



ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2026

Β' ΦΑΣΗ

Ε_3.Βλ3Θ(α)

ΤΑΞΗ: Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ: ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ: ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ημερομηνία: Τετάρτη 15 Απριλίου 2026

Διάρκεια Εξέτασης: 3 ώρες

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1. γ

Α2. γ

Α3. α

Α4. δ

Α5. β

ΘΕΜΑ Β

Β1. Η σωστή αλληλουχία των βημάτων είναι: Στ, Α, Γ, Η, Δ, Β, Ε, Ζ

Β2. α. Για την παραγωγή του προβάτου Tracy εμπλέκονται οι εξής οργανισμοί:

Τέσσερις συνολικά οργανισμοί συμμετέχουν: ένα αρσενικό και ένα θηλυκό πρόβατο από τους γαμέτες των οποίων προκύπτει το ζυγωτό, ο άνθρωπος από τον οποίο απομονώθηκε το γονίδιο για την ΑΑΤ, καθώς και το θηλυκό πρόβατο που αναλαμβάνει την κυοφορία ως παρένθετη μητέρα.

Τα είδη που συμμετέχουν είναι δύο: πρόβατο και άνθρωπος.

β. Στην περίπτωση του γενετικά τροποποιημένου φυτού καλαμποκιού ποικιλίας *Bt*, λαμβάνουν μέρος τρεις οργανισμοί:

Το φυτό καλαμποκιού που παρέχει το φυτικό κύτταρο, το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens* που μεταφέρει το πλασμίδιο *Ti* και το *Bacillus thuringiensis* από το οποίο απομονώθηκε το γονίδιο της τοξίνης.

Τα διαφορετικά είδη που εμπλέκονται είναι επίσης τρία: καλαμπόκι, *Agrobacterium tumefaciens* και *Bacillus thuringiensis*.

γ. Για τη δημιουργία της Dolly συμμετέχουν τρεις οργανισμοί:

Ένα θηλυκό πρόβατο που δίνει το απύρηνο ωάριο, ένα θηλυκό πρόβατο από το οποίο λαμβάνεται ο πυρήνας και ένα τρίτο θηλυκό πρόβατο που λειτουργεί ως παρένθετη μητέρα για την κυοφορία.

Το είδος που συμμετέχει είναι ένα: Το πρόβατο.

δ. Για τη δημιουργία του κλώνου του γενετικά τροποποιημένου προβάτου Tracy συμμετέχουν τρεις οργανισμοί:

Το γενετικά τροποποιημένο πρόβατο Tracy, που προσφέρει το σωματικό κύτταρο με τον πυρήνα (άρα και όλο το γενετικό υλικό, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου γονιδίου που είχε ήδη ενσωματωθεί).

Το θηλυκό πρόβατο που προσφέρει το απύρηνω ωάριο.

Το θηλυκό πρόβατο – παρένθετη μητέρα για την κυοφορία.

Υπάρχει όμως ένα μόνο είδος οργανισμού: όλοι οι οργανισμοί είναι πρόβατα (*Ovis aries*).

B3. Το πείραμα αποδεικνύει ότι η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την αυτόνομη και ακριβή αναδίπλωση της στη φυσική της τρισδιάστατη διαμόρφωση.

Όταν από το περιβάλλον αφαιρεθούν οι αποδιατακτικοί παράγοντες, η πρωτεΐνη θα μπορούσε να επανέλθει αυτογενώς στη λειτουργική της τριτοταγή δομή, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η χωροδιάταξη της πρωτεΐνης καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλουχία των αμινοξέων της.

Αν ο μαθητής αναφέρει ότι η μετουσίωση θα μπορούσε να είναι αναστρέψιμη διαδικασία όταν απουσιάσουν οι παράγοντες που την προκαλούν να θεωρηθεί σωστό και να βαθμολογηθεί ως ένα συμπέρασμα.

B4.

A. Οι ιδιότητες του γενετικού κώδικα που αποκαλύφθηκαν από το συγκεκριμένο πείραμα ήταν ότι ο γενετικός κώδικας είναι:

1^{ον} Κώδικας τριπλέτας

2^{ον} Συνεχής

3^{ον} Μη επικαλυπτόμενος

B. Αιτιολόγηση:

Τα τρία διαφορετικά πεπτίδια προκύπτουν αν το ριβόσωμα μεταφράσει το mRNA σε κατεύθυνση 5' → 3', με βήμα τριπλέτας, χωρίς να παραλείπεται κάποιο νουκλεοτίδιο και κάθε νουκλεοτίδιο να ανήκει σε ένα κωδικόνιο.

