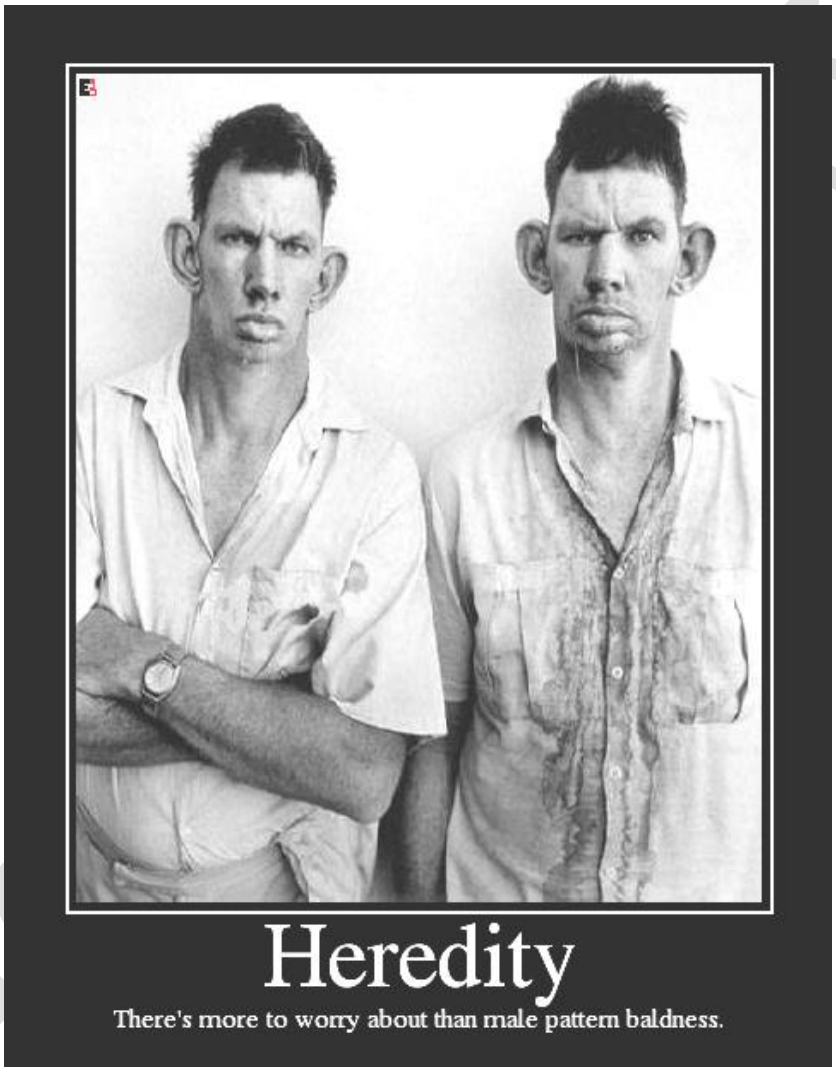
Μενδελική κληρονομικότητα



5ο κεφάλαιο

Περιεχόμενα

από σελίδα

- Απαντήσεις στις ερωτήσεις του σχολικού βιβλίου 181
- **Μεθοδολογία ασκήσεων** **187**

- 5.1 **Μονοϋβριδισμός** 190
  - → 5.1 Α Αυτοσωμικός τύπος μονοϋβριδισμού με σχέση αλληλομόρφων επικρατούς - υπολειπομένου 190
  - → 5.1 Β Αυτοσωμικός τύπος μονοϋβριδισμού με σχέση αλληλομόρφων συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας 196
- 5.2 **Διϋβριδισμός** 201
  - → 5.2 Α Αυτοσωμικός τύπος διϋβριδισμού με σχέση αλληλομόρφων επικρατούς - υπολειπομένου 203
  - → 5.2 Β Αυτοσωμικός τύπος διϋβριδισμού με σχέση αλληλομόρφων επικρατούς - υπολειπομένου και συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας 209
  - → 5.2 Γ Αυτοσωμικός τύπος διϋβριδισμού με σχέση αλληλομόρφων συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας 212
  - → 5.2 Δ Διϋβριδισμός με ένα αυτοσωμικό και ένα φυλοσύνδετο γονίδιο 213
- 5.3 **Άλλες κατηγορίες γονιδίων** 218
  - → 5.3 Α Πολλαπλά αλληλόμορφα 218
  - → 5.3 Β Θνησιγόνα γονίδια 221
  - → 5.3 Γ Γενεαλογικά δέντρα 229

- Ερωτήσεις κλειστού τύπου: 229
  - → πολλαπλής επιλογής, σωστού - λάθους, αντιστοίχισης, ταξινόμησης
- Ερωτήσεις ανοικτού τύπου: 253
  - → ανάκλησης, κρίσης - συνδυασμού - σύγκρισης
- Ασκήσεις - προβλήματα 259

Απαντήσεις των ερωτήσεων του σχολικού βιβλίου

Οι εκφωνήσεις των ερωτήσεων βρίσκονται στο σχολικό βιβλίο, στις σελίδες 87 και 88.
Οι απαντήσεις δίνονται όπως ακριβώς είναι γραμμένες στο επίσημο βιβλίο του καθηγητή, στις σελίδες 65 έως και 73.

1. Τα γονίδια που βρίσκονται στην ίδια γενετική θέση των ομόλογων χρωμοσωμάτων και ελέγχουν την ίδια ιδιότητα ονομάζονται αλληλόμορφα. Ένα άτομο που έχει ίδια αλληλόμορφα γονίδια για μια συγκεκριμένη ιδιότητα ονομάζεται ομόζυγο, ενώ αν έχει δύο διαφορετικά, ονομάζεται ετερόζυγο. Ένα επικρατές γονίδιο καλύπτει την έκφραση του υπολειπόμενου. Το σύνολο των αλληλόμορφων γονιδίων ενός οργανισμού αναφέρεται ως γονότυπος.

2. Εάν στο μοσχομπίζελο διασταυρώσουμε αμιγή φυτά με λείο και κίτρινα σπέρματα (γονότυπος ΛΛΚΚ) με αμιγή φυτά που έχουν ρυτιδωμένα και πράσινα σπέρματα (γονότυπος λλκκ), όλοι οι απόγονοι θα έχουν λείο και κίτρινα σπέρματα. Εάν, στη συνέχεια, διασταυρώσουμε τα φυτά της F_1 (γονότυπος ΛλΚκ) μεταξύ τους, θα παρατηρήσουμε τέσσερις τύπους σπερμάτων στη F_2 γενιά: λείο και κίτρινα, λείο και πράσινα, ρυτιδωμένα και κίτρινα, καθώς και ρυτιδωμένα και πράσινα σε αναλογία 9:3:3:1. Αυτό συμβαίνει, επειδή το γονίδιο που ελέγχει ένα χαρακτήρα δεν επηρεάζει τη μεταβίβαση του γονιδίου που ελέγχει έναν άλλο χαρακτήρα (τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων). Ο ανεξάρτητος διαχωρισμός των γονιδίων γίνεται, επειδή τα χρωμοσώματα κάθε γονέα συνδυάζονται με τυχαίο τρόπο κατά τη δημιουργία των γαμετών και κάθε γονέας παράγει ίσο αριθμό γαμετών τεσσάρων διαφορετικών τύπων: ΛΚ, Λκ, λΚ και λκ.

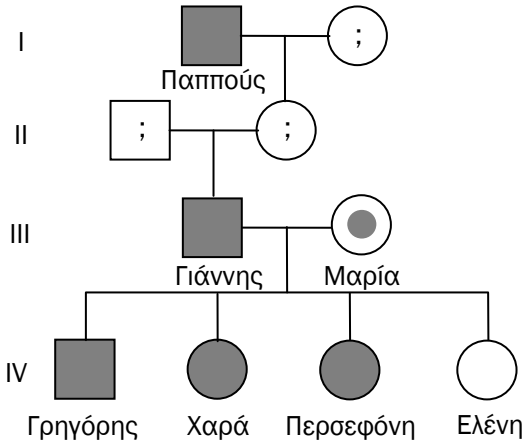
3. Επειδή ο καφέ ποντικός διασταυρώνεται πολλές φορές με το λευκό και όλοι οι απόγονοι του είναι καφέ, βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα: Το γονίδιο για το καφέ χρώμα είναι επικρατές (Κ) και το γονίδιο για το λευκό χρώμα είναι υπολειπόμενο (κ). Οι ποντικοί που διασταυρώνονται είναι ομόζυγοι (ΚΚ x κκ). Οι καφέ απόγονοι είναι ετερόζυγοι (Κκ), επομένως:
   α. από τους ποντικούς της F_2 γενιάς, καφέ θα είναι οι 75% (Κκ x Κκ → 1/4 ΚΚ, 2/4 Κκ, 1/4 κκ. Φαινότυποι: 3/4 καφέ, 1/4 λευκοί).
   β. Για να διαπιστώσουμε εάν ένας καφέ ποντικός είναι ομόζυγος ή ετερόζυγος θα κάνουμε διασταύρωση ελέγχου διασταυρώνοντάς τον πολλές φορές με λευκό ποντικό. Εάν όλοι οι απόγονοι είναι καφέ, τότε είναι ομόζυγος (ΚΚ x κκ > Κκ. Φαινότυποι: καφέ), ενώ εάν είναι

4ο ΓΕΛ ΝΙΚΑΙΑΣ

ετερόζυγος, θα δώσει λευκούς και καφέ απογόνους σε αναλογία 1:1 (Κκ x κκ → 1/2 Κκ, 1/2 κκ. Φαινότυποι: 1/2 καφέ, 1/2 λευκοί).

4. Η σωστή απάντηση είναι η β.
5. Η σωστή απάντηση είναι η β.
6. Σωστή απάντηση είναι η ε που καλύπτει όλες τις πιθανές περιπτώσεις επειδή ο γονότυπος των γονέων είναι άγνωστος.
7. 1 → γ, 2 → α, 3 → β.

8. α. Γενεαλογικό δένδρο (βλ. σχήμα).



β. Η Χαρά και η Περσεφόνη πάσχουν, επειδή έχουν γονότυπο $X^{\alpha}X^{\alpha}$ (με X^{α} συμβολίζουμε το γονίδιο της αιμορροφιλίας και X^{A} το φυσιολογικό αλληλόμορφο). Το ένα X^{α} το κληρονόμησαν από τον πατέρα τους (Γιάννη) και το άλλο από τη μητέρα τους (Μαρία).

γ. Η πιθανότητα ένας γιος της Χαράς να είναι αιμορροφιλικός είναι 100%.

δ. Η πιθανότητα ένας γιος της Ελένης να είναι αιμορροφιλικός είναι 50%.

ε. Η πιθανότητα μία κόρη της Ελένης να είναι αιμορροφιλική εξαρτάται από το σύζυγο της. Αν αυτός είναι αιμορροφιλικός τότε υπάρχει 50% πιθανότητα (μεταξύ των κοριτσιών) η κόρη τους να είναι αιμορροφιλική, ενώ αν δεν είναι, τότε η πιθανότητα να αποκτήσουν αιμορροφιλική κόρη είναι 0%.

(Σημείωση: Τα άτομα που σημειώνονται με ερωτηματικό στο γενεαλογικό δένδρο έχουν άγνωστο γονότυπο και φαινότυπο. Η μητέρα του Γιάννη έχει γονότυπο $X^{A}X^{\alpha}$ ή $X^{\alpha}X^{\alpha}$, δηλαδή φέρει τουλάχιστον ένα X^{α} που κληρονόμησε από τον πατέρα της.)

9. Στην F_2 γενιά η φαινοτυπική αναλογία των απογόνων είναι 9 : 3 : 3 : 1, μόνο όταν:

α. Ο κάθε χαρακτήρας που εξετάζουμε ελέγχεται από αλληλόμορφα γονίδια, από τα οποία το ένα είναι επικρατές και το άλλο είναι υπολειπόμενο.

β. Τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, ώστε το γονίδιο του ενός χαρακτήρα να μην επηρεάζει τη μεταβίβαση του γονιδίου του άλλου χαρακτήρα.

γ. Ο ένας ή και οι δύο χαρακτήρες δεν ελέγχονται από φυλοσύνδετα γονίδια.

δ. Οι χαρακτήρες που εξετάζουμε είναι μονογονιδιακοί.

ε. Οι χαρακτήρες ελέγχονται από γονίδια που εδράζονται στο DNA του πυρήνα.

Η αναλογία 9:3:3:1 αλλάζει όταν:

α. Τα αλληλόμορφα γονίδια που ελέγχουν τον ένα ή και τους δύο χαρακτήρες είναι ατελώς επικρατή ή συνεπικρατή.

β. Τα γονίδια βρίσκονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων.

γ. Ο ένας ή και οι δύο χαρακτήρες ελέγχονται από φυλοσύνδετα γονίδια,

δ. Οι χαρακτήρες ελέγχονται από γονίδια που εδράζονται στο DNA των μιτοχονδρίων ή των χλωροπλαστών.

ε. Ο ένας ή και οι δύο χαρακτήρες ελέγχονται από πολλαπλά ή θνησιγόνα αλληλόμορφα.

στ. Έχει συμβεί μετάλλαξη.

10. Η μερική αχρωματοψία ελέγχεται από υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο. Ένα υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο εκφράζεται φαινοτυπικά σε όλα τα αρσενικά άτομα που φέρουν το γονίδιο αλλά μόνο σε εκείνα τα θηλυκά που είναι ομόζυγα για το υπολειπόμενο γονίδιο. Συνεπώς, τα υπολειπόμενα φυλοσύνδετα γονίδια εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα σε αρσενικά άτομα και πάρα πολύ σπάνια σε θηλυκά.

11. Έστω α το αυτοσωμικό γονίδιο για την υπολειπόμενη ασθένεια και Α το φυσιολογικό αλληλόμορφό του. Επειδή ο Δημοσθένης και η Ευτέρπη είναι υγιείς αλλά φορείς της αυτοσωμικής υπολειπόμενης ασθένειας, θα έχουν γονότυπο Αα.

Γονείς	Απόγονοι
Αα x Αα	1/4 ΑΑ, 2/4 Αα, 1/4 αα.
	3/4 υγιείς (φυσιολογικοί και φορείς), 1/4 ασθενείς.

Σύμφωνα με τη στατιστική, κάθε κύηση είναι ένα «ανεξάρτητο γεγονός», που δε σχετίζεται με το αποτέλεσμα προηγούμενων κυήσεων. Η θεωρητικά αναμενόμενη πιθανότητα γέννησης παιδιού που θα έχει την αυτοσωμική υπολειπόμενη ασθένεια είναι 25%.

12. Ας θεωρήσουμε: X^{α} το υπολειπόμενο φυλοσύνδετο γονίδιο που είναι υπεύθυνο για την αχρωματοψία, καθώς και X^{A} το φυσιολογικό αλληλόμορφο του για την κανονική όραση. Επίσης ας θεωρήσουμε I^{B} το γονίδιο για την ομάδα αίματος Β και I το υπολειπόμενο αλληλόμορφο για την ομάδα αίματος Ο.

Επειδή τα αρσενικά άτομα έχουν ένα Χ χρωμόσωμα και ο πατέρας έχει κανονική όραση θα έχει γονότυπο $X^{A}Y$. Τα θηλυκά άτομα έχουν δύο Χ χρωμοσώματα και η μητέρα έχει κανονική όραση. Επομένως θα έχει το φυσιολογικό X^{A} γονίδιο στο ένα από τα δύο Χ χρωμοσώματά της.

Επειδή και οι δύο γονείς έχουν ομάδα αίματος Β θα έχουν από ένα (τουλάχιστον) γονίδιο I^{B}.

Το παιδί του ζευγαριού αυτού έχει αχρωματοψία, επομένως έχει το X^{α} υπολειπόμενο γονίδιο που είναι υπεύθυνο για αυτήν, το οποίο μπορεί να έχει κληρονομήσει μόνο από τη μητέρα του, της

4ο ΓΕΛ ΝΙΚΑΙΑΣ

οποίας ο γονότυπος θα είναι X^AX^α. Το παιδί από τον πατέρα του δεν μπορεί να έχει πάρει το X^A γονίδιο, επειδή δεν έχει κανονική όραση. Επομένως θα έχει πάρει το χρωμόσωμα Y και θα είναι αγόρι με γονότυπο $X^\alpha Y$.

Το παιδί έχει ομάδα αίματος Ο και ο γονότυπος του είναι ii. Τα δύο i γονίδια τα πήρε το ένα από τον πατέρα του και το άλλο από τη μητέρα του.

Επομένως, οι γονότυποι των ατόμων είναι:

Γονότυπος πατέρα: $I^Bi\ X^AY$

Γονότυπος μητέρας: $I^Bi\ X^AX^\alpha$

Γονότυπος παιδιού: $ii\ X^\alpha Y$.

13. Έστω α το γονίδιο για την κυστική ίνωση και Α το φυσιολογικό αλληλόμορφο του.

Επειδή απέκτησαν παιδί με κυστική ίνωση (γονότυπος αα), είναι και οι δύο φορείς με γονότυπο Αα.

Γονείς	Απόγονοι
Αα x Αα	1/4 ΑΑ, 2/4 Αα, 1/4 αα.
	3/4 υγιείς (φυσιολογικοί και φορείς), 1/4 ασθενείς.

Με βάση τον πρώτο νόμο του Mendel δύο αντίγραφα του γονιδίου για την κυστική ίνωση θα υπάρχουν σε αναλογία 1/4 (ή 4/16 ζυγωτά). Ένα αντίγραφο του γονιδίου για την κυστική ίνωση και ένα φυσιολογικό γονίδιο θα υπάρχει σε αναλογία 2/4 (ή 8/16 ζυγωτά). Οι αναλογίες αυτές είναι οι θεωρητικά αναμενόμενες και επειδή τα 16 ζυγωτά που σχηματίστηκαν είναι λίγα σε αριθμό, μπορεί να έχουμε απόκλιση.

14. Από τα τέσσερα γενεαλογικά δένδρα είναι εμφανές ότι κάθε ασθενές άτομο έχει ένα τουλάχιστον ασθενή γονέα, καθώς και ότι η ασθένεια προσβάλλει τόσο αρσενικά όσο και θηλυκά άτομα.

Από τη μελέτη του β γενεαλογικού δένδρου φαίνεται ότι δύο ασθενείς γονείς (I_1 και I_2) αποκτούν υγιή παιδιά (II_1 και II_4). Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το αλληλόμορφο που είναι υπεύθυνο για την αχονδροπλασία είναι επικρατές, και το συμβολίζουμε με Α, ενώ το φυσιολογικό αλληλόμορφο είναι υπολειπόμενο, και το συμβολίζουμε με α. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται και από τη διαπίστωση ότι υγιείς γονείς (II_1 και II_2) αποκτούν υγιές παιδί (III_1).

