο που φέρει και το μεταφέρει στη θέση της πρωτεϊνοσύνθεσης, στα ριβοσώματα.

20. Ποιες ειδικές θέσεις του tRNA γνωρίζετε, στις οποίες το tRNA συνδέεται με άλλα μόρια;

Την περιοχή του αντικωδικονίου, όπου συνδέεται με το mRNA και μια ειδική θέση πρόσδεσης για ένα συγκεκριμένο αμινοξύ (βλέπε εικ. 41).

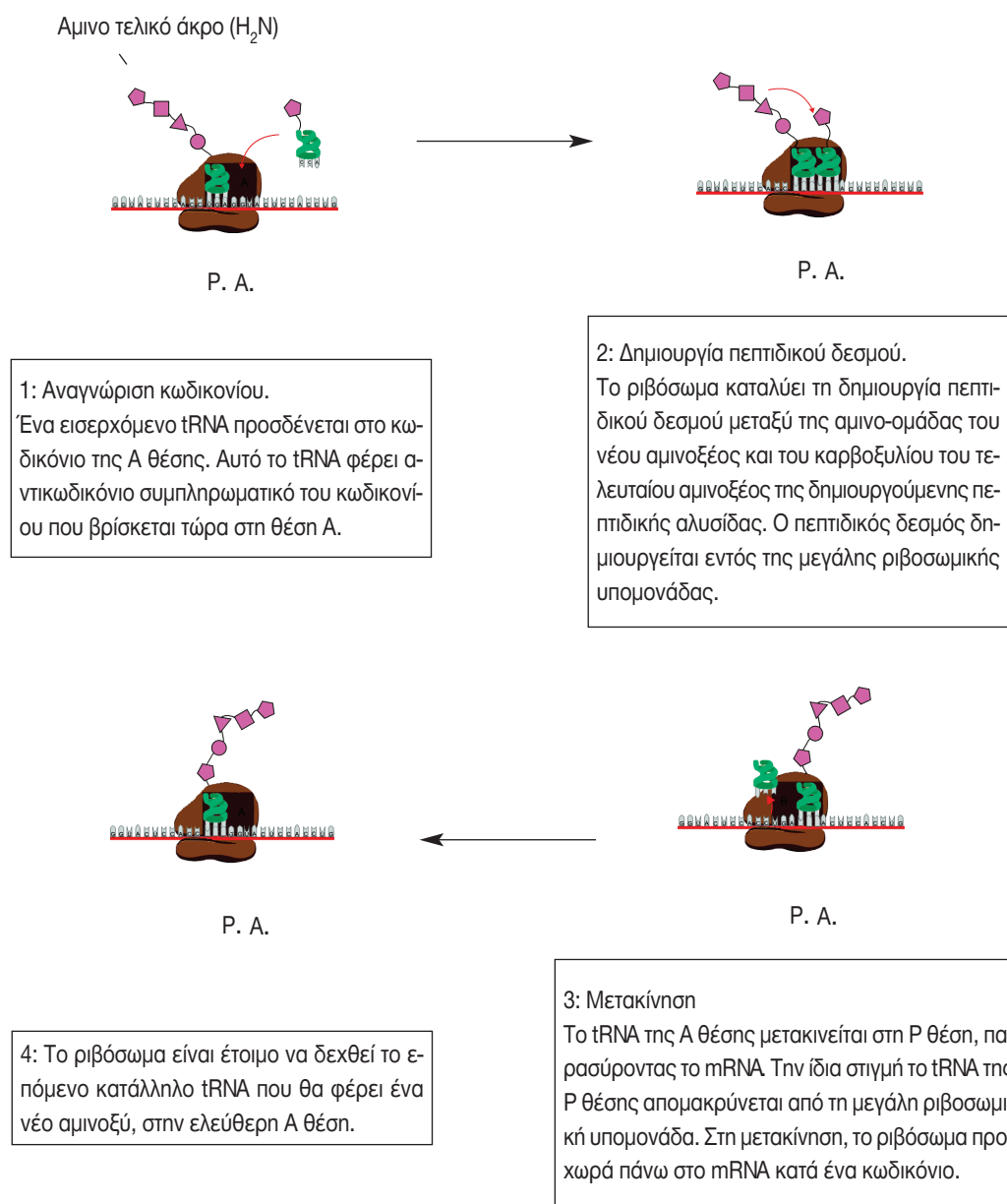
21. Η έναρξη της μετάφρασης γίνεται πάντοτε με την ίδια τριάδα βάσεων. Θα πρέπει λοιπόν όλες οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες να έχουν σαν πρώτο το ίδιο αμινοξύ; Να εξηγήσετε γιατί δεν συμβαίνει αυτό.

Αυτό δεν συμβαίνει επειδή σε πολλές πρωτεΐνες μετά τη σύνθεσή τους κόβονται κάποια αρχικά, ενδιάμεσα ή και τελικά τμήματά τους. Άρα σε πολλές πρωτεΐνες στο τελικό στάδιο λείπει η αρχική μεθειονίνη. Αυτό συμβαίνει και στους προκαρυωτικούς οργανισμούς, μόνο που σε αυτούς οι μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις είναι πολύ πιο περιορισμένες από εκείνες των ευκαρυωτικών κυττάρων (βλέπε ορολογία σελ.97).



22. Ποιος είναι ο ρόλος του ριβοσώματος στο μηχανισμό σύνθεσης των πρωτεϊνών;

Το ριβόσωμα είναι ένα σωματίδιο που αποτελείται από πρωτεΐνες και rRNA. Ρόλος του είναι η μετάφραση της πληροφορίας του mRNA σε πεπτιδικές αλυσίδες. Το ριβόσωμα συνδέεται μέσω του rRNA της μικρής υπομονάδας στο mRNA (και συγκεκριμένα στην 5' αμετάφραστη περιοχή). Στη μεγάλη υπομονάδα του που φέρει δύο θέσεις εισδοχής του tRNA, η γενετική πληροφορία αναγνωρίζεται από τα κατάλληλα μόρια tRNA, τα οποία φέρουν τα αντίστοιχα αμινοξέα, που συνδεόμενα με πεπτιδικούς δεσμούς, δημιουργούν το πεπτίδιο (βλέπε ορολογία σελ. 98 και 104).



Εικόνα 52: Ο ρόλος του ριβοσώματος στην πρωτεϊνοσύνθεση (συνοπτική παρουσίαση της επιμήκυνσης της μετάφρασης).



23. Ποιος είναι ο ρόλος της DNA πολυμεράσης;

Η DNA πολυμεράση συμμετέχει στην αντιγραφή του DNA έχοντας τον κύριο ρόλο. Είναι το ένζυμο που συνθέτει το DNA. Κινείται σε 5'→3' κατεύθυνση στο νεοσυντιθέμενο κλώνο DNA και τοποθετεί τα συμπληρωματικά ως προς τον μητρικό κλώνο, δεοξυριβονουκλεοτίδια, ενώνοντάς τα με φωσφοδιεστερικό δεσμό. Επίσης επιδιορθώνει μέρος των δεοξυριβονουκλεοτιδίων τα οποία έχουν τοποθετηθεί κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας και απομακρύνει τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστά με DNA. Η DNA πολυμεράση εμφανίζει πολύ υψηλή πιστότητα αντιγραφής, αφού τοποθετεί μόνο ένα λάθος νουκλεοτίδιο κάθε 100.000 νουκλεοτίδια (βλέπε ορολογία σελ. 91).

Να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Να διατυπώσετε το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας:

α) όπως το περιέγραψε ο F. Crick το 1958.

β) όπως περιγράφεται σήμερα.

α) Το DNA διπλασιάζεται με αντιγραφή, μεταγράφεται σε RNA και αν αυτό είναι mRNA μεταφράζεται συνθέτοντας πολυπεπτιδική αλυσίδα.

β) Τα νουκλεϊκά οξέα (DNA ή RNA) αυτοδιπλασιάζονται και το ένα μπορεί να λειτουργήσει ως μήτρα για να φτιαχτεί το άλλο. Κατευθύνουν τη σύνθεση πρωτεϊνών.

2. Για ποιο σκοπό γίνεται:

α) η αντιγραφή του DNA;

β) η μεταγραφή και η μετάφραση της γενετικής πληροφορίας του DNA;

α) Για τη διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό.

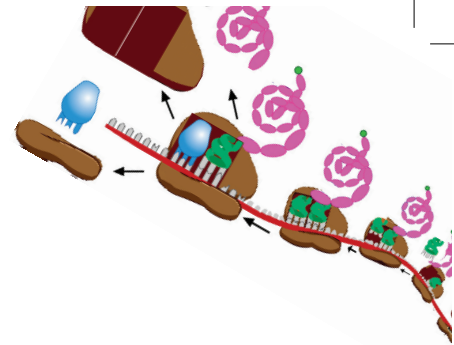
β) Η μεταγραφή γίνεται για τη μεταφορά της γενετικής πληροφορίας από το DNA στο RNA, μόριο το οποίο αποτελεί το κινητό αντίγραφο της γενετικής πληροφορίας. Η μετάφραση γίνεται για τη σύνθεση πρωτεϊνών που είναι υπεύθυνες για τη δομή και λειτουργία των οργανισμών (βλέπε σχ. βιβλίο, σελ. 17 «Συνοπτικά ... των πρωτεϊνών.» και σελ. 31 «Συνοψίζοντας ... στάδια της ανάπτυξης.»).

3. Ποιους τύπους RNA γνωρίζετε και ποια είναι η λειτουργία τους;

Σχ. βιβλίο σελ. 31: «Υπάρχουν τέσσερα είδη μορίων RNA... μόνο τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.». Επίσης υπάρχουν ιοί με γενετικό υλικό RNA, μονόκλωνο ή δίκλωνο, κυκλικό ή γραμμικό.

4. Πού βασίζεται το γεγονός ότι η ανθρώπινη ινσουλίνη μπορεί να παραχθεί *in vitro* και από βακτηριακά κύτταρα;

Σχ. βιβλίο σελ. 35, 36 «Ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός.... και να παράγει την ίδια πρωτεΐνη.», «Τα ριβοσώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν... ανθρώπινων πρωτεϊνών.». Προϋπόθεση βεβαίως αποτελεί η χρήση ώριμου mRNA και η *in vitro* μετα-μεταφραστική τροποποίηση της παραγόμενης από τα βακτήρια ινσουλίνης (βλέπε κεφ. 4 και 8).



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

1. Κατά τη μελέτη του πολλαπλασιασμού των κυττάρων σε μια καλλιέργεια *E. coli*, ένας φοιτητής έκανε τις εξής παρατηρήσεις:

- α) Στη φάση της μετάφρασης μόνο τα μισά χρωμοσώματα ήταν διαμορφωμένα.
- β) Οι μικροσωληνίσκοι των ινιδίων της ατράκτου είχαν τις ίδιες πρωτεΐνες με τους μικροσωληνίσκους στα ανθρώπινα κύτταρα.
- γ) Κατά τη διάρκεια της διαίρεσης δεν παρατηρήθηκαν ούτε χρωμοσώματα ούτε άτρακτος.
- δ) Ορισμένα κύτταρα είχαν διαιρεθεί χωρίς να έχει γίνει διαίρεση του γενετικού τους υλικού.

Ποια, κατά τη γνώμη σας, είναι η σωστή παρατήρηση, που έκανε ο φοιτητής;

Η γ παρατήρηση είναι σωστή, γιατί το βακτήριο *E. coli* περιέχει μόνο ένα χρωμόσωμα, δε διαθέτει πυρήνα και διαιρείται με απλή διχοτόμηση και όχι με μίτωση.

2. Ένας επιστήμονας, που ερευνούσε τη δομή μιας πρωτεΐνης, παρατήρησε ότι τα αμινοξέα που την αποτελούσαν ήταν πολύ λιγότερα σε αριθμό από τις τριπλέτες του γονιδίου, που την κωδικοποιούσε.

Είναι σωστή η παρατήρηση του αυτή ή όχι και γιατί;

Εκτός από το γεγονός ότι οι πρωτεΐνες συνήθως υφίστανται μετά-μεταφραστικές τροποποιήσεις, άλλοι λόγοι που δικαιολογούν αυτή την παρατήρηση είναι ότι δεν κωδικοποιεί αμινοξύ το κωδικόνιο λήξης, και ότι στο γονίδιο υπάρχουν οι 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, τα εσώνια για τα περισσότερα ευκαρυωτικά γονίδια, και οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, που αποτελούν περιοχές που δεν μεταφράζονται. Συνεπώς η παρατήρηση είναι **σωστή**.

3. Μια ποσοτική ανάλυση, που έγινε σε μόριο DNA, έδειξε ότι περιέχει αδενίνη σε ποσοστό 20%. Να υπολογίσετε τα ποσοστά των υπολοίπων βάσεων.

Αν το μόριο είναι δίκλωνο λόγω της συμπληρωματικότητας των βάσεων θα είναι: θυμίνη 20%, κυτοσίνη = γουανίνη = 30%.

Αν το μόριο είναι μονόκλωνο, στην περίπτωση που ανήκει σε ιό, τότε δεν μπορούμε να απαντήσουμε.

4. Ένα μόριο mRNA αποτελείται από 100 νουκλεοτίδια.

α) Να υπολογίσετε τον μέγιστο αριθμό των αμινοξέων της πεπτιδικής αλυσίδας, που κωδικοποιεί αυτό το mRNA, εάν δεν ληφθούν υπ' όψη οι 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές.

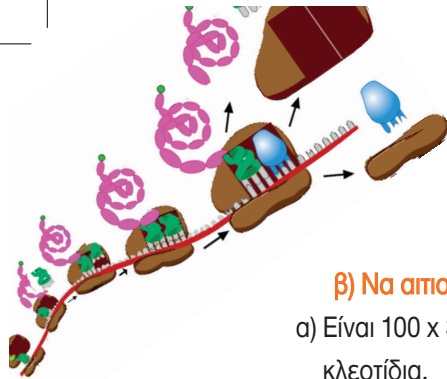
β) Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

α) 32.

β) Από τις 33 δυνατές τριπλέτες αφαιρείται μία, που θα είναι το κωδικόνιο λήξης και επομένως η μεγαλύτερη δυνατή πρωτεΐνη θα αποτελείται από 32 αμινοξέα.

5. Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελείται από 100 αμινοξέα.

α) Να υπολογίσετε από πόσα τουλάχιστον νουκλεοτίδια αποτελείται το mRNA που κωδικοποιεί αυτή την πολυπεπτιδική αλυσίδα.



β) Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

- α) Είναι $100 \times 3 = 300$ νουκλεοτίδια συν 3 για το κωδικόνιο λήξης. Άρα συνολικά τουλάχιστον 303 νουκλεοτίδια.
- β) Εάν λάβουμε υπόψη μας ότι όλα τα mRNA έχουν εκτός από το πλαίσιο ανάγνωσης και τις 5'-3' αμετάφραστες περιοχές τότε τα νουκλεοτίδια θα είναι περισσότερα. Δεχόμαστε ότι δεν έχει υποστεί μετά-μεταφραστική ρύθμιση η πρωτεΐνη και επιπλέον αν η πολυπεπτιδική αλυσίδα είναι ευκαρυωτικού κυττάρου ότι αναφερόμαστε στο ώριμο mRNA. Διαφορετικά θα πρέπει να συνυπολογιστούν τα κωδικόνια του mRNA που κωδικοποιούν για τα αμινοξέα που αφαιρέθηκαν καθώς και τα νουκλεοτίδια των εσωνίων.

6. Η ακολουθία των βάσεων ενός τμήματος μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας ενός μορίου DNA είναι:

...TTTAAAAAGTACGGCAGCGCGTCCACATCTTTAAA...

- α) Να γράψετε τη συμπληρωματική αλυσίδα του DNA και να υπολογίσετε το σύνολο των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζονται.
- β) Να γράψετε την ακολουθία των αζωτούχων βάσεων του mRNA που μπορεί να μεταγραφεί από το παραπάνω τμήμα της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας.
- γ) Ποια θα είναι η σειρά των βάσεων στη θέση του αντικωδικονίου των tRNA, που θα συνδεθούν με τα αντίστοιχα κωδικόνια του mRNA;
- δ) Πόσα αμινοξέα κωδικοποιούνται από το mRNA που προαναφέρθηκε;
- ε) Σε ποιες περιοχές του κυττάρου γίνονται όλες οι διαδικασίες, που αναφέρθηκαν παραπάνω;

α) Είναι: ...AAATTTTTCATGCCGTGCGCGAGGGTGTAGAAATTT...

Είναι: $21 (A=T) \times 2 = 42$ δεσμοί υδρογόνου συν $15 (G \equiv C) \times 3 = 45$ δεσμοί υδρογόνου. Άρα $42+45=87$ δεσμοί υδρογόνου συνολικά.

