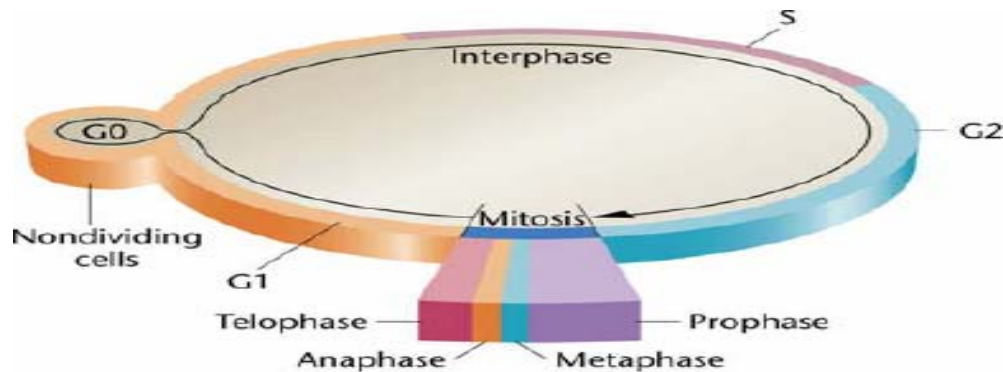


Μίτωση - Μείωση

Γαμετογένεση και Αναπαραγωγή



Σήμερα...

- Ορολογία
- Κυτταρικός κύκλος
- Μίτωση
- Μείωση
- Γαμετογένεση
- Βιολογικοί κύκλοι



Η Γενετική είναι ο κλάδος της Βιολογίας που ασχολείται με την κληρονομικότητα και την ποικιλομορφία των οργανισμών

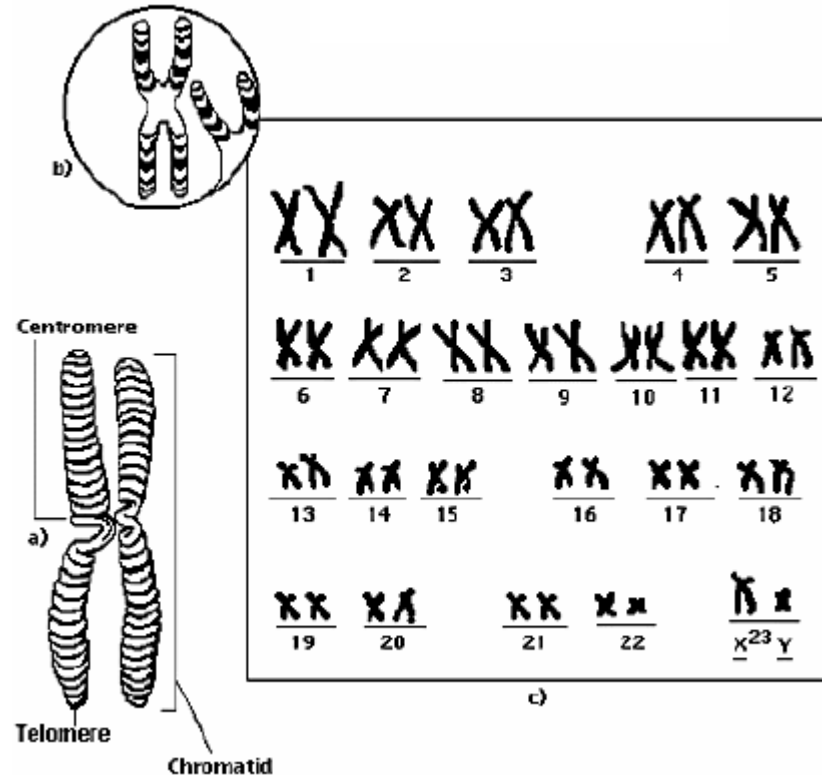
Η πληροφορία αυτή φέρεται στα **χρωμοσώματα**

- Ακολουθία του DNA
- DNA → RNA → Πρωτεΐνες



Τα περισσότερα κύτταρα του ανθρώπου περιέχουν **46 χρωμοσώματα**:

- 2 φυλετικά χρωμοσώματα (X, Y)
 - XY στους άνδρες
 - XX στις γυναίκες
- **22 ζεύγη** αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων



Διπλοειδής και απλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων

Όμολογα χρωμοσώματα: Στους διπλοειδείς οργανισμούς κάθε σωματικό κύτταρο περιέχει δύο αντίγραφα του κάθε χρωμοσώματος (ένα από κάθε γονέα).

Το γενετικό περιεχόμενο ενός τέτοιου οργανισμού αναφέρεται ως **$2n$** (διπλοειδής αριθμός) ενώ το μισό του είναι ο **απλοειδής αριθμός (n)**

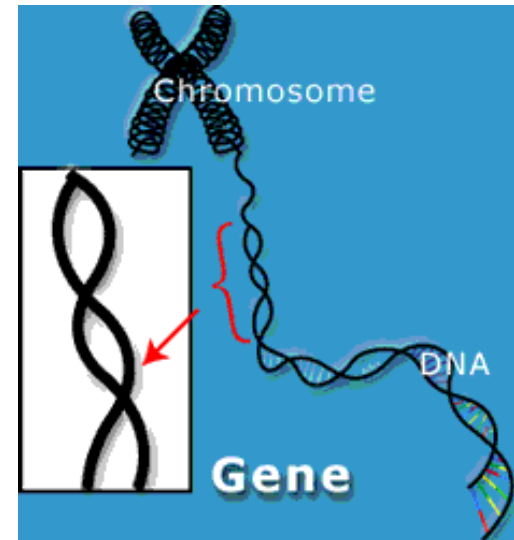
Π.χ. Στον άνθρωπο $n=23$ (ζεύγη χρωμοσωμάτων) και **$2n=46$** (χρωμοσώματα)

Απλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων σε διάφορους οργανισμούς

Είδος	Απλοειδής αριθμός
Κουνούπι	3
Μύγα	6
Βάτραχος	13
Γάτα	19
Άνθρωπος	23
Γάιδαρος	31
Σκύλος	39

Χρήσιμη ορολογία:

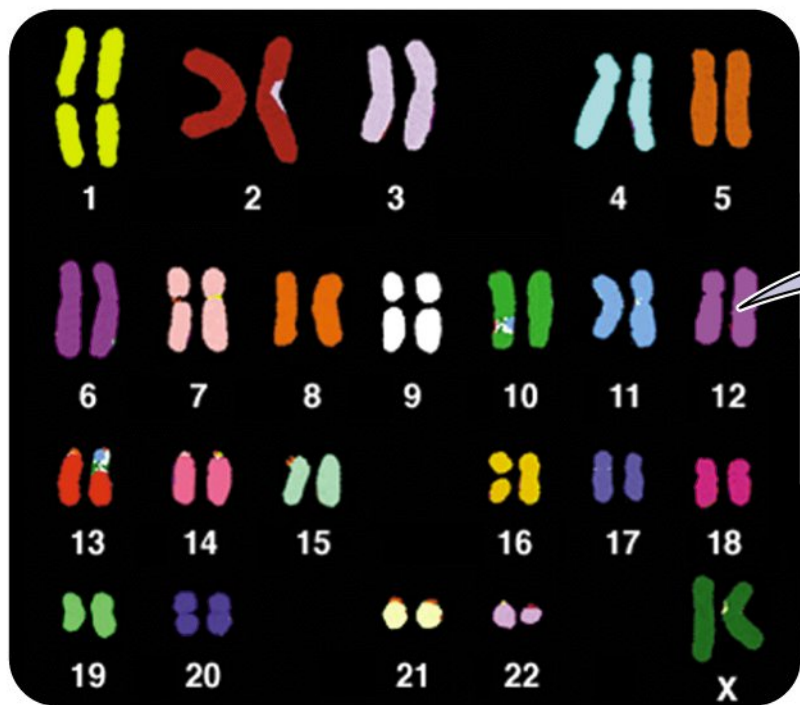
- **Γονίδιο** – μια μονάδα κληρονομικότητας ένα τμήμα ακολουθίας του DNA που κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη
- **Γονιδίωμα** – όλα τα γονίδια ενός οργανισμού



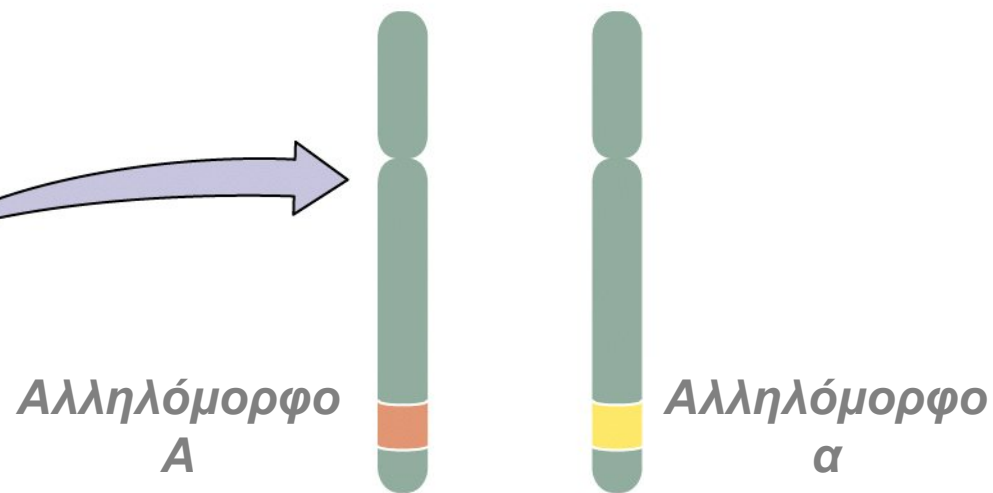
- **Αλληλόμορφα** – δύο γονίδια που βρίσκονται στην ίδια θέση σε δύο ομόλογα χρωμοσώματα και αφορούν το ίδιο χαρακτηριστικό (μπορεί να είναι ταυτόσημα ή διαφορετικά)
- **Γενετικός τόπος** – μια συγκεκριμένη φυσική θέση σε μια αλυσίδα του DNA, όπου εδρεύει ένα γονίδιο

