

 véο φροντιστήριο	<b>ΜΑΘΗΜΑ</b>	<b>ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ 2020</b>
	<b>ΤΑΞΗ</b>	
	<b>ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</b>	
	<b>ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ</b>	
	<b>ΔΙΑΡΚΕΙΑ</b>	

## ΘΕΜΑ Α

**A1. A, A2. B, A3. B, A4. Δ, A5. A**

## ΘΕΜΑ Β

**B1.** 1. Λάθος, 2. Σωστό, 3. Σωστό, 4. Σωστό, 5. Σωστό, 6. Σωστό

**B2.** Γνωρίζουμε ότι εναντίον των καρκινικών κυττάρων δρουν τα κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα. Τα κυτταροτοξικά Τ-λεμφοκύτταρα ωστόσο, μολύνονται από τον HIV και καταστρέφονται από αυτόν. Επιπλέον, η καταστροφή των βοηθητικών Τ-λεμφοκυττάρων από το συγκεκριμένο ιό δεν θα επέτρεπε την ενεργοποίηση των κυτταροτοξικών, καθώς από τα βοηθητικά ενεργοποιούνται. Το άτομο λοιπόν που έχει μολυνθεί από τον HIV στερείται, με τον έναν ή τον άλλο τρόπο, τη δράση των κυτταροτοξικών και κινδυνεύει από την εκδήλωση καρκίνου.

**B3.** Οι 4 τρόποι με τους οποίους οι μικροοργανισμοί συμβάλλουν στη διατήρηση της υγείας και της εύρυθμης λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού είναι:

- Λειτουργούν ως φυσιολογική μικροχλωρίδα παράγοντας χρήσιμες ουσίες που δεν μπορεί να συνθέσει ο οργανισμός από μόνος του (π.χ. σύνθεση της βιταμίνης K από το *E. coli* που συμβιώνει στο έντερο).
- Συμβάλλουν στην άμυνα του οργανισμού, όπως για παράδειγμα οι μικροοργανισμοί της επιφάνειας του δέρματος που ανταγωνίζονται τους παθογόνους και εμποδίζουν την εγκατάστασή τους σε αυτήν.
- Βακτήρια και μύκητες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αντιβιοτικών.
- Νεκροί ή εξασθενημένοι μικροοργανισμοί ή τμήματά τους χρησιμοποιούνται για την παρασκευή εμβολίων.

**B4.** Γενικά, τα ένζυμα της αντιγραφής δρουν ταυτόχρονα και με την ίδια ταχύτητα σε κάθε διχάλα αντιγραφής στη μια ή τις περισσότερες θηλιές αντιγραφής που θεωρούμε ότι δημιουργούνται ταυτόχρονα κατά μήκος του μορίου DNA που αντιγράφεται.

α) Αν υπάρχει ένα σημείο έναρξης της αντιγραφής στην αρχή του μορίου, θα σχηματιστεί μια διχάλα και θα χρησιμοποιηθούν σε αυτήν  $12 \times 10^8$  ζ.β., δηλ. το σύνολο των ζευγών βάσεων που απαρτίζουν το μόριο αυτό.

Σε 1 sec τοποθετούνται στη διχάλα  $4 \times 10^2$  ζ.β.

Σε x sec τοποθετούνται  $12 \times 10^8$  ζ.β.

Άρα:

$$x = 12 \times 10^8 / 4 \times 10^2 \Rightarrow x = 3 \times 10^6 \text{ sec}$$

β) Σε αυτήν την περίπτωση σχηματίζονται συνολικά δύο διχάλες, οπότε σε καθεμιά χρησιμοποιούνται  $6 \times 10^8$  ζ.β. δηλ. τα μισά ζεύγη από αυτά που απαιτούνται για την αντιγραφή ολόκληρου του μορίου.

Σε 1 sec τοποθετούνται στη διχάλα  $4 \times 10^2$  ζ.β.

Σε x sec τοποθετούνται  $6 \times 10^8$  ζ.β.

Άρα:

$$x = 6 \times 10^8 / 4 \times 10^2 \Rightarrow x = 1,5 \times 10^6 \text{ sec}$$

γ) Αν υπάρχουν τρία σημεία έναρξης της αντιγραφής κατά μήκος του μορίου, αυτό σημαίνει πως σχηματίζονται συνολικά 6 διχάλες αντιγραφής. Επομένως στην καθεμιά χρησιμοποιείται το 1/6 των ζευγών βάσεων που απαιτούνται για την αντιγραφή του μορίου.