β) $5' \dots \text{AAAUUUUUC AUGCCGUCGCGCAGGGUG UAG AAAUUU} \dots 3'$

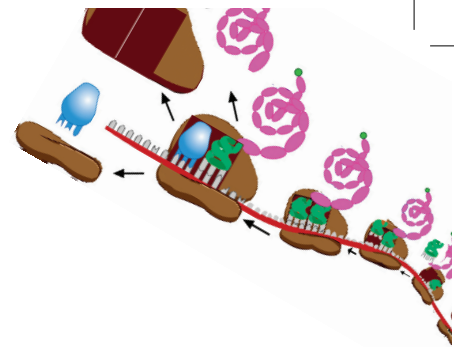
γ) Το κωδικόνιο $5' \text{AUG}_3$ από αριστερά, είναι το κωδικόνιο έναρξης, διότι μας δίνει μαζί με τα επόμενα 5 κωδικόνια ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο ανάγνωσης: $5' \text{AUG CCG UCG CGC AGG GUG}_3$. Το κωδικόνιο $5' \text{UAG}_3$ που ακολουθεί, είναι το λήξης, για το οποίο δεν υπάρχει αντικωδικόνιο. Επομένως τα αντικωδικόνια είναι τα εξής: $3' \text{UAC}^5$, $3' \text{GGC}^5$, $3' \text{AGC}^5$, $3' \text{GCG}^5$, $3' \text{UCC}^5$, $3' \text{CAC}^5$.

δ) Κωδικοποιούνται 6 αμινοξέα.

ε) Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η αντιγραφή (εδώ δεν έχουμε αντιγραφή) και η μεταγραφή γίνονται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες αν υπάρχουν. Η μετάφραση γίνεται στο κυτταρόπλασμα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες αν υπάρχουν. Στα προκαρυωτικά κύτταρα η αντιγραφή, η μεταγραφή και η μετάφραση γίνονται στο κυτταρόπλασμα αφού δεν υπάρχουν μεμβρανώδη κυτταρικά οργάνδια και φυσικά ούτε πυρήνας.

7. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της κωδικοποίησης ενός αμινοξέος από περισσότερα του ενός κωδικόνια;

Αν γίνει αντικατάσταση ενός νουκλεοτιδίου από κάποιο άλλο, ειδικά αν γίνει στο τρίτο νουκλεοτίδιο κωδικονίου, το νέο κωδικόνιο του mRNA πιθανότατα θα αντιστοιχεί στο ίδιο αμινοξύ, με αποτέλεσμα να μην αλλάξει η διαμόρφωση του πολυπεπτιδίου που θα προκύψει (βλέπε και ερώτηση 18).



8. Σε ποιες περιπτώσεις παρατηρούμε συμπληρωματικότητα αζωτούχων βάσεων;

Συμπληρωματικότητα βάσεων παρατηρείται μεταξύ:

- Των αλυσίδων των δίκλωνων μορίων DNA.
- Πρωταρχικού τμήματος RNA και συμπληρωματικού τμήματος της μητρικής αλυσίδας του DNA.
- mRNA και μεταγραφόμενου κλώνου DNA.
- snRNA των ριβονουκλεοπρωτεϊνικών σωματιδίων και των άκρων των εσωνίων στο πρόδρομο mRNA κατά την διαδικασία ωρίμανσης του mRNA των ευκαρυωτικών ασυνεχών γονιδίων.
- 5' αμετάφραστης περιοχής του mRNA και συμπληρωματικών νουκλεοτιδίων rRNA της μικρής ριβοσωμικής υπομονάδας.
- Κωδικονίου mRNA και αντικωδικονίου tRNA.
- Δίκλωνων περιοχών μορίων RNA (π.χ. tRNA).
- Των αλυσίδων των δίκλωνων μορίων RNA ιών.
- Μονόκλωνου RNA ιών και αλυσίδας DNA που παράγεται με τη βοήθεια της αντίστροφης μεταγραφάσης.
- Αλυσίδων DNA ή RNA και μορίων ανιχνευτών (βλέπε κεφ.4).
- Σε αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (βλέπε κεφ.4).

9. Ποιες κυτταρικές δομές αποτελούνται αποκλειστικά από νουκλεϊκά οξέα και πρωτεΐνες;

- Τα ριβοσώματα: rRNA + πρωτεΐνες.
- Τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια: snRNA + πρωτεΐνες.
- Τα χρωμοσώματα: DNA + πρωτεΐνες.

10. Ποιες διαφορές παρατηρούνται στην γονιδιακή έκφραση προκαρυωτικού και ευκαρυωτικού οργανισμού;

Προκαρυωτικοί οργανισμοί	Ευκαρυωτικοί οργανισμοί
1. Ένα είδος RNA πολυμεράσης.	1. Τρία είδη RNA πολυμεράσης.
2. Το mRNA αρχίζει να μεταφράζεται πριν ακόμα ολοκληρωθεί η μεταγραφή του.	2. Το mRNA αρχίζει να μεταφράζεται αφού ολοκληρωθεί η μεταγραφή του και βγει στο κυτταρόπλασμα.
3. Δε γίνεται ωρίμανση του mRNA.	3. Από μεταγραφή προκύπτει πρόδρομο mRNA.
4. Το mRNA μπορεί να είναι προϊόν περισσοτέρων του ενός γονιδίου.	4. Το mRNA είναι προϊόν ενός μόνο γονιδίου.
5. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης είναι σχετικά απλή (βλέπε παρακάτω ερώτηση 12).	5. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης είναι πιο πολύπλοκη (βλέπε ερώτηση κατανόησης 40).



11. Που πραγματοποιείται μεταγραφή;

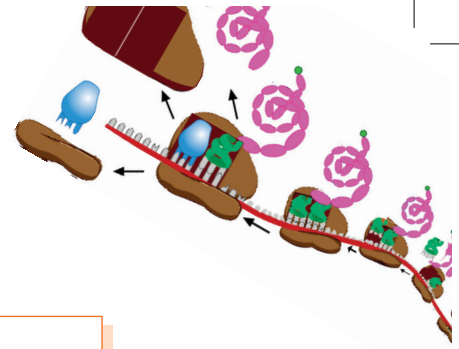
Η μεταγραφή παρατηρείται εκεί όπου υπάρχουν λειτουργικά γονίδια.

- Στα ευκαρυωτικά κύτταρα στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και αν υπάρχουν στους χλωροπλάστες.
- Στα προκαρυωτικά κύτταρα στο κυτταρόπλασμα.

12. Εντοπίστε δύο διαφορές στον έλεγχο της γονιδιακής έκφρασης ανάμεσα στους προκαρυωτικούς και ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στα προκαρυωτικά κύτταρα γίνεται κυρίως στο επίπεδο της μεταγραφής και αποσκοπεί στην προσαρμογή του οργανισμού στις εναλλαγές του περιβάλλοντος. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς είναι πιο πολύπλοκη και γίνεται σε τέσσερα επίπεδα: στη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, στη μετάφραση και μετά τη μετάφραση. Αποσκοπεί στον έλεγχο των πολλών τύπων κυττάρων του οργανισμού και της κυτταρικής διαφοροποίησης που οδηγεί στο σχηματισμό αυτών των τύπων κυττάρων.

Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς, πολλά μεταβολικά γονίδια οργανώνονται σε οπερόνια, δηλαδή σε ομάδες γονιδίων που υπόκεινται σε κοινή ρύθμιση της έκφρασής τους. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς κάθε γονίδιο έχει δικό του υποκινητή, ρυθμίζεται και μεταγράφεται αυτόνομα (βλέπε εργασία κατανόησης 40).

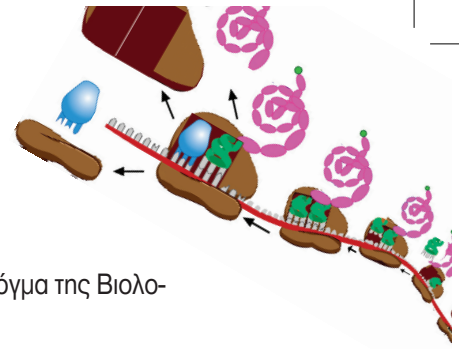


ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

1. Ποια χημικά μόρια και ποια ένζυμα απαιτούνται για την αντιγραφή του DNA;
2. Το γονίδιο που κωδικοποιεί για μια πολυπεπτιδική αλυσίδα του ανθρώπου έχει 35 εσώνια κατά την ωρίμανση του mRNA, το κύτταρο κέρδισε ή έχασε μόρια H_2O και πόσα;
3. α. Σε ποια φάση του κυτταρικού κύκλου λαμβάνει χώρα η αντιγραφή του DNA;
β. Σε ποια κυτταρικά οργανίδια του ευκαρυωτικού κυττάρου γίνεται η αντιγραφή του DNA;
4. Να αναφέρετε ποια ένζυμα καταλύουν την βιοχημική αντίδραση σχηματισμού του φωσφοδιεστερικού δεσμού;
5. Από ποιες αλληλουχίες με διακριτό ρόλο αποτελείται ένα ευκαρυωτικό γονίδιο;
6. Τι είναι ο υποκινητής ενός γονιδίου και ποιος ο ρόλος του ως ρυθμιστικό στοιχείο της μεταγραφής των γονιδίων;
7. Τι είναι οι μεταγραφικοί παράγοντες και ποια η λειτουργία τους;
8. Σε ποια διαμερίσματα ενός ευκαρυωτικού κυττάρου πραγματοποιείται η διαδικασία της μεταγραφής;
Σε ποιο σημείο στο προκαρυωτικό κύτταρο;
9. Ποια χημικά μόρια και ποια ένζυμα απαιτούνται για την μεταγραφή;
10. Σε τι διαφέρει ο μηχανισμός της μεταγραφής μεταξύ ευκαρυωτικών και προκαρυωτικών κυττάρων;
11. Ποια χημικά μόρια και ποια ένζυμα απαιτούνται για την μετάφραση;
12. Το μεγαλύτερο μέρος του DNA ενός ευκαρυωτικού κυττάρου δε μεταφράζεται σε αμινοξέα. Ποιες είναι αυτές οι αλληλουχίες;
13. Λόγω ποιου φαινομένου η αντιγραφή των τεράστιων -σε σύγκριση με το μέγεθος του προκαρυωτικού DNA- χρωμοσωμάτων των ευκαρυωτικών κυττάρων ολοκληρώνεται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα;



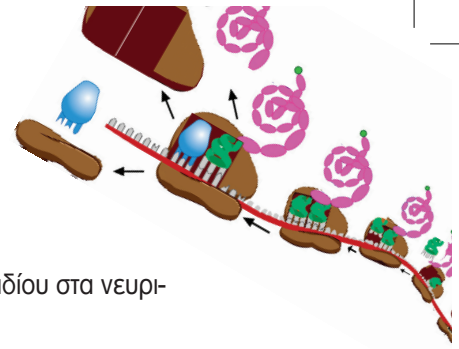
14. Τα προκαρυωτικά ή τα ευκαρυωτικά κύτταρα διπλασιάζονται πιο γρήγορα κατά τη γνώμη σας;
15. Ποια είδη νουκλεϊκών οξέων απαντώνται στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες;
16. Θα μπορούσατε από την αλληλουχία των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης να σχεδιάσετε το DNA του γονιδίου από το οποίο προήλθε;
17. Το mRNA των βακτηρίων είναι πολύ ασταθές (περίοδος ημιζωής περίπου 1 λεπτό). Αντίθετα τα mRNA των ευκαρυωτικών κυττάρων είναι πολύ σταθερότερα (περίοδος ημιζωής μεγαλύτερη της 1 ώρας). Μπορείτε να δώσετε μια εξήγηση;
18. Το ώριμο mRNA έχει και μη μεταφραζόμενες περιοχές. Ποιες είναι αυτές και ποιος είναι ο ρόλος τους;
19. Τι δεσμοί σχηματίζονται κατά τη διαδικασία της μετάφρασης και μεταξύ ποιων βιομορίων;
20. Γιατί το rRNA είναι συστατικό των ριβοσωμάτων; Ποια είναι η λειτουργία του κατά τη μετάφραση;
21. Ποιες οι περιοχές σύνδεσης του tRNA κατά τη διαδικασία της μετάφρασης;
22. Τι γίνεται στην μετάφραση όταν στη θέση του κωδικονίου υπάρχει ένα κωδικόνιο λήξης (βλέπε σχήμα σχ. βιβλίου σελ. 37 και εικ. 42 του παρόντος).
23. Ποιες αλληλουχίες του DNA έχουν σημαντικό ρόλο στην έκφραση ενός γονιδίου;
24. Οι νουκλεοπρωτεΐνες είναι συμπλέγματα πρωτεΐνης και νουκλεϊκών οξέων. Υπάρχουν τέτοια συμπλέγματα σε ένα ευκαρυωτικό κύτταρο;
25. Ένα βακτήριο διπλασιάζεται σε θρεπτικό υλικό με ραδιενεργό φώσφορο (^{32}P) και στη συνέχεια τα δύο θυγατρικά κύτταρα μεταφέρονται σε περιβάλλον με κανονικό φώσφορο αλλά και σημασμένο ^{35}S και ξαναδιπλασιάζονται. Τι ισοτοπική σύσταση θα έχουν οι οκτώ συνολικά πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες του DNA των βακτηρίων;
26. Η αιμοσφαιρίνη δύο θηλαστικών βρέθηκε όμοια σε επίπεδο αμινοξέων κατά 95%. Όμως τα αντίστοιχα γονίδια των οργανισμών βρέθηκε να έχουν ομοιότητα κατά 75%. Να δώσετε μια εξήγηση γι' αυτή τη διαφορά ομοιότητας.
27. Ποια είναι τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής που βρίσκονται εκτός γονιδίου στο DNA;



28. Πού λαμβάνουν χώρα σε ένα κύτταρο οι διαδικασίες που αποτελούν το κεντρικό δόγμα της Βιολογίας;
29. Ποια βιολογική σκοπιμότητα εξυπηρετεί η ωρίμανση του mRNA στα ευκαρυωτικά κύτταρα;
30. Γιατί 3 νουκλεοτίδια αποτελούν ένα κωδικόνιο και όχι 2 ή 4;
31. Ποιες είναι οι ιδιότητες του γενετικού κώδικα;
32. Σε τι χρησιμεύει ο εκφυλισμός του γενετικού κώδικα;
33. Σε τι χρησιμεύει το γεγονός ότι ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός;
34. Σε ένα μυϊκό κύτταρο και σε ένα ηπατικό κύτταρο μεταγράφονται τα ίδια γονίδια;
35. Ποιες περιοχές του οπερονίου είναι ρυθμιστικές;
36. Σε ποιες περιπτώσεις κατά την αντιγραφή του DNA παρατηρείται υδρόλυση φωσφοροδιεστερικών δεσμών;
37. Να σχεδιάσετε την αντιγραφή του DNA σε μια θηλιά αντιγραφής και να τοποθετήσετε τα 5' και 3' άκρα. Να φαίνεται η συνεχής και μη συνεχής αντιγραφή.
38. Στο σύμπλοκο έναρξης πως δεσμεύεται το mRNA στο ριβόσωμα;
39. Ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός διαφορετικών tRNA που μπορούν να βρίσκονται σε ένα κύτταρο;
40. Σε ένα βακτήριο επιτελείται έκφραση του οπερονίου διάσπασης της λακτόζης, ενώ σε ένα φυτικό κύτταρο επιτελείται έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν τις πρωτεΐνες της μεταβολικής οδού διάσπασης της γλυκόζης. Εντοπίστε τις διαφορές στην έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν τα ένζυμα των δύο μεταβολικών μονοπατιών.
41. Να εξηγήσετε αν τα μόρια tRNA του μεταξοσκώлика (*Bombyx mori*) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάφραση ενός ανθρώπινου mRNA.
42. Ένα mRNA περιλαμβάνει τρία κωδικόνια έναρξης και λήξης και ένα άλλο περιλαμβάνει ένα κωδικόνιο έναρξης και ένα κωδικόνιο λήξης. Να εξηγήσετε ποιο από τα δύο μπορεί να ανήκει στον άνθρωπο.