- **Ομόζυγο άτομο** – έχει δύο όμοια γονίδια για ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (ένα από κάθε γονέα)
- **Ετερόζυγο άτομο** – έχει δύο παραλλαγές ενός γονιδίου για ένα χαρακτηριστικό
- **Γονότυπος** – Η γενετική σύσταση ενός οργανισμού
- **Φαινότυπος** – Η φυσική εμφάνιση ενός οργανισμού (γονότυπος + περιβάλλον)

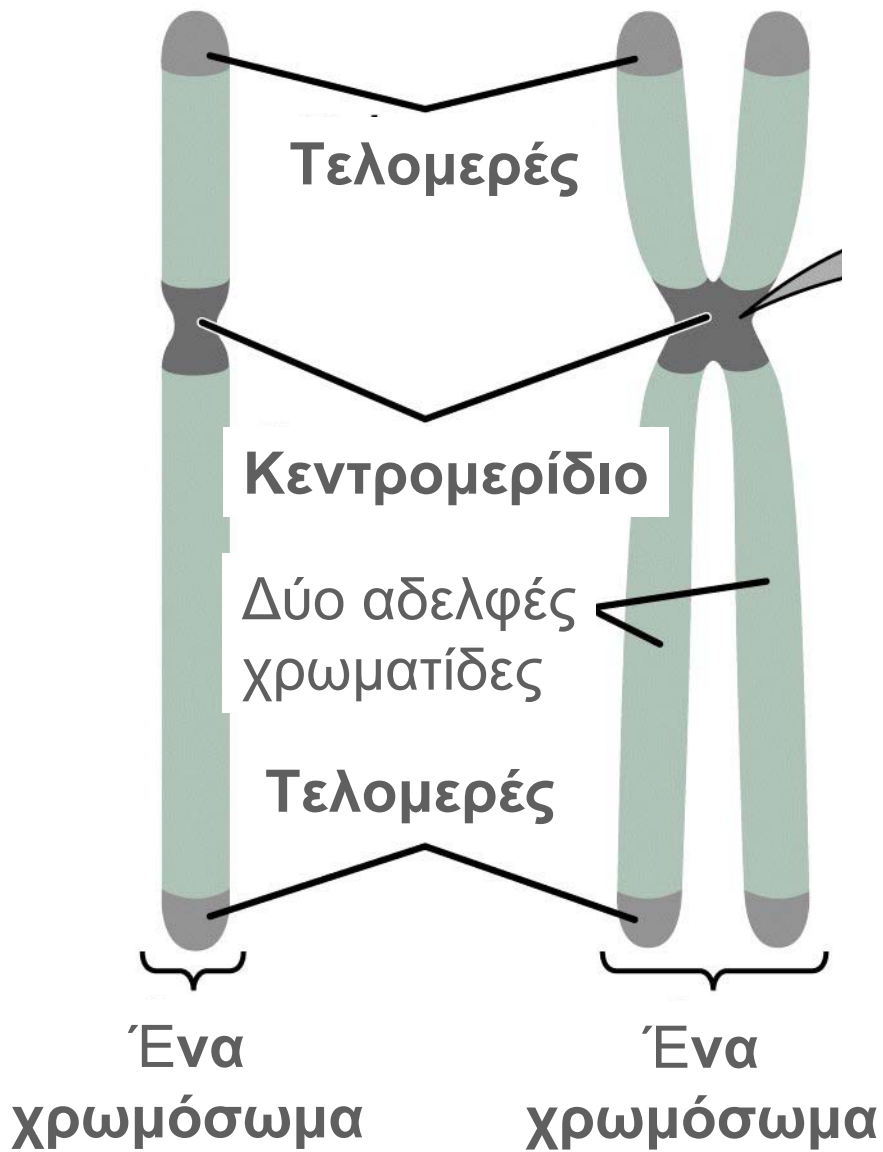
(a)



(b)

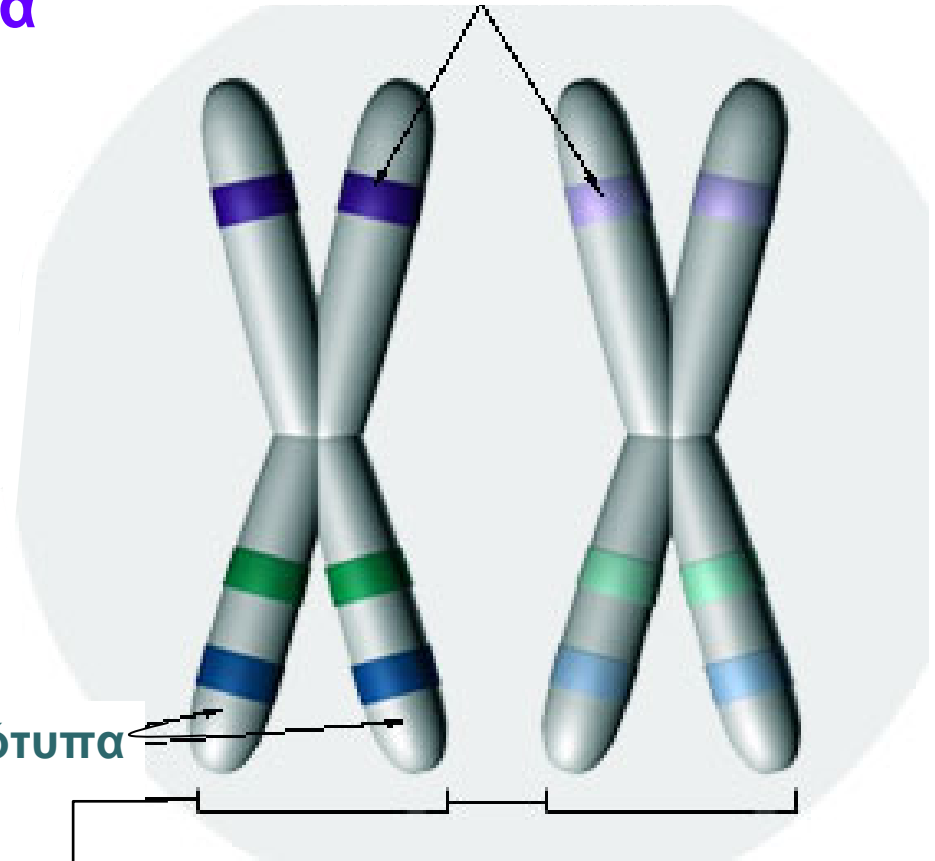


**Ένα χρωμόσωμα
– δύο μορφές**



Δύο ομόλογα χρωμοσώματα

Οι ομόλογες περιοχές
κωδικοποιούν τα ίδια γονίδια



Οι αδελφές χρωματίδες είναι πανομοιότυπα
αντίγραφα -
Τα ομόλογα χρωμοσώματα, όχι

Το βαμβάκι έχει 26 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Ο διπλοειδής αριθμός του είναι... και ο απλοειδής αριθμός του είναι....

