Κεφάλαιο 5: Μενδελική κληρονομικότητα

Ασκήσεις και λύσεις

Μεθοδολογία, λυμένο παράδειγμα, ερωτήσεις κλειστού τύπου, θεωρία τύπου Β και ασκήσεις τύπου Γ και Δ με γενεαλογικά δέντρα, όλα με λύσεις.

1 Μεθοδολογία
2 Λυμένο παράδειγμα
3 Πολλαπλής επιλογής
4 Σωστό ή λάθος
5 Συμπλήρωση κενών
6 Ερωτήσεις θεωρίας
7 Ασκήσεις

1 Μεθοδολογία

Κάθε άσκηση γενετικής λύνεται με τα ίδια βήματα. Στις Πανελλήνιες βαθμολογούνται ο ορισμός των συμβόλων, η αιτιολόγηση των γονότυπων και η αναφορά στον νόμο του Mendel που εφαρμόζεις.

1. **Όρισε τα σύμβολα.** Γράψε ποιο αλληλόμορφο είναι επικρατές και αν το γονίδιο είναι αυτοσωμικό ή φυλοσύνδετο. Αν δεν δίνεται, βρες το από τα δεδομένα. Διαφορετικό γράμμα για κάθε γονίδιο.
2. **Βρες τους γονότυπους.** Ξεκίνα από τα άτομα με τον υπολειπόμενο φαινότυπο, που είναι σίγουρα ομόζυγα. Κάθε τέτοιο άτομο πήρε ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο από κάθε γονέα και δίνει ένα σε κάθε παιδί του.
3. **Γράψε τη διασταύρωση.** P, γαμέτες, απόγονοι (με τετράγωνο του Punnett όταν οι γαμέτες είναι πολλοί), γονοτυπική και φαινοτυπική αναλογία.
4. **Αιτιολόγησε.** Στον μονοϋβριδισμό ανάφερε τον πρώτο νόμο. Στον διυβριδισμό γράψε ότι τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων και ισχύει ο δεύτερος νόμος.

Πιθανότητες

Τι υπολογίζω	Σχέση	Προσοχή
Αγόρι ή κορίτσι	**1/2**	Σε κάθε γέννηση, ανεξάρτητα από τα προηγούμενα παιδιά.
Δύο πράγματα μαζί («και»)	**γινόμενο των πιθανοτήτων**	Κορίτσι και πάσχει: 1/2 × 1/4 = 1/8.
ν παιδιά, όλα με την ίδια ιδιότητα	**(πιθανότητα)^{ν}**	Κάθε γέννηση είναι ανεξάρτητο γεγονός.
Υγιές παιδί δύο φορέων να είναι φορέας	**2/3**	Όχι 1/2: το παιδί είναι υγιές, άρα αποκλείεται το αα.
Είδη γαμετών	**$2^{ν}$**	ν είναι τα ζεύγη για τα οποία το άτομο είναι ετερόζυγο.
Αναμενόμενος αριθμός απογόνων	**σύνολο × κλάσμα**	Οι πραγματικοί αριθμοί αποκλίνουν λίγο από τους θεωρητικούς.

Πώς διαβάζω τους αριθμούς των απογόνων

Αναλογία	Γονείς	Τι σημαίνει
3:1	**Αα × Αα**	Επικρατές και υπολειπόμενο.
1:1	**Αα × αα**	Διασταύρωση ελέγχου.
1:2:1	**$A^1A^2 \times A^1A^2$**	Ατελώς επικρατή ή συνεπικρατή.
2:1	**Αα × Αα**	Θνησιγόνο γονίδιο.
9:3:3:1	**ΑαΒβ × ΑαΒβ**	Δύο ανεξάρτητα γονίδια.
1:1:1:1	**ΑαΒβ × ααββ ή Ααββ × ααΒβ**	Δύο δυνατές απαντήσεις.
Άλλη αναλογία στα αρσενικά και άλλη στα θηλυκά	**Φυλοσύνδετο γονίδιο**	Αν είναι ίδια στα δύο φύλα, αυτοσωμικό.

Πώς διαβάζω ένα γενεαλογικό δέντρο

Τι βλέπω	Συμπέρασμα	Γιατί
Υγιείς γονείς, παιδί που πάσχει	**Υπολειπόμενο γονίδιο**	Οι γονείς είναι φορείς.
Υγιείς γονείς, κόρη που πάσχει	**Αυτοσωμικό υπολειπόμενο**	Αν ήταν φυλοσύνδετο, ο πατέρας θα έπασχε.
Γονείς που πάσχουν, υγιές παιδί	**Επικρατές γονίδιο**	Οι γονείς είναι ετερόζυγοι.
Μητέρα που πάσχει, υγιής γιος	**Όχι φυλοσύνδετο υπολειπόμενο**	Η μητέρα θα έδινε παθολογικό Χ σε κάθε γιο.
Πατέρας υγιής, κόρη που πάσχει	**Όχι φυλοσύνδετο υπολειπόμενο**	Η κόρη παίρνει το Χ του πατέρα της.
Πάσχουν μόνο άνδρες, με υγιείς μητέρες	**Συμβατό με φυλοσύνδετο υπολειπόμενο**	Δεν αποδεικνύεται: έλεγξε αν ταιριάζει και το αυτοσωμικό.

Συχνά λάθη

Μη γράφεις πιθανότητα χωρίς να έχεις δείξει τη διασταύρωση. Μην ξεχνάς το 1/2 όταν η ερώτηση ζητά «αγόρι» ή «κορίτσι». Στα φυλοσύνδετα γράφε πάντα το γονίδιο πάνω στο Χ και το Υ χωρίς γονίδιο. «Ποσοστό των αγοριών» δεν είναι το ίδιο με «πιθανότητα για αγόρι που πάσχει».

2 Λυμένο παράδειγμα

Ο Γιώργος και η Δανάη έχουν και οι δύο γραμμή τριχοφυΐας με κορυφή. Το πρώτο τους παιδί, ένα αγόρι, έχει γραμμή τριχοφυΐας χωρίς κορυφή. α) Ποιοι είναι οι γονότυποι των μελών της οικογένειας; β) Ποια είναι η πιθανότητα το επόμενο παιδί να είναι κορίτσι χωρίς κορυφή; γ) Ποια είναι η πιθανότητα τα τρία επόμενα παιδιά να έχουν όλα κορυφή; δ) Οι δύο γονείς είναι επίσης ετερόζυγοι για τη θέση του λοβού του αυτιού, και τα δύο γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Ποια είναι η πιθανότητα για παιδί με κορυφή και προσκολλημένους λοβούς;

1 **α)** Ο χαρακτήρας ελέγχεται από ένα ζεύγος αυτοσωμικών αλληλόμορφων. Έστω Γ το αλληλόμορφο για τη γραμμή τριχοφυΐας με κορυφή, που επικρατεί του γ (χωρίς κορυφή). Το αγόρι είναι γγ και πήρε ένα γ από κάθε γονέα. Οι γονείς έχουν κορυφή, άρα είναι και οι δύο **Γγ**.

2 **Διασταύρωση.** Ρ: Γγ × Γγ. Γαμέτες: Γ, γ από κάθε γονέα. Κατά τον σχηματισμό των γαμετών τα αλληλόμορφα διαχωρίζονται και οι απόγονοι προκύπτουν από τον τυχαίο συνδυασμό τους (πρώτος νόμος του Mendel).

γαμέτες	Γ	γ
Γ	ΓΓ	Γγ
γ	Γγ	γγ

Γονοτυπική αναλογία 1 ΓΓ : 2 Γγ : 1 γγ. Φαινοτυπική αναλογία 3 με κορυφή : 1 χωρίς κορυφή.

3 **β)** Χωρίς κορυφή 1/4, κορίτσι 1/2: 1/2 × 1/4 = **1/8**.

4 **γ)** Κάθε παιδί έχει κορυφή με πιθανότητα 3/4 και κάθε γέννηση είναι ανεξάρτητο γεγονός: 3/4 × 3/4 × 3/4 = **27/64**.

5 **δ)** Έστω Ε για τους ελεύθερους λοβούς, που επικρατεί του ε. Γονείς ΓγΕε × ΓγΕε. Επειδή τα γονίδια είναι ανεξάρτητα, ισχύει ο δεύτερος νόμος του Mendel και κάθε χαρακτήρας υπολογίζεται χωριστά: κορυφή 3/4, προσκολλημένοι λοβοί 1/4. Πιθανότητα: 3/4 × 1/4 = **3/16**. Το ίδιο αποτέλεσμα βγαίνει από το τετράγωνο των 16 συνδυασμών, με γαμέτες ΓΕ, Γε, γΕ, γε από κάθε γονέα.

3 Πολλαπλής επιλογής

Οι λύσεις είναι στο τέλος.

1. Ένα αμιγές στέλεχος μπορεί να έχει γονότυπο:

α) ΚκΛΛ
β) ΚΚλλ
γ) κκΛλ
δ) Κκλλ

2. Αλληλόμορφα ονομάζονται τα γονίδια που βρίσκονται στην ίδια γενετική θέση:

α) σε μη ομόλογα χρωμοσώματα και ελέγχουν την ίδια ιδιότητα
β) σε ομόλογα χρωμοσώματα και ελέγχουν διαφορετικές ιδιότητες
γ) σε ομόλογα χρωμοσώματα και ελέγχουν την ίδια ιδιότητα
δ) σε μη ομόλογα χρωμοσώματα και ελέγχουν διαφορετικές ιδιότητες

3. **Ένα ζευγάρι έχει τρία παιδιά, όλα αγόρια. Η πιθανότητα το τέταρτο παιδί να είναι κορίτσι είναι:**

α) 25%
β) 50%
γ) 75%
δ) 100%

4. **Μια γυναίκα πάσχει από αιμορροφιλία Α και ο αδελφός της είναι υγιής. Οι γονότυποι των γονέων τους είναι:**

α) ΧαΧα και ΧαΥ
β) ΧΑΧΑ και ΧαΥ
γ) ΧΑΧα και ΧΑΥ
δ) ΧΑΧα και ΧαΥ

5. **Ο φυλοκαθορισμός στον άνθρωπο γίνεται:**

α) από ένα ζεύγος αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων
β) από ένα επιπλέον χρωμόσωμα στα κύτταρα των θηλυκών
γ) από δύο Χ χρωμοσώματα στα θηλυκά και από ένα Χ και ένα Υ στα αρσενικά
δ) από ένα ζεύγος όμοιων χρωμοσωμάτων στα αρσενικά και ανόμοιων στα θηλυκά

6. **Ένας άνδρας εμφανίζει ένα φυλοσύνδετο υπολειπόμενο χαρακτηριστικό. Αυτό οφείλεται στο ότι:**

α) το κληρονόμησε από τον πατέρα του
β) το κληρονόμησε από τη μητέρα του
γ) το γονίδιο υπάρχει και στο Χ και στο Υ
δ) το αλληλόμορφο του Υ είναι υπολειπόμενο

7. **Δύο γονείς με ομάδες αίματος Α και Β αποκτούν παιδί ομάδας Ο. Οι γονότυποί τους είναι:**

α) ΙΑΙΑ και ΙΒΙΒ
β) ΙΑi και ΙΒΙΒ
γ) ΙΑi και ΙΒi
δ) ΙΑΙΒ και ii

8. **Από τη διασταύρωση δύο φυτών σκυλάκι με ροζ άνθη, οι απόγονοι με ροζ άνθη αναμένονται σε ποσοστό:**

α) 25%
β) 50%
γ) 75%
δ) 100%

9. **Άτομο με γονότυπο ΑαΒβΓγ, για τρία ανεξάρτητα γονίδια, σχηματίζει:**

α) 3 είδη γαμετών
β) 6 είδη γαμετών
γ) 8 είδη γαμετών
δ) 9 είδη γαμετών

10. **Σε ένα γενεαλογικό δέντρο, δύο γονείς που πάσχουν αποκτούν υγιές παιδί. Η ασθένεια οφείλεται σε γονίδιο:**

α) υπολειπόμενο
β) επικρατές
γ) θνησιγόνο
δ) συνεπικρατές

---

4 Σωστό ή λάθος

Οι λύσεις είναι στο τέλος.