Από τη μελέτη του γ γενεαλογικού δένδρου φαίνεται ότι από υγιή πατέρα (II_3) και ασθενή μητέρα (II_2) γεννιέται κορίτσι με αχονδροπλασία (III_1). Αν το γονίδιο ήταν φυλοσύνδετο, ο πατέρας θα έπρεπε να είχε γονότυπο $X^\alpha Y$, και να ήταν ασθενής. Αυτό δεν ισχύει, άρα συμπεραίνουμε ότι το γονίδιο είναι αυτοσωμικό. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται από τη μελέτη του δένδρου β, όπου φαίνεται ότι από ασθενή μητέρα (I_1) γεννιέται αγόρι υγιές (II_1).

15.

α. Η PKU οφείλεται σε υπολειπόμενο γονίδιο και κληρονομείται ως αυτοσωμικός χαρακτήρας. Παρατηρούμε ότι το άτομο 10 πάσχει από PKU, ενώ οι γονείς του δεν πάσχουν. Συνεπώς, κληρονόμησε το ένα γονίδιο για την PKU από τον πατέρα του και το άλλο από την μητέρα του, οι οποίοι είναι φορείς. Αν το γονίδιο ήταν επικρατές, θα έπασχε τουλάχιστον ο ένας από τους γονείς. Αν το γονίδιο ήταν φυλοσύνδετο, ο πατέρας του θα έπασχε από PKU.

β. Έστω α το γονίδιο για την PKU και Α το φυσιολογικό αλληλόμορφο του. Για κάθε άτομο της οικογένειας έχουμε τους ακόλουθους πιθανούς γονοτύπους:

1,4,10	→	αα (επειδή πάσχουν από PKU)
2	→	Αα (επειδή γέννησε το άτομο 4 → αα)
5,7	→	Αα (επειδή ο πατέρας τους 1 → αα)
6	→	Αα (επειδή γέννησε το άτομο 10 → αα)
3,9,11	→	ΑΑ ή Αα
8	→	Αα (επειδή ο πατέρας του 4 → αα).

γ.

Γονείς	Απόγονοι
Αα x Αα	1/4 ΑΑ, 2/4 Αα, 1/4 αα.
	3/4 υγιείς (φυσιολογικοί και φορείς), 1/4 ασθενείς.

Επειδή κάθε κύηση είναι ένα «ανεξάρτητο γεγονός», που δε σχετίζεται με το αποτέλεσμα προηγούμενων κυήσεων, η θεωρητικά αναμενόμενη πιθανότητα γέννησης ενός 4ου παιδιού που θα πάσχει από PKU είναι 25%.

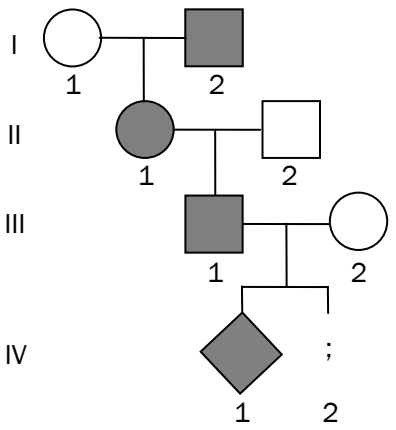
16. Συμβολίζουμε με Α το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για διπλή σειρά βλεφαρίδων και με α το αλληλόμορφο που είναι υπεύθυνο για φυσιολογικές βλεφαρίδες. Αφού ο Γιώργος, η μητέρα του και ο πατέρας της είναι τα μοναδικά άτομα της οικογένειας που εμφανίζουν διπλή σειρά βλεφαρίδων, συμπεραίνουμε ότι ο Γιώργος και η μητέρα του είναι ετερόζυγοι για την ιδιότητα αυτή, με γονότυπο Αα. Συμπεραίνουμε επίσης ότι τα υπόλοιπα άτομα της οικογένειας έχουν φυσιολογικές βλεφαρίδες, όπως η γυναίκα του Γιώργου, και είναι ομόζυγα για την ιδιότητα αυτή, με γονότυπο αα. Η πιθανότητα να έχει το δεύτερο παιδί του Γιώργου και της γυναίκας του διπλές βλεφαρίδες φαίνεται από τη διασταύρωση:

Γονείς	Απόγονοι
Αα x αα	1/2 Αα (διπλή σειρά βλεφαρίδων), 1/2 αα (φυσιολογικές βλεφαρίδες)

40 ΓΕΛ ΝΙΚΑΙΑΣ

Επειδή κάθε κύηση είναι ένα «ανεξάρτητο γεγονός», που δε σχετίζεται με το αποτέλεσμα άλλων κυήσεων, η πιθανότητα να εμφανίζει διπλές βλεφαρίδες το δεύτερο παιδί του Γιώργου και της γυναίκας του είναι 1/2 ή 50%.

Στο γενεαλογικό δένδρο της οικογένειας (βλέπε σχήμα), ο Γιώργος είναι το άτομο III_1.



17. Έστω Α το φυσιολογικό αλληλόμορφο για την ακοή, και α το αλληλόμορφο για την κώφωση. Έστω Β το φυσιολογικό αλληλόμορφο και β το υπεύθυνο για την φαινυλκετονουρία. Η διασταύρωση συνεπώς είναι: ΑαΒβ x ΑαΒβ.

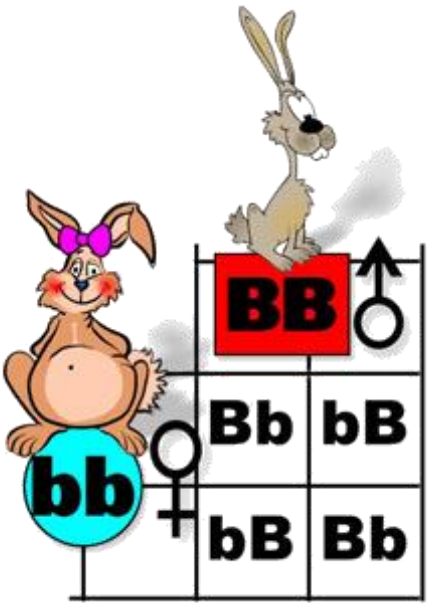
α. Τα φυσιολογικά παιδιά έχουν γονότυπο Α-Β-. Τα παιδιά αυτά αντιπροσωπεύουν τα 9/16 των απογόνων αυτού του γάμου.

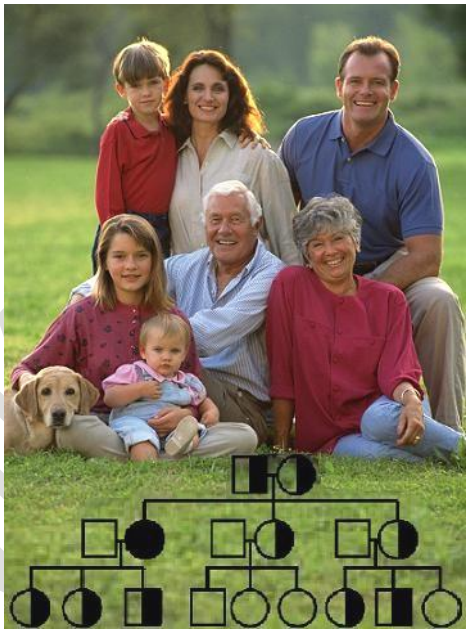
β. Φυσιολογικά παιδιά που είναι ομόζυγα για μία γονιδιακή θέση είναι τα: ΑαΒΒ και ΑΑΒβ. Καθένα από αυτά αντιπροσωπεύει τα 2/16 των απογόνων άρα συνολικά τα 4/16 των απογόνων.

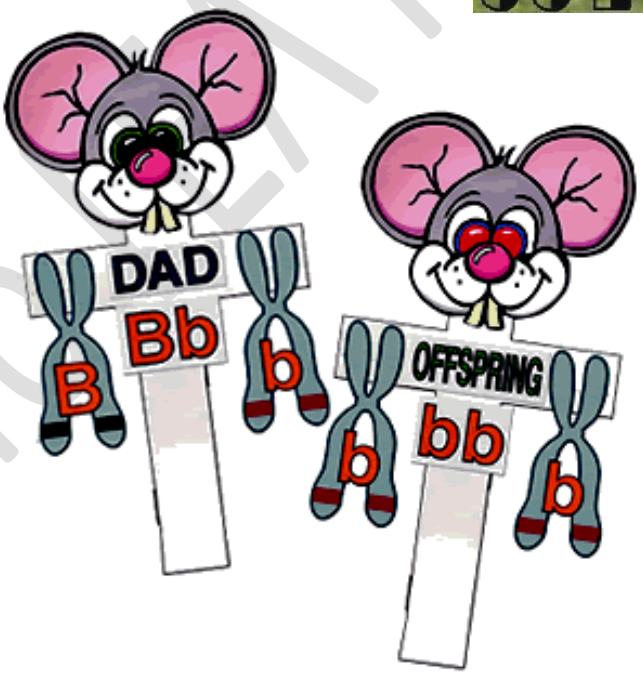
γ. Φυσιολογικό παιδί ετερόζυγο και για τις δύο θέσεις είναι το: ΑαΒβ. Τέτοια παιδιά αντιπροσωπεύουν τα 4/16 των απογόνων.

δ. Παιδί που πάσχει και από τα δυο νοσήματα είναι γονοτύπου: ααββ. Τα παιδιά αυτά αντιπροσωπεύουν το 1/16 των απογόνων.

Μεθοδολογία ασκήσεων







Μενδελική κληρονομικότητα

ΓΙΑ ΝΑ ΛΥΣΕΤΕ ΜΙΑ ΑΣΚΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ:

- **Πρέπει να γνωρίζετε** τα δεδομένα του ακόλουθου πίνακα.

Γονίδια με γνωστό από τη θεωρία τύπο κληρονομικότητας		
Χαρακτήρας, ιδιότητα, γνώρισμα	**Σχέση αλληλομόρφων**	
	Επικρατές	**Υπολειπόμενο**
Μοσχομπίζελο (*Pisum sativum*)		
1. **Σχήμα σπέρματος**	Λείο (Λ)	Ρυτιδωμένο (λ)
2. **Χρώμα σπέρματος**	Κίτρινο (Κ)	Πράσινο (κ)
3. **Χρώμα άνθους**	Ιώδες (Ι)	Λευκό (ι)
4. **Σχήμα καρπού**	Κανονικό (Κ)	Περισφιγμένο (κ)
5. **Χρώμα καρπού**	Πράσινο (Π)	Κίτρινο (π)
6. **Θέση ανθέων**	Αξονικά (Α)	Ακραία (α)
7. **Ύψος φυτού**	Ψηλό (Ψ)	Κοντό (ψ)
Φυτό **σκυλάκι** (*Antirrhinum*)		
8. **Χρώμα ανθέων**	**Ατελώς επικρατή**	
	Κόκκινο (Κ)	Λευκό (Λ)
Άνθρωπος		
Αυτοσωμική μονογονιδιακή κληρονομικότητα – **απλά** αλληλόμορφα *(δύο στον πληθυσμό)*		
9. **Σχήμα λοβών**	Ελεύθεροι (Ε)	Προσκολλημένοι (ε)
10. **Γραμμή τριχοφυΐας**	Με κορυφή (Κ)	Χωρίς κορυφή (κ)
11. **β αλυσίδες αιμοσφαιρίνης**	Φυσιολογικές – Υγιής (Β)	Τροποποιημένες – Ασθενής με **Δρεπανοκυτταρική αναιμία** (β^s)
12. **Μεταβολισμός του αμινοξέος φαινυλαλανίνη**	Φυσιολογικός – Υγιής (Φ)	Μη φυσιολογικός – Ασθενής με **Φαινυλκετονουρία** (φ) 1. Έλλειψη ενζύμου
13. **Παραγωγή της χρωστικής μελανίνη**	Φυσιολογική – Υγιής (Μ)	Μη φυσιολογική – Ασθενής με **Αλφισμό** (μ) 2. Έλλειψη ενζύμου
14. **Λειτουργία ανοσοποιητικού συστήματος**	Επάρκεια – Υγιής (Υ)	Ανεπάρκεια – Ασθενής με **ADA** (υ) 3. Έλλειψη ενζύμου
15. **Λειτουργία επιθηλιακών κυττάρων πνεύμονα**	Φυσιολογική – Υγιής (Φ)	Μη φυσιολογική – Ασθενής με **Κυστική ίνωση** (φ) 4. Έλλειψη πρωτεΐνης
16. **Μεταβολισμός της χοληστερόλης**	Μη φυσιολογικός – Ασθενής με **Οικογενή υπερχοληστερολαιμία** (Υ)	Φυσιολογικός – Υγιής (υ)
Αυτοσωμική μονογονιδιακή κληρονομικότητα – **πολλαπλά** αλληλόμορφα *(τρία ή περισσότερα στον πληθυσμό)*		
17. **Ομάδες αίματος**	**Συνεπικρατή**	**Υπολειπόμενο**
	Αντιγόνο Α (I^A) = Αντιγόνο Β (I^B)	Κανένα αντιγόνο (i) 5. Έλλειψη ενζύμου
18. **Παραγωγή β αλυσίδων αιμοσφαιρίνης**	Φυσιολογική – Υγιής (Β)	Μη φυσιολογική – Ασθενής με **β-θαλασσαιμία** (β)
Φυλοσύνδετη μονογονιδιακή κληρονομικότητα – **απλά** αλληλόμορφα *(δύο στον πληθυσμό)*		
19. **Πήξη αίματος**	Φυσιολογική – Υγιής (X^A)	Μη φυσιολογική – Ασθενής με **Αιμορροφιλία Α** (X^α) 6. Έλλειψη αντιαιμορροφιλικού παράγοντα IIIV
20. **Όραση – διάκριση στο πράσινο και στο κόκκινο**	Ικανότητα όρασης – Υγιής (X^Δ)	Ικανότητα όρασης – Ασθενής με **Μερική αχρωματοψία** (X^δ)
Αυτοσωμική μη μονογονιδιακή κληρονομικότητα *(δύο ζεύγη αλληλομόρφων για την ίδια ιδιότητα)*		
21. **Παραγωγή α αλυσίδων αιμοσφαιρίνης**	Φυσιολογική – Υγιής	Μη φυσιολογική – Ασθενής με **α-θαλασσαιμία**

- **Πρέπει να διαβάσετε προσεκτικά την εκφώνηση**, ώστε να διακρίνετε (άμεσα ή έμμεσα) τα ακόλουθα:

Α. Τον **αριθμό** των **γνωρισμάτων** που μελετά η άσκηση, δηλαδή αν είναι:
- ✓ μονοϋβριδισμός, διϋβριδισμός κ.ά.

Β. Τη **σχέση** των **αλληλομόρφων γονιδίων**, δηλαδή αν είναι:
- ✓ επικρατούς – υπολειπόμενου, συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας.

Γ. Τη **θέση** των **γονιδίων**, δηλαδή αν είναι:
- ✓ φυλοσύνδετα ή αυτοσωμικά.

Δ. **Πιθανές εκτροπές** από φυσιολογικά αναμενόμενες φαινοτυπικές αναλογίες, δηλαδή κάποια ειδική περίπτωση, π.χ. θνησιγόνα γονίδια.

- Για το σκοπό αυτό οδηγείστε από τα δεδομένα της άσκησης.

πόσα;

Α. Για τον **αριθμό των γνωρισμάτων**:
- ✓ από το πλήθος των χαρακτήρων – ιδιοτήτων που αναφέρεται ή
- ✓ από το πλήθος ή και την αναλογία των φαινοτύπων (ΦΑ).

σχέση;

Β. Για τη **σχέση των αλληλομόρφων γονιδίων**:
- ✓ από το πλήθος ή και την αναλογία των φαινοτύπων (ΦΑ).

θέση;

Γ. Για τη **θέση των γονιδίων**:
- ✓ από την αναλογία των φύλων ή αν αναφέρεται η άσκηση στα φύλα.

εκτροπή;

Δ. Για τις **πιθανές εκτροπές**:
- ✓ από το πλήθος των φαινοτύπων και από τις τυχόν αποκλίσεις που έχουμε από τις φυσιολογικά αναμενόμενες αναλογίες φαινοτύπων (ΦΑ).

- **Ταξινομείτε** την άσκηση, για όσα από τα σημεία **Α**, **Β**, **Γ**, **Δ σας επιτρέπουν τα δεδομένα**.
  → **Διερευνάτε** για όποιο γνώρισμα υπάρχουν ελλιπή δεδομένα.
- **Συμβολίζετε** τα γνωρίσματα.
  → Ο κατάλληλος συμβολισμός «λύνει» κατά 90% !!! την άσκηση.
- **Πραγματοποιείτε τη διασταύρωση** και ελέγχετε, αν τα αποτελέσματά σας (ΦΑ, ΓΑ) συμφωνούν-**επιβεβαιώνουν τα δεδομένα της άσκησης**.

ΣΕΙΡΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ

1. Συμβολίζετε με ανάλογα γράμματα την κάθε ιδιότητα, με βάση τα όσα θα αναφερθούν για το συμβολισμό των γονιδίων.
2. Γράφετε όλες τις διασταυρώσεις που πρέπει να γίνουν, βάσει της άσκησης.
3. Για κάθε διασταύρωση ξεχωριστά γράφετε:

   ΓΑ = γονοτυπική αναλογία

   ΦΑ = φαινοτυπική αναλογία

Ρ φαινότυποι:
Ρ γονότυποι (2n):
Μείωση → γαμέτες (n):

$ΓΑ_{F1}$ =
$ΦΑ_{F1}$ =

F_1 φαινότυποι:
F_1 γονότυποι (2n):
Μείωση → γαμέτες (n):

F_2 γονότυποι (2n):

$ΦΑ_{F2}$ =
$ΓΑ_{F2}$ =

5.1 ΜΟΝΟΫΒΡΙΔΙΣΜΟΣ

- Είναι η μελέτη του τρόπου κληρονόμησης **μιας μόνο ιδιότητας**. Στις διασταυρώσεις μονοϋβριδισμού **ισχύει ο πρώτος νόμος του Μέντελ** ή νόμος του διαχωρισμού των αλληλομόρφων γονιδίων.
- **Τύποι κληρονομικότητας** με κριτήριο τη σχέση και τη θέση των αλληλομόρφων γονιδίων:

	Επικρατής – υπολειπόμενος		
Αυτοσωμικός	A > α	$X^A > X^α$	**Φυλοσύνδετος**
	A = B ή $K^1 = K^2$	$X^A = X^B$ ή $X^{K1} = X^{K2}$	
	Συνεπικρατής ή ατελώς επικρατής		

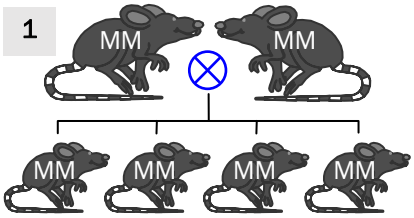
5.1. Α ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΟΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣ – ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟΣ

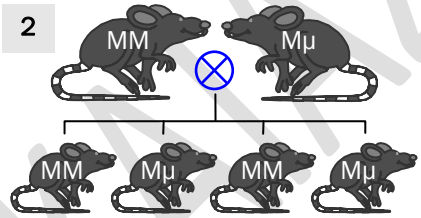
- Το γονίδιο που ελέγχει μια επικρατή ιδιότητα **συμβολίζεται** με **κεφαλαίο γράμμα** (συνήθως το πρώτο γράμμα της λέξης ιδιότητας), ενώ αν ελέγχει μια υπολειπόμενη ιδιότητα συμβολίζεται με το αντίστοιχο **μικρό γράμμα** της επικρατούς ιδιότητας.