α. 26, 26

β. 26, 52

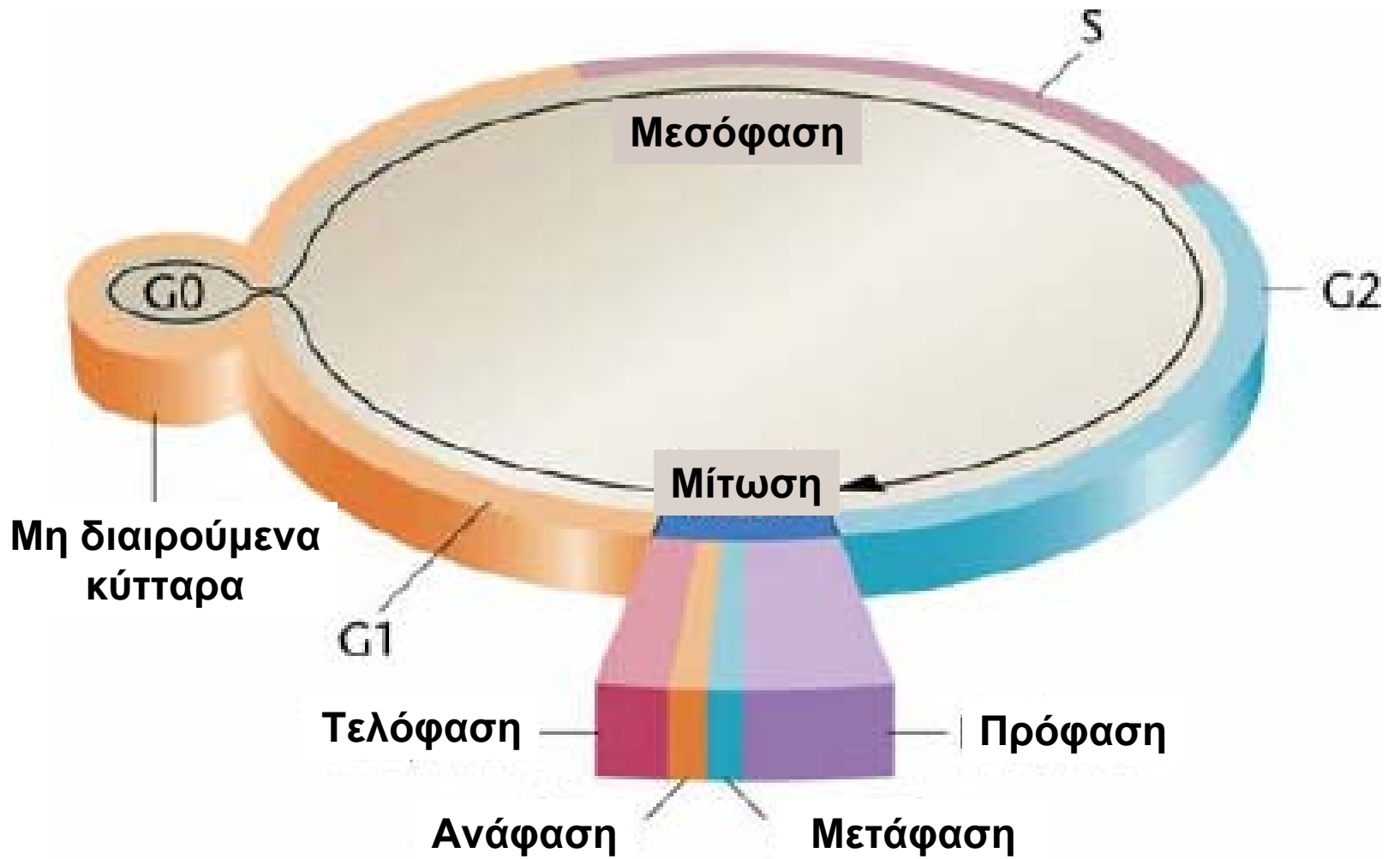
γ. 13, 13

δ. 52, 26

ε. 13, 26

Τα ομόλογα χρωμοσώματα...

- α. Έχουν πανομοιότυπες ακολουθίες γονιδίων
- β. Έχουν το ίδιο μήκος και θέση κεντρομεριδίου και φέρουν γονίδια που ελέγχουν τα ίδια χαρακτηριστικά**
- γ. Έχουν ίσο μήκος αλλά διαφορετική θέση κεντρομεριδίου
- δ. Έχουν το ίδιο μήκος αλλά τα γονίδια βρίσκονται σε διαφορετική θέση στο καθένα
- ε. Έχουν παρόμοιες γονιδιακές αλληλουχίες αλλά διαφέρουν στη θέση του κεντρομεριδίου



Ο κυτταρικός κύκλος

Διάρκεια του κυτταρικού κύκλου στα ευκαρυωτικά

Οργανισμός	Περίοδος				
	M	G1	S	G2	
Άνθρωπος	1	8	10	5	~24(ώρες)
Φυτά	1	8	12	8	~29(ώρες)
Ζύμη	20	25	40	35	~120 (λεπτά)

