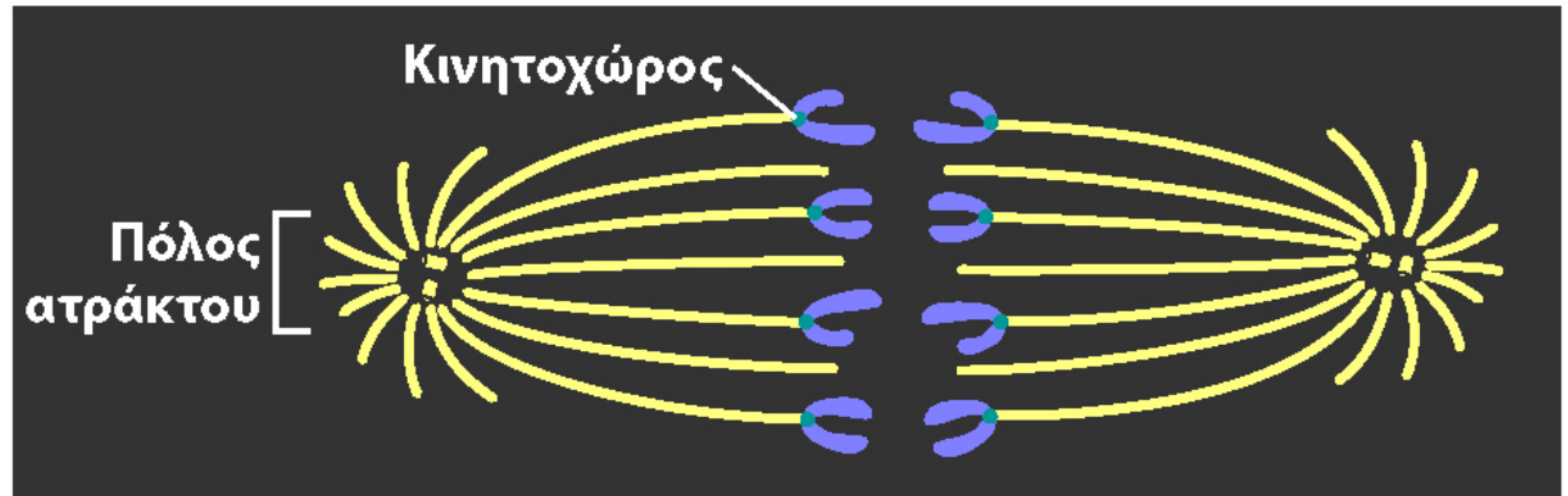


Κυτταρική διαίρεση

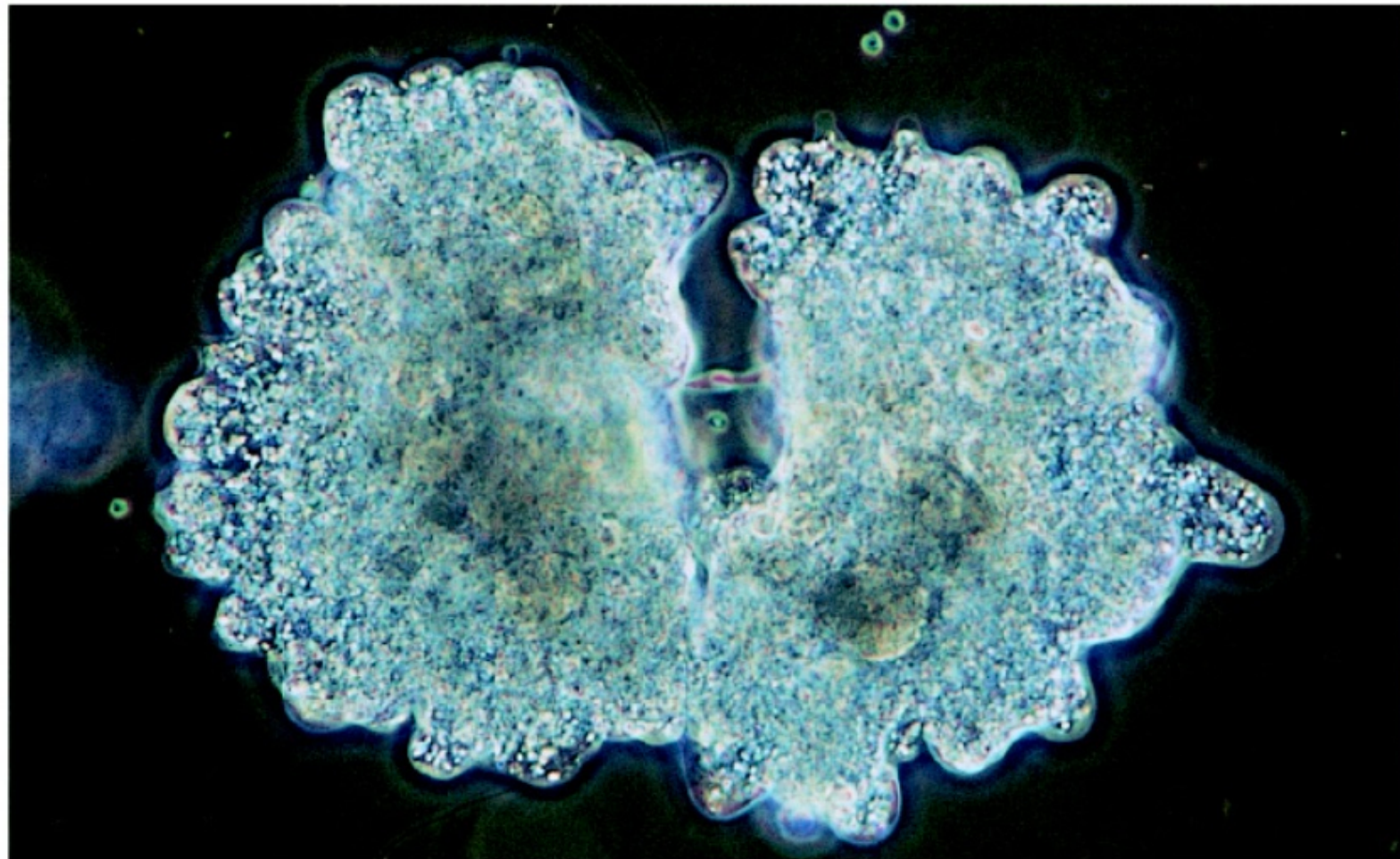
Μίτωση - Μείωση



Γιατί τα κύτταρα διαιρούνται

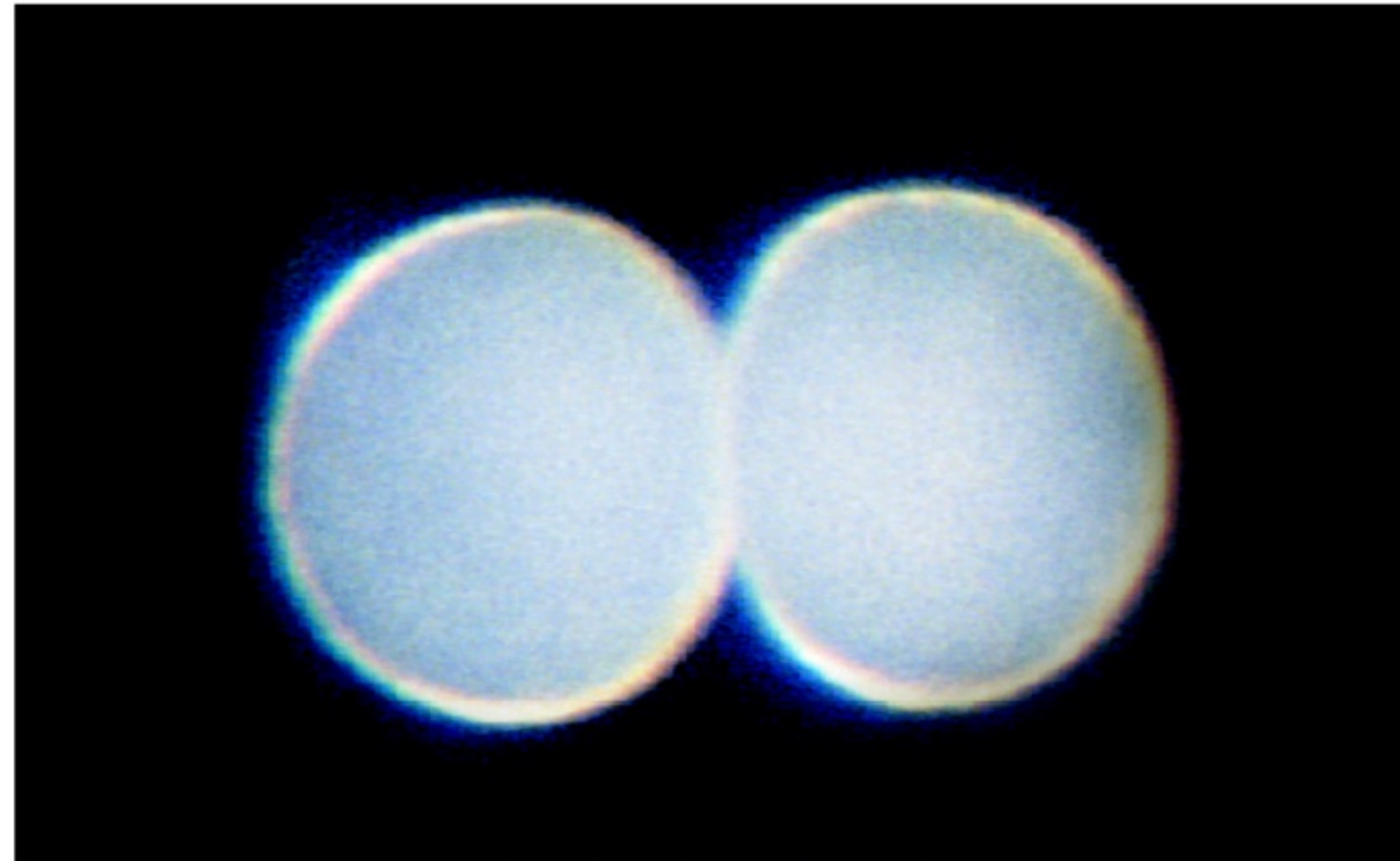
Οι λειτουργίες της κυτταρικής διαίρεσης

100 μm



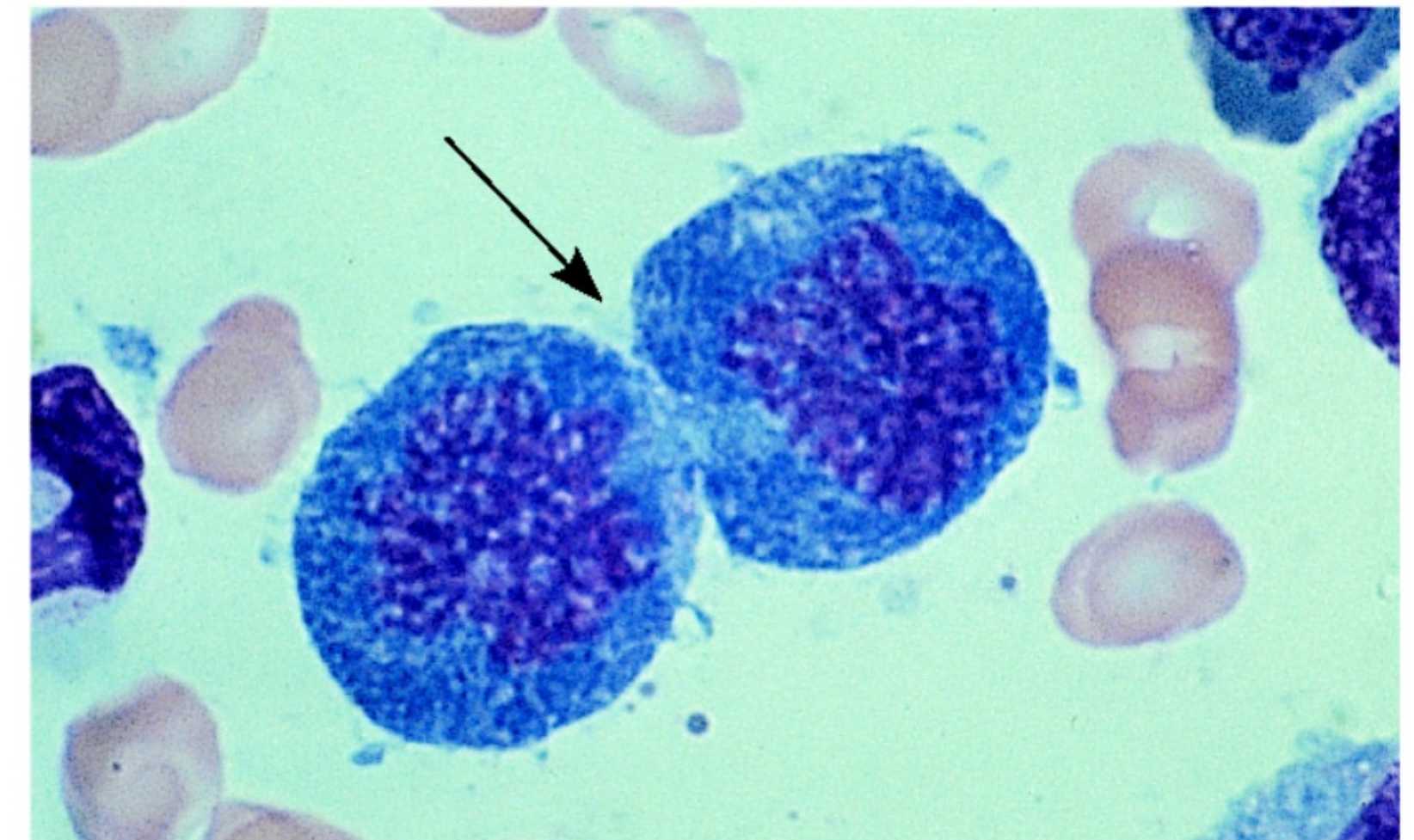
(α) Αναπαραγωγή. Η αμοιβάδα, ένας μονοκύτταρος ευκαρυώτης, διαιρείται σε δύο κύτταρα. Κάθε νέο κύτταρο γίνεται ανεξάρτητος οργανισμός.

