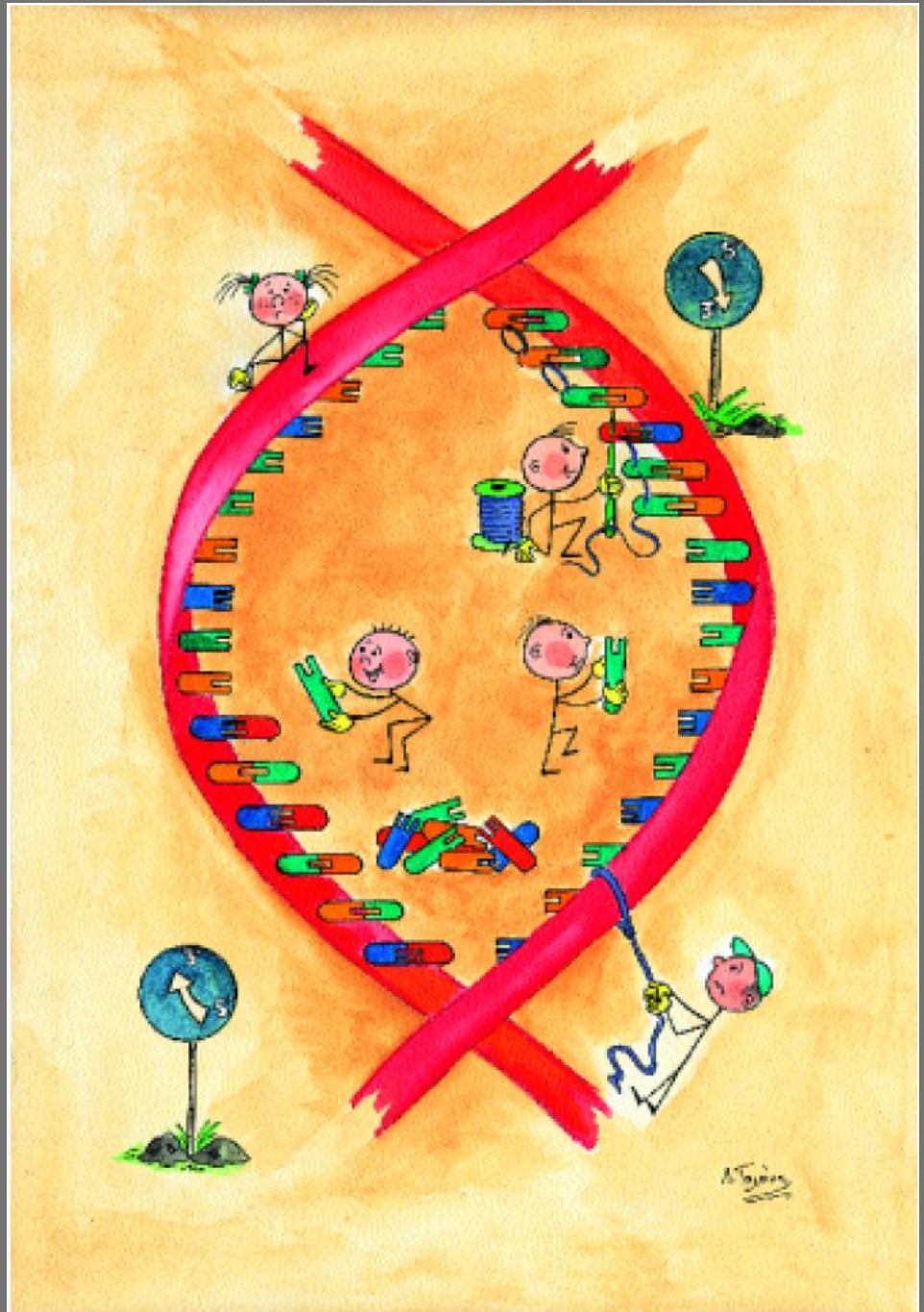


Βιολογία Θετικής Κατεύθυνσης Γ' Γενικού Λυκείου



ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΠΑΝΟΣ
2^ο Γενικό Λύκειο Κορίνθου



ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Αντιγραφή και έκφραση της γενετικής πληροφορίας

Εκπαιδευτικοί στόχοι:

Μετά την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει να μπορεί:

- Να περιγράφει το κεντρικό δόγμα της βιολογίας, δηλαδή τον τρόπο ροής της γενετικής πληροφορίας.
- Να περιγράφει τον μηχανισμό αντιγραφής, μεταγραφής και μετάφρασης του DNA
- Να εξηγεί το ρόλο του γενετικού κώδικα στην πρωτεϊνοσύνθεση και να τις ιδιότητές του.
- Να εξηγεί τη σημασία ύπαρξης ρυθμιστικών μηχανισμών για τον έλεγχο της γονιδιακής έκφρασης.
- Να περιγράφει τους μηχανισμούς ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς
- Να διακρίνει τις διαφορές στους μηχανισμούς ρύθμισης ανάμεσα στους προκαρυωτικούς και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

Τι πρέπει να γνωρίζω προτού ξεκινήσω την μελέτη του κεφαλαίου

1. Τη δομή της δίκλωνης έλικας πάρα πολύ καλά.
2. Τις θέσεις του γενετικού υλικού στα προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά κύτταρα.
3. Τον τρόπο σύνδεσης των νουκλεοτιδίων στις πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες.
4. Τις λειτουργίες του γενετικού υλικού συνοπτικά.
5. Τα τρία είδη του RNA που συμμετέχουν στην πρωτεϊνοσύνθεση.
6. Το γενετικό κώδικα τις ιδιότητές του.
7. Τον ορισμό του γονιδίου σαν μονάδα αποθήκευσης της γενετικής πληροφορίας.
8. Ότι κάθε ινίδιο χρωματίνης (καταχρηστικά χρωμόσωμα) περιέχει περισσότερα από ένα γονίδια.
9. Ότι η διαφοροποίηση εμφανίζεται και σε κυτταρικό επίπεδο.
10. Τι είναι η κυτταροκαλλιέργεια.
11. Που βρίσκονται τα ριβοσώματα και τι σχέση έχουν με το ενδοπλασματικό δίκτυο και το σύστημα Golgi.(προσοχή στα προκαρυωτικά κύτταρα).
12. Την κατασκευή της πυρηνικής μεμβράνης .

Το DNA αυτοδιπλασιάζεται

Η συμπληρωματικότητα των βάσεων του DNA ώθησε τους Watson και Crick όταν περιέγραφαν το μοντέλο τους για τη δομή του γενετικού υλικού, το 1953, να γράψουν: «είναι φανερό ότι το ειδικό ζευγάρι που έχουμε υποθέσει ότι δημιουργείται μεταξύ των βάσεων του DNA πρότεινε έναν απλό μηχανισμό αντιγραφής του γενετικού υλικού». Οι Watson και Crick φαντάστηκαν μια διπλή έλικα η οποία ξετυλίγεται, και κάθε αλυσίδα λειτουργεί σαν καλούπι για τη σύνθεση μιας νέας συμπληρωματικής αλυσίδας. Έτσι τα δύο θυγατρικά μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με το μητρικό, και καθένα αποτελείται από μία παλιά και μία καινούρια αλυσίδα. Ο μηχανισμός αυτός ονομάστηκε **ημισυντηρητικός**.

Συμπληρωματικές γνώσεις

Το DNA ενός οργανισμού περιέχει αποθηκευμένες ακριβείς οδηγίες οι οποίες καθορίζουν τη δομή και λειτουργία του οργανισμού. Ταυτόχρονα περιέχει την πληροφορία για τον αυτοδιπλασιασμό του εξασφαλίζοντας έτσι τη μεταβίβαση των γενετικών οδηγιών από ένα κύτταρο στα θυγατρικά του και από ένα οργανισμό στους απογόνους του. Η αντιγραφή του DNA γίνεται με τον ημισυντηρητικό μηχανισμό και τα θυγατρικά μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με τα μητρικά και αποτελούνται από μία παλιά και μία νέα αλυσίδα.

Γενικά: Χρήσιμα στην επίλυση αυτών των ασκήσεων είναι σχήματα που υποδεικνύουν τον ημισυντηρητικό τρόπο αντιγραφής και να γνωρίζω τα παρακάτω

- Τηρείται η συμπληρωματικότητα των βάσεων και το ποσοστό της Αδενίνης είναι ίσο με το ποσοστό της συμπληρωματικής Θυμίνης. και το ποσοστό της Γουανίνης με το ποσοστό της Κυτοσίνης
- Η αντιγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' → 3'
- Η ιχνηθέτηση γίνεται με ραδιενεργό φώσφορο ^{32}P ή με «βαρύ άζωτο» ^{15}N Συνήθως ζητείται ο προσδιορισμός του αριθμού των αλυσίδων ή των νουκλεοτιδίων με ραδιενεργά στοιχεία έπειτα από έναν αριθμό αντιγραφών. Αντιγραφή του DNA σε περιβάλλον με ραδιενεργό ^{32}P ή ραδιενεργό ^{15}N σημαίνει ότι κάθε θυγατρική αλυσίδα που σχηματίζεται αποτελείται από νουκλεοτίδια με ραδιενεργά στοιχεία. Τα νουκλεοτίδια του αρχικού μορίου δεν περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία, φώσφορο ή άζωτο. Ένα νουκλεοτίδιο περιέχει ένα άτομο φωσφόρου. Μετά το τέλος των αντιγραφών που πραγματοποιούνται από ένα μόριο DNA, ο αριθμός των αλυσίδων που φέρουν ραδιενεργά στοιχεία είναι ίσος με τον αριθμό των συνολικών αλυσίδων πλην 2. Οι αλυσίδες που φέρουν μη ραδιενεργά στοιχεία είναι 2, όσες δηλαδή ήταν αρχικά.

Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς το DNA αντιγράφεται ταυτόχρονα από εκατοντάδες σημεία σε όλο το μήκος του και στη συνέχεια τα τμήματα που δημιουργούνται ενώνονται μεταξύ τους

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

1. Το παρακάτω δίκλωνο μόριο του DNA

.....ACCATTG.....

.....TGGTAAC.....

αυτοδιπλασιάζεται σε καλλιέργεια, μέσα στην οποία υπάρχουν μόνο σεσημασμένα νουκλεοτίδια, A*, T*, G*, C* αντί των κανονικών νουκλεοτιδίων. Να γράψετε τα μόρια του DNA μετά τον πρώτο και δεύτερο διπλασιασμό.

Ο αυτοδιπλασιασμός του DNA γίνεται με ημισυντηρητικό τρόπο, οπότε θα έχουμε:

1^{ος} αυτοδιπλασιασμός

... ACCATTG ...	..... TGGTAAC
... T*G*G*T*A*A*C* * .....	..... A*C*C*A*T*T*G* *

2^{ος} αυτοδιπλασιασμός

... ACCATTG ...	..... TGGTACA
... T*G*G*T*A*A*C* * .....	..... A*C*C*A*T*G*T* *
..... T*G*G*T*A*A*C* * .....	..... A*C*C*A*T*G*T* *
..... A*C*C*A*T*T*G* * .....	..... T*G*G*T*A*A*C* *

2. Δίκλωνο μόριο DNA αυτοδιπλασιάζεται σε περιβάλλον με ραδιενεργό φώσφορο, και στη συνέχεια τα δύο θυγατρικά μόρια μεταφέρονται σε περιβάλλον με ραδιενεργό θείο και αναδιπλασιάζονται. Τι σύσταση έχουν οι πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που σχηματίζονται;

Το αρχικό μόριο DNA περιέχει δύο αλυσίδες μη σεσημασμένες

Ο αυτοδιπλασιασμός του DNA γίνεται με ημισυντηρητικό τρόπο, οπότε θα έχουμε:

1ος αυτοδιπλασιασμός

Οι θυγατρικές αλυσίδες που δημιουργούνται είναι σεσημασμένες με ραδιενεργό φώσφορο. Έτσι προκύπτουν δύο μόρια DNA που περιέχουν μία αλυσίδα τους σεσημασμένη.

..... A T A T G

..... T* A* T* A* C* *

..... T A T A C

..... A* T* A* T* G* *

Με T*, A*, T*, A* και C* συμβολίζουμε τα σημασμένα νουκλεοτίδια με ραδιενεργό φώσφορο

2ος αυτοδιπλασιασμός

Τα δύο μόρια που προέκυψαν μεταφέρονται σε περιβάλλον ραδιενεργού θείου. Το περιβάλλον του ραδιενεργού θείου δεν επηρεάζει τις νέες νουκλεοτιδικές αλυσίδες γιατί δεν περιέχεται θείο στα νουκλεοτίδια.

...A T A T GT A T A C ...

...T* A* T* A* C* * ...

...A* T* A* T* G* * ...

...T* A* T* A* C* * ...

...A T A T G ...

...A T A T G ...

...T A T A C ...

Στα 4 μόρια DNA που προκύπτουν υπάρχουν 6 αλυσίδες που αποτελούνται από κανονικά άτομα φωσφόρου και 2 αλυσίδες που προήλθαν από το 1ο αυτοδιπλασιασμό να περιέχουν ραδιενεργό φώσφορο

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

3. Ένα μόριο DNA με N βάσεις διπλασιάζεται σε καλλιέργεια στην οποία υπάρχουν 50% κανονικά και 50% σεσημασμένα νουκλεοτίδια με ραδιενεργό φώσφορο. Ποιο θα είναι το ποσοστό των σεσημασμένων σε ραδιενεργό φώσφορο νουκλεοτιδίων που θα υπάρχουν στο μόριο του DNA μετά τον πρώτο και μετά τον δεύτερο διπλασιασμό

Το αρχικό μόριο DNA περιέχει δύο αλυσίδες με κανονικά νουκλεοτίδια. Ο αυτοδιπλασιασμός του DNA γίνεται με ημισυντηρητικό τρόπο, οπότε θα έχουμε:

1^{ος} αυτοδιπλασιασμός: Οι θυγατρικές αλυσίδες που δημιουργούνται είναι σεσημασμένες με ραδιενεργό φώσφορο σε ποσοστό 50%. Τα δύο μόρια DNA που προκύπτουν περιέχουν $2N$ βάσεις από τις οποίες $N + \frac{N}{2} = \frac{3N}{2}$ κανονικές (ποσοστό 75%) και $\frac{N}{2}$ σεσημασμένες (ποσοστό 25%).

2^{ος} αυτοδιπλασιασμός: Οι νέες θυγατρικές αλυσίδες που δημιουργούνται περιέχουν $2N$ βάσεις, από τις οποίες είναι σεσημασμένες με ραδιενεργό φώσφορο οι N (ποσοστό 50%), και οι υπόλοιπες N είναι κανονικές. Δημιουργούνται τέσσερα μόρια DNA που περιέχουν συνολικά $4N$ βάσεις, από τις οποίες $\frac{3N}{2} + N = \frac{5N}{2}$ κανονικές (ποσοστό 62,5%) και $\frac{N}{2} + N = \frac{3N}{4}$ (ποσοστό 37,5%) σεσημασμένες.

4. Ένα βακτήριο αναπτύσσεται σε περιβάλλον με ραδιενεργό φώσφορο ^{32}P και διπλασιάζεται κάθε 20 min. Αν το κύριο κυκλικό μόριο DNA του βακτηρίου αποτελείται από $4 \cdot 10^6$ ζεύγη βάσεων. Να βρείτε: α. Πόσα μόρια DNA θα σχηματιστούν μετά από 80 min; β. Στα μόρια του DNA που σχηματίστηκαν, πόσα νουκλεοτίδια υπάρχουν κανονικά και πόσα περιέχουν ραδιενεργά άτομα φωσφόρου ;

α. Στα 80 min έχουμε $80/20=4$ διαδοχικές διαιρέσεις του DNA, άρα τα μόρια που θα προκύψουν θα είναι $2^4=16$

β. Τα νουκλεοτίδια που περιέχουν κανονικά άτομα φωσφόρου είναι ίσα, με τον αρχικό αριθμό των νουκλεοτιδίων των δύο αλυσίδων. $2 \cdot 4 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^6$

Τα νουκλεοτίδια που περιέχουν ραδιενεργά άτομα φωσφόρου είναι ίσα, με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων που περιέχονται στις νέες αλυσίδες του DNA που συντίθεται: $(16-2) \cdot 4 \cdot 10^6 = 56 \cdot 10^6$

Επεξήγηση εννοιών και όρων:

Αντιγραφή: Η διαδικασία διπλασιασμού του μορίου του DNA.

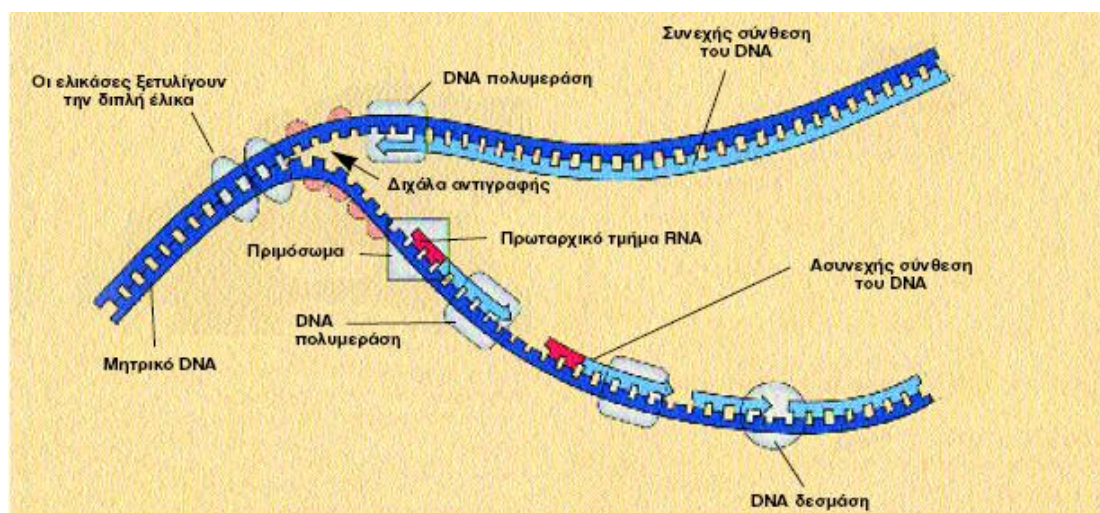
Ημισυντηρητικός τρόπος αντιγραφής: Τρόπος αυτοδιπλασιασμού του DNA κατά τον οποίο τα δύο μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με το αρχικό και αποτελούνται από μία παλιά και μία νέα αλυσίδα.

Στην αντιγραφή του DNA συνεργάζονται πολλά ένζυμα

Η διαδικασία της αντιγραφής, όπως υποδηλώνεται από τη δομή της διπλής έλικας και τον ημισυντηρητικό μηχανισμό, φαίνεται απλή. Όμως, ύστερα από πολύχρονη ερευνητική μελέτη διαπιστώθηκε ότι η διαδικασία στην πραγματικότητα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Τα κύτταρα διαθέτουν ένα σημαντικό «οπλοστάσιο» εξειδικευμένων ενζύμων και άλλων πρωτεϊνών, που λειτουργούν ταυτόχρονα και καταλύουν τις χημικές αντιδράσεις της αντιγραφής με μεγάλη ταχύτητα και με εκπληκτική ακρίβεια.

Ο μηχανισμός της αντιγραφής έχει μελετηθεί πολύ περισσότερο στα προκαρυωτικά κύτταρα, και κυρίως στο βακτήριο *Escherichia coli*, γιατί το DNA τους είναι πολύ μικρότερο και απλούστερα οργανωμένο από το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων. Όμως τα βασικά στάδια του μηχανισμού της αντιγραφής παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες και στα δύο είδη κυττάρων.

Η αντιγραφή του DNA αρχίζει από καθορισμένα σημεία, που ονομάζονται **θέσεις έναρξης της αντιγραφής**. Το βακτηριακό DNA, που είναι κυκλικό, έχει μία μόνο θέση έναρξης της αντιγραφής και αντιγράφεται κάτω από ευνοϊκές συνθήκες σε λιγότερο από 30 λεπτά. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα πριν την αντιγραφή, το DNA κάθε χρωμοσώματος είναι ένα μακρύ γραμμικό μόριο, το οποίο έχει πολυάριθμες θέσεις έναρξης της αντιγραφής. Έτσι το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων αντιγράφεται ταυτόχρονα από εκατοντάδες σημεία σε όλο το μήκος του, και στη συνέχεια τα τμήματα που δημιουργούνται ενώνονται μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο το DNA των ανώτερων ευκαρυωτικών οργανισμών, παρ' ότι είναι περίπου 1.000 φορές μεγαλύτερο από των προκαρυωτικών, αντιγράφεται πολύ γρήγορα.



Για να αρχίσει η αντιγραφή του DNA, είναι απαραίτητο να ξετυλιχθούν στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής οι δύο αλυσίδες. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικών ενζύμων, που σπάζουν τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των δύο αλυσίδων. Τα ένζυμα αυτά ονομάζονται **DNA ελικάσες**. Όταν ανοίξει η διπλή έλικα, δημιουργείται μια «θηλιά», η οποία αυξάνεται και προς τις δύο κατευθύνσεις. Οι

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

θηλιές που δημιουργούνται κατά την έναρξη της αντιγραφής σε ένα μόριο DNA είναι ορατές με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

Τα κύρια ένζυμα που συμμετέχουν στην αντιγραφή του DNA ονομάζονται **DNA πολυμεράσες**. Επειδή τα ένζυμα αυτά δεν έχουν την ικανότητα να αρχίσουν την αντιγραφή, το κύτταρο έχει ένα ειδικό σύμπλοκο που αποτελείται από πολλά ένζυμα, **το πριμόσωμα**, το οποίο συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες, τα οποία ονομάζονται **πρωταρχικά τμήματα**. **DNA** πολυμεράσες επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα, τοποθετώντας συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA. Τα νέα μόρια DNA αρχίζουν να σχηματίζονται, καθώς δημιουργούνται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών αζωτούχων βάσεων των δεοξυριβονουκλεοτιδίων. DNA πολυμεράσες επιδιορθώνουν επίσης λάθη που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αντιγραφής. Μπορούν, δηλαδή, να «βλέπουν» και να απομακρύνουν νουκλεοτίδια που οι ίδιες τοποθετούν, κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας, και να τοποθετούν τα σωστά. Ταυτόχρονα DNA πολυμεράσες απομακρύνουν τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστούν με τμήματα DNA.

