

Ενδεικτικές απαντήσεις στα θέματα προσομοίωσης
στη Βιολογία Προσανατολισμού Γ' Λυκείου

Θέμα Α

A1. Σε ένα ανθρώπινο ωάριο υπάρχουν:

α) δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA. (Μονάδες 5)

→ Τα ανθρώπινα ωάρια περιέχουν κυκλικά μόρια **μιτοχονδριακού DNA**.

A2. Σε έλλειψη ενζύμων στον ανθρώπινο οργανισμό οφείλονται:

δ) η ανεπάρκεια του ανοσοποιητικού συστήματος και ο αλφισμός. (Μονάδες 5)

→ Η α-θαλασσαιμία και το ρετινοβλάστωμα σχετίζονται με **ελλείψεις γονιδίων**, ενώ το σύνδρομο *cri-du-chat* οφείλεται σε **έλλειψη χρωμοσωμικού τμήματος**.

A3. Ραδιενεργό θείο ^{35}S και ραδιενεργός φώσφορος ^{32}P είναι δυνατόν να ενσωματωθούν αντίστοιχα:

δ) σε ένα μονοκλωνικό αντίσωμα και στον υποκινητή ενός γονιδίου.

(Μονάδες 5)

→ Το θείο ενσωματώνεται σε **πρωτεΐνες** και το αντίσωμα είναι **πρωτεΐνη**, ενώ ο φώσφορος ενσωματώνεται σε **νουκλεοτίδια** και ο υποκινητής είναι **τμήμα DNA**.

A4.

i. Ο 3'-5' φωσφοδιεστερικός δεσμός είναι ομοιοπολικός και δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου αμινοξέος και της φωσφορικής ομάδας του 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου αμινοξέος.

Λάθος (ο Φ.Δ. δε σχηματίζεται μεταξύ αμινοξέων, αλλά μεταξύ **νουκλεοτιδίων**).

ii. Το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens* έχει το χαρακτηριστικό πλασμίδιο Ti και παράγει μια ισχυρή τοξίνη δραστική ενάντια στα έντομα.

Λάθος (το βακτήριο *Bacillus thuringiensis* παράγει αυτήν την ισχυρή τοξίνη).

iii. Δύο μόρια tRNA με διαφορετικά αντικωδικόνια είναι δυνατόν να μεταφέρουν στα ριβοσώματα το ίδιο αμινοξύ.

Σωστό (είναι αποτέλεσμα του εκφυλισμού του κώδικα = **συνώνυμα** κωδικόνια)

iv. Στον καρυότυπο ατόμων με τρισωμία 18 ή σύνδρομο Klinefelter υπάρχει ένα επιπλέον αυτοσωμικό χρωμόσωμα σε σχέση με το φυσιολογικό αριθμό.

Λάθος (το σύνδρομο Klinefelter είναι **φυλετική** τρισωμία).

v. Η γονιδιακή θεραπεία στοχεύει στη διόρθωση μιας γενετικής βλάβης με την αντικατάσταση του μεταλλαγμένου αλληλομόρφου σε ορισμένα μόνο σωματικά κύτταρα του ασθενή.

Λάθος (η θεραπεία στοχεύει στην **εισαγωγή** του φυσιολογικού αλληλομόρφου).

vi. Οι ανιχνευτές είναι ιχνηθετημένες μονόκλωνες αλυσίδες DNA ή RNA, που υβριδοποιούν συγκεκριμένα αποδιαταγμένα τμήματα DNA μιας βιβλιοθήκης.

Σωστό

vii. Οι ιντερφερόνες είναι πρωτεΐνες που παράγονται από ιούς.

Λάθος (οι ιντερφερόνες παράγονται από κύτταρα που έχουν μολυνθεί από ιούς).

viii. Η ζύμωση είναι η διαδικασία της ανάπτυξης μικροοργανισμών σε υγρό ή στερεό θρεπτικό υλικό υπό οποιεσδήποτε συνθήκες (αερόβιες ή αναερόβιες).