200 μm



(β) Αύξηση και ανάπτυξη. Στη μικροφωτογραφία βλέπουμε το έμβρυο ενός θαλάσσιου εχινόδερμου, λίγο μετά τη διαίρεση του γονιμοποιημένου ωαρίου και τον σχηματισμό δύο νέων εμβρυϊκών κυττάρων.

20 μm

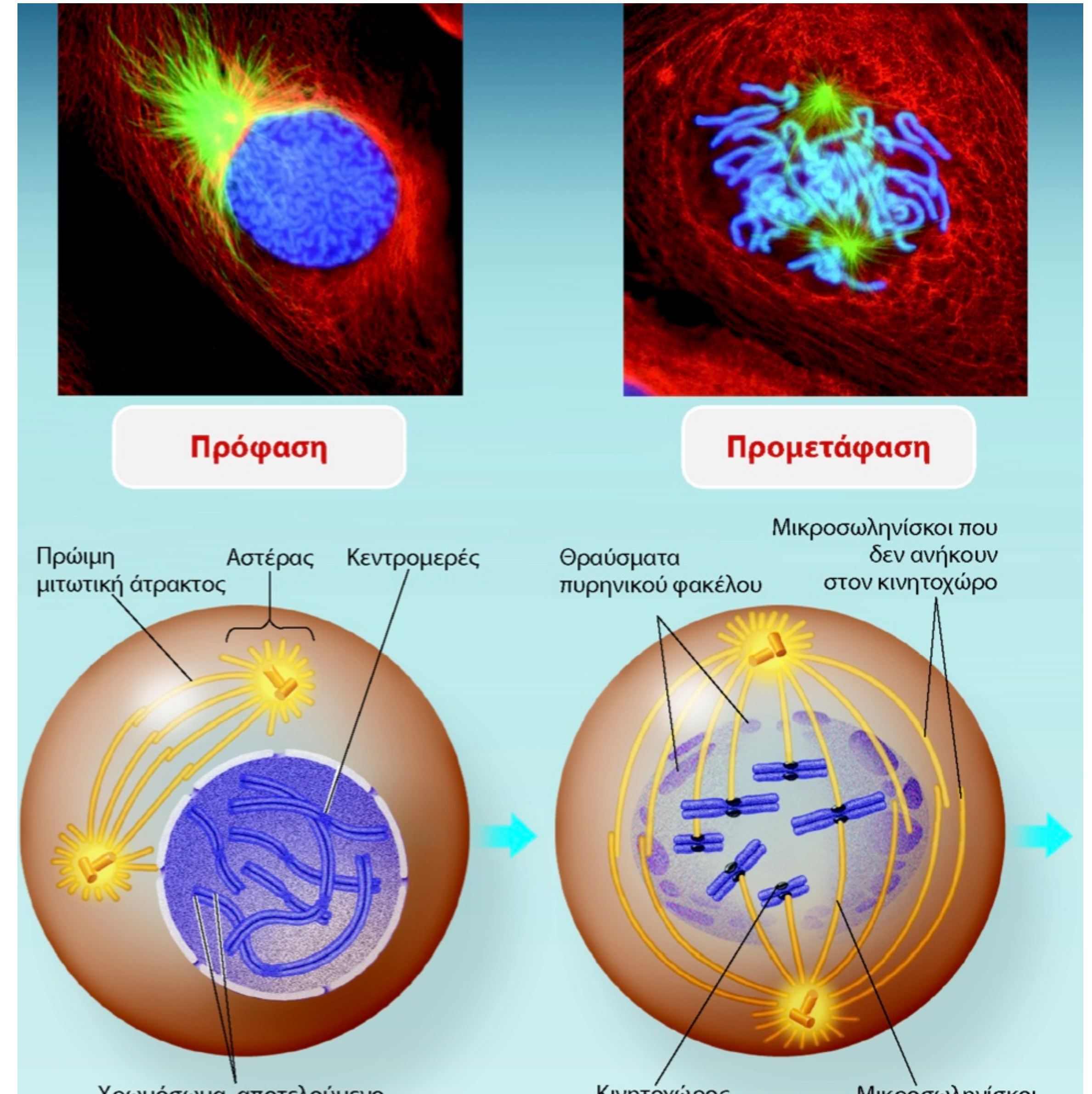


(γ) Ανανέωση ιστού. Από τα δύο διαιρούμενα κύτταρα μυελού των οστών (βέλος) θα προκύψουν νέα κύτταρα του αίματος.

