

Βιολογία Γ΄ Λυκείου
Απαντήσεις Διαγωνίσματος

ΘΕΜΑ Α

A1. α A2. δ A3. β A4. δ A5. α

ΘΕΜΑ Β

**B1. 1–Η 2–Θ 3–Α, Β 4–Ε 5–Β 6–Ι 7–Γ 8–Δ 9–Ε, ΣΤ
10–Ε**

B2.

α. Αυτό συμβαίνει, επειδή οι άνθρωποι έχουν μικρό αριθμό απογόνων, ενώ η κάθε γενιά έχει μεγάλη διάρκεια, περίπου 20–30 χρόνια. Επιπλέον στον άνθρωπο δεν είναι δυνατόν να γίνουν διασταυρώσεις ανάλογες με εκείνες που έκανε ο Mendel, χρησιμοποιώντας το μωσχομίζελο.

β. Τα γενεαλογικά δένδρα συνεισφέρουν σημαντικά στη μελέτη του τρόπου κληρονομής διάφορων χαρακτήρων και βοηθούν στη γενετική καθοδήγηση.

B3.

α. Κάθε μόριο αιμοσφαιρίνης έχει σφαιρικό σχήμα στο χώρο και αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ανά δύο όμοιες, καθεμιά από τις οποίες συνδέεται με μία ομάδα αίμης. Η αιμοσφαιρίνη είναι επιφορτισμένη με τη μεταφορά του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα.

β. Η κύρια αιμοσφαιρίνη κατά την εμβρυϊκή ηλικία είναι η αιμοσφαιρίνη F (HbF) με σύσταση $\alpha_2\gamma_2$ δηλαδή αποτελείται από δύο πολυπεπτιδικές αλυσίδες α και από δυο γ . Κατά την ενήλικη ζωή η κύρια αιμοσφαιρίνη είναι η HbA με σύσταση $\alpha_2\beta_2$, ενώ ανιχνεύονται και μικρές ποσότητες μιας άλλης αιμοσφαιρίνης, της HbA₂, με σύσταση $\alpha_2\delta_2$. Τα ενήλικα άτομα επίσης συνθέτουν πολύ μικρή ποσότητα (λιγότερο από 1 %) της HbF.

B4. Στο οπερόνιο της λακτόζης περιλαμβάνονται τρία γονίδια, που ονομάζονται δομικά και κωδικοποιούν για τρία ένζυμα απαραίτητα για

την διάσπαση της λακτόζης, 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.

Ο καταστολέας, φυσιολογικά, απουσία λακτόζης, συνδέεται στον χειριστή και ως αποτέλεσμα, η RNA πολυμεράση δεν μπορεί να αρχίσει την μεταγραφή των δομικών γονιδίων του οπερονίου της λακτόζης. Λόγω της μετάλλαξης του χειριστή, ο καταστολέας δεν μπορεί να προσδεθεί σε αυτόν και έτσι το οπερόνιο της λακτόζης θα βρίσκεται μονίμως σε επαγωγή, δηλαδή θα εκφράζονται διαρκώς τα δομικά γονίδια και θα παράγονται τα τρία ένζυμα για την διάσπαση της λακτόζης, ανεξάρτητα με το αν υπάρχει λακτόζη ή γλυκόζη στο θρεπτικό υλικό.

B5. Η μέθοδος αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης μας επιτρέπει να αντιγράψουμε επιλεκτικά, εκατομμύρια φορές, ειδικές αλληλουχίες DNA από ένα σύνθετο μείγμα μορίων DNA, χωρίς τη μεσολάβηση ζωντανού κυττάρου. Έχει πολλές πρακτικές εφαρμογές. Για παράδειγμα χρησιμοποιείται στην Ιατρική για τη διάγνωση ασθενειών όπως του AIDS, στην εγκληματολογία για τη διαλεύκανση υποθέσεων και στη μελέτη DNA από απολιθώματα.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.

Παρατηρούμε ότι ισχύει ο λόγος: αρσενικά άτομα/θηλυκά άτομα = 1/1, άρα απορρίπτεται η περίπτωση κάποιου φυλοσύνδετου θνησιγόνου γονιδίου.