Σε 1 sec τοποθετούνται στη διχάλα  $4 \times 10^2$  ζ.β.

Σε x sec τοποθετούνται  $2 \times 10^8$  ζ.β.

Άρα:

$$x = 2 \times 10^8 / 4 \times 10^2 \Rightarrow x = 0,5 \times 10^6 \text{ sec}$$

δ) Αν η αντιγραφή του μορίου ολοκληρώνεται σε 125 λεπτά ( $125 \times 60 = 7500 \text{ sec}$ ) και στο συνολικό αυτό χρόνο η αντιγραφή πραγματοποιείται σε Δ διχάλες τότε:

$7500 = 12 \times 10^8 / \Delta \times 4 \times 10^2 \Rightarrow 3 \times 10^6 \times \Delta = 12 \times 10^8 \Rightarrow \Delta = 12 \times 10^8 / 3 \times 10^6 \Rightarrow \Delta = 400$  κι επειδή κάθε θηλιά απαρτίζεται από δύο διχάλες και κάθε θηλιά σχηματίζεται σε μία θέση έναρξης της αντιγραφής, οι θέσεις έναρξης της αντιγραφής που έχει το μόριο αν η αντιγραφή ολοκληρώνεται ταυτόχρονα θα είναι:  $400 / 2 = 200$ .

## ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Αφού στο συγκεκριμένο οικοσύστημα ζουν συνολικά 100 καταναλωτές 3<sup>ης</sup> τάξης και καθένας από αυτούς έχει μέση βιομάζα 50kg, η συνολική βιομάζα του επιπέδου των καταναλωτών 3<sup>ης</sup> τάξης θα είναι:  $\text{Βκατ.3}^{\text{ης}} = 100 \times 50 = 5.000 \text{ kg}$ .

Σελ. 77 Σχολικού Βιβλίου Γενικής: «Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου.....που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί του και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του.»

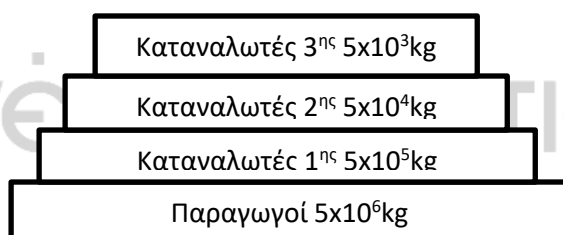
Δεδομένου πως, όπως για την ενέργεια έτσι και για τη βιομάζα, από τροφικό επίπεδο σε τροφικό επίπεδο περνά μόνο το 10% η βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Βκατ.2}^{\text{ης}} = 5.000 \times 10 = 5 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\text{Βκατ.1}^{\text{ης}} = 5 \times 10^4 \times 10 = 5 \times 10^5 \text{ kg}$$

$$\text{Βπαραγ.} = 5 \times 10^5 \times 10 = 5 \times 10^6 \text{ kg}$$

Η πυραμίδα βιομάζας του οικοσυστήματος θα έχει την εξής μορφή:



Γνωρίζοντας τη μέση βιομάζα καθενός από τους οργανισμούς κάθε επιπέδου, καθώς και τη βιομάζα κάθε επιπέδου, μπορούμε να υπολογίσουμε τον πληθυσμό κάθε επιπέδου ξεχωριστά:

$$\text{Πληθυσμός παραγωγών} = 5 \times 10^6 \text{ kg} / 10^3 \text{ kg} = 5.000 \text{ άτομα}$$

$$\text{Πληθυσμός καταναλωτών 1}^{\text{ης}} \text{ τάξης} = 5 \times 10^5 \text{ kg} / 10 \text{ kg} = 50.000 \text{ άτομα}$$

$$\text{Πληθυσμός καταναλωτών 2}^{\text{ης}} \text{ τάξης} = 5 \times 10^4 \text{ kg} / 25 \text{ kg} = 2.000 \text{ άτομα}$$

$$\text{Πληθυσμός καταναλωτών 3}^{\text{ης}} \text{ τάξης} = 100 \text{ άτομα}$$

Με βάση τα παραπάνω, η πυραμίδα πληθυσμού του οικοσυστήματος θα έχει την εξής μορφή:



δεδομένου ότι το κωδικόνιο λήξης δεν αντιστοιχεί σε αμινοξύ, ο αριθμός των αμινοξέων που κωδικοποιούνται συνολικά από το παραπάνω mRNA θα είναι 53.