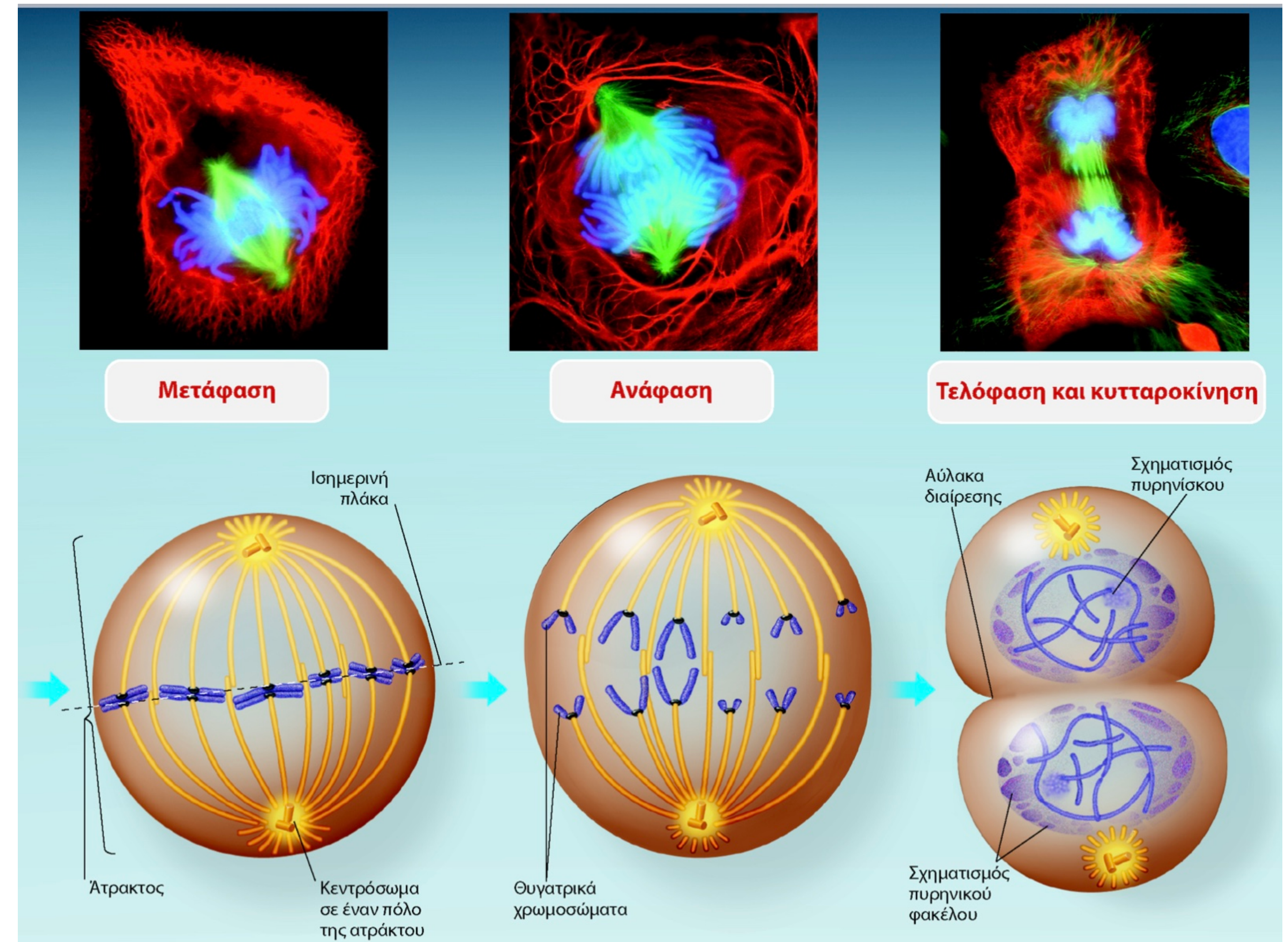
Μίτωση

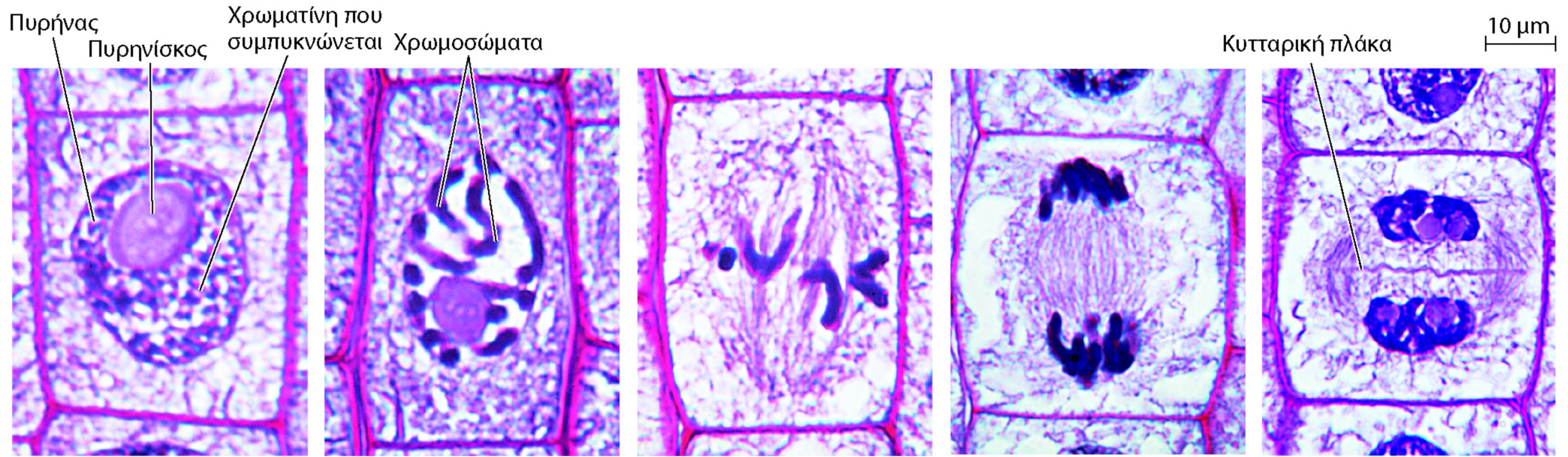
Φάσεις της μίτωσης

- Πρόφαση: οι ίνες της ατράκτου εμφανίζονται από τον κυτταρικό σκελετό και η πυρηνική μεμβράνη σταδιακά εξαφανίζεται.
- Τα χρωμοσώματα προσδένονται στις ίνες της ατράκτου και ωθούνται στη μέση του κυττάρου.



- Μετάφαση: η άτρακτος είναι το πιο εμφανές στοιχείο του κυττάρου. Τα χρωμοσώματα είναι πλέον στη μέση του κυττάρου.
- Ανάφαση: οι ίνες της ατράκτου τραβούν και ξεχωρίζουν τις αδελφές χρωματίδες των χρωμοσωμάτων προς τις δύο άκρες του κυττάρου.
- Τελόφαση: Γύρω από τις αδελφές χρωματίδες σχηματίζεται η πυρηνική μεμβράνη των πυρήνων των θυγατρικών κυττάρων. Το υπόλοιπο κύτταρο διαιρείται στα δύο.





1 Πρόφαση. Η χρωματίνη συμπυκνώνεται και ο πυρήνας αρχίζει να μη διακρίνεται καθαρά. Αν και δεν φαίνεται εδώ, αρχίζει ο σχηματισμός της μιτωτικής ατράκτου.

2 Προμετάφαση. Αρχίζουν να διακρίνονται χρωμοσώματα. Κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο ταυτόσημες αδελφές χρωματίδες συνδεδεμένες σταθερά μεταξύ τους. Σε μεταγενέστερο στάδιο της προμετάφασης, ο πυρηνικός φάκελος υφίσταται θραύση.

3 Μετάφαση. Η άτρακτος ολοκληρώνεται. Οι κινητοχώροι των κεντροσωμάτων συνδέονται με μικροσωληνίσκους, ενώ όλα τα χρωμοσώματα βρίσκονται στην ισημερινή πλάκα.

4 Ανάφαση. Ο διαχωρισμός των δύο χρωματίδων έχει ολοκληρωθεί σε κάθε χρωμόσωμα και τα θυγατρικά χρωμοσώματα κινούνται προς τα άκρα του κυττάρου, λόγω βράχυνσης των μικροσωληνίσκων των κινητοχώρων.

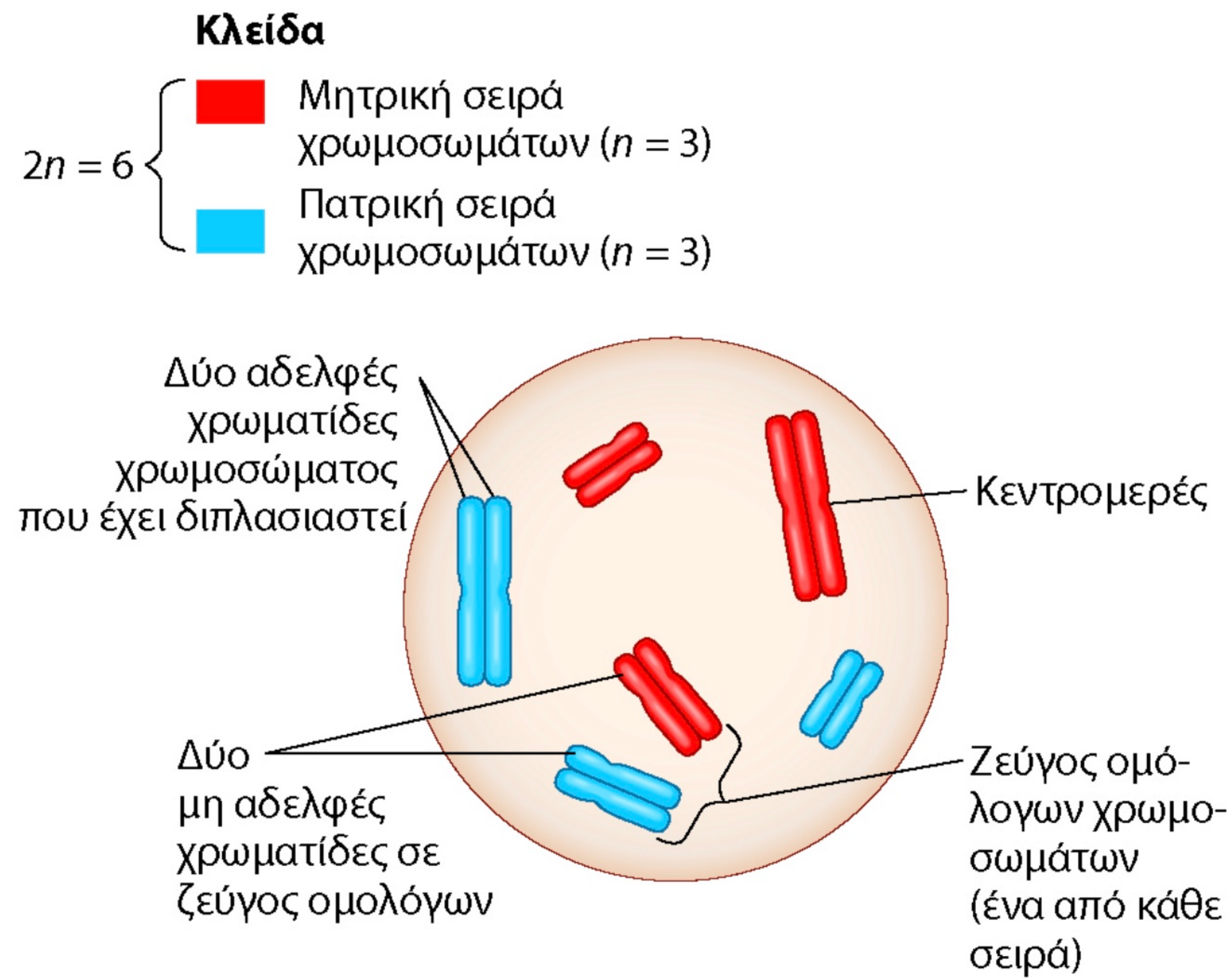
5 Τελόφαση. Σχηματίζονται οι δύο θυγατρικοί πυρήνες. Εν τω μεταξύ έχει ξεκινήσει η κυτταροκίνηση. Η κυτταρική πλάκα, που θα χωρίσει το κυτταρόπλασμα στα δύο, αρχίζει να επεκτείνεται προς την περίμετρο του γονικού κυττάρου.

