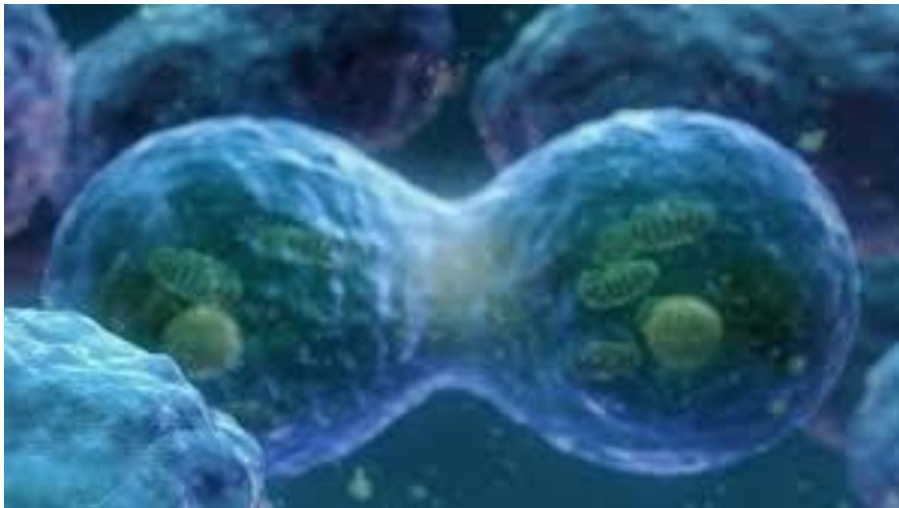


# ΒΙΟΛΟΓΙΑ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



# ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

- Το συνώνυμο της αναπαραγωγής είναι ο πολλαπλασιασμός, η δημιουργία νέων ατόμων που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τους γονείς τους.
- Όλοι οι οργανισμοί κάποια στιγμή πεθαίνουν. Μαζί τους χάνονται και τα γονίδια τους που καθορίζουν τους χαρακτήρες τους (για τα γονίδια διάβασε το επόμενο κεφάλαιο της Γενετικής).
- Ο μόνος τρόπος να επιβιώσουν τα γονίδια τους είναι οι οργανισμοί να αφήσουν απογόνους προτού να πεθάνουν.
- Όσο κι αν φαίνεται παράξενο, στην πραγματικότητα ο θάνατος είναι η γενεσιουργός αιτία της δημιουργίας νέας ζωής.

## Κυτταρική διαίρεση

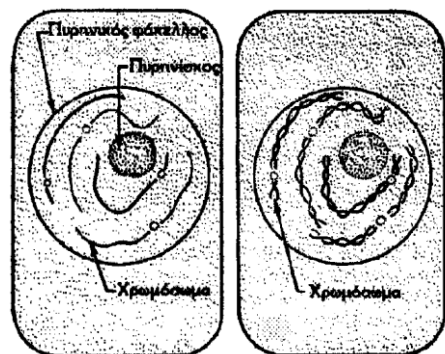
- **Κυτταρική διαίρεση** είναι η πολύπλοκη διαδικασία με την οποία πολλαπλασιάζονται τα κύτταρα.
- Ανάλογα με τον τρόπο κατανομής των χρωματοσωμάτων στα θυγατρικά κύτταρα, διακρίνουμε δύο τύπους κυτταρικής διαίρεσης:
  - (α) **Μιτωτική διαίρεση ή μίτωση:** τα θυγατρικά κύτταρα έχουν τον ίδιο αριθμό χρωματοσωμάτων με το μητρικό κύτταρο.
  - (β) **Μειωτική διαίρεση ή μείωση:** τα θυγατρικά κύτταρα έχουν το μισό αριθμό χρωματοσωμάτων του μητρικού κυττάρου.

## Μίτωση

- Διακρίνεται (για σκοπούς περιγραφής) σε τέσσερα στάδια:
  - (α) Πρόφαση
  - (β) Μετάφαση
  - (γ) Ανάφαση
  - (δ) Τελόφαση
- Διαρκεί περίπου μια ώρα (30min-3h)
- Της μίτωσης προηγείται και ακολουθεί η μεσόφαση.