στ) Η μεγάλη ριβοσωμική υπομονάδα διαθέτει δύο θέσεις εισδοχής tRNA. Κατά τη διάρκεια της μετάφρασης ενός μορίου mRNA και την επιμήκυνση της πρωτεϊνικής αλυσίδας, από την πρώτη θέση εισδοχής απομακρύνεται ένα tRNA και στη δεύτερη πάντα εισέρχεται το επόμενο. Επομένως, στο εσωτερικό του ριβοσώματος που μεταφράζει το συγκεκριμένο mRNA και τη στιγμή που εισέρχεται στη μεγάλη υπομονάδα του το παραπάνω tRNA εντοπίζονται το 28<sup>ο</sup> και το 29<sup>ο</sup> tRNA. Κατά συνέπεια το 28<sup>ο</sup> και 29<sup>ο</sup> κωδικόνιο εντοπίζονται αντίστοιχα στο εσωτερικό του ριβοσώματος.

**Γ3.** Μια γονιδιωματική βιβλιοθήκη αποτελεί το σύνολο των βακτηριακών κλώνων που περιέχουν το ολικό γονιδίωμα ενός οργανισμού δότη. Ο κλώνος που επιλέχθηκε περιέχει συγκεκριμένο ασυνεχές ευκαρυωτικό γονίδιο το οποίο εκφράζεται σε κατάλληλες συνθήκες καλλιέργειας. Το γεγονός ότι δεν παράγεται η αναμενόμενη λειτουργική πρωτεΐνη οφείλεται στους εξής τρεις λόγους:

- Το γονίδιο, ως ασυνεχές, περιέχει και εσώνια και επομένως, κατόπιν της μεταγραφής του, πρέπει να ακολουθήσει η ωρίμανση του πρόδρομου mRNA. Ένα βακτηριακό κύτταρο, ως προκαρυωτικό, δεν διαθέτει μηχανισμούς ωρίμανσης του mRNA, οπότε η διαδικασία αυτή δεν θα πραγματοποιηθεί και το mRNA που θα μεταφραστεί δεν θα περιέχει την πληροφορία της «σωστής» πρωτεΐνης του εν λόγω ευκαρυωτικού γονιδίου.
- Συχνά, οι πρωτεΐνες των ευκαρυωτικών κυττάρων, προκειμένου να γίνουν βιολογικά λειτουργικές, πρέπει να δεχτούν κάποια μετα-μεταφραστική τροποποίηση. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα λοιπόν διαθέτουν τους αντίστοιχους μηχανισμούς, όχι όμως και τα προκαρυωτικά σαν το βακτηριακό από το οποίο επιχειρείται η παραγωγή της συγκεκριμένης λειτουργικής πρωτεΐνης. Άρα, ακόμα και αν επιτευχθεί η μετάφραση και η παραγωγή του αρχικού πολυπεπτιδίου, αυτό δεν θα φτάσει ποτέ στο στάδιο του να θεωρείται μια λειτουργική πρωτεΐνη.
- Ένας ακόμη λόγος που είναι δυνατόν να παραχθεί τελικά από τα βακτήρια του κλώνου μια μη λειτουργική πρωτεΐνη είναι η πιθανή αντίστροφη ενσωμάτωση του γονιδίου με τρόπο τέτοιο ώστε ο νέος προσανατολισμός του να οδηγεί στην πιθανή παραγωγή ενός διαφορετικού πεπτιδίου.

**Γ4.** α) Παράγοντες που μπορούν να καταστρέψουν τα νευρικά κύτταρα είναι: ο ιός της πολιομυελίτιδας, ο ιός HIV που ευθύνεται για το AIDS και το αλκοόλ.

β) Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων είναι: τα ναρκωτικά και η αυξημένη συγκέντρωση της φαινυλαλανίνης στο αίμα (υπεύθυνη για την εμφάνιση της PKU).

## ΘΕΜΑ Δ

**Δ1.** Όταν το φυσιολογικό γονίδιο της β-αλυσίδας της αιμοσφαιρίνης επωάζεται με συγκεκριμένη περιοριστική ενδονουκλεάση, τέμνεται σε 5 σημεία (θέσεις αναγνώρισης) και έτσι προκύπτουν 6 τμήματα με διαφορετικά μήκη (σε ζεύγη βάσεων) και διαφορετική αλληλουχία νουκλεοτιδίων.