Οι DNA πολυμεράσες λειτουργούν μόνο προς καθορισμένη κατεύθυνση, και τοποθετούν τα νουκλεοτίδια στο ελεύθερο 3' άκρο της δεοξυριβόζης του τελευταίου νουκλεοτιδίου κάθε αναπτυσσόμενης αλυσίδας. Έτσι, λέμε ότι αντιγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' προς 3'. Κάθε νεοσυντιθέμενη αλυσίδα θα έχει προσανατολισμό 5' → 3'. Έτσι σε κάθε διπλή έλικα που παράγεται οι δυο αλυσίδες θα είναι αντιπαράλληλες. Για να ακολουθηθεί αυτός ο κανόνας σε κάθε τμήμα DNA που γίνεται η αντιγραφή, η σύνθεση του DNA είναι **συνεχής** στη μια αλυσίδα και **ασυνεχής** στην άλλη. Τα κομμάτια της ασυνεχούς αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός ενζύμου, που ονομάζεται **DNA δεσμάση**. Το ίδιο ένζυμο συνδέει και όλα τα κομμάτια που προκύπτουν από τις διάφορες θέσεις έναρξης αντιγραφής.

Όπως τα προϊόντα ενός εργοστασίου ελέγχονται με αρκετούς τρόπους, για να εξακριβωθεί αν έχουν κατασκευαστεί σωστά, έτσι και το κύτταρο ελέγχει αν η αλληλουχία βάσεων του DNA είναι σωστή. Η αντιγραφή του DNA είναι απίστευτα ακριβής, μόνο ένα νουκλεοτίδιο στα 100.000 μπορεί να ενσωματωθεί λάθος. Τα λάθη που δεν επιδιορθώνονται από τις DNA πολυμεράσες επιδιορθώνονται σε μεγάλο ποσοστό από ειδικά **επιδιορθωτικά ένζυμα**. Έτσι ο αριθμός των λαθών περιορίζεται στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς στο ένα στα 10^{10} !

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Συμπληρωματικές γνώσεις

Η ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

ΣΚΟΠΟΣ: Η δημιουργία δύο αντιγράφων του γενετικού υλικού, στο κύτταρο που θα μοιραστούν στα θυγατρικά κύτταρα κατά την κυτταρική διαίρεση.

ΤΙ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ:

DNA + κατάλληλα ένζυμα + ριβονουκλεοτίδια + δεσοξυριβονουκλεοτίδια + ενέργεια.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ:

1. Πρόσδεση DNA ελικάσης σε θέση έναρξης αντιγραφής.
2. Τοπικό ξετύλιγμα διπλής έλικας και αποχωρισμός των συμπληρωματικών αλυσίδων.
3. Σύνθεση με το πριμόσωμα πρωταρχικών τμημάτων RNA
4. Επιμήκυνση των πρωταρχικών τμημάτων από τις DNA πολυμεράσες.
5. Απομάκρυνση πρωταρχικών τμημάτων και αντικατάστασή τους από τα κατάλληλα δεοξυριβονουκλεοτίδια με τις DNA πολυμεράσες.
6. Έλεγχος και διόρθωση λαθών από τις DNA πολυμεράσες.
7. Σύνδεση των κομματιών της ασυνεχούς αλυσίδας και των κομματιών από τις διάφορες θέσεις έναρξης της αντιγραφής, από την DNA δεσμάση.
8. Έλεγχος και επιδιόρθωση λαθών από τα επιδιορθωτικά ένζυμα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ: Δημιουργία δύο πανομοιότυπων μορίων DNA που το καθένα έχει μία μητρική και μία νέα αλυσίδα (ημισυντηρητικός τρόπος αντιγραφής).

1. Γραμμικό δίκλωνο μόριο DNA, που αποτελείται από 9000 ζεύγη βάσεων, έχει μία θέση έναρξης της αντιγραφής ακριβώς στο μέσο του. Κάθε κλώνος του μορίου αντιγράφεται κατά το ήμισυ συνεχώς και κατά το υπόλοιπο ήμισυ τμηματικά με τμήματα μήκους 1500 βάσεων. Πόσες συνδέσεις θα πραγματοποιήσουν οι DNA δεσμάσες στην παραγωγή των νέων μορίων DNA που προκύπτουν;

Στο κάθε νέο κλώνο 4500 βάσεις δημιουργούνται συνεχώς και 4500 βάσεις δημιουργούνται σε τρία τμήματα των 1500 βάσεων το καθένα. ($4500:1500=3$) Άρα ο κάθε νέος κλώνος αποτελείται από 4 τμήματα (ένα των 4500 βάσεων και τρία των 1500 βάσεων) Οι DNA δεσμάσες θα πρέπει να πραγματοποιήσουν 3 συνδέσεις για την δημιουργία του κάθε νέου κλώνου και συνολικά 6 συνδέσεις για τους δύο νέους κλώνους.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

2. Το σωματικό κύτταρο της δροσόφιλας περιέχει τέσσερα ζεύγη χρωμοσωμάτων. Αν ένα από αυτά έχει μήκος $47 \cdot 10^6$ ζεύγη βάσεων και αντιγράφεται με ταχύτητα 2600 ζεύγη βάσεων ανά min (2,6Kb/min), η αντιγραφή ολοκληρώνεται σε 3 min περίπου. α) Πόσες θέσεις έναρξης αντιγραφής υπάρχουν; β) Αν υπήρχε μόνο μια θέση αντιγραφής στο χρωμόσωμα, σε πόσο χρόνο θα ολοκλήρωνε την αντιγραφή του DNA; γ) Αν η ταχύτητα αντιγραφής του DNA βακτηρίου είναι 1600 βάσεις ανά min (1,6Kb/min), και έχει μήκος $4,7 \cdot 10^4$ ζεύγη βάσεων, σε πόσο χρόνο θα ολοκληρώσει την αντιγραφή; γ) Συγκρίνατε τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της αντιγραφής των δύο οργανισμών και γράψτε τα συμπεράσματά σας.

α) Σε 3 min αντιγράφονται $2600 \cdot 3 = 7800$ ζεύγη βάσεων. Άρα $47 \cdot 10^6 : 7800 = 6026$ θέσεις έναρξης της αντιγραφής β) Η ολοκλήρωση της αντιγραφής αν υπήρχε μόνο μία θέση έναρξης θα γινόταν σε $47 \cdot 10^6 : 2600 = 18077$ min, περίπου 2 εβδομάδες γ) Το μήκος του DNA βακτηρίου είναι $4,7 \cdot 10^4$ και η ταχύτητα αντιγραφής 1600 βάσεις ανά min. Άρα $4,7 \cdot 10^4 : 1600 = 29$ περίπου min δ) Το DNA των ευκαρυωτικών οργανισμών παρ' ότι είναι 1000 φορές μεγαλύτερο από το DNA των προκαρυωτικών αντιγράφεται πολύ πιο γρήγορα, επειδή υπάρχουν πολυάριθμες θέσεις έναρξης της αντιγραφής.

Επεξήγηση εννοιών και όρων:

Θέση έναρξης αντιγραφής: Καθορισμένα σημεία από τα οποία αρχίζει η αντιγραφή του DNA. Στα βακτήρια έχουμε μία μόνο θέση έναρξης αντιγραφής, στα ευκαρυωτικά κύτταρα κάθε χρωμόσωμα έχει πολυάριθμες θέσεις έναρξης αντιγραφής.

DNA ελικάσες: Ένζυμα που διασπών τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών αζωτούχων βάσεων των δύο αλυσίδων με συνέπεια να ξετυλίγουν τις δύο αλυσίδες στην θέση έναρξης της αντιγραφής.

DNA - πολυμεράσες: Ένζυμα που συμμετέχουν στην αντιγραφή του DNA. Συνθέτουν DNA με επιμήκυνση των πρωταρχικών τμημάτων. Επιδιορθώνουν τα λάθη που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της αντιγραφής. Απομακρύνουν τα πρωταρχικά τμήματα του RNA και τα αντικαθιστούν με τμήματα DNA.

Πριμόσωμα: Ειδικό σύμπλοκο από πολλά ένζυμα που συνθέτει μικρά τμήματα RNA συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες DNA στις θέσεις έναρξης αντιγραφής.

DNA δεσμάση: Ένζυμο που συνδέει τμήματα DNA.

Επιδιορθωτικά ένζυμα: Ομάδα ενζυμων που επιδιορθώνουν τα λάθη στην ακολουθία βάσεων του DNA.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

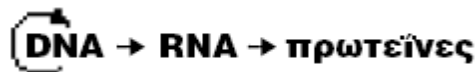
Έκφραση της γενετικής πληροφορίας

Η ροή της γενετικής πληροφορίας

Tο DNA ενός οργανισμού είναι ο μοριακός «σκληρός δίσκος» που περιέχει αποθηκευμένες ακριβείς οδηγίες, οι οποίες καθορίζουν τη δομή και τη λειτουργία του οργανισμού. Ταυτόχρονα περιέχει την πληροφορία για τον αυτοδιπλασιασμό του, εξασφαλίζοντας έτσι τη μεταβίβαση των γενετικών οδηγιών από ένα κύτταρο στα θυγατρικά του και από έναν οργανισμό στους απογόνους του.

Το πρώτο βήμα για την έκφραση της πληροφορίας που υπάρχει στο DNA είναι η μεταφορά της στο RNA με τη διαδικασία της **μεταγραφής**. Το RNA μεταφέρει με τη σειρά του, μέσω της διαδικασίας της **μετάφρασης**, την πληροφορία στις πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για τη δομή και λειτουργία των κυττάρων και κατ' επέκταση και των οργανισμών.

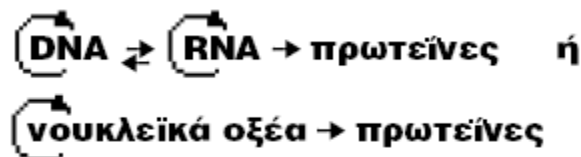
Η σχέση αυτή συνοψίζεται στο ακόλουθο σχήμα, όπου τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση της μεταφοράς της γενετικής πληροφορίας:



Το σχήμα αυτό αποτελεί το **κεντρικό δόγμα** της Μοριακής Βιολογίας όπως ονομάστηκε από τον F. Crick (1958). Η γενετική πληροφορία είναι η καθορισμένη σειρά των βάσεων, όπως η πληροφορία μιας γραπτής φράσης είναι η σειρά των γραμμάτων που την αποτελούν. Η πληροφορία υπάρχει σε τμήματα του DNA με συγκεκριμένη ακολουθία, **τα γονίδια**. Αυτά, διά μέσου της μεταγραφής και της μετάφρασης, καθορίζουν τη σειρά των αμινοξέων στην πρωτεΐνη. Οι πορείες της μεταγραφής και της μετάφρασης των γονιδίων αποτελούν τη **γονιδιακή έκφραση**.

Για αρκετό καιρό οι ερευνητές πίστευαν ότι όλη η ροή της γενετικής πληροφορίας γινόταν προς τη μία μόνο κατεύθυνση, δηλαδή ότι το DNA μεταγραφόταν σε RNA. Σήμερα είναι γνωστό ότι μερικοί ιοί έχουν RNA ως γενετικό υλικό. Ένα ένζυμο που υπάρχει στους ίδιους τους ιούς, **η αντίστροφη μεταγραφάση**, χρησιμοποιεί ως καλούπι το RNA, για να συνθέσει DNA. Επιπλέον, σε ορισμένους ιούς το RNA έχει την ικανότητα να αυτοδιπλασιάζεται.

Έτσι σήμερα το κεντρικό δόγμα περιγράφεται ως εξής:



Συνοψίζοντας, λοιπόν, διαπιστώνουμε ότι η αντιγραφή του DNA διαιώνίζει τη γενετική πληροφορία, ενώ η μετάφραση χρησιμοποιεί αυτή την πληροφορία, για να κατασκευάσει ένα

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

πολυπεπτίδιο. Η μεταγραφή καθορίζει ποια γονίδια θα εκφραστούν, σε ποιους ιστούς (στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς), και σε ποια στάδια της ανάπτυξης.

Όλα τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού έχουν το ίδιο DNA. Σε κάθε ομάδα κυττάρων όμως εκφράζονται διαφορετικά γονίδια. Στα πρόδρομα ερυθροκύτταρα, για παράδειγμα, εκφράζονται κυρίως τα γονίδια των αιμοσφαιρινών, ενώ στα Β-λεμφοκύτταρα τα γονίδια των αντισωμάτων. Τα γονίδια διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα γονίδια που μεταγράφονται σε mRNA και μεταφράζονται στη συνέχεια σε πρωτεΐνες και
- στα γονίδια που μεταγράφονται και παράγουν tRNA, rRNA και snRNA.

Το απλοειδές ανθρώπινο γονιδίωμα έχει μήκος 3×10^9 ζεύγη βάσεων. Από αυτό, μικρό ποσοστό μεταγράφεται σε RNA, δηλαδή αποτελεί τα γονίδια.

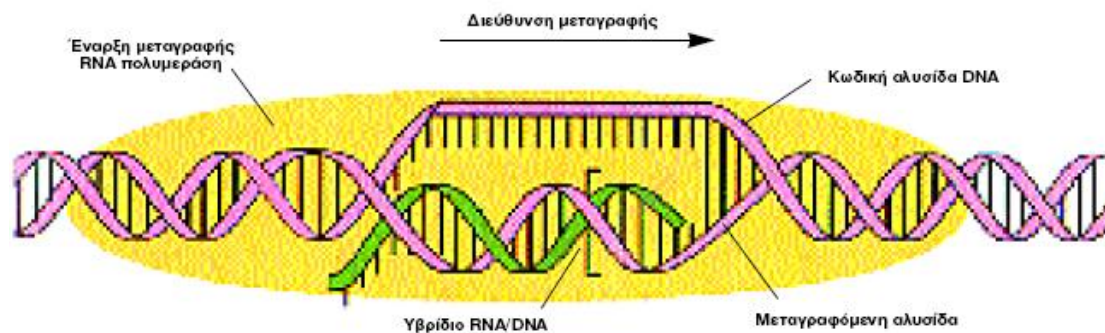
Υπάρχουν τέσσερα είδη μορίων RNA που παράγονται με τη μεταγραφή : το **αγγελιαφόρο RNA** (mRNA), το **μεταφορικό RNA** (tRNA), το **ριβοσωμικό RNA** (rRNA) και το **μικρό πυρηνικό RNA** (snRNA). Τα τρία πρώτα είδη υπάρχουν και στους προκαρυωτικούς και στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, αλλά το τέταρτο υπάρχει μόνο στους ευκαρυωτικούς

1. Αγγελιαφόρο RNA (mRNA) Τα μόρια αυτά μεταφέρουν την πληροφορία του DNA για την παραγωγή μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας.
2. Ριβοσωμικό RNA (rRNA). Τα μόρια αυτά συνδέονται με πρωτεΐνες και σχηματίζουν το ριβόσωμα, ένα «σωματίδιο» απαραίτητο για την πραγματοποίηση της πρωτεϊνοσύνθεσης.
3. Μεταφορικό RNA (tRNA). Κάθε μεταφορικό RNA συνδέεται με ένα συγκεκριμένο αμινοξύ και το μεταφέρει στη θέση της πρωτεϊνοσύνθεσης.
4. Μικρό πυρηνικό RNA (snRNA).. Είναι μικρά μόρια RNA, τα οποία συνδέονται με πρωτεΐνες και σχηματίζουν μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια. Τα σωματίδια αυτά καταλύουν την «ωρίμανση» του mRNA, μια διαδικασία που, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, γίνεται μόνο στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.

Μεταγραφή του DNA

Ο μηχανισμός της μεταγραφής είναι ο ίδιος στους προκαρυωτικούς και ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Η μεταγραφή καταλύεται από ένα ένζυμο, την **RNA πολυμεράση** (στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς υπάρχουν τρία είδη RNA πολυμερασών).

Η RNA πολυμεράση προσδένεται σε ειδικές περιοχές του DNA που ονομάζονται **υποκινητές**, με τη βοήθεια πρωτεϊνών που ονομάζονται **μεταγραφικοί παράγοντες**. Οι υποκινητές και οι μεταγραφικοί παράγοντες αποτελούν τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής του DNA και επιτρέπουν στην RNA πολυμεράση να αρχίσει σωστά τη μεταγραφή. Οι υποκινητές βρίσκονται πάντοτε πριν από την αρχή κάθε γονιδίου.



Κατά την έναρξη της μεταγραφής ενός γονιδίου η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή και προκαλεί τοπικό ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA. Στη συνέχεια, τοποθετεί τα ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια μίας αλυσίδα του DNA σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων, όπως και στην αντιγραφή, με τη διαφορά ότι εδώ απέναντι από την αδενίνη τοποθετείται το ριβονουκλεοτίδιο που περιέχει ουρακίλη. Η RNA πολυμεράση συνδέει τα ριβονουκλεοτίδια, που προστίθενται το ένα μετά το άλλο, με 3' - 5' φωσφοδιεστερικό δεσμό. Η μεταγραφή έχει προσανατολισμό 5' → 3' όπως και η αντιγραφή. Η σύνθεση του RNA σταματά στο τέλος του γονιδίου, όπου ειδικές αλληλουχίες οι οποίες ονομάζονται **αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής**, επιτρέπουν την απελευθέρωσή του.

Το μόριο DNA που συντίθεται είναι συμπληρωματικό προς τη μία αλυσίδα της διπλής έλικας του DNA του γονιδίου. Η αλυσίδα αυτή είναι η μεταγραφόμενη και ονομάζεται **μη κωδική**. Η συμπληρωματική αλυσίδα του DNA του γονιδίου ονομάζεται **κωδική**. Το RNA είναι το κινητό αντίγραφο της πληροφορίας ενός γονιδίου.

Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς το mRNA αρχίζει να μεταφράζεται σε πρωτεΐνη πριν ακόμη ολοκληρωθεί η μεταγραφή του. Αυτό είναι δυνατό, επειδή δεν υπάρχει πυρηνική μεμβράνη.

Αντίθετα, στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, το mRNA που παράγεται κατά τη μεταγραφή ενός γονιδίου συνήθως δεν είναι έτοιμο να μεταφραστεί, αλλά υφίσταται μια πολύπλοκη διαδικασία **ωρίμανσης**. Η διαδικασία αυτή αποτελεί ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ευρήματα της Μοριακής

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

Βιολογίας, γιατί οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα περισσότερα γονίδια των ευκαρυωτικών οργανισμών (και των ιών που τους προσβάλλουν), είναι **ασυνεχή ή διακεκομμένα**. Δηλαδή, η αλληλουχία που μεταφράζεται σε αμινοξέα διακόπτεται από ενδιάμεσες αλληλουχίες οι οποίες δε μεταφράζονται σε αμινοξέα. Οι αλληλουχίες που μεταφράζονται σε αμινοξέα ονομάζονται **εξώνια** και οι ενδιάμεσες αλληλουχίες ονομάζονται **εσώνια**.

Όταν ένα γονίδιο που περιέχει εσώνια μεταγράφεται, δημιουργείται το **πρόδρομο mRNA** που περιέχει και εξώνια και εσώνια. Το πρόδρομο mRNA μετατρέπεται σε mRNA με τη διαδικασία της ωρίμανσης, κατά την οποία τα εσώνια κόβονται από μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά «σωματίδια» και απομακρύνονται. Τα ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια αποτελούνται από snRNA και από πρωτεΐνες και λειτουργούν ως ένζυμα: κόβουν τα εσώνια και συρράπτουν τα εξώνια μεταξύ τους. Έτσι σχηματίζεται το «**ώριμο**» mRNA. Αυτό, παρ' ότι αποτελείται αποκλειστικά από εξώνια έχει δύο περιοχές που δε μεταφράζονται σε αμινοξέα. Η μία βρίσκεται στο 5' άκρο και η άλλη στο 3' άκρο. Οι αλληλουχίες αυτές ονομάζονται 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές, αντίστοιχα. Το mRNA μεταφέρεται από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα και ειδικότερα στα ριβοσώματα όπου είναι η θέση της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Συμπληρωματικές γνώσεις

Η ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

ΣΚΟΠΟΣ:

Η μεταφορά της γενετικής πληροφορίας από το DNA στα ριβοσώματα ώστε να εκφραστεί.
Η σύνθεση των t-RNA, sn-RNA και r-RNA που θα συντελέσουν στην έκφραση της γενετικής πληροφορίας και τη σύνθεση των πρωτεϊνών.