## Μεσόφαση

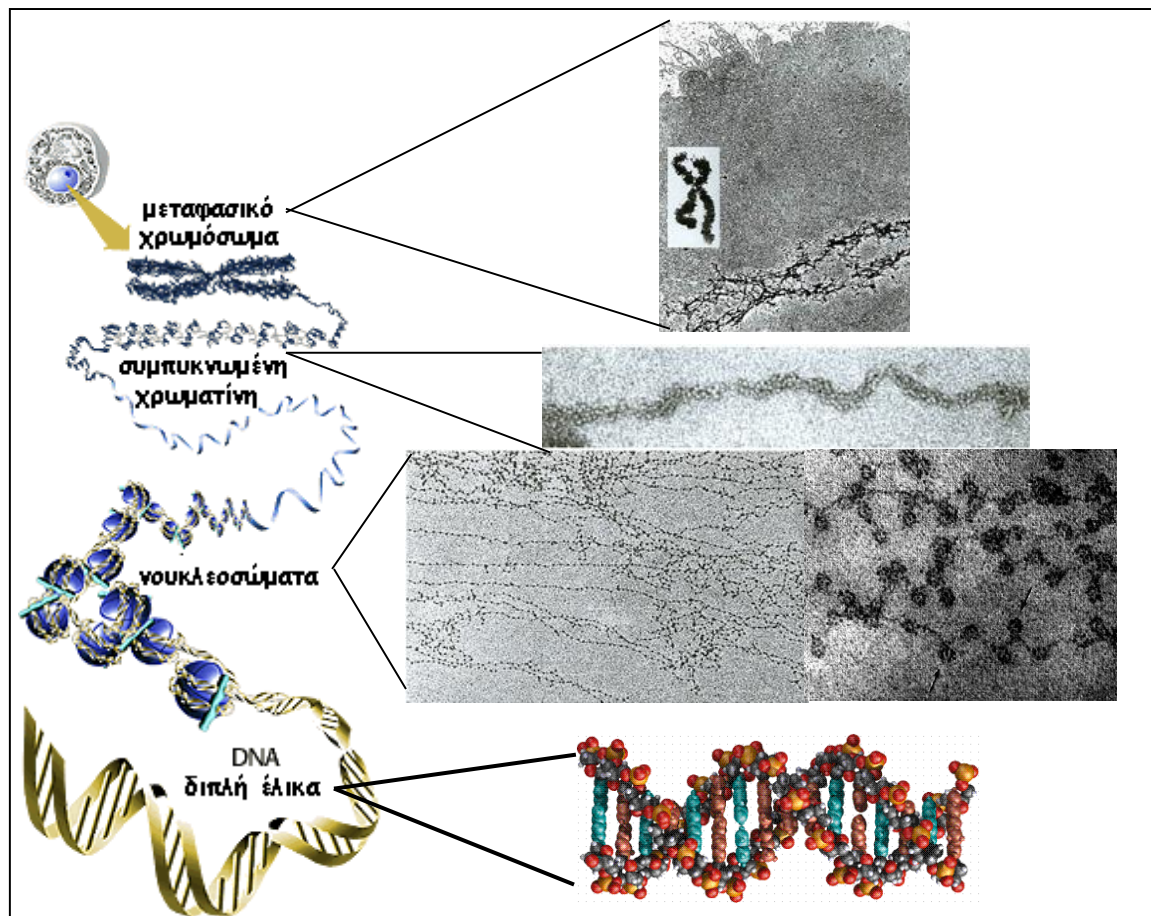
- Σε ένα κύτταρο κατά τη μεσόφαση γίνεται προετοιμασία για την επόμενη κυτταρική διαίρεση δηλαδή:
  - (α) συντίθενται συστατικά και οργανίδια
  - (β) αυτοδιπλασιάζεται το DNA
  - (γ) διπλασιάζεται το κεντροσωμάτιο
- Στην αρχή της μεσόφασης το DNA είναι αποελικωμένο και βρίσκεται στη μορφή της χρωματίνης (Εικόνα 4).
- **Χρωματίνη** είναι ακανόνιστο δίκτυο νηματιών και κοκκίων από DNA και πρωτεΐνες (**ιστόνες**) που δημιουργείται κατά τη μεσόφαση.



Εικόνα 1

Μεσόφαση φυτικού κυττάρου

- Η χρωματίνη δεν φαίνεται στο φωτονικό μικροσκόπιο αλλά μπορεί να τη δει κανείς στο **ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης**.
- Με τη σειρά της η χρωματίνη δημιουργείται από τη συμπύκνωση **νουκλεοσωμάτων** που μοιάζουν με χάντρες κομπολογιού. Αποτελούνται από ιστόνες που δημιουργούν τις χάντρες και από DNA που τυλίγεται γύρω από τις ιστόνες.
- Η συμπύκνωση της χρωματίνης δίνει τα χρωμονημάτια τα οποία θα συμπυκνωθούν ακόμη περισσότερο κατά την πρόφαση και θα δημιουργήσουν το **χρωματόσωμα**.
- **Χρωμονημάτια** είναι τα νημάτια του δικτύου της χρωματίνης που αρχίζουν να φαίνονται καλύτερα στο τέλος της μεσόφασης.

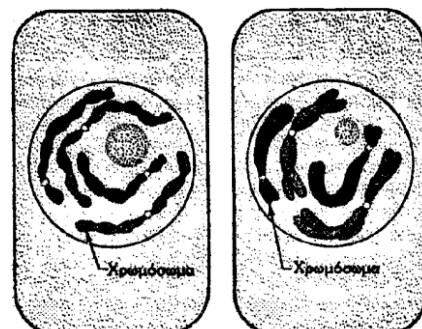


**Εικόνα 2**

Σχηματική αναπαράσταση και φωτογραφίες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης του πακεταρίσματος του DNA σε νουκλεοσώματα και της συμπύκνωσης των νουκλεοσωμάτων σε χρωματίνη.

**Πρόφαση**

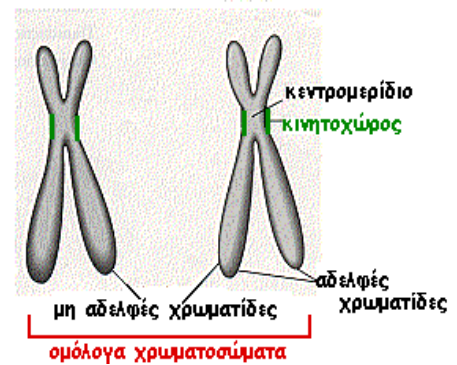
- Τα χρωμονημάτια βραχύνονται και αρχίζουν να παχαίνουν δημιουργώντας τα **χρωματοσώματα** (Εικόνα 3).
- Κάθε χρωματόσωμα αποτελείται από δύο πανομοιότυπες **χρωματίδες** που συνδέονται μεταξύ τους με το **κεντρομερίδιο** (Εικόνα 4).