ΟΙ 6 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ

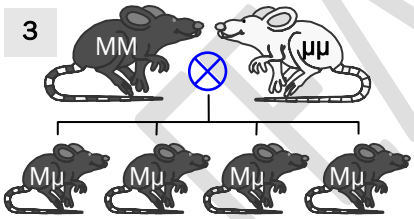
- **Παράδειγμα:** Στα ινδικά χοιρίδια ένα ζευγάρι αλληλομόρφων γονιδίων (Μ, μ) καθορίζει το χρώμα του τριχώματος. Το αλληλόμορφο **Μ** είναι υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα τριχώματος και το αλληλόμορφο **μ** για το άσπρο χρώμα. Το μαύρο χρώμα επικρατεί του άσπρου (Μ > μ).

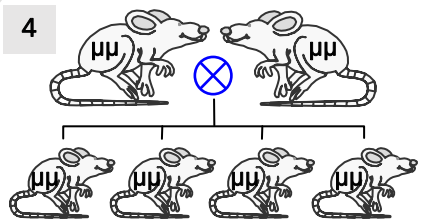
	Διασταυρώσεις	Αναμενόμενες αναλογίες στους απογόνους			
No	Γονότυποι	Γονότυποι	ΓΑ	Φαινότυποι	ΦΑ
1	ΜΜ ⊗ ΜΜ	όλα ΜΜ	1	όλα μαύρα	1
2	ΜΜ ⊗ Μμ	1/2 ΜΜ: 1/2 Μμ	1 : 1	όλα μαύρα	1



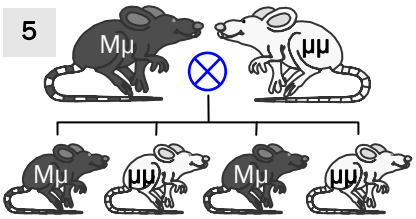


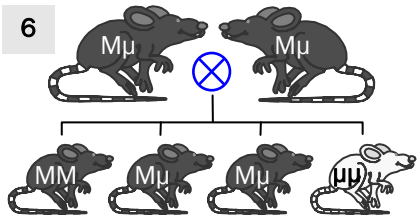
	Διασταυρώσεις	Αναμενόμενες αναλογίες στους απογόνους			
No	Γονότυποι	Γονότυποι	ΓΑ	Φαινότυποι	ΦΑ
3	ΜΜ ⊗ μμ	όλα Μμ	1	όλα μαύρα	1
4	μμ ⊗ μμ	όλα μμ	1	όλα άσπρα	1





	Διασταυρώσεις	Αναμενόμενες αναλογίες στους απογόνους			
No	Γονότυποι	Γονότυποι	ΓΑ	Φαινότυποι	ΦΑ
5	Μμ ⊗ μμ	1/2 Μμ : 1/2 μμ	1 : 1	1/2 μαύρα : 1/2 άσπρα	**1 : 1**
6	Μμ ⊗ Μμ	1/4 ΜΜ : 2/4 Μμ : 1/4 μμ	**1:2:1**	3/4 μαύρα : 1/4 άσπρα	**3 : 1**





ΔΟ ΤΕΛΙΚΑΛΑΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (Νόμοι !!!): 💣

1. Για να εκδηλωθεί μια υπολειπόμενη ιδιότητα (άσπρο) θα πρέπει τα γονίδια που ελέγχουν την ιδιότητα αυτή (μ) να είναι σε ομόζυγη κατάσταση (μμ). [**No 4, 5, 6**]

2. Για να εκδηλωθεί μια επικρατής ιδιότητα (μαύρο) θα πρέπει τα γονίδια που ελέγχουν την ιδιότητα αυτή (Μ) να είναι, είτε σε ομόζυγη (ΜΜ), είτε σε ετερόζυγη κατάσταση (Μμ).

3. Όταν **διασταυρώνονται δυο άτομα**, τα οποία έχουν **διαφορετικούς φαινοτύπους** και εμφανίζονται **απόγονοι μόνο με τον ένα** από τους δυο φαινότυπους, τότε **ο φαινότυπος** των απογόνων **είναι επικρατής** και **οι γονείς είναι αμιγείς**. [**No 3**]

4. Όταν κατά τη διασταύρωση δυο ατόμων παρουσιάζονται στους απογόνους δυο φαινότυποι, σε αναλογία **1:1**, τότε το ένα άτομο είναι **ομόζυγο για το υπολειπόμενο γνώρισμα (μμ) και το άλλο είναι ετερόζυγο (Μμ)** (ισχύει και αντίστροφα). [**No 5**]

5. Όταν κατά τη διασταύρωση δυο ατόμων παρουσιάζονται στους απογόνους δυο φαινότυποι, σε αναλογία **3:1**, τότε **τα άτομα που διασταυρώθηκαν είναι ετερόζυγα (Μμ)** (ισχύει και αντίστροφα) και **ο φαινότυπος των περισσοτέρων απογόνων είναι ο επικρατής.** [**No 6**]

6. Όταν **διασταυρώνονται δυο άτομα**, τα οποία έχουν τον **ίδιο φαινότυπο**, και εμφανίζονται **απόγονοι**, τόσο **με το φαινότυπο των αρχικών ατόμων**, όσο **και με κάποιον άλλο φαινότυπο**, τότε **ο φαινότυπος των αρχικών ατόμων είναι επικρατής** και **οι γονείς είναι ετερόζυγοι**. [**No 6**]

7. Κατά το μονοϋβριδισμό, στον επικρατή τύπο κληρονομικότητας, παίρνουμε στους απογόνους **το πολύ 3 γονότυπους** και **2 φαινότυπους**. [**No 5, 6**]

Άσκηση 5.1.1 **Το χρώμα τριχώματος στα ινδικά χοιρίδια ελέγχεται από αυτοσωμικά αλληλόμορφα γονίδια και το αλληλόμορφο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα επικρατεί του αλληλόμορφου για το άσπρο. Διασταυρώνουμε μαύρο ομόζυγο ινδικό χοιρίδιο με άσπρο ομόζυγο. Τα άτομα της F_1 τα διασταυρώνουμε μεταξύ τους. Ποιοι είναι οι απόγονοι;**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός:

Μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα,

μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το άσπρο χρώμα, όπου Μ > μ.

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

Ρ φαινότυποι:	μαύρο		άσπρο
Ρ γονότυποι (2n):	ΜΜ	⊗	μμ
Μείωση → γαμέτες (n):	Μ		μ
$ΓΑ_{F1}$ =	όλα Μμ		
$ΦΑ_{F1}$ =	όλα μαύρα		

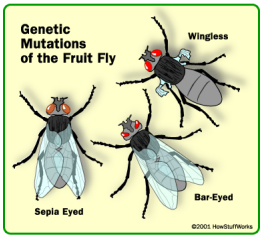
F_1 φαινότυποι:	μαύρο		μαύρο
F_1 γονότυποι (2n):	Μμ	⊗	Μμ
Μείωση → γαμέτες (n):	Μ, μ		Μ, μ

F_2 γονότυποι (2n):

	Μ	μ
Μ	ΜΜ	Μμ
μ	Μμ	μμ

$ΦΑ_{F2}$ =	3 μαύρα : 1 άσπρο
$ΓΑ_{F2}$ =	1ΜΜ : 2Μμ : 1μμ

Άσκηση 5.1.2 **Το γνώρισμα, ανάπτυξη των πτερύγων της φρουτόμυγας (*Drossofilla melanogaster*), ελέγχεται από αυτοσωμικά αλληλόμορφα γονίδια. Διασταυρώνουμε δυο άτομα *Drossofilla* και δίνουν 148 άτομα με ατροφικές πτέρυγες και 448 με κανονικές πτέρυγες.**



α. Πώς κληρονομείται το γνώρισμα αυτό;
β. Τι είδους πτέρυγες έχουν τα άτομα που διασταυρώθηκαν και τι είδους οι γονείς τους;
γ. Να αιτιολογήσετε τα φαινοτυπικά αποτελέσματα πραγματοποιώντας τις κατάλληλες διασταυρώσεις.

Απαραίτητες γνώσεις:

> ▣ *Όταν σε μια διασταύρωση σας δίνονται τα φαινοτυπικά αποτελέσματα σε αριθμούς απογόνων και σας ζητούνται οι γονότυποι της πατρικής γενιάς, τότε πρέπει να βρείτε τη φαινοτυπική αναλογία (ΦΑ), οπότε συμπεραίνετε τους γονοτύπους της Ρ γενιάς.*

☞ Απάντηση:

α. Βρίσκουμε τη ΦΑ για το γνώρισμα.

$$\frac{\text{άτομα με κανονικές πτέρυγες}}{\text{άτομα με ατροφικές πτέρυγες}} = \frac{448}{148} \approx \frac{3}{1}$$

- Πρόκειται για χαρακτηριστική φαινοτυπική αναλογία ατόμων με σχέση αλληλομόρφων γονιδίων επικρατούς – υπολειπομένου, άρα:
  → επικρατές είναι το αλληλόμορφο για τις κανονικές πτέρυγες, αφού οι περισσότεροι απόγονοι εμφανίζουν αυτό το φαινότυπο.

Συμβολισμός: Κ = το αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τις κανονικές πτέρυγες,
κ = το αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τις ατροφικές πτέρυγες, όπου Κ > κ.

β. Τα άτομα που διασταυρώθηκαν έχουν και τα δυο κανονικές πτέρυγες, είναι ετερόζυγα και αποτελούν την 1η θυγατρική (F_1) γενιά.

Οι γονείς των ατόμων που διασταυρώθηκαν είναι αμιγή (ομόζυγα) άτομα, ο ένας με τον επικρατή και ο άλλος με τον υπολειπόμενο φαινότυπο και αποτελούν την πατρική (Ρ) γενιά.

Ρ φαινότυποι:	κανονικές		ατροφικές
Ρ γονότυποι (2n):	ΚΚ	⊗	κκ
Μείωση → γαμέτες (n):	Κ		κ
$ΓΑ_{F1}$ =	όλα Κκ		
$ΦΑ_{F1}$ =	Όλα με κανονικές		

γ. Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

F_1 φαινότυποι:	κανονικές		κανονικές
F_1 γονότυποι (2n):	Κκ	⊗	Κκ
Μείωση → γαμέτες (n):	Κ, κ		Κ, κ

F_2 γονότυποι (2n):

	Κ	κ
Κ	ΚΚ	Κκ
κ	Κκ	κκ

$ΦΑ_{F2}$ =	3 κανονικές : 1 ατροφικές
$ΓΑ_{F2}$ =	1ΚΚ : 2Κκ : 1κκ

40 ΓΕΑ ΝΙΚΑΙΑΣ

Άσκηση 5.1.3 **Το χρώμα τριχώματος στα ινδικά χοιρίδια ελέγχεται από αυτοσωμικά αλληλόμορφα γονίδια και το αλληλόμορφο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα επικρατεί του αλληλόμορφου για το άσπρο. Από τη διασταύρωση ινδικών χοιριδίων γεννήθηκαν απόγονοι, οι οποίοι άλλοι είχαν μαύρο και άλλοι άσπρο τρίχωμα. Να βρεθεί το χρώμα των γονέων.**

Απαραίτητες γνώσεις: ▣ *Βλέπε πίνακα βασικών διασταυρώσεων [No 5 & 6]*

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Μ = γονίδιο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα,

μ = γονίδιο υπεύθυνο για το άσπρο χρώμα, όπου Μ > μ.

Αφού εμφανίζονται δύο φαινότυποι στους απογόνους, διακρίνουμε δυο περιπτώσεις για τους γονείς που διασταυρώθηκαν:

1η περίπτωση: [No 6]			
F_1 φαινότυποι:	μαύρο		μαύρο
F_1 γονότυποι (2n):	Μμ	⊗	Μμ
Μείωση → γαμέτες (n):	Μ, μ		Μ , μ

F_2 γονότυποι (2n):

	Μ	μ
Μ	ΜΜ	Μμ
μ	Μμ	μμ

$ΦΑ_{F2}$ =	3 μαύρα : 1 άσπρο
$ΓΑ_{F2}$ =	1ΜΜ : 2Μμ : 1μμ

2η περίπτωση: [No 5]		
μαύρο		άσπρο
Μμ	⊗	μμ
Μ, μ		μ

	μ
Μ	Μμ
μ	μμ

1 μαύρο : 1 άσπρο
1 Μμ : 1 μμ

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

Άσκηση 5.1.4 **Στον άνθρωπο ο κανονικός χρωματισμός της επιδερμίδας οφείλεται στη χρωστική μελανίνη και ελέγχεται από επικρατές αυτοσωμικό αλληλόμορφο γονίδιο Μ. Η ασθένεια αλφισμός σχετίζεται με τη μειωμένη σύνθεση ή έλλειψη της χρωστικής και ελέγχεται από το υπολειπόμενο αλληλόμορφο μ. Δυο κανονικοί γονείς έχουν αλφικό παιδί. Να καθορισθεί η πιθανότητα:**

α. το επόμενο παιδί να είναι αλφικό,

β. τα δυο επόμενα παιδιά να είναι αλφικά. (κάθε παιδί προκύπτει από διαφορετική διασταύρωση)

Απαραίτητες γνώσεις: ▣ *Βλέπε πίνακα βασικών διασταυρώσεων [No 6]*

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Μ = γονίδιο υπεύθυνο για τον κανονικό χρωματισμό,

μ = γονίδιο υπεύθυνο για τον αλφικό χρωματισμό, όπου Μ > μ.

Αφού διασταυρώνονται δυο κανονικοί γονείς και αποκτούν αλφικό (μμ) παιδί, τότε οι γονείς είναι ετερόζυγοι (Μμ).

Σύμφωνα με τη στατιστική, κάθε κύηση είναι ένα «ανεξάρτητο γεγονός», που δεν σχετίζεται με το αποτέλεσμα προηγούμενων κυήσεων.

	♂		♀
Φαινότυποι:	κανονικό		κανονικό
		⊗	
Γονότυποι (2n):	Μμ		Μμ
Μείωση → γαμέτες (n):	Μ, μ		Μ, μ

Γονότυποι (2n):

	Μ	μ
Μ	ΜΜ	Μμ
μ	Μμ	μμ

$ΦΑ_{F2}$ = 3/4 κανονικό : 1/4 αλφικό

$ΓΑ_{F2}$ = 1ΜΜ : 2Μμ : 1μμ

α. Η θεωρητικά αναμενόμενη πιθανότητα γέννησης παιδιού που θα έχει την αυτοσωμική υπολειπόμενη ασθένεια του αλφισμού, σύμφωνα με τη φαινοτυπική αναλογία των απογόνων, είναι **1/4** ή 25%.

β. Η πιθανότητα τα δυο επόμενα παιδιά να είναι αλφικά είναι: 1/4 x 1/4 = **1/16** ή 6,25%.

Αιτιολόγηση:

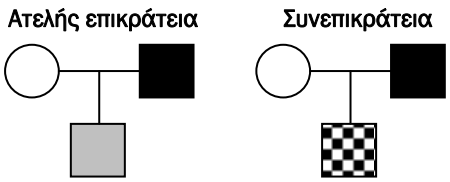
Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

4ο ΓΕ/ΝΙΑΙΑΣ

5.1.Β ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΟΣ ΣΥΝΕΠΙΚΡΑΤΗΣ Ή ΑΤΕΛΩΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣ

- *Τα αλληλόμορφα γονίδια που είναι συνεπικρατή ή ατελώς επικρατή* ***συμβολίζονται****, είτε με διαφορετικά κεφαλαία γράμματα, είτε με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και διαφορετικούς εκθέτες.*



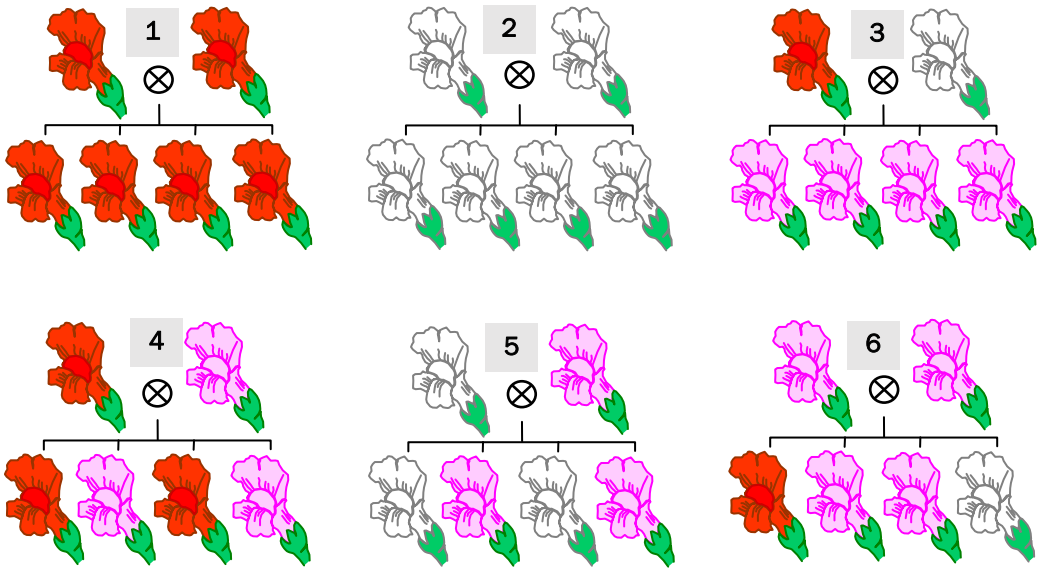
→ *(π.χ. το χρώμα των λουλουδιών στα δειλινά, ΚΚ = κόκκινα άνθη, ΛΛ = λευκά άνθη, ΚΛ = ροζ άνθη ή K^1K^1, K^2K^2, K^1K^2 αντίστοιχα, όπου Κ = Λ ή $K^1 = K^2$).*

- ***Ισχύει ο πρώτος νόμος του Μέντελ*** *ή νόμος του διαχωρισμού των αλληλομόρφων γονιδίων.*

ΟΙ 6 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ

- Στο φυτό δειλινό ένα ζευγάρι αλληλομόρφων γονιδίων Κ, Λ καθορίζει το χρώμα του άνθους, όπου Κ είναι το γονίδιο το υπεύθυνο για το κόκκινο χρώμα άνθους και Λ είναι το αλληλόμορφο γονίδιο το υπεύθυνο για το άσπρο χρώμα του άνθους, Κ = Λ.