*\*Το γονίδιο θεωρείται γραμμικό δίκλωνο μόριο, ως τμήμα του DNA.*

Αντιθέτως, όταν το μεταλλαγμένο γονίδιο β<sup>s</sup> (υπεύθυνο για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία) επωαστεί με την ίδια ενδονουκλεάση, τέμνεται σε 4 σημεία, καθώς η μετάλλαξη καταργεί τη μια από τις θέσεις αναγνώρισής του. Έτσι προκύπτουν 5 τμήματα (1200, 1200, 400, 100, 1000 ζ.β. με το πρώτο να προκύπτει από την ένωση των τμημάτων με 700 και 500 ζ.β. που θα προέκυπταν αν δεν υπήρχε η μετάλλαξη). Τα τμήματα αυτά προφανώς αποτελούν 5 διαφορετικές αλληλουχίες, αλλά 4 διαφορετικά μήκη, αφού 2 από αυτά διαθέτουν 1200 ζ.β.

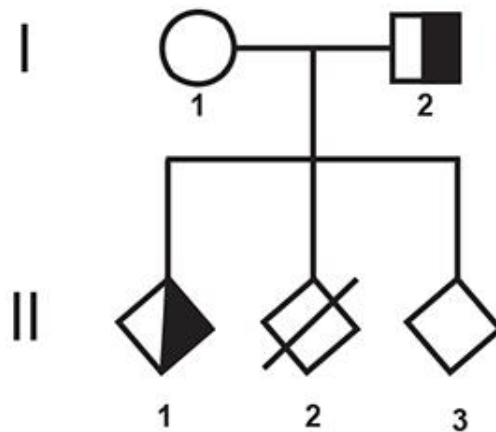
Σύμφωνα με τα παραπάνω και χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα προκύπτουν τα ακόλουθα: Στη μητέρα εντοπίζονται 6 διαφορετικά μήκη (700, 500, 1200, 400, 100, 1000 ζ.β.) και 6 διαφορετικές αλληλουχίες. Συνεπώς η μητέρα φέρει μόνο το φυσιολογικό αλληλόμορφο σε ομόζυγη κατάσταση. Στον πατέρα εντοπίζονται 6 διαφορετικά μήκη (700, 500, 1200, 400, 100, 1000 ζ.β.) και 7 διαφορετικές αλληλουχίες. Αυτό σημαίνει πως στον πατέρα εντοπίζεται και το  $\beta^s$  οπότε το τμήμα των 1200ζ.β. (από 700 + 500ζ.β.), αν και επαναλαμβάνεται σαν μήκος, διαφέρει σε αλληλουχία από το ήδη υπάρχον τμήμα των 1200ζ.β. Συνεπώς ο πατέρας θα είναι ετερόζυγος.

Για το 1<sup>ο</sup> έμβρυο η κατάσταση είναι όμοια με εκείνη του πατέρα, οπότε και αυτό θα είναι ετερόζυγο.

Για το 3<sup>ο</sup> έμβρυο η κατάσταση είναι όμοια με εκείνη της μητέρας, οπότε θα είναι ομόζυγο.

Το 2<sup>ο</sup> έμβρυο οδηγήθηκε σε αποβολή. Διαθέτει 4 διαφορετικά μήκη (1200, 1200, 400, 100, 1000ζ.β.) και 5 διαφορετικές αλληλουχίες, καθώς, αν και διαθέτει – εκτός των άλλων - 2 ισομήκη τμήματα των 1200ζ.β. αυτά διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την αλληλουχία τους. Συνεπώς φέρει μόνο το  $\beta^s$ .

α) Με βάση τα παραπάνω, το γενεαλογικό δέντρο της συγκεκριμένης οικογένειας θα ήταν:



$\beta$ ) Έστω  $\beta$ : φυσιολογικό αλληλόμορφο σύνθεσης  $\beta$ -αλυσίδων αιμοσφαιρίνης  
 $\beta^s$ : μεταλλαγμένο αλληλόμορφο υπεύθυνο για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία

Γονότυποι ατόμων οικογένειας:

