

**ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ 2021**  
**ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΣΠΕΡΙΝΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΛΥΚΕΙΩΝ**  
**ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ – ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ**

**ΘΕΜΑ Α**

A1. Α

A2. Γ

A3. Δ

A4. Β

A5. Γ

**ΘΕΜΑ Β**

B1. 1Α, 2Γ, 3Β, 4Α, 5Γ, 6Β, 7Α

B2. Η διάγνωση της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

A) Με παρατήρηση στο μικροσκόπιο της μορφολογίας των ερυθρών κυττάρων, σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (δοκιμασία δρεπάνωσης)

B) Με βιοχημική μέθοδο, προσδιορισμού της συγκέντρωσης της HbS στο αίμα του εξεταζόμενου ατόμου

Γ) Με μοριακή ανάλυση, προσδιορισμού του μεταλλαγμένου αλληλομόρφου β<sup>S</sup>

B3. Στα βακτήρια μπορεί να περιέχονται ένα ή περισσότερα πλασμίδια. Ο μετασχηματισμός είναι η εισαγωγή ξένου DNA σε βακτηριακά κύτταρα-ξενιστές. Ο μετασχηματισμός γίνεται φυσιολογικά μέσω πλασμιδίων, τα οποία μεταξύ άλλων, περιέχουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά, αλλά και γονίδια μεταφοράς γενετικού υλικού από κύτταρο σε κύτταρο, από το πλασμίδιο στο κύριο μόριο DNA, αλλά και από πλασμίδιο σε πλασμίδιο. Η ανάμιξη των δύο στελεχών και η μεταφορά τους σε θρεπτικό υλικό παρουσία και των δύο αντιβιοτικών, είχε σαν αποτέλεσμα να μεταφερθούν πλασμίδια από ορισμένα βακτήρια του στελέχους Α σε ορισμένα βακτήρια του στελέχους Β, αλλά και το αντίστροφο.

Έτσι προέκυψαν βακτήρια με ανθεκτικότητα και στα δύο αντιβιοτικά, τα οποία μετά από διαδοχικές διαιρέσεις, δημιούργησαν το καθένα ένα σύνολο μικροοργανισμών, γενετικά πανομοιότυπων (μια αποικία), σε στερεό θρεπτικό υλικό. Οι αποικίες είναι ορατές με γυμνό οφθαλμό.

B4. Από την αντιστοίχιση κωδικονίων – αμινοξέων, προκύπτει η παρακάτω αλληλουχία:

5'-AUG-CUU-GUC-GCC-CCA-3.

Ο γενετικός κώδικας είναι η αντιστοίχιση κωδικονίων mRNA σε αμινοξέα πρωτεϊνών και είναι κώδικας τριπλέτας, συνεχής, μη επικαλυπτόμενος, ενώ φέρει κωδικόνιο έναρξης και κωδικόνιο λήξης.

Μετά το κωδικόνιο 5'CCA3' που αντιστοιχεί στην προλίνη, θα συναντάται κωδικόνιο λήξης, κάποιο από τα 5'UAG3', 5'UAA3', 5'UGA3'.

Κατά την έναρξη της πρωτεϊνοσύνθεσης, η μικρή ριβοσωμική υπομονάδα, προσδένεται στην 5' αμετάφραστη περιοχή του mRNA, με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας. Στη συνέχεια το πρώτο αντικωδικόνιο tRNA, 3'UAC5', που μεταφέρει το αμινοξύ μεθειονίνη, προσδένεται απέναντι από το κωδικόνιο έναρξης.

Το σύμπλοκο που σχηματίζεται ονομάζεται σύμπλοκο έναρξης της πρωτεϊνοσύνθεσης. Στη συνέχεια, η μεγάλη ριβοσωμική υπομονάδα, συνδέεται με τη μικρή και η φάση έναρξης ολοκληρώνεται.

Στη φάση επιμήκυνσης, ένα δεύτερο tRNA, με το αντικωδικόνιο 3' GAA 5', προσδένεται απέναντι από το κωδικόνιο της λευκίνης, στην ελεύθερη δεύτερη θέση της μεγάλης ριβοσωμικής υπομονάδας. Μεταξύ των δύο πρώτων αμινοξέων, σχηματίζεται ο πρώτος πεπτιδικός δεσμός. Στη συνέχεια, το πρώτο από τα δύο αντικωδικόνια, απομακρύνεται από το ριβόσωμα και το ριβόσωμα μετακινείται κατά ένα κωδικόνιο προς το 3' άκρο του mRNA. Το αντικωδικόνιο της λευκίνης, έρχεται πλέον στην πρώτη θέση της μεγάλης ριβοσωμικής υπομονάδας.