Επίσης, το ριβόσωμα κατά τη μετάφραση χρησιμοποιεί διαφορετικά βήματα τριπλέτας ακολουθώντας πάντα τους ανωτέρω κανόνες, με αποτέλεσμα να προκύπτουν τα τρία διαφορετικά πεπτίδια.

Συγκεκριμένα, όταν ξεκινήσει να μεταφράζει από το πρώτο νουκλεοτίδιο (πλαίσιο ανάγνωσης 0) προκύπτει το πεπτίδιο: H₂N- Lys – Lys – Lys- Lys-COOH

Όταν ξεκινήσει να μεταφράζει από το δεύτερο νουκλεοτίδιο (πλαίσιο ανάγνωσης +1) προκύπτει το πεπτίδιο: H₂N- Arg–Arg–Arg-COOH

Όταν ξεκινήσει να μεταφράζει από το τρίτο νουκλεοτίδιο (πλαίσιο ανάγνωσης +2) προκύπτει το πεπτίδιο: H₂N- Glu-Glu-Glu -COOH

Γ. Ζύμωση είναι η διαδικασία ανάπτυξης μικροοργανισμών σε υγρό θρεπτικό υλικό κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες.

Δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια της *in vitro* πρωτεϊνοσύνθεσης στους βιοαντιδραστήρες δεν υπάρχουν μικροοργανισμοί παρά μόνο εκχυλίσματα κυττάρων, η διαδικασία αυτή δε μπορεί να αποτελεί ζύμωση.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που αποδεικνύει ότι η γονιδιακή ρύθμιση αποτελεί βασικό μηχανισμό για τον έλεγχο της ανάπτυξης των πολυκύτταρων ευκαρυωτικών οργανισμών είναι το παράδειγμα των αιμοσφαιρινών.

Κατά την μεγαλύτερη διάρκεια της εμβρυικής φάσης εκφράζονται μόνο τα γονίδια που κωδικοποιούν τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες α και γ με αποτέλεσμα να παράγεται η αιμοσφαιρίνη HbF που αποτελείται από αυτές.

Λίγο πριν τη γέννηση, ενώ η έκφραση των γονιδίων α παραμένει σταθερή, μειώνεται σταδιακά ο ρυθμός έκφρασης των γονιδίων γ και αυξάνεται ο ρυθμός έκφρασης των γονιδίων που κωδικοποιούν τις β αλυσίδες των αιμοσφαιρινών. Κατά συνέπεια η HbA είναι η κύρια αιμοσφαιρίνη του ατόμου που αποτελείται από αλυσίδες α και β , ενώ η HbA₂ ($\alpha_2\delta_2$) και η HbF ($\alpha_2\gamma_2$) συναντώνται σε μικρότερα ποσοστά.

Γ2. Στον πίνακα δίνονται τα ποσοστά των διαφορετικών μορφών αιμοσφαιρίνης (HbA, HbA₂, HbF και HbS) για τα άτομα Α, Β, Γ, Δ και Ε. Με βάση τα δεδομένα και τη φυσιολογική σύσταση των αιμοσφαιρινών, προσδιορίζεται ο τύπος της αιμοσφαιρινοπάθειας και ο πιθανός γονότυπος κάθε ατόμου ως εξής:

Άτομο Α: Το άτομο αυτό εμφανίζει πλήρη απουσία της HbA και πολύ υψηλό ποσοστό HbS (97%), ενώ οι HbA₂ και HbF βρίσκονται στα φυσιολογικά επίπεδά τους. Η επικράτηση σχεδόν αποκλειστικά της HbS αποτελεί χαρακτηριστικό της ομόζυγης δρεπανοκυτταρικής αναιμίας ($\beta^s\beta^s$), όπου δεν παράγεται καθόλου φυσιολογική β -αλυσίδα και συνεπώς δεν σχηματίζεται HbA.