ΤΙ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ:

DNA + κατάλληλα ένζυμα + ριβονουκλεοτίδια + ενέργεια.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ:

1. Πρόσδεση της RNA πολυμεράσης σε υποκινητή, με τη βοήθεια μεταγραφικών παραγόντων.
2. Ξετύλιγμα τοπικά της διπλής έλικας του DNA και αποχωρισμός των συμπληρωματικών αλυσίδων.
3. Έναρξη της μεταγραφής από την RNA πολυμεράση (σύνθεση ριβονουκλεοτιδικής αλυσίδας με καλούπι τη μία από τις δύο αλυσίδες του DNA).
4. Επιμήκυνση της ριβονουκλεοτιδικής αλυσίδας.
5. Λήξη μεταγραφής στις αλληλουχίες λήξης.
- 6 Απομάκρυνση του RNA από την αλυσίδα του DNA που χρησιμοποιήθηκε ως καλούπι.
7. Επαναδημιουργία διπλής έλικας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ: Δημιουργία ενός μορίου RNA:

- t-RNA
- r-RNA
- sn-RNA
- m-RNA

ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΟ
ΚΥΤΤΑΡΟ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΟ
ΚΥΤΤΑΡΟ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΩΡΙΜΑΝΣΗ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΤΙΓΡΑΦΗΣ-ΜΕΤΑΓΡΑΦΗΣ

ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ:

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Εφαρμόζεται η συμπληρωματικότητα των βάσεων 2. Έχουν κατεύθυνση 5'-3'. 3. Ενζυμικές διαδικασίες. 4. Καλούπι DNA. 5. Πολυμερισμός νουκλεοτιδίων. 6. Φωσφοδιεστερικοί δεσμοί 3' - 5'. 7. Συνοδεύονται από απόσπαση νερού. |
|--|

ΔΙΑΦΟΡΕΣ:

	ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ	ΜΕΤΑΓΡΑΦΗ
1	Όλο το DNA	Μέρος του DNA κάθε φορά (γονίδιο)
2	Μία φορά στον κυτταρικό κύκλο	Πολλές φορές
3	Ξεκινάει από τις θέσεις έναρξης αντιγραφής	Ξεκινάει από τους υποκινητές
4	Χρησιμοποιούνται ως καλούπι και οι δύο αλυσίδες του DNA	Χρησιμοποιείται κάθε φορά μόνο η μία από τις δύο αλυσίδες
5	Εφαρμογή συμπληρωματικότητας μεταξύ ριβονουκλεοτιδίων-δεοξυριβονουκλεοτιδίων και μεταξύ δεοξυριβονουκλεοτιδίων	Εφαρμογή συμπληρωματικότητας μεταξύ ριβονουκλεοτιδίων - δεοξυριβονουκλεοτιδίων
6	Εξυπηρετεί τη μεταφορά της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο	Εξυπηρετεί την έκφραση της γενετικής πληροφορίας
7	Προϊόν: δύο μόρια DNA	Προϊόν: RNA
8	Το ξετύλιγμα της διπλής έλικας το κάνει η DNA ελικάση	Το ξετύλιγμα της διπλής έλικας το κάνει η RNA πολυμεράση
9	Κύρια ένζυμα DNA πολυμεράσες	Κύρια ένζυμα RNA πολυμεράση /σες
10	Συνεχής και ασυνεχής σύνθεση	Συνεχής σύνθεση
11	Μηχανισμοί επιδιόρθωσης	δεν αναφέρονται
12	Πρωταρχικά τμήματα RNA	δεν υπάρχουν
13	Οι DNA πολυμεράσες δεν μπορούν να ξεκινήσουν τη σύνθεση της θυγατρικής αλυσίδας και μόνο την επιμηκύνουν	Οι RNA πολυμεράση ξεκινάει και επιμηκύνει η ίδια την νουκλεοτιδική αλυσίδα.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

Επισημάνσεις:

- ✓ Η μεταγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5'→3' και τηρείται η συμπληρωματικότητα των βάσεων μεταξύ της αλυσίδας του DNA που μεταγράφεται και του παραγόμενου RNA με την ουρακίλη ως συμπληρωματική βάση της αδενίνης στο RNA.
- ✓ Η αλυσίδα που μεταγράφεται (μεταγραφόμενη αλυσίδα) ονομάζεται μη κωδική. Η συμπληρωματική της μεταγραφόμενης αλυσίδας του DNA ονομάζεται κωδική και είναι ίδια με το παραγόμενο RNA, με τη διαφορά ότι στη θέση της ουρακίλης έχει θυμίνη.
- ✓ Για να βρω τα νουκλεοτίδια του mRNA, όταν μου δίνουν τα νουκλεοτίδια του γονιδίου διαιρώ με το δύο για να βρω τα νουκλεοτίδια της μη κωδικής αλυσίδας η οποία με τη μεταγραφή θα δώσει τα νουκλεοτίδια του mRNA
- ✓ Το mRNA συντίθεται με προσανατολισμό 5'→3' και η RNA πολυμεράση «διαβάζει» τη μη κωδική αλυσίδα του DNA από το 3' προς το 5' άκρο της.
- ✓ Για να εντοπίσουμε ποια από τις δύο αλυσίδες ενός γονιδίου είναι η μη κωδική πρέπει να αναζητήσουμε στην αλληλουχία της το τμήμα που μεταφράζεται, «διαβάζοντάς» την από το 3' προς το 5' άκρο της, το οποίο αρχίζει με 3'-TAC-5' και σταματά αμέσως πριν από το κωδικόνιο λήξης που είναι 3'-ACT-5' ή 3'-ATC-5' ή 3'-ATT-5'.
- ✓ Αν δεν γνωρίζουμε το 5' ή το 3' άκρο κάθε αλυσίδας ή ποια είναι η κωδική αλυσίδα τότε πρέπει να βρούμε την συμπληρωματική τριπλέτα TAC του κωδικονίου έναρξης AUG, διαβάζοντας κάθε αλυσίδα από αριστερά στα δεξιά και αντίστροφα.

1. Ένα τμήμα DNA περιέχει τα νουκλεοτίδια TATG GACCT. Το τμήμα αυτό αντιγράφεται και το συμπληρωματικό του μόριο μεταγράφεται σε RNA. Ποια νουκλεοτίδια περιέχει το παραγόμενο RNA

Ο μη μεταγραφόμενος κλώνος (κωδική αλυσίδα) περιέχει ακριβώς τα ίδια νουκλεοτίδια με το mRNA, με τη διαφορά αντί της ουρακίλης έχει θυμίνη άρα:

Αρχικό	T A T G G A C C T
Αντιγραφή	A T A C C T G C A
Μεταγραφή	U A U G G A C C U

2. Μία από τις αλυσίδες του DNA έχει ως σύνθεση βάσεων, αδενίνη 21%, γουανίνη 29%, κυτοσίνη 29% και θυμίνη 21%, διπλασιάζεται για να δώσει την συμπληρωματική της αλυσίδα, η οποία στη συνέχεια μεταγράφεται. Να δοθεί η σύνθεση των βάσεων του RNA που δημιουργείται.

Αζωτούχες βάσεις	A	G	C	T	U
1 ^η Αλυσίδα	21	29	29	21	
2 ^η αλυσίδα	21	29	29	21	
m-RNA	21	29	29		21

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

3. Ο πίνακας παρουσιάζει την % σύσταση των αζωτούχων βάσεων ενός δίκλωνου μορίου DNA και την εκατοστιαία σύσταση του μεταγραφόμενου m-RNA που έχει παραχθεί

Αζωτούχες βάσεις	A	G	C	T	U
1η Αλυσίδα	19	26	31	24	
2η αλυσίδα	24	31	26	19	
m-RNA	19	26	31		24

Ποια από τις δύο αλυσίδες έχει μεταγραφεί

Σύμφωνα με τη αρχή της συμπληρωματικότητας των βάσεων το ποσοστό της ουρακίλης του mRNA πρέπει να είναι ίσο με το ποσοστό της Αδενίνης της αλυσίδας που μεταγράφεται επομένως της 2^{ης} αλυσίδας

4. Τμήμα μιας αλυσίδας DNA έχει την παρακάτω σύνθεση βάσεων: 17% αδενίνη, 33% γουανίνη και 21% θυμίνη διπλασιάζεται για να δώσει το συμπληρωματικό του τμήμα. Το συμπληρωματικό αυτό τμήμα μεταγράφεται στη συνέχεια σε RNA. Να δοθεί η σύνθεση των βάσεων του σχηματιζόμενου RNA.

Λόγω συμπληρωματικότητας των βάσεων ισχύει: α) συμπληρωματική αλυσίδα: 17% T, 33% C, 21% A και $(100-21-33-17=)$ 29% G. β) mRNA: 17% A, 33% G, 21% U και 29% C

5. Η εκατοστιαία αναλογία των αζωτούχων βάσεων ενός μορίου mRNA που προέρχεται από τη μεταγραφή ενός βακτηριακού DNA είναι 30%G, 40%C, 20%A και 10%U. Ποια είναι η εκατοστιαία αναλογία των αζωτούχων βάσεων στην κωδική αλυσίδα του μορίου DNA από το οποίο προέκυψε;

Σύμφωνα με τη αρχή της συμπληρωματικότητας των βάσεων το ποσοστό της ουρακίλης του mRNA πρέπει να είναι ίσο με το ποσοστό της θυμίνης της κωδικής αλυσίδας που δεν μεταγράφεται επομένως 20%A, 10%T, 30%G, και 40%C

6. Η μεταγραφόμενη αλυσίδα (κλώνος) ενός τμήματος DNA αποτελείται από 5% αδενίνη, 35% γουανίνη και 10% κυτοσίνη. Αν το RNA που προκύπτει από την μεταγραφή αυτού του γονιδίου αποτελείται συνολικά από 520 βάσεις, ποια είναι η σύσταση των βάσεων του

Η μεταγραφόμενη αλυσίδα αποτελείται από 5% αδενίνη, 35% γουανίνη και 10% κυτοσίνη άρα το υπόλοιπο $100-5-35-10=50\%$ θα είναι θυμίνη.

Το RNA που προκύπτει από την μεταγραφή με βάση την αρχή της συμπληρωματικότητας θα αποτελείται από 50% αδενίνη, 5% ουρακίλη, 10% γουανίνη και 35% κυτοσίνη. Άρα $0.50 \times 520 = 260$ αδενίνη, $0.05 \times 520 = 26$ ουρακίλη, $0.10 \times 520 = 52$ γουανίνη, $0.35 \times 520 = 182$ κυτοσίνη

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

Επεξήγηση εννοιών και όρων:

RNA - πολυμεράση: Ένζυμο που συμμετέχει στην μεταγραφή του DNA.

Υποκινητής: Περιοχή του DNA, που βρίσκεται ακριβώς μπροστά από το γονίδιο. Στον υποκινητή προσδένεται η RNA-πολυμεράση με την βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων.

Μεταγραφικοί παράγοντες: Πρωτεΐνες που βοηθούν τη πρόσδεση της RNA-πολυμεράσης στον υποκινητή.

Αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής: Ειδικές αλληλουχίες DNA στο τέλος του γονιδίου που επιτρέπουν την απελευθέρωση του συντιθέμενου RNA και σταματούν την διαδικασία της μεταγραφής.

Κωδική αλυσίδα: Η αλυσίδα του DNA του γονιδίου που έχει όμοια αλληλουχία με το RNA που συντίθεται, από αυτό.

Μη κωδική αλυσίδα: Η αλυσίδα της διπλής έλικας του DNA του γονιδίου που χρησιμοποιείται ως καλούπι για τη σύνδεση του RNA.

Μεταγραφόμενη αλυσίδα: Η αλυσίδα της διπλής έλικας του DNA του γονιδίου που χρησιμοποιείται ως καλούπι για τη σύνδεση του RNA.

Ωρίμανση του mRNA: Η διαδικασία κατά την οποία, από το πρόδρομο mRNA, τα μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά "σωματίδια" κόβουν και απομακρύνουν τα εσώνια και συρράπτουν τα εξώνια και δίνουν ώριμο mRNA, που θα καθοδηγήσει τη σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

Εσώνια: Οι ενδιάμεσες αλληλουχίες DNA, μέσα στα γονίδια των ευκαρυωτικών κυττάρων, που μεταγράφονται (πρόδρομο mRNA) αλλά απομακρύνονται κατά διαδικασία της ωρίμανσης (ώριμο mRNA) συνέπεια να μη μεταφράζονται σε αμινοξέα.

Εξώνια: Οι ενδιάμεσες αλληλουχίες του πρόδρομου mRNA, που συνθέτουν το ώριμο mRNA και μεταφράζονται αμινοξέα.

Πρόδρομο mRNA: Το RNA που παράγεται κατά τη μεταγραφή ενός γονιδίου σε ένα ευκαρυωτικό κύτταρο και περιέχει εξώνια και εσώνια.

Ο γενετικός κώδικας είναι η αντιστοίχιση τριπλετών βάσεων σε αμινοξέα

Με τη μεταγραφή, οι πληροφορίες που βρίσκονται στα γονίδια μεταφέρονται στο mRNA με βάση τη συμπληρωματικότητα των νουκλεοτιδικών βάσεων. Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στις πρωτεΐνες με βάση έναν κώδικα αντιστοίχισης νουκλεοτιδίων mRNA με αμινοξέα πρωτεϊνών ο οποίος ονομάζεται **γενετικός κώδικας**. Γι' αυτό η πρωτεϊνοσύνθεση είναι πραγματικά μία διαδικασία «μετάφρασης» από τη γλώσσα των βάσεων στη γλώσσα των αμινοξέων.

Επειδή ο αριθμός των διαφορετικών αμινοξέων που συγκροτούν τις πρωτεΐνες είναι είκοσι και, αντίστοιχα, ο αριθμός των διαφορετικών νουκλεοτιδίων που συγκροτούν το RNA είναι τέσσερα, θεωρήθηκε πιθανό ότι τρία νουκλεοτίδια αντιστοιχούν σε ένα αμινοξύ και γι' αυτό ο γενετικός κώδικας ονομάστηκε κώδικας τριπλέτας. Ο κώδικας τριπλέτας είναι φυσική συνέπεια του γεγονότος ότι τέσσερα νουκλεοτίδια, αν συνδυαστούν ανά ένα ($4^1 = 4$) ή ανά δύο ($4^2 = 16$), δε δίνουν αρκετούς συνδυασμούς για να κωδικοποιηθούν τα είκοσι αμινοξέα. Αν όμως συνδυαστούν ανά τρία ($4^3 = 64$), οι συνδυασμοί είναι παραπάνω από αρκετοί

	U		C		A		G		
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA		UAA	ΛΗΕΗ	UGA	ΛΗΕΗ	A
	UUG		UCG		UAG	ΛΗΕΗ	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	*MET	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

Τα βασικά χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα είναι:

1. Ο γενετικός κώδικας είναι **κώδικας τριπλέτας**, δηλαδή μια τριάδα νουκλεοτιδίων, το **κωδικόνιο**, κωδικοποιεί ένα αμινοξύ.
2. Ο γενετικός κώδικας είναι **συνεχής**, δηλαδή το mRNA διαβάζεται συνεχώς ανά τρία νουκλεοτίδια χωρίς να παραλείπεται κάποιο νουκλεοτίδιο.
3. Ο γενετικός κώδικας είναι **μη επικαλυπτόμενος**, δηλαδή κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει σε ένα μόνο κωδικόνιο.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

4. Ο γενετικός κώδικας είναι **σχεδόν καθολικός**. Όλοι οι οργανισμοί έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το mRNA από οποιονδήποτε οργανισμό μπορεί να μεταφραστεί σε εκχυλίσματα φυτικών, ζωικών ή βακτηριακών κυττάρων *in vitro* και να παραγάγει την ίδια πρωτεΐνη.
5. Ο γενετικός κώδικας χαρακτηρίζεται ως **εκφυλισμένος**. Με εξαίρεση δύο αμινοξέα (μεθειονίνη και τρυπτοφάνη) τα υπόλοιπα 18 κωδικοποιούνται από δύο μέχρι και έξι διαφορετικά κωδικόνια. Τα κωδικόνια που κωδικοποιούν το ίδιο αμινοξύ ονομάζονται συνώνυμα.
6. Ο γενετικός κώδικας έχει **κωδικόνιο έναρξης** και **κωδικόνια λήξης**. Το κωδικόνιο έναρξης σε όλους τους οργανισμούς είναι το AUG και κωδικοποιεί το αμινοξύ μεθειονίνη. Υπάρχουν τρία κωδικόνια λήξης, τα UAG, UGA και UAA. Η παρουσία των κωδικονίων αυτών στο μόριο του mRNA οδηγεί στον τερματισμό της σύνθεσης της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.
Ο όρος κωδικόνιο δεν αφορά μόνο το mRNA αλλά και το γονίδιο από το οποίο παράγεται. Έτσι, για παράδειγμα, το κωδικόνιο έναρξης AUG αντιστοιχεί στο κωδικόνιο έναρξης του γονιδίου ATG κ.ο.κ. Το τμήμα ενός γονιδίου και του mRNA του, που κωδικοποιεί μια πολυπεπτιδική αλυσίδα, αρχίζει με το κωδικόνιο έναρξης και τελειώνει με το κωδικόνιο λήξης.

Συμπληρωματικές γνώσεις

1. Από τους 64 δυνατούς συνδυασμούς κωδικονίων του γενετικού κώδικα, πόσοι είναι αυτοί που περιέχουν μία ή περισσότερες αδενίνες;

Πρέπει να βρούμε τα κωδικόνια που δεν περιέχουν καμία αδενίνη, άρα θα προκύπτουν από τον συνδυασμό των υπολοίπων τριών βάσεων ανά τρεις δηλαδή $3^3=27$. οπότε $64-27=37$

2. Πόσες τριάδες κωδικονίων μπορούν να γίνουν από τα τέσσερα νουκλεοτίδια A, U, G και C που να περιέχουν: α. καμία ουρακίλη β. μία ή περισσότερες ουρακίλες;

α. Η ουρακίλη είναι ένα από τα 4 νουκλεοτίδια, άρα η πιθανότητα να είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $1/4$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $3/4$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να μην είναι η ουρακίλη κανένα από τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου είναι $(3/4)^3 = 27/64$ β. η αναλογία των κωδικονίων που περιέχουν μία τουλάχιστον ουρακίλη είναι: $1-27/64=37/64$

3. Θα μπορούσε ο γενετικός κώδικας να είναι δυαδικός (δύο νουκλεοτίδια να αντιστοιχούν σε ένα αμινοξύ), άμα τα διαφορετικά νουκλεοτίδια ήταν πέντε και τα προς κωδικοποίηση αμινοξέα 20; Πόσα αμινοξέα θα είχαν τότε την δυνατότητα να έχουν συνώνυμα κωδικόνια;

Αν ένα αμινοξύ κωδικοποιείται από ένα νουκλεοτίδιο θα είχαμε δυνατότητα να κωδικοποιήσουμε μόνο 5 αμινοξέα. Αν ένα αμινοξύ κωδικοποιείται από δύο νουκλεοτίδια θα είχαμε $5^2=25$ δυνατούς

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

συνδυασμούς και άρα δυνατότητα για 25 αμινοξέα. Έχουμε 20 αμινοξέα άρα ο δυαδικός κώδικας επαρκεί. Μάλιστα υπάρχει περίσσειμα 5 συνδυασμών από τους οποίους τουλάχιστον ένας θα αποτελεί κωδικόνιο λήξης. Οι υπόλοιποι 4 συνδυασμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν συνώνυμα κωδικόνια για τέσσερα από τα αμινοξέα. Προφανώς κάποιο κωδικόνιο, που κωδικοποιεί κάποιο αμινοξύ, θα αποτελεί και κωδικόνιο έναρξης.

4. Σ' ένα μακρινό πλανήτη ανακαλύπτουμε μικροσκοπικές μορφές ζωής, οι οποίες έχουν μονόκλωνο γενετικό υλικό αποτελούμενο από 5 διαφορετικά νουκλεοτίδια τα οποία συνθέτουν 22 διαφορετικά αμινοξέα. Να βρεθεί η φύση του γενετικού κώδικα και αν υπάρχει κωδικόνιο έναρξης και κωδικόνιο λήξης, πόσα αμινοξέα μπορούν να κωδικοποιούνται από περισσότερα του ενός κωδικόνια

Αν ένα αμινοξύ κωδικοποιείται από ένα νουκλεοτίδιο θα είχαμε μόνο 5 αμινοξέα.

Αν ένα αμινοξύ κωδικοποιείται από δύο νουκλεοτίδια θα είχαμε $5^2=25$ δυνατούς συνδυασμούς και άρα δυνατότητα για 25 αμινοξέα. Έχουμε 22 αμινοξέα άρα ο δυαδικός κώδικας επαρκεί. Τα 25 τώρα κωδικόνια κατανέμονται 22 για τα αμινοξέα 1 για την έναρξη και 1 για τη λήξη, άρα μόνο ένα αμινοξύ μπορεί να κωδικοποιείται από ένα κωδικόνιο και στη περίπτωση που το κωδικόνιο έναρξης κωδικοποιεί και αμινοξύ δύο αμινοξέα.

Επεξήγηση εννοιών και όρων:

Γενετικός κώδικας: Ο κώδικας που δείχνει όλους τους συνδυασμούς τριάδων (κωδικόνια) των τεσσάρων βάσεων του mRNA και τις αντιστοιχεί με αμινοξέα.

Κωδικόνιο: Μια συνεχής τριάδα βάσεων του mRNA που κωδικοποιεί ένα συγκεκριμένο αμινοξύ, την αρχή ή το τέλος της πρωτεϊνοσύνθεσης.

Αντικωδικόνιο: Τριάδα βάσεων στο μεταφορικό RNA που είναι συμπληρωματική προς κάποια τριάδα (κωδικόνιο) του mRNA.