Μητέρα:  $\beta\beta$

Πατέρας:  $\beta\beta^s$

1<sup>ο</sup> έμβρυο:  $\beta\beta^s$

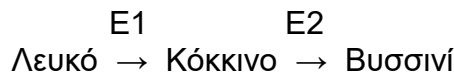
2<sup>ο</sup> έμβρυο:  $\beta^s_-$

3<sup>ο</sup> έμβρυο:  $\beta\beta$

γ) Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, το 2<sup>ο</sup> έμβρυο διαθέτει το μεταλλαγμένο  $\beta^s$  και μόνο αυτό. Επιπλέον, προκύπτει από διασταύρωση μιας ομόζυγης μητέρας ( $\beta\beta$ ) με έναν ετερόζυγο πατέρα ( $\beta\beta^s$ ) και είναι γνωστό ότι δεν καταφέρνει να γεννηθεί, αλλά αντίθετα αποβάλλεται. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως πρόκειται για μονοσωμία, δεδομένου ότι φέρει μόνο το  $\beta^s$  και δεν επιβιώνει, αφού η μοναδική μονοσωμία που επιβιώνει στον άνθρωπο είναι το σύνδρομο Turner (το οποίο αφορά το φυλετικό ζεύγος χρωμοσωμάτων)

**Δ2. Ιδιότητα:** χρώμα άνθους σε είδος φυτού.

Με δεδομένο ότι η μεταβολική οδός που εμπλέκει και τις τρεις χρωστικές καταλύεται από 2 διαφορετικά ένζυμα (έστω ένζυμο E1 και ένζυμο E2) ισχύουν τα ακόλουθα:



Η παραπάνω μεταβολική οδός προϋποθέτει πως για τη σύνθεση της κόκκινης χρωστικής απαιτείται η δράση του ενζύμου E1 και για τη σύνθεση της βυσσιλί χρωστικής απαιτείται η δράση του ενζύμου E2.

Έστω τα αλληλόμορφα: A: σύνθεση ενζύμου E1, α: μη σύνθεση ενζύμου E1

B: σύνθεση ενζύμου E2, β: μη σύνθεση ενζύμου E2

όπου: A > α και B > β

Διασταυρώθηκαν δύο φυτά με βυσσιλί άνθη και η Φ.Α. των απογόνων είναι:

3 βυσσιλί : 1 κόκκινο : 1 λευκό

Συνεπώς στα φυτά της P με τα βυσσιλί άνθη πρέπει να παράγονται και τα δύο ένζυμα (A\_B\_), αλλά στους απογόνους υπάρχουν τόσο άτομα στα οποία δεν παράγεται το E1 (ααB\_), δηλ. με λευκό χρώμα, όσο και άτομα στα οποία δεν παράγεται το ένζυμο E2 (A\_ββ), δηλ. με κόκκινο χρώμα.

Οπότε:

P: AαBβ x AαBβ

Γαμέτες: AB, Aβ, αB, αβ // AB, Aβ, αB, αβ

F:

	AB	Aβ	αB	αβ
AB	AABB	AABβ	AαBB	AαBβ
Aβ	AABβ	AAββ	AαBβ	Aαββ
αB	AαBB	AαBβ	ααBB	ααBβ
αβ	AαBβ	Aαββ	ααBβ	ααββ

Φαινοτυπική Αναλογία απογόνων: 9 βυσσιλί : 4 λευκό : 3 κόκκινο

Η παραπάνω Φ.Α. επιβεβαιώνει την αρχική αναλογία των απογόνων, οπότε και τα συμπεράσματά μας για τον τρόπο κληρονομής της συγκεκριμένης χρωστικής.

**Δ3.** Η μερική αχρωματοψία αποτελεί διαταραχή της όρασης και χαρακτηρίζεται από αδυναμία αντίληψης του πράσινου και του κόκκινου χρώματος.

Η αιμορροφιλία A αποτελεί διαταραχή της πήξης του αίματος και χαρακτηρίζεται από έλλειψη της αντισταθμιστικής πρωτεΐνης παράγοντας VIII.

Και οι δύο διαταραχές οφείλονται σε φυλοσύνδετα υπολειπόμενα αλληλόμορφα γονίδια. Έστω:

X<sup>Δ</sup>: κανονική αντίληψη χρωμάτων

X<sup>δ</sup>: μερική αχρωματοψία

όπου X<sup>Δ</sup> > X<sup>δ</sup>

X<sup>A</sup>: φυσιολογική πήξη αίματος

X<sup>a</sup>: αιμορροφιλία A

όπου X<sup>A</sup> > X<sup>a</sup>

Τα δύο γονίδια είναι συνδεδεμένα, δηλ. εντοπίζονται σε συγκεκριμένο τμήμα του X φυλετικού χρωμοσώματος.