1. **Ο Mendel, σε κάθε πείραμα, μελετούσε μία ή δύο διαφορετικές ιδιότητες του μοσχομπίζελου. Σ / Λ**

2. **Στα συνεπικρατή γονίδια η φαινοτυπική αναλογία δεν ταυτίζεται ποτέ με τη γονοτυπική. Σ / Λ**

3. **Ο νόμος της ανεξάρτητης μεταβίβασης των γονιδίων έχει εφαρμογή μόνο στον μονοϋβριδισμό. Σ / Λ**

4. **Τα αμιγή στελέχη είναι ετερόζυγα άτομα. Σ / Λ**

5. **Ο φαινότυπος αφορά μόνο την εξωτερική εμφάνιση ενός οργανισμού. Σ / Λ**

6. **Ένα αυτοσωμικό υπολειπόμενο αλληλόμορφο εκφράζεται στον φαινότυπο μόνο σε ομόζυγη κατάσταση. Σ / Λ**

7. **Ένα άτομο ομάδας αίματος ΑΒ είναι ετερόζυγο. Σ / Λ**

8. **Δύο γονείς ομάδας Ο μπορούν να αποκτήσουν παιδί ομάδας Α. Σ / Λ**

9. **Η αναλογία 9 : 3 : 3 : 1 προκύπτει όταν τα δύο γονίδια βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα. Σ / Λ**

10. **Στα ατελώς επικρατή γονίδια το ετερόζυγο άτομο έχει τον φαινότυπο ενός από τα δύο ομόζυγα. Σ / Λ**

11. **Ένας άνδρας μπορεί να είναι φορέας της αιμορροφιλίας Α. Σ / Λ**

12. Ένας άνδρας με αιμορροφιλία Α μεταβιβάζει το παθολογικό αλληλόμορφο σε όλους τους γιους του. **Σ / Λ**

13. Όλες οι κόρες ενός άνδρα με μερική αχρωματοψία στο πράσινο και το κόκκινο έχουν τουλάχιστον ένα παθολογικό αλληλόμορφο. **Σ / Λ**

14. Σε μια αυτοσωμική επικρατή ασθένεια, δύο γονείς που πάσχουν μπορούν να αποκτήσουν υγιές παιδί. **Σ / Λ**

15. Αν δύο φορείς της β-θαλασσαιμίας έχουν ήδη ένα παιδί που πάσχει, το επόμενο παιδί τους θα είναι σίγουρα υγιές. **Σ / Λ**

16. Για δύο φυλοσύνδετα γονίδια ισχύει ο νόμος της ανεξάρτητης μεταβίβασης. **Σ / Λ**

---

5 Συμπλήρωση κενών

Οι απαντήσεις είναι στο τέλος.

1. Η οικογενής υπερχοληστερολαιμία κληρονομείται με _____ _____ τρόπο και έχει υψηλή συχνότητα (1 στα 500 άτομα).

2. Οι _____ υπολειπόμενες ασθένειες εμφανίζονται κυρίως στα _____ άτομα και πολύ σπάνια στα _____.

3. Στον _____ _____ τύπο κληρονομικότητας, οι δύο γονείς ενός ασθενούς, που έχουν φυσιολογικό φαινότυπο, είναι _____ και ονομάζονται _____.

4. _____ ονομάζονται οι χαρακτήρες που καθορίζονται από _____ ενός μόνο γονιδίου.

5. Η διασταύρωση ενός ατόμου άγνωστου γονότυπου με άτομο _____ για το _____ αλληλόμορφο ονομάζεται διασταύρωση _____.

6. Τα αλληλόμορφα I^A και I^B είναι μεταξύ τους _____, ενώ το i είναι _____.

7. Το σύνολο των αλληλόμορφων γονιδίων ενός οργανισμού είναι ο _____ του, ενώ το σύνολο των χαρακτήρων του είναι ο _____ του.

8. Τα φυλοσύνδετα γονίδια βρίσκονται στο χρωμόσωμα _____ και δεν έχουν αλληλόμορφα στο _____.

6 Ερωτήσεις θεωρίας

Τύπου Θέματος Β. Οι απαντήσεις είναι στο τέλος.

Ο Mendel και οι βασικές έννοιες

1. Γιατί ο Mendel θεωρείται πατέρας της Γενετικής και σε τι οφείλεται η επιτυχία του;
2. Για ποιους λόγους ο Mendel επέλεξε το μοσχομπίζελο;
3. Με ποιον τρόπο δημιούργησε ο Mendel αμιγή στελέχη μοσχομπίζελου;
4. Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχει ένας οργανισμός για να είναι κατάλληλος για πειραματικές διασταυρώσεις;
5. Τι ονομάζεται γονότυπος και τι φαινότυπος;
6. Γιατί διαφορετικοί γονότυποι μπορεί να δίνουν τον ίδιο φαινότυπο;
7. Πόσα γονίδια για την ίδια ιδιότητα υπάρχουν φυσιολογικά σε ένα ζεύγος ομόλογων μεταφασικών χρωμοσωμάτων;
8. Πότε ένα υπολειπόμενο γνώρισμα εκδηλώνεται στον φαινότυπο ενός ατόμου;
9. Ποιες κατηγορίες γονιδίων γνωρίζεις; Δώσε έναν σύντομο ορισμό και ένα παράδειγμα για την καθεμία.

Οι νόμοι του Mendel

1. Διατύπωσε τον νόμο του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων.
2. Τι είναι το τετράγωνο του Punnett;
3. Ποιες διασταυρώσεις ονομάζονται μονοϋβριδισμού και ποιες διυβριδισμού;
4. Τι είναι η διασταύρωση ελέγχου; Ποια διασταύρωση ελέγχου έκανε ο Mendel για το ύψος του μοσχομπίζελου;
5. Ποιες είναι οι προϋποθέσεις για να προκύψει στην F2 μιας διασταύρωσης διυβριδισμού η φαινοτυπική αναλογία 9 : 3 : 3 : 1;
6. Πόσοι και ποιοι γονότυποι αντιστοιχούν σε άτομο που εκδηλώνει δύο επικρατείς αυτοσωμικούς χαρακτήρες; Πόσα είδη γαμετών δίνει ο καθένας;

7. Ένας οργανισμός έχει γονότυπο ΑαΒΒΓγ, με τα τρία γονίδια σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Πόσα και ποια είδη γαμετών σχηματίζει;

8. Ένας οργανισμός έχει γονότυπο ΚκΛλ. Αν 200 γεννητικά του κύτταρα κάνουν μείωση, πόσοι γαμέτες προκύπτουν και τι γονίδια έχουν;

9. Ένας διπλοειδής οργανισμός με 5 ζεύγη ανεξάρτητων γονιδίων έχει γονότυπο ΑΑΒβΓγΔδεε. Πόσα είδη γαμετών σχηματίζει και ποια;

10. Γράψε τους γαμέτες, με τις αναλογίες τους, για άτομα με γονότυπους ΧΥΒβ, ΧΧΓγ και $X^{A}X^{\alpha}$Ββ.

Όταν οι αναλογίες αλλάζουν

1. Σε ποιες περιπτώσεις οι φαινοτυπικές αναλογίες των απογόνων δεν είναι αυτές που αναμένονται από τους νόμους του Mendel;

2. Ποια είναι η διαφορά των ατελώς επικρατών από τα συνεπικρατή γονίδια ως προς τον φαινότυπο των ετερόζυγων ατόμων;

3. Σε ποιον τύπο διασταυρώσεων οι γονοτυπικές και οι φαινοτυπικές αναλογίες είναι ίδιες; Γιατί;

4. Γιατί τα πολλαπλά αλληλόμορφα μπορεί να αλλάξουν τις αναλογίες των νόμων του Mendel;

5. Ποια γονίδια καθορίζουν τις ομάδες αίματος ΑΒΟ και ποια είναι η σχέση τους;

6. Ένας χαρακτήρας ελέγχεται από τρία αλληλόμορφα, Α, α και α΄. Ποιοι γονότυποι προκύπτουν αν τα γονίδια είναι α) αυτοσωμικά, β) φυλοσύνδετα;

7. Γιατί τα ομόζυγα άτομα για ένα θνησιγόνο αλληλόμορφο δεν εμφανίζονται στους απογόνους;

8. Σε ποιες περιπτώσεις γονείς με τον ίδιο φαινότυπο αποκτούν απογόνους με διαφορετικό φαινότυπο από τον δικό τους;

Άνθρωπος, γενεαλογικά δέντρα, φυλοσύνδετα γονίδια

1. Γιατί η μελέτη της κληρονομικότητας στον άνθρωπο παρουσιάζει δυσκολίες; Είναι ο άνθρωπος καλό πειραματικό υλικό;

2. Τι είναι το γενεαλογικό δέντρο και ποια είναι η χρησιμότητά του;

3. Πότε ένα άτομο ονομάζεται φορέας ενός παθολογικού γονιδίου;

4. Γιατί, όταν οι δύο σύζυγοι είναι στενοί συγγενείς, αυξάνεται η πιθανότητα να είναι φορείς της ίδιας ασθένειας; Πώς συμβολίζεται ένας τέτοιος γάμος στο γενεαλογικό δέντρο;

5. Ανάφερε, με παραδείγματα, δύο τύπους κληρονόμησης στους οποίους από φυσιολογικούς γονείς προκύπτει απόγονος που πάσχει.

