

**ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ  
ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΣΠΕΡΙΝΩΝ ΓΕΝΙΚΩΝ ΛΥΚΕΙΩΝ  
ΤΕΤΑΡΤΗ 3 ΙΟΥΝΙΟΥ 2026  
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ:  
ΒΙΟΛΟΓΙΑ**

**ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

**ΘΕΜΑ Α**

- A1.** γ
- A2.** γ
- A3.** β
- A4.** γ
- A5.** δ

**ΘΕΜΑ Β**

**B1.** 1-β, 2-γ, 3-β, 4-β, 5-α, 6γ

- B2.** **α)** Θεωρία όπως στο σχολικό βιβλίο σελ. 38 Β τεύχος. «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».
- β)** Θεωρία όπως στο σχολικό βιβλίο σελ. 22 Β τεύχος. «Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ύστερα από ειδική επεξεργασία, τα ινίδια χρωματίνης μοιάζουν με κομπολόγια από χάντρες. Κάθε «χάντρα» ονομάζεται νουκλεόσωμα και αποτελεί τη βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης. Το νουκλεόσωμα αποτελείται από DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων και από οκτώ μόρια πρωτεϊνών, που ονομάζονται ιστόνες. Το DNA είναι τυλιγμένο γύρω από το οκταμερές των ιστονών».
- γ)** Θεωρία όπως στο σχολικό βιβλίο σελ. 129 Β τεύχος. «Η αποκρυπτογράφηση της αλληλουχίας βάσεων του DNA πιστεύεται ότι θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε πώς έχει «κατασκευαστεί» και λειτουργεί ο ανθρώπινος οργανισμός. Για το σκοπό αυτό το 1986 ξεκίνησε μια διεθνής συνεργασία με σκοπό τη χαρτογράφηση, δηλαδή τον εντοπισμό της θέσης των γονιδίων στα χρωμοσώματα, και τον προσδιορισμό της αλληλουχίας των βάσεων του DNA στο ανθρώπινο γονιδίωμα».

- B3.** Α. ανεξάρτητος συνδυασμός  
Β. επιχιασμός  
Γ. γονιμοποίηση (τυχαίος συνδυασμός γαμετών)  
Δ. μεταλλάξεις

Θεωρία όπως στο σχολικό βιβλίο σελ. 145 Α τεύχος. «Το γεγονός αυτό, που είναι η ουσία της γενετικής ποικιλομορφίας που χαρακτηρίζει τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς, έχει μεγάλη σημασία για την εξέλιξη. Μερικοί από τους συνδυασμούς γονιδίων (άρα και γνωρισμάτων που επηρεάζονται από τα γονίδια αυτά) είναι επιτυχέστεροι απ' ό,τι άλλοι, με την έννοια ότι προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες επιβίωσης στο φορέα τους σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο μηχανισμός αυτός συμβάλλει στην εξέλιξη, γιατί κάθε πληθυσμός περνά στις επόμενες γενιές του πιο ευνοϊκούς συνδυασμούς γονιδίων και γνωρισμάτων».

- B4.** Θεωρία όπως στο σχολικό βιβλίο σελ. 64-65 Α τεύχος. «Οι χλωροπλάστες ανήκουν σε μια ευρύτερη κατηγορία οργανιδίων των φυτικών κυττάρων, που ονομάζονται πλαστίδια. Στα πλαστίδια ανήκουν και οι άχρωμοι αμυλοπλάστες, που βρίσκονται στα κύτταρα των ριζών των φυτών και αποτελούν αποθήκες αμύλου, καθώς επίσης οι χρωμοπλάστες, που περιέχουν χρωστικές και βρίσκονται στα άνθη, στα φύλλα και στους καρπούς».

## ΘΕΜΑ Γ

- Γ1.** Παρατηρείται η εξής φαινοτυπική αναλογία στην F2 γενιά:
- 6/16 θηλυκά με πορτοκαλί χρώμα πτερώματος
  - 2/16 θηλυκά με κίτρινο χρώμα πτερώματος
  - 3/16 αρσενικά με πορτοκαλί χρώμα πτερώματος
  - 3/16 αρσενικά με κόκκινο χρώμα πτερώματος
  - 1/16 αρσενικά με κίτρινο χρώμα πτερώματος
  - 1/16 αρσενικά με λευκό χρώμα πτερώματος

Επίσης υπάρχει φαινοτυπική διαφορά μεταξύ αρσενικών και θηλυκών της F2 γενιάς, άρα η παραγωγή του ενός ενζύμου θα ελέγχεται από φυλοσύνδετο γονίδιο.

Έστω ότι η παραγωγή του ενζύμου E1 ελέγχεται από αυτοσωμικό επικρατές και η παραγωγή του ενζύμου E2 από φυλοσύνδετο επικρατές.