▲ **Εικόνα 12.10 Μίτωση σε φυτικό κύτταρο.** Οι μικροφωτογραφίες έχουν ληφθεί με οπτικό μικροσκόπιο και δείχνουν τη διαδικασία της μίτωσης σε κύτταρο ρίζας κρεμμυδιού.

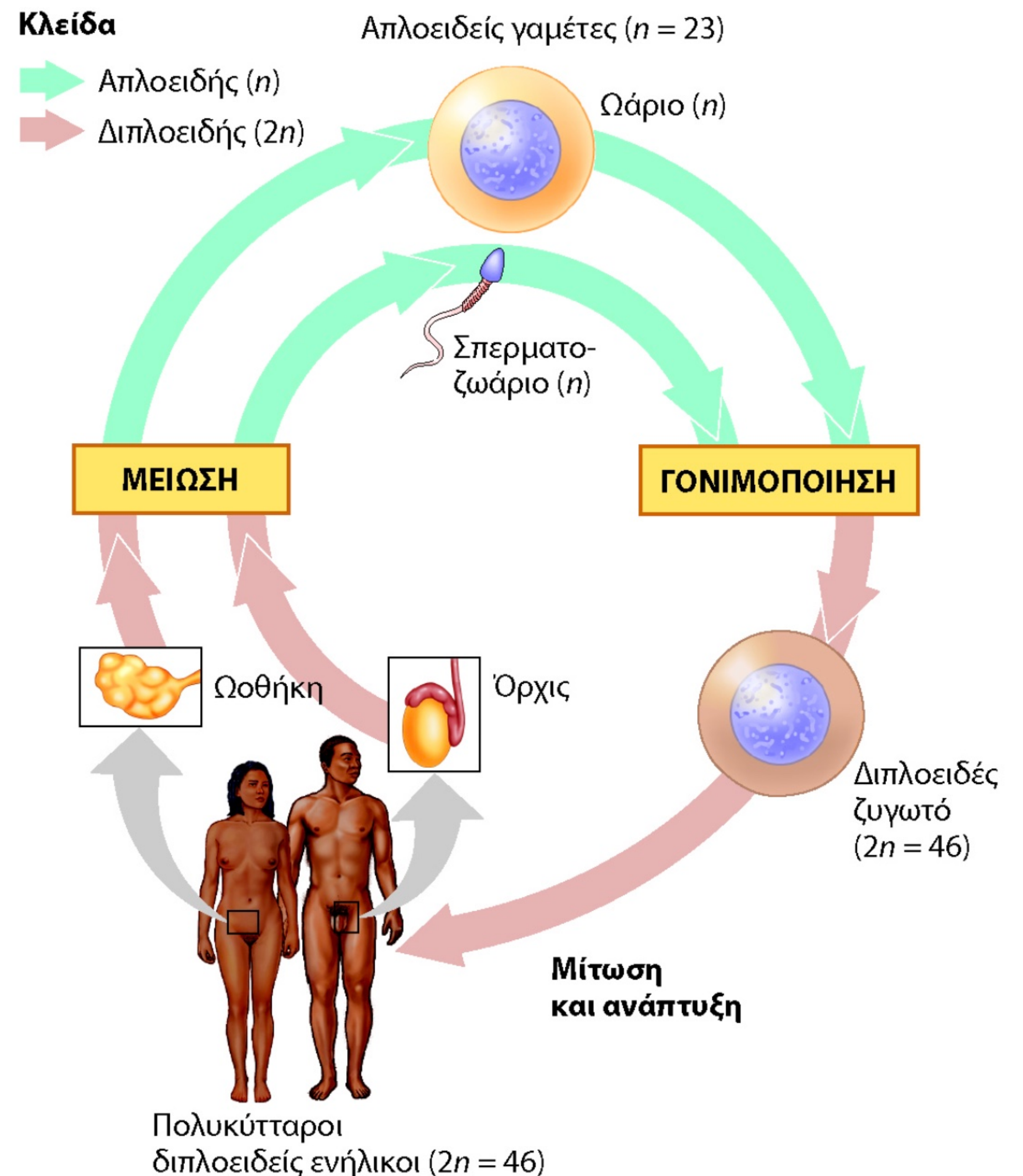
Μείωση

Αμφιγονική αναπαραγωγή

▲ **Εικόνα 13.4 Περιγραφή των χρωμοσωμάτων.** Το κύτταρο που βλέπουμε έχει διπλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων 6 ($2n = 6$) και βρίσκεται στο στάδιο αμέσως μετά την αντιγραφή του DNA και τη συμπύκνωση. Μετά την αντιγραφή, καθένα από τα έξι χρωμοσώματα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες, στενά συνδεδεμένες σε όλο το μήκος τους. Κάθε ομόλογο ζεύγος αποτελείται από ένα χρωμόσωμα από τη μητρική σειρά (κόκκινο χρώμα) και ένα από την πατρική (μπλε χρώμα). Εδώ, κάθε σειρά ομόλογων χρωμοσωμάτων αποτελείται από τρία χρωμοσώματα. Μη αδελφές χρωματίδες είναι δύο οποιεσδήποτε χρωματίδες ενός ζεύγους ομόλογων χρωμοσωμάτων που δεν είναι αδελφές χρωματίδες.

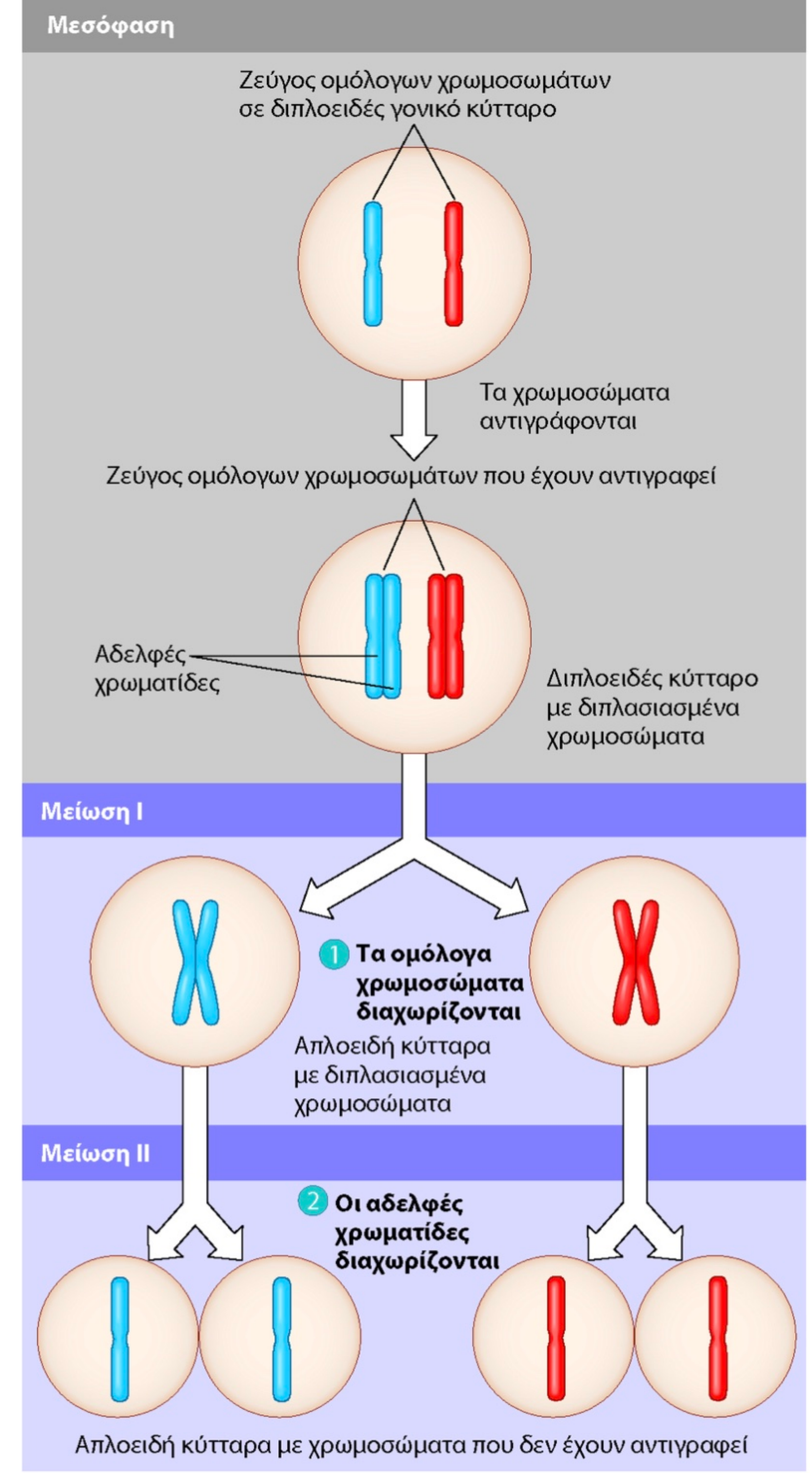


- Με τη μείωση από ένα κύτταρο με ομόλογα χρωμοσώματα προκύπτουν τέσσερα κύτταρα με μονό αριθμό χρωμοσωμάτων.
- Στην εικόνα δίπλα ο βιολογικός κύκλος του ανθρώπου. Με τη μείωση προκύπτουν απλοειδείς γαμέτες με 23 χρωμοσώματα οι οποίοι κατά την γονιμοποίηση θα δώσουν ένα κύτταρο με $2 \times 23 = 46$ χρωμοσώματα. 23 από τον πατέρα και 23 από την μητέρα.