Έτσι όταν απομακρύνεται το 3'UAC5' αντικωδικόνιο tRNA, έρχεται στο ριβόσωμα, το tRNA με αντικωδικόνιο 3'CAG5'.

## ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Η Θέση Έναρξης Αντιγραφής βρίσκεται στη θέση Β.

(πίσω από το πρωταρχικό τμήμα που θα επιμηκυνθεί με ασυνεχή τρόπο)

Πρώτο θα τοποθετηθεί το πρωταρχικό τμήμα 2.

(Όσο πιο κοντά βρίσκεται στη ΘΕΑ τόσο πιο γρήγορα θα συντεθεί)

Γ2.

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.

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'.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το πριμόσωμα θα τοποθετήσει ριβονουκλεοτίδια συμπληρωματικά και αντιπαράλληλα ως προς τις θέσεις 1, 2 και 3.

Όμως διαθέτουμε μόνο ραδιενεργά νουκλεοτίδια ουρακίλης και γουανίνης.

Συνεπώς, το πριμόσωμα

Στη θέση 1 θα συνθέσει το πρωταρχικό τμήμα 5'GUGAU3'.

Στη θέση 2 θα συνθέσει το πρωταρχικό τμήμα 5'GCUUA3'

Στη θέση 3 θα συνθέσει το πρωταρχικό τμήμα 5' GCUUG3'

Άρα τα ραδιενεργά νουκλεοτίδια είναι σε αριθμό 6.

Η συνεχής αλυσίδα μετά την επιμήκυνση του πρωταρχικού θα έχει ως εξής:

5'GCUUGGCATCGATAAGCGCTTCGACCGATCAC3'

Με έντονα γράμματα συμβολίζουμε το πρωταρχικό τμήμα.

Συνεπώς τοποθετήθηκαν 6 ραδιενεργά νουκλεοτίδια.

Το πρωταρχικό τμήμα 1 επιμηκύνεται ως εξής:

5'GUGAUCGGUCGAAGC3'

Συνεπώς, τοποθετήθηκαν 4 ραδιενεργά νουκλεοτίδια.

Το πρωταρχικό τμήμα 2 επιμηκύνεται ως εξής:

5'GCUUAATCGATGCCAAGC3'

Συνεπώς τοποθετήθηκαν 3 ραδιενεργά νουκλεοτίδια.

Κατά την επιμήκυνση τοποθετήθηκαν σύνολο 13 νουκλεοτίδια.

Γ3.

DNA πολυμεράσες απομακρύνουν τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστούν με τμήματα DNA.

Σύμφωνα με τον ημισυντηρητικό μηχανισμό, μετά την ολοκλήρωση της αντιγραφής θα έχουμε δύο μόρια DNA, τα οποία θα αποτεούνται το καθένα από μία μητρική και μία θυγατρική αλυσίδα. Μόνο τα νουκλεοτίδια γουανίνης των θυγατρικών θα είναι ραδιενεργά.

Μόριο 1:

3'CACTAGCCAGCTTCGCGAATAGCTACGGTTCG5' μητρική αλυσίδα

5'GTGATCGGTTCGAAGCGCTTATCGATGCCAAGC3' θυγατρική αλυσίδα

Συνεπώς, τοποθετήθηκαν 10 ραδιενεργά νουκλεοτίδια

Μόριο2:

3'CACTAGCCAGCTTCGCGAATAGCTACGGTTCG5' θυγατρική αλυσίδα

5'GTGATCGGTTCGAAGCGCTTATCGATGCCAAGC3' μητρική αλυσίδα

Συνεπώς, τοποθετήθηκαν 8 ραδιενεργά νουκλεοτίδια.