6. Ποιες προϋποθέσεις απαιτούνται για να εκδηλωθεί ένα φυλοσύνδετο υπολειπόμενο γνώρισμα α) στα αρσενικά, β) στα θηλυκά;

7. Μπορούμε να μιλάμε για ομόζυγο άτομο στην περίπτωση των φυλοσύνδετων γονιδίων;

8. Γιατί δεν ισχύει ο νόμος της ανεξάρτητης μεταβίβασης για δύο γνωρίσματα που ελέγχονται από φυλοσύνδετα γονίδια;

9. Στην αιμορροφιλία Α, ποιοι είναι οι πιθανοί γονότυποι στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα και ποιοι οι αντίστοιχοι φαινότυποι;

10. Όταν ένας αιμορροφιλικός άνδρας παντρευτεί μια φυσιολογική γυναίκα, θα είναι όλες οι κόρες τους απαραίτητα φορείς;

---

7 Ασκήσεις

Τύπου Θέματος Γ και Δ. Οι αριθμοί, οι χαρακτήρες και τα γενεαλογικά δέντρα είναι αλλαγμένα σε σχέση με τα συνηθισμένα φυλλάδια. Οι λύσεις είναι στο τέλος.

1. Ο Νίκος και η Μαρία έχουν ελεύθερους λοβούς αυτιών. Το πρώτο τους παιδί είναι αγόρι με προσκολλημένους λοβούς. α) Ποιοι είναι οι γονότυποι των μελών της οικογένειας; β) Ποια είναι η πιθανότητα τα δύο επόμενα παιδιά τους να είναι αγόρια με προσκολλημένους λοβούς;

2. Το γονίδιο του αλφισμού είναι αυτοσωμικό και υπολειπόμενο. Από τον γάμο μιας αλφικής γυναίκας με έναν φυσιολογικό άνδρα γεννιέται αλφικό παιδί. Ποια είναι η πιθανότητα το δεύτερο παιδί τους α) να είναι φυσιολογικό, β) να είναι αλφικό κορίτσι;

3. Η κυστική ίνωση οφείλεται σε υπολειπόμενο αυτοσωμικό γονίδιο. Δύο υγιείς γονείς έχουν έναν γιο που πάσχει και μια κόρη υγιή. α) Βρες τους γονότυπους και κάνε τη διασταύρωση. β) Ποια είναι η πιθανότητα το τρίτο παιδί να πάσχει; γ) Ποια είναι η πιθανότητα η υγιής κόρη να είναι φορέας;

4. Θέλεις να δημιουργήσεις αμιγές στέλεχος μοσχομπίζελου με ιώδη άνθη. Σε 8 διαδοχικές αυτογονιμοποιήσεις ενός φυτού με ιώδη άνθη παίρνεις πάντα απογόνους με ιώδη άνθη, ώσπου ξαφνικά εμφανίζεται ένα φυτό με λευκά άνθη. Τι εξήγηση μπορείς να δώσεις;

5. Ένας γενετιστής που εργάζεται με ινδικά χοιρίδια έκανε τρεις διασταυρώσεις με διαφορετικά ζεύγη. Από την πρώτη, μαύρο × λευκό, προέκυψαν 14 μαύρα άτομα. Από τη δεύτερη, μαύρο × λευκό, 8 μαύρα και 7 λευκά. Από την τρίτη, μαύρο × μαύρο, 9 μαύρα και 3 λευκά. Βρες τους πιθανούς γονότυπους των γονέων σε κάθε διασταύρωση.

6. Ένα φυτό σκυλάκι, μετά την αυτογονιμοποίησή του, έδωσε μεταξύ άλλων και 35 απογόνους με λευκά άνθη. Το ίδιο το φυτό δεν έχει λευκά άνθη. Υπολόγισε θεωρητικά τον αριθμό των απογόνων με τους υπόλοιπους φαινοτύπους.

7. Από τη διασταύρωση μιας μαύρης κότας με έναν λευκό κόκορα όλοι οι απόγονοι ήταν γκρίζοι. Το ίδιο συνέβη και στη διασταύρωση λευκής κότας με μαύρο κόκορα. α) Πώς κληρονομείται το χρώμα του πτερώματος; β) Ποιοι απόγονοι προκύπτουν από γκρίζα κότα × γκρίζο κόκορα; Αν είναι 80, πόσοι αναμένονται από κάθε φαινότυπο; γ) Ποιοι απόγονοι προκύπτουν από γκρίζα κότα × μαύρο κόκορα;

8. Ένα λευκό και ένα γκρι κουνέλι δίνουν 21 λευκούς και 19 γκρι απογόνους. Ένα μαύρο και ένα γκρι κουνέλι δίνουν 23 μαύρους και 24 γκρι απογόνους. Τι χρώμα θα έχουν οι απόγονοι δύο γκρι κουνελιών; Κάνε όλες τις διασταυρώσεις.

9. Στο ραπανάκι το σχήμα της ρίζας μπορεί να είναι σφαιρικό, ωοειδές ή επίμηκες. Τρεις διασταυρώσεις έδωσαν: 1) σφαιρικά × ωοειδή: 141 σφαιρικά και 138 ωοειδή, 2) επιμήκη × ωοειδή: 122 επιμήκη και 126 ωοειδή, 3) επιμήκη × σφαιρικά: 257 ωοειδή. α) Πώς κληρονομείται το σχήμα της ρίζας; β) Τι απογόνους δίνουν δύο φυτά με ωοειδή ρίζα; Αν οι απόγονοι είναι 240, πόσοι αναμένονται από κάθε σχήμα;

10. Ο Πέτρος έχει ομάδα αίματος Ο. Η μητέρα του, η Ελένη, έχει ομάδα Β και ο σύζυγός της, ο Κώστας, ομάδα ΑΒ. Ο Πέτρος χρειάστηκε μετάγγιση με αίμα της ίδιας ομάδας και ο Κώστας προσφέρθηκε να γίνει δότης. Ποια συμπεράσματα βγάζεις;

11. Η Σοφία έχει ομάδα αίματος Β και ο Δημήτρης ομάδα Α. Η μητέρα της Σοφίας έχει ομάδα ΑΒ και ο πατέρας της Ο. Ο πατέρας του Δημήτρη έχει ομάδα Ο. Ποια είναι η πιθανότητα να αποκτήσουν α) παιδί ομάδας Ο, β) κορίτσι ομάδας ΑΒ;

12. Η βραχυφαλαγγία (κοντά δάχτυλα) εμφανίζεται στα άτομα που είναι ετερόζυγα (Ββ) για το θνησιγόνο υπολειπόμενο αλληλόμορφο β. Τα άτομα ΒΒ έχουν κανονικά δάχτυλα, ενώ τα ββ δεν επιζούν. α) Ποια είναι η φαινοτυπική αναλογία των απογόνων δύο ατόμων με βραχυφαλαγγία; β) Ποια είναι η πιθανότητα ένα παιδί τους που γεννήθηκε να έχει κανονικά δάχτυλα; γ) Ποια είναι η αναλογία από άτομο με κανονικά δάχτυλα × άτομο με βραχυφαλαγγία;

13. Από τη διασταύρωση κίτρινων ποντικών με γκρίζα προέκυψαν 48 κίτρινα και 51 γκρίζα ποντίκια. Από τη διασταύρωση κίτρινων ποντικών μεταξύ τους προέκυψαν 62 κίτρινα και 30 γκρίζα. Εξήγησε τα αποτελέσματα με τις κατάλληλες διασταυρώσεις.

14. Ένα φυτό μοσχομπίζελου, ετερόζυγο και για το σχήμα και για το χρώμα του σπέρματος, αυτογονιμοποιείται. Τα δύο γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. α) Ποια είναι η πιθανότητα για απόγονο με ρυτιδωμένα κίτρινα σπέρματα; β) Με λεία πράσινα; γ) Αν προκύψουν 320 σπέρματα, πόσα αναμένονται από κάθε φαινότυπο;

15. Από τον γάμο μιας γυναίκας με ομάδα αίματος Α και οικογενή υπερχοληστερολαιμία με έναν υγιή άνδρα ομάδας Ο γεννήθηκε ένα υγιές αγόρι ομάδας Ο. Ποια είναι η πιθανότητα το δεύτερο παιδί τους να είναι κορίτσι ομάδας Α που πάσχει;

16. Από τη διασταύρωση δύο φυτών *Antirrhinum* προέκυψαν: 181 φυτά με μεγάλα φύλλα και ροζ άνθη, 89 με μεγάλα φύλλα και λευκά άνθη, 92 με μεγάλα φύλλα και κόκκινα άνθη, 59 με μικρά φύλλα και ροζ άνθη, 31 με μικρά φύλλα και λευκά άνθη και 28 με μικρά φύλλα και κόκκινα άνθη. Βρες τους γονότυπους των φυτών της πατρικής γενιάς.

17. Από τη διασταύρωση δύο φυτών μοσχομπίζελου προέκυψαν 45 ψηλά φυτά με ιώδη άνθη, 47 ψηλά με λευκά άνθη, 44 κοντά με ιώδη άνθη και 46 κοντά με λευκά άνθη. Τα δύο γονίδια είναι αυτοσωμικά και ανεξάρτητα. Βρες τους γονότυπους των γονέων.

18. α) Μια γυναίκα είναι ετερόζυγη για δύο αυτοσωμικά ανεξάρτητα γονίδια και για ένα φυλοσύνδετο. Πόσα διαφορετικά είδη γαμετών παράγει; β) Πόσα παράγει ένας άνδρας με γονότυπο $AaB\beta X^{\delta}Y$;

19. Από τον γάμο δύο ατόμων γεννήθηκε κόρη με μερική αχρωματοψία στο πράσινο και το κόκκινο. Η γιαγιά της από την πλευρά της μητέρας έχει φυσιολογική όραση και δεν είναι φορέας. α) Βρες τους γονότυπους των ατόμων που αναφέρθηκαν και του παππού από την πλευρά της μητέρας. β) Ποια είναι η πιθανότητα το επόμενο παιδί να είναι αγόρι με φυσιολογική όραση; γ) Ποια είναι η πιθανότητα το επόμενο παιδί να έχει αχρωματοψία;

20. Έχεις στη διάθεσή σου άτομα και των δύο φύλων από δύο αμιγή στελέχη ενός εντόμου. Στο ένα στέλεχος τα μάτια είναι κόκκινα και στο άλλο λευκά. Με ποιες διασταυρώσεις θα βρεις αν το γονίδιο είναι αυτοσωμικό ή φυλοσύνδετο; Το φύλο καθορίζεται όπως στον άνθρωπο.

21. Από τη διασταύρωση μιας πορτοκαλί γάτας με έναν μαύρο γάτο γεννήθηκαν 9 θηλυκά με μικτό τρίχωμα (πορτοκαλί και μαύρο) και 10 αρσενικά πορτοκαλί. Πώς κληρονομείται το χρώμα του τριχώματος; Το φύλο στις γάτες καθορίζεται όπως στον άνθρωπο.