Η μείωση περιλαμβάνει δύο κυτταρικές διαιρέσεις:

- 1η μειωτική διαίρεση: διαχωρισμός ολόκληρων των ομόλογων χρωμοσωμάτων.
- 2η μειωτική διαίρεση: διαχωρισμός σε καθένα απ' τα δύο κύτταρα των αδελφών χρωματίδων χωρίς να γίνει στο μεταξύ αντιγραφή DNA.



Εξερευνώντας τη μειωτική διαίρεση ενός ζωικού κυττάρου

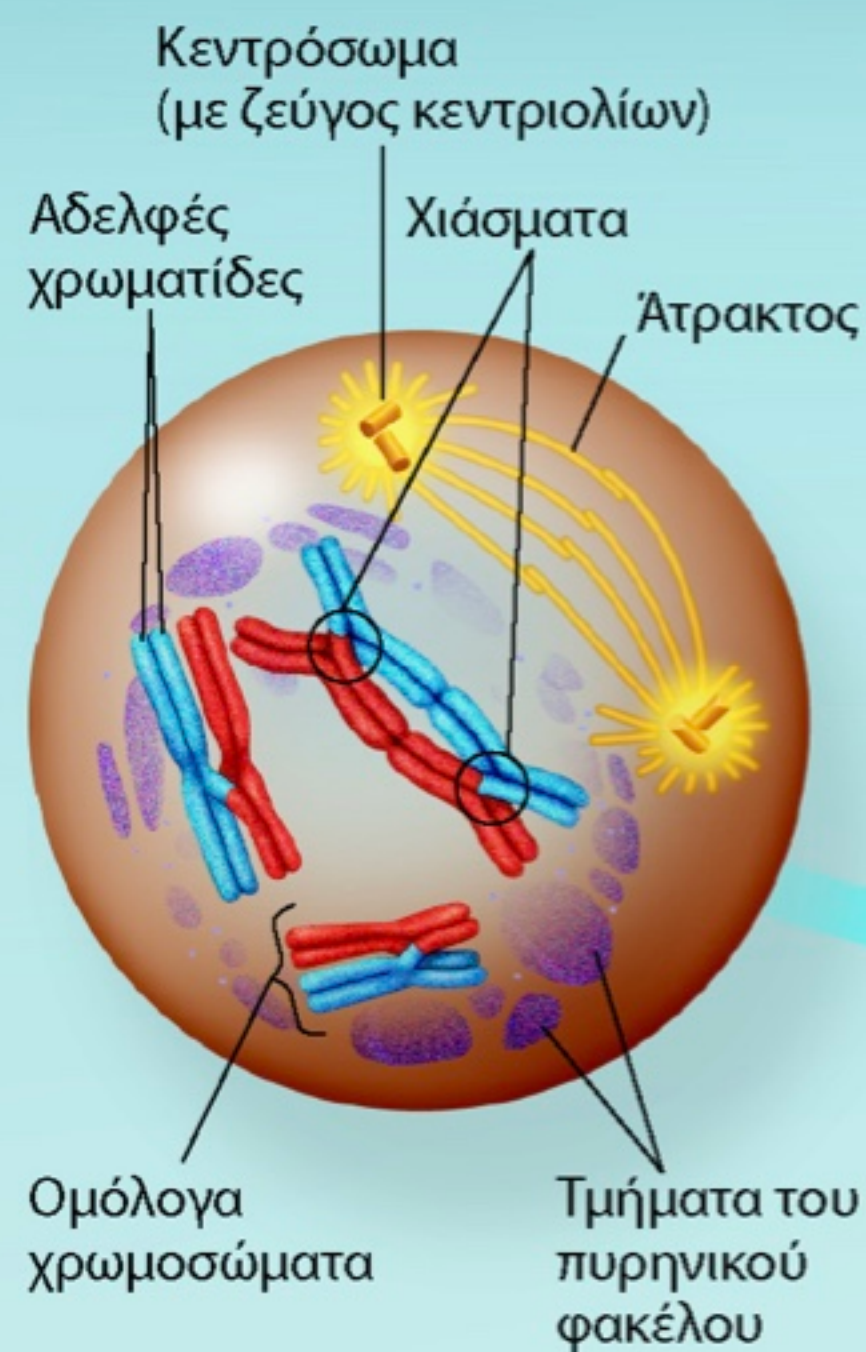
← ΜΕΙΩΣΗ I: Διαχωρίζει τα ομόλογα χρωμοσώματα →