**Εικόνα 3**

Πρόφαση φυτικού κυττάρου  
[www.cyprusbiology.com](http://www.cyprusbiology.com)

- **Ομόλογα χρωμοσώματα** είναι τα χρωμοσώματα που βρίσκονται στο κύτταρο ανά δύο και είναι όμοια σε μέγεθος και μορφή.
- Η πυρηνική μεμβράνη αποδιοργανώνεται και εξαφανίζεται.
- Εμφανίζεται το **κεντρόσωμα** (στα ζωικά κύτταρα) και διαιρείται.
- Αρχίζει η δημιουργία της ατράκτου.
- Διαρκεί αρκετά.

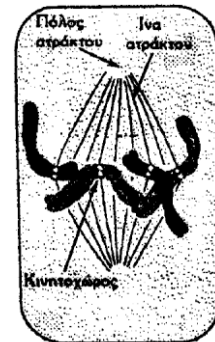


Εικόνα 4

Ομόλογα χρωμοσώματα

### Μετάφαση

- Εξαφανίζεται η πυρηνική μεμβράνη.
- Διαιρείται το κεντρομερίδιο και αποχωρίζονται οι χρωματίδες.
- Διατάσσονται τα χρωμοσώματα στο **ισημερινό επίπεδο** της ατράκτου.
- Τα **νημάτια της ατράκτου** (μικροσωληνίσκοι) ασκούν αντίθετη έλξη στα κεντρομερίδια.
- Διαρκεί λίγο.

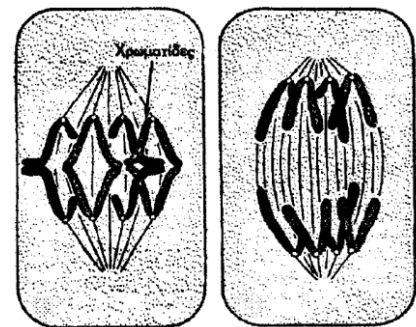


Εικόνα 5

Μετάφαση φυτικού κυττάρου

### Ανάφαση

- Οι χρωματίδες χωρίζουν και κινούνται προς αντίθετους πόλους της ατράκτου.
- Αρχίζει η περίσφιξη του κυτταροπλάσματος (στο ζωικό κύτταρο).
- Διαρκεί λίγο.
- Ονομάζεται και **φάση διακίνησης**.

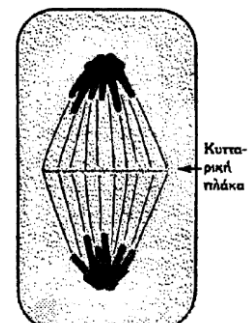


Εικόνα 6

Ανάφαση φυτικού κυττάρου

### Τελόφαση

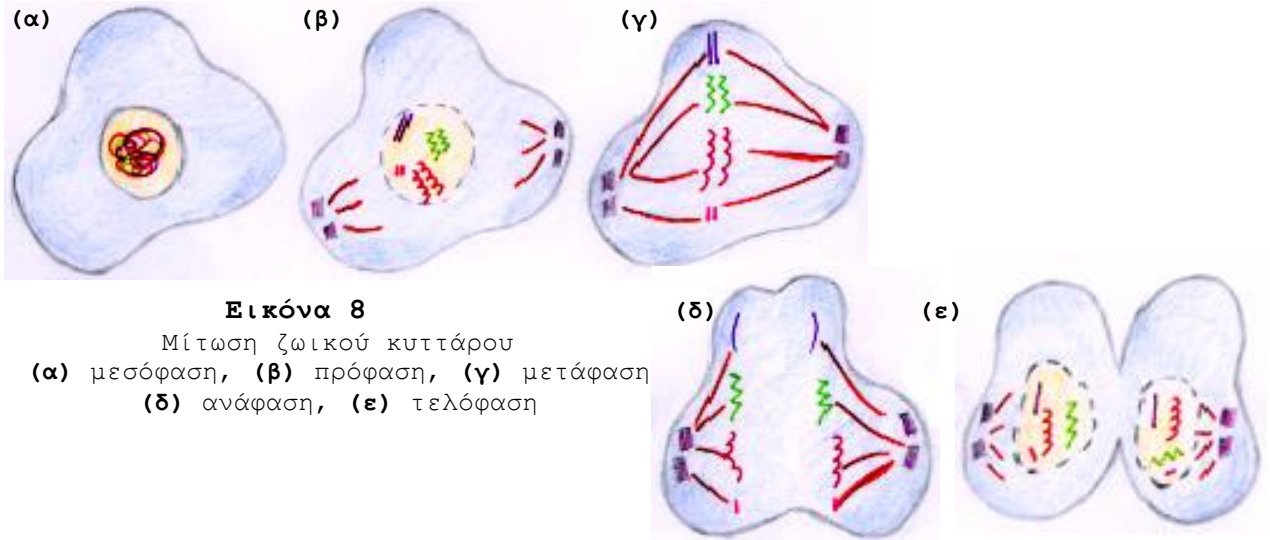
- Τα δύο όμοια χρωματιδιακά συγκροτήματα φθάνουν στους πόλους.
- Οι χρωματίδες γίνονται λεπτότερες και μακρύτερες.
- Εμφανίζεται η πυρηνική μεμβράνη και οι πυρηνίσκοι.
- Εξαφανίζεται το κεντρόσωμα.
- Εξαφανίζεται η μιτωτική συσκευή.
- Το κυτταρόπλασμα διαιρείται με **περίσφιξη του κυτταροπλάσματος** (στο ζωικό κύτταρο) ή με **φραγμοπλάστη** (στο φυτικό κύτταρο).
- Διαρκεί λίγο.