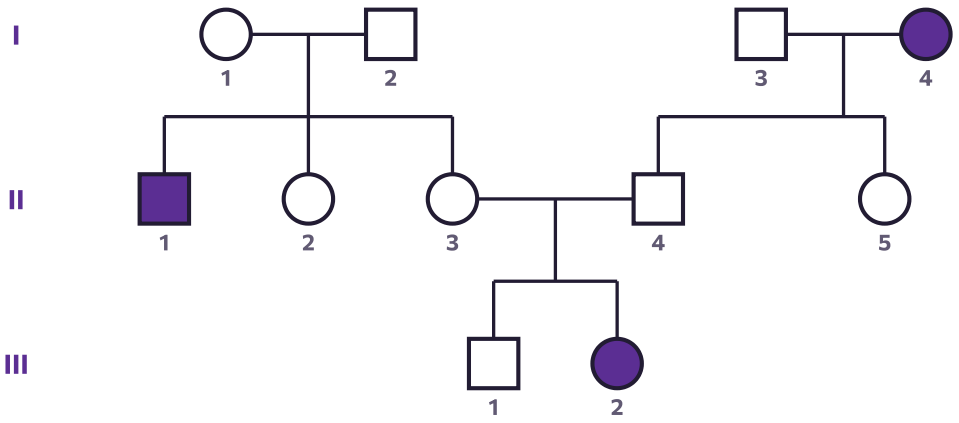
22. Μια γυναίκα φορέας της μερικής αχρωματοψίας στο πράσινο και το κόκκινο, με ομάδα αίματος Β, παντρεύεται άνδρα με φυσιολογική όραση και ομάδα αίματος Α. Το πρώτο τους παιδί έχει ομάδα Ο. α) Ποιοι είναι οι δυνατοί απόγονοί τους; β) Ποια είναι η πιθανότητα να αποκτήσουν αγόρι ομάδας ΑΒ με αχρωματοψία;

23. Ένα φυσιολογικό ζευγάρι αποκτά αγόρι με αιμορροφιλία Α και β-θαλασσαιμία. α) Ποιοι είναι οι γονότυποι των γονέων; β) Τι ποσοστό από τα κορίτσια και τι ποσοστό από τα αγόρια τους αναμένεται να έχει και τις δύο ασθένειες; γ) Ποια είναι η πιθανότητα το επόμενο παιδί να είναι κορίτσι φορέας και των δύο;

24. Από τη διασταύρωση δύο ατόμων δροσόφιλας προέκυψαν: 91 θηλυκά με κόκκινα μάτια και κανονικά φτερά, 29 θηλυκά με κόκκινα μάτια και ζαρωμένα φτερά, 44 αρσενικά με κόκκινα μάτια και κανονικά φτερά, 46 αρσενικά με λευκά μάτια και κανονικά φτερά, 16 αρσενικά με κόκκινα μάτια και ζαρωμένα φτερά και 14 αρσενικά με λευκά μάτια και ζαρωμένα φτερά. Εξήγησε το αποτέλεσμα. Το φύλο καθορίζεται όπως στον άνθρωπο.

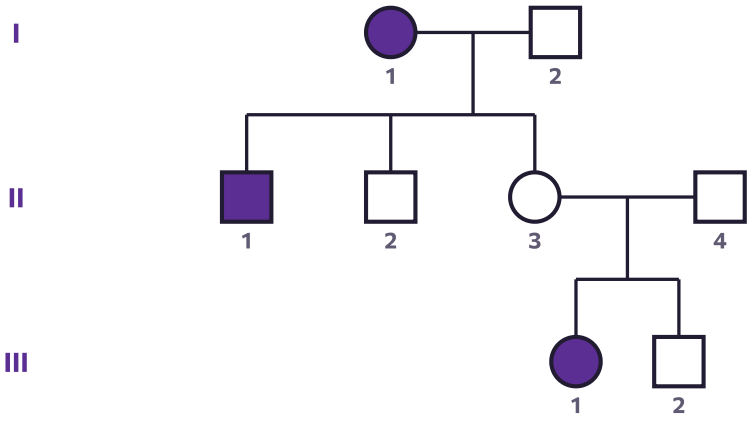
25. Δύο άτομα με φυσιολογική όραση αποκτούν μια κόρη με μερική αχρωματοψία στο κυανό (αυτοσωμικό υπολειπόμενο γονίδιο) και έναν γιο με μερική αχρωματοψία στο πράσινο και το κόκκινο. α) Ποιοι είναι οι γονότυποι των ατόμων αυτών; β) Ποια είναι η πιθανότητα το επόμενο παιδί να είναι αγόρι με τις δύο αχρωματοψίες; γ) Ποιες είναι οι φαινοτυπικές αναλογίες στα κορίτσια και στα αγόρια τους;

26. Το παρακάτω γενεαλογικό δέντρο αφορά την κληρονόμηση του χαρακτήρα «προσκολλημένοι λοβοί αυτιών» (χρωματισμένα σύμβολα).

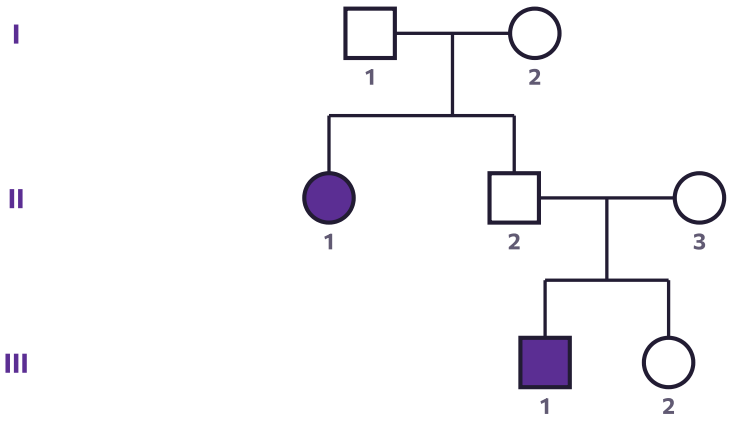


α) Βρες τους γονότυπους όλων των ατόμων. β) Ποια είναι η πιθανότητα το άτομο III1 να είναι ετερόζυγο; γ) Η III2 παντρεύεται άνδρα με τον ίδιο γονότυπο με τον II4. Ποια είναι η πιθανότητα να αποκτήσουν κορίτσι με προσκολλημένους λοβούς;

27. Εξέτασε αν το παρακάτω γενεαλογικό δέντρο μπορεί να αφορά την κληρονόμηση της αιμορροφιλίας Α. Αν όχι, βρες πώς κληρονομείται η ασθένεια και γράψε τους γονότυπους των ατόμων.

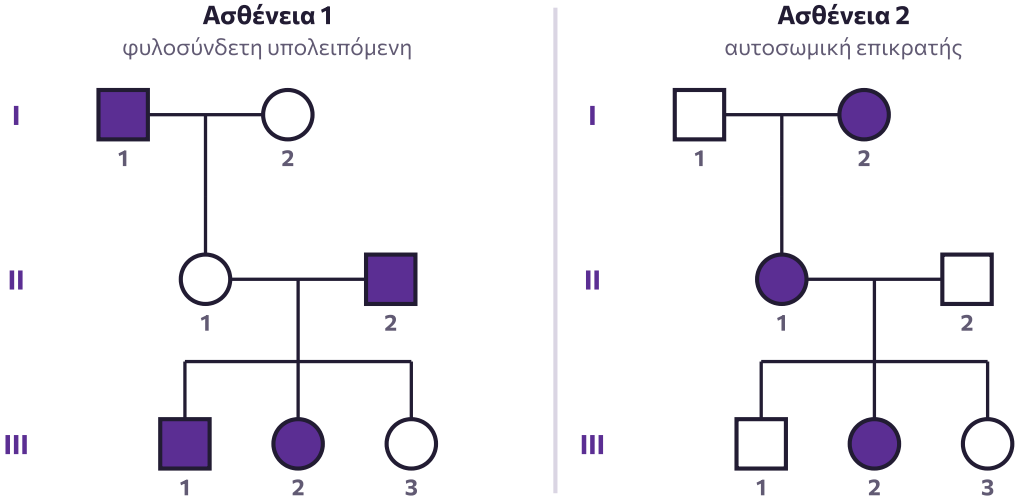


28. Το παρακάτω γενεαλογικό δέντρο είναι μιας οικογένειας στην οποία εμφανίζεται ο αλφισμός, δηλαδή η απουσία χρωστικής από το δέρμα, τα μάτια και τα μαλλιά.



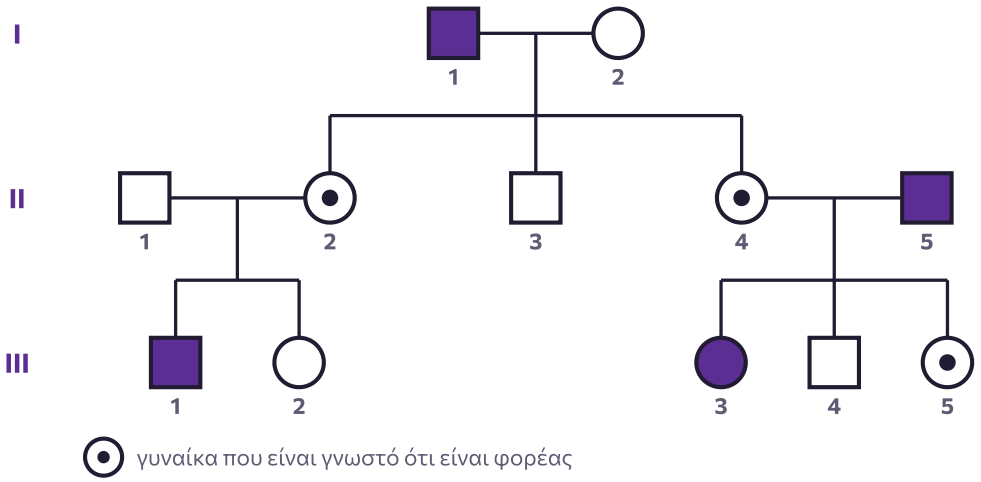
α) Τι σημαίνει η φράση «ο φαινότυπος είναι φυσιολογικός»; β) Το γονίδιο του αλφισμού είναι επικρατές ή υπολειπόμενο; γ) Γράψε τους πιθανούς γονότυπους όλων των ατόμων. δ) Αν η ΙΙΙ2 παντρευτεί αλφικό άνδρα, ποια είναι η πιθανότητα το πρώτο τους παιδί να είναι αλφικό;

29. Τα δύο παρακάτω γενεαλογικά δέντρα δείχνουν, για την ίδια οικογένεια, την κληρονόμηση δύο μονογονιδιακών ασθενειών. Η πρώτη οφείλεται σε φυλοσύνδετο υπολειπόμενο γονίδιο και η δεύτερη σε αυτοσωμικό επικρατές.



α) Βρες τους γονότυπους των ατόμων για κάθε ασθένεια. β) Ποια είναι η πιθανότητα ένα κορίτσι του ζευγαριού ΙΙ1 × ΙΙ2 να εμφανίσει και τις δύο ασθένειες; γ) Αν το ζευγάρι αποκτήσει διζυγωτικά δίδυμα, ποια είναι η πιθανότητα να εμφανίσουν και τα δύο και τις δύο ασθένειες;

30. Το παρακάτω γενεαλογικό δέντρο αφορά την εμφάνιση της αιμορροφιλίας Α.