Πρόφαση I

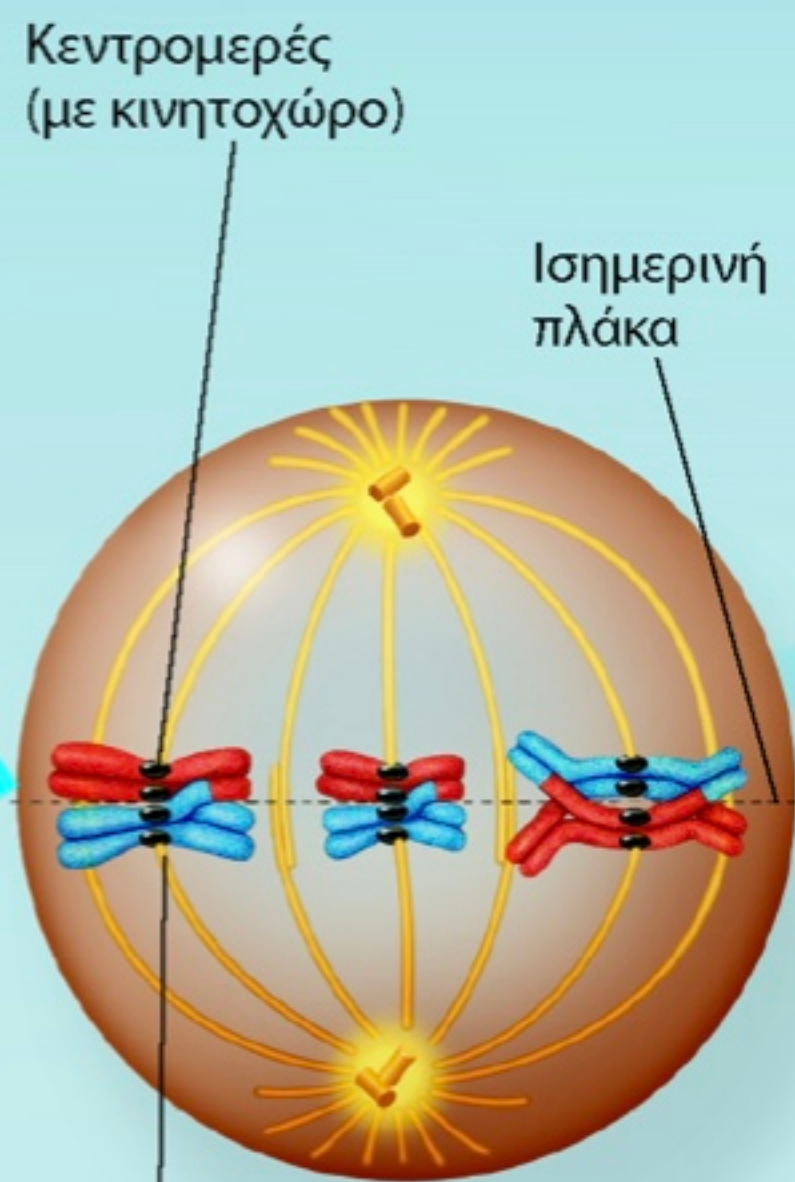
Μετάφαση I

Ανάφαση I

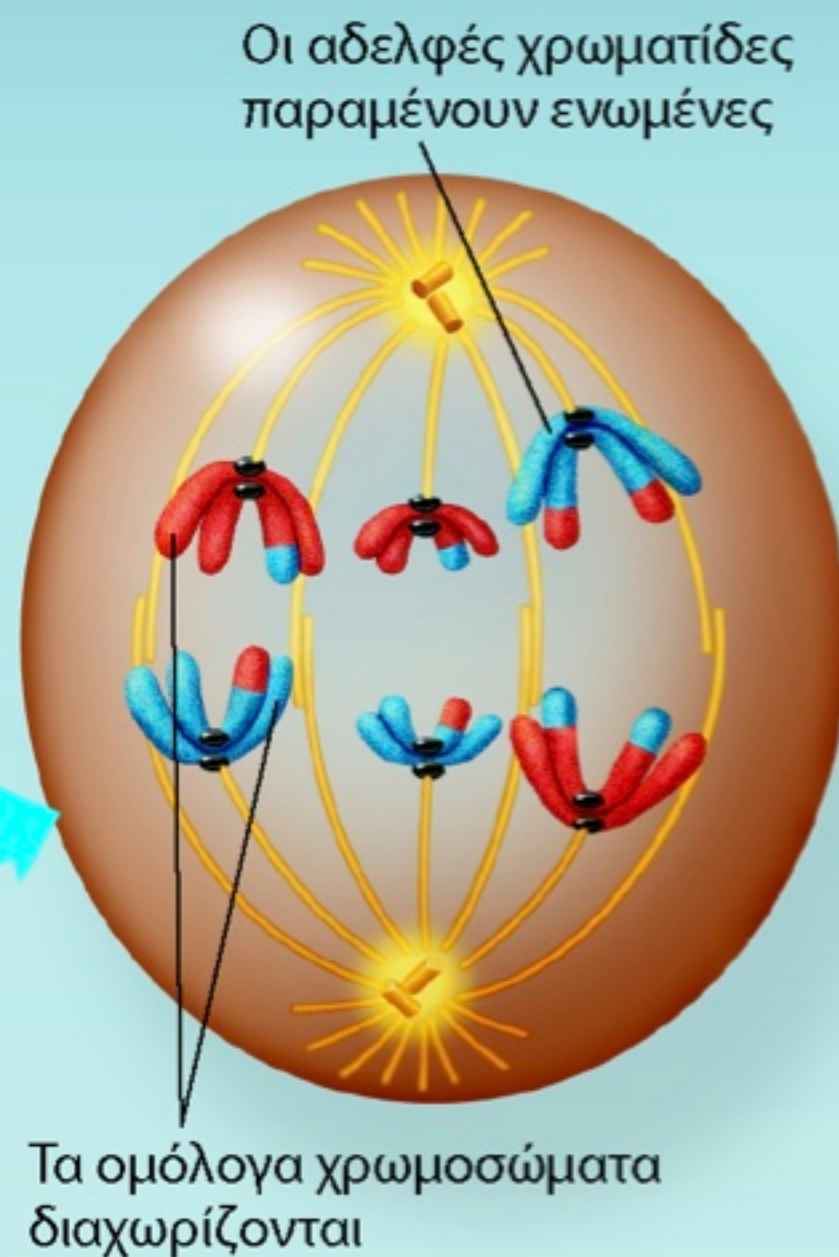
Τελόφαση I και
κυτταροκίνηση



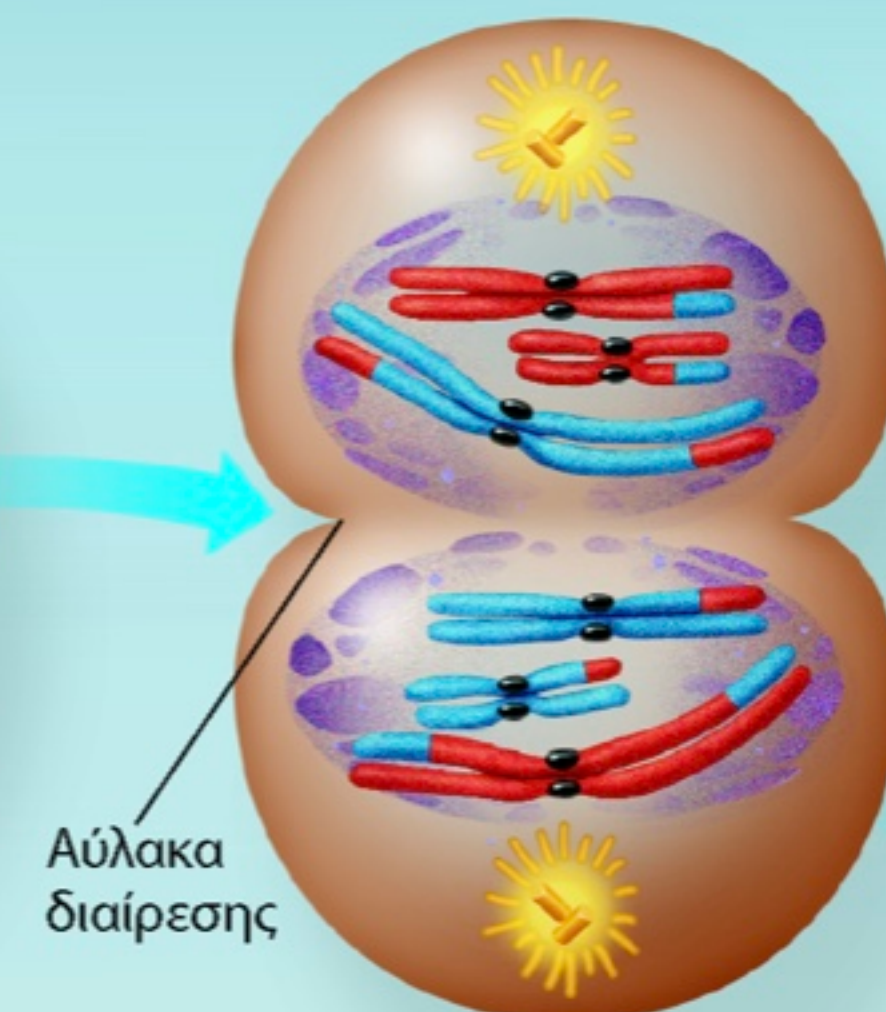
Τα ομόλογα χρωμοσώματα που έχουν αντιγραφεί (κόκκινο και μπλε) σχηματίζουν ζεύγη και ανταλλάσσουν τμήματα μεταξύ τους. Στο παράδειγμα αυτό, $2n = 6$



Μικροσωληνίσκος προσδεμένος στον κινητοχώρο
Τα χρωμοσώματα στοιχίζονται ανά ζεύγη



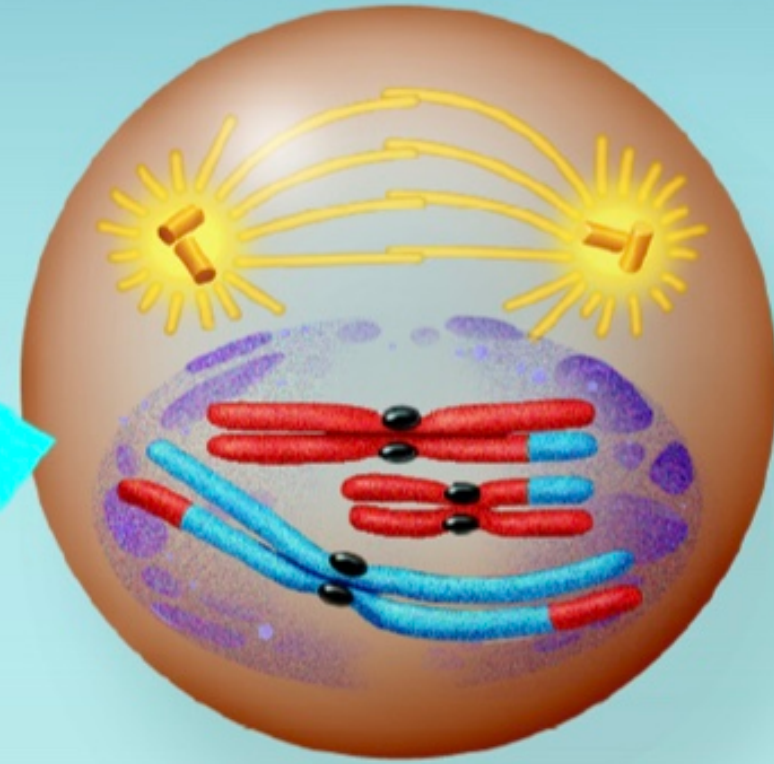
Όλα τα ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων διαχωρίζονται



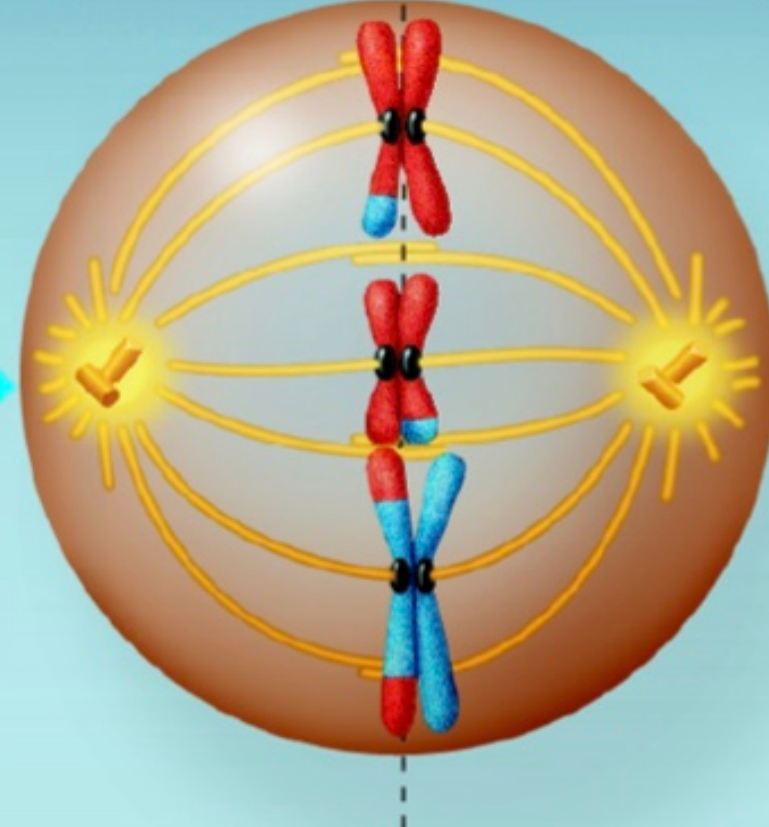
Σχηματίζονται δύο απλοειδή κύτταρα· κάθε χρωμόσωμα αποτελείται ακόμη από δύο αδελφές χρωματίδες