	Διασταυρώσεις	Αναμενόμενες αναλογίες στην F_1			
No	Γονότυποι	Γονότυποι	ΓΑ	Φαινότυποι	ΦΑ
1	ΚΚ ⊗ ΚΚ	όλα ΚΚ	1	όλα, κόκκινα άνθη	1
2	ΛΛ ⊗ ΛΛ	όλα ΛΛ	1	όλα λευκά	1
3	ΚΚ ⊗ ΛΛ	όλα ΚΛ	1	όλα ροζ	1
4	ΚΚ ⊗ ΚΛ	1/2 ΚΚ : 1/2 ΚΛ	**1 : 1**	1/2 κόκκινα : 1/2 ροζ	**1 : 1**
5	ΛΛ ⊗ ΚΛ	1/2 ΚΛ : 1/2 ΛΛ	**1 : 1**	1/2 ροζ : 1/2 λευκά	**1 : 1**
6	ΚΛ ⊗ ΚΛ	1/4 ΚΚ : 2/4 ΚΛ : 1/4 ΛΛ	**1:2:1**	1/4 κόκκινα : 2/4 ροζ : 1/4 λευκά	**1:2:1**



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (ΝΟΜΟΙ !!!): 💣

1. Όταν διασταυρώνουμε **δυο άτομα με διαφορετικούς φαινοτύπους** και εμφανίζονται **απόγονοι με φαινότυπο που ουσιαστικά δεν μοιάζει ούτε με του ενός, ούτε με του άλλου γονιού,** τότε τα αλληλόμορφα που ελέγχουν τους φαινοτύπους έχουν σχέση**, είτε συνεπικράτειας, είτε ατελούς επικράτειας και οι απόγονοι είναι ετερόζυγα άτομα**. [**Νο 3**]

2. Όταν κατά τη διασταύρωση δυο ατόμων παρουσιάζονται στους απογόνους δυο φαινότυποι σε αναλογία **1 : 1,** τότε τα αρχικά άτομα είναι το ένα **ομόζυγο (ΚΚ** ή **ΛΛ)** και το άλλο είναι **ετερόζυγο (ΚΛ)** (ισχύει και αντίστροφα)**.** [**Νο 4, 5**]

3. Όταν κατά τη διασταύρωση δυο ατόμων **με ίδιο φαινότυπο** παρουσιάζονται στους απογόνους **τρεις φαινότυποι** σε αναλογία **1 : 2 : 1,** τότε
   - **το γνώρισμα ελέγχεται από 2 αλληλόμορφα γονίδια (απλά),** με **σχέση συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας**
   - **τα άτομα που διασταυρώθηκαν είναι ετερόζυγα (ΚΛ)** (ισχύει και αντίστροφα)**.** [**Νο 6**]

4. Κατά το μονοϋβριδισμό, στο συνεπικρατή ή ατελώς επικρατή τύπο κληρονομικότητας, εμφανίζονται απόγονοι **το πολύ με 3 γονότυπους και 3 φαινότυπους**. [**Νο 6**]

Άσκηση 5.1.5 **Τα αλληλόμορφα γονίδια, υπεύθυνα για το χρώμα των ανθέων του δειλινού είναι ατελώς επικρατή μεταξύ τους, διότι δίνουν ενδιάμεσο φαινότυπο στα ετερόζυγα άτομα. Στην πατρική γενιά (Ρ) διασταυρώνουμε αμιγές δειλινό με λευκά άνθη με αμιγές δειλινό με κόκκινα άνθη. Τα άτομα της F_1 γενιάς τα διασταυρώνουμε μεταξύ τους. Ποιοι είναι οι απόγονοι;**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Κ = αλληλόμορφο γονίδιο, το υπεύθυνο για τα κόκκινα άνθη,

Λ = αλληλόμορφο γονίδιο, το υπεύθυνο για τα λευκά άνθη, όπου Κ = Λ.

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

Ρ φαινότυποι:	κόκκινα		λευκά
Ρ γονότυποι (2n):	ΚΚ	⊗	ΛΛ
Μείωση → γαμέτες (n):	Κ		Λ
$ΓΑ_{F1}$ =		Όλα ΚΛ	
$ΦΑ_{F1}$ =		Όλα ροζ	

F_1 φαινότυποι:	ροζ		ροζ
F_1 γονότυποι (2n):	ΚΛ	⊗	ΚΛ
Μείωση → γαμέτες (n):	Κ, Λ		Κ, Λ

F_2 γονότυποι (2n):

	Κ	Λ
Κ	ΚΚ	ΚΛ
Λ	ΚΛ	ΛΛ

$ΦΑ_{F2}$ =	1 κόκκινα : 2 ροζ : 1 λευκά
$ΓΑ_{F2}$ =	1ΚΚ : 2 ΚΛ : 1ΛΛ

Άσκηση 5.1.6 **Υποθέτουμε ότι από τη διασταύρωση δυο φυτών προέκυψαν 16 απόγονοι με ερυθρά άνθη, 33 με ερυθρόλευκα άνθη και 17 με λευκά άνθη.**

α. Πώς κληρονομείται το χρώμα των ανθέων;

β. Τι χρώμα ανθέων είχαν τα φυτά που διασταυρώθηκαν και τι τα φυτά της πατρικής γενιάς;

Απαραίτητες γνώσεις:

- *Βλέπε πίνακα βασικών διασταυρώσεων [**No 6**] & συμπεράσματα – νόμους !!!.*
- *Όταν σε μια διασταύρωση σας δίνονται τα φαινοτυπικά αποτελέσματα σε αριθμούς απογόνων και σας ζητούνται ο τρόπος κληρονόμησης του γνωρίσματος και οι φαινότυποι της πατρικής γενιάς, τότε πρέπει να βρείτε τη φαινοτυπική αναλογία (ΦΑ), οπότε συμπεραίνετε τους φαινοτύπους και γονοτύπους της Ρ γενιάς.*

☞ Απάντηση:

α. Βρίσκουμε τη ΦΑ των απογόνων για το γνώρισμα.

φυτά με ερυθρά άνθη	16
φυτά με ερυθρόλευκα άνθη	33
φυτά με λευκά άνθη	17

ΦΑ = 16 με ερυθρά άνθη : 33 με ερυθρόλευκα άνθη : 17 με λευκά φύλλα ≈ 1 : 2 : 1.

- Πρόκειται για χαρακτηριστική αναλογία ατόμων με σχέση συνεπικράτειας αλληλομόρφων γονιδίων, αφού από τη διασταύρωση δυο ατόμων προκύπτουν:
  → άτομα με ερυθρόλευκα άνθη, στα οποία δηλαδή εκφράζονται και τα δύο αλληλόμορφα γονίδια, τα οποία είναι προφανώς ετερόζυγα για το γνώρισμα αυτό.

Συμβολισμός: Ε = γονίδιο υπεύθυνο για τα ερυθρά άνθη,
Λ = γονίδιο υπεύθυνο για τα λευκά άνθη, όπου Ε = Λ.

β. Αφού στους απογόνους εμφανίζονται τρεις φαινότυποι, με χαρακτηριστική φαινοτυπική αναλογία (1 : 2 : 1), τότε τα άτομα που διασταυρώθηκαν έχουν και τα δυο ερυθρόλευκα άνθη και είναι ετερόζυγα (ΕΛ) και αποτελούν την 1η θυγατρική (F_1) γενιά.

Οι γονείς των ατόμων που διασταυρώθηκαν είναι αμιγή (ομόζυγα) άτομα, ο ένας με ερυθρά άνθη (ΕΕ) και ο άλλος με λευκά άνθη (ΛΛ) και αποτελούν την πατρική (Ρ) γενιά.

Ρ φαινότυποι:	ερυθρά		λευκά
Ρ γονότυποι (2n):	ΕΕ	⊗	ΛΛ
Μείωση → γαμέτες (n):	Ε		Λ
$ΓΑ_{F1}$ =	όλα ΕΛ		
$ΦΑ_{F1}$ =	όλα με ερυθρόλευκα		

F_1 φαινότυποι:	ερυθρόλευκα		ερυθρόλευκα
F_1 γονότυποι (2n):	ΕΛ	⊗	ΕΛ
Μείωση → γαμέτες (n):	Ε, Λ		Ε, Λ

F_2 γονότυποι (2n):

	Ε	Λ
Ε	ΕΕ	ΕΛ
Λ	ΕΛ	ΛΛ

$ΦΑ_{F2}$ = 1 ερυθρά : 2 ερυθρόλευκα : 1 λευκά
$ΓΑ_{F2}$ = 1 ΕΕ : 2ΕΛ : 1 ΛΛ

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

Άσκηση 5.1.7 **Στο ραπανάκι το σχήμα της ρίζας μπορεί να είναι σφαιρικό, ωοειδές ή επίμηκες.**

Έστω ότι σε τρεις (Α, Β, Γ) διαφορετικές διασταυρώσεις είχαμε τα παρακάτω αποτελέσματα:

	Φαινότυποι γονέων	Φαινότυποι απογόνων
Α)	σφαιρικά ⊗ ωοειδή	172 σφαιρικά, 176 ωοειδή
Β)	επιμήκη ⊗ ωοειδή	153 επιμήκη, 155 ωοειδή
Γ)	επιμήκη ⊗ σφαιρικά	332 ωοειδή

α. Πώς κληρονομείται το σχήμα της ρίζας;
β. Τι είδους ρίζα θα έχουν οι απόγονοι από τη διασταύρωση φυτών με ωοειδή ρίζα;

Απαραίτητες γνώσεις:

- *Βλέπε πίνακα βασικών διασταυρώσεων [**No 3, 4 & 5**] & συμπεράσματα – νόμους !!!.*
- *Όταν σε μια διασταύρωση σας δίνονται τα φαινοτυπικά αποτελέσματα σε αριθμούς απογόνων και σας ζητούνται ο τρόπος κληρονόμησης του γνωρίσματος και οι φαινότυποι της πατρικής γενιάς, τότε πρέπει να βρείτε τη φαινοτυπική αναλογία (ΦΑ), οπότε συμπεραίνετε τους φαινοτύπους και γονοτύπους της Ρ γενιάς.*

☞ Απάντηση:

α. Βρίσκουμε τη ΦΑ των απογόνων για το γνώρισμα, σχήμα ρίζας, για κάθε διασταύρωση:

	Φαινότυποι απογόνων	ΦΑ ≈
Α)	172 σφαιρικά, 176 ωοειδή	1:1
Β)	153 επιμήκη, 155 ωοειδή	1:1
Γ)	332 ωοειδή	1

- Πρόκειται για χαρακτηριστικές αναλογίες ατόμων με σχέση ατελούς επικράτειας αλληλομόρφων γονιδίων, αφού εμφανίζονται στις διασταυρώσεις τρεις φαινότυποι και τα ετερόζυγα άτομα εμφανίζουν ενδιάμεσο φαινότυπο.

- Από τη Γ) διασταύρωση, υποθέτω ότι οι γονείς είναι αμιγείς - ομόζυγοι, ενώ οι απόγονοι ετερόζυγοι.

Συμβολισμός: Ε = γονίδιο υπεύθυνο για το επίμηκες σχήμα ρίζας,
Σ = γονίδιο υπεύθυνο για το σφαιρικό σχήμα ρίζας, όπου Ε = Σ.

Γ) διασταύρωση [No 3]

Ρ φαινότυποι:	επιμήκη		σφαιρικά
Ρ γονότυποι (2n):	ΕΕ	⊗	ΣΣ
Μείωση → γαμέτες (n):	Ε		Σ
$ΓΑ_{F1}$ =	όλα ΣΕ		
$ΦΑ_{F1}$ =	όλα ωοειδή		

Α) διασταύρωση [No 2, 5]

F_1 φαινότυποι:	σφαιρικά		ωοειδή
F_1 γονότυποι (2n):	ΣΣ	⊗	ΣΕ
Μείωση → γαμέτες (n):	Σ		Σ, Ε

F_2 γονότυποι (2n):

	Σ	Ε
Σ	ΣΣ	ΣΕ

$ΓΑ_{F2}$ =	1ΣΣ : 1ΣΕ
$ΦΑ_{F2}$ =	1 σφαιρικά : 1 ωοειδή

Β) διασταύρωση [Νο 2, 5]

F_1 φαινότυποι:	επιμήκη		ωοειδή
F_1 γονότυποι (2n):	ΕΕ	⊗	ΣΕ
Μείωση →γαμέτες (n):	Ε		Σ, Ε

F_2 γονότυποι (2n):

	Σ	Ε
Σ	ΣΣ	ΣΕ

$ΓΑ_{F2}$ =	1 ΣΣ : 1 ΣΕ
$ΦΑ_{F2}$ =	1 επιμήκη : 1 ωοειδή

β. Για να βρω τι είδους ρίζα θα έχουν οι απόγονοι από τη διασταύρωση φυτών με ωοειδή ρίζα πραγματοποιώ τη διασταύρωση;

F_1 φαινότυποι:	ωοειδή		ωοειδή
F_1 γονότυποι (2n):	ΣΕ	⊗	ΣΕ
Μείωση → γαμέτες (n):	Σ, Ε		Σ, Ε

F_2 γονότυποι (2n):

	Σ	Ε
Σ	ΣΣ	ΣΕ
Ε	ΣΕ	ΕΕ

$ΦΑ_{F2}$ =	1 σφαιρικά : 2 ωοειδή : 1 επιμήκη
$ΓΑ_{F2}$ =	1 ΣΣ : 2ΣΕ : 1ΕΕ

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

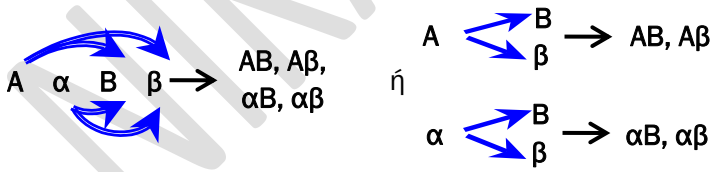
5.2 ΔΙΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ

- Είναι η μελέτη του τρόπου κληρονόμησης ταυτόχρονα **δύο ιδιοτήτων**, οι οποίες ελέγχονται από γονίδια που βρίσκονται **σε διαφορετικά ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων**.

- Ισχύει ο **2ος νόμος του Μέντελ** ή νόμος **της ανεξάρτητης μεταβίβασης των γονιδίων**. Έτσι κάθε ζευγάρι αλληλόμορφων γονιδίων διαχωρίζεται ανεξάρτητα από τα άλλα ζευγάρια αλληλόμορφων γονιδίων, εφόσον βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα.

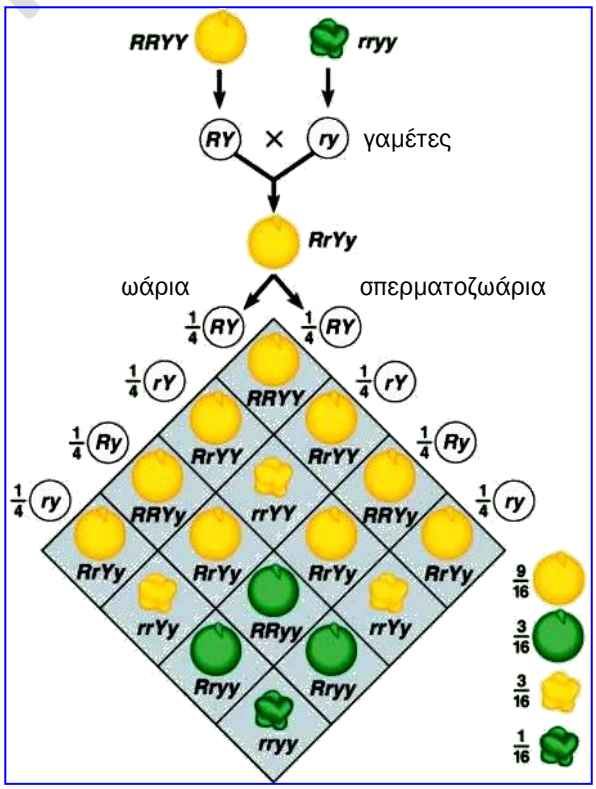
→ Π.χ. τα άτομα με **γονότυπο ΑαΒβ** δίνουν **4 γαμέτες** με ίση περίπου συχνότητα (λόγω του τυχαίου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων κατά τη μετάφαση της πρώτης μειωτικής διαίρεσης).

→ Βρίσκετε τους γαμέτες αν τοποθετήσετε δίπλα τα αλληλόμορφα γονίδια και γράψετε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς.



- Τοποθετείτε τους γαμέτες στο **τετράγωνο του Punnett** (οριζόντια και κατακόρυφα) και βρίσκετε όλους τους δυνατούς γονοτύπους και φαινοτύπους, τις φαινοτυπικές (ΦΑ) και τις γονοτυπικές αναλογίες (ΓΑ) των απογόνων.

- Στο διϋβριδισμό, αν γνωρίζετε τις φαινοτυπικές αναλογίες (ΦΑ) του μονοϋβριδισμού (για κάθε ζεύγος αλληλομόρφων γονιδίων), μπορείτε να τις συνδυάσετε και να βρείτε τη ΦΑ που αναμένετε στη συγκεκριμένη διασταύρωση διϋβριδισμού. (Βλέπε άσκηση **5.2.1**)



- **Τύποι κληρονομικότητας στο διϋβριδισμό** με κριτήριο τη **σχέση** και τη **θέση** των δυο ζευγών διαφορετικών αλληλόμορφων γονιδίων:

		Αυτοσωμικός		Φυλοσύνδετος	
		Επικρατής – υπολειπόμενος	Συνεπικρατής ή ατελώς επικρατής	Επικρατής – υπολειπόμενος	Συνεπικρατής ή ατελώς επικρατής
Αυτοσωμικός		**Β > β**	**Γ = Δ**	**$X^B > X^\beta$**	**$X^\Gamma = X^\Delta$**
Επικρατής – υπολειπόμενος	**Α > α**	Α > α, Β > β	Α > α, Γ = Δ	Α > α, $X^B > X^\beta$	Α > α, $X^\Gamma = X^\Delta$
Συνεπικρατής ή ατελώς επικρατής	**Κ = Λ**	Κ = Λ, Β > β	Κ = Λ, Γ = Δ	Κ = Λ, $X^B > X^\beta$	Κ = Λ, $X^\Gamma = X^\Delta$

ΤΥΠΟΙ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑΣ:

- Με **δυο αυτοσωμικά και ανεξάρτητα ζεύγη** αλληλόμορφων γονιδίων:

Α. Επικρατής τύπος:

→ Ισχύει η σχέση επικρατούς-υπολειπομένου και για τα δυο ζεύγη.

→ Π.χ. ΑαΒβ ⊗ ΑαΒβ → γαμέτες: ΑΒ, Αβ, αΒ, αβ.