Λάθος (η ζύμωση είναι διαδικασία ανάπτυξης μόνο σε **υγρό** θρεπτικό υλικό).

ix. Σε έναν ενήλικα άνθρωπο που πάσχει από α-θαλασσαιμία παρατηρείται ελαττωμένη σύνθεση μόνο της HbA αιμοσφαιρίνης.

Λάθος (η α-θαλασσαιμία οφείλεται σε ελλείψεις του γονιδίου που κωδικοποιεί την α πολυπεπτιδική αλυσίδα, η οποία όμως αποτελεί κοινό συστατικό όλων των αιμοσφαιρινών, οπότε επηρεάζονται και τα επίπεδα των HbA₂ και HbF).

χ. Ένα πρόδρομο ερυθρό αιμοσφαίριο και ένα Β-λεμφοκύτταρο του ίδιου οργανισμού περιέχουν ίδια γονίδια, αλλά παράγουν διαφορετικές πρωτεΐνες.

Σωστό (τα κύτταρα του ίδιου οργανισμού έχουν τα ίδια γονίδια, εξαιτίας των πολλαπλών μιτωτικών διαιρέσεων του αρχικού ζυγωτού, όμως εκφράζουν μόνο συγκεκριμένα γονίδια για να παράξουν διαφορετικές πρωτεΐνες στο πλαίσιο της γονιδιακής ρύθμισης και της κυτταρικής διαφοροποίησης).

(10 x 1 = Μονάδες 10)

Θέμα Β

B1. ✓ Απομόνωση του ανθρώπινου γονιδίου, που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη α1-αντιθρυψίνη, από ηπατικά κύτταρα, στα οποία εκφράζεται. (Μονάδα 1)

✓ Μικροέγχυση του γονιδίου στον πυρήνα ενός γονιμοποιημένου ωαρίου του ζώου. (Μονάδα 1) Το γονίδιο ενσωματώνεται σε κάποιο χρωμόσωμα.

✓ Τοποθέτηση του γενετικά τροποποιημένου ζυγωτού στη μήτρα ενήλικου ζώου για κυοφορία. (Μονάδα 1) Γέννηση του διαγονιδιακού ζώου.

✓ Διασταυρώσεις με σκοπό να περάσει η τροποποιημένη γενετική πληροφορία στους απογόνους. (Μονάδα 1)

✓ Παραγωγή, απομόνωση και καθαρισμός της φαρμακευτικής πρωτεΐνης.
(Μονάδα 1)

B2. ✓ Τα πρωτο-ογκογονίδια έχουν ρόλο στη φυσιολογική λειτουργία του κυττάρου, ενεργοποιώντας τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό, σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητο, όπως στην επούλωση τραυμάτων. (Μονάδες 2)

✓ Διάφορα είδη μεταλλάξεων, που μπορεί να προκληθούν από μεταλλαξογόνους παράγοντες, μετατρέπουν τα πρωτο-ογκογονίδια σε ογκογονίδια. (Μονάδα 1)

✓ Τα ογκογονίδια υπερλειτουργούν και οδηγούν το κύτταρο σε ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό και δημιουργία καρκίνου. (Μονάδα 1)

✓ Η μετατροπή ενός πρωτο-ογκογονιδίου σε ογκογονίδιο μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μιας γονιδιακής μετάλλαξης ή μιας χρωμοσωμικής ανωμαλίας, συνηθέστερα μετατόπισης. (Μονάδες 2)

B3. ✓ Το οπερόνιο της λακτόζης αποτελείται κατά σειρά από ένα ρυθμιστικό γονίδιο, έναν υποκινητή, έναν χειριστή και τρία δομικά γονίδια. (Μονάδα 1)

✓ *i.* παρουσία γλυκόζης = 1 mRNA και 1 πρωτεΐνη. (Μονάδα 1)