Διάρκεια του κυτταρικού κύκλου στον άνθρωπο

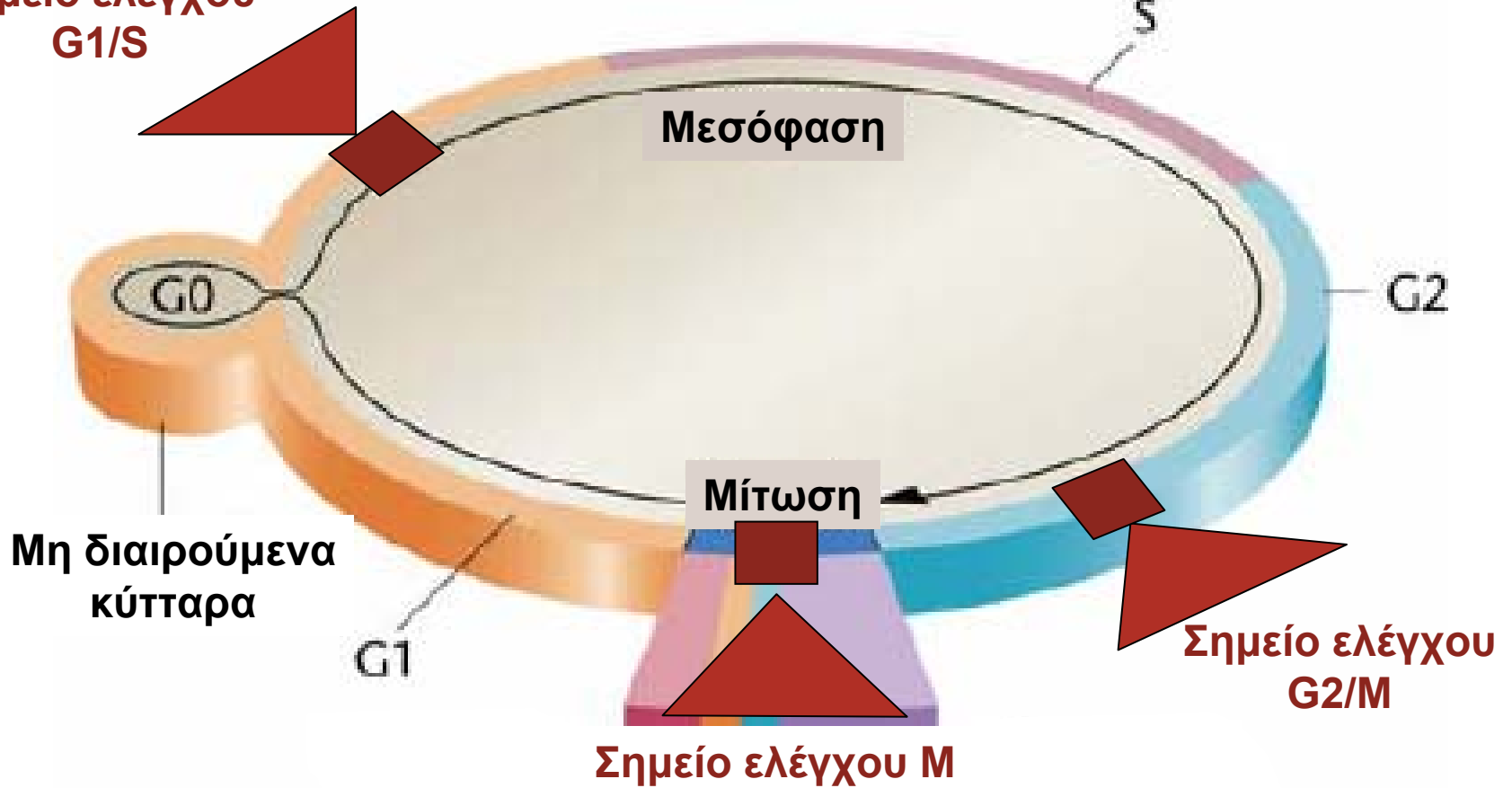
Μεσόφαση			Μίτωση
G1	S	G2	M
8	10	5	1

Ώρες

Πρόφαση	Μετάφαση	Ανάφαση	Τελόφαση
36	3	3	18

Λεπτά

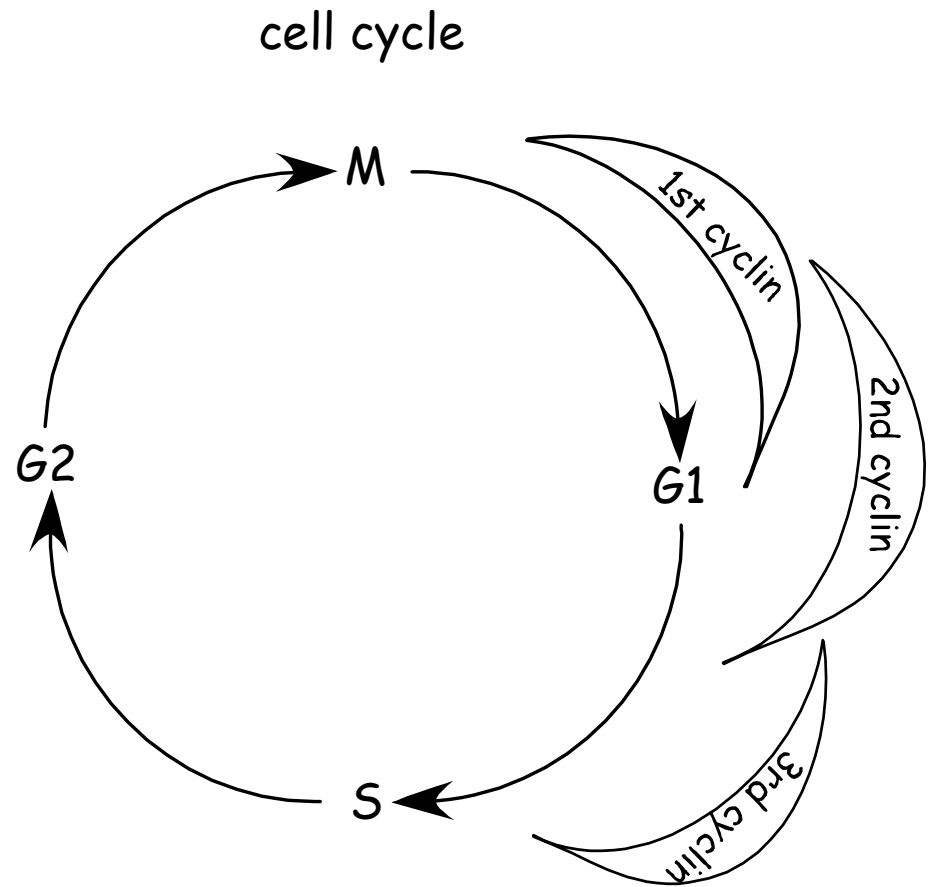
Σημείο ελέγχου
G1/S



Σημεία ελέγχου του κυτταρικού κύκλου

Κυκλίνες

- συντηρητικές πρωτεΐνες σε όλα τα ευκαρυωτικά
- ρύθμιση της μεταγραφής
- καθώς κάθε κυκλίνη εκφράζεται ενεργοποιεί μεταγραφικούς παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους προάγουν την έκφραση της επόμενης κυκλίνης
- κάθε κυκλίνη, το mRNA της και οι μεταγραφικοί της παράγοντες είναι πολύ ασταθείς και ανακυκλώνονται γρήγορα, προωθώντας την πρόοδο του κυτταρικού κύκλου



Cyclin Dependant Kinases (CDKs)

- Οι κυκλίνες ρυθμίζουν τη δράση των CDKs
- Τα σύμπλοκα κυκλίνη/CDK φωσφορυλιώνουν άλλες πρωτεΐνες στόχους (μεταγραφικούς παράγοντες κτλ)
- Η φωσφορυλίωση αυτή ενεργοποιεί ή καταστέλλει τις πρωτεΐνες στόχους (έναρξη διαφόρων ακολουθιών γεγονότων)
- Η φωσφορυλίωση ελέγχεται με τη σειρά της από φωσφατάσες

Παράδειγμα ρύθμισης από σύμπλοκο κυκλίνης/CDK

G1

E2F/Rb

Ανενεργό σύμπλεγμα

Κυκλίνη A

+

CDK2

Κυκλίνη A/CDK2

Φωσφορυλιώνεται η Rb

Rb^P + E2F

Ο παράγοντας E2F, όταν είναι ελεύθερος προάγει τη μεταγραφή των πρωτεϊνών για το στάδιο S

φωσφατάση

Rb

Ενεργή Rb – μπορεί και πάλι να δεσμεύσει Τον E2F και να διακόψει Τον κυτταρικό κύκλο

Ο ρόλος του p53

- Ελέγχει στο σημείο G1/S για «λάθη» στην ακολουθία του DNA (**mismatching**)
- Εάν βρει τέτοια λάθη, ενεργοποιεί την **p21**, η οποία με τη σειρά της παρεμποδίζει τη δράση της κινάσης του CDK2/κυκλίνη A, οπότε ο **E2F** παραμένει δεσμευμένος με το pRb και **ανενεργός** – ο κυτταρικός κύκλος διακόπτεται
- Όταν λειτουργεί φυσιολογικά, ρυθμίζει τον προγραμματισμένο κυτταρικό θάνατο (**απόπτωση**), είτε ως μέρος της κανονικής ανάπτυξης ενός κυττάρου είτε ως αποτέλεσμα μιας κυτταρικής βλάβης

Εάν ο έλεγχος του κυτταρικού κύκλου δεν λειτουργήσει επαρκώς, το κύτταρο μπορεί να αρχίσει να διαιρείται ανεξέλεγκτα – **ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ**

Ογκοκατασταλτικά γονίδια: Τα **pRb** και **p53** διασφαλίζουν τη σωστή ρύθμιση του κυτταρικού κύκλου και εμποδίζουν τον ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό των κυττάρων. Μεταλλάξεις σε αυτά τα γονίδια μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο.



Ποιά από τις παρακάτω φάσεις του κυτταρικού κύκλου έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια;

α. Πρόφαση

β. Μετάφαση

γ. Ανάφαση

δ. Τελόφαση

ε. Στάδιο S της μεσόφασης

Ποιό είναι το σημείο ελέγχου του κυτταρικού κύκλου που καθορίζει αν η μιτωτική άτρακτος έχει σχηματιστεί σωστά;

α. Σημείο ελέγχου M

β. Σημείο ελέγχου G1

γ. Σημείο ελέγχου G1/S

δ. Σημείο ελέγχου G2/M

ε. Σημείο ελέγχου G2/S

Πώς ονομάζεται η φάση του κυτταρικού κύκλου κατά την οποία τα κύτταρα μπορεί να σταματήσουν να διαιρούνται (μόνιμα ή προσωρινά) αν και παραμένουν μεταβολικά ενεργά;

α. G0

β. G1

γ. S

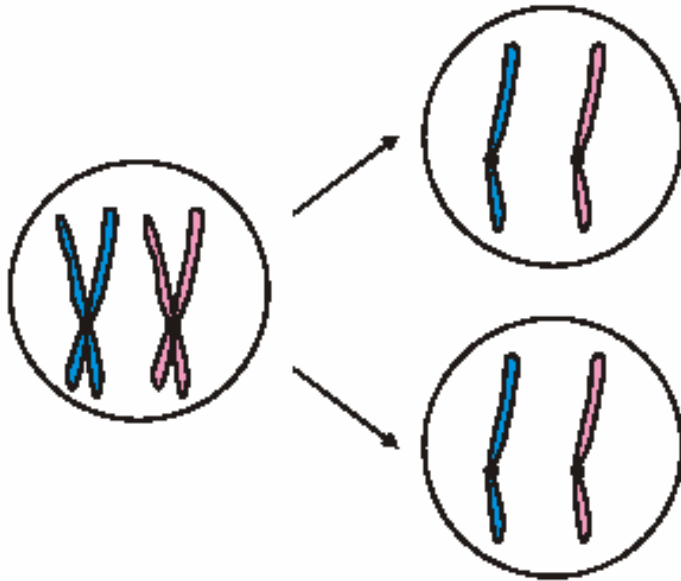
δ. G2

ε. Πρόφαση

Ένα κύτταρο με βλάβη στο DNA μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνο αν διαιρεθεί. Στα φυσιολογικά κύτταρα μια τέτοια διαίρεση προλαμβάνεται από...


- α. Το σημείο ελέγχου M**
- β. Τους κινητοχώρους**
- γ. Τις πρωτεΐνες CDK**
- δ. Τα σημεία ελέγχου G1/S και G2/M**
- ε. Το μεταλλαγμένο p53**

Μίτωση: Στόχος η διαίρεση με ταυτόχρονη διατήρηση του αριθμού των χρωμοσωμάτων



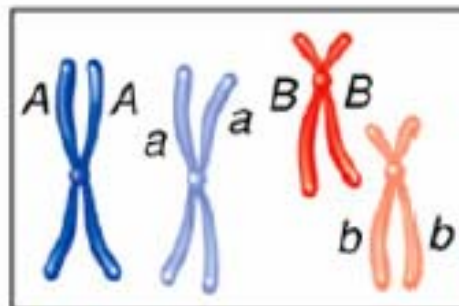
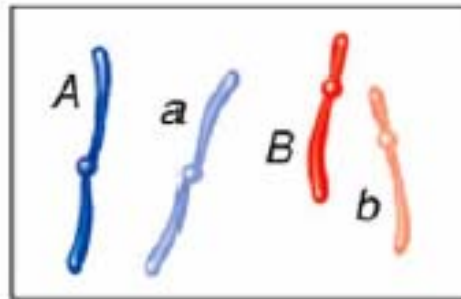
-Η μίτωση είναι μια κυτταρική διαίρεση που παρέχει σε κάθε θυγατρικό κύτταρο ένα **πλήρες σετ χρωμοσωμάτων**

-Πριν από τη μίτωση κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από **δύο αδελφές χρωματίδες**, ενωμένες στο **κεντρομερίδιο**

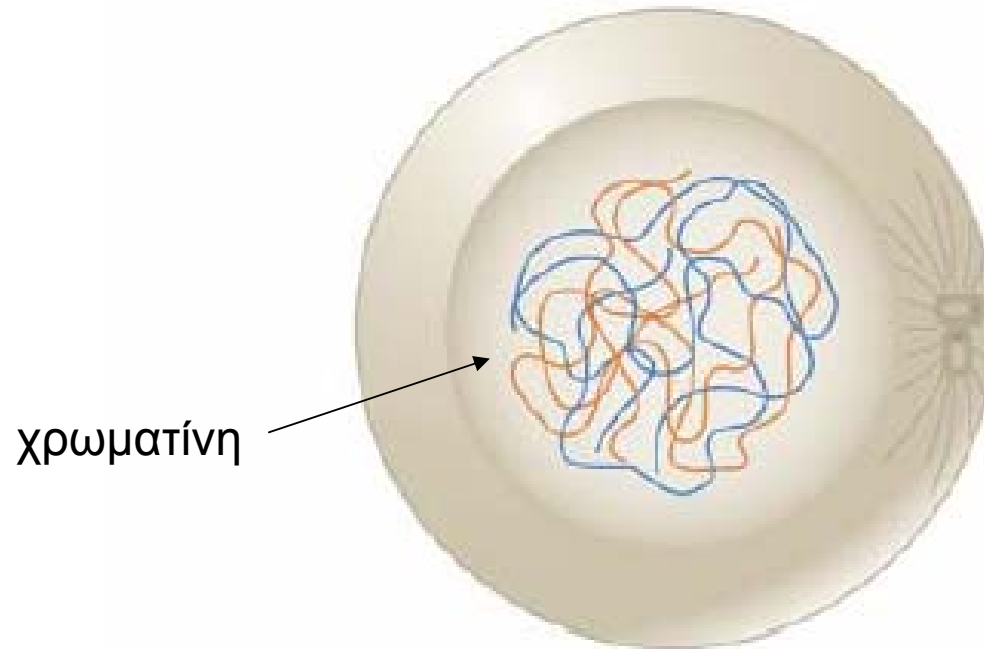
 -Κατά τη διάρκεια της μίτωσης κάθε χρωμόσωμα **διαίρεείται** σε δύο πανομοιότυπες μονές αδελφές χρωματίδες