α) Γράψε τους πιθανούς γονότυπους όλων των ατόμων. β) Ποιοι φαινότυποι αναμένονται στους απογόνους των διασταυρώσεων ΙΙΙ1 × ΙΙΙ5 και ΙΙΙ4 × ΙΙΙ3;

8 Λύσεις

Πολλαπλής επιλογής

1. **β)** Τα αμιγή στελέχη είναι ομόζυγα για όλα τα γονίδια που μελετάμε.
2. **γ)** Ίδια θέση, ομόλογα χρωμοσώματα, ίδια ιδιότητα.
3. **β)** Κάθε γέννηση είναι ανεξάρτητο γεγονός. Η πιθανότητα είναι πάντα 1/2.
4. **δ)** Η κόρη ($X^{α}X^{α}$) πήρε $X^{α}$ από κάθε γονέα, άρα ο πατέρας πάσχει. Ο υγιής γιος πήρε X^{A} από τη μητέρα, άρα αυτή είναι φορέας.
5. **γ)** ΧΧ οι γυναίκες, ΧΥ οι άνδρες.
6. **β)** Το Χ του άνδρα προέρχεται πάντα από τη μητέρα του.
7. **γ)** Το παιδί (ii) πήρε ένα i από κάθε γονέα.
8. **β)** $K^{1}K^{2} \times K^{1}K^{2}$ δίνει 1 κόκκινο : 2 ροζ : 1 λευκό.
9. **γ)** $2^{3} = 8$.
10. **β)** Αν ήταν υπολειπόμενο, οι γονείς θα ήταν ομόζυγοι και όλα τα παιδιά θα έπασχαν.

Σωστό ή λάθος

1. **Σ.** Αυτός ήταν ένας από τους λόγους της επιτυχίας του.
2. **Λ.** Ταυτίζονται πάντα, γιατί κάθε γονότυπος έχει δικό του φαινότυπο.
3. **Λ.** Αφορά δύο ή περισσότερα ζεύγη γονιδίων, άρα τον διυβριδισμό.
4. **Λ.** Είναι ομόζυγα.
5. **Λ.** Αφορά το σύνολο των χαρακτήρων του, και τη βιοχημική του σύσταση.
6. **Σ.** Στο ετερόζυγο άτομο καλύπτεται από το επικρατές.
7. **Σ.** Έχει γονότυπο $I^{A}I^{B}$.
8. **Λ.** ii × ii δίνει μόνο ii.
9. **Λ.** Προκύπτει όταν βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων.
10. **Λ.** Έχει ενδιάμεσο φαινότυπο.
11. **Λ.** Έχει ένα Χ: ή πάσχει ή είναι υγιής.
12. **Λ.** Στους γιους δίνει το Υ. Το δίνει σε όλες τις κόρες του.
13. **Σ.** Παίρνουν όλες το Χ του πατέρα τους.
14. **Σ.** Αν είναι και οι δύο ετερόζυγοι, με πιθανότητα 1/4.
15. **Λ.** Η πιθανότητα παραμένει 1/4 σε κάθε γέννηση.
16. **Λ.** Βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα και μεταβιβάζονται μαζί.

Συμπλήρωση κενών

1. αυτοσωμικό επικρατή.

2. φυλοσύνδετες, αρσενικά, θηλυκά.
3. αυτοσωμικό υπολειπόμενο, ετερόζυγοι, φορείς.
4. Μονογονιδιακοί, αλληλόμορφα.
5. ομόζυγο, υπολειπόμενο, ελέγχου.
6. συνεπικρατή, υπολειπόμενο.
7. γονότυπος, φαινότυπος.
8. Χ, Υ.

Θεωρία: Ο Mendel και οι βασικές έννοιες

1. Έκανε την πρώτη επιστημονική μελέτη της κληρονομικότητας. Η επιτυχία του οφείλεται στο ότι μελετούσε μία ή δύο ιδιότητες κάθε φορά, χρησιμοποιούσε αμιγή στελέχη για τις ιδιότητες αυτές και ανέλυε τα αποτελέσματα στατιστικά.
2. Αναπτύσσεται πολύ εύκολα. Εμφανίζει μεγάλη ποικιλότητα σε πολλούς χαρακτήρες. Επιτρέπει τεχνητή γονιμοποίηση, πέρα από την αυτογονιμοποίηση που συμβαίνει φυσιολογικά. Δίνει μεγάλο αριθμό απογόνων, οπότε τα αποτελέσματα μπορούν να αναλυθούν στατιστικά.
3. Αυτογονιμοποιούσε φυτά για πολλές γενιές και κρατούσε εκείνα που έδιναν συνεχώς απογόνους με την ίδια ιδιότητα, π.χ. μόνο κίτρινα σπέρματα.
4. Να αναπτύσσεται εύκολα και να έχει μικρό χρόνο γενιάς. Να δίνει πολλούς απογόνους. Να έχει χαρακτήρες με σαφείς, εναλλακτικές μορφές. Να μπορούν να γίνουν ελεγχόμενες διασταυρώσεις.
5. Γονότυπος είναι το σύνολο των αλληλόμορφων γονιδίων ενός οργανισμού. Φαινότυπος είναι το σύνολο των χαρακτήρων του, όπως η εξωτερική εμφάνιση και η βιοχημική του σύσταση, και αποτελεί την έκφραση του γονότυπου.
6. Όταν τα αλληλόμορφα έχουν σχέση επικρατούς και υπολειπόμενου, το επικρατές καλύπτει την έκφραση του υπολειπόμενου. Έτσι το ομόζυγο για το επικρατές και το ετερόζυγο άτομο έχουν τον ίδιο φαινότυπο.
7. Τέσσερα. Κάθε μεταφασικό χρωμόσωμα έχει δύο αδελφές χρωματίδες, άρα δύο πανομοιότυπα αντίγραφα του αλληλόμορφου που φέρει. Τα δύο ομόλογα έχουν μαζί τέσσερα γονίδια, που αντιστοιχούν σε δύο αλληλόμορφα.
8. Όταν το άτομο είναι ομόζυγο για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο. Αν το γονίδιο είναι φυλοσύνδετο, εκδηλώνεται και σε κάθε αρσενικό άτομο που το φέρει στο μοναδικό του Χ.
9. Επικρατή: καλύπτουν την έκφραση του αλληλόμορφού τους (ψηλό φυτό στο μοσχομπίζελο). Υπολειπόμενα: εκφράζονται μόνο σε ομόζυγη κατάσταση (κοντό φυτό). Ατελώς επικρατή: το ετερόζυγο έχει ενδιάμεσο φαινότυπο (χρώμα άνθους στο σκυλάκι). Συνεπικρατή: στο ετερόζυγο εκφράζονται και τα δύο (I^A και I^B). Πολλαπλά αλληλόμορφα: τρία ή περισσότερα για μια γενετική θέση (I^A, I^B, i). Θνησιγόνα: σε ομόζυγη κατάσταση προκαλούν πρόωρο θάνατο. Ανάλογα με το χρωμόσωμα: αυτοσωμικά (αλφισμός) και φυλοσύνδετα (αιμορροφιλία Α).

Θεωρία: Οι νόμοι του Mendel

1. Κατά τον σχηματισμό των γαμετών τα δύο αλληλόμορφα γονίδια διαχωρίζονται, επειδή διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα στη μείωση, και κάθε γαμέτης παίρνει το ένα. Οι απόγονοι προκύπτουν από τον τυχαίο συνδυασμό των γαμετών.
2. Ένα διάγραμμα στο οποίο συνδυάζονται τυχαία όλοι οι γαμέτες των δύο γονέων. Από αυτό προκύπτουν οι γονότυποι των απογόνων και οι γονοτυπικές και φαινοτυπικές αναλογίες.
3. Μονοϋβριδισμού είναι οι διασταυρώσεις στις οποίες μελετάται ο τρόπος κληρονόμησης ενός χαρακτήρα. Διυβριδισμού είναι εκείνες στις οποίες μελετώνται δύο χαρακτήρες ταυτόχρονα, που ελέγχονται από δύο διαφορετικά ζεύγη γονιδίων.
4. Η διασταύρωση ατόμου άγνωστου γονότυπου με άτομο ομόζυγο για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο. Ο Mendel διασταύρωσε ψηλά φυτά άγνωστου γονότυπου με κοντά (ψψ). Αν όλοι οι απόγονοι είναι ψηλοί, το ψηλό φυτό είναι ομόζυγο (ΨΨ). Αν προκύψουν ψηλοί και κοντοί σε αναλογία 1 : 1, είναι ετερόζυγο (Ψψ).
5. Τα άτομα της πατρικής γενιάς να είναι αμιγή, ώστε η F1 να είναι ετερόζυγη και για τα δύο ζεύγη. Σε κάθε ζεύγος το ένα αλληλόμορφο να είναι επικρατές και το άλλο υπολειπόμενο. Τα δύο γονίδια να βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Να μην υπάρχουν θνησιγόνα αλληλόμορφα και οι απόγονοι να είναι πολλοί.
6. Τέσσερις: ΑΑΒΒ (1 είδος γαμετών: ΑΒ), ΑΑΒβ (2: ΑΒ, Αβ), ΑαΒΒ (2: ΑΒ, αΒ) και ΑαΒβ (4: ΑΒ, Αβ, αΒ, αβ).
7. Είναι ετερόζυγος για δύο ζεύγη, άρα $2^2 = 4$ είδη: ΑΒΓ, ΑΒγ, αΒΓ, αΒγ, σε ίσες αναλογίες. Ένα μεμονωμένο κύτταρο που μειώνεται δίνει μόνο δύο από αυτά τα είδη.
8. Κάθε κύτταρο δίνει 4 γαμέτες, άρα 800 συνολικά. Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Mendel, προκύπτουν τέσσερα είδη σε ίσες αναλογίες: περίπου 200 ΚΛ, 200 Κλ, 200 κΛ και 200 κλ.
9. Είναι ετερόζυγος για τρία ζεύγη (Ββ, Γγ, Δδ), άρα $2^3 = 8$ είδη: ΑΒΓΔε, ΑΒΓδε, ΑΒγΔε, ΑΒγδε, ΑβΓΔε, ΑβΓδε, ΑβγΔε, Αβγδε.
10. ΧΥΒβ: ΧΒ, Χβ, ΥΒ, Υβ, σε αναλογία 1 : 1 : 1 : 1. ΧΧΓγ: ΧΓ, Χγ, σε αναλογία 1 : 1. $Χ^{Α}Χ^{α}$Ββ: $Χ^{Α}$Β, $Χ^{Α}$β, $Χ^{α}$Β, $Χ^{α}$β, σε αναλογία 1 : 1 : 1 : 1.