Β. Επικρατής – συνεπικρατής ή ατελώς επικρατής τύπος:

→ Ισχύει η σχέση επικρατούς-υπολειπομένου για το ένα ζεύγος και η σχέση συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας για το άλλο.

Γ. Συνεπικρατής ή ατελώς επικρατής τύπος:

→ Ισχύει η σχέση συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας και για τα δυο ζεύγη.

- Με **δυο ανεξάρτητα ζεύγη** αλληλόμορφων γονιδίων, όπου:

→ το ένα ζεύγος είναι αυτοσωμικό (με σχέση, είτε επικρατούς-υπολειπομένου, είτε συνεπικράτειας ή ατελούς επικράτειας) και

→ το άλλο ζεύγος είναι φυλοσύνδετο (ζεύγη αλληλόμορφων γονιδίων μπορεί να έχει μόνο το θηλυκό άτομο).

5.2. Α ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΟΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣ ΤΥΠΟΣ ΔΙΥΒΡΙΔΙΣΜΟΥ

Πίνακας ανάλυσης & υπολογισμού των ΦΑ στον επικρατή τύπο διϋβριδισμού					
Μονοϋβριδισμός (Α>α)			Μονοϋβριδισμός (Β>β)		
Διασταυρώσεις		$ΦΑ_{ΜΥ}$	$ΦΑ_{ΜΥ}$	Διασταυρώσεις	
1Α	ΑΑ ⊗ ΑΑ ΑΑ ⊗ Αα ΑΑ ⊗ αα αα ⊗ αα	1	1	ΒΒ ⊗ ΒΒ ΒΒ ⊗ Ββ ΒΒ ⊗ ββ ββ ⊗ ββ	1Β
2Α	Αα ⊗ αα	1 : 1	1 : 1	Ββ ⊗ ββ	2Β
3Α	Αα ⊗ Αα	3 : 1	3 : 1	Ββ ⊗ Ββ	3Β

Διασταύρωση		Παράδειγμα	$ΦΑ_{ΔΥ}$
1η	1Α ⊗ 1Β	ΑΑΒΒ ⊗ ΑΑΒΒ	1
2η	1Α ⊗ 2Β 2Α ⊗ 1Β	ΑΑΒβ ⊗ ααββ ΑαΒΒ ⊗ ααΒβ	1 : 1
3η	1Α ⊗ 3Β 3Α ⊗ 1Β	ΑΑΒβ ⊗ ααΒβ ΑαΒΒ ⊗ ΑαΒβ	3 : 1
4η	2Α ⊗ 2Β	ΑαΒβ ⊗ ααββ Ααββ ⊗ ααΒβ	1 : 1 : 1 : 1
5η	2Α ⊗ 3Β 3Α ⊗ 2Β	ΑαΒβ ⊗ ααΒβ ΑαΒβ ⊗ Ααββ	3 : 3 : 1 : 1
6η	3Α ⊗ 3Β	ΑαΒβ ⊗ ΑαΒβ	9 : 3 : 3 : 1

	ΑΒ	Αβ	αΒ	αβ
ΑΒ	ΑΑΒΒ*	ΑΑΒβ*	ΑαΒΒ*	ΑαΒβ*
Αβ	ΑΑΒβ*	ΑΑββ °	ΑαΒβ*	Ααββ °
αΒ	ΑαΒΒ*	ΑαΒβ*	ααΒΒ⊡	ααΒβ⊡
αβ	ΑαΒβ*	Ααββ °	ααΒβ⊡	αααββ□
	ΦΑ = 9* : 3° : 3⊡ : 1□ 4 φαινότυποι			

	ΑΒ	Αβ	αΒ	αβ
ΑΒ	ΑΑΒΒ●	ΑΑΒβ⊡	ΑαΒΒ⊙	ΑαΒβ*
Αβ	ΑΑΒβ⊡	ΑΑββ°	ΑαβΒ*	Ααββ°
αΒ	ΑαΒΒ⊙	ΑαΒβ*	ααΒΒ+	ααΒβ□
αβ	ΑαΒβ*	Ααββ°	ααΒβ□	αααββ-
	ΓΑ = 4*:2⊡:2⊙:2°:2□:1●:1°:1+:1- 9 γονότυποι			

40 ΕΕΝΝΙΚΑΑΣ

Άσκηση 5.2.1 **Στα ινδικά χοιρίδια, τα γνωρίσματα χρώμα και μορφή τριχώματος ελέγχονται από ζεύγη ανεξάρτητων αυτοσωμικών αλληλόμορφων γονιδίων. Το αλληλόμορφο που είναι υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα τριχώματος επικρατεί στο αλληλόμορφο για το άσπρο και το αλληλόμορφο που είναι υπεύθυνο για το λείο τρίχωμα επικρατεί στο αλληλόμορφο για το κατσαρό. Ποια είναι η αναμενόμενη φαινοτυπική αναλογία (ΦΑ) στην F_1 και F_2 γενιά, από τη διασταύρωση ενός αμιγούς μαύρου-λειότριχου ινδικού χοιριδίου με ένα αμιγές άσπρο-κατσαρό; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Μ = μαύρο χρώμα, μ = άσπρο χρώμα, όπου Μ>μ.

Λ = λείο τρίχωμα, λ = κατσαρό, όπου Λ>λ

Ρ φαινότυποι:	Μαύρο-λείο		Άσπρο-κατσαρό
Ρ γονότυποι (2n):	ΜΜΛΛ	⊗	μμλλ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΜΛ		μλ
$ΓΑ_{F1}$:		ΜμΛλ	
$ΦΑ_{F1}$:		Όλα μαύρα-λεία	

F_1 φαινότυποι:	Μαύρο-λείο		Μαύρο-λείο
F_1 γονότυποι (2n):	ΜμΛλ	⊗	ΜμΛλ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΜΛ, Μλ, μΛ, μλ		ΜΛ, Μλ, μΛ, μλ

F_2 γονότυποι (2n):

	ΜΛ	Μλ	μΛ	μλ
ΜΛ	ΜΜΛΛ*	ΜΜΛλ*	ΜμΛΛ*	ΜμΛλ*
Μλ	ΜΜΛλ*	ΜΜλλ°	ΜμΛλ*	Μμλλ°
μΛ	ΜμΛΛ*	ΜμΛλ*	μμΛΛ+	μμΛλ+
μλ	ΜμΛλ*	Μμλλ°	μμΛλ+	μμλλ-

$ΦΑ_{F2}$ = 9* μαύρα-λεία : **3°** μαύρα-κατσαρά : **3+** άσπρα-λεία : **1-** άσπρο-κατσαρά
$ΓΑ_{F2}$ = 4 ΜμΛλ:**2** ΜΜΛλ:**2** ΜμΛΛ:**2** Μμλλ:**2** μμΛλ:**1** ΜΜΛΛ:**1** ΜΜλλ:**1** μμΛΛ:**1** μμλλ

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

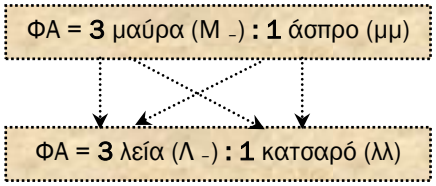
→ **Ορισμοί, σελ. 71** και **73** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

Εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού της ΦΑ απογόνων στο διϋβριδισμό !!!

- Έστω για τη διασταύρωση ισχύει:

Μαύρο-λείο ⊗ Μαύρο-λείο
ΜμΛλ ΜμΛλ

- Αφού τα γνωρίσματα βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα, υπολογίζετε ξεχωριστά τις ΦΑ των δυο μονοϋβριδισμών:
  → Μμ ⊗ Μμ ➔ ΦΑ = 3 μαύρα (Μ_) : 1 άσπρο (μμ)
  → Λλ ⊗ Λλ ➔ ΦΑ = 3 λεία (Λ_) : 1 κατσαρό (λλ)



- Στη συνέχεια πολλαπλασιάζετε κάθε μέλος της μιας ΦΑ, με κάθε μέλος ξεχωριστά της άλλης ΦΑ.
  → **9*** μαύρα λεία, (Μ_Λ_) : **3°** μαύρα κατσαρά, (Μ_λλ) : **3+** άσπρα λεία, (μμΛ_) : **1-** άσπρο κατσαρά, (μμλλ).

Άσκηση 5.2.2 **Η συνδακτυλία ελέγχεται από επικρατές γονίδιο, ενώ ο αλφισμός από υπολειπόμενο. Τα δυο ζευγάρια αλληλόμορφων γονιδίων βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων. Από το γάμο ανάμεσα σε άτομο ετερόζυγο ως προς τον αλφισμό και τη συνδακτυλία, με άτομο αλφικό και κανονικά δάκτυλα, ποιοι είναι οι αναμενόμενοι απόγονοι και σε ποια αναλογία;**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Σ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τη συνδακτυλία,

σ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τα κανονικά δάκτυλα, όπου Σ > σ.

Α = αλληλόμορφο γονίδιο φυσιολογικού φαινοτύπου,

α = αλληλόμορφο γονίδιο αλφισμού, όπου Α > α.

Διασταύρωση:

Φαινότυποι γονέων:	φυσιολογικό-συνδακτυλία	⊗	αλφικό-κανονικά
Γονότυποι γονέων (2n):	ΑαΣσ		ααασσ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΑΣ, Ασ, αΣ, ασ		ασ

γονότυποι απογόνων (2n):

	ΑΣ	Ασ	αΣ	ασ
ασ	ΑαΣσ*	Ααασσ+	ααΣσ°	ααασσ-

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ):

1* φυσιολογικά με συνδακτυλία : 1+ φυσιολογικά με κανονικά δάκτυλα

1° αλφικά με συνδακτυλία : 1- αλφικά με κανονικά δάκτυλα

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

Άσκηση 5.2.3 💣 **Σε κάποιο ζώο υποθέτουμε ότι το χρώμα και η μορφή του τριχώματος ελέγχονται από δυο ζεύγη ανεξαρτήτων αυτοσωμικών γονιδίων. Πιο συγκεκριμένα το μαύρο χρώμα επηρεάζεται από ένα επικρατές γονίδιο Μ και το λευκό από το υπολειπόμενο μ. Το σγουρό τρίχωμα οφείλεται στο επικρατές γονίδιο Σ και το λείο στο υπολειπόμενο σ. Έστω, ότι η διασταύρωση ανάμεσα σε δυο άτομα έδωσε απογόνους: 30 μαύρο-σγουρό, 29 λευκό-σγουρό, 9 μαύρο-λείο και 10 λευκό-λείο. Ποιοι είναι οι γονότυποι των γονέων; Να αιτιολογήσετε τα αποτελέσματά σας.**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός:

Μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μαύρο χρώμα τριχώματος,

μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το λευκό χρώμα τριχώματος, όπου Μ > μ.

Σ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το σγουρό τρίχωμα,

σ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το λείο τρίχωμα, όπου Σ > σ.

- Αρχικά μπορεί να γίνει μια προσέγγιση στον προσδιορισμό των γονότυπων των απογόνων και εύρεση των φαινοτυπικών αναλογιών τους.

ΑΠΟΓΟΝΟΙ			
ΑΡΙΘΜΟΣ	ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΣ	ΓΟΝΟΤΥΠΟΣ	ΦΑ ≈
30	Μαύρο - σγουρό	Μ– Σ–	3
29	Λευκό - σγουρό	μμ Σ–	3
9	Μαύρο - λείο	Μ– σσ	1
10	Λευκό - λείο	μμ σσ	1

- Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι:
  - → Η ΦΑ απογόνων για το γνώρισμα χρώμα τριχώματος είναι περίπου ≈ 1:1, άρα οι γονείς είναι ο ένας ετερόζυγος (Μμ) γι' αυτό το γνώρισμα και ο άλλος ομόζυγος υπολειπόμενος (μμ).
  - → Η ΦΑ απογόνων για το γνώρισμα μορφή τριχώματος είναι περίπου ≈ 3:1, άρα οι γονείς είναι και οι δυο ετερόζυγοι (Σσ), γι' αυτό το γνώρισμα.

- Για να επιβεβαιώσουμε τα παραπάνω συμπεράσματα διερευνούμε τη ΦΑ στην F_1, από τη διασταύρωση ΜμΣσ x μμΣσ.

Διασταύρωση:

Φαινότυποι γονέων:	Μαύρο-σγουρό		λευκό-σγουρό
Γονότυποι γονέων (2n):	ΜμΣσ	⊗	μμΣσ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΜΣ, Μσ, μΣ, μσ		μΣ, μσ

γονότυποι απογόνων (2n):

	ΜΣ	Μσ	μΣ	μσ
μΣ	ΜμΣΣ*	ΜμΣσ*	μμΣΣ$^+$	μμΣσ$^+$
μσ	ΜμΣσ*	Μμσσ^o	μμΣσ$^+$	μμσσ$^-$

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ):

3* μαύρα-σγουρά : **3$^+$** λευκά-σγουρά : **1°** μαύρα-λεία : **1$^-$** λευκά-λεία

- Επειδή η ΦΑ της F_1 συμπίπτει με τη ΦΑ της άσκησης, επιβεβαιώνονται τα συμπεράσματά μας.

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

Άσκηση 5.2.4 **Στη ντομάτα υπάρχουν δυο ανεξάρτητα αυτοσωμικά ζεύγη αλληλομόρφων γονιδίων, που ελέγχουν το χρώμα του μίσχου και το σχήμα του φύλλου αντίστοιχα. Το αλληλόμορφο γονίδιο που είναι υπεύθυνο για μωβ χρώμα μίσχου (Μ) επικρατεί του αλληλόμορφου γονιδίου για το πράσινο χρώμα (μ) και το αλληλόμορφο γονίδιο που είναι υπεύθυνο για σχήμα των φύλλων με εγκοπές (Ε), επικρατεί του αλληλόμορφου γονιδίου για ομαλό σχήμα (ε). Να βρεθούν οι γονότυποι των γονέων στις παρακάτω διασταυρώσεις:**

ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΓΟΝΕΩΝ		ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΑΠΟΓΟΝΩΝ			
		μωβ - εγκοπές	μωβ - ομαλά	πράσινα-εγκοπές	πράσινα-ομαλά
α.	μωβ-εγκοπές ⊗ μωβ-ομαλά	222	216	68	71
β.	μωβ-εγκοπές ⊗ πράσινα-εγκοπές	450	150	-	-
γ.	μωβ-εγκοπές ⊗ πράσινα-ομαλά	200	-	205	-
δ.	μωβ-ομαλά ⊗ πράσινα-εγκοπές	110	112	113	108

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός:

Μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μωβ χρώμα μίσχου,

μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το πράσινο χρώμα μίσχου, όπου Μ > μ.

Ε = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τα φύλα με εγκοπές,

ε = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τα φύλα με ομαλό σχήμα, όπου Ε > ε.

α. Συμπληρώνω τους γονότυπους σύμφωνα με τα δεδομένα για τη σχέση των αλληλόμορφων γονιδίων.

ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΓΟΝΕΩΝ		ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΑΠΟΓΟΝΩΝ			
		μωβ - εγκοπές	μωβ - ομαλά	πράσινα-εγκοπές	πράσινα-ομαλά
Φαινότυποι	μωβ-εγκοπές ⊗ μωβ-ομαλά	222	216	68	71
Γονότυποι (2n)	Μ_Ε_ ⊗ Μ_εε	Μ_Ε_	Μ_εε	μμΕ_	μμεε

- Για την τελική συμπλήρωση των γονοτύπων των γονέων συμπεραίνω από τους απογόνους με φαινότυπο πράσινο χρώμα μίσχου και ομαλά φύλλα και γονότυπο **μμεε**:
  - → Τα άτομα αυτά είναι ομόζυγα για το υπολειπόμενο και για τα δύο ζεύγη αλληλόμορφων γονιδίων. Σίγουρα έχουν κληρονομήσει από ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο (μ, ε) για κάθε γνώρισμα και από τους δύο γονείς.
  - → Οπότε, οι γονότυποι των γονέων είναι **ΜμΕε** ⊗ **Μμεε**.

β. Συμπληρώνω ανάλογα και για τη διασταύρωση β.

ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΓΟΝΕΩΝ		ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΑΠΟΓΟΝΩΝ			
		μωβ - εγκοπές	μωβ - ομαλά	πράσινα-εγκοπές	πράσινα-ομαλά
Φαινότυποι	μωβ-εγκοπές ⊗ πράσινα-εγκοπές	450	150	-	-
Γονότυποι (2n)	Μ_Ε_ ⊗ μμΕ_	Μ_Ε_	Μ_εε	-	-

- Για τη συμπλήρωση των γονοτύπων των γονέων συμπεραίνω από τους απογόνους με φαινότυπο μωβ χρώμα μίσχου και ομαλά φύλλα και γονότυπο **Μ_εε**:
  - → Τα άτομα αυτά είναι ομόζυγα για το υπολειπόμενο **εε** για το γνώρισμα σχήμα φύλου. Σίγουρα έχουν κληρονομήσει από ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο (ε) από κάθε γονέα.
  - → Οπότε, οι γονότυποι των γονέων είναι Μ_Ε**ε** ⊗ μμΕ**ε**.

- Για την τελική συμπλήρωση του γονοτύπου του πρώτου γονέα συμπεραίνω από τη φαινοτυπική αναλογία των απογόνων για το γνώρισμα χρώμα μίσχου.
  - → 450 + 150 = 600, όλοι με μωβ χρώμα μίσχου, ΦΑ = 1.
  - → Άρα, ο γονέας με φαινότυπο μωβ χρώμα μίσχου είναι ομόζυγος για το επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο, αφού όλοι οι απόγονοι έχουν μωβ χρώμα μίσχου και έχει γονότυπο Μ**Μ**Ε**ε**.

γ. Συμπληρώνω ανάλογα και για τη διασταύρωση γ.

		ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΑΠΟΓΟΝΩΝ			
ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΓΟΝΕΩΝ		μωβ - εγκοπές	μωβ - ομαλά	πράσινα-εγκοπές	πράσινα-ομαλά
Φαινότυποι	μωβ-εγκοπές ⊗ πράσινα-ομαλά	200	-	205	-
Γονότυποι (2n)	Μ_Ε_ ⊗ μμεε	Μ_Ε_	-	μμΕ_	-

- Για τη συμπλήρωση των γονοτύπων του πρώτου γονέα συμπεραίνω από τους απογόνους με φαινότυπο πράσινο χρώμα μίσχου και φύλλα με εγκοπές και γονότυπο μμΕ_:
  - → Τα άτομα αυτά είναι ομόζυγα για το υπολειπόμενο **μμ** για το γνώρισμα χρώμα μίσχου. Σίγουρα έχουν κληρονομήσει από ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο (μ) από κάθε γονέα.
  - → Οπότε, οι γονότυποι των γονέων είναι Μ**μ**Ε_ ⊗ μμεε.