ΜΕΙΩΣΗ II: Διαχωρίζει τις αδελφές χρωματίδες

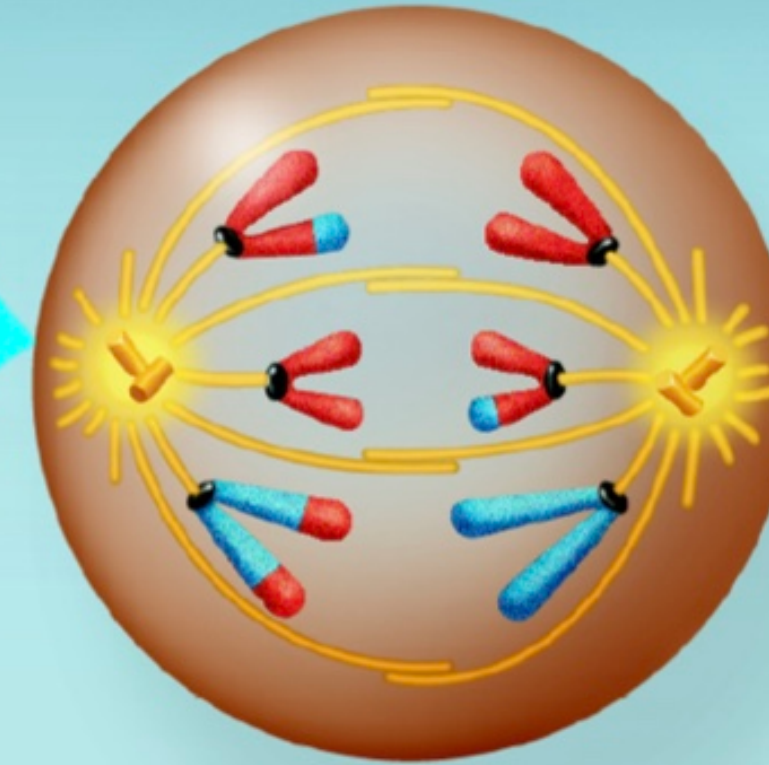
Πρόφαση II



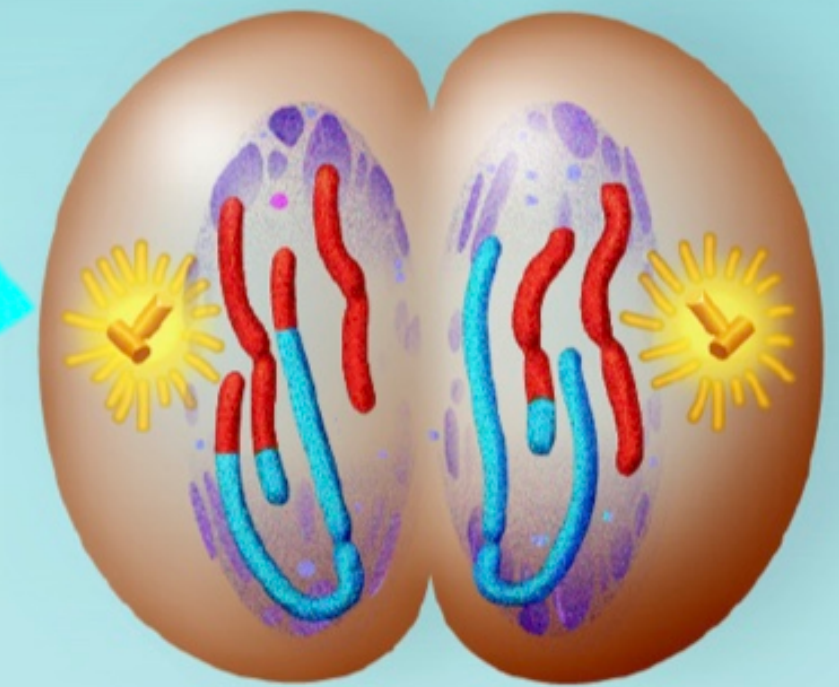
Μετάφαση II



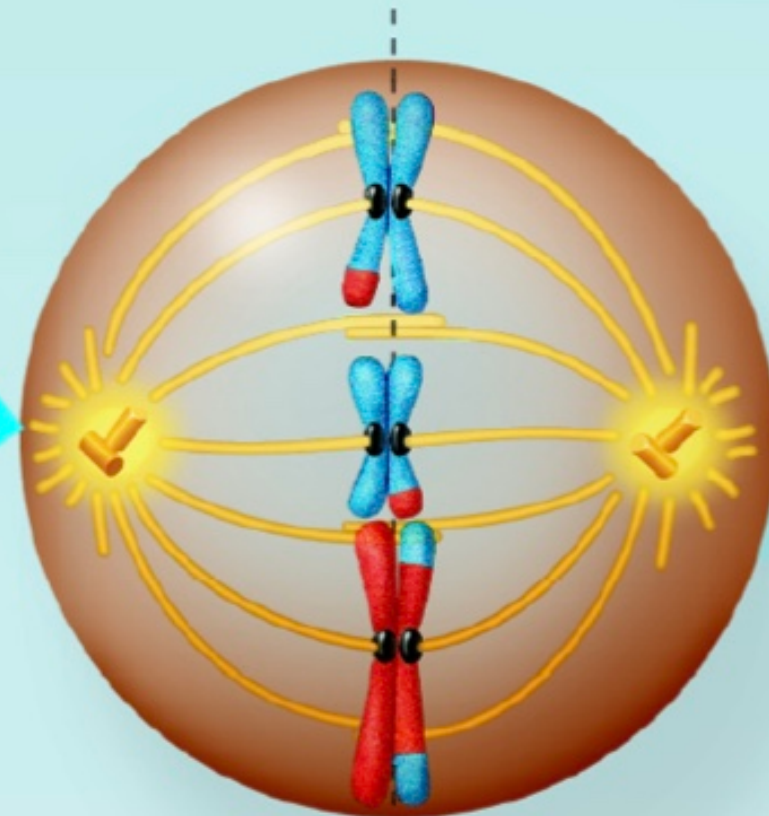
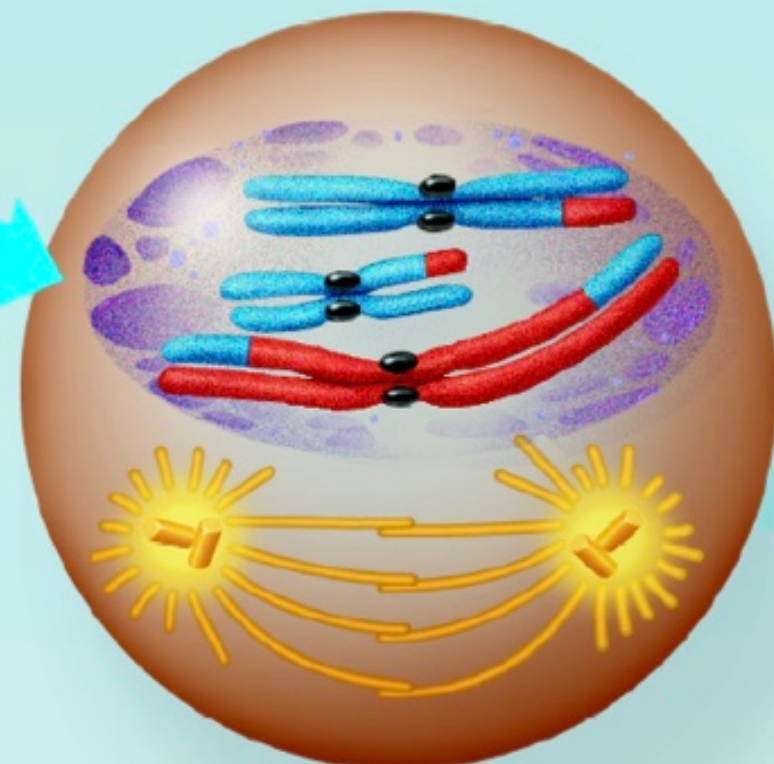
Ανάφαση II



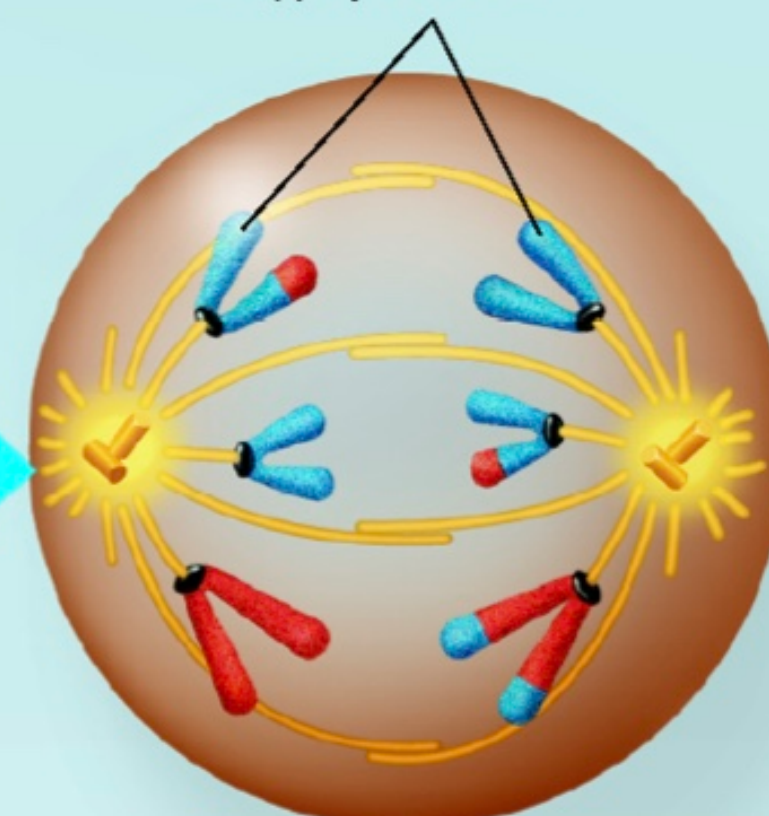
Τελόφαση II και
κυτταροκίνηση



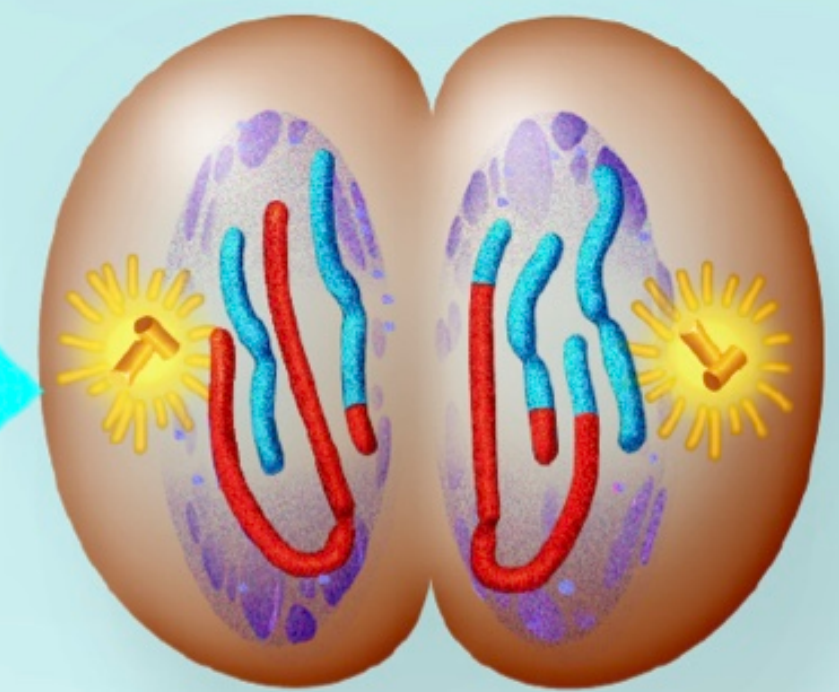
Ο τελικός διαχωρισμός των δύο αδελφών χρωματίδων γίνεται στον δεύτερο κύκλο κυτταρικής διαίρεσης· τα τέσσερα απλοειδή θυγατρικά κύτταρα που προκύπτουν περιέχουν χρωμοσώματα που δεν έχουν αντιγραφεί