Εικόνα 7

Τελόφαση φυτικού κυττάρου





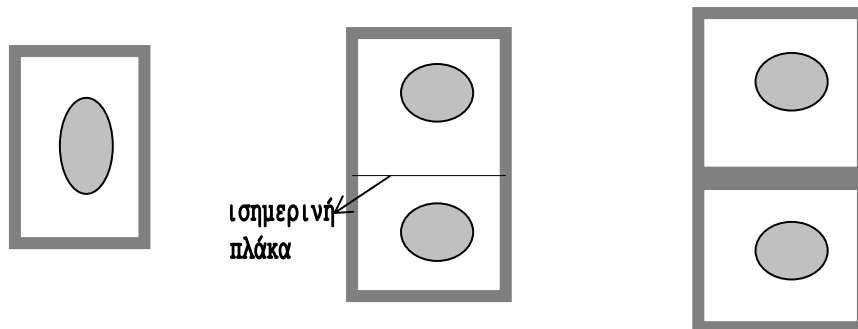
**Εικόνα 8**

Μίτωση ζωικού κυττάρου  
 (α) μεσόφαση, (β) πρόφαση, (γ) μετάφαση  
 (δ) ανάφαση, (ε) τελόφαση

**Πίνακας 1**

Σύγκριση μίτωσης σε ζωικό και σε φυτικό κύτταρο

Ζωϊκό κύτταρο	Φυτικό κύτταρο
1. Στην τελόφαση το κυτταρόπλασμα διαιρείται με περίσφιξη στον ισημερινό.	1. Στην τελόφαση σχηματίζεται η ισημερινή πλάκα (στην οποία συμμετέχουν η συσκευή Golgi, οι ίνες της ατράκτου και το ενδοπλασματικό δίκτυο) στην επιφάνεια της οποίας δημιουργείται περικυτταρική μεμβράνη από κυτταρίνη.
1. Υπάρχει κεντροσωμάτιο.	1. Δεν υπάρχει κεντροσωμάτιο.



**Εικόνα 9**

**Σχηματισμός ισημερινής πλάκας:** στην εσωτερική επιφάνεια της ισημερινής πλάκας σχηματίζεται περικυτταρική μεμβράνη για κάθε θυγατρικό φυτικό κύτταρο.

**Σημασία μίτωσης**

- Η ακριβοδίκαιη σε αριθμό και είδος κατανομή των χρωματοσωμάτων στα δύο θυγατρικά κύτταρα, ώστε από ένα μητρικό κύτταρο με 2n χρωματοσώματα να παραχθούν τελικά 2 θυγατρικά με 2n χρωματοσώματα.
- Η μίτωση είναι η βάση της μονογονίας (αγενοούς αναπαραγωγής) στην οποία απαιτείται μόνο ο ένας γονέας για την αναπαραγωγή και οι απόγονοι είναι πανομοιότυποι με τους γονείς τους.

**ΑΣΚΗΣΗ**

Σχεδιάστε την ανάφαση και τη μετάφαση ενός κυττάρου με 6 χρωματοσώματα.

## Μείωση

➤ Στα ζώα υπάρχουν δύο είδη κυττάρων:

(α) τα **γεννητικά κύτταρα** που είναι απλοειδή ( $n$ ) δηλαδή περιέχουν μόνο το ένα από τα δύο ομόλογα χρωματοσώματα. Γεννητικά κύτταρα είναι τα σπερματοζώρια (στα αρσενικά άτομα) και τα ωάρια (στα θηλυκά άτομα).

(β) τα **σωματικά κύτταρα** που είναι διπλοειδή ( $2n$ ) δηλαδή περιέχουν και τα δύο ομόλογα χρωματοσώματα. Σωματικά είναι όλα τα κύτταρα του σώματος εκτός από τα σπερματοζώρια και τα ωάρια.

➤ Στη γονιμοποίηση δύο απλοειδή κύτταρα (σπερματοζώριο και ωάριο) ενώνονται για να δημιουργήσουν ένα διπλοειδές κύτταρο (το ζυγωτό).

➤ Η μείωση αποσκοπεί στον περιορισμό του αριθμού των χρωματοσωμάτων στο μισό.

➤ Γίνεται σε διπλοειδή κύτταρα για τη δημιουργία γαμετών (γεννητικών κυττάρων δηλαδή σπερματοζωαρίων και ωαρίων).

➤ Περιλαμβάνει δύο διαδοχικές διαιρέσεις:

(α) Πρώτη μειωτική διαίρεση (μείωση I ή αναγωγική διαίρεση).

(β) Δεύτερη μειωτική διαίρεση (μείωση II ή εξισωτική διαίρεση).

## Πρώτη μειωτική διαίρεση

### Πρόφαση I

➤ Μοιάζει με την πρόφαση της μίτωσης αλλά διαφέρει στο γεγονός ότι εδώ γίνεται **σύναψη**, δηλαδή συμπλησίαση ομόλογων χρωματοσωμάτων, κι έτσι παρουσιάζονται τετράδες από χρωματίδες που είναι πιο εμφανείς στο επόμενο στάδιο.