-Κάθε θυγατρικό κύτταρο δέχεται τη **μία** από αυτές τις χρωματίδες/χρωμοσώματα

Πριν από τη μίτωση προηγείται στη φάση S της μεσόφασης
ο διπλασιασμός του DNA



Μεσόφαση

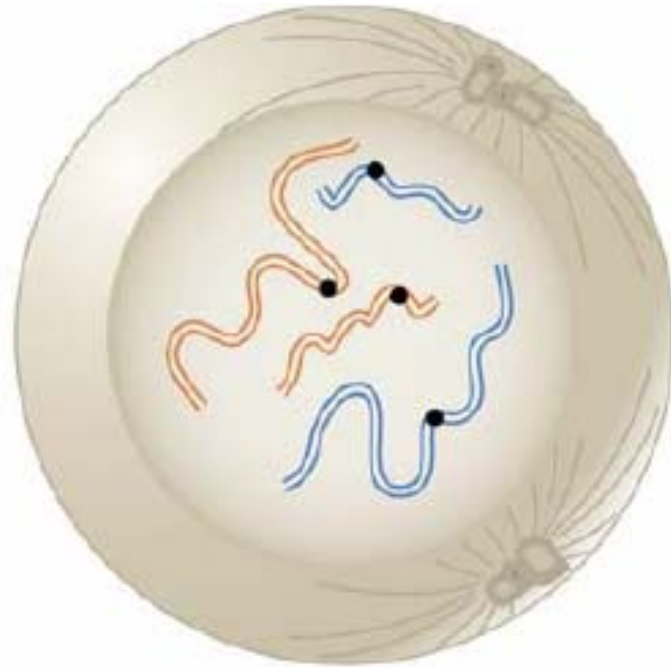


χρωματίνη

Τα χρωμοσώματα δεν είναι ορατά

Μίτωση

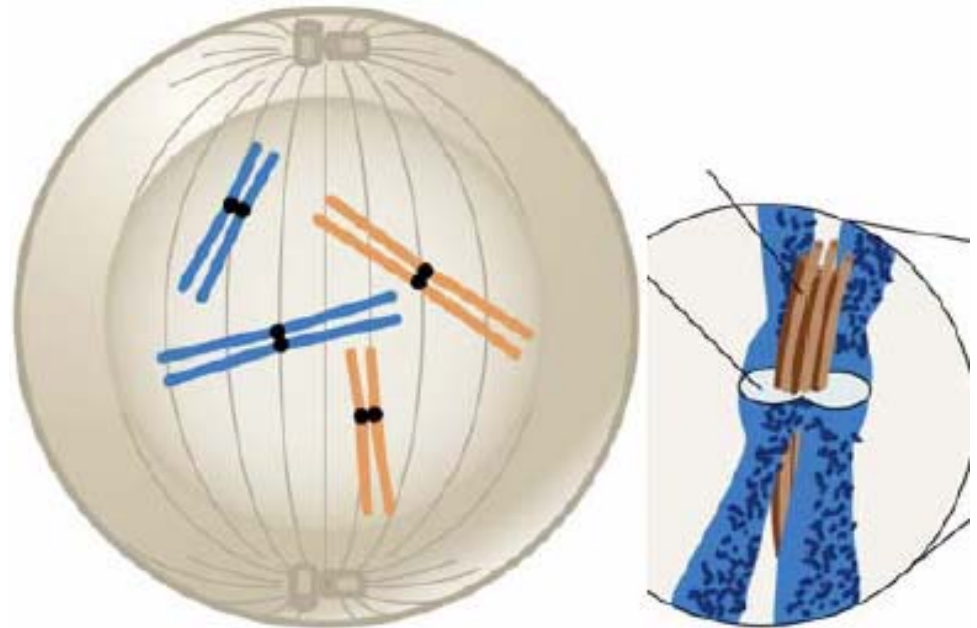
- Τα χρωμοσώματα συμπυκνώνονται
- Τα κεντριόλια μεταναστεύουν προς τους πόλους του κυττάρου
- Αρχίζει η δημιουργία της μιτωτικής ατράκτου



Πρόφαση

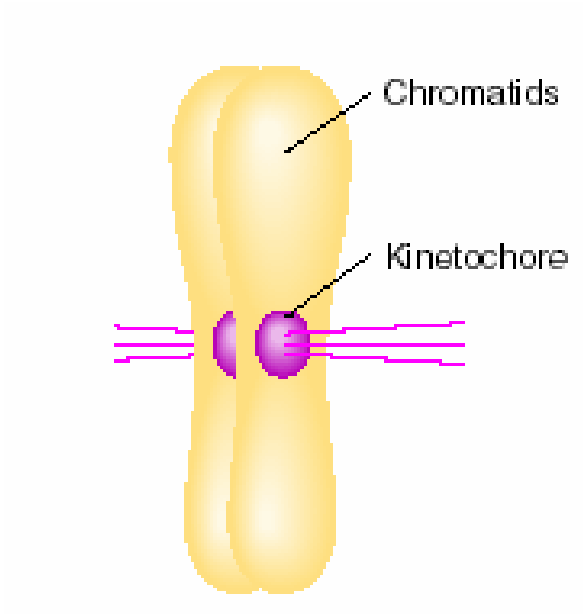
Μίτωση

- Εξαφανίζεται ο πυρηνίσκος και η πυρηνική μεμβράνη
- Τα χρωμοσώματα προσδένονται στη μιτωτική άτρακτο
- Αρχίζει η μετακίνηση των χρωμοσωμάτων προς το ισημερινό πεδίο



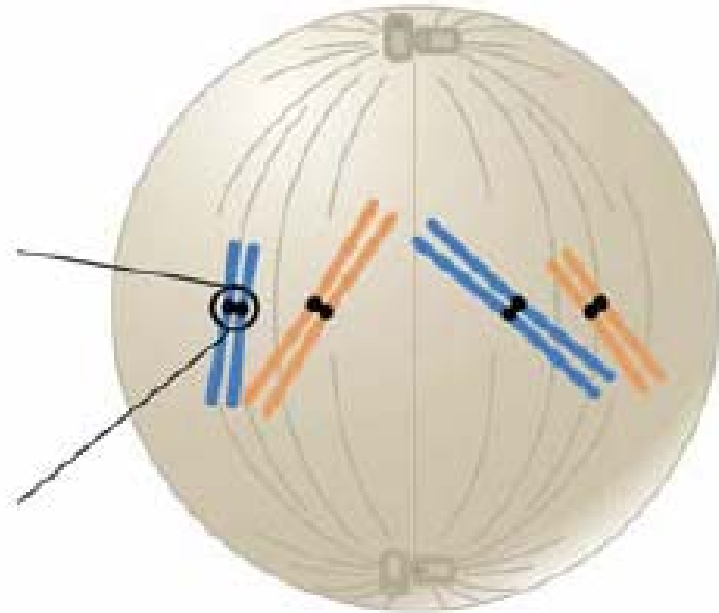
Προμετάφαση

ΚΙΝΗΤΟΧΩΡΟΣ



Μίτωση

- Μέγιστη συσπείρωση των χρωμοσωμάτων
- Διάταξη των χρωμοσωμάτων στο ισημερινό πεδίο