Μελετάμε την κληρονομηση κάθε χαρακτήρα ξεχωριστά και ελέγχουμε τις φαινοτυπικές αναλογίες των απογόνων της F1:

Χρώμα Τριχώματος:

Θηλυκά: 1 καφέ-κίτρινο : 1 καφέ

Αρσενικά: 1 καφέ : 1 κίτρινο

Επειδή οι φαινοτυπικές αναλογίες αρσενικών και θηλυκών απογόνων διαφέρουν, προκύπτει ότι ο χαρακτήρας είναι φυλοσύνδετος. Το χρώμα τριχώματος ελέγχεται από δύο συνεπικρατή φυλοσύνδετα αλληλόμορφα

γονίδια (X^{K1} : καφέ, X^{K2} : κίτρινο) που μόνο στα ετερόζυγα θηλυκά άτομα εκφράζονται εξίσου και παρατηρείται ο φαινότυπος καφέ – κίτρινο. Κάθε θηλυκό άτομο κληρονομεί ένα X χρωμόσωμα από κάθε γονέα και κάθε αρσενικό άτομο κληρονομεί ένα X χρωμόσωμα από την μητέρα και ένα Y από τον πατέρα του. Από τους αρσενικούς απόγονους προκύπτει ο γονότυπος του θηλυκού γονέα και από τους θηλυκούς ο γονότυπος του αρσενικού γονέα, οι οποίοι είναι: (θηλυκό) $X^{K1}X^{K2}$ x $X^{K1}Y$ (αρσενικό).

Μήκος Τριγώματος:

Θηλυκά: 3 μακρύ : 1 κοντό

Αρσενικά: 3 μακρύ : 1 κοντό

Από την φαινοτυπική αναλογία 3:1 σε αρσενικά και θηλυκά άτομα προκύπτει ότι ο χαρακτήρας είναι αυτοσωμικός, το αλληλόμορφο για το μακρύ τρίγωνο (M) επικρατές σε αυτό για κοντό (μ) και οι γονείς ετερόζυγοι: (θηλυκό) $M\mu$ x $M\mu$ (αρσενικό).

Οι γονότυποι των γονέων συνολικά είναι:
(θηλυκό) $M\mu X^{K1}X^{K2}$ x $M\mu X^{K1}Y$ (αρσενικό).

Γ2.

P: $M\mu X^{K1}X^{K2}$ x $M\mu X^{K1}Y$

Γαμέτες: MX^{K1} , μX^{K1} , MX^{K2} , μX^{K2} x MX^{K1} , MY , μX^{K1} , μY

F1:

	MX^{K1}	MY	μX^{K1}	μY
MX^{K1}	$MMX^{K1}X^{K1}$	$MMX^{K1}Y$	$M\mu X^{K1}X^{K1}$	$M\mu X^{K1}Y$
μX^{K1}	$M\mu X^{K1}X^{K1}$	$M\mu X^{K1}Y$	$\mu\mu X^{K1}X^{K1}$	$\mu\mu X^{K1}Y$
MX^{K2}	$MMX^{K1}X^{K2}$	$MMX^{K2}Y$	$M\mu X^{K1}X^{K2}$	$M\mu X^{K2}Y$
μX^{K2}	$M\mu X^{K1}X^{K2}$	$M\mu X^{K2}Y$	$\mu\mu X^{K1}X^{K2}$	$\mu\mu X^{K2}Y$

Γονοτυπική αναλογία:

Θηλυκά: 1 $MMX^{K1}X^{K1}$: 2 $M\mu X^{K1}X^{K1}$: 1 $MMX^{K1}X^{K2}$: 2 $M\mu X^{K1}X^{K2}$: 1 $\mu\mu X^{K1}X^{K2}$: 1 $\mu\mu X^{K1}X^{K1}$

Αρσενικά: 1 $MMX^{K1}Y$: 2 $M\mu X^{K1}Y$: 1 $MMX^{K2}Y$: 2 $M\mu X^{K2}Y$: 1 $\mu\mu X^{K1}Y$: 1 $\mu\mu X^{K2}Y$

Φαινοτυπική αναλογία:

Θηλυκά: 3 μακρύ, καφέ : 3 μακρύ, κίτρινο–καφέ : 1 κοντό, καφέ : 1 κοντό, κίτρινο–καφέ

Αρσενικά: 3 μακρύ, καφέ : 3 μακρύ, κίτρινο : 1 κοντό, καφέ : 1 κοντό, κίτρινο

Γ3.