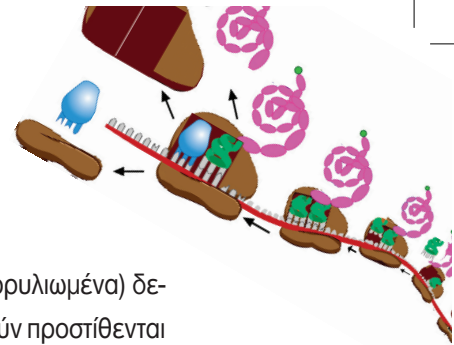
43. α. Ένα σημαντικό γονίδιο του φυτού Γιασεμί (*Jasminum officinalis*) έχει το κωδικόνιο $5' \text{TTT}_3$ σε μια περιοχή που κωδικοποιεί για το ενεργό κέντρο ενός ενζύμου. Αν το κωδικόνιο υποστεί μετάλλαξη σε $5' \text{TTA}_3$, ποια θα είναι η επίπτωση στο κύτταρο;
β. Ένα άλλο σημαντικό γονίδιο αυτού του φυτού έχει το κωδικόνιο $5' \text{TTA}_3$ σε μια περιοχή που επίσης κωδικοποιεί για το ενεργό κέντρο μιας πρωτεΐνης. Αν το κωδικόνιο υποστεί μετάλλαξη σε $5' \text{CTG}_3$, ποια θα είναι η επίπτωση στο κύτταρο;
44. Αν σε ένα κύτταρο απαιτείται η γρήγορη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων μιας πρωτεΐνης πως μπορεί να επιταχυνθεί η γονιδιακή έκφραση;
45. Ποιες περιοχές του γονιδιώματος ενός προκαρυωτικού κυττάρου δε μεταφράζονται σε αμινοξέα;
46. Σε τι διαφέρουν οι προκαρυωτικοί οργανισμοί από τους ευκαρυωτικούς όσον αφορά:
α. το γενετικό τους υλικό και β. τη γονιδιακή έκφραση και ρύθμιση;
47. Σε τι διαφέρει η DNA πολυμεράση από την RNA πολυμεράση εκτός από το ότι η μια ενσωματώνει δεοξυριβονουκλεοτίδια και η άλλη ριβονουκλεοτίδια;
48. α. Πόσα mRNA παράγονται από τα δομικά γονίδια του οπερονίου της λακτόζης;
β. Πόσα διαφορετικά γονίδια υπάρχουν;
γ. Πόσες διαφορετικές πρωτεΐνες παράγονται;
δ. Πόσοι είναι οι υποκινητές;
ε. Πόσα είναι τα κωδικόνια έναρξης;
49. Το ανθρώπινο γονιδίωμα είναι 750-1.500 φορές μεγαλύτερο από το γονιδίωμα ενός βακτηρίου, αλλά ο αριθμός των γονιδίων κατά πάσα πιθανότητα είναι μόνο 5 με 10 φορές μεγαλύτερος. Πως μπορεί να εξηγηθεί η παραπάνω διαφορά;
50. Σε ένα κύτταρο κατά την αντιγραφή του DNA του μπορεί να μη λειτουργεί μια από τις παρακάτω πρωτεΐνες. Τι πρόβλημα θα υπάρχει στο κύτταρο σε κάθε περίπτωση;
α. DNA ελίκαση
β. DNA πολυμεράση
γ. Πριμόσωμα
δ. DNA δεσμάση
ε. Επιδιορθωτικά ένζυμα
51. Ποια είναι η συνεισφορά στη μετάφραση της μεγάλης υπομονάδας του ριβοσώματος;
52. Πόσες και ποιες θέσεις σύνδεσης διαθέτει το ριβόσωμα για το RNA;



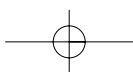
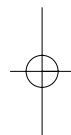
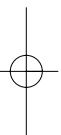
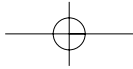
53. Να αναφέρετε διαφορές που εντοπίζονται στην έναρξη της μεταγραφής ενός γονιδίου στα νευρικά κύτταρα και σε έναν προκαρυωτικό οργανισμό.
54. Η αλληλουχία του DNA $5' \text{ATG CCT GCA TTT CCC TGA}_3'$ είναι υποθετικά η κωδική αλυσίδα ενός γονιδίου. Το γονίδιο μεταγράφηκε και μεταφράστηκε σε ολιγοπεπτίδιο. Ποιο θα είναι το καρβοξυτελικό και ποιο το αμινοτελικό αμινοξύ του παραγόμενου ολιγοπεπτιδίου;
55. Πως καθορίζεται ποιος από τους δυο κλώνους ενός γονιδίου είναι ο μεταγραφόμενος;
56. Γιατί δεν αποτελούν μήτρα και οι δύο συμπληρωματικές αλυσίδες ενός γονιδίου κατά τη μεταγραφή;
57. Το ριβόσωμα αποτελείται από πολλές ριβοσωμικές πρωτεΐνες (στα ευκαρυωτικά ριβοσώματα η μικρή υπομονάδα αποτελείται από 33 διαφορετικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες και ένα μόριο rRNA και η μεγάλη από τρία μόρια rRNA και 49 πολυπεπτιδικές αλυσίδες). Γιατί δεν αποτελείται από μια μεγάλη ενιαία πολυπεπτιδική αλυσίδα;
58. Δίνεται η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων ενός τμήματος mRNA
 $5' \dots \text{GGUCAACGUUACCAU} \dots_3'$. Ποια είναι τα πιθανά πλαίσια ανάγνωσης αυτού του τμήματος;
59. Γιατί στα κύτταρα (προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά) η ρύθμιση της έκφρασης των γονιδίων γίνεται κυρίως στη μεταγραφή;
60. Πού οφείλονται κυρίως οι διαφορές που εμφανίζονται μεταξύ διαφορετικών κυτταρικών τύπων;
61. Πότε παρατηρούνται περισσότερα λάθη, κατά τη διάρκεια της μεταγραφής ή της αντιγραφής;
62. Πότε ένα λάθος είναι πιο σημαντικό, όταν γίνεται στην αντιγραφή ή στη μεταγραφή; Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις στο κύτταρο στην μια περίπτωση και ποιες στην δεύτερη;
63. Ποια ένζυμα γνωρίζετε που δεν αποτελούνται μόνο από πολυπεπτιδικές αλυσίδες;
64. Ποια διαδικασία λαμβάνει χώρα περισσότερες φορές στη ζωή ενός κυττάρου, η αντιγραφή ή η μετάφραση;
65. Αν στο θρεπτικό υλικό βακτηρίων *E.coli* δεν υπάρχουν αμινοξέα αλλά τα απαραίτητα ανόργανα συστατικά για την σύνθεσή τους, πως κατορθώνει να επιβιώνει ο μικροοργανισμός;
66. Πότε τα οπερόνια βιοσύνθεσης αμινοξέων της *E.coli* βρίσκονται σε καταστολή;

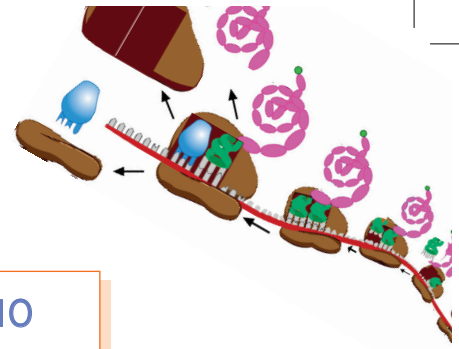


67. Σκεφτείτε κάποια γονίδια που μεταγράφονται συνεχώς σε όλους τους ευκαρυωτικούς κυτταρικούς τύπους και κάποια που μεταγράφονται μόνο σε ειδικούς κύτταρικούς τύπους.
68. Η αλληλουχία 5'...AUAGCG...3' ανήκε σε κάποιο ώριμο mRNA. Ποια μπορεί να ήταν η λειτουργία της αλληλουχίας αυτής;
69. Ποια μόρια RNA περιέχουν την πληροφορία για τη σύνθεση πρωτεϊνών;
70. Ποια μόρια RNA παράγονται με τη διαδικασία της μεταγραφής και της αντιγραφής;
71. Η γονιδιακή έκφραση στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς εκτός από τη μεταγραφή και τη μετάφραση ποιες άλλες διαδικασίες περιλαμβάνει;
72. Έστω δύο ευκαρυωτικά γονίδια Α και Β, που δίνουν τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες α και β αντίστοιχα. Υποθέστε ότι το γονίδιο Α μεταγράφεται με ταχύτερο ρυθμό από το γονίδιο Β, μπορούμε να πούμε ότι ο ρυθμός παραγωγής της πολυπεπτιδικής αλυσίδας α είναι ταχύτερος από εκείνον της β;
73. Γιατί τα κύτταρα διαφορετικού τύπου του ίδιου οργανισμού παρουσιάζουν διαφορετικό ρυθμό στη μεταγραφή και στη μετάφραση;
74. Έστω δύο διαφορετικά στελέχη *E. coli*, που αναπτύσσονται σε κοινό θρεπτικό υλικό που περιέχει γλυκόζη. Στο ένα στέλεχος δεν είναι λειτουργικό το ρυθμιστικό γονίδιο. Ποιο από τα δύο στελέχη θα επικρατήσει;
75. Οι πρωτεΐνες γενικά έχουν μικρή περιεκτικότητα μεθειονίνης και τρυπτοφάνης, ενδιάμεση σε ιστιδίνη και κυστεΐνη και υψηλή σε λευκίνη και σερίνη. Ποια είναι η σχέση μεταξύ του αριθμού κωδικονίων ενός αμινοξέος και της συχνότητας εμφάνισής του στις πρωτεΐνες;
76. Η βαλίνη καθορίζεται από τέσσερα κωδικόνια. Πώς μπορεί να διαφέρει η σχετική συχνότητά τους μεταξύ ενός φύκους που απομονώνεται από μια θερμή ηφαιστειογενή πηγή και ενός που απομονώθηκε από έναν κόλπο στην Αλάσκα;
77. Η αλληλουχία αμινοξέων μεταξύ μιας πρωτεΐνης από ζυμομύκητες (*candida boidinii*) και μιας ανθρώπινης που επιτελούν την ίδια λειτουργία βρέθηκαν να έχουν ομοιότητα κατά 60%. Όμως, τα αντίστοιχα DNA είναι μόνο κατά 45% όμοια. Πώς γίνεται να υπάρχει αυτή η διαφορά στο ποσοστό ομοιότητας;



- 78.** Ένα διάλυμα περιέχει DNA πολυμεράση, ιόντα μαγνησίου και ελεύθερα (τριφωσφορυλιωμένα) δεοξυριβονουκλεοτίδια A, G, C, T (dATP, dGTP, dCTP, dTTP). Τα μόρια που ακολουθούν προστίθενται σε μικρές ποσότητες σ' αυτό το διάλυμα. Ποια από αυτά θα οδηγήσουν σε σύνθεση DNA;
- Ένα κλειστό κυκλικό μονόκλωνο DNA με 2.000 νουκλεοτίδια.
 - Ένα κλειστό κυκλικό δίκλωνο DNA με 2.000 ζεύγη νουκλεοτιδίων.
 - Ένα κλειστό κυκλικό μονόκλωνο DNA με 2.000 νουκλεοτίδια ζευγαρωμένα με μία γραμμική αλυσίδα 500 νουκλεοτιδίων με ελεύθερο 3'-OH άκρο.
 - Ένα γραμμικό δίκλωνο μόριο 2.000 νουκλεοτιδίων με ελεύθερο 3'-OH σε κάθε άκρο.
- 79.** Έστω ότι θέλετε να μετρήσετε την ταχύτητα της αντίστροφης μεταγραφάσης. Αν η μήτρα RNA που διαθέτετε αποτελείται μόνο από ριβονουκλεοτίδια αδενίνης, ποιο ικνηθετημένο νουκλεοτίδιο πρέπει να χρησιμοποιήσετε για να παρακολουθήσετε την επιμήκυνση της αλυσίδας;
- 80.** Υπάρχουν ένζυμα που μπορούν και κόβουν το DNA (δεοξυριβονουκλεάσες) και ένζυμα που μπορούν να κόβουν το RNA (ριβονουκλεάσες). Σκεφτείτε ότι έχετε απομονώσει έναν ιό που μολύνει τα φύλλα ενός φυτού. Επίδραση κάποιας κατάλληλης ουσίας στα μολυσμένα φύλλα απομακρύνει τις ιϊκές πρωτεΐνες. Προσθήκη του εναπομείναντος υλικού μετά την επίδραση της ουσίας σε άλλα φύλλα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία θυγατρικών ιών. Συμπεραίνεται ότι η ουσία που μολύνει είναι ένα νουκλεϊκό οξύ.
- Προτείνετε έναν απλό και ευαίσθητο τρόπο να αποφασίσετε αν το υλικό του ιού είναι DNA ή RNA.
 - Είναι πιθανόν ο ιός να μεταφέρει ένα ένζυμο απαραίτητο για την αντιγραφή του;
- 81.** Το φαινόμενο της αυθόρμητης απαμίνωσης των βάσεων της κυτοσίνης στο DNA εμφανίζεται σε χαμηλή αλλά μετρήσιμη συχνότητα. Η κυτοσίνη γίνεται ουρακίλη όταν χάνει την αμινομάδα της. Μετά από αυτήν την τροποποίηση, ποια βάση ζευγαρώνει στη θέση αυτή στη θυγατρική αλυσίδα που είναι αποτέλεσμα ενός γύρου αντιγραφής; Σε δύο γύρους αντιγραφής;
- 82.** Ποιος από τους δυο κλώνους ενός γονιδίου περιέχει την γενετική πληροφορία;
- 83.** Γιατί στη δίχαλα αντιγραφής ο ένας κλώνος αντιγράφεται συνεχώς και ο άλλος ασυνεχώς;
- 84.** Δίνονται οι αλληλουχίες νουκλεοτιδίων στην κωδική αλυσίδα του DNA και στο mRNA:
- Κωδική αλυσίδα: $3\text{'-ATG - AGG - TTT - TCC - TAA - CCC - TAG-5'}$
- mRNA: $5\text{'-AUG - AGG - UUU - UCC - UAA - CCC - UAG-3'}$
- Έχει γίνει ένα λάθος; Ποιο είναι αυτό;
 - Πόσα αμινοξέα έχει το ολιγοπεπτίδιο που κωδικοποιείται από το παραπάνω mRNA;





ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΟΠΕΡΟΝΙΟ

Συνήθως οι μεταλλάξεις οδηγούν σε αδρανοποίηση των γονιδίων που τις υφίστανται. Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα στην λειτουργία των βακτηρίων *E. coli* στις ακόλουθες περιπτώσεις μεταλλάξεων;

85. Ποιος θα είναι ο φαινότυπος του βακτηρίου, όταν έχει υποστεί τέτοια μετάλλαξη το ρυθμιστικό γονίδιο, ώστε αυτό δεν μεταγράφεται;

- i. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- ii. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο παρουσία λακτόζης.
- iii. Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- iv. Το οπερόνιο βρίσκεται συνεχώς σε καταστολή.

86. Αν το μεταλλαγμένο στέλεχος του βακτηρίου, που φέρει το απενεργοποιημένο ρυθμιστικό γονίδιο μετασχηματιστεί με ένα αντίγραφο λειτουργικού ρυθμιστικού γονιδίου, ποιος θα είναι ο φαινότυπος του μετασχηματισμένου βακτηρίου;

- i. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- ii. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο παρουσία λακτόζης.
- iii. Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- iv. Το οπερόνιο βρίσκεται συνεχώς σε καταστολή.

87. Αν το ρυθμιστικό γονίδιο υφίσταται τέτοια μετάλλαξη ώστε να εκφράζεται μεν, αλλά ο καταστολέας να είναι ανίκανος να συνδεθεί με τον επαγωγέα, τότε:

- i. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- ii. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο παρουσία λακτόζης.
- iii. Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- iv. Το οπερόνιο βρίσκεται συνεχώς σε καταστολή.

88. Αν το αμέσως παραπάνω μεταλλαγμένο στέλεχος βακτηρίου μετασχηματιστεί με φυσιολογικό ρυθμιστικό γονίδιο τότε:

- i. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- ii. Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο παρουσία λακτόζης.
- iii. Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- iv. Το οπερόνιο βρίσκεται συνεχώς σε καταστολή.



89. Σε ένα στέλεχος *E.coli*, έχει μεταλλαχθεί η αλληλουχία του χειριστή και δεν είναι δυνατό να συνδεθεί η πρωτεΐνη καταστολέας, τότε:

- Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο παρουσία λακτόζης.
- Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- Το οπερόνιο βρίσκεται συνεχώς σε καταστολή.

90. Αν σε ένα στέλεχος *E. coli*, έχει μεταλλαχθεί η αλληλουχία του υποκινητή του οπερονίου, τότε:

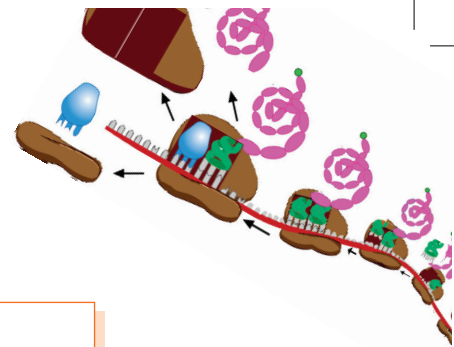
- Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο παρουσία λακτόζης.
- Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- Το οπερόνιο βρίσκεται συνεχώς σε καταστολή.

91. Αν σε ένα στέλεχος *E.coli*, έχει μεταλλαχθεί το γονίδιο της β-γαλακτοσιδάσης, τότε:

- Επηρεάζεται η παραγωγή όλων των πρωτεϊνών, που κωδικοποιούνται από το οπερόνιο.
- Επηρεάζεται μόνο η παραγωγή της β-γαλακτοσιδάσης.
- Επηρεάζεται η παραγωγή της β-γαλακτοσιδάσης και μπορεί και των άλλων πρωτεϊνών που κωδικοποιούνται από το οπερόνιο.
- Δεν επηρεάζεται η παραγωγή της β-γαλακτοσιδάσης, αλλά επηρεάζεται όλων των άλλων πρωτεϊνών που κωδικοποιούνται από το οπερόνιο.

92. Αν σε ένα στέλεχος *E. coli*, έχει μεταλλαχθεί το γονίδιο της περμεάσης, τότε:

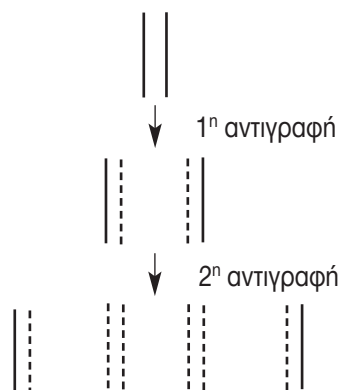
- Το οπερόνιο εκφράζεται μόνο απουσία λακτόζης.
- Το οπερόνιο εκφράζεται μέχρι εξαντλήσεως των αποθεμάτων λακτόζης στο κύτταρο.
- Το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς.
- Η έκφραση του οπερονίου σταματάει αμέσως.



ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

1. Ένα κύτταρο, που περιέχει ένα μόνο χρωμόσωμα τοποθετείται σε θρεπτικό υλικό που περιέχει ραδιενεργό φώσφορο. Έτσι, κάθε νέος κλώνος DNA που συντίθεται κατά την αντιγραφή του DNA θα είναι ραδιενεργός. Το κύτταρο αντιγράφει το DNA του και μετά διαιρείται. Τα θυγατρικά κύτταρα που βρίσκονται ακόμη στο ραδιενεργό θρεπτικό μέσο αντιγράφουν το DNA τους και διαιρούνται για άλλη μια φορά, οπότε έχουμε συνολικά τέσσερα κύτταρα. Σχεδιάστε το DNA σε καθένα από τα τέσσερα κύτταρα, παριστάνοντας το μη ραδιενεργό DNA με μία συνεχή γραμμή και το ραδιενεργό με διακεκομμένη γραμμή.

Το κύτταρο αρχικά αντιγράφει το DNA του, σχηματίζοντας δύο νέα μόρια DNA και στη συνέχεια διαιρείται. Όπως γνωρίζουμε ο μηχανισμός αντιγραφής του DNA είναι ημισυντηρητικός. Το καθένα από τα δύο νέα μόρια DNA αποτελείται από μια μητρική αλυσίδα (συνεχής γραμμή) και μια θυγατρική ραδιενεργό αλυσίδα (διακεκομμένη γραμμή). Κατά τη διαίρεση, κάθε κύτταρο παίρνει από ένα νέο υβριδικό μόριο DNA. Τα θυγατρικά κύτταρα αντιγράφουν ξανά το DNA τους και κατά τη διαίρεση προκύπτουν τελικά τέσσερα νέα κύτταρα. Στα δύο από αυτά, το DNA αποτελείται από δύο ραδιενεργές αλυσίδες, ενώ στα άλλα δύο το DNA αποτελείται από μια ραδιενεργό και μια μη ραδιενεργό αλυσίδα.



2. Για ποιο λόγο είναι απαραίτητο το ξετύλιγμα της έλικας του DNA πριν από την αντιγραφή; Ποιο είναι το ένζυμο που βοηθάει στο ξετύλιγμα;

Η αντιγραφή του DNA ξεκινάει με το ξετύλιγμα της διπλής έλικας στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής. Μεταξύ των δύο αλυσίδων σπάζουν οι υδρογονονικοί δεσμοί, με αποτέλεσμα να μένουν «ελεύθερες» οι αζωτούχες βάσεις τους, ώστε να μπορέσουν να αποτελέσουν την μήτρα για να τοποθετηθούν τα νέα νουκλεοτίδια σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας.



Τα ένζυμα που βοηθούν στο ξετύλιγμα της έλικας του DNA και στο σπάσιμο των υδρογονικών δεσμών μεταξύ των δύο αλυσίδων ονομάζονται DNA ελικάσες.

3. Να τοποθετήσετε τα παρακάτω ένζυμα στη σειρά με την οποία συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA.
- DNA δεσμάση
 - DNA πολυμεράση
 - DNA ελικάση

Η σειρά με την οποία τα παραπάνω ένζυμα συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA είναι:
DNA ελικάση → DNA πολυμεράση → DNA δεσμάση.

4. Ποια από τις παρακάτω πορείες καταλύεται από το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφή;
- RNA → DNA
 - DNA → RNA
 - RNA → RNA
 - DNA → DNA
 - RNA → πρωτεΐνες

Σωστή είναι η **α**.

5. Αν το 20% των αζωτούχων βάσεων ενός δίκλωνου τμήματος βακτηριακού DNA είναι αδερίνη - θυμίνη, ποιο θα είναι το ποσοστό των βάσεων γουανίνη - κυτοσίνη του RNA που μεταγράφεται από αυτό το DNA;
- 20%
 - 60%
 - 80%
 - 40%
 - 30%

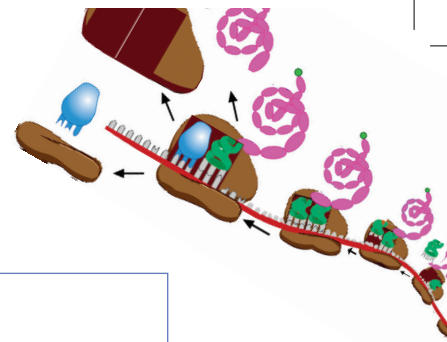
Σωστή είναι η **γ**.

6. Σε ποια στάδια της ροής της γενετικής πληροφορίας βρίσκει εφαρμογή η συμπληρωματικότητα των βάσεων;

Γνωρίζουμε ότι η αδερίνη συνδέεται με δεσμούς υδρογόνου μόνο με τη θυμίνη του DNA ή μόνο με την ουρακίλη του RNA και αντίστροφα, ενώ η κυτοσίνη συνδέεται με δεσμούς υδρογόνου μόνο με γουανίνη και αντίστροφα. Ανάμεσα στην αδερίνη και τη θυμίνη καθώς και ανάμεσα στην αδερίνη και την ουρακίλη σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και στην κυτοσίνη σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου.

Εξαιτίας της συμπληρωματικότητας των βάσεων έχουμε:

- Τη δομή της διπλής έλικας του DNA.
- Την αντιγραφή του DNA.
- Τη μεταγραφή.



- Την αποκοπή των εσωνίων του πρόδρομου mRNA των ευκαρυωτικών γονιδίων.
- Την αντίστροφη μεταγραφή.
- Την μετάφραση.
- Τον αυτοδιπλασιασμό των RNA ιών.

Δηλαδή η συμπληρωματικότητα των βάσεων βρίσκει εφαρμογή σε όλα τα στάδια της ροής της γενετικής πληροφορίας. (Βλέπε ερ. 8, σελ. 129)

7. Τμήμα μιας μεταγραφόμενης αλυσίδας βακτηριακού DNA έχει την παρακάτω αλληλουχία βάσεων: $3' \text{TAC TGC ATA ATG ATT} 5'$. Ποια είναι η ακολουθία βάσεων της συμπληρωματικής αλυσίδας DNA; Ποια θα είναι η αλληλουχία των κωδικονίων στο mRNA που μεταγράφεται από αυτή την αλυσίδα; Ποια είναι τα αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του RNA; Χρησιμοποιήστε τον πίνακα με το γενετικό κώδικα, για να καθορίσετε την ακολουθία των αμινοξέων του πεπτιδίου που θα συντεθεί από το mRNA. Μην παραλείψετε να συμπληρώσετε τα $5'$ και $3'$ άκρα των νουκλεϊκών οξέων.

Η συμπληρωματική αλυσίδα DNA θα είναι αντιπαράλληλη στην δοθείσα, άρα:

$5' \text{ATG ACG TAT TAC TAA} 3'$

Το mRNA που προκύπτει από την μεταγραφή είναι:

$5' \text{AUG ACG UAU UAC UAA} 3'$

Τα αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του mRNA (πλην του λήξης, που δεν υπάρχει αντικωδικόνιο) είναι:

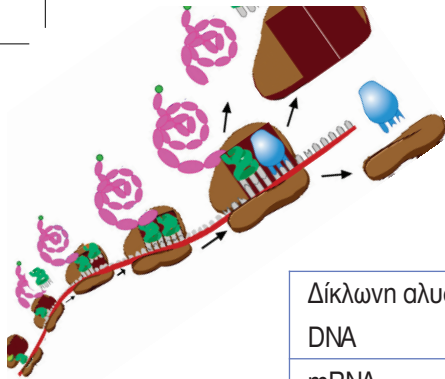
$3' \text{UAC} 5', 3' \text{UGC} 5', 3' \text{AUA} 5', 3' \text{AUG} 5'$

Η αμινοξική αλληλουχία του πεπτιδίου που θα συντεθεί, είναι:

$\text{H}_2\text{N} \text{μεθειονίνη-θρεονίνη-τυροσίνη-τυροσίνη} \text{COOH}$

8. Να συμπληρώσετε τις βάσεις και τα αμινοξέα στον παρακάτω πίνακα: (Να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας με το γενετικό κώδικα, από τον οποίο θα επιλέξετε μόνο ένα κωδικόνιο για κάθε αμινοξύ).

Δίκλωνη αλυσίδα DNA	$5' _ _ \text{G}$ TA		AA		$_ _ _ 3'$ (κωδική) CT
mRNA			$_ _ \text{U}$		U
Αντικωδικόνιο					
Αμινοξέα		λευκίνη		φαινυλαλανίνη	



Δίκλωνη αλυσίδα DNA	5'ATG 3'TAC	CTT GAA	AAT TTA	TTT AAA	TGA ₃ (κωδική) ACT ^{5'}
mRNA	5'AUG	CUU	AAU	UUU	UGA _{3'}
Αντικωδικόνιο	3'UAC ^{5'}	3'GAA ^{5'}	3'UUA ^{5'}	3'AAA ^{5'}	—
Αμινοξέα	H ₂ N μεθειονίνη	λευκίνη	ασπαραγίνη	φαινυλαλανίνη ^{COOH}	λήξη

9. Το μόριο της αιμοσφαιρίνης Α του ανθρώπου αποτελείται από 4 πολυπεπτιδικές αλυσίδες, δύο α όμοιες μεταξύ τους με 141 αμινοξέα η κάθε μία και δύο β όμοιες μεταξύ τους με 146 αμινοξέα η καθεμία.

- Πόσα είδη mRNA είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων;
- Από πόσες βάσεις αποτελείται η αλληλουχία του mRNA που αντιστοιχεί στις παραπάνω αλυσίδες; (Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης).

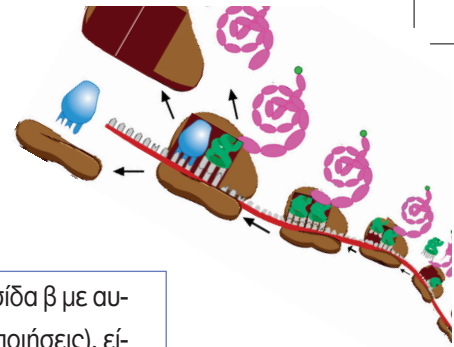
α. Για τη σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων της πρωτεΐνης είναι υπεύθυνα δύο είδη mRNA, ένα για την αλυσίδα α και ένα για την αλυσίδα β.

β. Το mRNA για τη σύνθεση της αλυσίδας α περιέχει $141 \times 3 = 423$ νουκλεοτίδια και το mRNA για τη σύνθεση της αλυσίδας β περιέχει $146 \times 3 = 438$ νουκλεοτίδια, αφού μια τριπλέτα νουκλεοτιδίων του mRNA κωδικοποιεί ένα αμινοξύ. Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης. Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι το mRNA έχει τις 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, οι οποίες επίσης δεν υπολογίζονται στον αριθμό των νουκλεοτιδίων. Τέλος δεν λαμβάνονται υπόψη οι ενδεχόμενες μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις των αλυσίδων α και β.

10. Από πρόδρομα ερυθρά αιμοσφαίρια απομονώνουμε mRNA που κωδικοποιεί τη β-αλυσίδα της αιμοσφαιρίνης Α και το βάζουμε σε εκχύλισμα βακτηριακών κυττάρων. Παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης. Εξηγήστε το φαινόμενο.

(Το εκχύλισμα κύτταρων περιέχει όλα τα λειτουργικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης).

Οι γενετικές πληροφορίες του DNA για τη σύνθεση των β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης Α έχουν μεταγραφεί στο αντίστοιχο mRNA στα πρόδρομα ερυθρά αιμοσφαίρια, όπου εκφράζεται το γονίδιο που κωδικοποιεί τις β αλυσίδες της αιμοσφαιρίνης Α. Η μετάφραση του mRNA, δηλαδή η αντιστοίχιση των κωδικονίων σε αμινοξέα και η διαδοχική σύνδεση των αμινοξέων σε πολυπεπτιδική αλυσίδα, πραγματοποιείται στα ριβοσώματα με τη βοήθεια των tRNA και με τη συμμετοχή αρκετών ενζύμων και ενέργειας. Τα ριβοσώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέση μετάφρασης για οποιοδήποτε mRNA. Επιπλέον, ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός με αποτέλεσμα πρακτικά όλοι οι οργανισμοί να έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Αυτό εξηγεί γιατί στο εκχύλισμα των βακτηριακών κυττάρων *in vitro* παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμο-

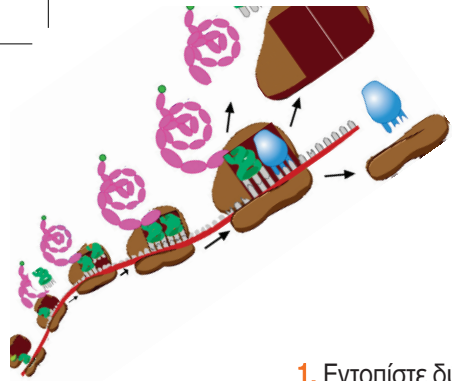


σφαιρίνης Α. Φυσικά προκειμένου να πάρουμε την ίδια ακριβώς πολυπεπτιδική αλυσίδα β με αυτή των ευκαρυωτικών κυττάρων (χωρίς τις ενδεχόμενες μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις), είναι προϋπόθεση το mRNA να απομονωθεί από το κυτταρόπλασμα των πρόδρομων ερυθρών αιμοσφαιρίων ώστε αυτό να είναι ώριμο, δηλαδή να μην περιέχει εσώνια.

11. Συμπληρώστε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

- α. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από διαφορετικά είδη αμινοξέων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε
- β. Μιαείναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικοποιεί ένα
- γ. Η πρωτεϊνσύνθεση πραγματοποιείται σε δομές του κυτταροπλάσματος που ονομάζονται
- δ. Ένα μόριο είναι «αντίγραφο» τμήματος του και μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τον πυρήνα στα
- ε. Η αλληλουχία των στο καθορίζει την ακολουθία των στην πρωτεΐνη.

- α. Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από **είκοσι** διαφορετικά είδη αμινοξέων, τα οποία είναι τοποθετημένα σε **συγκεκριμένη σειρά**.
- β. Μία **τριπλέτα** είναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικοποιεί ένα **αμινοξύ**.
- γ. Η πρωτεϊνσύνθεση πραγματοποιείται σε δομές του κυτταροπλάσματος που ονομάζονται **ριβοσώματα**.
- δ. Ένα μόριο **mRNA** είναι «αντίγραφο» τμήματος του **DNA** και μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από τον πυρήνα στα **ριβοσώματα**.
- ε. Η αλληλουχία των **νουκλεοτιδίων (βάσεων)** στο **DNA** καθορίζει την ακολουθία των **αμινοξέων** στην πρωτεΐνη.



ΓΟΝΙΔΙΑΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ

1. Εντοπίστε δύο διαφορές στον έλεγχο της γονιδιακής έκφρασης ανάμεσα στους προκαρυωτικούς και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

α. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους προκαρυωτικούς οργανισμούς γίνεται κυρίως στο επίπεδο της μεταγραφής και αποσκοπεί κυρίως στην προσαρμογή του οργανισμού στις εναλλαγές του περιβάλλοντος. Από την άλλη, η ρύθμιση της έκφρασης της γενετικής πληροφορίας στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς είναι πολύ πιο πολύπλοκη, διότι αποσκοπεί στην προσαρμογή των οργανισμών στο περιβάλλον, στην κυτταρική διαφοροποίηση και την έκφραση ορισμένων γονιδίων σε καθορισμένα αναπτυξιακά στάδια. Έτσι η ρύθμιση γίνεται σε τέσσερα επίπεδα: κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση.

β. Στο γονιδίωμα των προκαρυωτικών οργανισμών τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό ή στη βιοσύνθεση διάφορων αμινοξέων, είναι δυνατό να οργανώνονται σε οπερόνια και αποτελούν μια μονάδα που υπόκειται σε κοινό έλεγχο της έκφρασης όλων των γονιδίων, ενώ στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια δεν οργανώνονται σε οπερόνια, αλλά καθένα ρυθμίζεται ανεξάρτητα (κάθε γονίδιο έχει τον δικό του ανεξάρτητο υποκινητή).

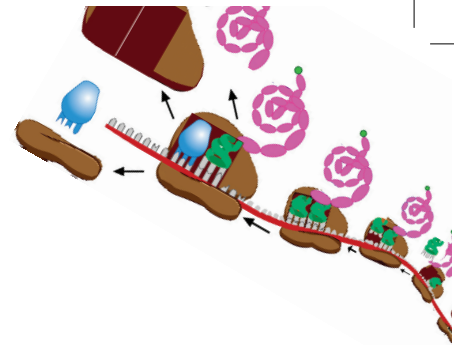
2. Τι είναι το οπερόνιο; Σε ποιους οργανισμούς συναντάται;

Στο γονιδίωμα των προκαρυωτικών οργανισμών, τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό ή στη βιοσύνθεση διάφορων αμινοξέων αποτελούν μια συστοιχία και υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους. Η μονάδα αυτή ονομάζεται οπερόνιο. Στο οπερόνιο της λακτόζης για παράδειγμα, εκτός από τα γονίδια των ενζύμων (δομικά γονίδια) συμπεριλαμβάνονται δύο ρυθμιστικές αλληλουχίες, ο χειριστής και ο υποκινητής, καθώς και ένα ρυθμιστικό γονίδιο, που συνθέτει μια ρυθμιστική πρωτεΐνη (πρωτεΐνη καταστολέας).