**Εικόνα 10**

Πρόφαση I φυτικού κυττάρου

### Μετάφαση I

➤ Μοιάζει σε όλα με τη μετάφαση της μίτωσης εκτός από τα πιο κάτω:

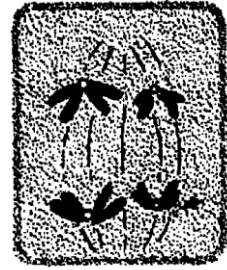
- Εμφανίζονται τετράδες χρωματίδων.
- Δεν σχίζεται το κεντρομερίδιο.

**Εικόνα 11**

Μετάφαση I φυτικού κυττάρου

**Ανάφαση I**

➤ Τα κεντρομερίδια δεν διαιρούνται, αλλά αυτούσια τα χρωματοσώματα κινούνται προς τους αντίθετους πόλους.

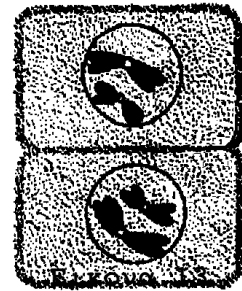


**Εικόνα 12**

Ανάφαση I φυτικού κυττάρου

**Τελόφαση I**

➤ Τα κύτταρα έχουν από μισό αριθμό χρωματοσωμάτων, με διπλές όμως χρωματίδες σε αντίθεση με την τελόφαση της μίτωσης όπου τα χρωματοσώματα έχουν απλές χρωματίδες.



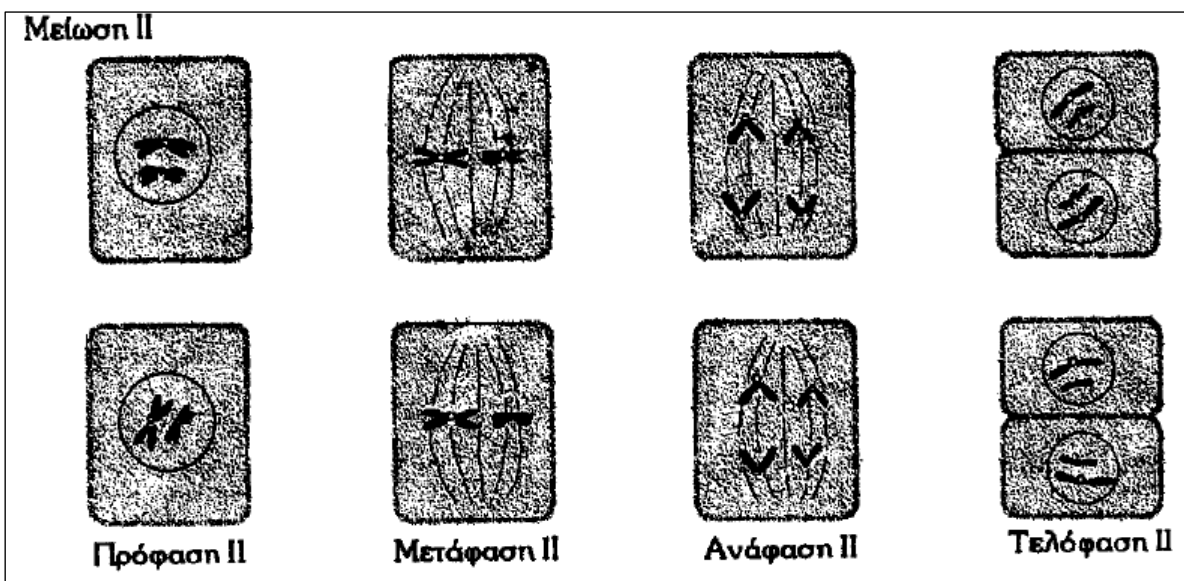
Τελόφαση I φυτικού κυττάρου

➤ Με την πρώτη μειωτική διαίρεση γίνεται διαχωρισμός των ομόλογων χρωματοσωμάτων

**Δεύτερη μειωτική διαίρεση**

➤ Αποσκοπεί στο διαχωρισμό των χρωματίδων.

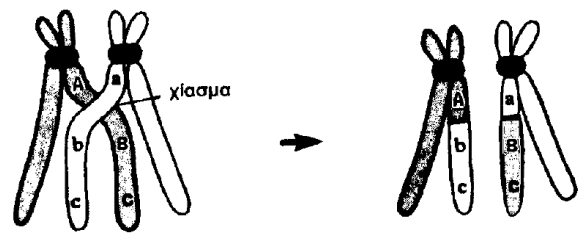
➤ Έτσι από κάθε κύτταρο της 1<sup>ης</sup> μειωτικής διαίρεσης σχηματίζονται δύο κύτταρα με το μισό αριθμό χρωματοσωμάτων σε σύγκριση με το μητρικό και συνολικά 4 θυγατρικά κύτταρα, στο κάθε ένα από τα οποία υπάρχει μια χρωματίδα από κάθε ζευγάρι ομόλογων χρωματοσωμάτων.