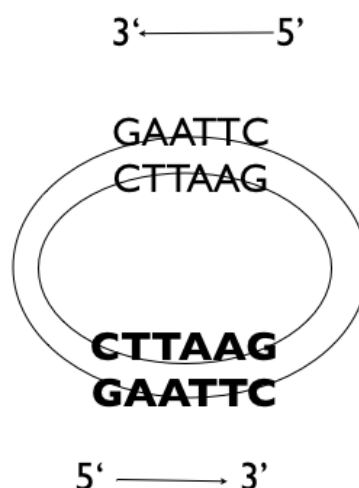
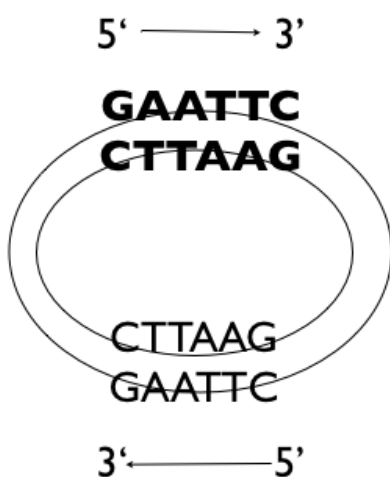
Σύνολο 18 ραδιενεργά νουκλεοτίδια.

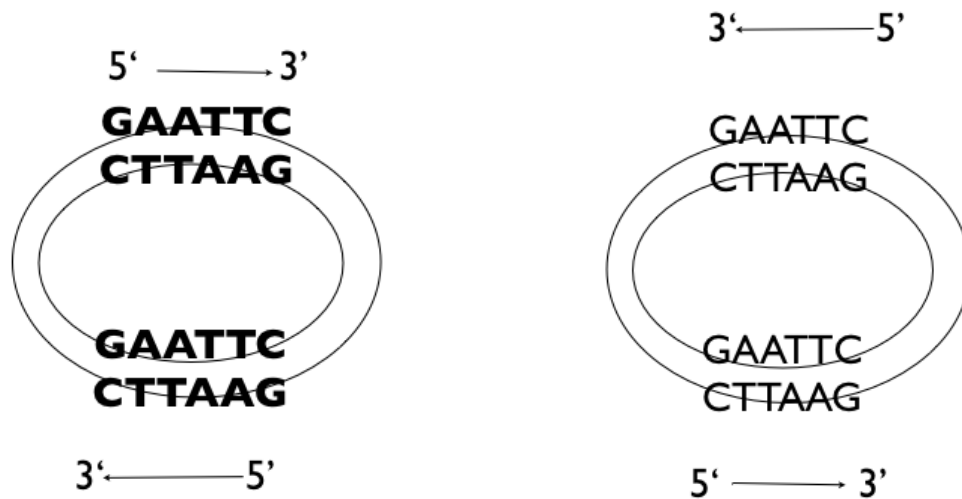
Γ4. Οι φορείς κλωνοποίησης πρέπει να διαθέτουν μία φορά την αλληλουχία αναγνώρισης της περιοριστικής ενδονουκλεάσης που θα χρησιμοποιηθεί.

Με βάση το παραπάνω, το σωστό πλασμίδιο είναι το Α.

Τα βέλη αναφέρονται στον εξωτερικό κλώνο και με έντονα γράμματα συμβολίζεται η αλληλουχία αναγνώρισης.

Το πλασμίδιο Α εάν διαβασθεί με τους δύο πιθανούς τρόπους παρουσιάζεται μία αλληλουχία αναγνώρισης





Το πλασμίδιο Β εάν διαβασθεί με τους δύο πιθανούς τρόπους έχει ή δύο θέσεις αναγνώρισης ή καμία, συνεπώς είναι ακατάλληλο.

Γ5.

Στην πάνω αλυσίδα εντοπίζουμε κωδικόνιο έναρξης ATG το οποίο καταλήγει συνεχώς ανά τρία και μη επικαλυπτόμενα σε κωδικόνιο λήξης, και κωδικοποιεί 5 αμινοξέα. Συνεπώς, η πάνω αλυσίδα είναι η κωδική με το 5' αριστερά και το 3' δεξιά.

Δύο μονόκλωνες συμπληρωματικές αλυσίδες DNA σε κατάλληλες συνθήκες μπορούν να επανασυνδεθούν. Στην ιδιότητα αυτή στηρίζεται η διαδικασία της υβριδοποίησης που είναι η σύνδεση μονόκλωνων συμπληρωματικών αλυσίδων DNA ή συμπληρωματικών DNA-RNA. Η υβριδοποίηση είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα του DNA που μας δίνει τη δυνατότητα αν έχουμε ένα γνωστό μόριο DNA, να το χρησιμοποιήσουμε ως ανιχνευτή για τον εντοπισμό του συμπληρωματικού του όταν το τελευταίο βρίσκεται μαζί με χιλιάδες άλλα κομμάτια.