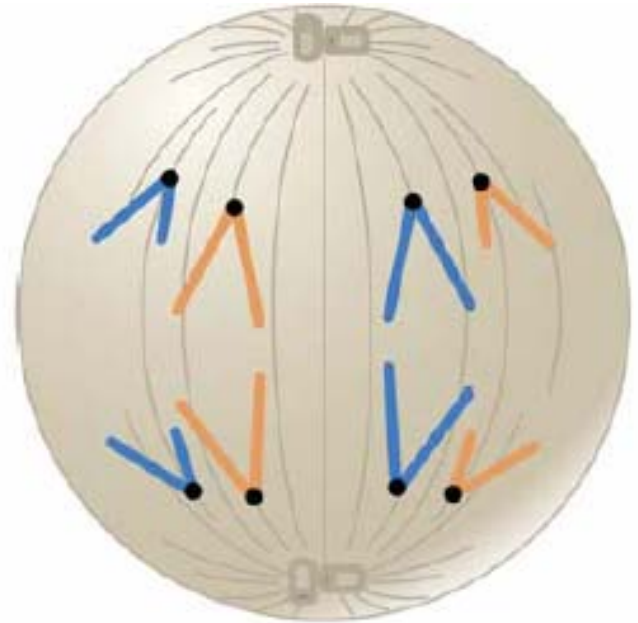


Μετάφαση

Μίτωση

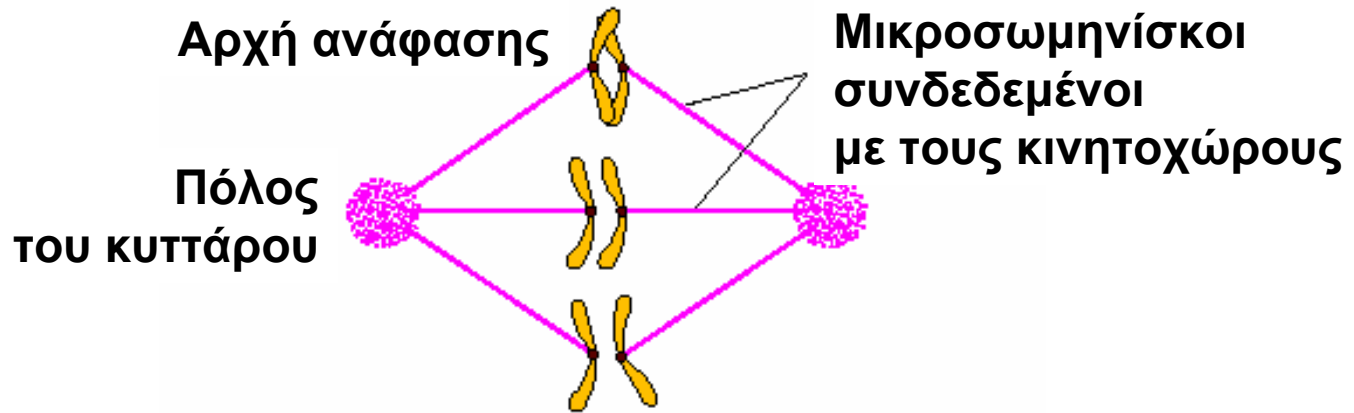
- Τα κεντρομερίδια διαιρούνται και οι αδελφές χρωματίδες αποχωρίζονται

- Οι ίνες της μιτωτικής ατράκτου τραβούν τις αδελφές χρωματίδες προς τους αντίθετους πόλους του κυττάρου



Ανάφαση

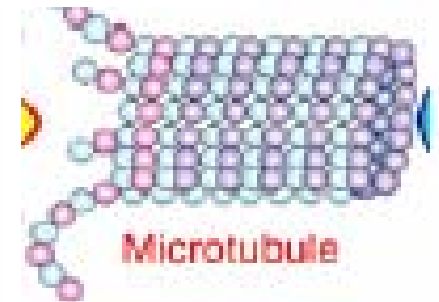
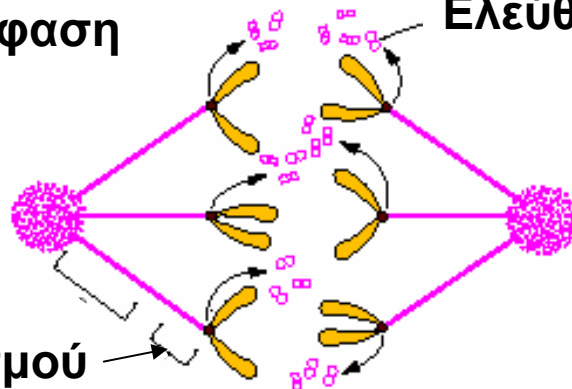
Μετακίνηση των χρωμοσωμάτων πάνω στην μιτωτική άτρακτο



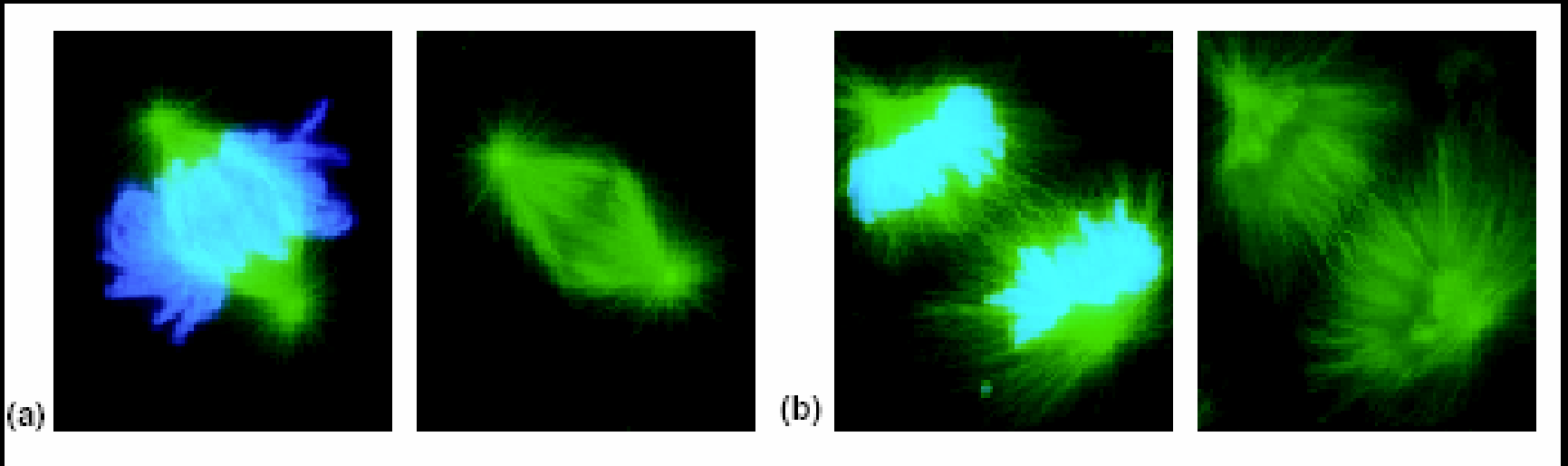
Οι μικροσωληνίσκοι του κινητοχώρου αποπολυμερίζονται και «τραβούν» τη χρωματίδα προς τον πόλο του κυττάρου

Ανάφαση

Ελεύθερη τουμπουλίνη

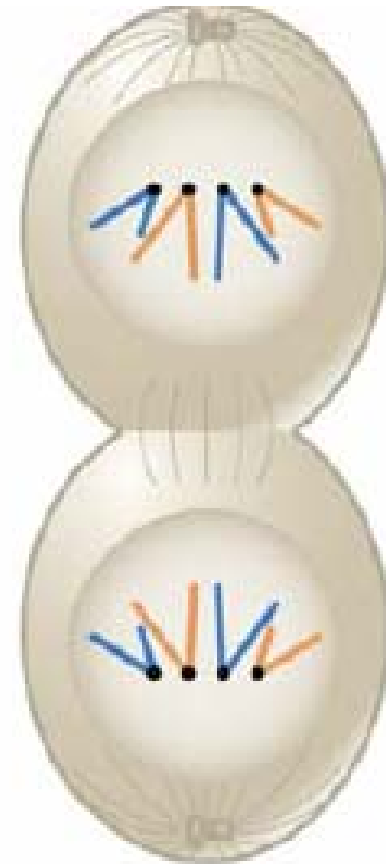


Περιοχή αποπολυμερισμού



Η μιτωτική άτρακτος και τα χρωμοσώματα

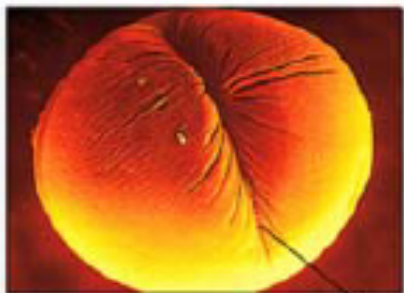
Μίτωση



Τελόφαση

- Κυτταροκίνηση (δημιουργία δύο θυγατρικών κυττάρων)
- Δημιουργία δύο πυρηνικών μεμβρανών
- Εξαφάνιση της μιτωτικής ατράκτου
- Αποσυσπείρωση των χρωμοσωμάτων

Κυτταροκίνηση σε ζωικό κύτταρο

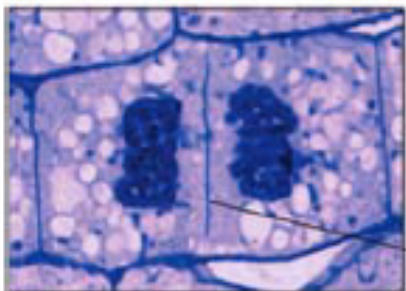


Το γονιμοποιημένο ανθρώπινο ωάριο διέρχεται από εκατοντάδες κυτταρικές διαιρέσεις πριν τη γέννηση