Πάσχει από δρεπανοκυτταρική αναιμία: γονότυπος $\alpha\alpha/\alpha\alpha \beta^s\beta^s$

Άτομο Β: Το άτομο Β έχει περίπου 57% HbA και 40% HbS, με φυσιολογικές τιμές HbA₂ και HbF. Η συνύπαρξη HbA και HbS σε αυτές τις αναλογίες είναι χαρακτηριστική του ετεροζυγώτη της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας (φορέας). Το άτομο παράγει μια φυσιολογική και μια μεταλλαγμένη β -αλυσίδα, γεγονός που οδηγεί σε παραγωγή και των δύο μορφών αιμοσφαιρίνης. Είναι φορέας δρεπανοκυτταρικής αναιμίας: γονότυπος $\alpha\alpha/\alpha\alpha \beta\beta^s$

Άτομο Γ: Το άτομο Γ παρουσιάζει πολύ χαμηλή HbA (13%) και εξαιρετικά υψηλή HbF (85%), με φυσιολογική HbA₂. Αυτή η εικόνα είναι χαρακτηριστική της ομόζυγης β -θαλασσαιμίας (μεσογειακή αναιμία $\beta^0\beta^0$), στην οποία υπάρχει πλήρης ή σχεδόν πλήρης απουσία παραγωγής β -αλυσίδων. Ως αντισταθμιστικός μηχανισμός αυξάνεται δραματικά η HbF, που δεν απαιτεί β -αλυσίδες.

Πάσχει από ομόζυγη β -θαλασσαιμία: γονότυπος $\alpha\alpha/\alpha\alpha \beta^0\beta^0$

Άτομο Δ: Το άτομο Δ έχει σχεδόν φυσιολογικό ποσοστό HbA (92%), αλλά εμφανίζει πολύ αυξημένη HbA₂ (7%). Η αύξηση της HbA₂ πάνω από 3,5% αποτελεί τον πιο αξιόπιστο βιοχημικό δείκτη φορέα β-θαλασσαιμίας, όπου το ένα αλληλόμορφο παράγει λιγότερες β-αλυσίδες και το άτομο αντισταθμίζει αυξάνοντας την HbA₂.

Είναι φορέας β-θαλασσαιμίας: γονότυπος αα/αα ββ⁰.

Άτομο Ε: Το άτομο Ε εμφανίζει μειωμένη HbA (48,5%), αλλά φυσιολογικές HbA₂ και HbF και δεν παράγει HbS. Η μείωση της HbA χωρίς αύξηση της HbA₂ αποκλείει τη β-θαλασσαιμία. Επειδή δεν υπάρχει αντισταθμιστική αύξηση της HbF, το πρόβλημα εντοπίζεται στις α-αλυσίδες και είναι χαρακτηριστικό φορέα α-θαλασσαιμίας: μειωμένη παραγωγή α-αλυσίδων οδηγεί σε μειωμένο σχηματισμό HbA, χωρίς αύξηση άλλων μορφών αιμοσφαιρίνης.

Είναι φορέας α-θαλασσαιμίας: γονότυπος (-α/αα ή πιθανότητα -/-αα ή -α/-α ή α-/-α).

Γ3. Δεδομένου ότι έχουμε μειωμένη σύνθεση HbA μπορεί να έχουν συμβεί μεταλλάξεις:

A. στον υποκινητή του γονιδίου των β αλυσίδων με αποτέλεσμα να μειωθεί ο ρυθμός μεταγραφής του γονιδίου, συνεπώς και η σύνθεση β αλυσίδων.

B. Στην 5' αμετάφραστη περιοχή του γονιδίου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να συνδέεται εύκολα η μικρή υπομονάδα του ριβοσώματος κατά την έναρξη της μετάφρασης και να παράγονται μειωμένα ποσά β πολυπεπτιδικών αλυσίδων.

Γ4.