✓ παρουσία γλυκόζης → το οπερόνιο είναι σε καταστολή → το ρυθμιστικό γονίδιο μεταγράφεται (1 mRNA), παράγοντας τον καταστολέα (1 πρωτεΐνη). (Μονάδα 1)

✓ *ii.* απουσία γλυκόζης και παρουσία λακτόζης = 2 mRNA και 4 πρωτεΐνες. (Μονάδα 1)

✓ απουσία γλυκόζης & παρουσία λακτόζης → το οπερόνιο είναι ενεργοποιημένο → το ρυθμιστικό γονίδιο συνεχίζει να μεταγράφεται (1 mRNA), παράγοντας τον καταστολέα (1 πρωτεΐνη) / τα τρία δομικά γονίδια μεταγράφονται (1 κοινό mRNA), παράγοντας τρία διαφορετικά ένζυμα (3 πρωτεΐνες) = συνολικά 2 mRNA και 4 πρωτεΐνες. (Μονάδες 2)

B4. ✓ Αντίστροφη μεταγραφάση (Μονάδα 1) → σύνθεση μονόκλωνου μορίου cDNA με καλούπι το ώριμο mRNA. (Μονάδα 1)

✓ DNA πολυμεράση (Μονάδα 1) → σύνθεση του δίκλωνου μορίου DNA με καλούπι το μονόκλωνο cDNA. (Μονάδα 1)

✓ Περιοριστική ενδονουκλεάση (Μονάδα 1) → «άνοιγμα» του φορέα κλωνοποίησης π.χ. ενός πλασμιδίου. (Μονάδα 1)

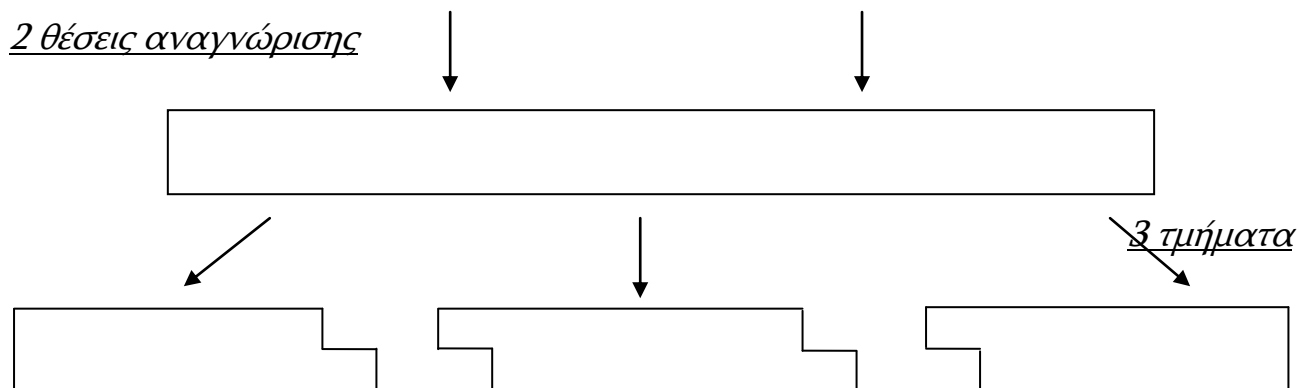
✓ DNA δεσμάση (Μονάδα 1) → ενσωμάτωση του δίκλωνου DNA του δότη στο φορέα κλωνοποίησης (δημιουργία ανασυνδυασμένου DNA). (Μονάδα 1)

Θέμα Γ

Γ1. ✓ Τα ινίδια χρωματίνης είναι δίκλωνα γραμμικά μόρια DNA. (Μονάδα 1)

✓ Με βάση την αλληλουχία αναγνώρισης της ενδονουκλεάσης HindIII, κάθε φορά που δρα το ένζυμο διασπώνται 2 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί μεταξύ των νουκλεοτιδίων με αδενίνη και 10 δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των εσωτερικών συμπληρωματικών ζευγών -AAGCTT-
-TTCGAA- (Μονάδα 1)

Έστω ένα δίκλωνο γραμμικό μόριο DNA με δύο θέσεις αναγνώρισης για μια περιοριστική ενδονουκλεάση.