- Για την τελική συμπλήρωση του γονοτύπου του πρώτου γονέα συμπεραίνω από τη φαινοτυπική αναλογία των απογόνων για το γνώρισμα σχήμα φύλλου.
  - → 200 + 205 = 405, όλοι έχουν φύλλα με εγκοπές, ΦΑ = 1.
  - → Άρα, ο γονέας με φαινότυπο φύλλα με εγκοπές είναι ομόζυγος για το επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο, αφού όλοι οι απόγονοι έχουν φύλλα με εγκοπές και έχει γονότυπο Μ**μ**Ε**Ε**.

δ. Συμπληρώνω ανάλογα και για τη διασταύρωση δ.

ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΓΟΝΕΩΝ		ΦΑΙΝΟΤΥΠΟΙ ΑΠΟΓΟΝΩΝ			
		μωβ - εγκοπές	μωβ - ομαλά	πράσινα-εγκοπές	πράσινα-ομαλά
Φαινότυποι	μωβ-ομαλά ⊗ πράσινα-εγκοπές	110	112	113	108
Γονότυποι (2η)	Μ_εε ⊗ μμΕ_	Μ_Ε_	Μ_εε	μμΕ_	μμεε

- Για την τελική συμπλήρωση των γονοτύπων των γονέων συμπεραίνω από τους απογόνους με φαινότυπο πράσινο χρώμα μίσχου και ομαλά φύλλα και γονότυπο **μμεε**:
  - → Τα άτομα αυτά είναι ομόζυγα για το υπολειπόμενο και για τα δύο ζεύγη αλληλόμορφων γονιδίων. Σίγουρα έχουν κληρονομήσει από ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο (μ, ε) για κάθε γνώρισμα και από τους δύο γονείς.
  - → Οπότε, οι γονότυποι των γονέων είναι Μ**μ**εε ⊗ μμΕ**ε**.

5.2. Β ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΟΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣ – ΣΥΝΕΠΙΚΡΑΤΗΣ Η ΑΤΕΛΩΣ ΕΠΙΚΡΑΤΗΣ ΤΥΠΟΣ ΔΙΥΒΡΙΔΙΣΜΟΥ

Πίνακας ανάλυσης & υπολογισμού των ΦΑ στον επικρατή – «ισοεπικρατή» τύπο διϋβριδισμού					
Μονοϋβριδισμός (Α>α)			Μονοϋβριδισμός (Κ=Λ)		
Διασταυρώσεις		ΦΑ$_{ΜΥ}$	ΦΑ$_{ΜΥ}$	Διασταυρώσεις	
1Α	ΑΑ ⊗ ΑΑ ΑΑ ⊗ Αα ΑΑ ⊗ αα αα ⊗ αα	1	1	ΚΚ ⊗ ΚΚ ΚΚ ⊗ ΛΛ ΛΛ ⊗ ΛΛ	1Β
2Α	Αα ⊗ αα	1:1	1:1	ΚΛ ⊗ ΚΚ ΚΛ ⊗ ΛΛ	2Β
3Α	Αα ⊗ Αα	3:1	1:2:1	ΚΛ ⊗ ΚΛ	3Β

Διασταύρωση		Παράδειγμα	ΦΑ$_{ΔΥ}$
1η	1Α ⊗ 1Β	ΑΑΚΚ ⊗ ΑΑΛΛ	1
2η	1Α ⊗ 2Β 2Α ⊗ 1Β	ΑΑΚΛ ⊗ ααΚΚ ΑαΛΛ ⊗ ααΚΚ	1:1
3η	1Α ⊗ 3Β 3Α ⊗ 1Β	ααΚΛ ⊗ ααΚΛ ΑαΚΚ ⊗ ΑαΛΛ	1:2:1 3:1
4η	2Α ⊗ 2Β	ΑαΚΛ ⊗ ααΚΚ ΑαΚΛ ⊗ ααΛΛ	1:1:1:1
5η	3Α ⊗ 2Β 2Α ⊗ 3Β	ΑαΚΛ ⊗ ΑαΚΚ ΑαΚΛ ⊗ ααΚΛ	3:3:1:1 2:2:1:1:1:1
6η	3Α ⊗ 3Β	ΑαΚΛ ⊗ ΑαΚΛ	6:3:3:2:1:1

Άσκηση 5.2.5 **Ο χνουδωτός καρπός ενός φυτού ελέγχεται από το επικρατές γονίδιο Χ, ενώ ο λείος από το υπολειπόμενο γονίδιο χ. Επίσης, στις ρίζες του φυτού μπορεί να υπάρχουν ωοειδείς (ΩΩ) ή σφαιρικοί αδένες (ΩΑ), αλλά μπορεί και να μην υπάρχουν (ΑΑ). Τα γονίδια που ελέγχουν τα δύο γνωρίσματα είναι αυτοσωμικά και ανεξάρτητα. Ποιοι γονότυποι και ποιοι φαινότυποι απογόνων αναμένονται, από τη διασταύρωση δυο φυτών με ετερόζυγους χνουδωτούς καρπούς και σφαιρικούς αδένες; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός:

Χ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το χνουδωτό καρπό,

χ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το λείο καρπό, όπου Χ > χ.

Ω = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για ωοειδές σχήμα αδένων,

Α = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την απουσία αδένων, όπου Ω = Α με σχέση ατελούς επικράτειας, αφού εμφανίστηκαν απόγονοι με ενδιάμεσο φαινότυπο.

Σύμφωνα με την άσκηση, η αρχική διασταύρωση είναι:

F_1 φαινότυποι:	χνουδωτός-σφαιρικοί		χνουδωτός-σφαιρικοί
F_1 γονότυποι (2n):	ΧχΩΑ	⊗	ΧχΩΑ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΧΩ, ΧΑ, χΩ, χΑ		ΧΩ, ΧΑ, χΩ, χΑ

F_2 γονότυποι (2n):

	ΧΩ	ΧΑ	χΩ	χΑ
ΧΩ	ΧΧΩΩ°	ΧΧΩΑ⊡	ΧχΩΩ°	ΧχΩΑ⊡
ΧΑ	ΧΧΩΑ⊡	ΧΧΑΑ*	ΧχΩΑ⊡	ΧχΑΑ*
χΩ	ΧχΩΩ°	ΧχΩΑ⊡	ΧχΩΩ⊙	ΧχΩΑ●
χΑ	ΧχΩΑ⊡	ΧχΑΑ*	ΧχΩΑ●	ΧχΑΑ□

F_2 φαινότυποι - $ΦΑ_{F2}$ = 6⊡ χνουδωτοί καρποί – σφαιρικοί αδένες :

3° χνουδωτοί καρποί – ωοειδείς αδένες : **3*** χνουδωτοί καρποί – χωρίς αδένες :

2● λείοι καρποί – σφαιρικοί αδένες : **1⊙** λείοι καρποί – ωοειδείς αδένες :

1□ λείοι καρποί – χωρίς αδένες.

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

Άσκηση 5.2.6 **Έστω ότι ο πατέρας ανήκει στην ομάδα αίματος Ο και είναι ρέζους θετικός, ενώ η μητέρα ανήκει στην ΑΒ ομάδα αίματος και είναι ρέζους αρνητική. Ποιοι θα είναι οι πιθανοί γονότυποι και φαινότυποι των παιδιών τους;** Τα δυο ζεύγη αλληλομόρφων γονιδίων, που ελέγχουν τις παραπάνω ιδιότητες, είναι αυτοσωμικά και βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα. Επίσης ισχύει R > r και (I^A = I^B) > i.

☞ Απάντηση:

Από τα δεδομένα συμπεραίνουμε ότι ο γονότυπος της μητέρας είναι I^AI^Brr, ενώ ο γονότυπος του πατέρα είναι iiRR ή iiRr. Έτσι λοιπόν υπάρχουν δυο πιθανές διασταυρώσεις.

- **1η διασταύρωση:**

Φαινότυποι γονέων:	♀ AB, Rh$^-$		♂ O, Rh$^+$
Γονότυποι γονέων (2n):	I^AI^Brr	⊗	iiRR
Μείωση → γαμέτες (n):	I^Ar, I^Br		iR

Γονότυποι απογόνων (2n):

♂ \ ♀	I^Ar	I^Br
iR	I^AiRr	I^BiRr

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ):

1 Α ομάδα αίματος – ρέζους θετικό (A, Rh$^+$) :

1 Β ομάδα αίματος – ρέζους θετικό (B, Rh$^+$)

- **2η διασταύρωση:**

Φαινότυποι γονέων:	♀ AB, Rh$^-$		♂ O, Rh$^+$
Γονότυποι γονέων (2n):	I^AI^Brr	⊗	iiRr
Μείωση → γαμέτες (n):	I^Ar, I^Br		iR, ir

Γονότυποι απογόνων (2n):

♂ \ ♀	I^Ar	I^Br
iR	I^AiRr▣	I^BiRr•
ir	I^Airr◊	I^Birr○

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ):

1▣ A–Rh$^+$: **1**○ B–Rh$^-$: **1**◊ A–Rh$^-$: **1**• B–Rh$^+$

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

4ο ΓΕΛ ΝΙΚΑΙΑΣ

5.2. Γ ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΟΣ ΣΥΝΕΠΙΚΡΑΤΗΣ Η ΑΤΕΛΩΣΕΠΙΚΡΑΤΗΣ ΤΥΠΟΣ ΔΙΥΒΡΙΔΙΣΜΟΥ

Πίνακας ανάλυσης & υπολογισμού των ΦΑ Στο συνεπικρατή ή ατελώς επικρατή τύπο διϋβριδισμού					
Μονοϋβριδισμός (Α=Β)			Μονοϋβριδισμός (Κ=Λ)		
Διασταυρώσεις		$ΦΑ_{ΜΥ}$	$ΦΑ_{ΜΥ}$	Διασταυρώσεις	
1Α	ΑΑ ⊗ ΑΑ ΑΑ ⊗ ΒΒ ΒΒ ⊗ ΒΒ	1	1	ΚΚ ⊗ ΚΚ ΚΚ ⊗ ΛΛ ΛΛ ⊗ ΛΛ	1Β
2Α	ΑΒ ⊗ ΑΑ ΑΒ ⊗ ΒΒ	1 : 1	1 : 1	ΚΛ ⊗ ΚΚ ΚΛ ⊗ ΛΛ	2Β
3Α	ΑΒ ⊗ ΑΒ	1 : 2 : 1	1 : 2 : 1	ΚΛ ⊗ ΚΛ	3Β

Διασταύρωση		Παράδειγμα	$ΦΑ_{ΔΥ}$
1η	1Α ⊗ 1Β	ΑΑΚΚ ⊗ ΒΒΛΛ	1
2η	1Α ⊗ 2Β 2Α ⊗ 1Β	ΑΑΚΛ ⊗ ΒΒΚΚ ΑΒΚΚ ⊗ ΒΒΛΛ	1 : 1
3η	1Α ⊗ 3Β 3Α ⊗ 1Β	ΑΑΚΛ ⊗ ΒΒΚΛ ΑΒΚΚ ⊗ ΑΒΛΛ	1 : 2 : 1
4η	2Α ⊗ 2Β	ΑΒΚΛ ⊗ ΒΒΚΚ ΑΒΚΛ ⊗ ΑΑΛΛ	1 : 1 : 1 : 1
5η	2Α ⊗ 3Β 3Α ⊗ 2Β	ΑΒΚΛ ⊗ ΒΒΚΛ ΑΒΚΛ ⊗ ΑΒΛΛ	2 : 2 : 1 : 1 : 1 : 1
6η	3Α ⊗ 3Β	ΑΒΚΛ ⊗ ΑΒΚΛ	4:2:2:2:2:1:1:1:1

Άσκηση 5.2.7 **Ένας μαύρος πετεινός με μικρά νύχια γονιμοποίησε μια άσπρη κότα με μεγάλα νύχια. Οι απόγονοι ήταν όλοι γκρι με ενδιάμεσα νύχια. Ποια θα είναι η ΦΑ των ατόμων της F_2 γενιάς;** (Τα δυο ζεύγη αλληλομόρφων γονιδίων που ελέγχουν τις παραπάνω ιδιότητες είναι αυτοσωμικά και βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα. Επίσης, Μ = μαύρο χρώμα, Α = άσπρο χρώμα, Μ = Α και Κ = μικρά νύχια, Λ = μεγάλα νύχια, Κ=Λ)

☞ Απάντηση:

Απαραίτητες γνώσεις:

> ▣ *Όταν διασταυρώνονται δυο άτομα με διαφορετικούς φαινοτύπους και προκύπτουν απόγονοι με ένα φαινότυπο, σημαίνει ότι τα άτομα που διασταυρώνονται είναι ομόζυγα και οι απόγονοί τους είναι ετερόζυγοι. Βλέπε συμπεράσματα – νόμους !!!*

Στην πρώτη διασταύρωση παρατηρούμε ότι οι απόγονοι είναι όλοι ομοιόμορφοι και δεν εμφανίζεται κανένας χαρακτήρας των γονιών, αλλά μια ενδιάμεση κατάσταση. Συνεπώς και τα δυο ζεύγη αλληλομόρφων γονιδίων είναι ατελώς επικρατή.

Διασταύρωση:

P φαινότυποι:	♂ μαύρος-μικρά		άσπρη-μεγάλα ♀
P γονότυποι (2n):	ΜΜΚΚ	⊗	ΑΑΛΛ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΜΚ		ΑΛ
ΓΑ$_{F1}$:		ΜΑΚΛ	
ΦΑ$_{F1}$:		Όλοι γκρι - ενδιάμεσα	

F$_1$ φαινότυποι:	♂ γκρι-ενδιάμεσα		γκρι-ενδιάμεσα ♀
F$_1$ γονότυποι (2n):	ΜΑΚΛ	⊗	ΜΑΚΛ
Μείωση → γαμέτες (n):	ΜΚ, ΜΛ, ΑΚ, ΑΛ		ΜΚ, ΜΛ, ΑΚ, ΑΛ

F$_2$ γονότυποι (2n):

♂ \ ♀	ΜΚ	ΜΛ	ΑΚ	ΑΛ
ΜΚ	ΜΜΚΚ▲	ΜΜΚΛ◙	ΜΑΚΚ□	ΜΑΚΛ■
ΜΛ	ΜΜΚΛ◙	ΜΜΛΛ▼	ΜΑΚΛ■	ΜΑΛΛ○
ΑΚ	ΜΑΚΚ□	ΜΑΚΛ■	ΑΑΚΚ◄	ΑΑΚΛ◊
ΑΛ	ΜΑΚΛ■	ΜΑΛΛ○	ΑΑΚΛ◊	ΑΑΛΛ►

F$_2$ φαινότυποι - ΦΑ$_{F2}$:

4■ γκρι-ενδιάμεσα : **2**□ γκρι-μικρά : **2**○ γκρι-μεγάλα : **2**◙ μαύρα-ενδιάμεσα : **2**◊ άσπρα-ενδιάμεσα : **1**▲ μαύρα-μικρά : **1**▼μαύρα-μεγάλα : **1**◄ άσπρα-μικρά : **1**► άσπρα-μεγάλα

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

5.2.Δ ΔΙΥΒΡΙΔΙΣΜΟΣ ΜΕ ΕΝΑ ΑΥΤΟΣΩΜΙΚΟ ΚΑΙ ΕΝΑ ΦΥΛΟΣΥΝΔΕΤΟ

ΟΙ 6 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΦΥΛΟΣΥΝΔΕΤΩΝ ΓΟΝΙΔΙΩΝ.

- **Παράδειγμα**: X^A = φυσιολογική πήξη αίματος, X^α = αιμορροφιλία, $X^A > X^\alpha$.

	Διασταυρώσεις	Αναμενόμενες αναλογίες στην F$_1$			
No	Γονότυποι	ΦΑ♀		ΦΑ♂	
1	X^AY ⊗ X^AX^A	όλα με φυσιολ. πήξη	1	όλα με φυσιολ. πήξη	1
2	**X^AY ⊗ X^AX^α**	όλα με φυσιολ. πήξη	**1**	1/2 φυσιολ. : 1/2 ασθενή	**1 : 1**
3	**X^AY ⊗ $X^\alpha X^\alpha$**	όλα με φυσιολ. πήξη	**1**	όλα ασθενή	**1**
4	$X^\alpha Y$ ⊗ X^AX^A	όλα με φυσιολ. πήξη	1	όλα με φυσιολ. πήξη	1
5	**$X^\alpha Y$ ⊗ X^AX^α**	1/2 φυσιολ. : 1/2 ασθενή	1 : 1	1/2 φυσιολ. : 1/2 ασθενή	**1 : 1**
6	$X^\alpha Y$ ⊗ $X^\alpha X^\alpha$	όλα ασθενή	1	όλα ασθενή	1

Απαραίτητες γνώσεις:

- *Για τα φυλοσύνδετα γονίδια ισχύει ο κανόνας της **διασταυρούμενης κληρονομικότητας**.*
  - *«Τα φυλοσύνδετα γονίδια του αρσενικού γονέα μεταφέρονται **μόνο** στους θηλυκούς απογόνους και οι αρσενικοί απόγονοι κληρονομούν τα φυλοσύνδετα γονίδιά τους **μόνο** από το θηλυκό γονέα τους.»*
- *Τα φυλοσύνδετα γονίδια στα αρσενικά άτομα συμπεριφέρονται σαν επικρατή, είτε είναι επικρατή, είτε υπολειπόμενα.*
- *Για τη λύση των ασκήσεων με γονίδια που σχετίζονται με το φύλο, απαραίτητα χρησιμοποιούμε τα **X** και **Y**. Τα γονίδια τοποθετούνται ως εκθέτες πάνω στα X.*

Άσκηση 5.2.8 **Γυναίκα με καστανά μάτια (επικρατές αυτοσωμικό) και φυσιολογική όραση είχε μητέρα με γαλανά μάτια (υπολειπόμενο αυτοσωμικό) και πατέρα με μερική αχρωματοψία. Η γυναίκα αυτή παντρεύεται άντρα με γαλανά μάτια και φυσιολογική όραση. Τι απογόνους πρόκειται να αποκτήσει το ζευγάρι αυτό;**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Κ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το καστανό χρώμα ματιών,

κ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το γαλανό χρώμα ματιών, όπου Κ > κ.

X^{Δ} = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για φυσιολογική όραση,

X^{δ} = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τη μερική αχρωματοψία στο πράσινο και κόκκινο, όπου $X^{\Delta} > X^{\delta}$.

Ο γονότυπος της γυναίκας με τα καστανά μάτια είναι **$KkX^{\Delta}X^{\delta}$**, γιατί από τη μητέρα της, που έχει γαλανά μάτια (**κκ**), πήρε το γονίδιο **κ** και από τον πατέρα της, που έχει μερική αχρωματοψία (**$X^{\delta}Y$**), πήρε το **X^{δ}**.