**Εικόνα 14**

Μείωση II σε φυτικό κύτταρο

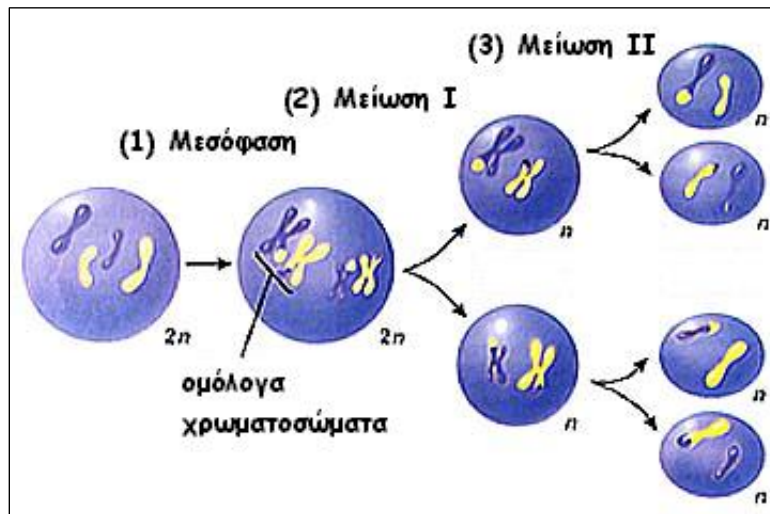
➤ **Χιασματυπία ή διασκελισμός** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο υπάρχει περιέλιξη των χρωματίδων του ενός ομόλογου χρωματοσώματος με τις χρωματίδες του άλλου ομόλογου χρωματοσώματος και συμβαίνει συνήθως κατά την πρόφαση της πρώτης μειωτικής διαίρεσης.



Εικόνα 15

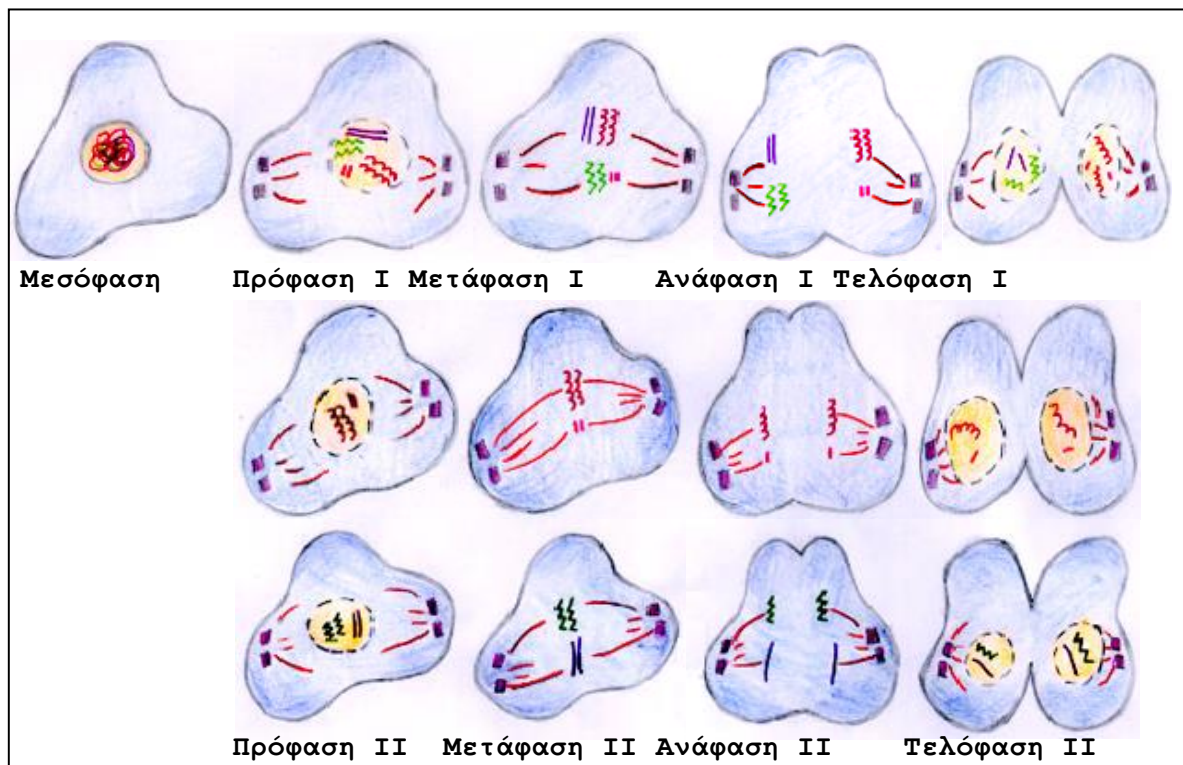
Χιασματυπία

➤ **Χιάσματα** είναι τα σημεία στα οποία οι χρωματίδες των ομόλογων χρωματοσωμάτων έρχονται σε επαφή. Είναι πολύ σημαντικά για την κληρονομικότητα διότι οδηγούν σε αναδιανομή του γενετικού υλικού.



Εικόνα 16

Η χιασματυπία γίνεται κατά την πρώτη μειωτική διαίρεση



Εικόνα 17

Πρώτη και δεύτερη μειωτική διαίρεση σε ζωικό κύτταρο

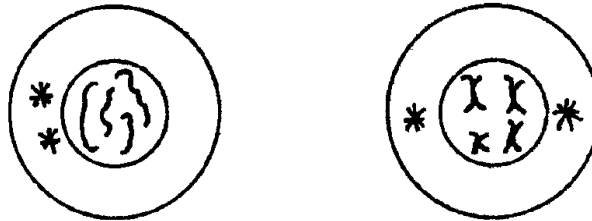


**Πίνακας 2**  
Σύγκριση μίτωσης και μείωσης

Μίτωση	Μείωση
1. Απλή διαίρεση	1. Διπλή διαίρεση
1. Σχηματισμός 2 θυγατρικών κυττάρων	1. Σχηματισμός 4 θυγατρικών κυττάρων
1. Τα θυγατρικά κύτταρα έχουν τον ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων με το μητρικό.	1. Τα θυγατρικά κύτταρα έχουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από το μητρικό.
1. Γίνεται στα σωματικά κύτταρα	1. Γίνεται στα γεννητικά κύτταρα
1. Δεν παρατηρείται σύναψη και σχηματισμός τετράδων χρωματίδων.	1. Παρατηρείται σύναψη ομόλογων χρωμοσωμάτων και σχηματισμός τετράδων χρωματίδων.