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 τη συμμετοχή αρκετών πρωτεϊνών και ενέργειας. Τα ριβοσώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέση μετάφρασης για οποιοδήποτε mRNA. Αυτό εξηγεί γιατί τα βακτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως «εργοστάσια παραγωγής ανθρώπινων πρωτεϊνών».

Κάθε ριβόσωμα αποτελείται από δύο υπομονάδες, μια μικρή και μια μεγάλη, και έχει μία θέση πρόσδεσης του mRNA στη μικρή υπομονάδα και δύο θέσεις εισδοχής των tRNA στη μεγάλη υπομονάδα. Κάθε μόριο tRNA έχει μια ειδική τριπλέτα νουκλεοτιδίων, το **αντικωδικόνιο**, με την οποία προσδέεται, λόγω συμπληρωματικότητας, με το αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA. Επιπλέον, κάθε μόριο tRNA διαθέτει μια ειδική θέση σύνδεσης με ένα συγκεκριμένο αμινοξύ.

Η πρωτεϊνοσύνθεση διακρίνεται σε τρία στάδια: την έναρξη, την επιμήκυνση και τη λήξη.

Έναρξη: Κατά την έναρξη της μετάφρασης το mRNA συνδέεται μέσω μιας αλληλουχίας που υπάρχει στην 5' αμετάφραστη περιοχή του, με το ριβοσωμικό RNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, σύμφωνα με τους κανόνες της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Το πρώτο κωδικόνιο του mRNA είναι πάντοτε AUG και σ' αυτό προσδέεται το tRNA που φέρει το αμινοξύ μεθειονίνη. Όμως δεν έχουν όλες οι πρωτεΐνες του οργανισμού ως πρώτο αμινοξύ μεθειονίνη. Αυτό συμβαίνει, γιατί σε πολλές πρωτεΐνες, μετά τη σύνθεσή τους απομακρύνονται ορισμένα αμινοξέα από το αρχικό αμινικό άκρο τους. Το σύμπλοκο που δημιουργείται μετά την πρόσδεση του mRNA στη μικρή υπομονάδα του ριβοσώματος και του tRNA που μεταφέρει τη μεθειονίνη ονομάζεται **σύμπλοκο έναρξης** της πρωτεϊνοσύνθεσης. Στη συνέχεια η μεγάλη υπομονάδα του ριβοσώματος συνδέεται με τη μικρή.

Επιμήκυνση: Κατά την επιμήκυνση και ένα δεύτερο μόριο tRNA με αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του δεύτερου κωδικονίου του mRNA τοποθετείται στην κατάλληλη εισδοχή του ριβοσώματος, μεταφέροντας το δεύτερο αμινοξύ. Μεταξύ της μεθειονίνης και του δεύτερου αμινοξέος σχηματίζεται πεπτιδικός δεσμός και αμέσως μετά το πρώτο tRNA αποσυνδέεται από το ριβόσωμα και απελευθερώνεται στο κυτταρόπλασμα όπου συνδέεται πάλι με μεθειονίνη, έτοιμο για επόμενη χρήση. Το ριβόσωμα και το mRNA έχουν τώρα ένα tRNA, πάνω στο οποίο είναι προσδεμένα δύο αμινοξέα. Έτσι αρχίζει η επιμήκυνση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

Στη συνέχεια το ριβόσωμα κινείται κατά μήκος του mRNA κατά ένα κωδικόνιο. Ένα τρίτο tRNA, έρχεται να προσδεθεί μεταφέροντας το αμινοξύ του. Ανάμεσα στο δεύτερο και στο τρίτο αμινοξύ σχηματίζεται πεπτιδικός δεσμός. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα συνεχίζει να αναπτύσσεται, καθώς νέα tRNA, φέρουν αμινοξέα τα οποία προσδέονται μεταξύ τους.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Λήξη: Η επιμήκυνση σταματά σε ένα κωδικόνιο λήξης (UAG, UGA ή UAA), επειδή δεν υπάρχουν tRNA που να αντιστοιχούν σε αυτά. Το τελευταίο tRNA απομακρύνεται από το ριβόσωμα, και η πολυπεπτιδική αλυσίδα απελευθερώνεται.

Σημειώνεται ότι πολλά μόρια mRNA μπορούν να μεταγράφονται από ένα μόνο γονίδιο. Πολλά ριβοσώματα μπορούν να μεταφράζουν ταυτόχρονα ένα mRNA, το καθένα σε διαφορετικό σημείο κατά μήκος του μορίου. Αμέσως μόλις το ριβόσωμα έχει μεταφράσει τα πρώτα κωδικόνια, η θέση έναρξης του mRNA είναι ελεύθερη για την πρόσδεση ενός άλλου ριβοσώματος. Το σύμπλεγμα των ριβοσωμάτων με το mRNA ονομάζεται **πολύσωμα**. Έτσι, η πρωτεϊνοσύνθεση είναι μια «οικονομική διαδικασία». Ένα κύτταρο μπορεί να παραγάγει μεγάλα ποσά μιας πρωτεΐνης από ένα ή από δύο αντίγραφα ενός γονιδίου.

Συμπληρωματικές γνώσεις

Η ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

ΣΚΟΠΟΣ: Σύνθεση πολυπεπτιδικής αλυσίδας.

ΤΙ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ:

Υπομονάδες του ριβοσώματος + m-RNA + t-RNA + πρωτεΐνες + αμινοξέα + ενέργεια

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ:

1. Πρόσδεση του m-RNA στην 5' αμετάφραστη περιοχή της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος.
2. Πρόσδεση του t-RNA που έχει το αντικωδικόνιο UAC, και μεταφέρει το αμινοξύ μεθειονίνη, στο m-RNA, στο κωδικόνιο έναρξης.
3. Σύνδεση της μικρής με τη μεγάλη υπομονάδα του ριβοσώματος.
4. Πρόσδεση, στο επόμενο κωδικόνιο του m-RNA, ενός t-RNA που έχει συμπληρωματικό κωδικόνιο και μεταφέρει το δεύτερο αμινοξύ.
5. Δημιουργία πεπτιδικού δεσμού μεταξύ της μεθειονίνης και του δεύτερου αμινοξέος.
6. Απομάκρυνση του t-RNA που μετέφερε τη μεθειονίνη
7. Μετακίνηση του ριβοσώματος πάνω στο m-RNA κατά ένα κωδικόνιο, προς το 3' άκρο.
8. Επανάληψη των βημάτων 4-7 μέχρι κάποιο κωδικόνιο λήξης.
9. Λήξη της επιμήκυνσης της πολυπεπτιδικής αλυσίδας γιατί δεν υπάρχει t-RNA με συμπληρωματικό αντικωδικόνιο για τα κωδικόνια λήξης.
10. Αποδέσμευση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας από το χώρο σύνθεσης.
11. Αποχωρισμός της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος από τη μεγάλη.
12. Μετά τη λήξη της πρωτεϊνοσύνθεσης, μπορεί να ακολουθήσει απομάκρυνση κάποιων αμινοξέων από το αμινικό άκρο της. Για το λόγο αυτό δεν έχουν όλες οι πρωτεΐνες ως πρώτο αμινοξύ τη μεθειονίνη.

- ✓ Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στις πρωτεΐνες με βάση έναν κώδικα (Γενετικός κώδικας) αντιστοίχισης τριών νουκλεοτιδίων του RNA σε αμινοξέα των πρωτεϊνών. Μια τριάδα νουκλεοτιδίων που κωδικοποιεί ένα αμινοξύ είναι το κωδικόνιο. Κωδικόνια, που κωδικοποιούν το ίδιο αμινοξύ ονομάζονται συνώνυμα
- ✓ Το AUG είναι το κωδικόνιο έναρξης της πρωτεϊνοσύνθεσης και κωδικοποιεί ταυτόχρονα το αμινοξύ μεθειονίνη, όποτε όλες οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες που παράγονται ξεκινούν με μεθειονίνη, η οποία μπορεί και να αποκόπτεται στη συνέχεια.
- ✓ Η μετάφραση γίνεται με προσανατολισμό 5' → 3' και με βήμα τριπλέτας. Το mRNA που μεταφράζεται σε πολυπεπτίδιο αρχίζει από το κωδικόνιο έναρξης, μέχρι το κωδικόνιο λήξης. Το κωδικόνιο έναρξης μεταφράζεται ενώ το κωδικόνιο λήξης όχι
- ✓ Στο 5' άκρο μπροστά από το κωδικόνιο έναρξης και στο 3' άκρο μετά από το κωδικόνιο λήξης, το οποίο δεν μεταφράζεται υπάρχουν δύο περιοχές που επίσης δεν μεταφράζονται σε αμινοξέα, (5' και 3' αμετάφραστες περιοχές)
- ✓ Το τμήμα που μεταφράζεται στο μόριο του mRNA αρχίζει με το κωδικόνιο έναρξης, 5'-AUG-3' και σταματά αμέσως πριν από το κωδικόνιο λήξης, 5'-UAA-3' ή 5'-UAG-3' ή 5'-UGA-3'. Τα κωδικόνια λήξης της πρωτεϊνοσύνθεσης, δεν κωδικοποιούν αμινοξέα.
- ✓ Η ένωση των δύο αμινοξέων γίνεται με μία αντίδραση συμπύκνωσης (αφαίρεση ενός μορίου νερού) και δημιουργείται πεπτιδικός δεσμός. Το πρώτο αμινοξύ κάθε πεπτιδικής αλυσίδας έχει ελεύθερο αμινικό άκρο και το τελευταίο έχει ελεύθερο καρβοξυλικό άκρο

1. Στο μόριο του DNA υπάρχουν περιοχές, οι οποίες είναι δυνατόν να μεταγράφονται, αλλά δεν μεταφράζονται. Να αναφέρεται παραδείγματα που να αποδεικνύουν την ορθότητα της παραδοχής αυτής.

Το mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή για να κατευθύνει τη σύνθεση μιας συγκεκριμένης πολυπεπτιδικής αλυσίδας, θα πρέπει να φέρει το κωδικόνιο έναρξης AUG και ένα από τα κωδικόνια λήξης UAG, UGA, UAA. Στην αλυσίδα του DNA που μεταγράφεται αυτά σύμφωνα με την αρχή της συμπληρωματικότητας, θα είναι για την έναρξη TAC, η οποία μεταγράφεται και μεταφράζεται (μεθειονίνη) ενώ για τη λήξη ATC, ACT, ATT, οι οποίες μεταγράφονται, αλλά δεν μεταφράζονται. Τα εσώνια τα οποία, από το πρόδρομο mRNA, κόβονται και απομακρύνονται από τα μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά «σωματίδια» κατά την διαδικασία **ωρίμανσης του mRNA**. Οι αμετάφραστες περιοχές του «ώριμου» mRNA που βρίσκονται στο 5' και 3' άκρο του που δεν μεταφράζονται σε αμινοξέα.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

2. Ένα μόριο mRNA, χωρίς τις αμετάφραστες περιοχές του, αποτελείται από 426 νουκλεοτίδια και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Πόσοι πεπτιδικοί δεσμοί υπάρχουν στην αλυσίδα αυτή;

Τα 426 νουκλεοτίδια αντιστοιχούν σε $426/3=142$ κωδικόνια άρα παράγονται 141 αμινοξέα (το κωδικόνιο λήξης δεν αντιστοιχεί σε αμινοξύ). Τα αμινοξέα αυτά ενώνονται με 140 πεπτιδικούς δεσμούς.

3. Ο μεταγραφόμενος κλώνος ενός τμήματος γονιδίου είναι:

5' -ΤΑΑCΑGCCCΑΤGΑΑΤ-3'

Να βρεις την αλληλουχία του m-RNA που θα προκύψει, καθώς και το πεπτίδιο που θα σχηματισθεί.

Η κωδική αλυσίδα (ο μη μεταγραφόμενος κλώνος) έχει ακριβώς την ίδια σύσταση με το mRNA με τη διαφορά αντί της ουρακίλης έχει θυμίνη άρα:

5' -ΤΑΑ-CAГ-CCC-ATG-AAT-3'

Κωδική 3'-ATT -GTC-GGG-TAC- TTA-5'

mRNA 3'-AUU-GUC-GGG-UAC-UUA-5'

πεπτίδιο Ile - Val - Gly - Tyr - Leu

4. Πόσα διαφορετικά mRNA μπορούν να καθορίσουν την ακολουθία των αμινοξέων met-rhe-ser- pro;

Στηριζόμενοι στο γενετικό κώδικα έχουμε ότι το αμινοξύ:met κωδικοποιείται από 1 τριάδα νουκλεοτιδίων, η rhe κωδικοποιείται από 2 τριάδες νουκλεοτιδίων, η ser κωδικοποιείται από 6 τριάδες νουκλεοτιδίων και η pro κωδικοποιείται από 4 τριάδες νουκλεοτιδίων κατά συνέπεια οι πιθανοί συνδυασμοί των νουκλεοτιδίων στο mRNA θα είναι: $1 \times 2 \times 6 \times 4 = 48$

5. Πόσα πλήρη κωδικόνια μπορούν να αντιστοιχούν στην αλληλουχία βάσεων

5'- GAUGAUG- 3' ενός μορίου mRNA; Σε πόσα είδη αμινοξέων αντιστοιχούν τα παραπάνω κωδικόνια

Μπορούμε να εξάγουμε από το παραπάνω τμήμα τις εξής πλήρεις τριάδες, αρχίζοντας κάθε φορά και από άλλο σημείο την έναρξη διαχωρισμού των τριάδων:

α) 5' GAU-GAU-G 3' β) 5'- G-AUG-AUG- 3' και γ) 5'- GA-UGA-UG- 3'

Συνολικά μπορούν να αντιστοιχηθούν 5 κωδικόνια τριών διαφορετικών ειδών (GAU, AUG και UGA) Αυτά τα κωδικόνια αντιστοιχούν σε δύο ειδών αμινοξέα (ένα στο κωδικόνιο GAU και ένα στο κωδικόνιο AUG που αντιστοιχεί στη μεθειονίνη) ενώ το τρίτο κωδικόνιο (UGA) δεν αντιστοιχεί σε αμινοξύ αλλά είναι κωδικόνιο λήξης

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

7. Η ινσουλίνη είναι μια ορμόνη πρωτεϊνικής φύσης που εκκρίνεται από τα κύτταρα του παγκρέατος και συμμετέχει στη ρύθμιση του σακχάρου του αίματος. Το μόριο της ινσουλίνης αποτελείται από δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες, την Α και τη Β. Η Α περιέχει 21 αμινοξέα και η Β 30. Οι δύο αλυσίδες συνδέονται με δισουλφιδικούς δεσμούς. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μια αλληλουχία νουκλεοτιδίων του αγγελιοφόρου RNA, το οποίο συμμετέχει στη σύνδεση των τελευταίων 8 αμινοξέων της Β αλυσίδας. **GUGGAGAGCGUGGCUUCUACACUCCUAAGACU** α. Χρησιμοποιώντας τον πίνακα του γενετικού κώδικα να γράψετε την αλληλουχία των αμινοξέων της Β αλυσίδας. β. Δικαιολογώντας την απάντησή σας, να δώσετε και την αλληλουχία των νουκλεοτιδίων του αντίστοιχου γονιδίου.

α) Στις ασκήσεις αυτές ψάχνουμε να βρούμε ένα από τα κωδικόνια λήξης (UAG, UAA, UGA) και στη συνέχεια βρίσκουμε τα κωδικόνια που προηγούνται

G - UGG - AGA - GCG - UGG - CUU - CUA - CAC - UCC - UAAGACU

Οπότε από το γενετικό κώδικα έχω:

G - UGG - AGA - GCG - UGG - CUU - CUA - CAC - UCC - UAAGACU

Try - Arg - Ala - Trp - Leu - Leu - His - Ser - ΛΗΞΗ

β) Ο μη μεταγραφόμενος κλώνος έχει ακριβώς την ίδια μορφή με το mRNA με τη διαφορά αντί της ουρακίλης έχει θυμίνη

mRNA: GUGGAGAGCGUGGCUUCUACACUCCUAAGACU

Ο μη μεταγραφόμενος κλώνος του DNA (κωδική)

GTGGAGAGCGTGGCTTCTACACTCCTAAGACT

Ο μεταγραφόμενος κλώνος του DNA (μη κωδική)

CACCTCTCGCACCCGAAGATGTGAGGATTCTGA

8. Δίνεται η αλληλουχία του άκρου 3' ενός ωρίμου μορίου mRNA: **...AGCGUGGCUUCUACACUCCUAAGAAA - 3'**. α) Πόσα αμινοξέα της πεπτιδικής αλυσίδας κωδικοποιούνται από το τμήμα αυτό του mRNA; β) Ποια η αλληλουχία βάσεων της αντίστοιχης περιοχής του γονιδίου που κωδικοποιεί το παραπάνω mRNA;

α) Βρίσκω την τριπλέτα λήξης αυτού του μορίου mRNA που είναι η UAA. Πριν από αυτή σχηματίζονται 6 τριπλέτες που αντιστοιχούν σε 6 αμινοξέα. β) Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου είναι: **...AGC GTG GCT CTA CAC UCC TAA GAA _3'**.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

9. Δίνεται «ώριμο» mRNA με την παρακάτω αλληλουχία βάσεων:



Ποιο είναι το πολυπεπτίδιο που σχηματίζεται;

Βρίσκουμε το κωδικόνιο έναρξης AUG του mRNA και το κωδικόνιο λήξης κατά την διαδικασία της μετάφρασης διαβάζοντας με φορά 5'=>3' και προσδιορίζουμε το τμήμα που μεταφράζεται. AUG-CGA-GCU-UUU...AGU-UUU-AAA-UGA

το πολυπεπτίδιο που σχηματίζεται είναι Met-Arg-Ala-Phe-...-Ser-Lys-Λήξη

10. Η μη κωδική αλυσίδα από τμήματος γονιδίου είναι:



Να βρείτε χρησιμοποιώντας το γενετικό κώδικα το πεπτίδιο που θα σχηματιστεί;

Αφού είναι γνωστή η μη κωδική αλυσίδα μπορούμε να εξάγουμε τη αλληλουχία και από κωδικής αλυσίδας. Η κωδική αλυσίδα έχει ακριβώς την ίδια μορφή με το mRNA με τη διαφορά αντί από ουρακίλης έχει θυμίνη άρα:

Μη κωδική: 5' - CTT GAG CCC ACG ATT-3'

Κωδική: 3' - GAA CTC GGG TGC TAA-5'

mRNA: 3' - GAA CUC GGG UGC UAA-5'

Επειδή η ανάγνωση κατά την μετάφραση γίνεται από το 5' άκρο του mRNA από το 3' άκρο του για την εύρεση των κωδικονίων αντιστρέφουμε την αλυσίδα του mRNA.



Τα κωδικόνια αυτά αντιστοιχούν στο παρακάτω πεπτίδιο:

... -ασπαραγγίνη -αργινίνη -γλυκίνη -λευκίνη - λυσίνη - ...

11. Να συμπληρώσετε τα κενά στο παρακάτω πίνακα, δηλώνοντας τα 3' και 5' άκρα των αλυσίδων.

Δίκλωνη αλυσίδα DNA	κωδική	5' __ G	C C T	A G _	G C G	___ 3'
		T A _	---	---	---	_ C T

mRNA		---	---	-- U	---	U ___
	
Αμινοξύ	.....	Λευκίνη	Σερίνη	Αλανίνη	.....

Κωδική: 5' ATG CCT AGT GCG TGA 3'

μεταγραφόμενη: 3' TAC GGA TCA CGC ACT 5' και

mRNA: 5' AUG CCU AGU GCG UGA 3'.

Το α' αμινοξύ είναι μεθειονίνη και το τελευταίο κωδικόνιο δεν αντιστοιχεί σε κανένα αμινοξύ αλλά στο κωδικόνιο λήξης.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

12. Αν ένα τμήμα του μη μεταγραφόμενου κλώνου ενός μορίου DNA περιέχει την ακόλουθη διαδοχή αζωτούχων βάσεων:

...5' -ATG-CCT-TTA-AAA-CGA-TCC-GTA-CAC-TCG-TGA -3' ...

Να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις: α. Ποιος είναι ο μεταγραφόμενος κλώνος DNA; β. Ποιο είναι το τμήμα m-RNA που συντίθεται; γ. Το πρωτεϊνικό τμήμα, που παράγεται, από πόσα αμινοξέα αποτελείται; δ. Ποιο είναι το σύνολο των δεσμών υδρογόνου που υπάρχουν σ' αυτό το τμήμα DNA; ε. Αν η παραγόμενη πρωτεΐνη εντοπίζεται στην πλασματική μεμβράνη ενός ζωικού κυττάρου, ποια είναι τα οργανίδια που συμμετείχαν με οποιαδήποτε τρόπο στην παραγωγή της και τη μεταφορά της στη συγκεκριμένη θέση;

α) Ο μεταγραφόμενος κλώνος του DNA είναι :

...3'-TAC - GGA - AAT - TTT - GCT - AGG - CAT - GTG - AGC - ACT- -5'...

β) Το τμήμα m-RNA που συντίθεται έχει την ακόλουθη ακολουθία βάσεων:

...5'-AUG -CCU - UUA -AAA-CGA - UCC- GUA -CAC - UCG - UGA- -3'...