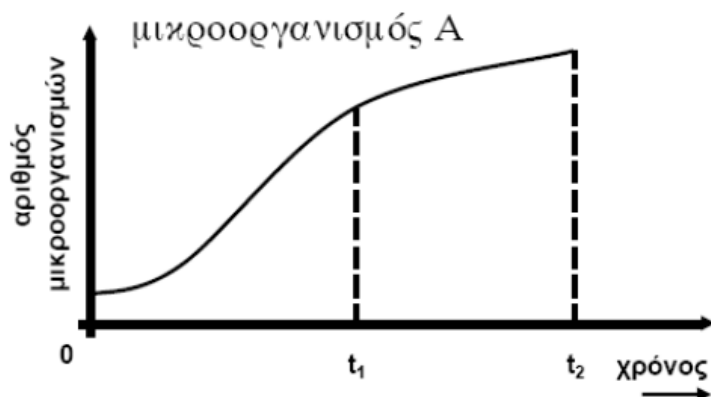
✓ Επομένως, σε δίκλωνα γραμμικά μόρια, αν είναι x οι θέσεις αναγνώρισης, προκύπτουν x + 1 κομμάτια. (Μονάδα 1) Προέκυψαν ν κομμάτια, οπότε ισχύει:

$$x + 1 = \nu \Rightarrow x = \nu - 1 \text{ (όπου } x = \text{οι θέσεις αναγνώρισης)}$$

Οι δεσμοί που διασπάστηκαν στο μόριο εξαρτώνται από τον αριθμό των θέσεων αναγνώρισης και είναι ίσοι με $2(\nu - 1) + 10(\nu - 1) = 12(\nu - 1)$ (Μονάδα 1)

✓ Από τα κομμάτια που προέκυψαν, κατάλληλα για ανασυνδυασμό είναι όσα έχουν μονόκλωνα άκρα και στις δύο πλευρές τους, ώστε να μπορέσουν να ενσωματωθούν σε κάποιο φορέα κλωνοποίησης, που έχει κοπεί με την ίδια περιοριστική ενδονουκλεάση. (Μονάδα 1)

✓ Σύμφωνα με το σχήμα, τα δύο ακραία τμήματα φέρουν μόνο στο ένα άκρο τους μονόκλωνα αλληλουχίες και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για ανασυνδυασμό. Επομένως, κατάλληλα είναι τα $\nu - 2$ κομμάτια. (Μονάδα 1)



Γ2. ✓ Από τη μελέτη του διαγράμματος, προκύπτει ότι το συγκεκριμένο είδος βακτηρίου είναι προαιρετικά αερόβιος μικροοργανισμός. (Μονάδες 2)

✓ Είναι φανερό ότι μπορεί να αναπτύσσεται τόσο σε υψηλή όσο και σε χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, μόνο που όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι υψηλή αναπτύσσεται με ταχύτερο ρυθμό. (Μονάδες 2)

→ Αν το βακτήριο ήταν υποχρεωτικά αερόβιο, τότε μετά τη χρονική στιγμή t_1 (μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου), η καμπύλη δε θα παρουσίαζε αύξηση, αλλά αντίθετα κάμψη και ο πληθυσμός θα έτεινε προς εξαφάνιση.