Ο άνδρας I πάσχει και από τις δύο διαταραχές, οπότε στο X φυλετικό του χρωμόσωμα εντοπίζονται τα αλληλόμορφα δ και α σε διαφορετικές φυσικά γενετικές θέσεις.

Η γυναίκα II, με την οποία αποκτά τα δύο παιδιά, είναι υγιής, οπότε φέρει σίγουρα, τουλάχιστον μία φορά, τα αλληλόμορφα Δ και A.

Με δεδομένο ότι το ζευγάρι αποκτά ένα υγιές κορίτσι κι ένα αγόρι που πάσχει και από τις δύο διαταραχές, συμπεραίνουμε ότι η υγιής γυναίκα II είναι ετερόζυγη και για τις δύο διαταραχές. Επιπλέον, η τοποθέτηση των αλληλόμορφων στο XX φυλετικό ζεύγος της γυναίκας II είναι τέτοια,

ώστε τα αλληλόμορφα A και Δ εντοπίζονται στο ίδιο X φυλετικό χρωμόσωμα και ομοίως στο ομόλογό του εντοπίζονται τα αλληλόμορφα a και δ.

Με βάση τα παραπάνω, το υγιές κορίτσι έλαβε από τη μητέρα το X φυλετικό χρωμόσωμα με τα αλληλόμορφα A και Δ και από τον πατέρα το X φυλετικό χρωμόσωμα με τα αλληλόμορφα a και δ. Επομένως, είναι ετερόζυγη και για τις δύο διαταραχές και υγιής.

Το αγόρι με τις δύο διαταραχές έλαβε από τη μητέρα το X φυλετικό χρωμόσωμα με τα αλληλόμορφα a και δ και το Y φυλετικό χρωμόσωμα από τον πατέρα. Επομένως, πάσχει και από μερική αχρωματοψία και από αιμορροφιλία A.

Η διασταύρωση μεταξύ του άνδρα I και της γυναίκας II, από την οποία προκύπτουν οι παραπάνω απόγονοι θα είχε ως εξής:

P:  $X^{\delta a}Y$  x  $X^{\Delta A}X^{\delta a}$

Γαμέτες:  $X^{\delta a}$ , Y //  $X^{\Delta A}$ ,  $X^{\delta a}$

$\begin{matrix} \text{♂} \\ \diagdown \\ \text{♀} \end{matrix}$	$X^{\delta a}$	Y
$X^{\Delta A}$	$X^{\Delta A}X^{\delta a}$	$X^{\Delta A}Y$
$X^{\delta a}$	$X^{\delta a}X^{\delta a}$	$X^{\delta a}Y$

Το ίδιο ζευγάρι αποκτά ένα τρίτο παιδί που είναι αγόρι και πάσχει μόνο από αιμορροφιλία A. Εκ πρώτης όψεως αυτό φαίνεται παράδοξο.... Ωστόσο, από την εκφώνηση είναι γνωστό πως κατά το σχηματισμό των γαμετών της μητέρας συνέβη κάποια χρωμοσωμική μετάλλαξη, η οποία και δικαιολογεί τη γέννηση αυτού του παιδιού.

Είναι πιθανό λοιπόν, κατά τη μείωση της μητέρας να συνέβη έλλειψη χρωμοσωμικού τμήματος (δομική χρωμοσωμική ανωμαλία) στο X φυλετικό της χρωμόσωμα που φέρει τα αλληλόμορφα A και Δ. Συγκεκριμένα, το τμήμα που «χάνεται» με την έλλειψη είναι αυτό που φέρει το αλληλόμορφο A. Έτσι, το αγόρι που έλαβε αυτό το χρωμόσωμα από τη μητέρα και φυσικά το Y φυλετικό από τον πατέρα, δεν διαθέτει πλέον το αλληλόμορφο A, η έλλειψη του οποίου οδηγεί το άτομο σε αδυναμία σύνθεσης της αντιαιμορροφιλικής πρωτεΐνης παράγοντας VIII και άρα σε αιμορροφιλία A.

**Δ4.** Y → μοριακό άζωτο ( $N_2$ )

Z → νιτρικά ιόντα

X → γλυκόζη (ή οργανικές ενώσεις)