3. Στο οπερόνιο της λακτόζης, ο καταστολέας προσδένεται:

- α. Στον υποκινητή
- β. Στην αρχή του πρώτου γονιδίου
- γ. Στο χειριστή
- δ. Στο mRNA
- ε. Στο ρυθμιστικό γονίδιο

Σωστή είναι η γ.



4. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς η περιοχή του γονιδίου που μεταφράζεται είναι:

- α. Το οπερόνιο
- β. Ο υποκινητής
- γ. Ο χειριστής
- δ. Τα εσώνια
- ε. Τα εξώνια
- στ. Ο καταστολέας

Σωστή είναι η **ε**.

5. Τι είναι ο υποκινητής;

- α. Περιοχή στην οποία προσδένεται ο καταστολέας
- β. Περιοχή στην οποία προσδένεται η RNA πολυμεράση
- γ. Γονίδιο το οποίο κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα
- δ. Ένα δομικό γονίδιο
- ε. Ένα οπερόνιο

Σωστή είναι η **β**.

6. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης είναι πιο πολύπλοκη στους πολυκύτταρους οργανισμούς επειδή:

- α. Το ευκαρυωτικά κύτταρα είναι πολύ μικρότερα
- β. Σε ένα πολυκύτταρο οργανισμό τα διάφορα κύτταρα εξειδικεύονται σε διαφορετικές λειτουργίες
- γ. Το περιβάλλον γύρω από ένα πολυκύτταρο οργανισμό αλλάζει συνεχώς
- δ. Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν λιγότερα γονίδια, γι' αυτό κάθε γονίδιο πρέπει να έχει περισσότερες από μια λειτουργίες
- ε. Τα γονίδια των ευκαρυωτικών οργανισμών κωδικοποιούν πρωτεΐνες

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι η σωστή; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Σωστή είναι η **β**.

Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού διαφοροποιούνται και εξειδικεύονται, για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες. Τα κύτταρα όπως τα νευρικά, τα μυϊκά, τα ηπατικά, κ.ά., διαφέρουν στη δομή και στη λειτουργία τους, μολονότι έχουν όλα το ίδιο γενετικό υλικό. Τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού έχουν αναπτύξει μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να εκφράζουν τη γενετική τους πληροφορία επιλεκτικά και να ακολουθούν μόνο τις οδηγίες που χρειάζονται κάθε χρονική στιγμή. Κάθε κυτταρικός τύπος έχει εξειδικευμένη λειτουργία και πρέπει να υπάρχει πλήρης συντονισμός των λειτουργιών όλων των κυττάρων. Γι' αυτό, η τελειοποίηση των συστημάτων ελέγχου είναι αναγκαία και λόγω της μεγά-



λύτερης πολυπλοκότητας των ευκαρυωτικών κυττάρων, αλλά και επειδή πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών. Κατά συνέπεια, η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται σε πολλά επίπεδα: κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση.

7. Το κύτταρο του ήπατος, του δέρματος και τα μυϊκά κύτταρα είναι διαφορετικά επειδή:

- α. Υπάρχουν διαφορετικά είδη γονιδίων στα κύτταρα
- β. Βρίσκονται σε διαφορετικά όργανα
- γ. Διαφορετικά γονίδια λειτουργούν σε κάθε είδος κυττάρου
- δ. Περιέχουν διαφορετικούς αριθμούς γονιδίων
- ε. Διαφορετικές μεταλλάξεις έχουν συμβεί σε κάθε είδος κυττάρου

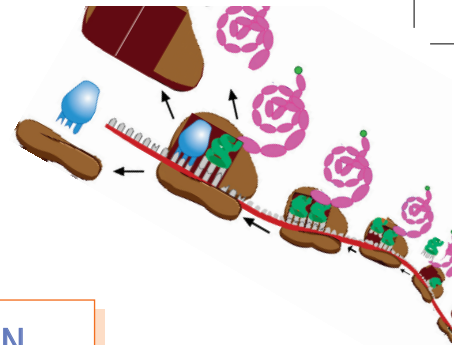
Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή;

Σωστή είναι η γ.

8. Σε στέλεχος του βακτηρίου *E. coli* δε λειτουργεί το γονίδιο που παράγει τον καταστολέα του οπερονίου της λακτόζης. Ποιο είναι το αποτέλεσμα σε σχέση με την παραγωγή ένζυμων που μεταβολίζουν την λακτόζη όταν το βακτήριο αναπτύσσεται:

- α. Παρουσία λακτόζης;
- β. Απουσία λακτόζης;

Στην περίπτωση αυτή που δεν λειτουργεί το ρυθμιστικό γονίδιο, το οποίο κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα του οπερονίου της λακτόζης, το οπερόνιο εκφράζεται συνεχώς ανεξάρτητα από την παρουσία (α) ή όχι λακτόζης (β), στο θρεπτικό υλικό ανάπτυξης του βακτηρίου. Συνεπώς στην περίπτωση της παρουσίας λακτόζης στο θρεπτικό υλικό, το βακτήριο μεταβολίζει τη λακτόζη προς γλυκόζη και γαλακτόζη, ενώ στην περίπτωση απουσίας λακτόζης ναι μεν παράγονται τα ένζυμα β-γαλακτοσιδάση, περμεάση, τρανσακετυλάση, αλλά δεν υπάρχει λακτόζη για να μεταβολιστεί. Απουσία λοιπόν του καταστολέα δεν επιτυγχάνεται ρύθμιση του οπερονίου της λακτόζης.

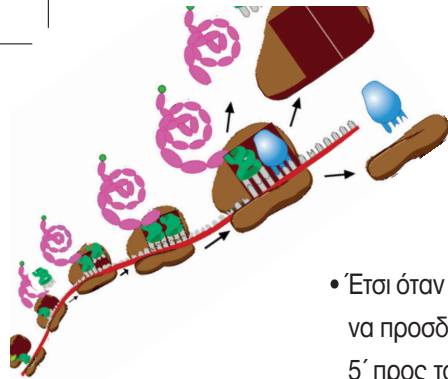


ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Για να λύσουμε τις ασκήσεις αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα παρακάτω:

- ✓ **Η αντιγραφή του DNA πραγματοποιείται ημισυντηρητικά.** Έτσι όταν ένα μόριο DNA, που δεν περιέχει κανένα ραδιενεργό στοιχείο, μεταφέρεται και διπλασιάζεται μια ή περισσότερες φορές σε περιβάλλον με ραδιενεργό ^{15}N ή ραδιενεργό ^{32}P , κάθε νεοσυντιθέμενη αλυσίδα θα περιέχει το ραδιενεργό στοιχείο, ενώ οι μητρικές αλυσίδες θα εξακολουθούν να μην περιέχουν το ραδιενεργό στοιχείο. Έτσι μετά την ολοκλήρωση όλων των διπλασιασμών σε ραδιενεργό περιβάλλον, το πλήθος των αλυσίδων που φέρουν ραδιενεργά στοιχεία είναι ίσο με τον ολικό αριθμό των αλυσίδων που υπάρχουν, πλην δύο. Οι μη ραδιενεργές αλυσίδες είναι δύο, όσες δηλαδή ήταν και αρχικά.
Όταν ένα μόριο DNA, μεταφέρεται σε περιβάλλον με ραδιενεργό ^{35}S και διπλασιάζεται μια ή περισσότερες φορές, τότε καμία νέα αλυσίδα δεν περιέχει το ραδιενεργό στοιχείο, αφού το S δεν αποτελεί συστατικό των νουκλεϊκών οξέων.
- ✓ Οι διαδικασίες αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης γίνονται πάντα με κατεύθυνση $5' \rightarrow 3'$ (δηλαδή η **νεοσυντιθέμενη νουκλεοτιδική αλυσίδα έχει προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$** , ενώ κατά τη μετάφραση το ριβόσωμα κινείται πάνω στο mRNA από το $5'$ προς το $3'$ άκρο του, συνθέτοντας **πεπτιδική αλυσίδα** με προσανατολισμό: **άμινο - H_2N - προς κάρβοξυ - COOH - άκρο**.
- ✓ Τα μόρια mRNA που προκύπτουν από τη διαδικασία της μεταγραφής πρέπει να διαθέτουν $5'$ και $3'$ αμετάφραστες περιοχές, το κωδικόνιο έναρξης $5' \text{ AUG } 3'$, αμέσως μετά το τελευταίο νουκλεοτίδιο της $5'$ αμετάφραστης περιοχής και το κωδικόνιο λήξης (ένα εκ των: $5' \text{ UGA } 3'$, $5' \text{ UAA } 3'$, $5' \text{ UAG } 3'$) αμέσως πριν το πρώτο νουκλεοτίδιο της $3'$ αμετάφραστης περιοχής*. Επίσης μεταξύ του κωδικονίου έναρξης και λήξης πρέπει να παρεμβάλλεται αριθμός νουκλεοτιδίων που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 3. **Άρα, μεταγράφεται ο κλώνος εκείνος του γονιδίου, από τον οποίο θα προκύψει μόριο mRNA με τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Ο κλώνος αυτός ονομάζεται μη κωδική αλυσίδα (ή μεταγραφόμενη αλυσίδα) και ο συμπληρωματικός του είναι η κωδική αλυσίδα, η οποία φέρει και την γενετική πληροφορία**, διότι το mRNA έχει τον ίδιο προσανατολισμό ($5' \rightarrow 3'$) και φέρει την ίδια αλληλουχία κωδικονίων με την κωδική αλυσίδα. Συνεπώς σε ένα γονίδιο η μη κωδική αλυσίδα είναι εκείνη με προσανατολισμό $3' \rightarrow 5'$ ως προς τη θέση του υποκινητή ενώ η κωδική αλυσίδα του γονιδίου και το mRNA έχουν προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$ ως προς τη θέση του υποκινητή.

* Το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου λήξης αποτελεί ουσιαστικά το πρώτο νουκλεοτίδιο της $3'$ αμετάφραστης περιοχής.

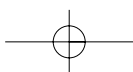
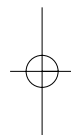
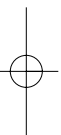
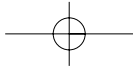


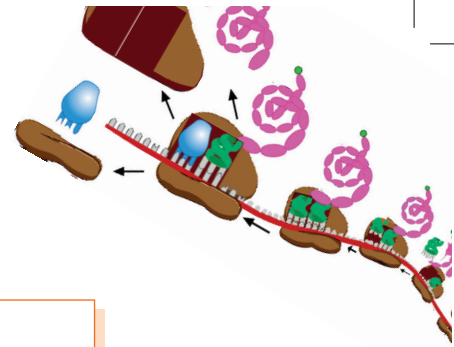
- Έτσι όταν σε μια άσκηση δίνονται οι δυο αλυσίδες ενός γονιδίου με τον προσανατολισμό τους, χωρίς να προσδιορίζεται η θέση του υποκινητή, η κωδική αλυσίδα είναι εκείνη που όταν διαβάζεται από το 5' προς το 3' άκρο της εντοπίζουμε πρώτα το κωδικόνιο έναρξης $5'ATG_3'$ και μετά από έναν αριθμό νουκλεοτιδίων που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 3, το κωδικόνιο λήξης (ένα εκ των: $5'TGA_3'$, $5'TAA_3'$, $5'TAG_3'$).
- **Η θέση του υποκινητή καθορίζει πάντα την κατεύθυνση της μεταγραφής.** Όταν δίνεται η θέση του υποκινητή και δεν δίνονται οι προσανατολισμοί των δύο αλυσίδων του γονιδίου, τότε η κωδική αλυσίδα είναι αυτή στην οποία εντοπίζεται πρώτα το κωδικόνιο έναρξης $5'ATG_3'$ και μετά από έναν αριθμό νουκλεοτιδίων που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 3, το κωδικόνιο λήξης (ένα εκ των: $5'TGA_3'$, $5'TAA_3'$, $5'TAG_3'$), όταν διαβάζουμε την αλυσίδα θέτοντας ως 5' άκρο της, το πρώτο νουκλεοτίδιο της μετά τον υποκινητή.
- Όταν δίνεται το γονίδιο χωρίς να προσδιορίζεται η θέση του υποκινητή και χωρίς να δίνεται ο προσανατολισμός των αλυσίδων, τότε η κωδική αλυσίδα είναι εκείνος ο κλώνος στον οποίο εντοπίζεται το κωδικόνιο $5'ATG_3'$ και μετά από έναν αριθμό νουκλεοτιδίων που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 3, εντοπίζεται ένα εκ των κωδικονίων λήξης: ($5'TGA_3'$, $5'TAA_3'$, $5'TAG_3'$) όταν διαβάζουμε την αλυσίδα θέτοντας το 5' άκρο της από τα αριστερά προς τα δεξιά ή από τα δεξιά προς τα αριστερά. (Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να εξετάσουμε τέσσερις πιθανούς συνδυασμούς προσανατολισμών, δύο για την κάθε αλυσίδα του γονιδίου).
- Όταν δίνεται ο ένας μόνο κλώνος του γονιδίου, τότε μπορούμε να προσδιορίσουμε αν πρόκειται για τη μη κωδική αλυσίδα ως εξής:
Αν στον δοθέντα κλώνο DNA εντοπίζεται πρώτα το κωδικόνιο TAC και μετά από έναν αριθμό νουκλεοτιδίων που είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 3, εντοπίζεται ένα εκ των κωδικονίων ACT, ATT, ATC διαβάζοντας με προσανατολισμό $3' \rightarrow 5'$ την αλυσίδα του DNA.

- ✓ Στα ευκαρυωτικά κύτταρα (και στους ιούς των ευκαρυωτικών κυττάρων) τα περισσότερα γονίδια είναι ασυνεχή. Συνεπώς το πρόδρομο mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή πρέπει να υποστεί ωρίμανση, κατά την οποία αφαιρούνται τα εσώνια και συρράπτονται τα εξώνια. Έτσι προκύπτει το ώριμο mRNA, στο οποίο εκτός από το πλαίσιο ανάγνωσης του οποίου ο αριθμός των νουκλεοτιδίων είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 3, υπάρχουν και οι 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές.
- ✓ Τα εσώνια είναι ενδιάμεσες αλληλουχίες των γονιδίων και επομένως ενδιάμεσες αλληλουχίες στο πρόδρομο mRNA. Αν ένα γονίδιο έχει κ εσώνια τότε έχει κ+1 εξώνια. Για να αποκοπεί μια αλληλουχία που είναι εσώνιο υδρολύονται 2 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί που βρίσκονται στα άκρα του. Για κάθε εσώνιο που απομακρύνεται σχηματίζεται ένας φωσφοδιεστερικός δεσμός μεταξύ των ακρών των εξωνίων τα οποία υπήρχαν εκατέρωθεν του εσωνίου αυτού. Έτσι για την απομάκρυνση κ εσωνίων υδρολύονται 2κ φωσφοδιεστερικοί δεσμοί και για τη συρραφή κ+1 εξωνίων σχηματίζονται κ φωσφοδιεστερικοί δεσμοί. Για το ισοζύγιο μορίων H_2O στο κύτταρο κατά την ωρίμανση του πρόδρομου mRNA, βλέπε μεθοδολογία κεφ. 1.



- ✓ Όταν σε μια άσκηση δίνεται ο αριθμός των αμινοξέων μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας και ζητείται ο αριθμός των νουκλεοτιδίων στο γονίδιο που την κωδικοποιεί, τότε ουσιαστικά μπορούμε να υπολογίσουμε μόνο τον αριθμό των νουκλεοτιδίων στο ανοικτό πλαίσιο αναγνώσής συν 3 νουκλεοτίδια του κωδικονίου λήξης (*αν z είναι ο αριθμός των αμινοξέων τότε $3z+3 = \text{αριθμός νουκλεοτιδίων στο mRNA}$ και $2 \times (3z+3) = \text{αριθμός νουκλεοτιδίων στο γονίδιο}$*). Δεν υπολογίζουμε στον αριθμό των νουκλεοτιδίων τους, στις 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, τα εσώνια (αν υπάρχουν), και τις αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής, εκτός αν γίνεται ειδική αναφορά του αριθμού τους στην άσκηση.
- ✓ Δεν υπάρχουν tRNAs που να αντιστοιχούν στα κωδικόνια λήξης. Τα κωδικόνια λήξης δεν κωδικοποιούν την ένταξη αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα. Όταν ζητούνται τα αντικωδικόνια, τότε αυτά γράφονται με προσανατολισμό 3'→5' (το καθένα ξεχωριστά, για να δείξουμε ότι είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους), ως συμπληρωματικά των κωδικονίων που ανήκουν στο mRNA, το οποίο έχει πάντα προσανατολισμό 5'→3'.
- ✓ Σε πολλές πρωτεΐνες μετά την σύνθεση τους απομακρύνεται η μεθειονίνη μαζί με ορισμένα ακόμη αμινοξέα από το αρχικό αμινικό τους άκρο (μετά-μεταφραστική τροποποίηση).
- ✓ Όταν μας ζητείται να βρούμε τον αριθμό των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης τη στιγμή της σύνθεσης της στα ριβοσώματα, θεωρούμε ότι δεν έχουν αφαιρεθεί αμινοξέα από το αρχικό αμινικό της άκρο.
- ✓ Ο αριθμός των πεπτιδικών δεσμών που υπάρχουν σε μια πολυπεπτιδική αλυσίδα είναι ίσος με τον αριθμό των αμινοξέων της -1.





ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΑ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα που παράγεται στο ανθρώπινο σώμα έχει μοριακό βάρος 220.000.
 - α. Πόσος χρόνος θα χρειαστεί για τη μετάφραση του mRNA που κωδικοποιεί αυτή την πολυπεπτιδική αλυσίδα; Δίνεται ότι το μέσο μοριακό βάρος του αμινοξέος είναι 110 και η ταχύτητα της μετάφρασης στα ευκαρυωτικά κύτταρα περίπου δύο αμινοξέα ανά δευτερόλεπτο.
 - β. Πόσος χρόνος χρειάζεται για τη σύνθεση ενός μορίου mRNA για την παραπάνω πολυπεπτιδική αλυσίδα, αν η ταχύτητα της μεταγραφής είναι περίπου 25 νουκλεοτίδια ανά δευτερόλεπτο;

ΛΥΣΗ:

- α. Αφού το μέσο μοριακό βάρος του αμινοξέος είναι 110 και η πολυπεπτιδική αλυσίδα έχει μοριακό βάρος 220.000, τότε αποτελείται από $220.000:110 = 2.000$ αμινοξέα.
Αφού μεταφράζονται 2 αμινοξέα σε κάθε δευτερόλεπτο, για να μεταφραστούν όλα τα αμινοξέα θα χρειαστούν $2.000:2 = 1.000$ δευτερόλεπτα.
- β. Αγνοώντας τα εσώνια και τις 3'-5'αμετάφραστες περιοχές και λαμβάνοντας υπόψη μόνο το κωδικόνιο λήξης, έχουμε πως το mRNA θα έχει $(3 \times 2.000) + 3 = 6.003$ νουκλεοτίδια και ο απαιτούμενος χρόνος είναι $6.003:25 = 240,12$ δευτερόλεπτα ή $240,12:60 = 4,002$ λεπτά.

2. Μια αποικία βακτηρίων, που δεν περιέχουν πλασμιδία και συνίσταται από 10^6 κύτταρα, περιέχει στο συνολικό της DNA 0,8 ng ^{31}P . Η αποικία μεταφέρεται και αναπτύσσεται σε νέο θρεπτικό υλικό, όπου ο φώσφορος βρίσκεται κατά 50% με τη μορφή ραδιενεργού ισότοπου ^{32}P . Να βρείτε πόσα ng ^{31}P και πόσα ng ^{32}P θα υπάρχουν στο γενετικό υλικό των κυττάρων που θα προκύψουν:
 - α. Μετά τον πρώτο διπλασιασμό των κυττάρων της αρχικής καλλιέργειας.
 - β. Μετά τον δεύτερο διπλασιασμό των κυττάρων της αρχικής καλλιέργειας.

ΛΥΣΗ:

- α. Μετά τον πρώτο διπλασιασμό θα έχει παραχθεί τόσο γενετικό υλικό όσο υπήρχε αρχικά, δηλαδή θα ενσωματωθούν 0,8 ng φωσφόρου τα οποία θα αποτελούνται από ^{31}P και ^{32}P σε ίσες ποσότητες αφού υπάρχει 50% ^{32}P στο περιβάλλον. Επομένως θα υπάρχουν στο γενετικό υλικό των κυττάρων που θα προκύψουν 1,6 ng φωσφόρου εκ των οποίων τα 1,2 ng θα είναι ^{31}P και τα 0,4 ng ^{32}P .
- β. Μετά το δεύτερο διπλασιασμό θα ενσωματωθούν επιπλέον 0,8 ng φωσφόρου, με 0,4 ng ^{31}P και 0,4 ng ^{32}P , οπότε τελικά στο γενετικό υλικό των κυττάρων που θα προκύψουν θα υπάρχουν 1,6 ng ^{31}P και 0,8 ng ^{32}P .



3. Ένα γονίδιο ευκαρυωτικού οργανισμού κωδικοποιεί για την σύνθεση μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας στα κύτταρα των οφθαλμών. Το μεταγράψιμο τμήμα του γονιδίου έχει μήκος 4.000 ζεύγη νουκλεοτιδίων και το 68% είναι εσώνια, ενώ οι 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές του αποτελούνται από 616 νουκλεοτίδια. Τι μήκος έχει η πολυπεπτιδική αλυσίδα που συντίθεται από αυτό το γονίδιο;

 ΛΥΣΗ:

Αφού κατά την ωρίμανση αφαιρέθηκε το 68% των νουκλεοτιδίων του πρόδρομου mRNA, που έχει μήκος 4.000 νουκλεοτίδια, δηλαδή αφαιρέθηκαν $(68:100) \times 4.000 = 2.720$ νουκλεοτίδια, το ώριμο mRNA θα αποτελείται από $4.000 - 2.720 = 1.280$ βάσεις. Από αυτές, αφού 308 αποτελούν τις 3' και 5' αμετάφραστες περιοχές και 3 νουκλεοτίδια αποτελούν το κωδικόνιο λήξης της μετάφρασης, το ανοιχτό πλαίσιο του ώριμου mRNA θα αποτελείται από $1.280 - 308 - 3 = 969$ νουκλεοτίδια. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα που κωδικοποιείται από το mRNA αυτό θα αποτελείται από $969:3 = 323$ αμινοξέα δεδομένου ότι κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 μη επικαλυπτόμενα νουκλεοτίδια. Ωστόσο, αυτός ο αριθμός θα είναι ο μέγιστος αριθμός αμινοξέων της πολυπεπτιδικής αλυσίδας αφού υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο των μετα-μεταφραστικών τροποποιήσεων, οι οποίες θα έχουν ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση ορισμένων πεπτιδίων.

4. Δίδεται το παρακάτω τμήμα μορίου προκαρυωτικού DNA, στο οποίο κωδικοποιείται η γενετική πληροφορία για την σύνθεση μικρής αλυσίδας αμινοξέων:

(I) ...TTTACGTTATGAAAGATACTCGGCTC...

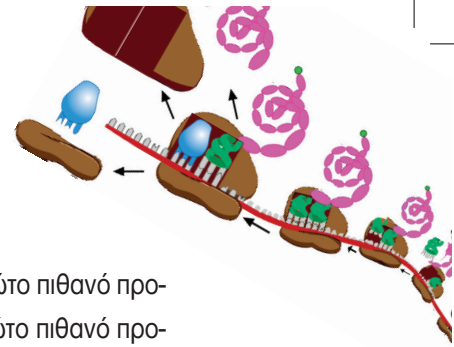
(II) ...AAAATGCAATACTTTCTATGAGCCGAG...

- Σε ποία από τις παραπάνω αλυσίδες βρίσκεται η γενετική πληροφορία και γιατί;
- Να γράψετε το μόριο του mRNA το οποίο σχηματίζεται κατά την μεταγραφή του παραπάνω DNA και να ορίσετε το 3' και 5' άκρο του μορίου αυτού.
- Ποσα αμινοξέα έχει η αλυσίδα που σχηματίζεται και γιατί;
- Να γράψετε τα αντικωδικόνια των tRNA που συμμετέχουν στην μετάφραση του παραπάνω μορίου DNA.

Εισαγωγικές εξετάσεις ομογενών 2003

 ΛΥΣΗ:

Η γενετική πληροφορία είναι ουσιαστικά η πληροφορία που μεταφέρεται από το mRNA στα ριβοσώματα και η οποία καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα. Η κατασκευή του mRNA γίνεται με βάση την αλληλουχία νουκλεοτιδίων της μη κωδικής αλυσίδας, δηλαδή της μεταγραφόμενης. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη μεταγραφή, η RNA πολυμεράση τοποθετεί απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια της μεταγραφόμενης αλυσίδας συμπληρωματικά ριβονουκλεοτίδια, με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας, μόνο που αντί για θυμίνη τοποθετεί ουρακίλη. Το mRNA που προκύπτει είναι συμπληρωματικό της μη κωδικής αλυσίδας και πανομοιότυπο με την κωδική (υπάρχει βέβαια η διαφορά βάσεων που αναφέρθηκε παραπάνω, δηλαδή αντί για θυμίνη υπάρχει ουρακίλη και τα νουκλεοτίδια αποτελούνται από ριβόζη).



α. Μετά από εξέταση της νουκλεοτιδικής αλληλουχίας παρατηρούμε ότι τόσο στον πρώτο πιθανό προσανατολισμό της αλυσίδας (I) ($5' \rightarrow 3'$ από αριστερά προς τα δεξιά) όσο και στον πρώτο πιθανό προσανατολισμό της αλυσίδας (II) ($5' \rightarrow 3'$ από αριστερά προς τα δεξιά) βρίσκουμε το κωδικόνιο έναρξης ATG. Ωστόσο, στην περίπτωση της αλυσίδας (I) δεν βρίσκουμε κωδικόνιο λήξης (TGA, TAG ή TAA), ενώ στην περίπτωση της αλυσίδας (II) βρίσκουμε το κωδικόνιο λήξης TGA. Επιπλέον, μεταξύ των δύο κωδικονίων παρεμβάλλονται 12 νουκλεοτίδια (συνεπώς 4 κωδικόνια) τα οποία κωδικοποιούν για 4 αμινοξέα (επιπλέον της μεθειονίνης κατά την έναρξη). Συνεπώς η κωδική αλυσίδα είναι η (II).

(I) $5' \dots \text{TTTAC} \dots \text{ACTCGGCTC} \dots 3'$
 (II) $3' \dots \text{AAAATG} \dots \text{TGAGCCGAG} \dots 5'$
 ή
 (I) $3' \dots \text{TTTAC} \dots \text{ACTCGGCTC} \dots 5'$
 (II) $5' \dots \text{AAAATG} \dots \text{TGAGCCGAG} \dots 3'$

β. Η μεταγραφή γίνεται πάντα με προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$, άρα το μεταγράφημα που προκύπτει από τη μεταγραφή του συγκεκριμένου μορίου DNA είναι:

$5' \dots \text{AAAGCAUACUUUCUAUGAGCCGAG} \dots 3'$

γ. Η πεπτιδική αλυσίδα που σχηματίστηκε αποτελείται από 5 αμινοξέα καθώς η μετάφραση του mRNA ξεκινάει από το κωδικόνιο έναρξης που κωδικοποιεί μεθειονίνη και σταματάει στο κωδικόνιο λήξης, χωρίς όμως αυτό να κωδικοποιεί κάποιο αμινοξύ.

δ. Τα αντικωδικόνια των κωδικονίων που αποτελούν το αναγνωστικό πλαίσιο είναι τα παρακάτω:

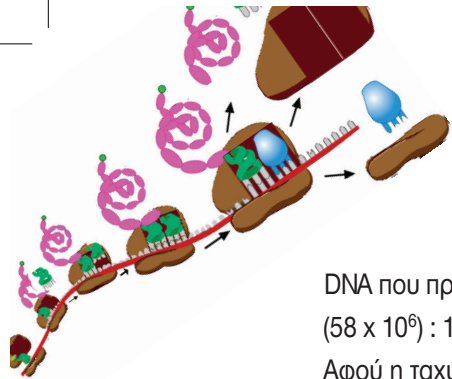
$3' \text{UAC} 5'$
 $3' \text{GUU} 5'$
 $3' \text{AUG} 5'$
 $3' \text{AAA} 5'$
 $3' \text{GAU} 5'$

5. Το ανθρώπινο φυλετικό χρωμόσωμα Y αποτελείται από 58×10^6 ζεύγη νουκλεοτιδίων και περιέχει 78 γονίδια. Γνωρίζουμε ότι η ταχύτητα της DNA πολυμεράσης είναι 50 νουκλεοτίδια ανά δευτερόλεπτο και θεωρούμε ότι το Y χρωμόσωμα φέρει 99 θέσεις έναρξης της αντιγραφής, οι οποίες ισαπέχουν μεταξύ τους και ενεργοποιούνται όλες συγχρόνως.

- Σε πόσο χρόνο θα ολοκληρωθεί η αντιγραφή του Y χρωμοσώματος;
- Πόσα τουλάχιστον νουκλεοτίδια θα χρησιμοποιηθούν για την αντιγραφή του;
- Πόσα πρωταρχικά τμήματα θα δημιουργηθούν, αν θεωρήσουμε ότι σε κάθε ασυνεχή κλώνο μιας διχάλας αντιγραφής, η DNA δεσμάση δρα 1.000 φορές;
- Πόσα λάθη αναμένονται πριν και μετά τη δράση των επιδιορθωτικών ενζύμων;

 ΛΥΣΗ:

α. Εφόσον το χρωμόσωμα Y φέρει 99 θέσεις έναρξης της αντιγραφής, από τις οποίες καμία δεν βρίσκεται στα άκρα του χρωμοσώματος, αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν 100 ενδιάμεσα αυτών τμήματα



DNA που πρόκειται να αντιγραφούν. Το καθένα από αυτά τα τμήματα θα αποτελείται από $(58 \times 10^6) : 100 = 58 \times 10^4$ ζεύγη νουκλεοτιδίων.

Αφού η ταχύτητα της DNA πολυμεράσης είναι 50 νουκλεοτίδια/δευτερόλεπτο, η αντιγραφή κάθε ακραίου τμήματος 58×10^4 ζευγών νουκλεοτιδίων θα ολοκληρωθεί σε $(58 \times 10^4) : 50 = 11.600$ δευτερόλεπτα ή σε 3,22 ώρες. Δεν υπάρχουν θέσης έναρξης της αντιγραφής στα άκρα των χρωμοσωμάτων. Έτσι στα δύο ακραία τμήματα η αντιγραφή τους επιτελείται από μία μονόδρομη δικάλα, οπότε ο χρόνος αντιγραφής τους είναι μεγαλύτερος από ότι είναι του ιδίου μήκους ενδιάμεσων τμημάτων DNA. Η αντιγραφή ολόκληρου του Y χρωμοσώματος θα ολοκληρωθεί σε 3,22 ώρες αφού όλες οι θέσεις έναρξης της αντιγραφής ενεργοποιούνται συγχρόνως.

- β. Εφόσον το Y χρωμόσωμα έχει μήκος 58×10^6 ζεύγη νουκλεοτιδίων, σημαίνει ότι αποτελείται από $2 \times (58 \times 10^6) = 116 \times 10^6$ νουκλεοτίδια.

Έτσι, για την αντιγραφή του χρωμοσώματος απαιτούνται τουλάχιστον 116×10^6 δεοξυριβονουκλεοτίδια, δηλαδή όσα απαιτούνται για να διπλασιαστεί το χρωμόσωμα και επιπλέον όσα δεοξυριβονουκλεοτίδια απαιτήθηκαν για την επιδιόρθωση των λαθών που προέκυψαν. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκε ένας αριθμός ριβονουκλεοτιδίων που απαιτήθηκαν για τη σύνθεση των πρωταρχικών τμημάτων.

- γ. Σε κάθε δικάλα αντιγραφής σχηματίζεται ένα πρωταρχικό τμήμα για την επιμήκυνση του κλώνου που συντίθεται συνεχώς και 500 πρωταρχικά τμήματα για την επιμήκυνση του κλώνου που συντίθεται ασυνεχώς. Άρα, συνολικά θα δημιουργηθούν $(99 \times 2) \times 501 = 99.198$ πρωταρχικά τμήματα.

Εφόσον η DNA δεσμάση δρα 1.000 φορές στον ασυνεχή κλώνο και δεδομένου ότι σε κάθε πρωταρχικό τμήμα (εκτός από τα άκρα του χρωμοσώματος, των οποίων ο τρόπος διπλασιασμού ξεφεύγει από τα δεδομένα του συγκεκριμένου βιβλίου) η DNA δεσμάση δρα δύο φορές, θα υπάρχουν 500 πρωταρχικά τμήματα σε κάθε ασυνεχή κλώνο της δικάλας αντιγραφής.

- δ. Η DNA πολυμεράση τοποθετεί κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας ένα νουκλεοτίδιο για κάθε 100.000 νουκλεοτίδια, συνεπώς πριν τη δράση των επιδιορθωτικών ενζύμων θα υπάρχουν $(116 \times 10^6) : 10^5 = 1.160$ νουκλεοτίδια τοποθετημένα λάθος.

Μετά τη δράση των επιδιορθωτικών ενζύμων, τα οποία επιτρέπουν την τοποθέτηση κατά παράβαση της συμπληρωματικότητας μόλις ενός νουκλεοτιδίου στα 10^{10} , τα λάθη της αντιγραφής στο Y χρωμόσωμα θα είναι πρακτικά μηδέν.

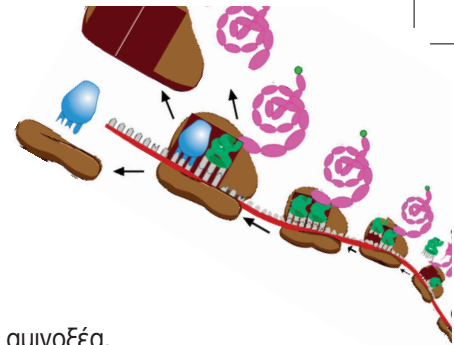
6. Έστω ότι το γονίδιο PRKY έχει μήκος 55.000 ζεύγη νουκλεοτιδίων και η πρόδρομη πρωτεΐνη που κωδικοποιείται από αυτό έχει M.B. 77×10^4 .