Γ3. ✓ Ο υποκινητής βρίσκεται πριν από την αρχή κάθε γονιδίου. (Μονάδα 1)

✓ Η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή με τη βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων και αφού προκαλέσει τοπικό ξετύλιγμα των δύο αλυσίδων του γονιδίου, συνθέτει το mRNA με προσανατολισμό 5' → 3'. (Μονάδα 1)

✓ Ο υποκινητής αυτού του γονιδίου βρίσκεται στο δεξί άκρο της αλληλουχίας, όπως αυτή δίνεται, συνεπώς η RNA πολυμεράση θα μεταγράψει την αλληλουχία από τα δεξιά προς τα αριστερά. (Μονάδα 1)

... ΑΤΑΑΤΤΑΓCΤGAΑΤΤCΑΑΤΑΤGACACACCGTGCGTCΑΤΑΓΤΑ**ΑΑΑΤΑΤ** ...
 ... ΤΑΤΤΑΑΤCΓΑCΤΤΑΑΓΤΤΑΤCΑΤGΤGTGGCACGCAGΤΑΤCΑΤ**ΤΤΤΑΤΑ** ...
 3' ←————— 5'

✓ Το mRNA είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με τη μη κωδική αλυσίδα, που είναι συμπληρωματική και αντιπαράλληλη της κωδικής αλυσίδας.
(Μονάδα 1)

✓ Η εύρεση της κωδικής αλυσίδας γίνεται μέσω:

• του εντοπισμού του κωδικονίου έναρξης ATG κοντά στο 5' άκρο,

• του «διαβάσματος» της δοθείσας αλληλουχίας με βήμα τριπλέτας, χωρίς επικαλύψεις νουκλεοτιδίων και χωρίς να παραλείπεται κάποια βάση (συνεχώς),

• του εντοπισμού ενός εκ των κωδικονίων λήξης TGA, TAG ή TAA κοντά στο 3' άκρο. (Μονάδες 3)

→ Πρόκειται για βακτηριακό DNA, άρα δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν εσώνια.

✓ Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, η κάτω αλυσίδα είναι η κωδική, (Μονάδα 1)
ενώ τα άκρα του συγκεκριμένου τμήματος DNA έχουν ως εξής:

5'... ΑΤΑΑΤΤΑΓCΤGΑΑΤΤCΑ ΑΤΑ TGA CAC ACC GTG CGT CATAGTAA**ΑΑΤΑΤ** ...3'
3'... ΤΑΤΤΑΑΤCΓΑCΤΤΑ**ΑGΤ**|ΤΑΤ|CΑΤ|GΤG|ΤGΓ|CΑC|GCA|**GΤΑΤCΑΤΤΤΤΑΤΑ** ...5'
3' ← 5'

(Μονάδα 1)

Γ4. ✓ Η in vitro αντιγραφή του DNA στην PCR ακολουθεί το εξής πρότυπο:

	Αρχικά	1 ^η αντιγραφή	2 ^η αντιγραφή	3 ^η αντιγραφή	ν ^η αντιγραφή
Μόρια DNA	1	2=2 ¹	4=2 ²	8=2 ³	2 ^ν

(Μονάδα 1)

✓ Σύμφωνα με τα παραπάνω, μετά από 5 κύκλους αντιγραφής θα υπάρχουν συνολικά 2⁵= 32 αντίγραφα του γονιδίου, που όμως δεν αρκούν στον ερευνητή που χρειάζεται τουλάχιστον 60 αντίγραφα. Επομένως, είναι υποχρεωμένος να αφήσει να ολοκληρωθεί και ο 6^{ος} κύκλος αντιγραφής. (Μονάδα 1)

✓ Με δεδομένο ότι η αντιγραφή του γονιδίου διαρκεί 7 λεπτά, προκύπτει ότι οι 6 κύκλοι αντιγραφής απαιτούν συνολικά 42 λεπτά. (Μονάδα 1)

✓ Μετά από 6 κύκλους αντιγραφής θα υπάρχουν συνολικά $2^6 = 64$ δίκλωνα μόρια DNA. (Μονάδα 1) Στα δίκλωνα γραμμικά γονίδια αναπτύσσονται:

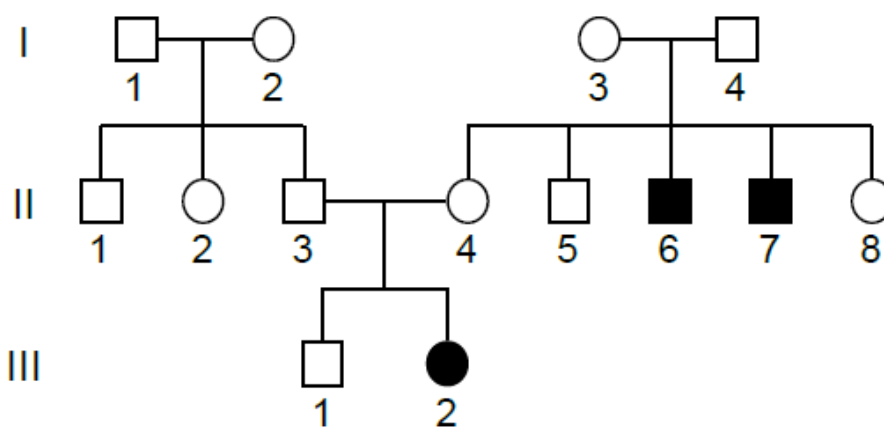
$n - 2$ φωσφοδιεστερικοί δεσμοί (όπου n = το σύνολο των νουκλεοτιδίων)

(Μονάδα 1)

✓ Από τα 64 δίκλωνα μόρια DNA, το ένα είναι το αρχικό μόριο που ξεκίνησε τη διαδικασία, οπότε τα νέα μόρια που σχηματίστηκαν είναι 63. Επομένως, ο συνολικός αριθμός φωσφοδιεστερικών δεσμών που θα έχουν σχηματιστεί με την ολοκλήρωση της διαδικασίας είναι $63(n - 2) = 63(500 - 2) = 31.374$ (Μονάδα 1)

→ Στον υπολογισμό των συνολικών φωσφοδιεστερικών δεσμών υπολογίζονται όλα τα νέα μόρια και όχι μόνο όσα χρειάζεται ο ερευνητής.

Θέμα Δ



Δ1. ✓ Η μερική αχρωματοψία στο πράσινο και στο κόκκινο χρώμα οφείλεται σε φυλοσύνδετο υπολειπόμενο αλληλόμορφο. (Μονάδα 1)

Έστω,

X^A , φυλοσύνδετο αλληλόμορφο, υπεύθυνο για τη φυσιολογική όραση, επικρατές

X^a , φυλοσύνδετο αλληλόμορφο, υπεύθυνο για τη μερική αχρωματοψία στο πράσινο και στο κόκκινο χρώμα, υπολειπόμενο

$X^A Y$ αρσενικά φυσιολογικά, $X^a Y$ αρσενικά που πάσχουν από αχρωματοψία
 $X^A X^A$, $X^A X^a$ θηλυκά φυσιολογικά, $X^a X^a$ θηλυκά που πάσχουν από αχρωματοψία

✓ Ο πατέρας της γυναίκας III2 έχει γονότυπο X^AY , αφού έχει φυσιολογική όραση. Η γυναίκα III2 θα έπρεπε να είναι και αυτή υγιής, κληρονομώντας το X^A αλληλόμορφο από τον πατέρα της. Σύμφωνα όμως με το γενεαλογικό δένδρο, η γυναίκα αυτή έχει μερική αχρωματοψία. (Μονάδα 1)

✓ Επομένως, το στείρο άτομο με το μη φυσιολογικό αριθμό χρωμοσωμάτων και το μη αναμενόμενο φαινότυπο είναι η γυναίκα III2, (Μονάδα 1) η οποία έχει σύνδρομο Turner, μια φυλετική τρισωμία, που παρατηρείται σε γυναίκες και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ενός μόνο φυλετικού χρωμοσώματος X . (Μονάδα 1)