Οι αδελφές χρωματίδες
διαχωρίζονται

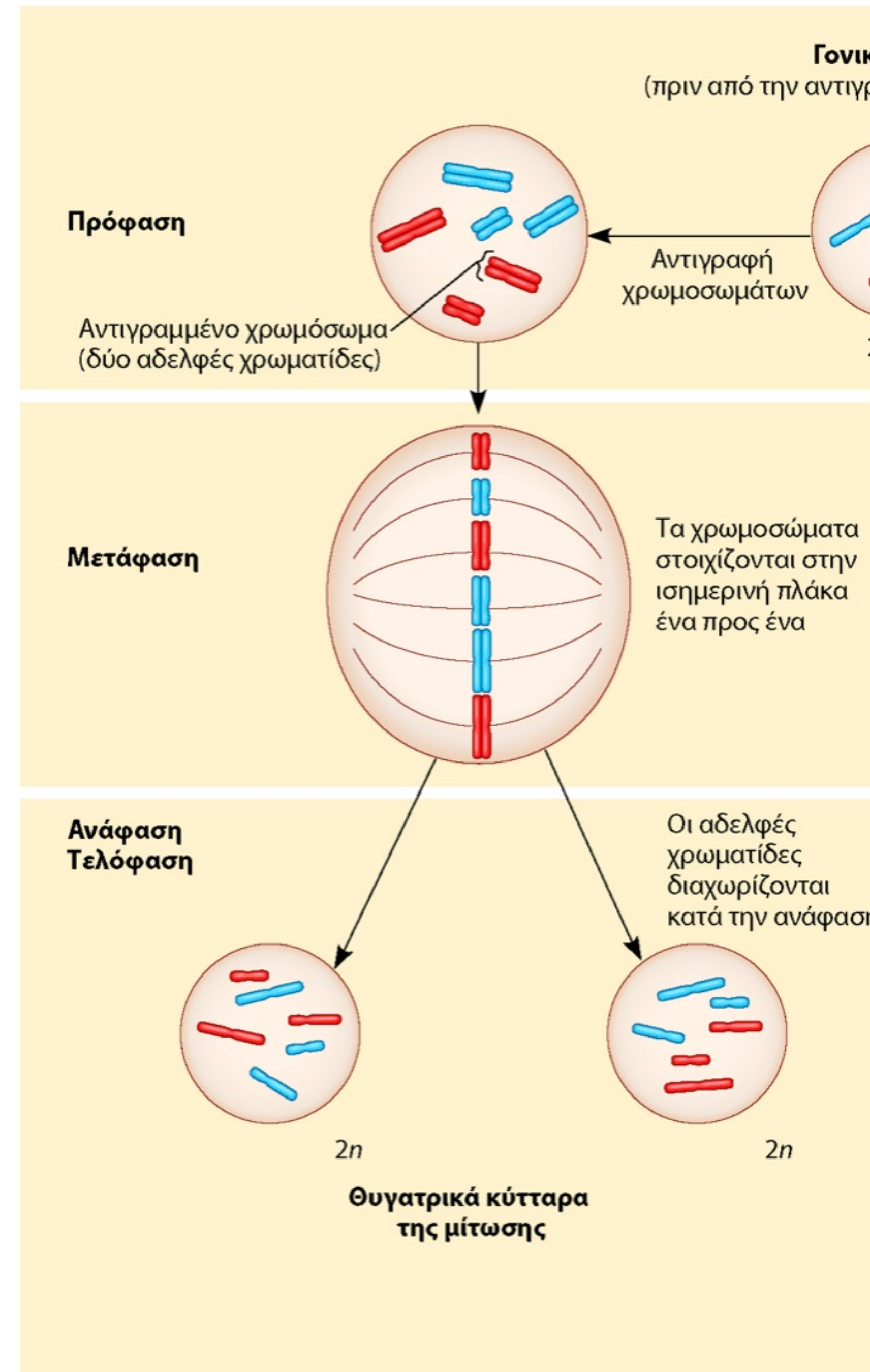


Σχηματισμός απλοειδών
θυγατρικών κυττάρων

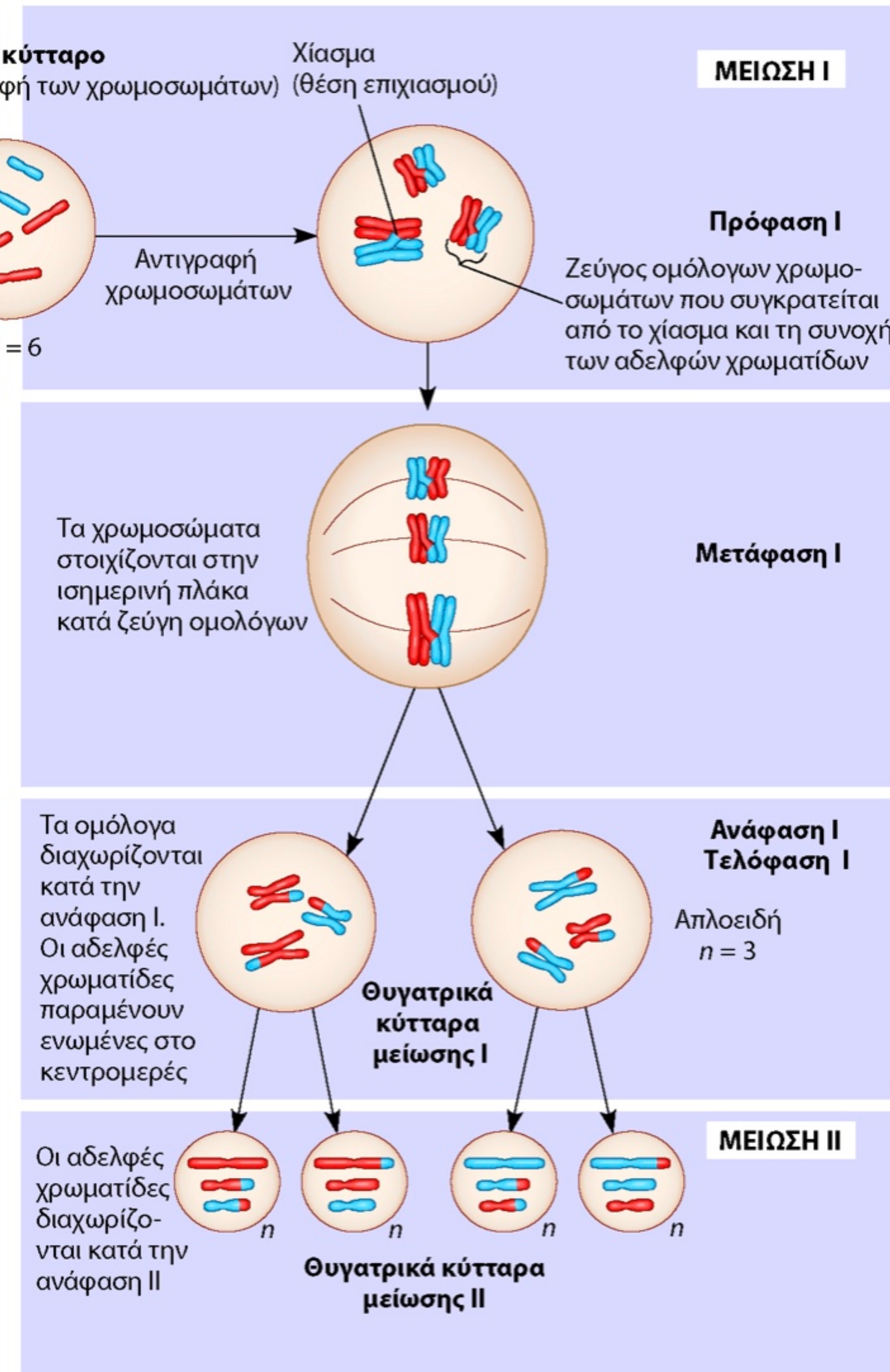


Διαφορές μίτωσης - μείωσης

ΜΙΤΩΣΗ



ΜΕΙΩΣΗ



ΣΥΝΟΨΗ

Ιδιότητα

Μίτωση

Αντιγραφή DNA

Γίνεται στη μεσόφαση, πριν αρχίσει η μίτωση

Αριθμός διαιρέσεων

Μία, που περιλαμβάνει πρόφαση, μετάφαση, ανάφαση και τελόφαση

Αριθμός θυγατρικών κυττάρων και γενετική σύσταση

Δύο διπλοειδή κύτταρα ($2n$), γενετικώς πανομοιότυπα προς το γονικό

Ρόλος στον ζωικό οργανισμό

Ανάπτυξη ενήλικου ατόμου από το ζυγωτό. Παραγωγή κυττάρων για την ανάπτυξη, την επιδιόρθωση και, σε ορισμένα είδη, για την αφυλετική αναπαραγωγή

Μείωση

Γίνεται στη μεσόφαση, πριν αρχίσει η μείωση I

Δύο, καθεμία περιλαμβάνει πρόφαση, μετάφαση, ανάφαση και τελόφαση

Τέσσερα απλοειδή κύτταρα (n) που περιέχουν τα μισά χρωμοσώματα κάθε γονικού κυττάρου. Διαφέρουν γενετικά μεταξύ τους και από το αρχικό κύτταρο

Παραγωγή γαμετών. Υποδιπλασιασμός αριθμού χρωμοσωμάτων και εισαγωγή γενετικής ποικιλομορφίας στους γαμέτες