γ) Από τα 10 παραπάνω κωδικόνια θα παραχθεί ένα ολιγοπεπτίδιο αποτελούμενο από 9 αμινοξέα (το τελευταίο κωδικόνιο είναι το κωδικόνιο λήξης και δεν κωδικοποιεί κανένα αμινοξύ). Το πρώτο από αυτά τα 9 αμινοξέα είναι η μεθειονίνη που αντιστοιχεί στο κωδικόνιο έναρξης, και αποβάλλεται μετά το τέλος σχηματισμού του πεπτιδίου. δ) Οι δεσμοί υδρογόνου σχηματίζονται ανάμεσα στις συμπληρωματικές βάσεις του DNA. Στο συγκεκριμένο μόριο DNA υπάρχουν: 17 νουκλεοτίδια με αδενίνη και 17 με θυμίνη. Σε κάθε ζευγάρι A-T αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου, άρα ανάμεσα τους θα υπάρχουν συνολικά $2 \times 17 = 34$ δεσμοί υδρογόνου 13 νουκλεοτίδια με γουανίνη και 13 με κυτοσίνη. Σε κάθε ζευγάρι G-C αναπτύσσονται τρεις δεσμοί υδρογόνου. άρα ανάμεσα τους θα υπάρχουν συνολικά $3 \times 13 = 39$ δεσμοί υδρογόνου. Άρα, συνολικά, θα υπάρχουν $39 + 34 = 73$ δεσμοί υδρογόνου. ε) Τα οργανίδια, που συμμετέχουν στην παραγωγή και μεταφορά μιας πρωτεΐνης στην πλασματική μεμβράνη, είναι: τα ριβοσώματα, πάνω στα οποία γίνεται η σύνθεση του συγκεκριμένου ολιγοπεπτιδίου, το αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο, στο εσωτερικό των αγωγών του οποίου η πρωτεΐνη υφίσταται τροποποιήσεις, το σύμπλεγμα Golgi στο οποίο η πρωτεΐνη υπόκειται σε μια τελική επεξεργασία, προτού πακεταριστεί σε κυστίδια για να οδηγηθεί στην πλασματική μεμβράνη. Βέβαια η συμμετοχή όλων των παραπάνω οργανιδίων στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι θεωρητική, αφού δεν πρόκειται για μια πρωτεΐνη, παρά για ένα μικρό πεπτίδιο, το οποίο ενδεχομένως δεν υφίσταται τροποποιήσεις.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

13. Ένα τμήμα DNA ευκαρυωτικού οργανισμού αποτελείται από 10000 ζεύγη νουκλεοτιδίων. Αν το 9% του μήκους αποτελούν τα απαραίτητα κωδικόνια για την παραγωγή 5 πολυπεπτιδικών αλυσίδων με ίδιο αριθμό αμινοξέων. Ποιος είναι ο αριθμός των αμινοξέων περιέχονται σε κάθε πολυπεπτιδική αλυσίδα.

Τα ζεύγη βάσεων από τα οποία αποτελείται το DNA είναι 10000. Επομένως το τμήμα που φέρει πληροφορίες είναι $10000 \cdot 0,09 = 900$ ζεύγη βάσεων. Σε αυτά τα ζεύγη βάσεων περιλαμβάνονται και τα κωδικόνια λήξης για την κάθε πολυπεπτιδική αλυσίδα, συνολικά $5 \times 3 = 15$ νουκλεοτίδια λήξης. Τα υπόλοιπα νουκλεοτίδια που κωδικοποιούν αμινοξέα θα είναι $900 - 15 = 885$ και κωδικοποιούν $885 : 3 = 295$ αμινοξέα.

Αφού αυτά τα 295 αμινοξέα αντιστοιχούν σε πέντε πρωτεΐνες με ίσο αριθμό νουκλεοτιδίων, η κάθε πρωτεΐνη θα περιέχει: $295 : 5 = 59$ νουκλεοτίδια.

14. Τμήμα μορίου DNA που αντιστοιχεί σε γονίδιο βακτηρίου περιέχει 3600 ζεύγη νουκλεοτιδίων. Σε πόσα κωδικόνια αντιστοιχεί το mRNA που παράγεται από το τμήμα αυτό και πόσα αμινοξέα θα περιλαμβάνει η πολυπεπτιδική αλυσίδα που θα προέλθει από το mRNA αυτό;

Τα 3600 νουκλεοτίδια αντιστοιχούν σε $3600/3=1200$ κωδικόνια και παράγονται 1199 αμινοξέα, αφού το κωδικόνιο λήξης δεν αντιστοιχεί σε αμινοξύ.

15. Δίνεται ένας κλώνος με τη παρακάτω αλληλουχία βάσεων

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

Ποιο τμήμα του κλώνου αυτού θα μεταγραφεί;

Το mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή για να κατευθύνει τη σύνθεση μιας συγκεκριμένης πολυπεπτιδικής αλυσίδας, θα πρέπει να φέρει το κωδικόνιο έναρξης AUG και ένα από τα κωδικόνια λήξης UAG, UGA, UAA. Στην αλυσίδα του DNA που μεταγράφεται αυτά σύμφωνα με την αρχή της συμπληρωματικότητας θα είναι για την έναρξη TAC και για τη λήξη ATC, ACT, ATT αντίστοιχα. Άρα το τμήμα που θα μεταγραφεί θα είναι:

-TAC-TTA-CGT-...-TTT-TTT-TTT-ACT-

και το αντίστοιχο mRNA

-AUG-AAU-GCA-...-AAA-AAA-AAA-UGA

Προσοχή πρέπει να διαβαστεί και από τις δύο πλευρές, γιατί αν διαβαστεί από δεξιά προς τα αριστερά θα βρείτε λήξη όχι όμως και έναρξη

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

16. Δίνεται ένα τμήμα μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας ενός μορίου DNA:



α) να γραφεί η συμπληρωματική αλυσίδα του DNA και να υπολογιστεί το σύνολο των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζονται. β) να γραφεί το mRNA που προκύπτει από τη μεταγραφή της συμπληρωματικής αυτής αλυσίδας γ) ποια θα είναι τα αντικωδικόνια tRNA; δ) ποσά αμινοξέα κωδικοποιούνται από αυτό το m-RNA;

α) $5' \text{ _TCA TGC CGA CGC GCA GGG CTA _} 3'$ Στην κάθε αλυσίδα υπάρχουν $T+A=7$ και $C+G=13$ άρα $2 \times 7 + 3 \times 13 = 53$ δεσμοί υδρογόνου.

β) το mRNA είναι: $3' \text{ _AGU AGG GCA GCG CGU CCC GUA _} 5'$ ή ανεστραμμένα

$5' \text{ _AUG CCC UGC GCG GCA GGA UGA _} 3'$

γ) η μετάφραση αρχίζει από την $5'$ θέση άρα τα αντικωδικόνια των tRNA τα εξάγουμε βγάζοντας τις συμπληρωματικές τριάδες του mRNA και είναι: TAC, GGG, ACG, CGC, UGC, CCU ενώ στο τελευταίο κωδικόνιο (UGA) δεν αντιστοιχεί αντικωδικόνιο αφού δεν υπάρχει tRNA για τα κωδικόνια λήξης. δ) Από τις 7 τριάδες που έχει το παραπάνω mRNA οι 6 πρώτες (πάντα από δεξιά προς αριστερά αντιστοιχούν σε 6 αμινοξέα ενώ η τελευταία (UGA) αντιστοιχεί σε κωδικόνιο λήξης.

17. Τμήμα κλώνου DNA περιέχει την αλληλουχία βάσεων: CAT - TGT - GTG - ATG Ποια θα είναι τα αντικωδικόνια των μεταφορικών t-RNA που είναι απαραίτητα για την μετάφραση του m-RNA που θα συντεθεί από την συμπληρωματική της παραπάνω αλυσίδας και ποιο αμινοξύ κωδικοποιεί το καθένα.

Αρχική αλυσίδα	-CAT - TGT - GTG - ATG-	
Συμπληρωματική αλυσίδα	-GTA - ACA - CAC - TAC-	
m-RNA	-CAU - UGU - GUG - AUG-	
κωδικόνιο	αντικωδικόνιο	Κωδικοποιημένο αμινοξύ
CAU	GUA	Ιστιδίνη
UGU	ACA	Κυστεΐνη
GUG	CAC	Βαλίνη
AUG	UAC	Μεθειονίνη

- ✓ Αν θέλουμε να γράψουμε τα αντικωδικόνια των tRNA που συμμετέχουν στη μετάφραση, τηρούμε την συμπληρωματικότητα των βάσεων μεταξύ του κωδικονίου του mRNA που μεταφράζεται και του αντικωδικονίου του tRNA που μεταφέρει τα αμινοξέα και γράφουμε τριπλέτες βάσεων ριβονουκλεοτιδίων συμπληρωματικών των βάσεων των κωδικονίων, τις οποίες και χωρίζουμε με κόμματα ή κάθετες γραμμές, για να δείξουμε ότι είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Προσοχή για τα κωδικόνια λήξης UAA, UAG και UGA δεν υπάρχουν αντικωδικόνια.
- ✓ Ένα αμινοξύ κωδικοποιείται από τρεις αζωτούχες βάσεις. Άρα αν a είναι τα αμινοξέα της πεπτιδικής αλυσίδας, τότε είναι $3a$ ο αριθμός των βάσεων στο τμήμα του mRNA που μεταφράζεται και $3a$ τα ζεύγη βάσεων (ή $6a$ βάσεις) στο γονίδιο.

18. Το τμήμα DNA ενός βακτηρίου, που καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων σε μια πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελείται από 9000 νουκλεοτίδια: α. Πόσα κωδικόνια θα έχει το mRNA που θα καθορίσει την ένταξη των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα; β. Πόσα αντικωδικόνια αντιστοιχούν στα κωδικόνια του mRNA; γ. Από πόσα αμινοξέα θα αποτελείται η πολυπεπτιδική αλυσίδα;

α. $9000 : 2 = 4500$ νουκλεοτίδια σε κάθε αλυσίδα άρα 4500 είναι τα νουκλεοτίδια που μεταγράφονται $4500 : 3 = 1500$ τα κωδικόνια

β. σε κάθε κωδικόνιο αντιστοιχεί και ένα αντικωδικόνιο άρα 1500 αντικωδικόνια

γ. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα θα αποτελείται από 1500 αμινοξέα (όσα και τα κωδικόνια)

19. Το τμήμα $UUUCAGUUUACGUCCUCCUCGGAA$ αντιστοιχεί στο ένα άκρο ενός μορίου mRNA και περιέχει τα κωδικόνια κάποιων αμινοξέων καθώς και τμήμα αμετάφραστης περιοχής. α) Ποιο το 3' και ποιο το 5' άκρο του παραπάνω τμήματος; β) Τα κωδικόνια πόσων αμινοξέων εμφανίζονται στο παραπάνω τμήμα; και γ) Ποια τα αντικωδικόνια των αντίστοιχων tRNA;

α) Διαβάζοντας και προς τις δύο κατευθύνσεις προσπαθούμε να προσδιορίσουμε ένα κωδικόνιο λήξης ή έναρξης. Από δεξιά προς τα αριστερά βρίσκουμε το κωδικόνιο λήξης UGA. Άρα η αριστερή πλευρά αντιστοιχεί στο τέλος του μορίου του mRNA και στο άκρο 3'. β) Μετράμε δεξιά του κωδικονίου λήξης και βρίσκουμε 5 πλήρεις τριπλέτες που αντιστοιχούν σε 5 αμινοξέα. γ) Τα αντικωδικόνια είναι (διαβάζοντας τις τριπλέτες από δεξιά προς τα αριστερά και αγνοώντας τις δύο πρώτες αδενίνες που δεν συνθέτουν τριπλέτα): CCG AGG, AGG, ACG και UAA.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

20. Το τμήμα $UUUCAGUUUACGUCCUCCUCGGAA$ αντιστοιχεί στο ένα άκρο ενός μορίου mRNA και περιέχει τα κωδικόνια κάποιων αμινοξέων καθώς και τμήμα αμετάφραστης περιοχής. α) Ποιο το 3' και ποιο το 5' άκρο του παραπάνω τμήματος; β) Τα κωδικόνια πόσων αμινοξέων εμφανίζονται στο παραπάνω τμήμα; γ) Ποια τα αντικωδικόνια των αντίστοιχων tRNA;

α) Διαβάζοντας και προς τις δύο κατευθύνσεις προσπαθούμε να προσδιορίσουμε ένα κωδικόνιο λήξης ή έναρξης. Από δεξιά προς τα αριστερά βρίσκουμε το κωδικόνιο λήξης UGA. Άρα η αριστερή πλευρά αντιστοιχεί στο τέλος του μορίου του mRNA και στο άκρο 3'. β) Μετράμε δεξιά του κωδικονίου λήξης και βρίσκουμε 5 πλήρεις τριπλέτες που αντιστοιχούν σε 5 αμινοξέα. γ) Τα αντικωδικόνια είναι (διαβάζοντας τις τριπλέτες από δεξιά προς τα αριστερά και αγνοώντας τις δύο πρώτες αδενίνες που δεν συνθέτουν τριπλέτα): CCG AGG, AGG, ACG και UAA.

21. Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελείται από 100 αμινοξέα. Πόσα νουκλεοτίδια περιέχει το m-RNA που καθοδηγεί τη σύνθεσή της και πόσα το τμήμα του DNA που περιέχει τις οδηγίες για την σύνθεσή της;

Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτίδια άρα $100 \cdot 3 = 300$. 3 νουκλεοτίδια για την έναρξη και 3 για τη λήξη άρα το mRNA που καθοδηγεί τη σύνθεσή της 306 νουκλεοτίδια. Τόσα θα είναι και τα νουκλεοτίδια της αλυσίδας του DNA που μεταγράφεται. Επειδή όμως το DNA είναι δίκλωνο, το τμήμα του που περιέχει τις οδηγίες, για τη σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, θα αποτελείται από $2 \cdot 306 = 612$

22. Από μια πολυπεπτιδική αλυσίδα ενός κυττάρου απομακρύνθηκαν 12 αμινοξέα από το αμινικό της άκρο, ώστε τελικά αυτή να αποτελείται από 200 αμινοξέα. Πόσα νουκλεοτίδια θα έχει το τμήμα του DNA που καθόρισε την αλληλουχία των αμινοξέων στην αρχική πολυπεπτιδική αλυσίδα;

Αφού απομακρύνθηκαν από το αμινικό άκρο δώδεκα αμινοξέα, συνολικά τα αμινοξέα είναι 212. Άρα, ο αριθμός των νουκλεοτιδίων στο mRNA που καθόρισαν την ένταξη των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα θα είναι $212 \cdot 3 = 636$ και 3 νουκλεοτίδια το κωδικόνιο λήξης 639. Το τμήμα της μεταγραφόμενης αλυσίδας του DNA για το παραπάνω mRNA θα αποτελείται από 639 νουκλεοτίδια, και επίσης από 639 θα αποτελείται η συμπληρωματική αλυσίδα της. Επομένως, το τμήμα του DNA θα αποτελείται από 639 ζεύγη νουκλεοτιδίων.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

23.Μια πρωτεΐνη αποτελείται από 574 αμινοξέα κατανεμημένα σε δύο ζεύγη όμοιων πολυπεπτιδικών αλυσίδων. Μεταξύ τους οι δύο διαφορετικές αλυσίδες διαφέρουν κατά 5 αμινοξέα α) Πόσα γονίδια είναι υπεύθυνα για τη δόμηση της πρωτεΐνης αυτής; β) Ποιος ο αριθμός βάσεων των μεταγραφόμενων τμημάτων mRNA που οικοδομούν την πρωτεΐνη αυτή;

α) Δύο γονίδια, ένα για κάθε είδος αλυσίδας

β) Αν η μία αλυσίδα έχει a αμινοξέα η άλλη θα έχει $a+5$. Άρα $2(a+a+5)=574 \Rightarrow a=141$ αμινοξέα η μια αλυσίδα και 146 η άλλη. Το ένα mRNA έχει $3 \times 141 + 3$ (κωδικόνιο λήξης)=426 βάσεις και το άλλο $3 \times 146 + 3 = 441$ βάσεις.

Επισημάνσεις:

- ✓ Στους προκαρυωτικούς το mRNA αρχίζει να μεταφράζεται σε πρωτεΐνη προτού ολοκληρωθεί η μεταγραφή του ενώ στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς το mRNA υφίσταται τη διαδικασία της ωρίμανσης
- ✓ Το πρόδρομο mRNA περιέχει εξώνια και εσώνια. Τα εσώνια μεταγράφονται στο πρόδρομο m-RNA. Άρα καταμετρούνται στο σύνολο των βάσεων του, ενώ κατά την ωρίμανση απομακρύνονται
- ✓ Τα εξώνια είναι αλληλουχίες που μεταφράζονται σε αμινοξέα Τα εσώνια είναι αλληλουχίες που δεν μεταφράζονται σε αμινοξέα
- ✓ Ωριμο mRNA αποτελείται αποκλειστικά από εξώνια, αλλά περιέχει δύο περιοχές που δεν μεταφράζονται σε αμινοξέα, μία στο 5' άκρο και μία στο 3' άκρο (5' και 3' αμετάφραστες περιοχές)

Γονίδιο :	2α βάσεις
πρόδρομο m-RNA:	α βάσεις
Ωριμο m-RNA:	βάσεις πρόδρομου m-RNA -βάσεις εσωνίων
Μεταφραζόμενο τμήμα:	βάσεις ώριμου - βάσεις 5' & 3' αμετάφραστων περιοχών
Αμινοξέα:	βάσεις τμήματος που μεταφράζεται/3
Αν a είναι τα αμινοξέα που κωδικοποιούνται στην πολυπεπτιδική αλυσίδα, τότε ισχύει:	
Βάσεις ώριμου mRNA = βάσεις 5' αμετάφραστης περιοχής + $3a$ +βάσεις 3' αμετάφραστης περιοχής	

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

24. Ένα ανώριμο mRNA αποτελείται από 300 βάσεις. Το 60% των βάσεων αυτών είναι εσώνια, ενώ το ώριμο μόριο του περιέχει 3' και 5' αμετάφραστες περιοχές συνολικού μήκους 21 βάσεων (χωρίς να συμπεριλαμβάνεται σε αυτές το κωδικόνιο λήξης). Πόσα αμινοξέα έχει η πολυπεπτιδική αλυσίδα που προκύπτει από το mRNA;

Τα εσώνια είναι $60\% \cdot 300 = 180$ βάσεις. Άρα τα εξώνια: $300 - 180 = 120$ βάσεις. Από αυτές $120 - 21$ (αμετάφραστες περιοχές) $- 3$ (κωδικόνιο λήξης) $= 96$ που αντιστοιχούν σε $96/3 = 32$ αμινοξέα.

25. Δίνεται η τμήμα της μη κωδικής αλυσίδας του DNA ενός γονιδίου

5' ...AGGCACGGACATGGGAAACGGGATTTCCAATTTA... 3'

α. Να γραφεί η αλληλουχία των βάσεων του πρόδρομου mRNA που αντιστοιχεί σε αυτό το τμήμα. β. Από τη μετάφραση αυτού του τμήματος προήλθε το ολιγοπεπτίδιο: τρυπτοφάνη - λυσίνη - μεθειονίνη - σερίνη - βαλίνη - προλίνη. Να προσδιορίσετε τα εσώνια και τα εξώνια που υπάρχουν στο παραπάνω τμήμα.

α. Η κωδική αλυσίδα σαν συμπληρωματική της δεδομένης μη κωδικής θα είναι:

3' ... TCCGTGCCTGTACCCTTTGCCCTAAAGGTTAAAT ... 5'

Το πρόδρομο mRNA που θα προέλθει από το παραπάνω τμήμα γονιδίου θα έχει την ίδια ακολουθία βάσεων με την κωδική αντί όμως T θα περιέχει U. Για καλύτερη ανάγνωση των κωδικονίων αντιστρέφουμε την γραφή της αλυσίδας ώστε αριστερά να βρίσκεται το 5' άκρο της. Έχουμε:

5' - ... UAAAUUGGAAAUCCCGUUUGCCAUGUCCGUGCCU... - 3'

β. Αρχίζοντας από το 5' άκρο αναζητούμε με την σειρά διαβάζοντας προς τα δεξιά τα κωδικόνια: UGG που αντιστοιχεί στην τρυπτοφάνη (6η - 8η βάση), AAA της λυσίνης (9η - 11η βάση), AUG που αντιστοιχεί στη μεθειονίνη (21η - 24η βάση) κ. ο. κ. τα υπόλοιπα τρία αμινοξέα από την 25η βάση έως το τέλος.

Άρα το τμήμα περιλαμβάνει δύο εσώνια (1η - 5η βάση: UAAAU και 11η - 20η βάση: UCCCGUUUCCG) και δύο εξώνια (6η- 10η βάση: UGGAAA και 21η βάση έως τέλος: AUGUCCGUGCCU)

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

26. Το mRNA ενός βακτηρίου έχει 8999 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς και κατευθύνει τη σύνθεση πολυπεπτιδικής αλυσίδας που αποτελείται από 2989 αμινοξέα. Ποιος είναι ο αριθμός των νουκλεοτιδίων του mRNA που δεν κωδικοποιούν αμινοξέα;

Αν δ ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών και ν ο αριθμός των νουκλεοτιδίων κάθε αλυσίδας ισχύει: $\delta = \nu - 1$. Αν θέσουμε $\delta = 8999$, τότε προκύπτει ότι: $\nu = \delta + 1 \Rightarrow \nu = 9000$ νουκλεοτίδια

Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από μια τριάδα νουκλεοτιδίων του m-RNA (κωδικόνιο). Άρα τα 2989 αμινοξέα απαιτούν $2989 \cdot 3 = 8967$ νουκλεοτίδια

Άρα ο αριθμός των νουκλεοτιδίων του mRNA που δεν κωδικοποιούν αμινοξέα
 $9000 - 8967 = 33$

27. Ένα πρόδρομο m-RNA είχε 700 νουκλεοτίδια, ενώ η πρωτεΐνη προέκυψε τελικά από αυτό είχε 100 αμινοξέα. Οι αμετάφραστες περιοχές του ώριμου mRNA ήταν 20 νουκλεοτίδια πριν το κωδικόνιο έναρξης και 7 μετά το κωδικόνιο λήξης. Στα στάδια διαμόρφωσής της πρωτεΐνης μετά τη μεταγραφή κόπηκαν 20 αμινοξέα από την αρχή της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας. Περιγράψτε ποσοτικά τις μετατροπές που συμβαίνουν από το πρόδρομο mRNA έως την τελική παραγωγή της πρωτεΐνης;

Η αρχική πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που παράχθηκε είχε $100 + 20 = 120$ αμινοξέα. Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτίδια άρα απαιτήθηκαν $120 \times 3 = 360$ είναι τα νουκλεοτίδια που κωδικοποίησαν τα αμινοξέα. 3 επιπλέον νουκλεοτίδια χρησιμοποιήθηκαν για λήξη, ενώ $10 + 7 = 17$ νουκλεοτίδια αποτέλεσαν τις αμετάφραστες περιοχές του ώριμου mRNA.