✓ Ο πατέρας της γυναίκας III2 έχει γονότυπο X^AY και η μητέρα της X^AX^a . Αφού η γυναίκα III2 έχει σύνδρομο Turner και μερική αχρωματοψία θα έχει γονότυπο X^aO . Αυτό εξηγείται γιατί κατά το σχηματισμό των σπερματοζωαρίων του πατέρα της μπορεί να συνέβη μη διαχωρισμός των φυλετικών χρωμοσωμάτων στην 1^η μειωτική διαίρεση ή μη διαχωρισμός των αδελφών χρωματίδων είτε του X είτε του Y χρωμοσώματος στη 2^η μειωτική διαίρεση. (Μονάδες 2) Το μη φυσιολογικό σπερματοζωάριο με το ένα λιγότερο χρωμόσωμα (γαμέτης χωρίς φυλετικό χρωμόσωμα) γονιμοποίησε το ωάριο με το X^a αλληλόμορφο και έτσι δημιουργήθηκε το άτομο με σύνδρομο Turner. (Μονάδα 1)

→ Καλό θα ήταν να αποδοθεί σχηματικά το φαινόμενο του μη διαχωρισμού τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη μειωτική διαίρεση του πατέρα.

✓ Ο καρύοτυπος είναι η απεικόνιση μεταφασικών χρωμοσωμάτων σε ζεύγη κατά φθίνουσα σειρά. Κάθε μεταφασικό χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες, αφού έχει προηγηθεί η αντιγραφή των ινιδίων χρωματίνης στη μεσόφαση. (Μονάδα 1)

✓ Κάθε αδελφή χρωματίδα περιέχει ένα μόριο DNA, (Μονάδα 1) το οποίο είναι δίκλωνο, δηλαδή αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες.

(Μονάδα 1)

✓ Στον καρύοτυπο των ατόμων με σύνδρομο Turner υπάρχουν 45 μεταφασικά χρωμοσώματα, δηλαδή 90 αδελφές χρωματίδες. Επομένως, περιέχονται 90 μόρια DNA, άρα συνολικά 180 πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες. (Μονάδα 1)

42. ✓ Το ζυγωτό των ανώτερων οργανισμών περιέχει μόνο τα μιτοχόνδρια που προέρχονται από το ωάριο. Επομένως, η προέλευση των μιτοχονδριακών γονιδίων είναι μητρική. (2 μονάδες)

→ Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αν μια μητέρα πάσχει από κάποια ασθένεια που σχετίζεται με μιτοχονδριακά γονίδια, τότε θα πάσχουν και όλα της τα παιδιά (αγόρια και κορίτσια), ανεξάρτητα από τον πατέρα.

✓ Σύμφωνα με τα παραπάνω, αυτό το γονίδιο μιτοχονδριακού DNA θα το κληρονομούσαν μόνο τα άτομα II1, II2 και II3. (2 μονάδες) Το άτομο II3, αν και θα έπασχε από αυτή τη μιτοχονδριακή ασθένεια, δε θα μπορούσε να τη μεταβιβάσει στους απογόνους του.

43. ✓ Η οικογενής υπερχοληστερολαιμία είναι μια κληρονομική ασθένεια που ελέγχεται από αυτοσωμικό επικρατές αλληλόμορφο. (Μονάδα 1)

Έστω,

H, αυτοσωμικό αλληλόμορφο, υπεύθυνο για την οικογενή υπερχοληστερολαιμία, επικρατές (τα άτομα *HH* και *Hh* πάσχουν).

h, αυτοσωμικό αλληλόμορφο, υπεύθυνο για φυσιολογικά επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα, υπολειπόμενο (τα άτομα *hh* είναι φυσιολογικά).

Πατρική γενιά *P*: ♂ *HhX^AΥ* (x) *HhX^AX^α* ♀

Γαμέτες (από μείωση): *HX^A*, *hX^A*, *HΥ*, *hΥ* *HX^A*, *HX^α*, *hX^A*, *hX^α*

✓ Οι πιθανοί απόγονοι προκύπτουν από τον τυχαίο συνδυασμό των γαμετών με τη βοήθεια του τετραγώνου του Punnett.