Θεωρία: Όταν οι αναλογίες αλλάζουν

1. Όταν τα γονίδια είναι ατελώς επικρατή ή συνεπικρατή (1 : 2 : 1 αντί για 3 : 1). Όταν υπάρχουν πολλαπλά αλληλόμορφα. Όταν υπάρχουν θνησιγόνα αλληλόμορφα (2 : 1). Όταν το γονίδιο είναι φυλοσύνδετο, οπότε οι αναλογίες διαφέρουν στα δύο φύλα. Όταν δύο γονίδια βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα. Και όταν οι απόγονοι είναι λίγοι.
2. Στα ατελώς επικρατή το ετερόζυγο έχει φαινότυπο ενδιάμεσο των δύο ομόζυγων, π.χ. ροζ άνθη. Στα συνεπικρατή εκφράζονται στο ετερόζυγο και τα δύο αλληλόμορφα, ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, π.χ. αντιγόνα Α και Β στην ομάδα ΑΒ.
3. Στις διασταυρώσεις με ατελώς επικρατή ή συνεπικρατή γονίδια. Το ετερόζυγο άτομο έχει δικό του φαινότυπο, διαφορετικό από των ομόζυγων, οπότε σε κάθε γονότυπο αντιστοιχεί ένας φαινότυπος. Το ίδιο συμβαίνει στη διασταύρωση ελέγχου ετερόζυγου ατόμου (Αα × αα).

4. Με τρία ή περισσότερα αλληλόμορφα, που μπορεί να έχουν μεταξύ τους διαφορετικές σχέσεις (επικρατή, συνεπικρατή), οι δυνατοί γονότυποι και φαινότυποι είναι περισσότεροι. Π.χ. $I^Ai \times I^Bi$ δίνει τέσσερις φαινοτύπους σε αναλογία 1 : 1 : 1 : 1.
5. Το γονίδιο Ι έχει τρία αλληλόμορφα. Τα I^A και I^B κωδικοποιούν τα ένζυμα που σχηματίζουν τα αντιγόνα Α και Β αντίστοιχα, ενώ το i δεν κωδικοποιεί κανένα ένζυμο. Τα I^A και I^B είναι συνεπικρατή μεταξύ τους και επικρατή έναντι του i.
6. α)Έξι: ΑΑ, αα, α΄α΄, Αα, Αα΄, αα΄.
   β) Στα θηλυκά οι ίδιοι έξι συνδυασμοί πάνω στα δύο Χ. Στα αρσενικά τρεις: X^AY, $X^\alpha Y$, $X^{\alpha'}Y$. Σύνολο εννέα.
7. Το θνησιγόνο αλληλόμορφο σε ομόζυγη κατάσταση προκαλεί σοβαρές βλάβες που οδηγούν σε πρόωρο θάνατο, συχνά πριν από τη γέννηση.Έτσι η αντίστοιχη κατηγορία λείπει και η αναλογία αλλάζει.
8. Αυτοσωμικό υπολειπόμενο γονίδιο: Αα × Αα δίνει και αα. Φυλοσύνδετο υπολειπόμενο: $X^AX^\alpha \times X^AY$ δίνει γιο $X^\alpha Y$. Ατελώς επικρατή: ροζ × ροζ δίνει κόκκινα και λευκά. Συνεπικρατή και πολλαπλά αλληλόμορφα: ΑΒ × ΑΒ δίνει Α και Β, ή Α × Α (I^Ai) δίνει Ο. Αυτοσωμικό επικρατές: δύο ετερόζυγοι που πάσχουν αποκτούν υγιές παιδί. Διυβριδισμός: ΑαΒβ × ΑαΒβ δίνει νέους συνδυασμούς ιδιοτήτων. Τέλος, μια νέα μετάλλαξη.

Θεωρία: Άνθρωπος, γενεαλογικά δέντρα, φυλοσύνδετα γονίδια

1. Όχι. Οι απόγονοι κάθε ζευγαριού είναι λίγοι, οπότε δεν γίνεται στατιστική ανάλυση. Κάθε γενιά διαρκεί πολύ, περίπου 20 έως 30 χρόνια. Και δεν μπορούν να γίνουν κατευθυνόμενες διασταυρώσεις, ανάλογες με εκείνες του Mendel.
2. Είναι η διαγραμματική απεικόνιση των μελών μιας οικογένειας για πολλές γενιές, στην οποία φαίνονται οι γάμοι, η σειρά των γεννήσεων, το φύλο των ατόμων και ο φαινότυπός τους ως προς έναν χαρακτήρα. Μας επιτρέπει να βρούμε τον τρόπο κληρονόμησης ενός χαρακτήρα ή μιας ασθένειας και τους γονότυπους των μελών, και να προβλέψουμε την πιθανότητα εμφάνισής του στους απογόνους. Αξιοποιείται στη γενετική καθοδήγηση.
3. Όταν είναι ετερόζυγο για ένα υπολειπόμενο παθολογικό αλληλόμορφο.Έχει φυσιολογικό φαινότυπο, αλλά μπορεί να μεταβιβάσει το αλληλόμορφο στους απογόνους του.
4. Τα άτομα με κοινούς προγόνους είναι πιθανότερο να έχουν κληρονομήσει τα ίδια υπολειπόμενα αλληλόμορφα, παθολογικά ή θνησιγόνα, σε σχέση με μη συγγενικά άτομα.Έτσι είναι πιθανότερο να αποκτήσουν ομόζυγο παιδί. Ο γάμος μεταξύ συγγενών συμβολίζεται με διπλή οριζόντια γραμμή.
5. Αυτοσωμικός υπολειπόμενος: δύο φορείς της β-θαλασσαιμίας (Ββ × Ββ) αποκτούν παιδί ββ με πιθανότητα 1/4. Φυλοσύνδετος υπολειπόμενος: γυναίκα φορέας αιμορροφιλίας Α και υγιής άνδρας ($X^AX^\alpha \times X^AY$) αποκτούν γιο $X^\alpha Y$.
6. α) Αρκεί το αρσενικό να φέρει το υπολειπόμενο αλληλόμορφο στο Χ του, αφού το Υ δεν έχει αντίστοιχο αλληλόμορφο.
   β) Το θηλυκό πρέπει να είναι ομόζυγο για το υπολειπόμενο, δηλαδή να το έχει και στα δύο Χ.
7. Μόνο για τα θηλυκά, που έχουν δύο Χ και άρα δύο αλληλόμορφα. Τα αρσενικά έχουν ένα Χ και ένα μόνο αλληλόμορφο, οπότε δεν χαρακτηρίζονται ούτε ομόζυγα ούτε ετερόζυγα.

8. Ο νόμος ισχύει μόνο για γονίδια που βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Τα φυλοσύνδετα γονίδια βρίσκονται όλα στο ίδιο χρωμόσωμα, το Χ, και επομένως μεταβιβάζονται μαζί.
9. Αρσενικά: $X^{A}Y$ φυσιολογικό, $X^{\alpha}Y$ πάσχει. Θηλυκά: $X^{A}X^{A}$ φυσιολογικό, $X^{A}X^{\alpha}$ φυσιολογικό και φορέας, $X^{\alpha}X^{\alpha}$ πάσχει.
10. Όλες οι κόρες παίρνουν το X^{α} του πατέρα τους. Αν η μητέρα είναι $X^{A}X^{A}$, είναι όλες φορείς. Αν η μητέρα είναι φορέας ($X^{A}X^{\alpha}$), οι μισές κόρες είναι φορείς και οι άλλες μισές πάσχουν. Άρα όχι απαραίτητα: καμία κόρη δεν είναι ελεύθερη από το παθολογικό αλληλόμορφο, αλλά κάποιες μπορεί να πάσχουν.

Ασκήσεις

1. Έστω Ε το αλληλόμορφο για τους ελεύθερους λοβούς, που επικρατεί του ε για τους προσκολλημένους. Το γονίδιο είναι αυτοσωμικό.
   α) Το αγόρι έχει γονότυπο εε και πήρε ένα ε από κάθε γονέα. Οι γονείς έχουν ελεύθερους λοβούς, άρα είναι και οι δύο **Εε**.
   β) Εε × Εε δίνει 1 ΕΕ : 2 Εε : 1 εε. Πιθανότητα για προσκολλημένους λοβούς 1/4 και για αγόρι 1/2, άρα για αγόρι με προσκολλημένους λοβούς 1/2 × 1/4 = 1/8. Για δύο τέτοια παιδιά στη σειρά: 1/8 × 1/8 = **1/64**. Κάθε γέννηση είναι ανεξάρτητο γεγονός.
2. Έστω Α το φυσιολογικό αλληλόμορφο και α του αλφισμού. Η γυναίκα είναι αα. Το αλφικό παιδί (αα) πήρε ένα α και από τον πατέρα, που είναι φυσιολογικός, άρα **Αα**.
   αα × Αα δίνει 1 Αα : 1 αα.
   α) Φυσιολογικό παιδί: **1/2**.
   β) Αλφικό και κορίτσι: 1/2 × 1/2 = **1/4**.
3. Έστω Κ το φυσιολογικό αλληλόμορφο και κ το παθολογικό.
   α) Ο γιος είναι κκ, άρα και οι δύο γονείς έχουν το κ. Αφού είναι υγιείς, είναι **Κκ** (φορείς). Γαμέτες Κ, κ από τον καθένα. Απόγονοι: 1 ΚΚ : 2 Κκ : 1 κκ, δηλαδή 3 υγιείς : 1 που πάσχει. Η κόρη είναι ΚΚ ή Κκ.
   β) **1/4**, όπως σε κάθε γέννηση.
   γ) Η κόρη είναι υγιής, άρα αποκλείεται το κκ. Από τους τρεις υγιείς συνδυασμούς οι δύο είναι Κκ: **2/3**.
4. Το ιώδες (Ι) επικρατεί του λευκού (ι). Αν το αρχικό φυτό ήταν ετερόζυγο (Ιι), λευκά άνθη θα είχαν εμφανιστεί ήδη από την πρώτη αυτογονιμοποίηση, στο 1/4 των απογόνων. Αφού για 8 γενιές όλοι οι απόγονοι είχαν ιώδη άνθη, το στέλεχος ήταν αμιγές (ΙΙ), και ΙΙ × ΙΙ δεν μπορεί να δώσει ιι.
   Η πιθανότερη εξήγηση είναι μια **μετάλλαξη** του Ι σε ι. Η μετάλλαξη έδωσε πρώτα ετερόζυγο φυτό (Ιι), με ιώδη άνθη, και από την αυτογονιμοποίησή του προέκυψε το φυτό ιι.
5. Στην τρίτη διασταύρωση δύο μαύροι γονείς δίνουν και λευκούς απογόνους, άρα το μαύρο (Μ) επικρατεί του λευκού (μ) και το γονίδιο είναι αυτοσωμικό.
   1η: όλοι οι απόγονοι μαύροι. Ο λευκός γονέας είναι μμ και ο μαύρος κατά πάσα πιθανότητα **ΜΜ**. Αν ήταν Μμ, θα περιμέναμε και λευκούς απογόνους, κάτι πολύ απίθανο να μη συμβεί σε 14 γεννήσεις.
   2η: αναλογία περίπου 1 : 1, άρα **Μμ × μμ**.
   3η: αναλογία 3 : 1, άρα **Μμ × Μμ**.
6. Στο σκυλάκι τα αλληλόμορφα K^{1} (κόκκινο) και K^{2} (λευκό) είναι ατελώς επικρατή. Για να δώσει λευκούς απογόνους ($K^{2}K^{2}$) χωρίς να είναι το ίδιο λευκό, το φυτό είναι ετερόζυγο, $K^{1}K^{2}$, με ροζ άνθη. $K^{1}K^{2}$ × $K^{1}K^{2}$ δίνει 1 κόκκινο : 2 ροζ : 1 λευκό. Τα 35 λευκά είναι το 1/4, άρα αναμένονται **35 κόκκινα** και **70 ροζ** (σύνολο 140).