1: $X^{K1}O$ – θηλυκό, καφέ τρίχωμα και σύνδρομο Turner

2: $X^{K1}X^{K2}$ – θηλυκό, καφέ–κίτρινο τρίχωμα

3: $X^{K1}X^{K2}Y$ – αρσενικό, καφέ–κίτρινο τρίχωμα και σύνδρομο Klinefelter

4: $X^{K2}Y$ – αρσενικό, κίτρινο τρίχωμα

5: $X^{K1}Y$ – αρσενικό, καφέ τρίχωμα

6: $X^{K1}X^{K1}X^{K1}$ – θηλυκό, καφέ τρίχωμα και τρισωμία X φυλετικού χρωμοσώματος

Το άτομο 3 μπορεί να προέκυψε από τη γονιμοποίηση:

- μη φυσιολογικού ωαρίου ($X^{K1}X^{K2}$) με δύο X φυλετικά χρωμοσώματα που φέρουν τα X^{K1} και X^{K2} αλληλόμορφα αντίστοιχα, λόγω μη διαχωρισμού του ζεύγους των X φυλετικών χρωμοσωμάτων κατά την 1^η μειωτική διαίρεση της μητέρας, από φυσιολογικό σπερματοζώαριο που φέρει το Y φυλετικό χρωμόσωμα (Y).
- φυσιολογικού ωαρίου (X^{K2}) με X φυλετικό χρωμόσωμα που φέρει το X^{K2} αλληλόμορφο, από μη φυσιολογικό σπερματοζώαριο ($X^{K1}Y$) που φέρει ένα X φυλετικό χρωμόσωμα με το X^{K1} και ένα Y, λόγω μη διαχωρισμού του ζεύγους των φυλετικών χρωμοσωμάτων X και Y κατά την 1^η μειωτική διαίρεση του πατέρα.

Γ4. Τα ευρήματα εξηγούνται με την υπόθεση ότι το πρόκειται για μυϊκά κύτταρα. Γνωρίζουμε ότι τα μυϊκά κύτταρα μπορεί να περιέχουν παραπάνω από έναν πυρήνες, άρα είναι αναμενόμενο να εντοπίζεται αριθμός χρωμοσωμάτων μεγαλύτερος του 38 (και του 76 στην συγκεκριμένη περίπτωση) σε ένα κύτταρο στην αρχή της μεσόφασης. Επίσης, τα μυϊκά κύτταρα, λόγω μεγάλων ενεργειακών απαιτήσεων, έχουν πάρα πολύ μεγάλο αριθμό μιτοχονδρίων άρα και μιτοχονδριακού DNA (σε 2 έως 10 αντίγραφα ανά μιτοχόνδριο). Έτσι, το συνολικό DNA κάθε μυϊκού κυττάρου (πυρηνικό και μιτοχονδριακό) περιλαμβάνει αυτό τον τόσο μεγάλο αριθμό μορίων.

Θέμα Δ

Δ1. Ο όρος κωδικόνιο δεν αφορά μόνο το mRNA, αλλά και την κωδική αλυσίδα του γονιδίου που το κωδικοποιεί, καθώς το mRNA έχει πανομοιότυπη αλληλουχία και προσανατολισμό με την κωδική αλυσίδα του γονιδίου, με εξαίρεση ότι φέρει τη βάση U αντί για T (το mRNA είναι αντιπαράλληλο και συμπληρωματικό με την μη κωδική – μεταγραφόμενη – αλυσίδα του γονιδίου η οποία είναι αντιπαράλληλη και συμπληρωματική με την κωδική – μη μεταγραφόμενη – αλυσίδα).