Γαμέτες	<i>HX^A</i>	<i>HX^α</i>	<i>hX^A</i>	<i>hX^α</i>
<i>HX^A</i>	<i>HHX^AX^A</i>	<i>HHX^AX^α</i>	<i>HhX^AX^A</i>	<i>HhX^AX^α</i>
<i>hX^A</i>	<i>HhX^AX^A</i>	<i>HhX^AX^α</i>	<i>hhX^AX^A</i>	<i>hhX^AX^α</i>
<i>HΥ</i>	<i>HHX^AΥ</i>	<i>HHX^αΥ</i>	<i>HhX^AΥ</i>	<i>HhX^αΥ</i>
<i>hΥ</i>	<i>HhX^AΥ</i>	<i>HhX^αΥ</i>	<i>hhX^AΥ</i>	<i>hhX^αΥ</i>

(Μονάδες 3)

✓ Κάθε κύηση είναι ανεξάρτητο γεγονός και δε σχετίζεται με τα αποτελέσματα προηγούμενων κυήσεων. (Μονάδα 1) Επομένως, η πιθανότητα γέννησης ενός αγοριού με μερική αχρωματοψία στο πράσινο και στο κόκκινο χρώμα και οικογενή υπερχοληστερολαιμία είναι ίση με $3/16$. (Μονάδα 1)

→ Ισχύουν και οι δύο νόμοι του Mendel. Ο 2^{ος} νόμος του Mendel ισχύει γιατί τα δύο χαρακτηριστικά είναι ανεξάρτητα (ελέγχονται από γονίδια που βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων), αφού η υπερχοληστερολαιμία ελέγχεται από αυτοσωμικό αλληλόμορφο, ενώ η μερική αχρωματοψία στο πράσινο και στο κόκκινο χρώμα ελέγχεται από φυλοσύνδετο αλληλόμορφο.

Δ4. ✓ Από τη συγκεκριμένη διασταύρωση είναι φανερό ότι δεν προκύπτει η αναμενόμενη αναλογία φύλου 1 θηλυκό : 1 αρσενικό. Στην F₁ γενιά υπάρχουν 676 θηλυκά άτομα και μόνο 340 αρσενικά άτομα, δηλαδή 2 θηλυκά : 1 αρσενικό. (Μονάδα 1)

✓ Αυτή η μη αναμενόμενη αναλογία φύλου υποδεικνύει ότι πέθαναν οι μισοί αρσενικοί απόγονοι και οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη έλλειψη εντοπίζεται στο X φυλετικό χρωμόσωμα. (Μονάδα 1) Το ετερόζυγο θηλυκό της πατρικής γενιάς έχει ένα φυσιολογικό χρωμόσωμα X και ένα με την έλλειψη. Αφού οι αρσενικοί απόγονοι κληρονομούν το Y χρωμόσωμα από το αρσενικό της πατρικής γενιάς, όσοι κληρονόμησαν το φυλετικό χρωμόσωμα με την έλλειψη, απεβίωσαν.

Έστω, X το φυσιολογικό φυλετικό χρωμόσωμα και x το φυλετικό χρωμόσωμα με την έλλειψη. Τα αρσενικά άτομα xY δεν επιβιώνουν.

Πατρική γενιά P: ♂ XY (x) Xx ♀
Γαμέτες (από μείωση): X, Y X, x

1η θυγατρική γενιά (F₁): XX Xx XY ~~xY~~

Φαινοτυπική αναλογία: ♀ 1 με φυσιολογικές πτέρυγες : 1 με ατροφικές
♂ 1 με φυσιολογικές πτέρυγες

(Μονάδες 2)

Επιμέλεια απαντήσεων: Ιωάννης Γ. Αθανασίου