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

1. Στα σχήματα φαίνονται τα πρώτα στάδια διαίρεσης ενός κυττάρου.

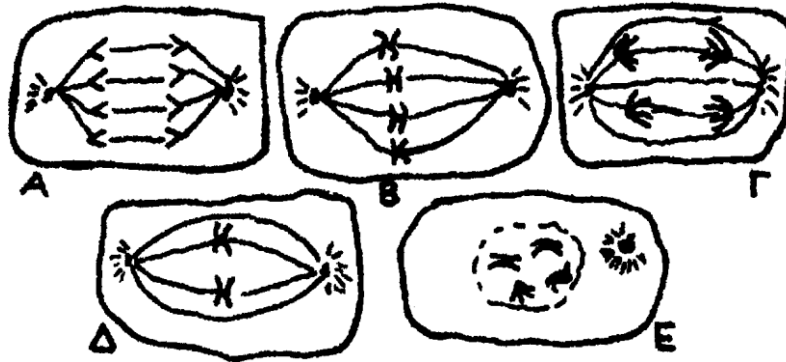


(α) Δώστε με δύο σχήματα τη μετάφαση και ανάφαση της μιτωτικής διαίρεσης του κυττάρου αυτού.

(β) Δείξτε με δύο σχήματα τη μετάφαση και ανάφαση της πρώτης μειωτικής διαίρεσης.

### ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

1. Ποιο από τα πιο κάτω σχήματα δείχνει ανάφαση μειωτικής διαίρεσης μητρικού κυττάρου που περιέχει 4 χρωματοσώματα;



2. Ο αυτοδιπλασιασμός του DNA των χρωματοσωμάτων στη μείωση γίνεται

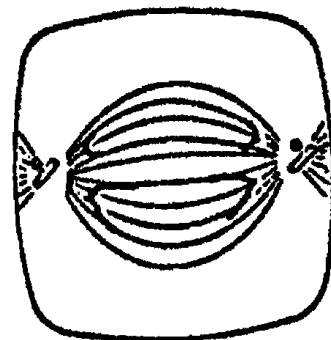
- A. πριν από την πρόφαση της 1ης μειωτικής διαίρεσης
- B. στην πρόφαση της 1ης μειωτικής διαίρεσης
- Γ. στη μετάφαση της 1ης μειωτικής διαίρεσης
- Δ. μεταξύ της 1ης και της 2ης μειωτικής διαίρεσης
- Ε. κατά τη διάρκεια της 2ης μειωτικής διαίρεσης.

3. Ποιες από τις πιο κάτω δηλώσεις είναι ορθές;

	Μίτωση	Μείωση
1.	Δίνει κύτταρα με $2n$ χρωματοσώματα.	Δίνει κύτταρα με $n$ χρωματοσώματα
2.	Δίνει 4 θυγατρικά κύτταρα.	Δίνει 2 θυγατρικά κύτταρα.
3.	Γίνεται για την παραγωγή σωματικών κυττάρων.	Γίνεται για την παραγωγή γεννητικών κυττάρων.
4.	Στους πόλους της ατράκτου φθάνουν διπλά χρωματοσώματα.	Στους πόλους της ατράκτου φθάνουν απλά χρωματοσώματα.

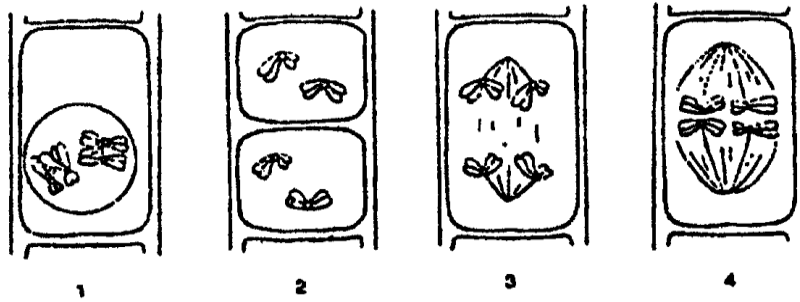
4. Το σχήμα παριστάνει ανάφαση

- A. μίτωσης κυττάρου με  $2n=2$  χρωματοσώματα
- B. μίτωσης κυττάρου με  $2n=4$  χρωματοσώματα
- Γ. δεύτερης μειωτικής διαίρεσης κυττάρου με  $2n=4$  χρωματοσώματα
- Δ. δεύτερης μειωτικής διαίρεσης κυττάρου με  $2n=2$  χρωματοσώματα
- Ε. μίτωσης ή δεύτερης μειωτικής διαίρεσης κυττάρου με  $2n=2$  χρωματοσώματα



**ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ**

1. Τα σχήματα 1-4 παριστάνουν μέρος της μειωτικής διαίρεσης φυτικού κυττάρου.



(α) Ποια στάδια της διαίρεσης δείχνουν τα σχήματα 1, 2, 3 και 4.

.....

.....

.....

.....