α. Ποιο είναι το ποσοστό του γονιδίου που καταλαμβάνει η κωδικοποιούσα περιοχή του; Πόσοι πεπτιδικοί δεσμοί συγκρατούν την πολυπεπτιδική αλυσίδα;

β. Αν το 1/5 του γονιδίου αποτελείται από ισομεγέθη εσώνια και κατά την ωρίμανση του mRNA το κύτταρο ξόδεψε 11 μόρια νερού, πόσα και τι μεγέθους εσώνια φέρει το γονίδιο;

γ. Πολύσωμα μεταφράζει το mRNA του γονιδίου PRKY. Αν τα ριβοσώματα απέχουν μεταξύ τους 1.500 νουκλεοτίδια και το πρώτο ριβόσωμα μόλις έφτασε στο κωδικόνιο λήξης, σε ποιο κωδικόνιο θα βρίσκεται το έβδομο ριβόσωμα;

(Δίνεται το μέσο M.B. ενός αμινοξέος ότι είναι 110).



ΛΥΣΗ:

- α. Η κωδικοποιούσα περιοχή του γονιδίου είναι τα νουκλεοτίδια που μεταφράζονται σε αμινοξέα. Εφόσον το Μ.Β της πρωτεΐνης είναι 77×10^4 και το Μ.Β. του κάθε αμινοξέος είναι 110 έχουμε:
 $77 \times 10^4 : 110 = 7.000$ αμινοξέα συνιστούν το πρόδρομο πολυπεπίδιο.
 Άρα $(7.000 \times 3) = 21.000$ νουκλεοτίδια αποτελούν τα εξώνια του mRNA που κωδικοποιεί αυτή την πρωτεΐνη. Επειδή όμως το γονίδιο είναι δίκλωνο η κωδικοποιούσα περιοχή του γονιδίου θα συνίσταται από 21.000 ζ.β.
 Επομένως η κωδική περιοχή καταλαμβάνει το $(100:55.000) \times 21.000 = 38,2\%$ του γονιδίου.
 Εφόσον η πρόδρομη πρωτεΐνη συνίσταται από 7.000 αμινοξέα θα υπάρχουν σε αυτή 6.999 πεπτιδικοί δεσμοί.
- β. Το $1/5$ του γονιδίου αποτελείται από $55.000:5=11.000$ ζεύγη νουκλεοτιδίων. Εφόσον κατά την ωρίμανση του mRNA του γονιδίου PRKY ξοδεύτηκαν 11 μόρια H_2O , σημαίνει ότι απομακρύνθηκαν 11 εσώνια από το πρόδρομο mRNA, επομένως αφού τα εσώνια είναι ισομεγέθη, το καθένα θα αποτελείται από 1.000 ζ.β.
- γ. Το κάθε ριβόσωμα καταλαμβάνει δύο κωδικόνια πάνω στο mRNA. Εφόσον η πρόδρομη πρωτεΐνη συνίσταται από 7.000 αμινοξέα, το mRNA που την κωδικοποιεί φέρει επίσης 7.000 κωδικόνια συν ένα το κωδικόνιο λήξης. Αφού το τελευταίο ριβόσωμα καταλαμβάνει το τελευταίο κωδικόνιο του τελευταίου εξωνίου και το κωδικόνιο λήξης, τότε, αφού κάθε ριβόσωμα του πολυσώματος απέχει από το προηγούμενο 1.500 νουκλεοτίδια, δηλαδή $1.500 : 3 = 500$ κωδικόνια, το 7ο από την αρχή ριβόσωμα θα απέχει από το πρώτο 3.500 κωδικόνια, δηλαδή θα καταλαμβάνει το 3498ο και 3499ο κωδικόνιο του mRNA.

7. Δίνονται τα λειτουργικά πεπτίδια I και II.

(I) H_2N λευκίνη-γλουταμινικό-ισολευκίνη-ηρολίνη $COOH$

(II) $HOOC$ φαινυλαλανίνη-ασπαραγίνη-αργινίνη-σερίνη H_2N

Γνωρίζουμε ότι κατά τις μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις που έλαβαν χώρα στο σύστημα Golgi του κυττάρου, αφαιρέθηκε ένα αμινοξύ από το αμινικό άκρο του πρώτου πεπτιδίου και τρία από το δεύτερο πεπτίδιο.

Δίνεται η παρακάτω αλληλουχία του DNA. Να βρείτε ποια είναι η κωδική αλυσίδα που κωδικοποιεί για κάθε ένα από τα δύο πεπτίδια, δεδομένου ότι σε κάθε ένα από τα πρόδρομα mRNA των δύο πεπτιδίων αφαιρέθηκε εσώνιο πέντε ριβονουκλεοτιδίων.





ΛΥΣΗ:

Η παραπάνω αλληλουχία ζευγών βάσεων ουσιαστικά συνιστά δύο διαφορετικά γονίδια που το καθένα κωδικοποιεί για διαφορετική πολυπεπτιδική αλυσίδα. Αυτό είναι δυνατό να συμβαίνει, αφού υπάρχουν δύο διαφορετικοί υποκινητές εκατέρωθεν της αλληλουχίας.

Μετά από παρατήρηση της νουκλεοτιδικής αλληλουχίας διαπιστώνουμε ότι το πρώτο πεπτίδιο κωδικοποιείται από το γονίδιο 2 (με τον υποκινητή 2) του οποίου η κωδική αλυσίδα είναι η κάτω. Διότι η αλληλουχία των κωδικονίων της κωδικοποιεί για το πεπτίδιο:

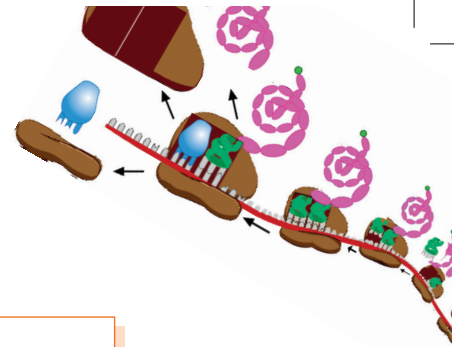


ενώ μεταξύ του κωδικονίου που κωδικοποιεί για γλουταμινικό και του κωδικονίου που κωδικοποιεί για ισολευκίνη παρεμβάλλεται εσώνιο 5 ζευγών νουκλεοτιδίων.

Επίσης, το δεύτερο πεπτίδιο κωδικοποιείται από το πρώτο γονίδιο (υποκινητής 1) και η κωδική αλυσίδα είναι η πάνω. Διότι η αλληλουχία των κωδικονίων της κωδικοποιεί για το πεπτίδιο:



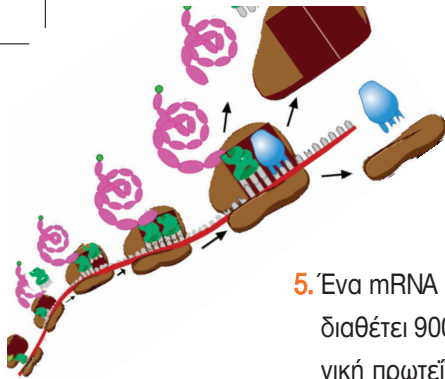
ενώ μεταξύ του κωδικονίου που κωδικοποιεί για ασπαραγίνη και φαινυλαλανίνη παρεμβάλλεται αλληλουχία 5 ζευγών νουκλεοτιδίων που προφανώς συνιστά το εσώνιο.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΛΥΣΗ

Σημείωση: Σε όλες τις ασκήσεις όπου απαιτείται το μέσο Μοριακό Βάρος των αμινοξέων θα θεωρείται το 100, προκειμένου να διευκολυθούν οι αριθμητικές πράξεις.

1. Στο κλασικό πείραμα των Meselson και Stahl, βακτήρια αναπτύχθηκαν για πολλές γενεές σε θρεπτικό υλικό με πηγή αζώτου το ισότοπο ^{15}N . Έτσι ενσωμάτωσαν στο DNA και τις πρωτεΐνες τους αυτό το ισότοπο. Το DNA τους όταν απομονωνόταν είχε υψηλή πυκνότητα. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν σε θρεπτικό υλικό με το κανονικό ισότοπο του αζώτου ^{14}N και διπλασιάστηκαν πάλι για πολλές γενεές. Το DNA που απομονώθηκε από τον πρώτο διπλασιασμό αυτών των βακτηρίων είχε ενδιάμεση πυκνότητα.
 - α. Γιατί το πείραμα θεωρήθηκε απόδειξη του ημισυντηρητικού τρόπου αντιγραφής του DNA;
 - β. Να σχεδιάσετε τα μόρια του DNA συμβολίζοντας την αλυσίδα που περιέχει το ^{15}N με σπικτή γραμμή και την αλυσίδα που περιέχει ^{14}N με συνεχή γραμμή.
 - γ. Θα μπορούσαν να καταλήξουν στα ίδια συμπεράσματα χρησιμοποιώντας ραδιενεργό και μη ραδιενεργό θείο;
2. Ένα πρόδρομο mRNA αποτελείται από 1.000 νουκλεοτίδια, ενώ η πολυπεπτιδική αλυσίδα που προκύπτει από τη μετάφραση του αποτελείται από 250 αμινοξέα.
 - α. Εκτός από τα εξώνια, ποιες άλλες περιοχές βρίσκουμε σε ένα πρόδρομο mRNA;
 - β. Να υπολογίσετε τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του μεταφράσιμου τμήματος του mRNA (μαζί με το κωδικόνιο λήξης).
 - γ. Αν το γονίδιο περιέχει δύο εσώνια, κατά την ωρίμανση, το κύτταρο χάνει ή κερδίζει μόρια νερού;
3. Δίνεται ένα βακτηριακό γονίδιο που μεταγράφεται. Ο μεταγραφόμενος κλώνος του, περιέχει 10% A, 20% T, 40% C και 30% G.
 - α. Να υπολογίσετε την (%) σύσταση των βάσεων του mRNA που θα προκύψει.
 - β. Ποιος είναι ο προσανατολισμός του μεταγραφόμενου κλώνου και του mRNA;
 - γ. Αν το γονίδιο αποτελείται από 2.000 νουκλεοτίδια, πόσοι δεσμοί υδρογόνου σχηματίζονται μεταξύ των βάσεων του;
 - δ. Αν υποθεθεί ότι δεν εμπεριέχει αμετάφραστες περιοχές και από την πρωτεΐνη αποκόβονται 32 αμινοξέα μεταμεταφραστικά, από πόσα αμινοξέα θα αποτελείται η λειτουργική πρωτεΐνη;
4. Το προϊόν μεταγραφής ενός γονιδίου έχει μήκος 10.000 νουκλεοτίδια. Αν στο γονίδιο σχηματίζονται 24.500 δεσμοί υδρογόνου, να βρεθεί η σύσταση του γονιδίου σε αζωτούχες βάσεις.



5. Ένα mRNA ευκαρυωτικού κυττάρου περιέχει 150 αζωτούχες βάσεις στην 5' αμετάφραστη περιοχή, διαθέτει 900 αζωτούχες βάσεις εσώνια και 300 βάσεις στην 3' αμετάφραστη περιοχή. Αν η λειτουργική πρωτεΐνη αποτελείται από 99 αμινοξέα και έχουν αποκοπεί μετα-μεταφραστικά 50, από πόσα νουκλεοτίδια αποτελείται το πρόδρομο mRNA και από πόσα το ώριμο mRNA;

6. Δίνεται μέρος της 5' αμετάφραστης περιοχής και τμήμα του πρώτου εξωνίου του πρόδρομου mRNA, που κωδικοποιεί τα πρώτα πέντε αμινοξέα στη πολυπεπτιδική αλυσίδα της ινσουλίνης (υποθετική αλληλουχία):

....AGGGGAGUGCAUCUGUUAACUCAUGAGGAGAAGUCUG...

- Na γράψετε τα πέντε πρώτα αμινοξέα της μεταφραζόμενης πρωτεΐνης (να συμβουλευτείτε το γενετικό κώδικα).
- Na γράψετε την αλληλουχία των μεταφραζόμενων νουκλεοτιδίων στον κωδικό κλώνο του γονιδίου και να σημειώσετε τα 5' και 3' άκρα στο DNA.
- Αν κάνουμε ανάλυση στην αλληλουχία των αμινοξέων της ινσουλίνης, το πρώτο αμινοξύ θα είναι σίγουρα η μεθειονίνη;

7. Δίνεται τμήμα της αλληλουχίας νουκλεοτιδίων του ώριμου mRNA που κωδικοποιεί για ένα ολιγοπεπτίδιο:

...AGGCCAGUGUAGGAUCAGCCGUAUACGAA...

- Na καθορίσετε την 5' αμετάφραστη και την 3' αμετάφραστη περιοχή.
- Πόσα αμινοξέα θα έχει το τελικό ολιγοπεπτίδιο, δεδομένου ότι έχει μεθειονίνη μόνο στο καρβοξυτελικό άκρο του;

8. Δίνεται ένας κλώνος DNA με την εξής αλληλουχία νουκλεοτιδίων:

...AAC - CCA - TAC - TTA - CGT...TTT - TTT - TTT - ACT - CCG - AGT - CAT...

Na δοθεί ο ορισμός του γονιδίου και του mRNA. Na γράφει και να αιτιολογηθεί το mRNA, που προκύπτει από την παραπάνω αλληλουχία.

Πανελλαδικές εξετάσεις 1992

9. Μια πεπτιδική αλυσίδα έχει τη παρακάτω σύνθεση:

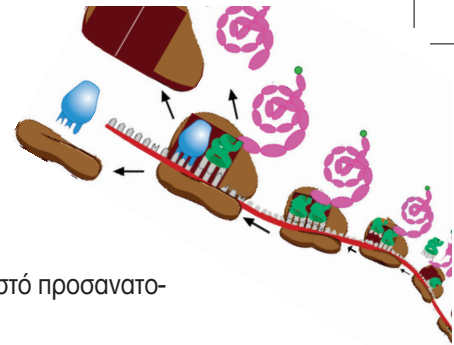
^{HOOC} - μεθειονίνη - αλανίνη - αλανίνη - λευκίνη - ιστιδίνη - βαλίνη - ^{H₂N}

Na γράψετε ένα πιθανό πλαίσιο ανάγνωσης του mRNA (λόγω εκφυλισμού υπάρχουν πολλοί συνδυασμοί) και τα αντικωδικόνια των tRNA που αντιστοιχούν. Na φαίνεται ο προσανατολισμός όπου χρειάζεται. Na συμβουλευτείτε το γενετικό κώδικα.

10. Δίνεται τμήμα της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων του γονιδίου lacY (για την άσκηση, μια υποθετική αλληλουχία) που κωδικοποιεί την πολυπεπτιδική αλυσίδα της περμεάσης στο μεταβολικό μονοπάτι διάσπασης της λακτόζης:

lacA αλυσίδα I...AAATGTACAATGTTTCAGGGTCTGTAATTTAT... lacZ

lacA αλυσίδα II...TTTACATGTTACAAAGTCCCAGACATTAAATA... lacZ



- α. Να γράψετε το mRNA που θα προκύψει από τη μεταγραφή, σημειώνοντας το σωστό προσανατολισμό. (Δίνεται ότι η σειρά των γονιδίων στο οπερόνιο είναι *lacZYA*).
β. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

11. Το πεπτίδιο H_2N **μεθειονίνη-φαινυλαλανίνη-αλανίνη-σερίνη** $COOH$ παράγεται από το παρακάτω γονίδιο που περιέχει εσώνιο μήκους 6 ζευγών βάσεων:

5' **CCCGATGTTTACCGAAGCTTCATAAAAAGC** 3'
3' **GGGCTACAAATGGCTTCGAAGTATTTTTCG** 5'

- α. Να γράψετε το ώριμο mRNA που προκύπτει.
β. Το παραπάνω γονίδιο μπορεί να ανήκει στο βακτήριο *Escherichia coli*;
γ. Με δεδομένη την καθολικότητα του γενετικού κώδικα, αν εισάγαμε το γονίδιο σε εκκύλισμα κυττάρων *E. coli* θα παραγόταν το oligopeπίδιο;
(φαινυλαλανίνη: $5'UUU_3$, αλανίνη: $5'GCU_3$, σερίνη: $5'UCA_3$)

12. 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

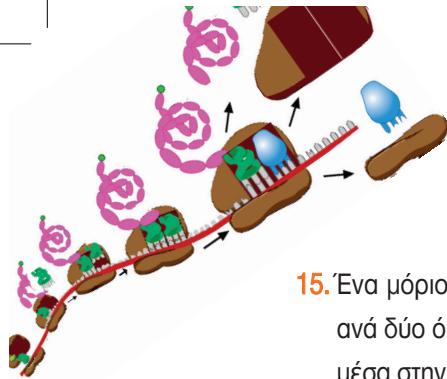
Να ορίσετε τα άκρα 5' και 3' των παραπάνω αλυσίδων DNA και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. Να γράψετε την αλληλουχία των βάσεων του mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή, σημειώνοντας τα άκρα 5' και 3' και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. Ποιο ένζυμο καταλύει το μηχανισμό της μεταγραφής και ποια η δράση του μετά την πρόσδεσή του στον υποκινητή;

Επαναληπτικές Πανελλαδικές εξετάσεις 2005

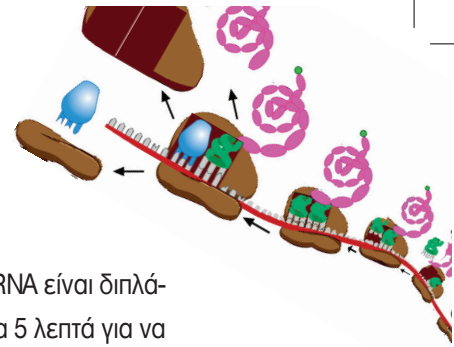
13. Μια πρωτεΐνη έχει μοριακό βάρος 34.000 και αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, που είναι ανά δύο όμοιες. Αν η μια από αυτές έχει μοριακό βάρος 9.000 και το μέσο μοριακό βάρος των αμινοξέων είναι 100, να βρείτε τον αριθμό των αμινοξέων κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας. (Να μην ληφθεί υπόψη η αφαίρεση μορίων νερού κατά το σχηματισμό των πεπτιδικών δεσμών).