Πολλά κύτταρα συνεχίζουν να διαιρούνται σε όλη τη ζωή

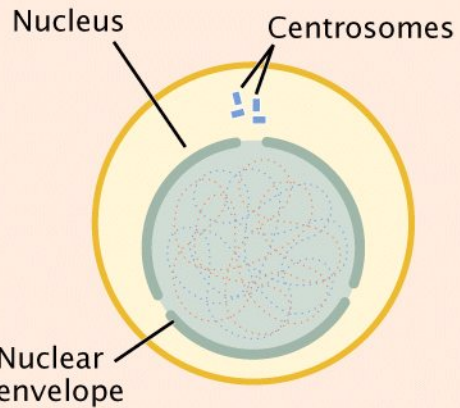
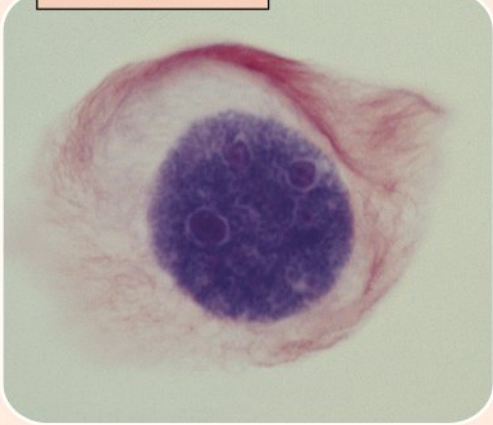
Σε κάθε διαίρεση η γενετική πληροφορία πρέπει να διατηρείται

Κυτταροκίνηση σε φυτικό κύτταρο



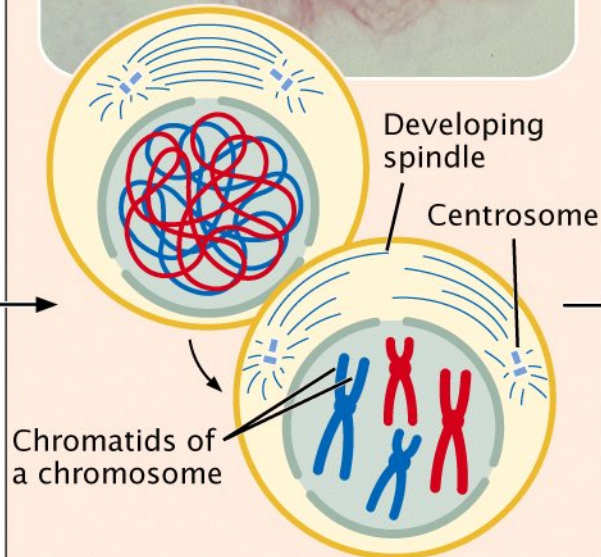
Κυτταρική πλάκα

Interphase



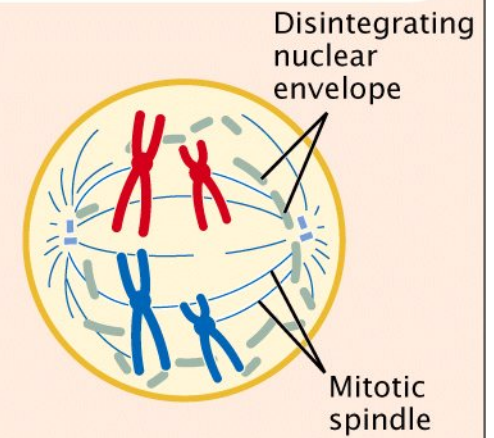
Μεσόφαση

Prophase



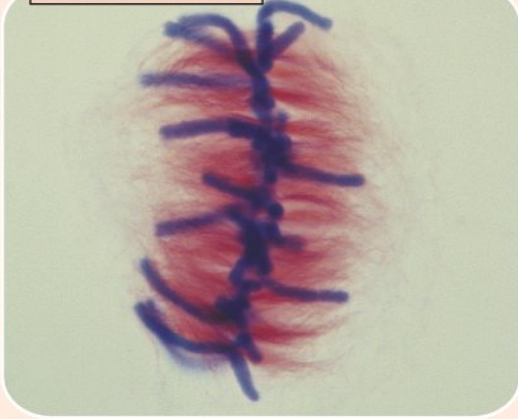
Πρόφαση

Prometaphase



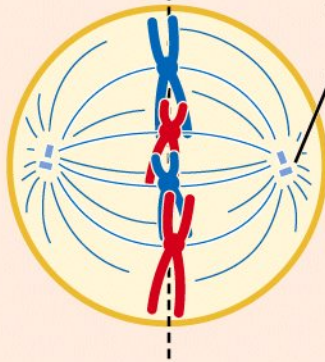
Προμετάφαση

Metaphase



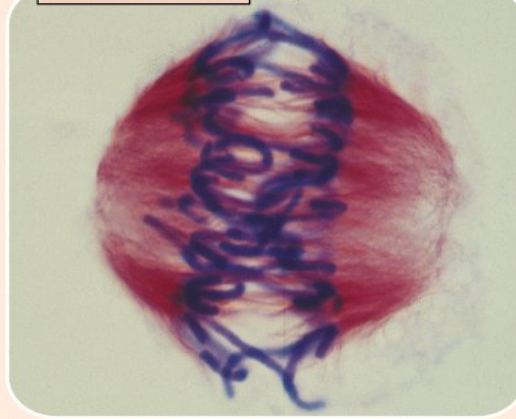
Metaphase plate

Spindle pole

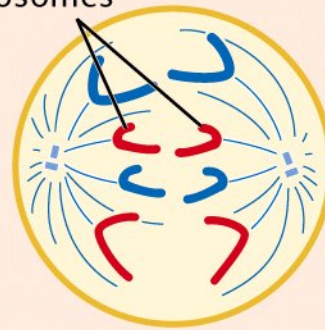


Μετάφαση

Anaphase

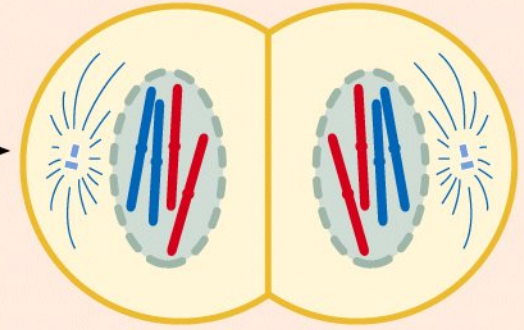
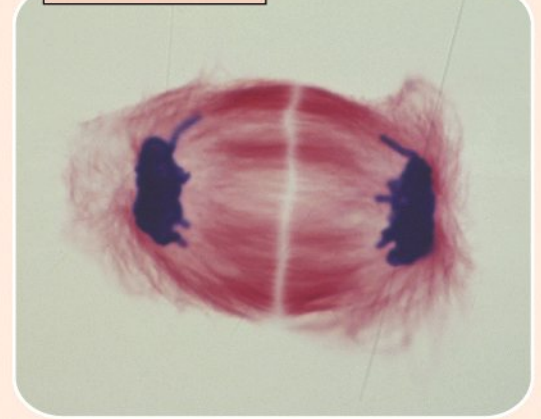