(β) Περιγράψετε τα στάδια που παριστάνουν τα σχήματα 1, 3 και 4 (Περιγράψετε τα με τη σωστή σειρά τους).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(γ) Δώστε τρία σχήματα που να δείχνουν τη συνέχεια και το τέλος της μειωτικής διαίρεσης συνοδεύοντας τα με τις κατάλληλες εξηγήσεις.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Στα σχήματα φαίνονται τα πρώτα στάδια διαίρεσης ενός κυττάρου.

(α) Τι αντιπροσωπεύουν οι αριθμοί 1-6;

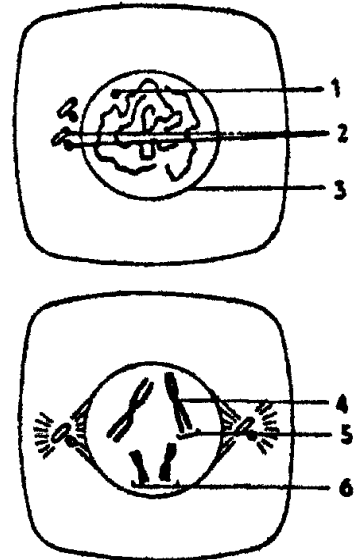
.....

.....

.....

.....

.....



(β) Δώστε με δύο σχήματα τη μετάφαση και ανάφαση της μιτωτικής διαίρεσης του κυττάρου αυτού.

(γ) Δείξτε με δύο σχήματα τη μετάφαση και ανάφαση της πρώτης μειωτικής διαίρεσης του κυττάρου αυτού. Χρησιμοποιήστε τον ίδιο αριθμό χρωματοσωμάτων με τα σχήματα.

(δ) Εξηγήστε πώς γίνεται η διαίρεση του κυτταροπλάσματος σε ένα φυτικό και σε ένα ζωικό κύτταρο.

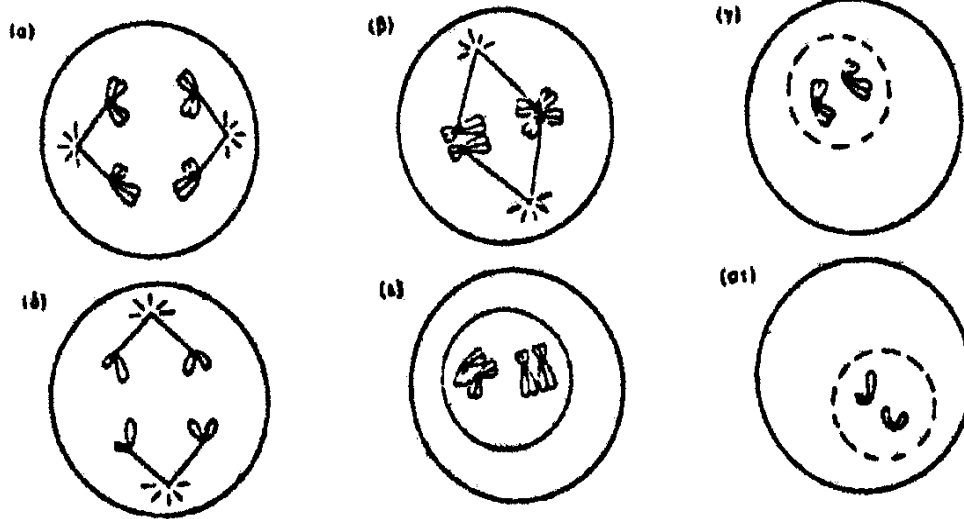
.....

.....

.....

.....

3.



Σε ποιο στάδιο της μείωσης βρίσκεται το καθένα από τα πιο πάνω κύτταρα; (Όλα τα κύτταρα ανήκουν στον ίδιο οργανισμό).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Να εξηγήσετε γιατί η μεσόφαση θεωρείται στάδιο έντονης μεταβολικής δραστηριότητας στα κύτταρα και σε τι εξυπηρετεί αυτή.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

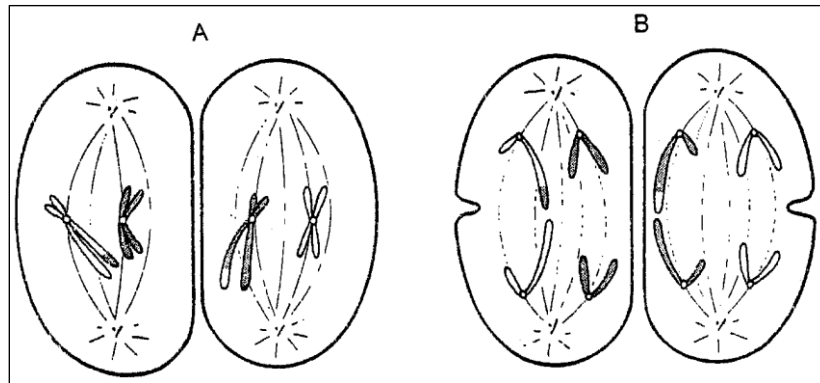
.....

.....

.....



5. Τα κύτταρα των σχημάτων Α και Β ανήκουν στον ίδιο οργανισμό. Κάθε ένα από τα σχήματα αυτά παρουσιάζει δύο κύτταρα που βρίσκονται στην ίδια ακριβώς φάση διαίρεσης.



**(α)** Τι είδους διαίρεση γίνεται στα κύτταρα των σχημάτων αυτών: μίτωση ή μείωση; Αναφέρετε δύο λόγους που να δικαιολογούν την απάντησή σας.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(β)** Ονομάστε τα στάδια (φάσεις) διαίρεσης στα οποία βρίσκονται τα κύτταρα των σχημάτων Α και Β.

.....

.....