Η αλληλουχία θα πρέπει να περιέχει τμήμα του πλασμίδιου και την αρχή της κωδικοποιούσας περιοχής. Αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να προσδένεται είτε σε τμήμα της κωδικής είτε της μη κωδικής.

5' GGGGGAATTCATGTTTCACAAAGAGTGAATTCGGGG3'

3' CCCCCTTAAGTACAA5'

5'GGGGGAATTCATGTT5'

3'CCCCCTTAAGTACAAAGTGTTCCTCACTTAAGCCCC5'

Με πράσινο συμβολίζονται οι πιθανοί ανιχνευτές.

Παραπάνω από μία λύσεις είναι αποδεκτές.

Επιπλέον, οι υποψήφιοι μπορούν να εργασθούν και με το κωδικόνιο λήξης σαν σημείο αναφοράς εφόσον δεν υπάρχει 5' TGA3' στην αρχή της κωδικής.

#### ΘΕΜΑ Δ

**Δ1.** Εφόσον ο Κώστας και η Ελένη είναι υγιείς, αλλά αποκτούν απόγονο που εκδηλώνει την ασθένεια, θα είναι ετερόζυγοι για το υπολειπόμενο αυτοσωμικό αλληλόμορφο.

Συμβολίζονται με  $21^A$  το επικρατές αλληλόμορφο και με  $21^a$  το υπολειπόμενο αλληλόμορφο.

Έτσι οι γονότυποι του Κώστα και της Ελένης είναι  $21^A 21^a$ .

Ως προς τους γονείς του Κώστα:

Πατέρας  $21^a 21^a$

Μητέρα  $21^A 21^a$

Ως προς τους γονείς της Ελένης:

Πατέρας  $21^A 21^a$

Μητέρα  $21^a 21^a$

Ο γιος του Κώστα και της Ελένης, ο Νίκος, πάσχει από την ασθένεια, άρα έχει γονότυπο  $21^a 21^a$ .

Από τον πατέρα του πατέρα του (παππού 1) έχει κληρονομήσει σίγουρα το φυλετικό χρωμόσωμα Y, αλλά και το  $21^o$  χρωμόσωμα, καθώς ο Κώστας (πατέρας) συνεισφέρει το  $21^a$  χρωμόσωμα, με το υπολειπόμενο αλληλόμορφο στο γιο του, το οποίο το έχει σίγουρα κληρονομήσει από τον πατέρα του (η μητέρα του Κώστα κληροδοτεί το  $21^A$  στον Κώστα, ώστε να είναι ετερόζυγος).

Τελικά ο ελάχιστος αριθμός χρωμοσωμάτων, που κληρονομεί ο Νίκος από τον πατέρα του Κώστα είναι 2, το φυλετικό Y και το  $21^o$  αυτοσωμικό χρωμόσωμα.

**Δ2.** Το δεύτερο παιδί του Κώστα και της Ελένης, πάσχει από σύνδρομο Down, άρα έχει τρισωμία 21 και έχει κληρονομήσει δύο 21 χρωμοσώματα από τον ένα γονέα και ένα από τον άλλον.

Αν ο μη διαχωρισμός συνέβαινε στον ένα γονέα στη μείωση II, τότε τα δύο χρωμοσώματα 21, θα ήταν πανομοιότυπα (είτε  $21^a 21^a$  είτε  $21^A 21^A$ ), επομένως θα ήταν αδύνατο να δείξει η μοριακή ανάλυση DNA στα χρωμοσώματα 21 του παιδιού, τρεις διαφορετικές αλληλουχίες βάσεων.

Αν όμως ο μη διαχωρισμός συμβεί στον έναν γονέα στη μείωση I, τότε τα δύο χρωμοσώματα 21 θα είναι ομόλογα και όχι πανομοιότυπα ( $21^A 21^a$ ). Σε συνδυασμό με το χρωμόσωμα 21 του άλλου γονέα, που παράγεται φυσιολογικά μέσω μειωτικής διαίρεσης, η Μαρία τελικά θα έχει γονότυπο  $21^A 21^a 21^a$  ή  $21^A 21^a 21^A$  και 3 διαφορετικές αλληλουχίες βάσεων DNA στο 21<sup>ο</sup> χρωμόσωμα (τα δύο ομόλογα από μη διαχωρισμό του ενός γονέα και το 21<sup>ο</sup> χρωμόσωμα του άλλου γονέα).