I. Η συχνότητα των ετερόζυγων ατόμων με δρεπανοκυτταρική αναιμία ή β-θαλασσαιμία είναι αυξημένη σε περιοχές όπως οι χώρες της Μεσογείου, της Δυτικής και Ανατολικής Αφρικής και της Ν.Α. Ασίας, όπου εμφανιζόταν ελονοσία. Η αυξημένη συχνότητα οφείλεται στην ανθεκτικότητα των φορέων στην προσβολή από το πλασμώδιο (πρωτόζωο) που προκαλεί την ελονοσία, επειδή τα ερυθροκύτταρά τους δεν ευνοούν τον πολλαπλασιασμό του. Συνεπώς, η προστασία που προσδίδει η μετάλλαξη ως προς την ελονοσία αποτελεί ένα πλεονέκτημα, που τους παρέχει αυξημένη πιθανότητα επιβίωσης και δυνατότητα αναπαραγωγής.

II. Η γενετική ποικιλομορφία έχει μεγάλη σημασία για την εξέλιξη καθώς μερικοί από τους συνδυασμούς γονιδίων (άρα και γνωρισμάτων που καθορίζονται 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.

Μολονότι οι περισσότερες μεταλλάξεις οδηγούν σε αποτέλεσμα που δεν είναι ευνοϊκό για τον οργανισμό, μερικές από αυτές εμφανίζουν πλεονεκτήματα. Χωρίς τις μεταλλάξεις, η γενετική ποικιλότητα θα περιοριζόταν αρκετά και η εξέλιξη, όπως τη γνωρίζουμε σήμερα, δε θα είχε συμβεί.

Ο μηχανισμός αυτός συμβάλλει στην εξέλιξη, γιατί κάθε πληθυσμός περνά στις επόμενες γενιές του, πιο ευνοϊκούς συνδυασμούς γονιδίων και γνωρισμάτων.

Γ5.

I. Το παρακάτω διάγραμμα αντιστοιχεί στο άτομο **B**, που είναι φορέας δρεπανοκυτταρική αναιμίας.

II. 1. α, 2. γ, 3. β, 4. β^s, 5. δ

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

Α. Γονίδιο Α: Από τη διασταύρωση των ασθενών ατόμων ΙΙ2 x ΙΙ3 της οικογένειας 2, προκύπτει υγιής απόγονος ΙΙΙ2, συνεπώς ο τρόπος κληρονομής του γονιδίου Α είναι επικρατής.

Έστω φυλοσύνδετος:

Επειδή από τη διασταύρωση ΙΙ1 x ΙΙ2 της οικογένειας 1, από ασθενή πατέρα ΙΙ1 προκύπτουν υγιείς κόρες ΙΙ1 και ΙΙ2 ενώ θα έπρεπε να προκύπτουν μόνο ασθενείς καθώς οι κόρες κληρονομούν το φυλοσύνδετο αλληλόμορφο του πατέρα, ο τρόπος κληρονομής αποκλείεται να είναι φυλοσύνδετος, άρα είναι αυτοσωμικός.

Συνεπώς ο τύπος κληρονομής του παθολογικού γονιδίου Α είναι **αυτοσωμικός επικρατής**.

$$X^A Y \otimes X^a X^a$$

Γαμέτες $X^A, Y / X^a$

Γονότυποι $X^A X^a, X^a Y$

Φαινότυποι: ♀ 100% ασθενείς : ♂ 100% υγιείς

Γονίδιο Β: Επειδή στην οικογένεια 1 τα άτομα ΙΙ2 και ΙΙΙ1 όπως επίσης στην οικογένεια 2 τα άτομα ΙΙ2 και ΙΙ3 απεικονίζονται με το συγκεκριμένο συμβολισμό, ο τύπος κληρονομής του γονιδίου Β είναι **φυλοσύνδετος υπολειπόμενος**.

Β. Οικογένεια 1: ΙΙΙ1: $AaX^B X^b$ Οικογένεια 2: ΙΙΙ1 : $aaX^B Y$

Γ. $AaX^B X^b \otimes aaX^B Y$

	AX^B	AX^b	aX^B	aX^b
aX^b	$AaX^B X^b$	$AaX^b X^b$	$aaX^B X^b$	$aaX^b X^b$
aY	$AaX^B Y$	$AaX^b Y$	$aaX^B Y$	$aaX^b Y$

Σε κάθε διασταύρωση κάθε κύηση είναι ανεξάρτητο γεγονός. Εφόσον από τη διασταύρωση απέκτησαν δίδυμα αγόρια, το σύνολό μας είναι μόνο τα αγόρια και όχι τα παιδιά.