Με βάση τα παραπάνω το ώριμο mRNA περιείχε $360 + 3 + 17 = 380$ νουκλεοτίδια.

Η διαφορά του πρόδρομου mRNA (700 νουκλεοτίδια) μείον το ώριμο mRNA (380 νουκλεοτίδια) αντιστοιχεί σε $(700 - 380) = 320$ νουκλεοτίδια που είναι τα εσώνια

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

28. Το πρόδρομο m-RNA που εξήλθε από τους πόρους της πυρηνικής μεμβράνης είχε 632 νουκλεοτίδια, ενώ η πρωτεΐνη που προέκυψε από τη μετάφραση είχε 183 αμινοξέα. Αν υπολογίσουμε ότι οκτώ νουκλεοτίδια στην αρχή κι έξι στο τέλος ήταν οι αμετάφραστες περιοχές, πώς δικαιολογείται η διαφορά αυτή;

1ος τρόπος Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτίδια άρα $183 \times 3 = 549$ τα νουκλεοτίδια που κωδικοποίησαν τα αμινοξέα 3 νουκλεοτίδια για την έναρξη, 3 νουκλεοτίδια για τη λήξη, 8 νουκλεοτίδια στην αρχή και 6 νουκλεοτίδια στο τέλος. Άρα το mRNA που καθοδηγεί τη σύνθεσή της θα έχει

$$549 + 3 + 3 + 8 + 6 + \text{Εσώνια} = 632 \Rightarrow 569 + \text{Εσώνια} = 632 \Rightarrow \text{Εσώνια} = 632 - 569 \Rightarrow \text{Εσώνια} = 63$$

2ος τρόπος Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτίδια άρα $183 \times 3 = 549$ τα νουκλεοτίδια που κωδικοποίησαν τα αμινοξέα $632 - 549 = 83$ οι αμετάφραστες περιοχές 3 νουκλεοτίδια για την έναρξη, 3 νουκλεοτίδια για τη λήξη, 8 νουκλεοτίδια στην αρχή και 6 νουκλεοτίδια στο τέλος. Θα έχουμε $3 + 3 + 8 + 6 = 20$

Άρα τα εσώνια θα είναι: $E = 83 - 20 = 63$

Επισημάνσεις:

- ✓ Τα εσώνια είναι ενδιάμεσες αλληλουχίες των γονιδίων και ως εκ τούτου ενδιάμεσες αλληλουχίες στο πρόδρομο mRNA. Αν ένα γονίδιο έχει a εσώνια, τότε έχει $a + 1$ εξώνια. Για να αποκοπεί μία αλληλουχία που αποτελεί εσώνιο, ανεξάρτητα από τον αριθμό των βάσεων που περιέχει, πρέπει να σπάσουν οι 2 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί που βρίσκονται στα άκρα του. Για κάθε εσώνιο που απομακρύνεται σχηματίζεται ένας φωσφοδιεστερικός δεσμός μεταξύ των άκρων των εξωνίων με τα οποία αυτό ήταν συνδεδεμένο. Για την απομάκρυνση a εξωνίων σπάζουν $2a$ φωσφοδιεστερικοί δεσμοί. Και για την συρραφή $a+1$ εξωνίων σχηματίζονται a φωσφοδιεστερικοί δεσμοί.

29. Το γονίδιο του κολλαγόνου του ανθρώπου έχει 50 εσώνια. Κατά τη διαδικασία ωρίμανσης του πρόδρομου mRNA το κύτταρο κέρδισε ή έχασε, μόρια νερού και πόσα;

Για να αφαιρεθεί ένα εσώνιο υδρολύονται 2 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί, ένας από κάθε άκρο άρα για τα 50 εσώνια το κύτταρο χάνει 100 μόρια νερού, κατά την ένωση τώρα των εξωνίων σχηματίζονται 50 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί και αποβάλλονται 50 μόρια νερού. Άρα συνολικά το κύτταρο θα χάσει $100 - 50 = 50$ μόρια νερού

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

30. Δίνεται η αλυσίδα του DNA ενός γονιδίου

TAC GGA TAT...GTA GCA ACA TCACCACTA...CGACAAACT

α. Να γράφει η κωδική της και η αλληλουχία των βάσεων του πρόδρομου mRNA. β. Αν το πεπτίδιο που σχηματίστηκε από τη μετάφραση του «ώριμου» mRNA ήταν: μεθειονίνη-προλίνη-ιστιδίνη-αργινίνη-κυστεΐνη-σερίνη-βαλίνη, να βρεις την αλληλουχία των βάσεων του εσωνίου που βρίσκεται στο γονίδιο. γ. Να γραφεί η αλληλουχία των βάσεων του ώριμου mRNA. δ. Πόσοι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί δημιουργούνται κατά τη συρραφή των εξωνίων μεταξύ τους;

α. κωδική

ATG CCT ATA...CAT CGT TGT AGT GGT GAT...GCTGTTTGA

πρόδρομο mRNA

AUG CCU AUA...CAUCGU UGU AGU GGU GAU...GCU GUU UGA

β. AUG CCU CAU CGU UGU AGU GUU

γ. AUG CCU CAU CGU UGU AGU GUU UGA

δ. έχουμε 3 εξώνια άρα δυο φωσφοδιεστερικούς δεσμούς

31. Σε ένα «ώριμο» mRNA η περιοχή του που καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα περιλαμβάνει 8999 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς. α. Από πόσα κωδικόνια αποτελείται η παραπάνω περιοχή του mRNA; β. Πόσα αμινοξέα θα έχει η πολυπεπτιδική αλυσίδα που θα προκύψει από τη μετάφραση του mRNA;

Μεταξύ δύο νουκλεοτιδίων σχηματίζεται ένας φωσφοδιεστερικός δεσμός, μεταξύ τριών νουκλεοτιδίων δύο φωσφοδιεστερικοί δεσμοί κ.ο.κ., δηλαδή ισχύει: $\delta = \nu - 1$

όπου δ ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών και ν ο αριθμός των νουκλεοτιδίων κάθε αλυσίδας. Αν θέσουμε $\delta=8999$, τότε προκύπτει ότι: $\nu=\delta+1 \Rightarrow \nu=9000$ νουκλεοτίδια α. Τα 9000 νουκλεοτίδια σχηματίζουν $9000 : 3 = 3000$ κωδικόνια

β. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα θα αποτελείται από 3000 αμινοξέα

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

32. Κατά την ωρίμανση του RNA ευκαρυωτικού κυττάρου με την βοήθεια του snRNA και πρωτεϊνών έγινε η συγκόλληση τριών εξωνίων μήκος 89, 103 και 168 νουκλεοτιδίων αντίστοιχα. Αν το γονίδιο το υπεύθυνο για την παραγωγή του πρόδρομου RNA περιλαμβάνει 800 ζεύγη βάσεων α) Ποιο ποσοστό του ανώριμου RNA αντιστοιχεί στο ώριμο; β) Αν τα ακραία τμήματα του πρόδρομου RNA ανήκουν σε εσώνια πόσοι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί του πρόδρομου RNA χρειάστηκαν να σπάσουν στην διαδικασία της ωρίμανσής του;

α) Το ώριμο RNA έχει μήκος ίσο με το άθροισμα των μηκών των εξωνίων που το αποτελούν, δηλαδή: $89 + 103 + 168 = 360$ νουκλεοτίδια. Άρα το ποσοστό % του ώριμου είναι:

Στα 800 νουκλεοτίδια πρόδρομου RNA αντιστοιχούν 360 νουκλεοτίδια ώριμου RNA

Στα 100 νουκλεοτίδια πρόδρομου RNA αντιστοιχούν x ; νουκλεοτίδια ώριμου RNA

$$X = 45\%$$

β) Θα πρέπει να σπάσουν 6 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί για την αποκοπή των εξωνίων από το πρόδρομο RNA

Επεξήγηση εννοιών και όρων::

Σύμπλοκο έναρξης της πρωτεϊνοσύνθεσης: Το σύμπλοκο που δημιουργείται από την πρόσδεση του mRNA με την μικρή υπομονάδα του ριβοσώματος και του tRNA που μεταφέρει την μεθειονίνη. Στη συνέχεια προσδένεται και η μεγάλη υπομονάδα του ριβοσώματος.

Αμετάφραστες περιοχές ενός γονιδίου: Περιοχές του "ώριμου" mRNA που δεν μεταφράζονται σε αμινοξέα. Βρίσκονται στο 5' και 3' άκρο του mRNA.

Πολύσωμα: Σύμπλεγμα ριβοσωμάτων με το μεταφραζόμενο mRNA.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΜΕ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

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 4, κύτταρα, παριστάνοντας το μη ραδιενεργό DNA με μία συνεχή γραμμή και το ραδιενεργό με διακεκομμένη γραμμή.

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

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

Για να αρχίσει η αντιγραφή του DNA, είναι απαραίτητο να ξετυλιχτούν στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής οι δύο αλυσίδες και να σπάσουν οι μεταξύ τους υδρογονονικοί δεσμοί. Έτσι, μένουν «ελεύθερες» οι αζωτούχες βάσεις τους, ώστε να μπορέσουν να τοποθετηθούν τα νουκλεοτίδια με τις συμπληρωματικές αζωτούχες βάσεις. 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.
α. DNA δεσμάση β. DNA πολυμεράση γ. DNA ελικάση.

Η σειρά με την οποία τα παρακάτω ένζυμα συμμετέχουν στο διπλασιασμό του DNA είναι: γ, β, α.

4. Ποια από τις παρακάτω πορείες καταλύεται από το ένζυμο αντίστροφη μεταγραφή;
α. RNA => DNA
β. DNA => RNA
γ. RNA => RNA
δ. DNA => DNA
ε. RNA => πρωτεΐνες

Η σωστή απάντηση είναι η α.

5. Αν το 20% των βάσεων ενός δίκλωνου τμήματος βακτηριακού κυττάρου είναι αδενίνη-θυμίνη ποιο θα είναι το ποσοστό των βάσεων γουανίνη –κυτοσίνη του RNA που μεταγράφεται από αυτό το DNA;
α. 20% β.60% γ.80% δ. 40% ε. 30%

Η σωστή απάντηση είναι η δ

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

Γνωρίζουμε ότι η αδενίνη συνδέεται μόνο με τη θυμίνη του DNA ή μόνο με την ουρακίλη του RNA και αντίστροφα, ενώ η κυτοσίνη μόνο με γουανίνη και αντίστροφα. Ανάμεσα στην αδενίνη και τη θυμίνη καθώς και ανάμεσα στην αδενίνη και την ουρακίλη σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και στην κυτοσίνη σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου. Η συμπληρωματικότητα των βάσεων είναι υπεύθυνη για α) Τη δομή της διπλής έλικας του DNA β) Την αντιγραφή του DNA γ) Τη μεταγραφή του RNA από το DNA δ) Την αναγνώριση του κωδικονίου από το αντικωδικόνιο κατά τη μετάφραση. ε) Την αντίστροφη μεταγραφή των RNA ιών στ) Τον αυτοδιπλασιασμό των RNA ιών

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

7. Τμήμα μιας μη κωδικής αλυσίδας βακτηριακού DNA έχει την παρακάτω αλληλουχία βάσεων: 3'- 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.

Συμπληρωματική αλυσίδα DNA:

5'- ATGACGT ATTACTAA -3'

mRNA που μεταγράφεται

5'- AUGACGUAUUACUAA-3'

αντικωδικόνια για κάθε κωδικόνιο του RNA UACUGCAUAAUGAUU

αμινοξέα του πεπτιδίου που θα συντεθεί. μεθειονίνη-θρεονίνη-τυροσίνη-τυροσίνη. Στη συγκεκριμένη αλληλουχία mRNA η τελευταία τριπλέτα είναι κωδικόνιο λήξης.

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' _ _ G TA		A A _		_ _ _ 3''(κωδική) _ C T
mRNA			_ _ U		U
Αντικωδικόνιο					
Αμινοξέα		λευκίνη		φαινυλαλανίνη	
Δίκλωνη αλυσίδα DNA	5' ATG 3' TAG	CTT GAA	AAT TTA	TTT AAA	TGA3'(κωδική) ACT5'
mRNA	5' AUG	CUU	AAU	UUU	UGA3'
Αντικωδικόνιο	UAC	GAA	UUA	AAA	ACU
Αμινοξέα	μεθειονίνη	λευκίνη	ασπαργίνη	φαινυλαλανίνη	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 κάθε μία. α. Πόσα είδη mRNA είναι υπεύθυνα για την σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων; β. Από πόσες βάσεις αποτελείται η αλληλουχία του mRNA που αντιστοιχεί στις παραπάνω αλυσίδες; (Δεν υπολογίζεται στο mRNA το κωδικόνιο λήξης)

α. υπεύθυνα για τη σύνθεση των τεσσάρων πολυπεπτιδικών αλυσίδων είναι 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, επειδή μία τριάδα 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.

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 κυττάρων περιέχει όλα τα λειτουργικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης)

Οι γενετικές πληροφορίες του DNA των πρόδρομων ερυθρών αιμοσφαιρίων για τη σύνθεση των β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης Α έχουν μεταγραφεί στο αντίστοιχο mRNA. 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 δεν είναι εξειδικευμένα συστατικά της μεταφραστικής μηχανής και με αυτή την έννοια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θέση μετάφρασης για οποιοδήποτε mRNA. Επιπλέον, ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν καθολικός με συνέπεια πρακτικά όλοι οι οργανισμοί να έχουν τον ίδιο γενετικό κώδικα. Αυτό εξηγεί γιατί στο εκχύλισμα των βακτηριακών κυττάρων παρατηρούμε σύνθεση β αλυσίδων της αιμοσφαιρίνης. Το εκχύλισμα κυττάρων περιέχει όλα τα λειτουργικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της πρωτε-

ϊνοσύνθεσης.

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. Μία είναι μια σειρά τριών βάσεων στο μόριο του DNA. Κωδικοποιεί ένα**
- γ .Η πρωτεϊνοσύνθεση 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 πρωτεϊνοσύνθεση 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.

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

- α) Στη φάση της μετάφασης 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 σωστή πρόταση είναι η γ .

13. Ένας επιστήμονας , που ερευνούσε τη δομή μιας πρωτεΐνης , ανακάλυψε ότι τα αμινοξέα που την αποτελούσαν ήταν πολύ μικρότερα σε αριθμό από τις τριπλέτες του γονιδίου , που την κωδικοποιούσε . Είναι σωστή η ανακάλυψή του αυτή ή όχι και γιατί

Το τμήμα του DNA που δεν περιέχει γονίδια, τα γονίδια που παράγουν tRNA , rRNA και στα ευκαρυωτικά κύτταρα snRNA, τα εσώνια και οι αμετάφραστες περιοχές, τα κωδικόνια λήξης και στους πολυκύτταρους οργανισμούς τα γονίδια που δε σχετίζονται με τις λειτουργίες των ειδικών κυττάρων

14. Μια ποσοτική ανάλυση , που έγινε σε μόριο DNA, έδειξε ότι περιέχει αδενίνη σε ποσοστό 20% σε σχέση με τις υπόλοιπες αζωτούχες βάσεις . Να υπολογίσετε τα ποσοστά των υπολοίπων βάσεων

$20\% A = T \Rightarrow 20\% > G + C = 60\% G = C \Rightarrow 30\% C$ και $30\% G$.

15. Ένα μόριο mRNA αποτελείται από 100 νουκλεοτίδια .Να υπολογίσετε τον αριθμό των αμινοξέων της πεπτιδικής αλυσίδας, που κωδικοποιεί αυτό το mRNA και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας .

Από τα 100 νουκλεοτίδια του mRNA αφαιρούνται 3 νουκλεοτίδια που συνιστούν το κωδικόνιο λήξης, επομένως τα κωδικόνια στο mRNA είναι $93/3 = 31$.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα κωδικόνιο του mRNA αντιστοιχεί σε ένα αμινοξύ, η πεπτιδική αλυσίδα θα αποτελείται από 31 αμινοξέα.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

16. Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα αποτελείται από 100 αμινοξέα. Να υπολογίσετε από πόσα τουλάχιστον νουκλεοτίδια αποτελείται το mRNA που κωδικοποιεί αυτή την πολυπεπτιδική αλυσίδα. Και β) Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

Είναι γνωστό ότι ένα κωδικόνιο του mRNA αντιστοιχεί σε ένα αμινοξύ, άρα το mRNA θα αποτελείται από $100 \times 3 = 300$ νουκλεοτίδια. Λαμβάνοντας υπόψη και το κωδικόνιο λήξης, το mRNA θα αποτελείται από 303 τουλάχιστον νουκλεοτίδια.

17. Η ακολουθία των βάσεων ενός τμήματος μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας ενός μορίου DNA είναι : ... TTTAAAAAGTACGGCAGCGCGTCCCACATCTTTAAA ... α) Να γράψετε τη συμπληρωματική αλυσίδα του DNA και να υπολογίσετε το σύνολο των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζονται. β) Να γράψετε την ακολουθία των 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; στ) Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της κωδικοποίησης ενός αμινοξέος από περισσότερα του ενός κωδικόνια;

α. AAATTTTTCATGCCGTCGCGCAGGGTGTAGAAATTT... υπάρχουν 21 ζεύγη A-T και 15 ζεύγη C-G, άρα οι δεσμοί υδρογόνου είναι $21 \times 2 + 15 \times 3 = 87$.

β. AAAUUUUUCAUGCCGUCGCGCAGGGUGUAGAAUUU. ...

γ. UAC, GGC, AGC, GCG, UCC, CAC.

δ. 6 αμινοξέα μαζί με τη μεθειονίνη.

ε. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η αντιγραφή και μεταγραφή γίνεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες, ενώ στα προκαρυωτικά κύτταρα γίνεται στο κυτταρόπλασμα. Η μετάφραση γίνεται στα ριβοσώματα, που στα ευκαρυωτικά κύτταρα βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια των αγωγών του «αδρού» ενδοπλασματικού δικτύου, ελεύθερα στο κυτταρόπλασμα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες. Στα προκαρυωτικά τα ριβοσώματα βρίσκονται ελεύθερα στο κυτταρόπλασμα.

στ. Αν γίνει αντικατάσταση μιας βάσης από κάποια άλλη, το νέο κωδικόνιο στο mRNA πιθανόν να αντιστοιχεί στο ίδιο αμινοξύ, με αποτέλεσμα να μην αλλάξει η διαμόρφωση του πρωτεϊνικού μορίου.

18. Ποιο είναι σχετική μοριακή μάζα μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας που κωδικοποιείται από ένα μόριο mRNA το οποίο αποτελείται από 900 νουκλεοτίδια; Η μέση μοριακή μάζα των ελεύθερων αμινοξέων είναι ίση με 100

Τα 900 νουκλεοτίδια σχηματίζουν $900:3=300$ κωδικόνια, αν αφαιρέσουμε το κωδικόνιο έναρξης και λήξης θα έχουμε $300-2=298$ αμινοξέα.

$$MB = n \cdot 100 - (n-1) \cdot 18 \Leftrightarrow MB = 298 \cdot 100 - (298-1) \cdot 18 \Leftrightarrow MB = 29800 - 297 \cdot 18 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow MB = 29800 - 29700 \Leftrightarrow MB = 24454$$

Το αμινοξύ μεθειονίνη με το οποίο αρχίζει η πρωτεϊνική σύνθεση δεν υπολογίζεται σαν αμινοξύ της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, γιατί μετά τον τερματισμό του σχηματισμού της, αυτό συνήθως αποβάλλεται από το πεπτιδικό μόριο

19. Το DNA ενός πλασμιδίου έχει $1,2 \times 10^5$ φωσφοδιεστερικούς δεσμούς, Πόσες πρωτεΐνες με σχετική μοριακή μάζα 40000 θα μπορούσαν να κωδικοποιηθούν; Δίνεται ότι η μέση μοριακή μάζα των συνδεδεμένων αμινοξέων είναι 100.

Αν για λόγους απλοποίησης τα μόρια νερού που αποσπώνται και τα κωδικόνια έναρξης και λήξης δε ληφθούν υπόψη, τότε: $MB \text{ πρωτεΐνης} = 100X \Rightarrow 40000 = 100X \Rightarrow X = 400$ Άρα κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από 400 αμινοξέα και για την κωδικοποίηση της θα απαιτούνται: $400 \times 3 = 1200$ νουκλεοτίδια.