Σχολικό βιβλίο Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας

14. Έστω ότι τα δομικά γονίδια του οπερονίου της τρυπτοφάνης, που αποτελείται από 5 γονίδια (*trpEDCBA*) όλα μαζί αποτελούνται από 9.000 ζεύγη νουκλεοτιδίων και το μοριακό βάρος της πρωτεΐνης A είναι 30.000, της B 99.900 και των C και D από 33.300. Να βρεθεί το μοριακό βάρος της πρωτεΐνης E, (υποθέτουμε ότι δεν υπάρχουν διαγονιδιακές περιοχές και το κωδικόνιο λήξης της μιας πρωτεΐνης ακολουθείται από το κωδικόνιο έναρξης της επόμενης), αν θεωρήσουμε ότι το μοριακό βάρος ενός αμινοξέος μέσα στην πρωτεΐνη είναι 100.

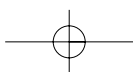
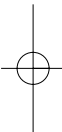
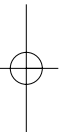
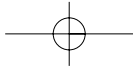


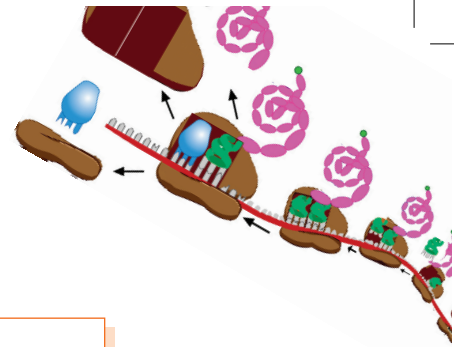
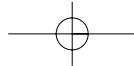
15. Ένα μόριο αντισώματος είναι μια πρωτεΐνη και περιλαμβάνει τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, ανά δύο όμοιες, η μια με μοριακό βάρος 30.000 και η άλλη με 15.000. Αν το M.B. ενός αμινοξέος μέσα στην πρωτεΐνη είναι 100, να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις.
- Πόσα είδη mRNA είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση της πρωτεΐνης;
 - Από πόσα νουκλεοτίδια αποτελείται το κάθε γονίδιο χωρίς να λάβουμε υπόψη το κωδικόνιο λήξης;
16. Στα ριβοσώματα της *Escherichia coli* συντίθεται μια πρωτεΐνη που μόλις συντεθεί και πριν μπει στο σύμπλεγμα Golgi για μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις έχει μοριακό βάρος 22.018. (Το μέσο μοριακό βάρος ελεύθερου αμινοξέος είναι 128). Στο αντίστοιχο γονίδιο σχηματίζονται 1409 δεσμοί υδρογόνου. Ποια η σύσταση του γονιδίου (μεταφραζόμενη περιοχή και το κωδικόνιο λήξης) σε αζωτούχες βάσεις; Δίνεται ότι το μοριακό βάρος ενός μορίου νερού ισούται με 18.
17. Έστω ότι η διάρκεια της αντιγραφής του DNA των φυτικών κυττάρων ενός ιστού αραβοσίτου (*Zea mays*) είναι 12 ώρες. Επίσης τα φυτικά κύτταρα αντιγράφουν το DNA με ενδεικτικό ρυθμό 100 ζεύγη βάσεων/δευτερόλεπτο/δixάλα. Τα συγκεκριμένα κύτταρα περιέχουν $6,6 \times 10^9$ ζεύγη βάσεων/γονιδίωμα. Ποιος είναι ο ελάχιστος αριθμός διχάλων αντιγραφής που απαιτούνται για να αντιγραφεί το φυτικό γονιδίωμα;
18. Αν δεχτούμε ότι στα ανθρώπινα κύτταρα η ταχύτητα αντιγραφής σε μία διχάλα αντιγραφής είναι ενδεικτικά περίπου 100-200 νουκλεοτίδια/δευτερόλεπτο.
- Αν διαθέτουμε 1.000 σημεία έναρξης της αντιγραφής που ισαπέχουν, ποια θα έπρεπε να είναι η ταχύτητα αντιγραφής για να μπορεί το ανθρώπινο κύτταρο να αντιγράφεται σαν το βακτήριο *E. coli*, σε 20 λεπτά;
 - Ποια θα είναι η ταχύτητα της αντιγραφής στο *E. coli* με δεδομένο ότι το απλοειδές του γονιδίωμα αποτελείται από περίπου 4×10^6 ζεύγη βάσεων;
19. Σε ένα ανθρώπινο σωματικό κύτταρο υπάρχουν 46 χρωμοσώματα. Ένα χρωμόσωμα του πρώτου ζεύγους έχει περίπου 2×10^8 ζεύγη βάσεων ενώ το X φυλετικό χρωμόσωμα έχει περίπου $1,5 \times 10^8$ ζεύγη βάσεων αντίστοιχα.
- Αν η ταχύτητα αντιγραφής του DNA είναι 200 ζεύγη βάσεων ανά διχάλα αντιγραφής το δευτερόλεπτο, σε πόσο χρόνο θα αντιγραφεί το καθένα από τα δύο χρωμοσώματα αν υπάρχει μια θέση έναρξης αντιγραφής στο άκρο του χρωμοσώματος;
 - Πόσος χρόνος θα χρειαστεί για να γίνει η αντιγραφή του κυττάρου, αν υπάρχει μια θέση έναρξης της αντιγραφής στο μέσο του κάθε χρωμοσώματος;
20. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα μιας ορμόνης πρωτεϊνικής φύσεως που παράγεται από τα νευρικά κύτταρα έχει μοριακό βάρος 100.000 (το μέσο μοριακό βάρος του κάθε αμινοξέος είναι 100). α. Πόσος χρόνος απαιτείται για τη σύνθεση ενός μορίου mRNA για την παραπάνω ορμόνη, αν η ταχύτητα της



μεταγραφής είναι περίπου 20 νουκλεοτίδια ανά δευτερόλεπτο και το πρόδρομο mRNA είναι διπλάσιο του ώριμου; β. Η ωρίμανση διαρκεί 5 λεπτά και το ώριμο mRNA χρειάζεται άλλα 5 λεπτά για να μεταφερθεί στα ριβοσώματα. Αν η ταχύτητα μετάφρασης είναι περίπου 1 αμινοξύ το δευτερόλεπτο, πόση ώρα θα έχει περάσει από την ολοκλήρωση της μεταγραφής μέχρι να σχηματισθεί η ολοκληρωμένη πρωτεΐνη;

21. Ένα μόριο μιας πρωτεΐνης ευκαρυωτικού οργανισμού αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, ανά δύο όμοιες, μια ελαφριά και μια βαριά. Το γονίδιο που κωδικοποιεί την ελαφριά αλυσίδα μεταγράφεται σε πρόδρομο mRNA 1.500 νουκλεοτιδίων, εκ των οποίων τα εξώνια αντιπροσωπεύουν το 50,2 %. Η βαριά αλυσίδα έχει τετραπλάσιο μοριακό βάρος σε σχέση με την ελαφριά. Στο γονίδιο που κωδικοποιεί τη βαριά πολυπεπτιδική αλυσίδα, το πρόδρομο mRNA του έχει συνολικά 250 νουκλεοτίδια στις 3' και 5' αμετάφραστες περιοχές ενώ διαθέτει εσώνια 497 νουκλεοτιδίων. Στο γονίδιο αυτό σχηματίζονται 8.850 δεσμοί υδρογόνου. Να βρεθεί η σύσταση σε βάσεις του γονιδίου της βαριάς πολυπεπτιδικής αλυσίδας.
22. Το 2003 μια ομάδα ερευνητών δημοσίευσε την τεχνητή επέκταση του ευκαρυωτικού γενετικού κώδικα. Προκειμένου να γίνει εφικτή αυτή η επέκταση απαιτήθηκε η χημική σύνθεση μιας τεχνητής 5ης αζωτούχας βάσης του DNA, που ζευγαρώνει μόνο με τον εαυτό της. Οι επιστήμονες προχώρησαν στη χημική σύνθεση τεχνητών αμινοξέων στα οποία αντιστοιχίζονται κωδικόνια που περιέχουν την 5η αζωτούχα βάση και κωδικοποιούν αυτά τα αμινοξέα ενώ σε κύτταρα έγινε δυνατή η σύνθεση πολυπεπτιδικών αλυσίδων με τα τεχνητά αμινοξέα. Πόσα τέτοια αμινοξέα πρέπει να κατασκευάστηκαν; (Γνωρίζετε ότι ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας, και στα κωδικόνια που συμμετέχει η νέα βάση δεν εμφανίζεται εκφυλισμός).
23. Δίνεται ένα υποθετικό μόριο ώριμου mRNA με μετεφράσιμη περιοχή μήκους 60 ριβονουκλεοτιδίων που μεταφράζεται όλο και δεν εμπεριέχει 5'-3' αμετάφραστες περιοχές ή εσώνια. Πόσες δυνατές αλληλουχίες αμινοξέων μπορεί να έχει το παραγόμενο πεπτίδιο;
24. Στα ανθρώπινα κύτταρα η συχνότητα λάθους στην αντιγραφή είναι 10^{-10} , με μέγεθος γονιδιώματος 6×10^9 ζεύγη αζωτούχων βάσεων. Αν ένας άνθρωπος αποτελείται από περίπου 10^{13} κύτταρα πόσα λάθη αναμένονται όταν θα έχουν αντιγραφεί όλα του τα κύτταρα μια φορά; Στο βακτήριο *E. coli* αντίστοιχα η συχνότητα λαθών είναι 10^{-6} με μέγεθος γονιδιώματος 4×10^6 ζεύγη αζωτούχων βάσεων. Ποιος οργανισμός διαθέτει πιο αξιόπιστο μηχανισμό αντιγραφής ανά συνολική διαίρεση των κυττάρων του;





ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ

Ζήτημα 1ο

A. Να σημειώσετε την σωστή απάντηση.

1. Ποιες διαδικασίες περιλαμβάνει η έκφραση της γενετικής πληροφορίας;

- α. Αντιγραφή και μεταγραφή.
- β. Αντιγραφή και μετάφραση.
- γ. Μεταγραφή και μετάφραση.
- δ. Αντιγραφή, μεταγραφή και μετάφραση.
- ε. Τίποτα από τα παραπάνω.

2. Τα ένζυμα που καταλύουν τη διάσπαση φωσφοδιεστερικών δεσμών είναι:

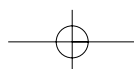
- α. DNA δεσμάση.
- β. DNA πολυμεράσες.
- γ. Ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια.
- δ. RNA πολυμεράσες.
- ε. Τα β και γ.

3. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς:

- α. Η διαδικασία ωρίμανσης του mRNA έχει μικρότερη χρονική διάρκεια.
- β. Η μετάφραση και η μεταγραφή μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα.
- γ. Τα γονίδια τους είναι ασυνεχή, όπως και των ιών που τους προσβάλλουν.
- δ. Έχουν παρατηρηθεί ορισμένες διαφορές στο γενετικό τους κώδικα, σε σχέση με το γενετικό κώδικα των ευκαρυωτικών οργανισμών.
- ε. Τα β και δ.

4. Για την επιμήκυνση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας στη διαδικασία της μετάφρασης, απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός ενζύμου, το οποίο:

- α. Καταλύει το σχηματισμό φωσφοδιεστερικού δεσμού.
- β. Καταλύει το σχηματισμό δεσμών υδρογόνου.
- γ. Καταλύει το σχηματισμό πεπτιδικών δεσμών.
- δ. Ονομάζεται παράγοντας απελευθέρωσης.





5. Το mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή του οπερονίου της λακτόζης:

- Μεταφράζεται στην πρωτεΐνη επαγωγέα του οπερονίου.
- Μεταφράζεται σε β-γαλακτοσιδάση, περμεάση, τρανσακετυλάση.
- Μεταφράζεται στην πρωτεΐνη καταστολέα του οπερονίου.
- Μεταφράζεται σε RNA πολυμεράση του οπερονίου της λακτόζης.

(Μόρια 15)

B1. Να χαρακτηρίσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) τις παρακάτω προτάσεις:

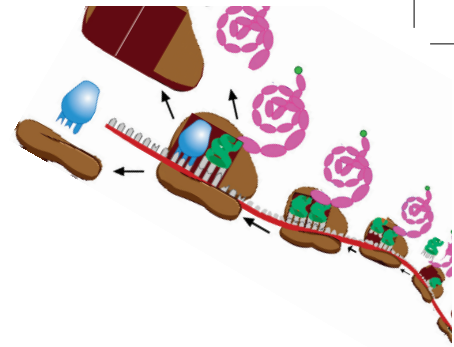
- | | Σ | Λ |
|---|--------------------------|--------------------------|
| A. Οι DNA πολυμεράσες και τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια καταλύουν και τη διάσπαση και το σχηματισμό φωσφοδιεστερικών δεσμών. | ☐ | ☐ |
| B. Το ώριμο mRNA δεν περιέχει εσώνια και συνεπώς όλες οι ακολουθίες των νουκλεοτιδίων του μεταφράζονται. | ☐ | ☐ |
| Γ. Αν ένα προκαρυωτικό κύτταρο μεταφράσει ένα μόριο πρόδρομου mRNA που προέρχεται από ανθρώπινο κύτταρο, θα παραχθεί η ίδια ακριβώς πρωτεΐνη που θα παράγαγε και το ανθρώπινο κύτταρο. | ☐ | ☐ |
| Δ. Ο υποκινητής βρίσκεται στο 3' άκρο του μεταγραφόμενου κλώνου. | ☐ | ☐ |
| Ε. Στα Β-λεμφοκύτταρα του ανθρώπου περιέχονται γονίδια για τη σύνθεση των αιμοσφαιρινών. | ☐ | ☐ |

(Μόρια 5)

B2. Να συμπληρώσετε με τους κατάλληλους όρους τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

- Ο γενετικός κώδικας είναι, δηλαδή το διαβάζεται συνεχώς ανά τρία νουκλεοτιδιά χωρίς να παραλείπεται κάποιο.
- Το σύμπλεγμα των ριβοσωμάτων με το mRNA αποτελεί το
- Τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής του DNA είναι οι πρωτεΐνες που ονομάζονται και μια ειδική αλληλουχία νουκλεοτιδίων του DNA που προηγείται του γονιδίου και ονομάζεται
- Το πρωτεϊνικό σύμπλοκο που ονομάζεται, συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής τα, τα οποία είναι μικρά τμήματα RNA συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες.
- Ορισμένα γονίδια μεταγράφονται σε μόρια και μεταφράζονται στη συνέχεια σε αλυσίδες.

(Μόρια 5)



Ζήτημα 2ο

A. Με ποιο τρόπο εξασφαλίζεται η πιστότητα της αντιγραφής του DNA;

(Μόρια 10)

B. Να αναφέρετε ποια βιολογικά μακρομόρια συμμετέχουν στις διαδικασίες βιοσύνθεσης της DNA ελικάσης, που λαμβάνουν χώρα στον πυρήνα και στο κυτταρόπλασμα.

(Μόρια 15)

Ζήτημα 3ο

A. Τι σημαίνει κυτταρική διαφοροποίηση; Εξηγήστε πώς συμβαίνει, με τη χρήση ενός κατάλληλου παραδείγματος.

(Μόρια 10)

B. Εξηγήστε πού βασίζεται το γεγονός ότι οι πρωτεΐνες του ανθρώπου, μπορούν να παραχθούν *in vitro* και από βακτηριακά κύτταρα; Ποια πιθανά προβλήματα είναι δυνατό να υπάρξουν σε μια τέτοια περίπτωση;

(Μόρια 15)

Ζήτημα 4ο

A. Κλάσμα ιικού DNA έχει την παρακάτω αλληλουχία βάσεων:



I. Ποια είναι η αλληλουχία των κωδικονίων της κωδικής αλυσίδας που μεταφράζεται;

II. Από ποσά αμινοξέα αποτελείται η πεπτιδική αλυσίδα που προκύπτει από τη μετάφραση του mRNA;

III. Ποσά και ποια διαφορετικά μόρια tRNA χρειάζονται για την σύνθεση της;

IV. Να γράψετε το πεπτίδιο που προκύπτει.

(Μόρια 10)

B. Το μοριακό βάρος του DNA ενός προκαρυωτικού οργανισμού είναι $7,92 \times 10^9$. Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός των γονιδίων στο μόριο;



Είναι γνωστό ότι το μέσο μοριακό βάρος ενός ζεύγους νουκλεοτιδίων είναι 660 και υποθέτουμε ότι όλα τα γονίδια του φέρουν την πληροφορία για το σχηματισμό της ίδιας πρωτεΐνης, που αποτελείται από 400 αμινοξέα.

(Μόρια 15)