Α' περίπτωση: αν τα δίδυμα αγόρια είναι μονοζυγωτικά $P=1/4$

Β' περίπτωση: αν τα δίδυμα αγόρια είναι ετεροζυγωτικά $P=1/16$

Δ2.

Α. Το RNA παράγεται σε κατεύθυνση $5' \rightarrow 3'$ και είναι ίδιο σε κατεύθυνση και αλληλουχία με την κωδική (η κωδική περιέχει T ενώ το mRNA U). Ο όρος κωδικόνιο δεν αφορά μόνο το mRNA αλλά και το γονίδιο από το οποίο παράγεται. Τα κωδικόνια του mRNA συμπίπτουν με τα κωδικόνια DNA της κωδικής αλυσίδας του γονιδίου. Το τμήμα ενός γονιδίου που

κωδικοποιεί μια πολυπεπτιδική αλυσίδα ξεκινάει με το κωδικόνιο έναρξης (5'ATG3') και τελειώνει με το κωδικόνιο λήξης (5'TGA3', 5'TAG3', 5'TAA3') της κωδικής αλυσίδας.

Εντοπίζουμε στην πάνω αλυσίδα 5'ATG3' και με βήμα τριπλέτας 5'TGA3'.

Εντοπίζουμε στην κάτω αλυσίδα 5'ATG3' και με βήμα τριπλέτας 5'TAA3'.

Δεδομένου ότι η DNA-πολυμεράση κατά την αντιγραφή του 21ου νουκλεοτιδίου της κωδικής αλυσίδας, ενσωματώνει κατά λάθος το νουκλεοτίδιο Α, κατά παράβαση του κανόνα συμπληρωματικότητας των βάσεων, **κωδική αλυσίδα θα είναι η πάνω.**

Αυτό ισχύει επειδή η DNA πολυμεράση κατά την αντιγραφή διαβάζει την αλυσίδα καλούπι από το 3' προς το 5' και τοποθετεί συμπληρωματικά νουκλεοτίδια σε κατεύθυνση 5' → 3'.

Διαβάζοντας την κάτω αλυσίδα από το 3' προς το 5' το 21^ο νουκλεοτίδιο είναι Τ με το οποίο το νουκλεοτίδιο με Α που τοποθετείται είναι συμπληρωματικό.

Διαβάζοντας την πάνω αλυσίδα από το 3' προς το 5' το 21^ο νουκλεοτίδιο είναι Α με το οποίο το νουκλεοτίδιο με Α που τοποθετείται δεν είναι συμπληρωματικό.

B.

5' TTAATGCCCCAAGCATCCAGGATGACATCCC 3'

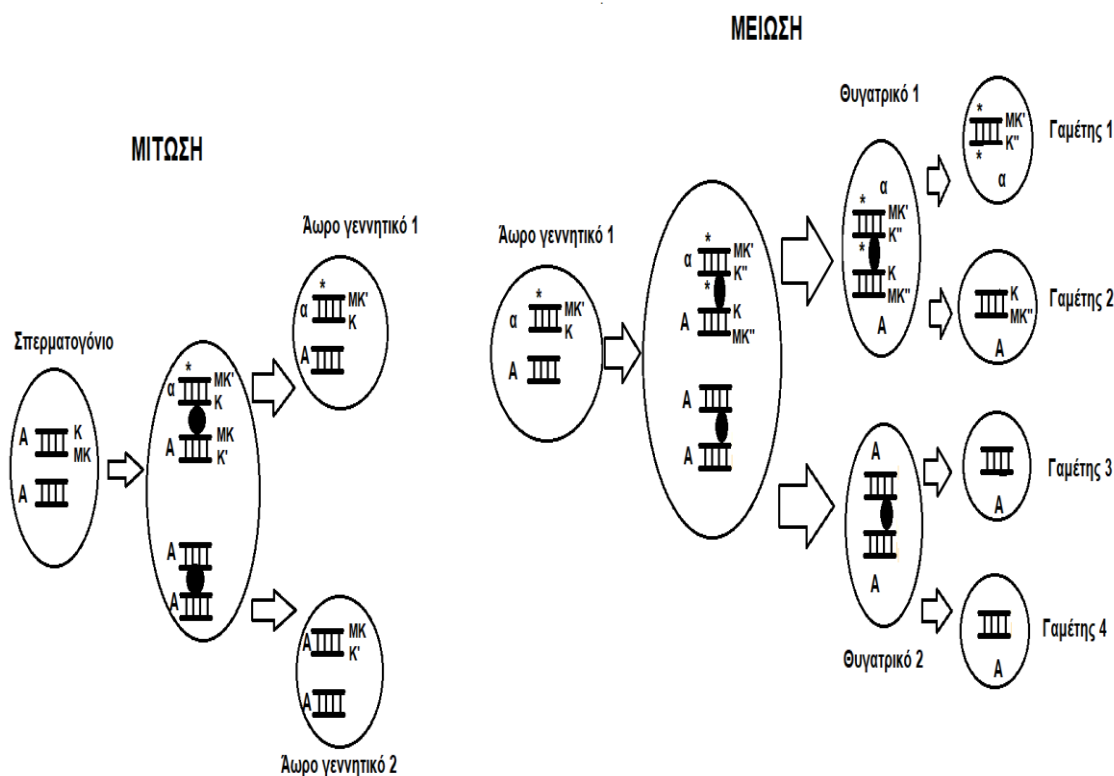
3' AATTACGGGATCGTAGGTCCTACTGTAGGG 5'