Σε κάθε αλυσίδα θα υπάρχουν $1,2 \cdot 10^5 / 2 = 6 \cdot 10^4$ φωσφοδιεστερικοί δεσμοί

Αν δ ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών και n ο αριθμός των νουκλεοτιδίων κάθε αλυσίδας και θέσουμε $\delta = 6 \cdot 10^4$, τότε προκύπτει από τον τύπο $\delta = n - 1$ ότι:

$n = \delta + 1 \Rightarrow n = 6 \cdot 10^4 + 1 = 6 \cdot 10^4$ νουκλεοτίδια. Τότε, τα $6 \cdot 10^4$ νουκλεοτίδια του μεταγραφόμενου κλώνου του DNA μπορούν να κωδικοποιήσουν $6 \cdot 10^4 / 1200 = 50$ πρωτεΐνες.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

20. Ένα μόριο DNA βακτηρίου αποτελείται από 30000 ζεύγη νουκλεοτιδίων: α. Πόσα δεσοξυριβονουκλεοτίδια θα χρειαστούν για την αντιγραφή του; β. Να ονομάσεις τα ένζυμα που θα πάρουν μέρος στην αντιγραφή του. γ. Αν το 3% του μήκους του κωδικοποιεί 30 πολυπεπτιδικές αλυσίδες με ίδιο αριθμό αμινοξέων στη πρωτοταγή δομή, ποιος είναι ο αριθμός των αμινοξέων που απαιτούνται για την έκφραση των πληροφοριών του παραπάνω μορίου DNA;

α. Το DNA, είναι δίκλωνο, επομένως κάθε θυγατρική αλυσίδα περιέχει 30000 νουκλεοτίδια, και για την συμπλήρωσή της απαιτούνται άλλα 30000 νουκλεοτίδια. Άρα $30000 \cdot 2 = 60000$ νουκλεοτίδια.

β. Τα ένζυμα της αντιγραφής είναι: DNA ελικάσες, το πριμόσωμα, DNA πολυμεράσες, DNA δεσμάση.

γ. Τα ζεύγη βάσεων από τα οποία αποτελείται το DNA είναι 30000. Επομένως το τμήμα που φέρει πληροφορίες είναι $30000 \cdot 0,03 = 900$ ζεύγη βάσεων.

30 πολυπεπτιδικές αλυσίδες σημαίνει και $30 \cdot 3 = 90$ νουκλεοτίδια λήξης

Επειδή ο αριθμός των ζευγών ισούται με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων της μιας αλυσίδας, τα νουκλεοτίδια που κωδικοποιούν αμινοξέα θα είναι $900 - 90 = 810$. Άρα ο αριθμός των αμινοξέων είναι $810:3 = 270$.

21. Η μοριακή μάζα του DNA του βακτηρίου E. coli είναι $1,98 \cdot 10^9$. Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός των γονιδίων στο μόριο; Δίνεται ότι μέση μοριακή μάζα ενός ζεύγους νουκλεοτιδίων είναι 660 και ότι κάθε γονίδιο φέρει την πληροφορία για το σχηματισμό της ίδιας πρωτεΐνης και ότι όλες οι πρωτεΐνες αποτελούνται από 400 αμινοξέα.

Το μήκος του DNA είναι $1,98 \cdot 10^9 : 660 = 3 \cdot 10^5$ ζεύγη βάσεων. Άρα $3 \cdot 10^5$ νουκλεοτίδια η κάθε αλυσίδα. Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτίδια άρα $400 \cdot 3 = 1200$ νουκλεοτίδια. Αν δεν υπολογίσουμε τα κωδικόνια λήξης έχουμε $3 \cdot 10^5 : 1200 = 2500$ πρωτεΐνες. Άρα θα έχουμε 2500 γονίδια.

22. Στα ριβοσώματα ενός κυττάρου συντίθεται πολυπεπτιδική αλυσίδα που περιέχει 98 πεπτιδικούς δεσμούς. Αν το κομμάτι του DNA που ελέγχει τη σύνθεσή της περιέχει 800 δεσμούς υδρογόνου, ποια είναι η αναλογία του σε αζωτούχες βάσεις; (Το αμινοξύ μεθειονίνη, με το οποίο αρχίζει η πρωτεϊνοσύνθεση υπολογίζεται σαν αμινοξύ της πολυπεπτιδικής αλυσίδας)

Δύο αμινοξέα ενώνονται με πεπτιδικό δεσμό, που είναι δεσμός συμπύκνωσης, δηλαδή γίνεται με τη σύγχρονη απόσπαση ενός μορίου νερού. Αν στο διπεπτίδιο ενωθεί τρίτο αμινοξύ με τον ίδιο τρόπο, θα αποσπαστεί δεύτερο μόριο νερού. Ομοίως, η ένωση ενός τέταρτου αμινοξέος θα έχει αποτέλεσμα την απόσπαση τρίτου μορίου νερού κ.ο.κ. Επομένως, κατά το σχηματισμό μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας, που αποτελείται από n αμινοξέα, αποσπώνται $n-1$ μόρια νερού και σχηματίζονται $n-1$ πεπτιδικοί δεσμοί. Άρα $n-1=98 \Leftrightarrow n=98+1 \Leftrightarrow n=99$. Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από 3 νουκλεοτίδια άρα $99 \cdot 3 = 297$ και 3 για τη λήξη άρα το mRNA που καθοδηγεί τη σύνθεσή της περιέχει 300 νουκλεοτίδια. Τόσα θα είναι και τα νουκλεοτίδια της αλυσίδας του DNA που μεταγράφεται. Επειδή όμως το DNA είναι δίκλωνο, το τμήμα του που περιέχει τις οδηγίες, για τη σύνθεση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας, θα αποτελείται από $2 \cdot 300 = 600$

Αν α είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδερίνης-θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδερίνης στο μόριο του DNA και β ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης-κυτοσίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA θα ισχύει: $\alpha + \beta = n \Leftrightarrow \alpha + \beta = 300$

Επειδή μεταξύ αδερίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει: $2\alpha + 3\beta = 800$. Λύνοντας το σύστημα των $\alpha + \beta = 300$ και $2\alpha + 3\beta = 800$ προκύπτει: $\alpha = 100$ και $\beta = 200$. Άρα ο αριθμός των ζευγών A-T είναι 100 και των ζευγών G-C είναι 200 και θα υπάρχουν:

100 νουκλεοτίδια με αδερίνη 100 νουκλεοτίδια με θυμίνη

200 νουκλεοτίδια με γουανίνη και 200 νουκλεοτίδια με κυτοσίνη.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

23. Το μήκος του mRNA που μεταφράζεται χωρίς το κωδικόνιο λήξης είναι 300 βάσεις και χρησιμοποιείται για την παραγωγή 100 μορίων πρωτεΐνης. Η μετάφραση του γίνεται από τα ριβοσώματα με ταχύτητα 100 βάσεις / min. α) Σε πόση ώρα θα παραχθούν τα 100 αυτά μόρια αν το ένα μετά το άλλο τα ριβοσώματα εισέρχονται μετά από 50 βάσεις; β) Αν δεν γινόταν ταυτόχρονα η ανάγνωση από πολλά ριβοσώματα πόσος θα ήταν ο ελάχιστος χρόνος παραγωγής αυτών των μορίων πρωτεΐνης;

α) Το πρώτο μόριο πρωτεΐνης θα παραχθεί μετά από 3 min, αφού το mRNA έχει μήκος 300 βάσεις και διαβάζεται με ταχύτητα 100 βάσεις / min., άρα χρόνος μετάφρασης είναι $300 / 100 \text{ min} = 3 \text{ min}$. Κάθε επόμενη πρωτεΐνη θα παράγεται μετά 0,5 min γιατί μεταφράζονται με υστέρηση 50 βάσεων άρα με υστέρηση $50 / 100 \text{ min} = 0,5 \text{ min}$. Άρα η συνολική διεργασία θα ολοκληρωθεί $3 \text{ min} + 99 \times 0,5 \text{ min} = 52,5 \text{ min}$

β) Αν δεν γινόταν ταυτόχρονα η ανάγνωση από πολλά ριβοσώματα ο χρόνος παραγωγής κάθε μορίου πρωτεΐνης θα ήταν $300 / 100 \text{ min} = 3 \text{ min}$, επομένως ο ελάχιστος χρόνος παραγωγής και των 100 μορίων πρωτεΐνης θα ήταν $3 \text{ min} \times 100 = 300 \text{ min}$.

24. Ένα τμήμα DNA του βακτηρίου *E. coli* αποτελείται από $2,4 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια. Αν το μέση μοριακή μάζα των αμινοξέων είναι 100, πόσες διαφορετικές πρωτεΐνες σχετική μοριακή μάζα 40.000 μπορεί να κωδικοποιήσει αυτό το μόριο DNA;

Διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

A. Αν ληφθούν υπόψη τα μόρια νερού που αποσπώνται κατά τη διαδικασία συμπύκνωσης των αμινοξέων: θα ισχύει: $MB \text{ πρωτεΐνης} = 100X - (X-1)18$ (1)

όπου X ο αριθμός των αμινοξέων της πεπτιδικής αλυσίδας και 100 το μοριακό βάρος του ελεύθερου αμινοξέος. Θέτοντας στην (1) όπου MB πρωτεΐνης την τιμή 40.000 προκύπτει: $40.000 = 100\chi - 18\chi + 18$ $\chi = 488$ (2) Άρα κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από 488 περίπου αμινοξέα. (Σημείωση: Δεχόμαστε ότι κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα).

Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από μια τριάδα νουκλεοτιδίων του m-RNA (κωδικόνιο). Άρα τα 488 αμινοξέα απαιτούν $488 \cdot 3 = 1464$ νουκλεοτίδια. Επιπλέον, απαιτούνται 3 νουκλεοτίδια για την έναρξη (κωδικόνιο έναρξης) και 3 νουκλεοτίδια για τη λήξη της πρωτεϊνοσύνθεσης (κωδικόνιο λήξης). Άρα για την κωδικοποίηση μίας πρωτεΐνης απαιτούνται: $1464 + 3 + 3 = 1470$ νουκλεοτίδια(3).

Από τα $2,4 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια του δίκλωνου DNA θα μεταγραφούν μόνο τα $2,4 \cdot 10^6 / 2 = 1,2 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια που ανήκουν στον μεταγραφόμενο κλώνο. Επομένως, αυτά τα $1,2 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια μπορούν να κωδικοποιήσουν $1,2 \cdot 10^6 / 1470 = 816$ περίπου πρωτεΐνες.

B. Αν για λόγους απλοποίησης τα μόρια νερού που αποσπώνται και τα κωδικόνια έναρξης και λήξης δε ληφθούν υπόψη, τότε η (1) μετασχηματίζεται σε:

$MB \text{ πρωτεΐνης} = 100X = 40000$ Άρα κάθε πρωτεΐνη αποτελείται από 400 αμινοξέα και για την κωδικοποίηση της θα απαιτούνται: $400 \cdot 3 = 1200$ νουκλεοτίδια.

Τότε, τα $1,2 \cdot 10^6$ νουκλεοτίδια του μεταγραφόμενου κλώνου του DNA μπορούν να κωδικοποιήσουν $1,2 \cdot 10^6 / 1200 = 1000$ πρωτεΐνες.

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΛΥΣΗ

1. Συνθέτουμε στο εργαστήριο ένα μόριο RNA με χρήση μίγματος νουκλεοτιδίων ουρακίλης 80% και γουανίνης 20%. α) Ποιες οι πιθανότητες δημιουργίας κατά την σύνθεση των διάφορων τριάδων (κωδικονίων) εάν έχουμε ελεύθερο συνδυασμό των νουκλεοτιδίων; β) Με την βοήθεια του γενετικού κώδικα να βρείτε ποια αμινοξέα αντιστοιχούν στις παραπάνω τριάδες;

α) Οι αναμενόμενες τριάδες θα προκύψουν από τον συνδυασμό I) τριών ουρακικών II) δύο ουρακικών και μιας γουανίνης III) μιας ουρακικής και δύο γουανινών και

IV) τριών γουανινών. Αν η πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός είναι α και η πιθανότητα να συμβεί ένα άλλο γεγονός είναι β τότε η πιθανότητα να συμβούν και τα δύο γεγονότα μαζί είναι αβ.

Με βάση το παραπάνω η πιθανότητα να υπάρχει μια ουρακίλη σε μια τριάδα είναι 80% (0,8), η πιθανότητα να υπάρχουν δύο ουρακίλες είναι $0,8 \cdot 0,8$ και να υπάρχουν τρεις (τριάδα UUU) είναι: $0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,512$ ή 51,2%. Για να υπάρχουν δύο ουρακίλες και μία γουανίνη η πιθανότητα είναι $0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,2 = 0,128$ ή 12,8%. Οι τριάδες που αντιστοιχούν σε αυτή την περίπτωση είναι UUG, UGU, και GUU. Για να υπάρχουν μία ουρακίλη και δύο γουανίνες η πιθανότητα είναι $0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 0,032$ ή 3,2%. Οι τριάδες που αντιστοιχούν σε αυτή την περίπτωση είναι UGG, GUG και GGU. Τέλος η πιθανότητα να υπάρχουν τρεις γουανίνες (τριάδα GGG) είναι $0,2 \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 0,008$ ή 0,8%

β) Τα αμινοξέα που αντιστοιχούν στις παραπάνω τριάδες είναι: φαινυλαλανίνη (UUU) λευκίνη (UUG), κυστεΐνη (UGU), βαλίνη (GUU), τρυπτοφάνη (UGG), βαλίνη (GUG) και γλυκίνη (GGU και GGG).

2. Ένα συνθετικό πολυριβονουκλεοτίδιο παράγεται από ένα μείγμα που περιέχει U και C με σχετική συχνότητα 5:1. Αν υποθέσουμε ότι τα ριβονουκλεοτίδια σχηματίζονται με τυχαία γραμμική διάταξη, να προβλεφθούν οι σχετικές συχνότητες με τις οποίες αναμένεται να σχηματιστούν οι διάφορες τριάδες;

Η σχετική συχνότητα $\frac{U}{C} = \frac{5}{1}$ που σημαίνει ότι στα 6 νουκλεοτίδια τα 5 είναι ουρακίλη και 1

κυτοσίνη. Στην ουρακίλη η πιθανότητα να είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $\frac{5}{6}$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $\frac{1}{6}$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η ουρακίλη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (UUU) είναι $(\frac{5}{6})^3 = \frac{125}{216}$. Στη κυτοσίνη η πιθανότητα να είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $\frac{1}{6}$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $\frac{5}{6}$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η κυτοσίνη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (CCC) είναι $(\frac{1}{6})^3 = \frac{1}{216}$

Η πιθανότητα να έχω δύο ουρακίλες και μία κυτοσίνη (κωδικόνια (UUC, UCU και CUU) είναι $(\frac{5}{6})^2 \cdot (\frac{1}{6}) = \frac{25}{216}$

Η πιθανότητα να έχω μία ουρακίλη και δύο κυτοσίνες (κωδικόνια (UCC, CCU και CUC) είναι $(\frac{5}{6}) \cdot (\frac{1}{6})^2 = \frac{5}{216}$

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

3. Υποθέτουμε ότι παρασκευάστηκαν συνθετικά μόρια mRNA από ένα διάλυμα περιεκτικότητας 40% σε ουρακίλη και 60% αδενίνη. Οι πρωτεΐνες που παράγονται *in vitro* κάτω από την καθοδήγηση αυτών των mRNA βρέθηκαν να περιέχουν αμινοξέα με τις ακόλουθες σχετικές αναλογίες: 4 φορές περισσότερη ισολευκίνη από τυροσίνη, 16 φορές περισσότερη ισολευκίνη από φαινυλαλανίνη, 16 φορές περισσότερη λυσίνη από τυροσίνη Ποια κωδικόνια καθόρισαν πιθανώς καθένα από τα παραπάνω αμινοξέα

Η σχετική συχνότητα $\frac{U}{A} = \frac{20}{80} = \frac{1}{4}$ που σημαίνει ότι στα 5 νουκλεοτίδια τα 4 είναι αδενίνη και 1

ουρακίλη. Τα αμινοξέα κωδικοποιούνται από κωδικόνια που περιέχουν αδενίνες και ουρακίλες. Η πιθανότητα να είναι η ουρακίλη το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $1/5$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $4/5$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η ουρακίλη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (UUU = φαινυλαλανίνη (Phe)) είναι $(1/5)^3 = 1/125 = 0.008$

Η πιθανότητα να είναι η αδενίνη το πρώτο νουκλεοτίδιο του κωδικονίου είναι $4/5$ και η πιθανότητα να μην είναι το πρώτο νουκλεοτίδιο είναι $1/5$. Το ίδιο ισχύει και για το δεύτερο και τρίτο νουκλεοτίδιο. Άρα η πιθανότητα να είναι η αδενίνη και στα τρία νουκλεοτίδια του κωδικονίου (AAA = λυσίνη (Lys)) είναι $(4/5)^3 = 64/125 = 0.512$

Η πιθανότητα να έχω δύο ουρακίλες και μία αδενίνη (UAU = τυροσίνη (Tyr) και AUU = ισολευκίνη (Ile)) είναι $(1/5)^2 \times (4/5) = 4/125 = 0.032$

Η πιθανότητα να έχω μία ουρακίλη και δύο αδενίνες (κωδ (AUA = ισολευκίνη (Ile)) είναι $(1/5) \times (4/5)^2 = 16/125 = 0.128$

Από τα δεδομένα της άσκησης έχω:

4 φορές περισσότερη ισολευκίνη από τυροσίνη, Ile = 4Tyr
16 φορές περισσότερη ισολευκίνη από φαινυλαλανίνη, Ile = 16Phe = 4Tyr
16 φορές περισσότερη λυσίνη από τυροσίνη Lys = 16Tyr = 4Ile = 64Phe
1lys = 4Ile = 16Tyr = 64Phe

Άρα η πιθανή διάταξη των κωδικονίων θα είναι:

Διάταξη	Υπολογισμός		Αναλογία	Αμινοξέα
AAA	$(4/5)^3 = 64/125$	0.512	0.512:0.008=64	Lys (AAA)
2A και1U	$(1/5) \times (4/5)^2 = 16/125$	0.128	0.128:0.008=16	Ile(AUA)
2U και1A	$(1/5)^2 \times (4/5) = 4/125$	0.032	0.032:0.008=4	Tyr(UAU)
UUU	$(1/5)^3 = 1/125$	0.008	0.008:0.008=1	Phe(UUU)

Η έκφραση των γονιδίων ρυθμίζεται με διάφορος μηχανισμούς

Ο όρος γονιδιακή έκφραση αναφέρεται συνήθως σε όλη τη διαδικασία με την οποία ένα γονίδιο ενεργοποιείται, για να παραγάγει μια πρωτεΐνη. Όμως σε κάθε κύτταρο δεν παράγονται όλες οι πρωτεΐνες σε κάθε χρονική στιγμή. Επιπλέον, επειδή το κύτταρο χρειάζεται κάθε πρωτεΐνη σε συγκεκριμένη ποσότητα, Οι πρωτεΐνες ενός κυττάρου δεν παράγονται σε ίσες ποσότητες. Αν λοιπόν όλα τα γονίδια δούλευαν με τον ίδιο ρυθμό, ορισμένες πρωτεΐνες θα παράγονταν σε μεγάλες ποσότητες και άλλες σε ποσότητες που δε θα επαρκούσαν. Έτσι, είναι απαραίτητη η ύπαρξη και η λειτουργία ενός προγράμματος ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης, που παρέχει τις οδηγίες για το είδος και την ποσότητα των πρωτεϊνών οι οποίες πρέπει να παραχθούν σε κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Στα βακτήρια η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης αποσκοπεί κυρίως στην προσαρμογή του οργανισμού στις εναλλαγές του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι καλύτερες συνθήκες για τη βασική λειτουργία του που είναι η αύξηση και η διαίρεση.

Τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού, σε αντίθεση με τα κύτταρα που ανήκουν σε ένα βακτηριακό στέλεχος και είναι πανομοιότυπα μεταξύ τους, διαφέρουν στη δομή και στη λειτουργία τους. Η ζωή αρχίζει, όταν ένα γονιμοποιημένο ωάριο διαιρείται με μίτωση και παράγει τρισεκατομμύρια κύτταρα, που έχουν τα ίδια γονίδια. Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα εξειδικεύονται, για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες και η διαδικασία αυτή ονομάζεται **κυτταρική διαφοροποίηση**. Τα κύτταρα ενός πολύπλοκου πολυκύτταρου οργανισμού, όπως τα νευρικά, τα μυϊκά, τα ηπατικά, διαφέρουν στη μορφή και στη λειτουργία τους, αλλά έχουν όλα το ίδιο γενετικό υλικό, άρα και τα ίδια γονίδια. Τι τα κάνει τότε να διαφέρουν τόσο πολύ; Μολονότι όλα τα κύτταρα έχουν τις ίδιες γενετικές οδηγίες, 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 μεγαλύτερης πολυπλοκότητας των ευκαρυωτικών κυττάρων, αλλά και επειδή πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών. Κατά συνέπεια, η ρύθμιση των γονιδίων στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται σε πολλά επίπεδα.

Επεξήγηση εννοιών και όρων:

Γονιδιακή έκφραση: Οι πορείες της μεταγραφής, της μετάφρασης και γενικά όλης της διαδικασίας με την οποία ένα γονίδιο ενεργοποιείται για να παράγει μία πρωτεΐνη.