Δεδομένου ότι η μεταγραφή γίνεται με κατεύθυνση 5'→3', το τμήμα DNA που δίνεται πρέπει να περιέχει, στην κωδική αλυσίδα, κωδικόνιο έναρξης 5'ATG3' και ξεκινώντας από αυτό, με βήμα τριπλέτας τρόπο συνεχή και μη επικαλυπτόμενο να κωδικοποιεί για επτά αμινοξέα χωρίς να καταλήγουμε σε κάποιο κωδικόνιο λήξης. Αυτό ισχύει μόνο για την αλυσίδα 2, η οποία είναι η κωδική.

Από τα άκρα του κωδικονίου έναρξης προκύπτουν και τα άκρα του τμήματος. Οι δύο αλυσίδες είναι αντιπαράλληλες, δηλαδή απέναντι από το 5' άκρο της μίας βρίσκεται το 3' άκρο της άλλης και αντίστροφα. Κάθε αλυσίδα έχει ελεύθερη φωσφορική ομάδα στον 5' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και ελεύθερο υδροξύλιο στον 3' άνθρακα της πεντόζης του τελευταίου νουκλεοτιδίου, λόγω του τρόπου δημιουργίας του 3'-5' φωσφοδιεστερικού δεσμού.

Άρα το τμήμα με τα 5' και 3' άκρα του είναι ως εξής:

Αλυσίδα 1: 5' CAT GGC TAT GTG GGC AAT CAT GTA ACT 3'

Αλυσίδα 2: 3' GTA CCG ATA CAC CCG TTA GTA CATTGA 5'

Δ2. Μπορεί να έχει συμβεί οποιαδήποτε γονιδιακή μετάλλαξη προσθήκης, έλλειψης ή αντικατάστασης βάσης στο κωδικόνιο έναρξης 5'ATG3', στην κωδική αλυσίδα του γονιδίου, έτσι ώστε κατά την μετάφραση του mRNA που προκύπτει από την μεταγραφή του γονιδίου, αυτή να ξεκινά από την αμέσως επόμενη τριπλέτα 5'AUG3' η οποία φυσιολογικά αποτελούσε το έβδομο κωδικόνιο. Έτσι, η πρωτεΐνη που παράγεται έχει έξι αμινοξέα λιγότερα.

Για να μπορέσει ένα πρωτεϊνικό μόριο να επιτελέσει τη λειτουργία του πρέπει να αποκτήσει την τελική του διαμόρφωση στο χώρο, η οποία

εξαρτάται από την αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα και σταθεροποιείται από τους δεσμούς μεταξύ των πλευρικών ομάδων R των αμινοξέων. Όταν η σειρά των αμινοξέων είναι διαφορετική, η δυνατότητα να σχηματιστούν δεσμοί ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες αμινοξέων βρίσκεται σε διαφορετικά σημεία της πεπτιδικής αλυσίδας. Αυτό οδηγεί σε διαφορετική αναδίπλωση του μορίου, που συνεπάγεται διαφορετική δευτεροταγή και τριτοταγή δομή, επομένως σε διαφορετική διαμόρφωση στο χώρο. Έτσι, εξηγείται η απώλεια λειτουργίας στην μεταλλαγμένη πρωτεΐνη.

Δ3. Η αλληλουχία των κωδικονίων στο mRNA (αλλά και στην κωδική αλυσίδα του γονιδίου, με βάση όσα αναφέραμε για το ερώτημα Δ1) καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στην πρωτεΐνη με βάση τα χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα (κώδικας τριπλέτας, συνεχής, μη επικαλυπτόμενος, εκφυλισμένος, σχεδόν καθολικός, έχει κωδικόνιο έναρξης και κωδικόνιο λήξης).

Η μετάφραση του mRNA γίνεται με κατεύθυνση $5' \rightarrow 3'$, καθώς κατά την έναρξή της το ριβόσωμα συγκροτείται από τις υπομονάδες του στην $5'$ αμετάφραστη περιοχή του mRNA.