Φαινότυποι γονέων:	♀ καστανά-φυσιολογική		γαλανά-φυσιολογικός ♂
Γονότυποι γονέων (2n):	$KkX^{\Delta}X^{\delta}$	⊗	$kkX^{\Delta}Y$
Μείωση → γαμέτες (n):	KX^{Δ}, KX^{δ}, kX^{Δ}, kX^{δ}		kX^{Δ}, kY

Γονότυποι απογόνων (2n):

♂ \ ♀	KX^{Δ}	KX^{δ}	kX^{Δ}	kX^{δ}
kX^{Δ}	•$KkX^{\Delta}X^{\Delta}$	•$KkX^{\Delta}X^{\delta}$	◦$kkX^{\Delta}X^{\Delta}$	◦$kkX^{\Delta}X^{\delta}$
kY	▼$KkX^{\Delta}Y$	►$KkX^{\delta}Y$	▲$kkX^{\Delta}Y$	◄$kkX^{\delta}Y$

Φαινότυποι απογόνων - ΦΑ: **Αρσενικά:**

1▼ με καστανά μάτια & φυσιολογική όραση : 1► με καστανά μάτια & δαλτονικό :

1▲ με γαλανά μάτια & φυσιολογική όραση : 1◄ με γαλανά μάτια & δαλτονικό

Θηλυκά:

1• με καστανά μάτια & φυσιολογική όραση : 1◦ με γαλανά μάτια & φυσιολογική όραση

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

Άσκηση 5.2.9 **Στον άνθρωπο το γονίδιο του αλφισμού είναι αυτοσωμικό υπολειπόμενο, ενώ το γονίδιο για το κολόβωμα της ίριδας είναι φυλοσύνδετο υπολειπόμενο. Αλφικός άντρας παντρεύτηκε μια γυναίκα που πάσχει από κολόβωμα της ίριδας. Ποιοι θα είναι οι πιθανοί φαινότυποι των απογόνων τους;**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Έστω,

φ = γονίδιο το υπολειπόμενο αλληλόμορφο υπεύθυνο για τον αλφισμό

Φ = το επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την κανονική κατάσταση, όπου Φ > φ.

$X^{κ}$ = το υπολειπόμενο φυλοσύνδετο αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το κολόβωμα της ίριδας

X^{K} =το επικρατές φυλοσύνδετο αλληλόμορφο γονίδιο για την φυσιολογική ίριδα, όπου $X^{K} > X^{κ}$.

XY = άντρας, ♂ και **XX** = γυναίκα, ♀

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο γονότυπος του αλφικού άνδρα με κανονική ίριδα είναι **$φφX^{K}Y$** και ο γονότυπος γυναίκας με κανονικό χρωματισμό και κολόβωμα της ίριδας είναι **$ΦΦX^{κ}X^{κ}$** ή **$ΦφX^{κ}X^{κ}$**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχουν δυο πιθανές διασταυρώσεις.

- **1η διασταύρωση:**

Φαινότυποι γονέων:	♂ αλφικός-κανονική ίριδα	⊗	κανονικό χρώμα-κολόβωμα ♀
Γονότυποι γονέων (2n):	$φφX^{K}Y$		$ΦΦX^{κ}X^{κ}$
Μείωση → γαμέτες (n):	$φX^{K}$, $φY$		$ΦX^{κ}$

Γονότυποι απογόνων (2n):

♀ \ ♂	$φX^{K}$	$φY$
$ΦX^{κ}$	$ΦφX^{K}X^{κ}$	$ΦφX^{κ}Y$

Φαινότυποι απογόνων – ΦΑ:

1 κορίτσι (♀), με κανονικό χρώμα & κανονική ίριδα

1 αγόρι (♂), με κανονικό χρώμα & κολόβωμα ίριδας

- **2η διασταύρωση:**

Φαινότυποι γονέων:	♂ αλφικός-κανονική ίριδα	⊗	κανονικό χρώμα-κολόβωμα ♀
Γονότυποι γονέων (2n):	$φφX^{K}Y$		$ΦφX^{κ}X^{κ}$
Μείωση → γαμέτες (n):	$φX^{K}$, $φY$		$ΦX^{κ}$, $φX^{κ}$

Γονότυποι απογόνων (2n):

♀ \ ♂	$φX^{K}$	$φY$
$ΦX^{κ}$	$ΦφX^{K}X^{κ}$ •	$ΦφX^{κ}Y$ ▲
$φX^{κ}$	$φφX^{K}X^{κ}$ ○	$φφX^{κ}Y$ ▼

Φαινότυποι απογόνων – ΦΑ:

Θηλυκά: 1• κανονικό χρώμα & κανονική ίριδα **:**

1◦ αλφικό & κανονική ίριδα

Αρσενικά: 1▲ κανονικό χρώμα & κολόβωμα ίριδας :

1▼ αλφικό & κολόβωμα ίριδας

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

Άσκηση 5.2.10 **Από τη διασταύρωση ατόμων *Drosopfilla* γεννήθηκαν τα παρακάτω άτομα: 62 θηλυκά με κόκκινα μάτια και φυσιολογικές πτέρυγες, 21 θηλυκά με κόκκινα μάτια και ζαρωμένες πτέρυγες, 33 αρσενικά με κόκκινα μάτια και φυσιολογικές πτέρυγες, 30 αρσενικά με άσπρα μάτια και φυσιολογικές πτέρυγες, 12 αρσενικά με κόκκινα μάτια και ζαρωμένες πτέρυγες και 11 αρσενικά με άσπρα μάτια και ζαρωμένες πτέρυγες. Να εξηγήσετε:**

α. τους φαινοτύπους και γονοτύπους των ατόμων που διασταυρώθηκαν.

β. τον τρόπο με τον οποίο κληρονομούνται τα γνωρίσματα.

*Όταν σε μια διασταύρωση σας δίνονται τα φαινοτυπικά αποτελέσματα σε αριθμούς απογόνων και σας ζητούνται **ο τρόπος κληρονόμησης** των γνωρισμάτων ή και οι φαινότυποι-γονότυποι των ατόμων που διασταυρώθηκαν, τότε πρέπει να βρείτε τη φαινοτυπική αναλογία (ΦΑ) για κάθε γνώρισμα, οπότε συμπεραίνετε για τα ζητούμενα.*

☞ Απάντηση:

Απαραίτητες γνώσεις:

- Γράφετε τα φαινοτυπικά αποτελέσματα της εκφώνησης σε πίνακα, για να μελετήσετε τα γνωρίσματα ξεχωριστά.

	Φύλο	Χρώμα ματιών	Σχήμα πτερύγων
62	♀	κόκκινα	φυσιολογικές
21	♀	κόκκινα	ζαρωμένες
33	♂	κόκκινα	φυσιολογικές
30	♂	άσπρα	φυσιολογικές
12	♂	κόκκινα	ζαρωμένες
11	♂	άσπρα	ζαρωμένες

- **Για το γνώρισμα χρώμα ματιών:**

→ Φαινοτυπική αναλογία απογόνων = 62+21+33+12 κόκκινα : 30+11 άσπρα

= 125 κόκκινα : 41 άσπρα ≈ 3 κόκκινα : 1 άσπρα

Άρα, το αλληλόμορφο γονίδιο που ελέγχει το **κόκκινο χρώμα ματιών επικρατεί** του αλληλόμορφου γονιδίου που ελέγχει το άσπρο χρώμα ματιών.

→ Φαινοτυπική αναλογία θηλυκών απογόνων = 62+21 = 83 με κόκκινα μάτια, ΦΑ♀ = 1.

Φαινοτυπική αναλογία αρσενικών απογόνων = 33+12 με κόκκινα : 30+11 με άσπρα = 45 με κόκκινα : 41 με άσπρα, ΦΑ♂ ≈ 1 με κόκκινα : 1 με άσπρα.

Η ΦΑ♀ ≠ ΦΑ♂, άρα **το γνώρισμα είναι φυλοσύνδετο**.

Συμβολισμός:

X^K = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το κόκκινο χρώμα ματιών,

$X^κ$ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το άσπρο χρώμα ματιών, όπου $X^K > X^κ$.

→ Από τη ΦΑ♂ ≈ 1 με κόκκινα : 1 με άσπρα, συμπεραίνω ότι **ο θηλυκός γονέας** είναι ετερόζυγος για το χρώμα ματιών, δηλαδή έχει γονότυπο **$X^KX^κ$**.

→ Από τη ΦΑ♀ = 1, όλα με κόκκινα μάτια, συμπεραίνω ότι ο αρσενικός γονέας έχει κόκκινα μάτια και γονότυπο **X^KY**, αφού καθορίζει το χρώμα ματιών σε όλους τους θηλυκούς απογόνους ανεξάρτητα από το αλληλόμορφο που τους κληροδοτεί ο θηλυκός γονέας.

- **Για το γνώρισμα μορφή πτερύγων:**

→ Φαινοτυπική αναλογία απογόνων = 62+33+30 φυσιολογικές : 21+12+11 ζαρωμένες
= 125 φυσιολογικές : 45 ζαρωμένες
≈ 3 φυσιολογικές : 1 ζαρωμένες

Άρα, το αλληλόμορφο γονίδιο που ελέγχει τις **φυσιολογικές πτέρυγες επικρατεί** του αλληλόμορφου γονιδίου που ελέγχει τις ζαρωμένες πτέρυγες.

→ ΦΑ♀ = 62 με φυσιολογικές : 21 ζαρωμένες ≈ 3 με φυσιολογικές : 1 ζαρωμένες.
ΦΑ♂ = 33+30 με φυσιολογικές : 12+11 με ζαρωμένες = 63 με φυσιολογικές : 23 με ζαρωμένες ≈ 3 με φυσιολογικές : 1 με ζαρωμένες.
Η ΦΑ♀ = ΦΑ♂, άρα **το γνώρισμα είναι αυτοσωμικό**.

Συμβολισμός:

Φ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τις φυσιολογικές πτέρυγες,

φ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για τις ζαρωμένες πτέρυγες, όπου Φ > φ.

→ Από τη ΦΑ♀ ≈ ΦΑ♂ ≈ 3 με φυσιολογικές : 1 με ζαρωμένες, συμπεραίνω ότι και οι δύο γονείς είναι ετερόζυγοι (Φφ) με φυσιολογικές πτέρυγες.

Διασταύρωση:

F_1 φαινότυποι:	♂ κόκκινα-φυσιολογικές	⊗	κόκκινα-φυσιολογικές ♀
F_1 γονότυποι (2n):	$X^KYΦφ$		$X^KX^κΦφ$
Μείωση → γαμέτες (n):	$X^KΦ$, $X^Kφ$, $YΦ$, $Yφ$		$X^KΦ$, $X^Kφ$, $X^κΦ$, $X^κφ$

F_2 γονότυποι (2n):

♂ \ ♀	$X^KΦ$	$X^Kφ$	$X^κΦ$	$X^κφ$
$X^KΦ$	▲$X^KX^KΦΦ$	▲$X^KX^KΦφ$	▲$X^KX^κΦΦ$	▲$X^KX^κΦφ$
$X^Kφ$	▲$X^KX^KΦφ$	▼$X^KX^Kφφ$	▲$X^KX^κΦφ$	▼$X^KX^κφφ$
$YΦ$	■$X^KYΦΦ$	■$X^KYΦφ$	□$X^κYΦΦ$	□$X^κYΦφ$
$Yφ$	■$X^KYΦφ$	○$X^KYφφ$	□$X^κYΦφ$	◊ $X^κYφφ$

40 ΓΕΛ ΝΙΚΑΙΑΣ

Φαινότυποι απογόνων

ΦΑ♀ = 6▲ με κόκκινα μάτια και φυσιολογικές πτέρυγες :

2▼ με κόκκινα μάτια και ζαρωμένες πτέρυγες.

ΦΑ♂ = 3■ με κόκκινα μάτια και φυσιολογικές πτέρυγες :

3□ με άσπρα μάτια και φυσιολογικές πτέρυγες :

1○ με κόκκινα μάτια και ζαρωμένες πτέρυγες :

1◊ με άσπρα μάτια και ζαρωμένες πτέρυγες.

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

5.3 Άλλες κατηγορίες γονιδίων – ασκήσεων

5.3.Α ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΑΛΛΗΛΟΜΟΡΦΑ

1. Όταν διασταυρώνουμε **δυο άτομα με διαφορετικούς φαινοτύπους** και εμφανίζονται **απόγονοι με 3 διαφορετικούς φαινότυπους**, τότε:
   - **το γνώρισμα ελέγχεται από 3 αλληλόμορφα γονίδια (πολλαπλά), με σχέση επικρατούς-υπολειπομένου, Α>α>α* ή $X^A>X^\alpha>X^{\alpha*}$.**
   - **τα άτομα που διασταυρώνονται είναι ετερόζυγα.**

2. Όταν διασταυρώνονται **διαφορετικά άτομα με ίδιο φαινότυπο** (σε έναν πληθυσμό) και προκύπτουν (από διαφορετικές διασταυρώσεις) **3 διαφορετικοί φαινότυποι**, τότε:
   - **το γνώρισμα ελέγχεται από 3 αλληλόμορφα γονίδια (πολλαπλά), με σχέση επικρατούς-υπολειπομένου, Α>α*>α ή $X^A>X^\alpha>X^{\alpha*}$.**
   - **τα άτομα που διασταυρώνονται είναι ετερόζυγα.**

3. Όταν διασταυρώνονται **δύο συγκεκριμένα άτομα με διαφορετικό φαινότυπο** και προκύπτουν **4 διαφορετικοί φαινότυποι**, τότε:
   - **το γνώρισμα ελέγχεται από 3 αλληλόμορφα γονίδια (πολλαπλά), με 2 συνεπικρατή ή ατελώς επικρατή και 1 υπολειπόμενο, Α>α*=α ή $I^A=I^B>i$.**
   - **τα άτομα που διασταυρώνονται είναι ετερόζυγα.**

Ομάδες αίματος

- Οι ομάδες αίματος ελέγχονται από **τρία** αλληλόμορφα γονίδια (**πολλαπλά αλληλόμορφα**)
  - → *I^A = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την ομάδα Α,*
  - → *I^B = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την ομάδα Β,*
  - → *i = γονίδιο υπεύθυνο για την ομάδα Ο* και
  - → **ανά δυο** καθορίζουν μια από τις τέσσερις ομάδες αίματος Α, Β, ΑΒ, Ο.

Φαινότυπος (ομάδα αίματος)	Γονότυπος
Α	I^AI^A ή I^Ai
Β	I^BI^B ή I^Bi
ΑΒ	I^AI^B
Ο	ii

- Για τα γονίδια που ελέγχουν τις ομάδες αίματος ισχύει, **$I^A = I^B > i$**

- *Ο **παράγοντας ρέζους** ελέγχεται από **δυο αλληλόμορφα** γονίδια. Το R είναι το επικρατές και το r είναι το υπολειπόμενο. Τα άτομα με γονότυπο **RR, Rr** λέγονται **ρέζους θετικά** (Rh^+), ενώ τα άτομα με γονότυπο **rr** λέγονται **ρέζους αρνητικά** (Rh^-).*

Άσκηση ... *βλέπε άσκηση 5.2.6*

Άσκηση 5.2.11 **Το χρώμα τριχώματος στους σκίουρους ελέγχεται από αυτοσωμικά αλληλόμορφα γονίδια. Οι σκίουροι με καφέ χρώμα τριχώματος, όταν διασταυρώνονται μεταξύ τους, μπορεί να δώσουν απογόνους άσπρο, μπεζ ή καφέ χρώμα τριχώματος. Τα μπεζ ζώα, όταν διασταυρώνονται μεταξύ τους, μπορεί να δώσουν απογόνους μπεζ ή άσπρο χρώμα τριχώματος, ποτέ όμως με καφέ. Τα ζώα με άσπρο χρώμα τριχώματος, όταν διασταυρωθούν μεταξύ τους, δίνουν απογόνους μόνο με άσπρο χρώμα τριχώματος. Να βρεθεί:**

α. Πώς κληρονομείται το χρώμα;

β. Τι φαινότυπο και γονότυπο έχουν δύο γονείς που έδωσαν απογόνους: ένα με καφέ, ένα με μπεζ και ένα με άσπρο χρώμα τριχώματος;

☞ Απάντηση:

α. Αφού εμφανίζονται απόγονοι με τρεις διαφορετικούς φαινοτύπους, είναι πιθανό το γνώρισμα χρώμα τριχώματος να ελέγχεται από δύο αλληλόμορφα γονίδια με σχέση ατελούς επικράτειας.

- Όμως, τα μπεζ ζώα, όταν διασταυρώνονται μεταξύ τους, μπορεί να δώσουν απογόνους με μπεζ ή άσπρο χρώμα τριχώματος, ποτέ όμως με καφέ.
  - → Άρα, το χρώμα τριχώματος στους σκίουρους ελέγχεται από **τρία αλληλόμορφα γονίδια**, είναι δηλαδή **πολλαπλά αλληλόμορφα** γονίδια.
- Ως προς τη σχέση των αλληλόμορφων γονιδίων:
  - → Αφού, οι σκίουροι με καφέ χρώμα τριχώματος, όταν διασταυρώνονται μεταξύ τους, μπορεί να δώσουν απογόνους με άσπρο, μπεζ ή καφέ χρώμα τριχώματος, σημαίνει ότι το αλληλόμορφο γονίδιο για το καφέ χρώμα τριχώματος επικρατεί των δύο άλλων αλληλόμορφων γονιδίων.

→ Αφού, οι σκίουροι με μπεζ χρώμα τριχώματος, όταν διασταυρώνονται μεταξύ τους, μπορεί να δώσουν απογόνους με μπεζ ή άσπρο χρώμα τριχώματος, ποτέ όμως με καφέ, σημαίνει ότι το αλληλόμορφο γονίδιο για το μπεζ χρώμα τριχώματος επικρατεί του αλληλόμορφου για το άσπρο χρώμα τριχώματος αλλά υπολείπεται του αλληλόμορφου γονιδίου για το καφέ χρώμα τριχώματος.

Συμβολισμός: Κ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το καφέ χρώμα τριχώματος,
κ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το μπεζ χρώμα τριχώματος,
κ* = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για το άσπρο χρώμα τριχώματος,
όπου Κ > κ > κ*.

β. Από τη διασταύρωση σκίουρων με άγνωστο φαινότυπο προέκυψαν ένας σκίουρος με καφέ, ένας με μπεζ και ένας με άσπρο χρώμα τριχώματος.

→ Φαινότυπος: ♂ ; ⊗ ; ♀ → 1 με καφέ, 1 με μπεζ, 1 με άσπρο.

→ Γονότυπος: _ _ ⊗ _ _ → 1 Κ_, 1 κ_, 1 κ*κ*

- Από τους φαινοτύπους και γονοτύπους των απογόνων συμπεραίνω:

→ Οι απόγονοι με άσπρο χρώμα τριχώματος έχουν κληρονομήσει από ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο κ* από κάθε γονέα τους.