7. α) Οι απόγονοι έχουν ενδιάμεσο φαινότυπο, άρα τα αλληλόμορφα $Λ^1$ (λευκό) και $Λ^2$ (μαύρο) είναι ατελώς επικρατή. Το αποτέλεσμα είναι ίδιο όποιος γονέας κι αν είναι μαύρος, άρα το γονίδιο είναι αυτοσωμικό. Οι γκρίζοι είναι $Λ^1Λ^2$.
   β) $Λ^1Λ^2 \times Λ^1Λ^2$ δίνει 1 λευκό : 2 γκρίζα : 1 μαύρο. Από 80 απογόνους: **20 λευκοί, 40 γκρίζοι, 20 μαύροι**.
   γ) $Λ^1Λ^2 \times Λ^2Λ^2$ δίνει **1 γκρίζο : 1 μαύρο**.

8. Το γκρι είναι ενδιάμεσος φαινότυπος: τα αλληλόμορφα T^1 (λευκό) και T^2 (μαύρο) είναι ατελώς επικρατή και τα γκρι άτομα είναι T^1T^2.
   Λευκό × γκρι: $T^1T^1 \times T^1T^2$ δίνει 1 λευκό : 1 γκρι (21 : 19).
   Μαύρο × γκρι: $T^2T^2 \times T^1T^2$ δίνει 1 μαύρο : 1 γκρι (23 : 24).
   Γκρι × γκρι: $T^1T^2 \times T^1T^2$ δίνει **1 λευκό : 2 γκρι : 1 μαύρο**.

9. α) Στην 3η διασταύρωση δύο διαφορετικοί φαινότυποι δίνουν μόνο έναν τρίτο, ενδιάμεσο. Άρα τα αλληλόμορφα $Σ^1$ (σφαιρικό) και $Σ^2$ (επίμηκες) είναι **ατελώς επικρατή**, οι γονείς της 3ης είναι ομόζυγοι ($Σ^2Σ^2 \times Σ^1Σ^1$) και τα ωοειδή είναι $Σ^1Σ^2$. Το επιβεβαιώνουν η 1η ($Σ^1Σ^1 \times Σ^1Σ^2$, αναλογία 1 : 1) και η 2η ($Σ^2Σ^2 \times Σ^1Σ^2$, αναλογία 1 : 1).
   β) $Σ^1Σ^2 \times Σ^1Σ^2$ δίνει 1 σφαιρικό : 2 ωοειδή : 1 επίμηκες. Από 240: **60 σφαιρικά, 120 ωοειδή, 60 επιμήκη**. Ισχύει ο πρώτος νόμος του Mendel, αφού μελετάται ένας χαρακτήρας.

10. Ο Πέτρος είναι ii. Πήρε ένα i από κάθε βιολογικό γονέα του. Η Ελένη είναι επομένως I^Bi. Ο Κώστας είναι I^AI^B και δεν έχει το αλληλόμορφο i.
    Συμπεράσματα: ο Κώστας **δεν μπορεί να είναι ο βιολογικός πατέρας** του Πέτρου, και **δεν μπορεί να γίνει δότης**, αφού ο Πέτρος χρειάζεται αίμα ομάδας Ο.

11. Η Σοφία πήρε i από τον πατέρα της (ii), άρα είναι I^Bi. Ο Δημήτρης πήρε i από τον πατέρα του, άρα είναι I^Ai.
    $I^Bi \times I^Ai$ δίνει I^AI^B, I^Ai, I^Bi, ii, δηλαδή ομάδες ΑΒ, Α, Β, Ο σε αναλογία 1 : 1 : 1 : 1.
    α) Ομάδα Ο: **1/4**.
    β) Κορίτσι ομάδας ΑΒ: 1/2 × 1/4 = **1/8**.

12. α) Ββ × Ββ δίνει 1 ΒΒ : 2 Ββ : 1 ββ. Τα ββ δεν επιζούν, οπότε μένουν **2 με βραχυφαλαγγία : 1 με κανονικά δάχτυλα**.
    β) Από τα παιδιά που επιζούν, το **1/3**.
    γ) ΒΒ × Ββ δίνει **1 με κανονικά δάχτυλα : 1 με βραχυφαλαγγία**.

13. Κίτρινα × κίτρινα δίνουν και γκρίζα, άρα τα κίτρινα είναι ετερόζυγα. Η αναλογία όμως είναι 2 : 1 και όχι 3 : 1, πράγμα που δείχνει **θνησιγόνο γονίδιο**: τα ομόζυγα για το αλληλόμορφο του κίτρινου δεν επιζούν.
    Έστω Υ το αλληλόμορφο του κίτρινου και υ του γκρίζου. Κίτρινα: Υυ. Γκρίζα: υυ. Τα ΥΥ πεθαίνουν.
    Κίτρινα × γκρίζα: Υυ × υυ δίνει 1 Υυ : 1 υυ (48 : 51).
    Κίτρινα × κίτρινα: Υυ × Υυ δίνει 1 ΥΥ (δεν επιζεί) : 2 Υυ : 1 υυ, δηλαδή 2 κίτρινα : 1 γκρίζο (62 : 30).

14. Λείο (Λ) επικρατεί του ρυτιδωμένου (λ), κίτρινο (Κ) του πράσινου (κ). Ισχύει ο δεύτερος νόμος του Mendel, οπότε κάθε χαρακτήρας λύνεται χωριστά.
    Λλ × Λλ: 3/4 λεία, 1/4 ρυτιδωμένα. Κκ × Κκ: 3/4 κίτρινα, 1/4 πράσινα.
    α) Ρυτιδωμένα κίτρινα: 1/4 × 3/4 = **3/16**.
    β) Λεία πράσινα: 3/4 × 1/4 = **3/16**.
    γ) Αναλογία 9 : 3 : 3 : 1. Από 320: **180 λεία κίτρινα, 60 λεία πράσινα, 60 ρυτιδωμένα κίτρινα, 20 ρυτιδωμένα πράσινα**.

15. Η οικογενής υπερχοληστερολαιμία οφείλεται σε αυτοσωμικό επικρατές αλληλόμορφο (Υ). Το υγιές αγόρι ομάδας Ο είναι ii υυ. Άρα η μητέρα είναι I^Ai Υυ και ο πατέρας ii υυ.
    Ομάδα Α: I^Ai × ii δίνει 1/2. Ασθένεια: Υυ × υυ δίνει 1/2. Κορίτσι: 1/2.
    Πιθανότητα: 1/2 × 1/2 × 1/2 = **1/8**.

16. Εξετάζω κάθε χαρακτήρα χωριστά.
    Φύλλα: 362 μεγάλα και 118 μικρά, δηλαδή 3 : 1. Το μεγάλο (Μ) επικρατεί του μικρού (μ) και οι γονείς είναι Μμ × Μμ.
    Άνθη: 240 ροζ, 120 λευκά, 120 κόκκινα, δηλαδή 1 : 2 : 1. Ατελώς επικρατή αλληλόμορφα, γονείς K^1K^2 × K^1K^2.
    Και οι δύο γονείς είναι **ΜμK^1K^2**: μεγάλα φύλλα, ροζ άνθη. Η αναμενόμενη αναλογία 6 : 3 : 3 : 2 : 1 : 1 (180 : 90 : 90 : 60 : 30 : 30) συμφωνεί με τα αποτελέσματα.

17. Ψηλό (Ψ) επικρατεί του κοντού (ψ), ιώδες (Ι) του λευκού (ι).
    Ύψος: 92 ψηλά και 90 κοντά, δηλαδή 1 : 1, άρα Ψψ × ψψ. Άνθη: 89 ιώδη και 93 λευκά, δηλαδή 1 : 1, άρα Ιι × ιι.
    Η αναλογία 1 : 1 : 1 : 1 προκύπτει με δύο τρόπους: **ΨψΙι × ψψιι** ή **Ψψιι × ψψΙι**.

18. α) Γονότυπος ΑαΒβ$X^\Delta X^\delta$. Είναι ετερόζυγη για τρία ζεύγη σε διαφορετικά χρωμοσώματα: 2^3 = **8** είδη (ΑBX^Δ, ΑBX^δ, ΑβX^Δ, ΑβX^δ, αBX^Δ, αBX^δ, αβX^Δ, αβX^δ).
    β) Τα φυλετικά χρωμοσώματα Χ και Υ διαχωρίζονται στη μείωση όπως ένα ζεύγος ομόλογων. Επίσης **8** είδη: οι τέσσερις συνδυασμοί ΑΒ, Αβ, αΒ, αβ με X^δ ή με Υ.

19. Το γονίδιο είναι φυλοσύνδετο υπολειπόμενο: X^Δ φυσιολογικό, X^δ παθολογικό.
    α) Η κόρη είναι $X^\delta X^\delta$. Πήρε ένα X^δ από τον πατέρα, που είναι **X^δΥ**, και ένα από τη μητέρα. Η γιαγιά είναι $X^\Delta X^\Delta$, οπότε η μητέρα πήρε από αυτήν X^Δ και το X^δ από τον πατέρα της. Άρα η μητέρα είναι **$X^\Delta X^\delta$** και ο παππούς **X^δΥ**.
    β) $X^\Delta X^\delta$ × X^δΥ δίνει $X^\Delta X^\delta$, $X^\delta X^\delta$, X^ΔΥ, X^δΥ σε ίσες αναλογίες. Αγόρι με φυσιολογική όραση: **1/4**.
    γ) Πάσχουν τα $X^\delta X^\delta$ και X^δΥ: **1/2**.

20. Κάνω δύο **αμοιβαίες διασταυρώσεις**: θηλυκό κόκκινο × αρσενικό λευκό, και θηλυκό λευκό × αρσενικό κόκκινο.
    Αν το γονίδιο είναι αυτοσωμικό, οι δύο διασταυρώσεις δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα και δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε αρσενικούς και θηλυκούς απογόνους.
    Αν είναι φυλοσύνδετο, τα αποτελέσματα διαφέρουν. Π.χ. αν το κόκκινο επικρατεί: $X^\kappa X^\kappa$ (λευκό) × X^KΥ (κόκκινο) δίνει όλα τα θηλυκά κόκκινα και όλα τα αρσενικά λευκά, ενώ η αμοιβαία διασταύρωση ($X^K X^K$ × X^κΥ) δίνει όλους τους απογόνους κόκκινους.