Γ. Το άωρο γεννητικό κύτταρο που υφίσταται μείωση περιέχει ένα φυσιολογικό αλληλόμορφο καθώς και το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο του προηγούμενου ερωτήματος που φέρει νουκλεοτίδιο τοποθετημένο κατά παράβαση του κανόνα συμπληρωματικότητας στην μη κωδική του αλυσίδα.

Κατά τη διαδικασία της μείωσης το γενετικό υλικό αντιγράφεται. Λόγω του ημισυντηρητικού μηχανισμού αντιγραφής, όταν χρησιμοποιηθεί η μη κωδική αλυσίδα ως καλούπι, απέναντι από το λάθος τοποθετημένο νουκλεοτίδιο της Α, θα τοποθετηθεί το νουκλεοτίδιο της Τ στην κωδική αλυσίδα του νέου μορίου που θα προκύψει.

Στη συνέχεια μέσω των διαδοχικών μειωτικών διαιρέσεων το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο θα καταλήξει σε έναν από τους τέσσερις γαμέτες που θα προκύψουν. Όλοι οι υπόλοιποι γαμέτες θα φέρουν φυσιολογικά αλληλόμορφα.

Συνεπώς το ποσοστό των γαμετών που θα φέρουν το μεταλλαγμένο αλληλόμορφο θα είναι **25%.**



Μεταλλαγμένο αλληλόμορφο:

5' ΤΤΑΑΤΓCCC**T**ΑΓCΑΤCAGGΑΤGΑCΑΤCCC 3'

3' ΑΑΤΤΑCGGG**A**ΤCΓΤΑGGΤCCTΑCΤGΤΑGGG 5'

Α. Παρατηρούμε ότι λόγω της μετάλλαξης το νέο αλληλόμορφο θα εμφανίζει πρόωρα κωδικόνιο λήξης 5' TGA 3' με αποτέλεσμα το πεπτίδιο που θα παράγεται από αυτό να μην είναι λειτουργικό όπως το φυσιολογικό.

Συνεπώς ο τρόπος κληρονόμησης του είναι υπολειπόμενος.

Δεδομένου ότι ο άντρας είναι ομόζυγος για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, αποκλείεται ο τρόπος κληρονόμησης να είναι φυλοσύνδετος.

Ο τρόπος κληρονόμησης του νέου αλληλομόρφου είναι **αυτοσωμικός υπολειπόμενος**.

Ε. Δεδομένου ότι στη διασταύρωση συμμετέχουν αποκλειστικά οι γαμέτες του άντρα που προκύπτουν από το ανωτέρω άωρο γεννητικό κύτταρο, η διασταύρωση θα είναι ως εξής:

Γαμέτες: ♂ A, A, A, α / ♀ A, α

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2026**

Β΄ ΦΑΣΗ

E_3.Βλ3Θ(α)

	A	A	A	α
A	AA	AA	AA	A α
α	A α	A α	A α	$\alpha\alpha$

Συνεπώς το ποσοστό των ασθενών απογόνων θα είναι **1/8**.