Γονιδιακή ρύθμιση: Πρόγραμμα ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης που παρέχει τις οδηγίες για το είδος και τη ποσότητα των πρωτεϊνών οι οποίες πρέπει να παραχθούν σε κάθε συγκεκριμένη στιγμή.

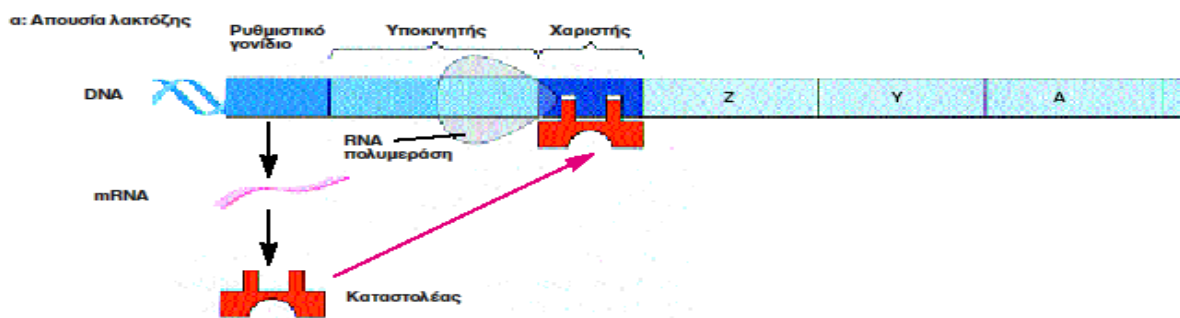
ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Κυτταρική διαφοροποίηση: Η εξειδίκευση των κυττάρων στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης ενός πολυκύτταρου οργανισμού για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες.

Η γονιδιακή ρύθμιση στους προκαρυωτικούς οργανισμούς

Ένα βακτηριακό κύτταρο *E. coli* έχει περισσότερα 4000 γονίδια. Μερικά γονίδια μεταγράφονται συνεχώς και κωδικοποιούν πρωτεΐνες, που χρειάζονται για τις βασικές λειτουργίες του κυττάρου. Άλλα γονίδια μεταγράφονται μόνο όταν το κύτταρο αναπτύσσεται σε ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες, επειδή τα προϊόντα των γονιδίων αυτών είναι απαραίτητα για την επιβίωση του κυττάρου στις συνθήκες αυτές. Ένα παράδειγμα είναι το εξής: τα βακτήρια *E. coli* χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα το σάκχαρο γλυκόζη. Γεννιέται λοιπόν το ερώτημα: αν στο περιβάλλον αντί για γλυκόζη υπάρχει ο δισακχαρίτης λακτόζη, το βακτήριο έχει τη δυνατότητα να τον διασπάσει, για να επιβιώσει ή θα πεθάνει, μολονότι γύρω του υπάρχει άφθονη τροφή; Το βακτήριο λύνει το πρόβλημα αυτό ρυθμίζοντας την παραγωγή ιων κατάλληλων ενζύμων, που θα διασπάσουν την λακτόζη σε γλυκόζη και γαλακτόζη.

Οι μηχανισμοί με τους οποίους ένα κύτταρο «ξυπνά» ένα «κοιμισμένο» γονίδιο είναι οι πιο σημαντικοί και πολύπλοκοι της Μοριακής Βιολογίας. Οι αρχικές μελέτες της ρύθμισης των γονιδίων έγιναν από τους Jacob και Monod, το 1961. Οι ερευνητές περιέγραψαν την ικανότητα του βακτηρίου *E. coli* να παραγάγει τα τρία απαραίτητα ένζυμα που χρειάζεται, για να μεταβολίσει το δισακχαρίτη λακτόζη, όταν δεν υπάρχει άλλη πηγή άνθρακα στην τροφή του. Οι Jacob και Monod απέδειξαν με γενετικές μελέτες ότι τα γονίδια που κωδικοποιούν τα τρία αυτά ένζυμα βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο πάνω στο γονιδίωμα του βακτηρίου και αποτελούν μια μονάδα, που την ονόμασαν **οπερόνιο της λακτόζης**.

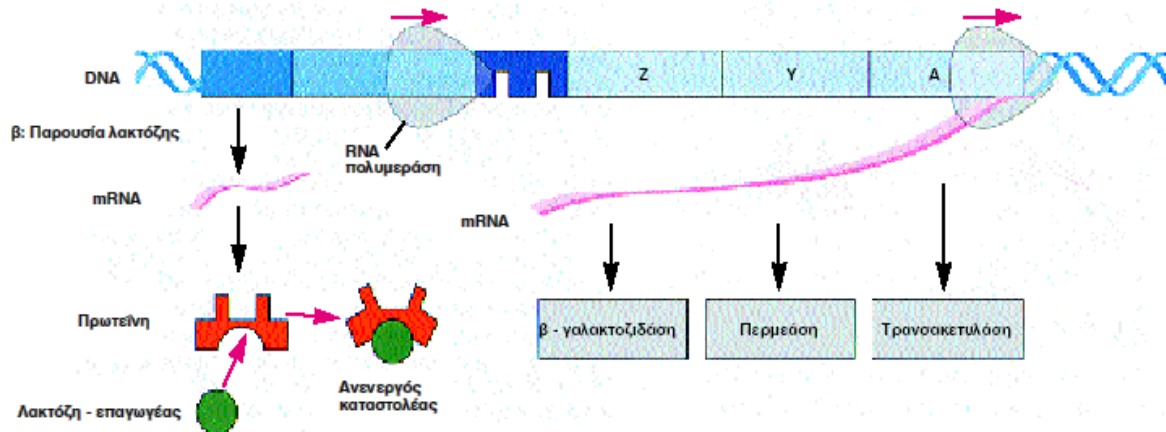


Σε αυτό περιλαμβάνονται εκτός από αυτά τα γονίδια, που ονομάζονται **δομικά**, και αλληλουχίες DNA που ρυθμίζουν τη μεταγραφή τους. Οι αλληλουχίες αυτές που βρίσκονται μπροστά από τα δομικά γονίδια είναι κατά σειρά ένα **ρυθμιστικό γονίδιο**, ο **υποκινητής** και ο **χειριστής**.

Το οπερόνιο της λακτόζης δε μεταγράφεται ούτε μεταφράζεται, όταν απουσιάζει από το θρεπτικό υλικό η λακτόζη. Τότε λέμε ότι τα γονίδια που το αποτελούν βρίσκονται υπό **καταστολή**. Πώς επιτυγχάνεται η καταστολή; Δύο είναι τα ρυθμιστικά μόρια: μια αλληλουχία DNA, που ονομάζεται

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

χειριστής και βρίσκεται μεταξύ του υποκινητή και του πρώτου γονιδίου, και μια **ρυθμιστική πρωτεΐνη-καταστολέας**. Όταν απουσιάζει η λακτόζη ο καταστολέας προσδένεται ισχυρά στο χειριστή και εμποδίζει την RNA πολυμεράση να αρχίσει τη μεταγραφή των γονιδίων του οπερονίου. Ο καταστολέας κωδικοποιείται από ένα ρυθμιστικό γονίδιο, που βρίσκεται μπροστά από τον υποκινητή. Το ρυθμιστικό γονίδιο μεταγράφεται συνεχώς και παράγει λίγα μόρια του καταστολέα. Τα μόρια αυτά προσδένονται συνεχώς στο χειριστή.



Όταν στο θρεπτικό υλικό υπάρχει μόνο λακτόζη, τότε ο ίδιος ο δισακχαρίτης προσδένεται στον καταστολέα και δεν του επιτρέπει να προσδεθεί στο χειριστή. Τότε η RNA πολυμεράση είναι ελεύθερη να αρχίσει τη μεταγραφή. Δηλαδή η λακτόζη λειτουργεί ως **επαγωγέας** της μεταγραφής των γονιδίων του οπερονίου. Τότε τα γονίδια αρχίζουν να «εκφράζονται», δηλαδή να μεταγράφονται και να συνθέτουν τα ένζυμα. Τα τρία ένζυμα μεταφράζονται ταυτόχρονα από το ίδιο μόριο mRNA το οποίο περιέχει κωδικόνια έναρξης και λήξης για κάθε ένζυμο. Συμπερασματικά, η ίδια η λακτόζη ενεργοποιεί τη διαδικασία για την αποικοδόμησή της. Όταν η λακτόζη διασπαστεί πλήρως, τότε η πρωτεΐνη καταστολέας είναι ελεύθερη να προσδεθεί στο χειριστή και να καταστείλει τη λειτουργία των τριών γονιδίων.

Στο γονιδίωμα των προκαρυωτικών οργανισμών τα γονίδια των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό, όπως η διάσπαση της λακτόζης, ή η βιοσύνθεση διάφορων αμινοξέων, οργανώνονται σε οπερόνια, δηλαδή σε ομάδες που υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους.

Επεξήγηση εννοιών και όρων:

Ρυθμιστική πρωτεΐνη: Πρωτεΐνες που ρυθμίζουν την δράση των ενζύμων.

Οπερόνιο: Ομάδα γονιδίων (δομικά) στους προκαρυωτικούς οργανισμούς, που ελέγχουν τη σύνθεση πρωτεϊνών (ένζυμων). Τα γονίδια αυτά βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο πάνω στο γονιδίωμα και υπόκεινται σε κοινό έλεγχο.

Ρυθμιστικό γονίδιο: γονίδιο μπροστά από τα δομικά γονίδια του οπερονίου και κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

Πρωτεΐνη - καταστολέας: Ρυθμιστική πρωτεΐνη που ρυθμίζει την δράση των ένζυμων. Συνδέεται στο χειριστή και εμποδίζει την RNA πολυμεράση να αρχίσει την μεταγραφή των γονιδίων του οπερονίου.

Χειριστής: Τμήμα του DNA το οποίο αλληλεπιδρά με τη πρωτεΐνη καταστολέα ελέγχοντας τη λειτουργία του οπερονίου.

Επαγωγέας: Ειδικό μόριο που συνδέεται με τον καταστολέα, τον εμποδίζει να συνδεθεί με τον χειριστή και επιτρέπει στην RNA πολυμεράση να αρχίσει την μεταγραφή των γονιδίων του οπερονίου.

Η γονιδιακή ρύθμιση στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς

Η ρύθμιση της έκφρασης των γονιδίων στα ευκαρυωτικά κύτταρα γίνεται με ιδιαίτερα πολύπλοκους μηχανισμούς και αποτελεί σήμερα αντικείμενο εντατικής ερευνητικής μελέτης. Η πλήρης διαλεύκανση των μηχανισμών αυτών θα δώσει απαντήσεις για το πώς, όταν οι μηχανισμοί αυτοί απορρυθμίζονται, τα κύτταρα «βγαίνουν» από το αυστηρό πρόγραμμα της λειτουργίας τους και γίνονται καρκινικά.

Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η γονιδιακή έκφραση ρυθμίζεται σε τέσσερα επίπεδα:

- **Στο επίπεδο της μεταγραφής.** Ένας αριθμός μηχανισμών ελέγχουν ποιά γονίδια θα μεταγραφούν ή/και με ποια ταχύτητα θα γίνει η μεταγραφή. Το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων δεν οργανώνεται σε οπερόνια αλλά κάθε γονίδιο έχει το δικό του υποκινητή και μεταγράφεται αυτόνομα. Η RNA πολυμεράση λειτουργεί (όπως και στους προκαρυωτικούς οργανισμούς) με τη βοήθεια πρωτεϊνών, που ονομάζονται μεταγραφικοί παράγοντες. Μόνο που στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς οι μεταγραφικοί παράγοντες παρουσιάζουν τεράστια ποικιλία. Κάθε κυτταρικός τύπος περιέχει διαφορετικά είδη μεταγραφικών παραγόντων. Διαφορετικός συνδυασμός μεταγραφικών παραγόντων ρυθμίζει τη μεταγραφή κάθε γονιδίου. Μόνο όταν ο σωστός συνδυασμός των μεταγραφικών παραγόντων προσδεθεί στον υποκινητή ενός γονιδίου, αρχίζει η RNA πολυμεράση τη μεταγραφή ενός γονιδίου.
- **Στο επίπεδο μετά τη μεταγραφή.** Περιλαμβάνονται οι μηχανισμοί με τους οποίους γίνεται η ωρίμανση του πρόδρομου mRNA και επίσης η ταχύτητα με την οποία το ώριμο mRNA αφήνει τον πυρήνα και εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα.
- **Στο επίπεδο της μετάφρασης.** Ο χρόνος που «ζουν» τα μόρια mRNA στο κυτταρόπλασμα δεν είναι ο ίδιος για όλα τα είδη RNA, επειδή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα αποικοδομούνται. Επίσης, ποικίλλει και η ικανότητα πρόσδεσης του mRNA στα ριβοσώματα.

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

- Στο επίπεδο μετά τη μετάφραση. Ακόμη και όταν γίνει η πρωτεϊνοσύνθεση και παραχθεί η κατάλληλη πρωτεΐνη, μπορεί να πρέπει να υποστεί τροποποιήσεις, για να γίνει βιολογικά λειτουργική.

Συμπληρωματικές γνώσεις

Η γονιδιακή ρύθμιση – έκφραση στους οργανισμούς	
Προκαρυωτικοί	Ευκαρυωτικοί
Ο έλεγχος της γονιδιακής έκφρασης είναι απλός και αποσκοπεί κυρίως στη προσαρμογή του οργανισμού στο περιβάλλον	Ο έλεγχος της γονιδιακής έκφρασης είναι πολύπλοκος στους πολυκύτταρους οργανισμούς λόγω της κυτταρικής διαφοροποίησης
Υπάρχουν οπερόνια και τα γονίδια εκφράζονται σε ομάδες	Δεν υπάρχουν οπερόνια και τα γονίδια εκφράζονται μεμονωμένα
Ο καταστολέας (πρωτεΐνη) εμποδίζει την πρόσδεση της RNA πολυμεράσης	Μεταγραφικοί παράγοντες (πρωτεΐνες) βοηθούν στη πρόσδεση της RNA πολυμεράσης
Κοινός υποκινητής για ομάδα γονιδίων	Κάθε γονίδιο έχει δικό του υποκινητή
Ένα m-RNA για κάθε οπερόνιο με έναρξη και λήξη για κάθε γονίδιο	Κάθε γονίδιο δικό του m-RNA
Συγκεκριμένοι μεταγραφικοί παράγοντες	Ποικιλία μεταγραφικών παραγόντων
Υπάρχουν ο χειριστής, ο καταστολέας και ο επαγωγέας της γονιδιακής έκφρασης	Δεν υπάρχουν ο χειριστής, ο καταστολέας και επαγωγέας της γονιδιακής έκφρασης
Η ρύθμιση γίνεται μόνο στο επίπεδο της μεταγραφής	Η ρύθμιση γίνεται σε τέσσερα επίπεδα α. μεταγραφής (συνδυασμός μεταγραφικών παραγόντων) β. μετά τη μεταγραφή (μηχανισμοί και ταχύτητα ωρίμανσης mRNA) γ. μετάφραση (χρόνος «ζωής» mRNA στο κυτταρόπλασμα) και δ. μετά τη μετάφραση (τροποποιήσεις στις πρωτεΐνες)

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΜΕ ΑΠΑΝΤΗΣΗ

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

A. Η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης στους προκαρυωτικούς οργανισμούς γίνεται κυρίως στο επίπεδο της μεταγραφής, ενώ ο έλεγχος της ρύθμισης στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς είναι πολύ πιο πολύπλοκος και γίνεται τέσσερα επίπεδα. κατά τη μεταγραφή, μετά τη μεταγραφή, κατά τη μετάφραση και μετά τη μετάφραση

B. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια, των ενζύμων που παίρνουν μέρος σε μια μεταβολική οδό οργανώνονται σε οπερόνια και αποτελούν μια μονάδα που υπόκειται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους, ενώ στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς τα γονίδια δεν οργανώνονται σε οπερόνια, αλλά καθένα ρυθμίζεται ανεξάρτητα.

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 βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο, αποτελούν μια μονάδα και υπόκεινται σε κοινό έλεγχο της έκφρασής τους. Η μονάδα αυτή ονομάζεται οπερόνιο. Εκτός από τα γονίδια των ενζύμων (δομικά γονίδια) στο οπερόνιο συμπεριλαμβάνονται δύο ρυθμιστικές αλληλουχίες, ο χειριστής και ο υποκινητής, καθώς και ένα ρυθμιστικό γονίδιο, που συν θέτει μια ρυθμιστική πρωτεΐνη

3. Στο οπερόνιο της λακτόζης που προσδέεται ο καταστολέας;

- α. στον υποκινητή**
- β. στην αρχή του πρώτου γονιδίου**
- γ. στο χειριστή**
- δ. στο mRNA**
- ε. στο ρυθμιστικό γονίδιο.**

Σωστή απάντηση 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. το εξώνια**
- στ. ο καταστολέας.**

Σωστή απάντηση είναι η ε.

5. Τι είναι ο υποκινητής;

- α. περιοχή στην οποία προσδέεται ο καταστολέας**
- β. περιοχή που προσδέεται η RNA πολυμεράση**
- γ. γονίδιο που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη καταστολέα**
- δ. ένα δομικό γονίδιο**
- ε. ένα οπερόνιο.**

Σωστή απάντηση 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 μία λειτουργίες. ε. τα γονίδια των ευκαρυωτικών οργανισμών κωδικοποιούν πρωτεΐνες.

Ποια από τις προτάσεις α, β, γ, δ, ε, είναι η σωστή; αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Η σωστή πρόταση είναι η β. Στα αρχικά στάδια της εμβρυογένεσης τα κύτταρα ενός πολυκύτταρου οργανισμού διαφοροποιούνται και εξειδικεύονται, για να εκτελέσουν επιμέρους λειτουργίες. Τα

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

κύτταρα όπως τα νευρικά, τα μυϊκά, τα ηπατικά, 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 μεγαλύτερης 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 προτάσεις α, β, γ, δ, ε, είναι η σωστή;**

Η σωστή πρόταση είναι η γ .

- 8. Σε στέλεχος του βακτηρίου E. coli δεν λειτουργεί το γονίδιο που παράγει τον καταστολέα του οπερονίου της λακτόζης. Ποιο είναι το αποτέλεσμα σε σχέση με την παραγωγή ένζυμων που μεταβολίζουν τη λακτόζη όταν το βακτήριο αναπτύσσεται:**
- α) παρουσία λακτόζης;**
 - β) απουσία λακτόζης;**

Αφού δεν λειτουργεί αυτό το γονίδιο, δεν παράγεται ο καταστολέας. Άρα η RNA πολυμεράση μεταγράφει συνέχεια τα γονίδια του οπερονίου και με τη μετάφραση παράγονται συνεχώς τα ένζυμα πέψης της λακτόζης. Επομένως: α) παρουσία λακτόζης τα ένζυμα πετυχαίνουν την πέψη της και η κατάσταση εξελίσσεται φυσιολογικά (ίσως να υπάρχει μια περίσσεια ενζύμων και υπερβολικά γρήγορη πέψη της λακτόζης),

β) απουσία λακτόζης τα ένζυμα είναι άχρηστα και η σύνθεσή τους είναι σπατάλη υλικών και ενέργειας, κάτι που μπορεί να αποβεί μοιραίο για το κύτταρο.

- 9. Από κύτταρο βακτηριδίου E.coli που αναπτύσσεται παρουσία γλυκόζης και απουσία λακτόζης απομονώνουμε το πρωτεϊνικό προϊόν της λειτουργίας του οπερονίου της λακτόζης και μετά από επίπονη χημική ανάλυση διαπιστώνουμε την ύπαρξη 99 πεπτιδικών δεσμών. Από κύτταρο επίσης E.coli που αναπτύσσεται παρουσία λακτόζης και απουσία γλυκόζης απομονώνουμε τα είδη του mRNA που παράγονται από τη λειτουργία του οπερονίου της λακτόζης και ύστερα από υδρόλυση που υπέστησαν διαπιστώθηκε ότι περιείχαν 1503 νουκλεοτίδια. Να υπολογίσετε το πλήθος των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται στο τμήμα του DNA του οπερονίου που αφορά τα δομικά γονίδια. Δίνεται η πληροφορία ότι στο συγκεκριμένο τμήμα του DNA η γουανίνη (G) συμμετέχει σε ποσοστό 20%**

Η χημική ανάλυση που έγινε παρουσία γλυκόζης και απουσία λακτόζης έδωσε 99 πεπτιδικούς δεσμούς που αφορούν την πρωτεΐνη καταστολέα η οποία αποτελείται από 100 αμινοξέα τα οποία κωδικοποιούνται από 300 νουκλεοτίδια + 3 τα νουκλεοτίδια της λήξης 303

Τα $1503 - 303 = 1200$ είναι τα νουκλεοτίδια του mRNA που κωδικοποιούν τα δομικά γονίδια. Το DNA από το οποίο προέρχονται είναι δίκλωνο άρα $1200 \times 2 = 2400$ τα νουκλεοτίδια του DNA συνολικά, από αυτά το 20% είναι γουανίνη δηλαδή $0.2 \times 2400 = 480$ νουκλεοτίδια . Η κυτοσίνη ως η συμπληρωματική βάση της γουανίνης θα υπάρχει και αυτή σε άλλα 480 νουκλεοτίδια . Τα υπόλοιπα $2400 - 2 \times 480 = 1440$ θα ισομοιράζονται από $1440 : 2 = 720$ στις αδενίνη και θυμίνη

Επειδή μεταξύ αδενίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει: $2\alpha + 3\beta = 2 \times 720 + 3 \times 480 = 1440 + 1440 = 2880$ δεσμοί υδρογόνου.