21. Οι φαινότυποι διαφέρουν ανάμεσα στα δύο φύλα, άρα το γονίδιο είναι **φυλοσύνδετο**. Τα θηλυκά έχουν και τα δύο χρώματα, άρα τα αλληλόμορφα $X^{Π}$ (πορτοκαλί) και $X^{Μ}$ (μαύρο) είναι **συνεπικρατή**. $X^{Π}X^{Π}$ × $X^{Μ}Y$ δίνει θηλυκά $X^{Π}X^{Μ}$ (μικτό τρίχωμα) και αρσενικά $X^{Π}Y$ (πορτοκαλί), σε αναλογία 1 : 1. Τα αρσενικά έχουν ένα Χ, γι' αυτό δεν εμφανίζουν ποτέ μικτό τρίχωμα.

22. Το παιδί ομάδας Ο (ii) δείχνει ότι οι γονείς είναι $I^{Β}i$ και $I^{Α}i$. Γονότυποι: $I^{Β}i\ X^{Δ}X^{δ}$ × $I^{Α}i\ X^{Δ}Y$.
α) Ομάδες αίματος: ΑΒ, Α, Β, Ο σε αναλογία 1 : 1 : 1 : 1. Όραση: όλα τα κορίτσια βλέπουν φυσιολογικά (τα μισά φορείς), ενώ από τα αγόρια τα μισά έχουν αχρωματοψία. Κάθε ομάδα αίματος συνδυάζεται με κάθε περίπτωση όρασης.
β) Ομάδα ΑΒ 1/4. Αγόρι με αχρωματοψία ($X^{δ}Y$) 1/4. Πιθανότητα: 1/4 × 1/4 = **1/16**.

23. Β φυσιολογικό, β της β-θαλασσαιμίας (αυτοσωμικό). $X^{Α}$ φυσιολογικό, $X^{α}$ της αιμορροφιλίας (φυλοσύνδετο).
α) Το αγόρι είναι ββ $X^{α}Y$. Πήρε β από κάθε γονέα και το $X^{α}$ από τη μητέρα. Γονείς: μητέρα **Ββ $X^{Α}X^{α}$**, πατέρας **Ββ $X^{Α}Y$**.
β) Κορίτσια: παίρνουν όλα $X^{Α}$ από τον πατέρα, άρα κανένα δεν έχει αιμορροφιλία: **0%**. Αγόρια: αιμορροφιλία 1/2, β-θαλασσαιμία 1/4, άρα 1/2 × 1/4 = 1/8, δηλαδή **12,5%** των αγοριών.
γ) Κορίτσι 1/2, φορέας αιμορροφιλίας ($X^{Α}X^{α}$) 1/2, φορέας β-θαλασσαιμίας (Ββ) 1/2: **1/8**.

24. Φτερά: στα θηλυκά 91 κανονικά : 29 ζαρωμένα, στα αρσενικά 90 : 30. Αναλογία 3 : 1 και στα δύο φύλα, άρα το γονίδιο είναι **αυτοσωμικό**, το κανονικό (Φ) επικρατεί του ζαρωμένου (φ) και οι γονείς είναι Φφ × Φφ.
Μάτια: όλα τα θηλυκά κόκκινα, ενώ στα αρσενικά 60 κόκκινα : 60 λευκά. Η αναλογία διαφέρει στα δύο φύλα, άρα το γονίδιο είναι **φυλοσύνδετο**, με το κόκκινο ($X^{Κ}$) επικρατές του λευκού ($X^{κ}$). Τα αρσενικά παίρνουν το Χ από τη μητέρα, που είναι $X^{Κ}X^{κ}$. Ο πατέρας είναι $X^{Κ}Y$, αφού όλα τα θηλυκά έχουν κόκκινα μάτια.
Γονείς: **Φφ $X^{Κ}X^{κ}$ × Φφ $X^{Κ}Y$**, και οι δύο με κόκκινα μάτια και κανονικά φτερά.

25. Κ φυσιολογικό, κ αχρωματοψία στο κυανό (αυτοσωμικό). $X^{Δ}$ φυσιολογικό, $X^{δ}$ αχρωματοψία στο πράσινο και το κόκκινο (φυλοσύνδετο). Χρησιμοποιώ διαφορετικά γράμματα για τα δύο γονίδια.
α) Η κόρη είναι κκ, άρα και οι δύο γονείς έχουν το κ: Κκ. Ο γιος είναι $X^{δ}Y$ και πήρε το $X^{δ}$ από τη μητέρα. Μητέρα **Κκ $X^{Δ}X^{δ}$**, πατέρας **Κκ $X^{Δ}Y$**. Κόρη: κκ $X^{Δ}X^{Δ}$ ή κκ $X^{Δ}X^{δ}$. Γιος: ΚΚ $X^{δ}Y$ ή Κκ $X^{δ}Y$.
β) Αγόρι με $X^{δ}$: 1/4. Αχρωματοψία στο κυανό (κκ): 1/4. Πιθανότητα: 1/4 × 1/4 = **1/16**.
γ) Κορίτσια: **3 φυσιολογικά : 1 με αχρωματοψία στο κυανό**. Αγόρια: **3 φυσιολογικά : 3 με αχρωματοψία στο πράσινο και το κόκκινο : 1 με αχρωματοψία στο κυανό : 1 με τις δύο**.

26. Ε ελεύθεροι λοβοί, ε προσκολλημένοι (αυτοσωμικό υπολειπόμενο).
α) Τα άτομα με προσκολλημένους λοβούς είναι εε: Ι4, ΙΙ1, ΙΙΙ2. Οι Ι1 και Ι2 έχουν παιδί εε, άρα είναι Εε. Οι ΙΙ3 και ΙΙ4 έχουν παιδί εε, άρα είναι Εε. Η ΙΙ5 έχει μητέρα εε, άρα είναι Εε. Οι ΙΙ2 και ΙΙΙ1 είναι ΕΕ ή Εε. Ο Ι3 είναι ΕΕ ή Εε.
β) Ο ΙΙΙ1 έχει ελεύθερους λοβούς και γονείς Εε × Εε: από τους συνδυασμούς ΕΕ, Εε, Εε είναι ετερόζυγος με πιθανότητα **2/3**.
γ) εε × Εε δίνει 1 Εε : 1 εε. Κορίτσι με προσκολλημένους λοβούς: 1/2 × 1/2 = **1/4**.

27. Η αιμορροφιλία Α οφείλεται σε φυλοσύνδετο υπολειπόμενο γονίδιο. Το δέντρο **δεν** μπορεί να την αφορά, για δύο λόγους. Η Ι1 πάσχει, άρα θα ήταν ομόζυγη και όλοι οι γιοι της θα έπασχαν, όμως ο ΙΙ2 είναι υγιής. Και η ΙΙΙ1 πάσχει ενώ ο πατέρας της, ΙΙ4, είναι υγιής.
Οι υγιείς ΙΙ3 και ΙΙ4 έχουν παιδί που πάσχει, άρα το γονίδιο είναι υπολειπόμενο. Αφού δεν είναι φυλοσύνδετο, είναι **αυτοσωμικό υπολειπόμενο**.
Με Α φυσιολογικό και α παθολογικό: Ι1 αα, Ι2 Αα (έχει παιδί αα), ΙΙ1 αα, ΙΙ2 Αα, ΙΙ3 Αα, ΙΙ4 Αα, ΙΙΙ1 αα, ΙΙΙ2 ΑΑ ή Αα.

28. α)Ότι το άτομο παράγει κανονικά τη χρωστική, δηλαδή δεν εμφανίζει τον αλφισμό, ανεξάρτητα από το αν είναι ομόζυγο ή φορέας.
β) Οι υγιείς Ι1 και Ι2 έχουν παιδί που πάσχει, άρα το γονίδιο είναι **υπολειπόμενο**. Η ΙΙ1 πάσχει ενώ ο πατέρας της είναι υγιής, άρα είναι αυτοσωμικό.
γ) Με Α φυσιολογικό και α του αλφισμού: Ι1 Αα, Ι2 Αα, ΙΙ1 αα, ΙΙ2 Αα και ΙΙ3 Αα (έχουν παιδί αα), ΙΙΙ1 αα, ΙΙΙ2 ΑΑ ή Αα.
δ) Η ΙΙΙ2 είναι υγιής με γονείς Αα × Αα, άρα είναι Αα με πιθανότητα 2/3. Αν είναι Αα, με αλφικό σύζυγο (αα) το παιδί είναι αλφικό με πιθανότητα 1/2. Συνολικά: 2/3 × 1/2 = **1/3**.

29. Ασθένεια 1: X^A φυσιολογικό, $X^α$ παθολογικό. Ασθένεια 2: Ν παθολογικό (επικρατές), ν φυσιολογικό.
α) Ασθένεια 1: Ι1 $X^αY$, Ι2 X^AX^A ή $X^AX^α$, ΙΙ1 $X^AX^α$ (πήρε $X^α$ από τον πατέρα της), ΙΙ2 $X^αY$, ΙΙΙ1 $X^αY$, ΙΙΙ2 $X^αX^α$, ΙΙΙ3 $X^AX^α$.
Ασθένεια 2: Ι1 νν, Ι2 ΝΝ ή Νν, ΙΙ1 Νν (ο πατέρας της είναι νν), ΙΙ2 νν, ΙΙΙ1 νν, ΙΙΙ2 Νν, ΙΙΙ3 νν.
β) $X^AX^α$ × $X^αY$: ένα κορίτσι είναι $X^αX^α$ με πιθανότητα 1/2. Νν × νν: πάσχει με πιθανότητα 1/2. Και οι δύο ασθένειες: 1/2 × 1/2 = **1/4**.
γ) Για οποιοδήποτε παιδί, αγόρι ή κορίτσι, η πιθανότητα για την ασθένεια 1 είναι 1/2 και για τη 2 είναι 1/2, άρα 1/4. Τα διζυγωτικά δίδυμα προέρχονται από διαφορετικά ζυγωτά, άρα είναι ανεξάρτητα γεγονότα: 1/4 × 1/4 = **1/16**.

30. X^A φυσιολογικό, $X^α$ παθολογικό.
α) Άνδρες που πάσχουν, $X^αY$: Ι1, ΙΙ5, ΙΙΙ1. Υγιείς άνδρες, X^AY: ΙΙ1, ΙΙ3, ΙΙΙ4. Φορείς, $X^AX^α$: ΙΙ2, ΙΙ4, ΙΙΙ5. Η ΙΙΙ3 πάσχει: $X^αX^α$. Η Ι2 είναι X^AX^A ή $X^AX^α$, αφού έχει υγιή γιο και οι κόρες της πήραν το $X^α$ από τον πατέρα τους. Η ΙΙΙ2 είναι X^AX^A ή $X^AX^α$.
β) ΙΙΙ1 × ΙΙΙ5: $X^αY$ × $X^AX^α$. Κόρες: μισές φορείς, μισές πάσχουν. Γιοι: μισοί υγιείς, μισοί πάσχουν.
ΙΙΙ4 × ΙΙΙ3: X^AY × $X^αX^α$.Όλες οι κόρες υγιείς και φορείς, όλοι οι γιοι πάσχουν.