Άρα έχουμε:

- A: αλληλόμορφο για παραγωγή E1
- a: αλληλόμορφο για μη παραγωγή E1
- X<sup>B</sup>: αλληλόμορφο για παραγωγή E2
- X<sup>b</sup>: αλληλόμορφο για μη παραγωγή E2

P1 γενιά:  $aaX^BX^B$   $X$   $AAx^BY$   
 Γαμέτες:  $aX^B$   $Ax^B, AY$

F1 γενιά:  $AaX^BX^B$  και  $AaX^BY$ , δηλαδή 100% πορτοκαλί

Διασταύρωση F1 γενιάς:  $AaX^BX^B$   $X$   $AaX^BY$   
 Γαμέτες:  $AXB, AXb, aXB, aXb$   $A$   $XB, AY, aXB, aY$

	$AX^B$	$AX^b$	$aX^B$	$aX^b$
$AXB$	$AA X^BX^B$	$AA X^bX^B$	$Aa X^BX^B$	$Aa X^bX^B$
$AY$	$AA X^BY$	$AA X^bY$	$Aa X^BY$	$Aa X^bY$
$aXB$	$Aa X^BX^B$	$Aa X^bX^B$	$aa X^BX^B$	$aa X^bX^B$
$aY$	$Aa X^BY$	$Aa X^bY$	$aa X^BY$	$aa X^bY$

Η διασταύρωση μας επιβεβαιώνει τις φαινοτυπικές αναλογίες.

## Γ2.

P1 γενιά:  $aaX^BX^B$   $X$   $AAx^BY$   
 F1 γενιά:  $AaX^BX^B$   $X$   $AaX^BY$

## Γ3. Η ασθένεια κληρονομείται με φυλοσύνδετο υπολειπόμενο τύπο κληρονομικότητας και άρα συμβολίζουμε ως εξής:

$X^A$ : φυσιολογικό επικρατές αλληλόμορφο  
 $X^a$ : υπολειπόμενο που ελέγχει την ασθένεια

Εξαιτίας των υβριδοποιήσεων τα άτομα έχουν τους εξής γονοτύπους:

II1:  $X^aY$ , II2:  $X^AX^a$  II3:  $X^AY$  II4:  $X^AX^aY$  (Σύνδρομο Klinefelter)  
 III1:  $X^aX^a$

Δε δικαιολογείται ο φαινότυπος στα άτομα II4:  $X^AX^aY$  και III1:  $X^aX^a$

Παρατηρούμε από το γενεαλογικό δέντρο ότι το άτομο II4 είναι υγιές, ενώ θα έπρεπε να πάσχει λαμβάνοντας το  $X^a$  αλληλόμορφο γονίδιο από την μητέρα του (I2).

Επίσης, το άτομο III1 θα έπρεπε να είναι υγιές λαμβάνοντας το  $X^A$  αλληλόμορφο γονίδιο από τον πατέρα της (II2) αλλά πάσχει.

## Γ4. II4: $X^AX^aY$ (Σύνδρομο Klinefelter)

Ο ανιχνευτής A υβριδοποιείται δύο φορές με το κεντρομερίδιο των μεταφασικών χρωμοσωμάτων X, άρα το άτομο φέρει δύο φυλετικά χρωμοσώματα X, αντί ενός. Επίσης, ο ανιχνευτής B υβριδοποιείται με το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο δύο φορές στη μετάφαση, και άρα φέρει το υπολειπόμενο αλληλόμορφο. Επειδή είναι υγιές θα φέρει και το φυσιολογικό X<sup>A</sup>.

III1: X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>

Ο ανιχνευτής A υβριδοποιείται δύο φορές με το κεντρομερίδιο των μεταφασικών χρωμοσωμάτων X, επομένως το άτομο φέρει δύο φυλετικά χρωμοσώματα X. Επίσης, ο ανιχνευτής B υβριδοποιείται με το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο μόνο 2 φορές στη μετάφαση, μολονότι θα έπρεπε να υβριδοποιεί 4 φορές αφού το άτομο πάσχει και άρα έχει γονότυπο X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>.

**Γ5. II4: X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>Y (Σύνδρομο Klinefelter)**

Το άτομο προέκυψε από μη φυσιολογικό ζυγωτό με αριθμητική χρωμοσωμική ανωμαλία. Δημιουργήθηκε μη φυσιολογικό σπερματοζώαριο με δύο φυλετικά χρωμοσώματα (AY εξαιτίας μη διαχωρισμού των φυλετικών χρωμοσωμάτων στην 1<sup>η</sup> μειωτική διαίρεση του πατέρα. Αυτό το μη φυσιολογικό σπερματοζώαριο γονιμοποίηση φυσιολογικό ωάριο με ένα φυλετικό χρωμόσωμα X<sup>a</sup> και προέκυψε άτομο X<sup>A</sup>X<sup>a</sup>Y.