→ Οι απόγονοι με μπεζ χρώμα τριχώματος έχουν κληρονομήσει το αλληλόμορφο γονίδιο κ από τον ένα γονέα τους, ενώ οι απόγονοι με καφέ χρώμα τριχώματος έχουν κληρονομήσει το αλληλόμορφο γονίδιο Κ από τον άλλο γονέα τους.

→ Άρα από τους γονείς, ο ένας έχει φαινότυπο **καφέ χρώμα** τριχώματος και γονότυπο **Κκ*** και ο άλλος έχει φαινότυπο **μπεζ χρώμα** τριχώματος και γονότυπο **κκ***. Ο φαινότυπος καφέ χρώμα τριχώματος μπορεί να χαρακτηρίζει είτε τον αρσενικό είτε τον θηλυκό γονέα.

Διασταύρωση:

Φαινότυποι γονέων:	♂ καφέ		μπεζ ♀
Γονότυποι γονέων (2n):	Κκ*	⊗	κκ*
Μείωση → γαμέτες (n):	Κ, κ*		κ, κ*

Γονότυποι απογόνων (2n):

♂ \ ♀	κ	κ*
Κ	▪Κκ	▪Κκ*
κ*	▫κκ*	◦κ*κ*

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ):

2▪ με καφέ : **1▫** με μπεζ : **1◦** με άσπρο

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

5.3.Β ΘΝΗΣΙΓΟΝΑ ΓΟΝΙΔΙΑ

Μπορεί να βρίσκονται σε οποιοδήποτε χρωμόσωμα (*αυτοσωμικό ή φυλετικό*).

- Τα **ομόζυγα «επικρατή»** θνησιγόνα γονίδια απομακρύνονται από τον πληθυσμό στην ίδια γενιά που εμφανίζονται.
  → Σε ετερόζυγη κατάσταση μπορεί να μην δίνουν ή και να δίνουν εμφανές φαινοτυπικό αποτέλεσμα, π.χ. βραχυφαλαγγία.
- Τα **υπολειπόμενα αυτοσωμικά** θνησιγόνα γονίδια επιφέρουν το θάνατο μόνο όταν βρίσκονται σε ομόζυγη κατάσταση.
- Τα **υπολειπόμενα φυλοσύνδετα** θνησιγόνα γονίδια επιφέρουν το θάνατο όταν βρίσκονται σε ομόζυγη κατάσταση στα θηλυκά $X^{\theta}X^{\theta}$ ή σε (ημίζυγη) κατάσταση $X^{\theta}Y$ στα αρσενικά.
- Συνήθως σε μια διασταύρωση, **η ύπαρξη θνησιγόνου γονιδίου διαπιστώνεται από τη μετατροπή της φυσιολογικά αναμενόμενης Μενδελικής φαινοτυπικής αναλογίας στους απογόνους.**

Άσκηση 5.3.1 **Η κανονική ανάπτυξη των φαλάγγων των δακτύλων ελέγχεται από το υπολειπόμενο αυτοσωμικό αλληλόμορφο γονίδιο β. Το επικρατές αλληλόμορφο γονίδιο Β σε ομόζυγη κατάσταση (ΒΒ) λειτουργεί ως θνησιγόνο. Τα άτομα με ετερόζυγο γονότυπο έχουν βραχυφαλαγγία. Τα άτομα με γονότυπο ββ έχουν κανονικά δάκτυλα. Πατέρας και η μητέρα είναι ετερόζυγοι και έχουν βραχυφαλαγγία. Ποια θα είναι η φαινοτυπική και γονοτυπική αναλογία των απογόνων τους;**

☞ Απάντηση:

Συμβολισμός: Β = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για βραχυφαλαγγία,
β = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την κανονική ανάπτυξη των φαλάγγων των δακτύλων, όπου Β > β.

Διασταύρωση:

Φαινότυποι γονέων:	♂ βραχυφαλαγγία		βραχυφαλαγγία ♀
Γονότυποι γονέων (2n):	Ββ	⊗	Ββ
Μείωση → γαμέτες (n):	Β, β		Β, β

Γονότυποι απογόνων (2n):

♀ \ ♂	Β	β
Β	ΒΒ ■	Ββ ▲
β	Ββ ▲	ββ ►

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ)

= 2▲ με βραχυφαλαγγία : **1►** με κανονικά δάκτυλα

*και **1■** με γονότυπο ΒΒ πεθαίνουν **και δεν υπολογίζονται στη ΦΑ**.*

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

Άσκηση 5.3.2 **Από τη διασταύρωση δυο ατόμων της *Drosophila* πήραμε 180 άτομα θηλυκά και 95 αρσενικά. Ποιο πιθανό γεγονός μπορεί να εξηγήσει το αποτέλεσμα;**

☞ Απάντηση:

Το πιθανό γεγονός που μπορεί να εξηγήσει το αποτέλεσμα, δηλαδή άτομα θηλυκά/αρσενικά = 180/95 ≈ 2/1, είναι η ύπαρξη **υπολειπόμενου θνησιγόνου γονιδίου** που σχετίζεται με το φύλο, δηλαδή **φυλοσύνδετου**.

Διασταύρωση:

Φαινότυποι γονέων:	♂ φυσιολογικός		♀ φυσιολογική
Γονότυποι γονέων (2n):	XY	⊗	$X^{\theta}X$
Μείωση → γαμέτες (n):	X, Y		X^{θ} , X

Γονότυποι απογόνων (2n): ♂ / ♀	X	Y
X^{θ}	$X^{\theta}X$ ▲	$X^{\theta}Y$ ■
X	XX ▲	XY ►

Φαινότυποι απογόνων – (ΦΑ) = 2▲ θηλυκά : 1► αρσενικό

*και 1■ αρσενικά με γονότυπο $X^{\theta}Y$ πεθαίνουν και **δεν υπολογίζονται στη ΦΑ**.*

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμός, σελ. 75 σχολικό.**

5.3.Γ ΓΕΝΕΑΛΟΓΙΚΑ ΔΕΝΤΡΑ

Στα γενεαλογικά δέντρα:

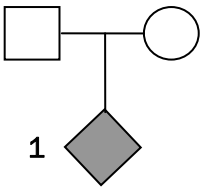
- Μελετάται ο τρόπος κληρονόμησης **ενός μόνο γνωρίσματος** (μονοϋβριδισμός) και ειδικότερα του αλληλόμορφου καθορίζει το φαινότυπο που εμφανίζεται στα «**μαυρισμένα**» άτομα του δέντρου.

- Το γνώρισμα είναι πάντοτε **μονογονιδιακός χαρακτήρας** και ελέγχεται από **δυο αλληλόμορφα** γονίδια, που έχουν πάντοτε **σχέση επικρατούς – υπολειπομένου** (εμφανίζονται μόνο δυο φαινότυποι).

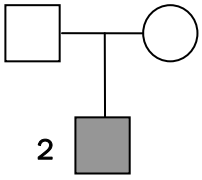
- Το γνώρισμα **διερευνάται**:
  - → ως προς τη **σχέση** των αλληλόμορφων γονιδίων του, δηλαδή εάν το αλληλόμορφο γονίδιο που καθορίζει το ζητούμενο φαινότυπο (μαυρισμένα άτομα), είναι τ**ο επικρατές ή το υπολειπόμενο** και
  - → ως προς τη **θέση** των αλληλόμορφων γονιδίων του, δηλαδή εάν είναι **αυτοσωμικός ή φυλοσύνδετος** χαρακτήρας.

- Μια προσεκτική ματιά του δέντρου μπορεί να σας προσανατολίσει για τη σχέση και τη θέση των αλληλομόρφων του γνωρίσματος. Π.χ. **Αν το γνώρισμα εκδηλώνεται**:
  - → σε σχετικά μεγάλο αριθμό αρσενικών και θηλυκών ατόμων, είναι πιθανότατα **επικρατές αυτοσωμικό** (π.χ. ασθένεια).
  - → σε σχετικά μικρό αριθμό αρσενικών και θηλυκών ατόμων, είναι πιθανότατα **υπολειπόμενο αυτοσωμικό** (π.χ. σπάνια ασθένεια).
  - → σχεδόν αποκλειστικά σε αρσενικά άτομα, είναι πιθανότατα **υπολειπόμενο φυλοσύνδετο**.

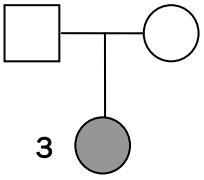
- Οι παραπάνω παρατηρήσεις αποτελούν ενδείξεις και γι' αυτό οφείλουμε να βρούμε στο δέντρο κάποιες οικογένειες, που **να αποδεικνύουν με πειστικό τρόπο** τον τρόπο κληρονόμησης του γνωρίσματος.



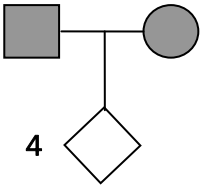
Υπολειπόμενο



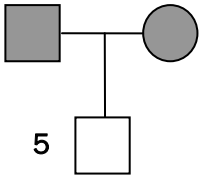
Υπολειπόμενο (αυτοσωμικό ή φυλοσύνδετο)



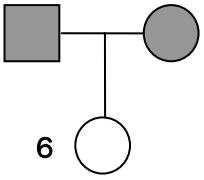
Υπολειπόμενο αυτοσωμικό



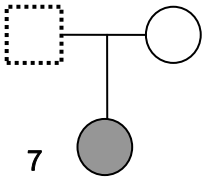
Επικρατές



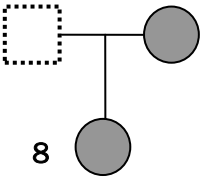
Επικρατές (αυτοσωμικό ή φυλοσύνδετο)



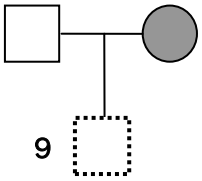
Επικρατές αυτοσωμικό



Όχι υπολειπόμενο φυλοσύνδετο

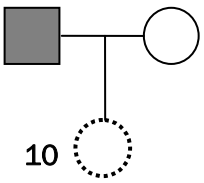


Όχι υπολειπόμενο φυλοσύνδετο

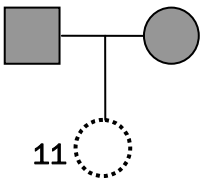


Όχι υπολειπόμενο φυλοσύνδετο

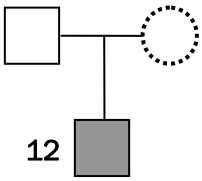
- Υπάρχουν δυο τρόποι για να αποδείξουμε ότι ένα γνώρισμα είναι **υπολειπόμενο αυτοσωμικό**.
  - → Είτε να βρούμε μόνο την οικογένεια 3,
  - → είτε να βρούμε την οικογένεια 2 και στο ίδιο δέντρο την οικογένεια 7 ή 8.
- Υπάρχουν δυο τρόποι για να αποδείξουμε ότι ένα γνώρισμα **δεν μπορεί να είναι υπολειπόμενο φυλοσύνδετο**.
  - → Να βρούμε την οικογένεια 7, 8 ή 9.
- Ένας τρόπος για να αποδείξουμε, ότι ένα γνώρισμα είναι **επικρατές αυτοσωμικό**, είναι να βρούμε την οικογένεια 6.



Όχι επικρατές φυλοσύνδετο



Όχι επικρατές φυλοσύνδετο



Όχι επικρατές φυλοσύνδετο

Άσκηση 5.3.3 ΠΕ '01

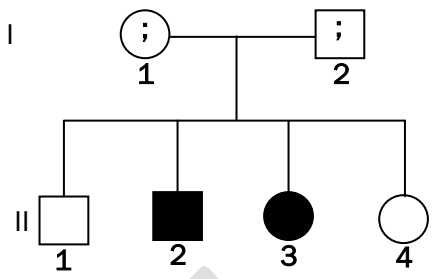
Δίνεται το παρακάτω γενεαλογικό δέντρο στο οποίο:

Οι φαινότυποι των γονέων Ι1, Ι2 είναι άγνωστοι. Τα άτομα ΙΙ2, ΙΙ3 είναι ασθενή. Να γραφούν οι πιθανοί φαινότυποι και γονότυποι των γονέων Ι1 και Ι2 όταν:

α. το αλληλόμορφο γονίδιο που προκαλεί την ασθένεια είναι επικρατές. Μονάδες 4
Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. Μονάδες 5

β. το αλληλόμορφο γονίδιο που προκαλεί την ασθένεια είναι υπολειπόμενο. Μονάδες 6

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



Μονάδες 10

☞ Απάντηση:

α. **Όταν** το αλληλόμορφο γονίδιο που προκαλεί την ασθένεια είναι **επικρατές**:

(*Μελετάμε μόνο την περίπτωση που το γνώρισμα είναι αυτοσωμικό επικρατές*).

Συμβολισμός: Μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για ασθένεια,

μ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την υγεία, όπου Μ > μ.

- Τότε, τουλάχιστον ο ένας από τους δυο γονείς (η μητέρα ή ο πατέρας) είναι οπωσδήποτε ασθενής ή μπορεί να είναι ασθενείς και οι δύο γονείς.
  → Η παρουσία όμως υγιών απογόνων (II_1, II_4), οι οποίοι είναι ομόζυγοι για το υπολειπόμενο (μμ), σημαίνει ότι και οι δυο γονείς διαθέτουν από ένα υπολειπόμενο υγιές (μ) γονίδιο.
- Οι γονείς, σ' αυτή την περίπτωση, δεν μπορεί να είναι:
  → ομόζυγοι επικρατείς (ΜΜ) για την ασθένεια (*κανένας από τους δυο*), αφού προκύπτουν και υγιή (μμ) παιδιά (II_1, II_4).
  → και οι δύο υγιείς (μμ), αφού προκύπτουν και ασθενή άτομα (II_2, II_3).
  → Διακρίνουμε περιπτώσεις:

i. ●—■ Μμ x Μμ → Οι δύο γονείς είναι ετερόζυγοι (Μμ), δηλαδή ασθενείς.
(2 μ-δες)

ii. ●—□ Μμ x μμ → Η μητέρα είναι ετερόζυγη (Μμ, ασθενής) και ο πατέρας είναι ομόζυγος ως προς το υπολειπόμενο (μμ, υγιής).
(1 μ-δα)

iii. ○—■ μμ x Μμ → Η μητέρα υγιής (μμ) και ο πατέρας είναι ασθενής (Μμ).
(1 μ-δα)

Αιτιολόγηση: Να γίνουν οι παρακάτω διασταυρώσεις.

i. Μμ x Μμ → ... *Φαινότυποι, γονότυποι, τετράγωνο Pounnett, ΦΑ κλπ.*
(2,5 μ-δες)

ii, iii. Μμ x μμ → ... *Φαινότυποι, γονότυποι, τετράγωνο Pounnett, ΦΑ κλπ*
(2,5 μ-δες)

Η αιτιολόγηση μπορεί να γίνει και χωρίς διασταυρώσεις

40 ΤΕΑ ΝΙΚΑΙΑΣ

β. **Όταν** το αλληλόμορφο γονίδιο που προκαλεί την ασθένεια είναι **υπολειπόμενο**:

- Όταν το υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο που προκαλεί την ασθένεια είναι **αυτοσωμικό**:

Συμβολισμός: Υ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την υγεία,
υ = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για ασθένεια, όπου Υ > υ.

- Τότε, τουλάχιστον ο ένας από τους δυο γονείς (η μητέρα ή ο πατέρας) είναι οπωσδήποτε υγιής (Υ_) ή μπορεί να είναι υγιείς και οι δύο γονείς.
  → Η παρουσία όμως ασθενών απογόνων (II_2, II_3), οι οποίοι είναι ομόζυγοι για το υπολειπόμενο (υυ), σημαίνει ότι και οι δυο γονείς διαθέτουν από ένα υπολειπόμενο ασθενές (υ) γονίδιο.
- Οι γονείς, σ' αυτή την περίπτωση, δεν μπορεί να είναι:
  → ομόζυγοι επικρατείς (ΥΥ) για την υγεία (*κανένας από τους δυο*), αφού προκύπτουν και ασθενή (υυ) παιδιά (II_2, II_4).
  → και οι δύο ασθενείς (υυ), αφού προκύπτουν και υγιή άτομα (II_1, II_4).
  → Διακρίνουμε περιπτώσεις:

i. Υυ x Υυ → Οι δύο γονείς είναι ετερόζυγοι (Υυ), δηλαδή υγιείς.
(1,5 μ-δες)

ii. Υυ x υυ → Η μητέρα είναι ομόζυγη ως προς το υπολειπόμενο (υυ, ασθενής) και ο πατέρας είναι ετερόζυγος (Υυ, υγιής).
(1,5 μ-δες)

iii. υυ x Υυ → Η μητέρα υγιής (Υυ) και ο πατέρας είναι ασθενής (υυ).
(1,5 μ-δες)

Αιτιολόγηση: Να γίνουν οι παρακάτω διασταυρώσεις.

i. Υυ x Υυ → ... Φαινότυποι, γονότυποι, τετράγωνο Pounett, ΦΑ κλπ.
(3 μ-δες)

ii, iii. Υυ x υυ → ... Φαινότυποι, γονότυποι, τετράγωνο Pounett, ΦΑ κλπ
(3 μ-δες)

Η αιτιολόγηση μπορεί να γίνει και χωρίς διασταυρώσεις

- Όταν το υπολειπόμενο αλληλόμορφο γονίδιο που προκαλεί την ασθένεια είναι **φυλοσύνδετο**:

Συμβολισμός: X^Y = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για την υγεία,

X^u = αλληλόμορφο γονίδιο υπεύθυνο για ασθένεια, όπου $X^Y > X^u$.

- Ο θηλυκός ασθενής απόγονος (II_3) έχει γονότυπο X^uX^u. Αυτό σημαίνει ότι ο πατέρας (I_2) είναι οπωσδήποτε ασθενής με γονότυπο X^uY κα η μητέρα τουλάχιστον φορέας.
- Οι υγιείς απόγονοι (II_1, II_4) «μαρτυρούν» το γονότυπο της μητέρας ως ετερόζυγο (X^YX^u).

i ○┬■ X^YX^u x X^uY → Η μητέρα είναι φορέας και ο πατέρας ασθενής.

(1,5 μ-δες)

Αιτιολόγηση: Να γίνουν οι παρακάτω διασταυρώσεις.

i. X^YX^u x X^uY → … Φαινότυποι, γονότυποι, τετράγωνο Pounnett, ΦΑ κλπ.

(4 μ-δες)

Η αιτιολόγηση μπορεί να γίνει και χωρίς διασταυρώσεις

Αιτιολόγηση:

Τα παραπάνω βασίζονται στον **1ο και 2ο νόμο του Μέντελ** και στον ελεύθερο συνδυασμό των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση, όπως αυτό απεικονίζεται στο τετράγωνο του Punnett.

→ **Ορισμοί, σελ. 75** και **78** αντίστοιχα στο **σχολικό.**

4ο ΤΕΑ ΝΙΚΑΙΑΣ