Με έντονη γραφή συμβολίζονται τα δύο ομόλογα χρωμοσώματα που προκύπτουν από το μη διαχωρισμό είτε του Κώστα είτε της Ελένης στη μείωση I.

Η Μαρία, με αυτό τον τρόπο δε θα πάσχει από ομοκυστινουρία.

Σημείωση – ενδεικτικά σχήματα μη διαχωρισμού, δεν κρίνονται απαραίτητα από την εκφώνηση, επομένως η χρήση τους στην απάντηση, είναι προαιρετική.

**Δ3.** Εργαζόμαστε με τους αριθμούς απογόνων

Χαρακτήρας 1

Μήκος Κεραιών:

Αρσενικά : Μεγάλες/ Μικρές=  $300+100/300+100= 1/1$

Θηλυκά: Όλα μικρές

Συνεπώς, πρόκειται για φυλοσύνδετο γνώρισμα

Εφόσον τα αρσενικά έχουν αναλογία ένα προς ένα η θηλυκή γονέας στην F1 γενιά είναι ετερόζυγη. Εφόσον η θηλυκή γονέας κληροδοτεί είτε το αλληλόμορφο για τις μεγάλες κεραιές είτε αυτό για τις μικρές στους θηλυκούς απογόνους, ο αρσενικός θα πρέπει να έχει το επικρατές αλληλόμορφο εφόσον όλοι οι θηλυκοί απόγονοι έχουν τον ίδιο φαινότυπο.

Συνεπώς το αλληλόμορφο για τις μικρές κεραιές είναι το επικρατές.

Χαρακτήρας 2

Σχήμα φτερών.

Εφόσον τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων και το πρώτο ήταν φυλοσύνδετο, το δεύτερο θα είναι αναγκαστικά αυτοσωμικό.

Επαληθευτικά, και στα αρσενικά και στα θηλυκά προκύπτει φαινοτυπική αναλογία 3 κανονικά προς 1 ατροφικό, αναλογία που αντιστοιχεί σε διασταύρωση μεταξύ ετερόζυγων ατόμων για αυτοσωμικό γνώρισμα όπου τα γονίδια έχουν σχέση επικρατούς υπολειπόμενου. Λόγω της αναλογίας, το γονίδιο για τα κανονικά φτερά είναι το επικρατές και το γονίδιο για τα ατροφικά το υπολειπόμενο.

#### Δ4. Χαρακτήρας 1 : Σχήμα Φτερών

M-> μικρές κεραίες

μ-> μεγάλες κεραίες

Οι γονείς της F1 γενιάς είναι  $X^M X^μ$  και  $X^M Y$

Για να προκύψουν οι συγκεκριμένοι απόγονοι στην F1 θα πρέπει οι γονείς στην P να είναι  $X^μ Y$  και  $X^M X^M$

Χαρακτήρας 2

Σχήμα φτερών.

K-> κανονικά

κ-> ατροφικά.

Οι γονείς της F1 είναι Kκ και οι δύο.

Για να προκύψουν στην F1 απόγονοι Kκ θα πρέπει οι γονείς στην P γενιά να είναι αμιγείς, δηλαδή KK και κκ.

Συνδυαστικά, οι γονότυποι της πατρικής γενιάς είναι:

$KKX^M X^M$  και  $κκX^μ Y$  ή  $κκ X^M X^M$  και  $KKX^μ Y$

Συνδυαστικά, οι γονότυποι της F1 είναι:

$KκX^M X^μ$  και  $KκX^M Y$

Σημείωση: Προτείνεται η επεξήγηση των εξής όρων θεωρίας:

Φυλοσύνδετο γνώρισμα, γονότυπος, φαινότυπος, επικρατή και υπολειπόμενα αλληλόμορφα.

#### Επιμέλεια Απαντήσεων

Βασίλης Ντάνος,

Βιολόγος, PhD

Δημήτριος Βαλάκος

Βιολόγος