III1: X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>

Στο πατέρα του ατόμου (X<sup>A</sup>Y), στα άωρα γεννητικά κύτταρα πραγματοποιείται δομική χρωμοσωμική ανωμαλία και συγκεκριμένα έλλειψη τμήματος του χρωμοσώματος που φέρει το επικρατές X<sup>A</sup> δημιουργώντας γαμέτες με έλλειψη του φυσιολογικού αλληλομόρφου X<sup>A</sup>. Το σπερματοζώαριο με την έλλειψη γονιμοποιεί φυσιολογικό ωάριο με X<sup>a</sup> και προκύπτει το άτομο X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>.

**ΘΕΜΑ Δ**

- Δ1.** α) αλυσίδα I – αριστερά 5' άκρο και δεξιά 3' άκρο  
αλυσίδα II – αριστερά 3' άκρο και δεξιά 5' άκρο  
β) Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου μεταγραφικού παράγοντα (MA) είναι η αλυσίδα I αφού περιέχει 5 κωδικόνια και άρα θα εκφράζει πεπτιδίο με το πολύ 4 αμινοξέα, έχοντας υποκινητή τον Y<sub>A</sub>.  
Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου του φαρμακευτικού πεπτιδίου B είναι η αλυσίδα II αφού περιέχει 24 νουκλεοτίδια και μπορεί να κωδικοποιεί πενταπεπτιδίο με την ταυτόχρονη ύπαρξη εσωνίου, έχοντας υποκινητή τον Y<sub>B</sub>.  
γ) Το ασυνεχές γονίδιο είναι το γονίδιο του πενταπεπτιδίου με φαρμακευτική δράση, δηλαδή το γονίδιο B.

- Δ2.** Μετά από τη θραύση του τμήματος μεταξύ των σημείων Κ και Λ και την αναστροφή του στο ίδιο σημείο δημιουργείται η νέα αλληλουχία:

YA 5'- CCGGCTGCAGATGTTTCTAAAAGGGGTTTCATTAACGAATTC<sup>3'</sup> YB  
3' - GGCCGACGTCTACAAAGATTTTCCCAAGTAAATTGCTTAAGGGCCC-5'

Παρατηρούμε ότι το κάθε γονίδιο μετά την αναστροφή έχει έναν υποκινητή προς το 5' άκρο της κωδικής του αλυσίδας και αντίστοιχα προς το 3' άκρο της μεταγραφόμενης. Όμως το γονίδιο Β έχει πλέον υποκινητή τον Y<sub>A</sub> και αντίστοιχα το γονίδιο Α έχει υποκινητή τον Y<sub>B</sub>.

Το γονίδιο για το πενταπεπτίδιο θα εκφράζεται κανονικά αφού υπάρχουν οι κατάλληλοι μεταγραφικοί παράγοντες για να βοηθήσουν την RNA πολυμεράση να προσδεθεί στον υποκινητή Y<sub>A</sub>.

Αντίθετα, το γονίδιο για τον μεταγραφικό παράγοντα δεν θα μπορεί να εκφραστεί από τον υποκινητή Β, αφού την για την έκφρασή του απαιτείται ο ίδιος ο μεταγραφικός παράγοντας.

- Δ3.** Για την ενσωμάτωση του φυσιολογικού τμήματος DNA ώστε να εκφραστεί το γονίδιο της φαρμακευτικής πρωτεΐνης θα χρησιμοποιηθούν οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες I και II. Το γονίδιο θα ενσωματωθεί εντός του γονιδίου *gfr* του πλασμιδίου, που κωδικοποιεί την πράσινη φθορίζουσα χρωστική μόνο με έναν προσανατολισμό εξαιτίας των διαφορετικών μονόκλωνων άκρων που αφήνουν οι δύο ενδονουκλεάσες. Ο διαχωρισμός των μετασχηματισμένων από τα μη μετασχηματισμένα βακτήρια θα γίνει με καλλιέργεια των βακτηρίων παρουσία του αντιβιοτικού αμπικιλίνη. Ο διαχωρισμός των μετασχηματισμένων με το ανασυνδυασμένο πλασμίδιο από τα μετασχηματισμένα βακτήρια με το μη ανασυνδυασμένο πλασμίδιο θα γίνει από την απουσία ή παρουσία πράσινης χρωστικής, αντίστοιχα, υπό την έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία των καλλιεργειών.

- Δ4.** Το πεπτίδιο που παράγεται δεν θα είναι λειτουργικό, αφού το γονίδιο διαθέτει εσώνιο και το οποίο δε θα απομακρυνθεί λόγω του ότι τα βακτήρια δεν διαθέτουν μηχανισμούς ωρίμανσης του mRNA. Έτσι, το παραγόμενο mRNA μαζί με την αλληλουχία του εσωνίου θα μεταφρασθεί και θα παραχθεί διαφορετικό πεπτίδιο από το φυσιολογικό.

**ΚΑΛΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ!!!**