Ο πεπτιδικός δεσμός πραγματοποιείται μεταξύ της καρβοξυλομάδας του προηγούμενου και της αμινομάδας του επόμενου αμινοξέος. Άρα, το πρώτο αμινοξύ της πεπτιδικής αλυσίδας θα έχει πάντα ελεύθερη αμινομάδα και το τελευταίο ελεύθερη καρβοξυλομάδα.

Κάθε tRNA διαθέτει μία τριπλέτα νουκλεοτιδίων που ονομάζεται αντικωδικόνιο η οποία είναι αντιπαράλληλη και συμπληρωματική με το αντίστοιχο κωδικόνιο του mRNA και μέσω της οποίας εισέρχεται στην κατάλληλη θέση εισδοχής του ριβοσώματος μεταφέροντας ένα αμινοξύ.

Το μεταλλαγμένο tRNA έχει αντικωδικόνιο $3'CGG 5'$ και κατά την μετάφραση του mRNA αντιστοιχεί προλίνη στο κωδικόνιο $5'GCC3'$ που φυσιολογικά κωδικοποιεί για αλανίνη. Όμως, το άτομο διαθέτει και το φυσιολογικό tRNA με αντικωδικόνιο $3'CGG5'$ που μεταφέρει αλανίνη. Έτσι, ανάλογα με το ποιο tRNA συμμετέχει στη μετάφραση και με ποια σειρά (αν συμμετέχουν και τα 2), οι πιθανές αλληλουχίες του τμήματος της πρωτεΐνης μπορεί να είναι:

- H_2N – μεθειονίνη – ισολευκίνη – αλανίνη – ιστιδίνη – ισολευκίνη – αλανίνη – μεθειονίνη – $COOH$
- H_2N – μεθειονίνη – ισολευκίνη – προλίνη – ιστιδίνη – ισολευκίνη – προλίνη – μεθειονίνη – $COOH$
- H_2N – μεθειονίνη – ισολευκίνη – προλίνη – ιστιδίνη – ισολευκίνη – αλανίνη – μεθειονίνη – $COOH$
- H_2N – μεθειονίνη – ισολευκίνη – αλανίνη – ιστιδίνη – ισολευκίνη – προλίνη – μεθειονίνη – $COOH$

Δ4.

α. Όλες οι αποικίες. Τα μετασχηματισμένα βακτήρια έχουν προσλάβει πλασμίδιο (ανασυνδυνασμένο ή όχι) και έχουν όλα λειτουργικό γονίδιο ανθεκτικότητας στην αμπικιλίνη, παρουσία της οποίας μπορούν να επιβιώνουν.

β. Αποικίες 3, 8, 10. Τα μετασχηματισμένα βακτήρια με μη ανασυνδυνασμένο πλασμίδιο (στο οποίο δεν έχει ενσωματωθεί το γονίδιο της Χpr) έχουν το γονίδιο ανθεκτικότητας στην ερυθρομυκίνη ανέπαφο και λειτουργικό, ενώ αυτά με το ανασυνδυνασμένο πλασμίδιο όχι, καθώς μέσα σε αυτό έχει ενσωματωθεί το γονίδιο της Χpr. Άρα, μόνο αυτά με το μη ανασυνδυνασμένο πλασμίδιο επιβιώνουν παρουσία ερυθρομυκίνης, δηλαδή οι αποικίες 3, 8, 10.

γ. Αποικίες 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9. Με βάση τα παραπάνω, οι αποικίες που επιβιώνουν παρουσία αμπικιλίνης αλλά όχι παρουσία ερυθρομυκίνης.

δ. Αποικίες 1, 5, 6, 9. Παράγουν την Χpr τα μετασχηματισμένα βακτήρια με ανασυνδυνασμένο πλασμίδιο με το γονίδιο ενσωματωμένο με τον κατάλληλο προσανατολισμό (με το 5' άκρο της κωδικής αλυσίδας στην μεριά του υποκινητή του γονιδίου ανθεκτικότητας στην ερυθρομυκίνη). Τα βακτήρια αυτά παρουσία των βοηθητικών παραγόντων της Χpr (στο θρεπτικό υλικό Γ) πεθαίνουν και δεν δίνουν αποικίες.

Ζαφειριάδης Γιώργος