Daughter chromosomes



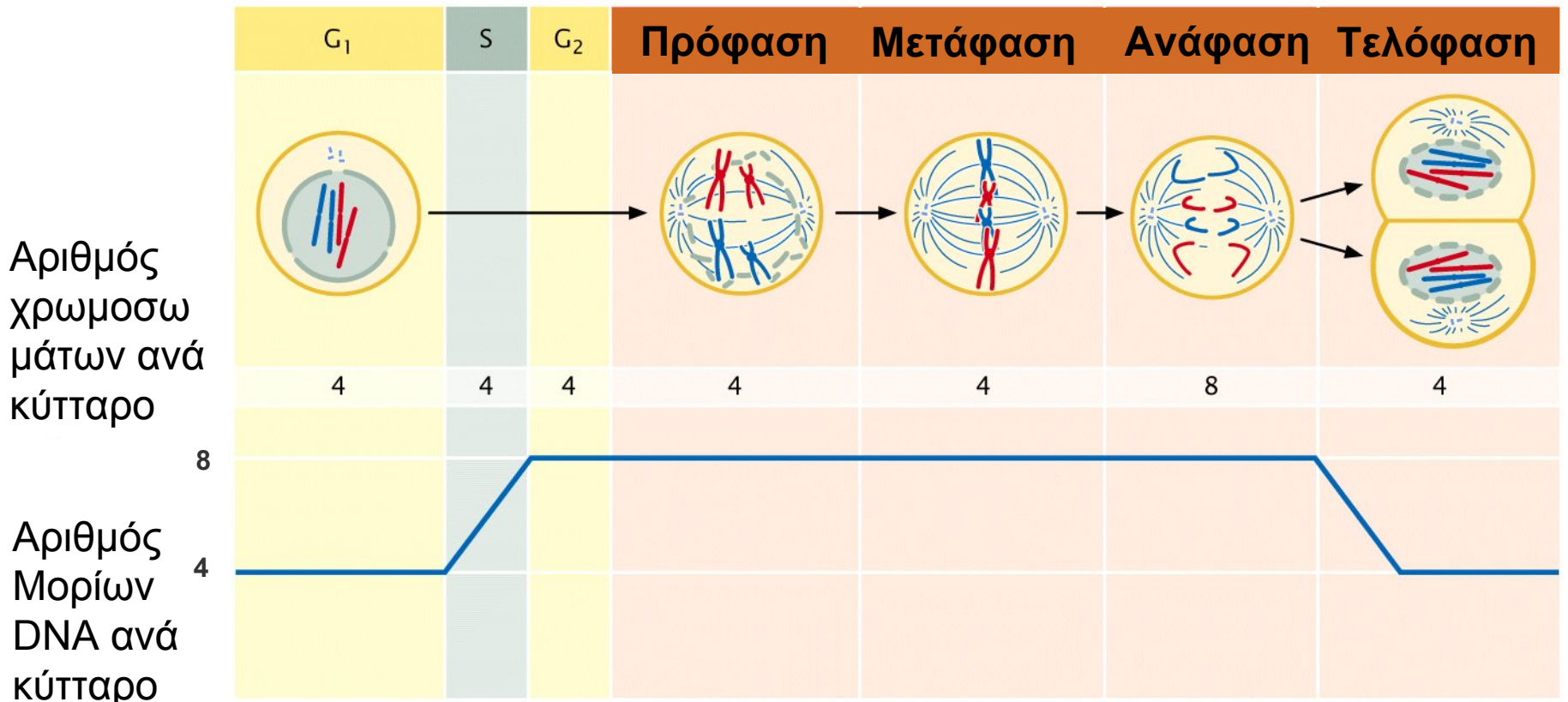
Ανάφαση

Telophase

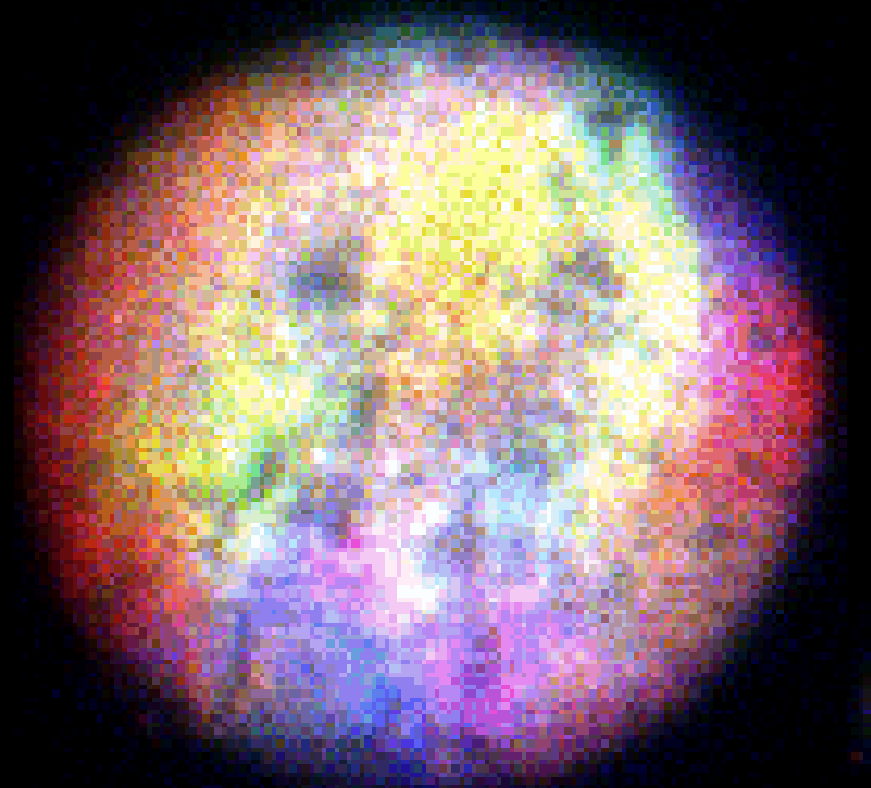


Τελόφαση

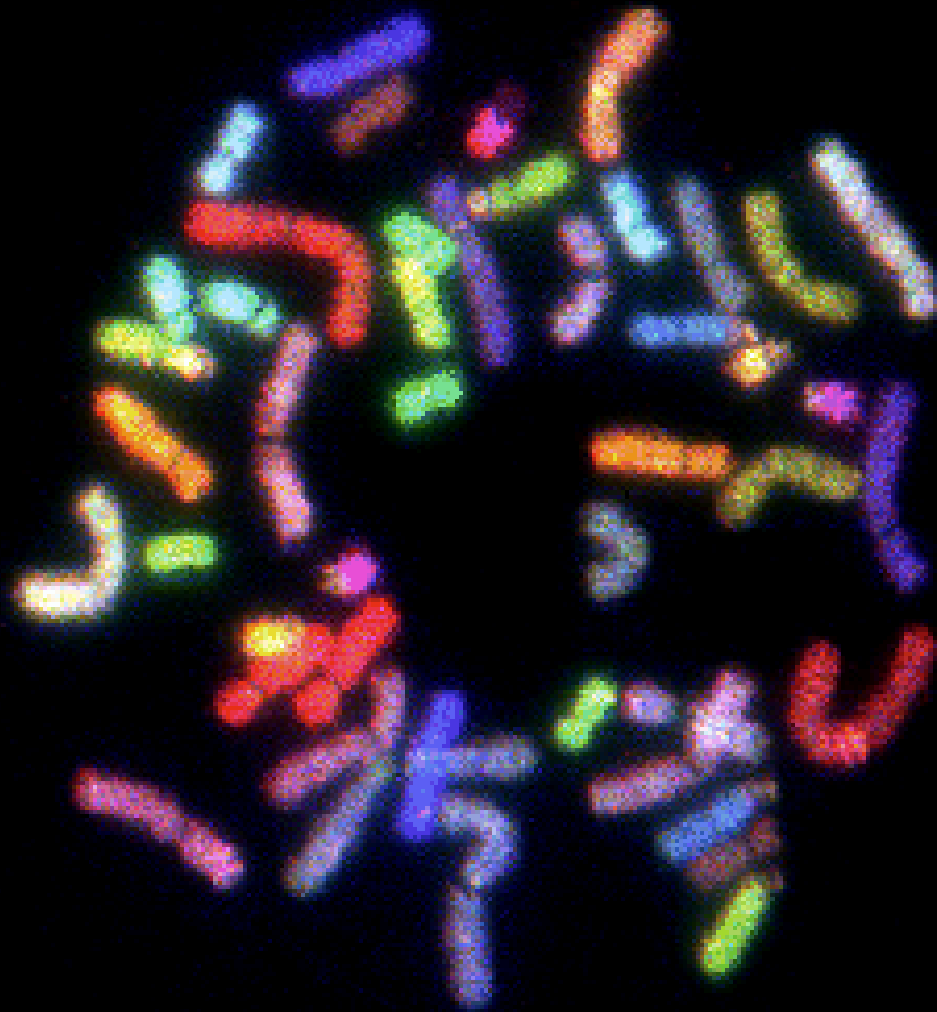
Αριθμός χρωμοσωμάτων στον πυρήνα κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου



Spectral karyotype: interphase



Spectral karyotype: metaphase



Η φάση της μίτωσης που διαφέρει περισσότερο ανάμεσα σε ένα ζωικό και ένα φυτικό κύτταρο ονομάζεται...

α. Ανάφαση

β. Πρόφαση

γ. Μετάφαση

δ. Τελόφαση

ε. Μεσόφαση

Η δομή που προσδένει τις ίνες της μιτωτικής ατράκτου στο κεντρομερίδιο κάθε χρωμοσώματος κατά τη μίτωση ονομάζεται...

α. Κινητοχώρος

β. Κεντριόλιο

γ. Κεντροσωμάτιο

δ. Χρωματίδα

ε. Μεταφασικό πεδίο

Σε ποιο στάδιο της μίτωσης διατάσσονται τα χρωμοσώματα στον ισημερινό του κυττάρου;

α. Ανάφαση

β. Πρόφαση

γ. Μετάφαση

δ. Τελόφαση

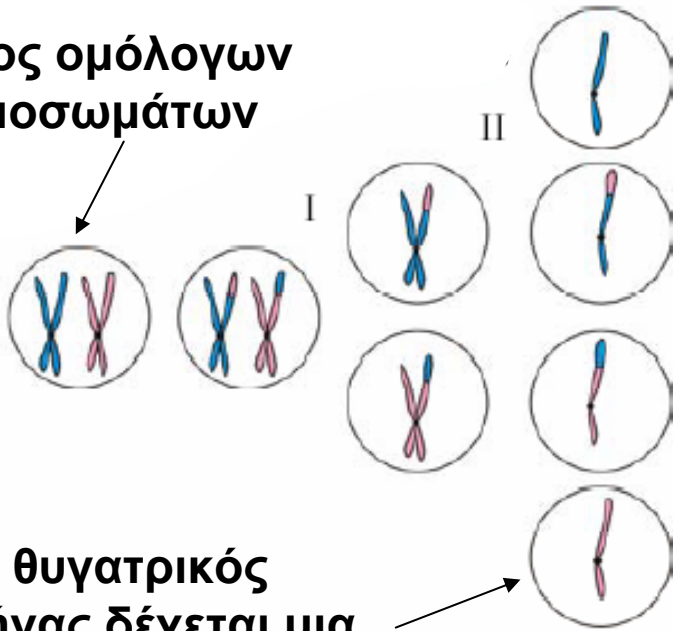
ε. Μεσόφαση

Σε ποιό στάδιο της μίτωσης διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες στους αντίθετους πόλους του κυττάρου;

- α. Ανάφαση
- β. Πρόφαση
- γ. Μετάφαση
- δ. Τελόφαση
- ε. Μεσόφαση

Μείωση: Στόχος η μείωση του αριθμού των χρωμοσωμάτων στο μισό (διπλοειδή κύτταρα → απλοειδή κύτταρα)

Ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων



Κάθε θυγατρικός πυρήνας δέχεται μια χρωματίδα από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων

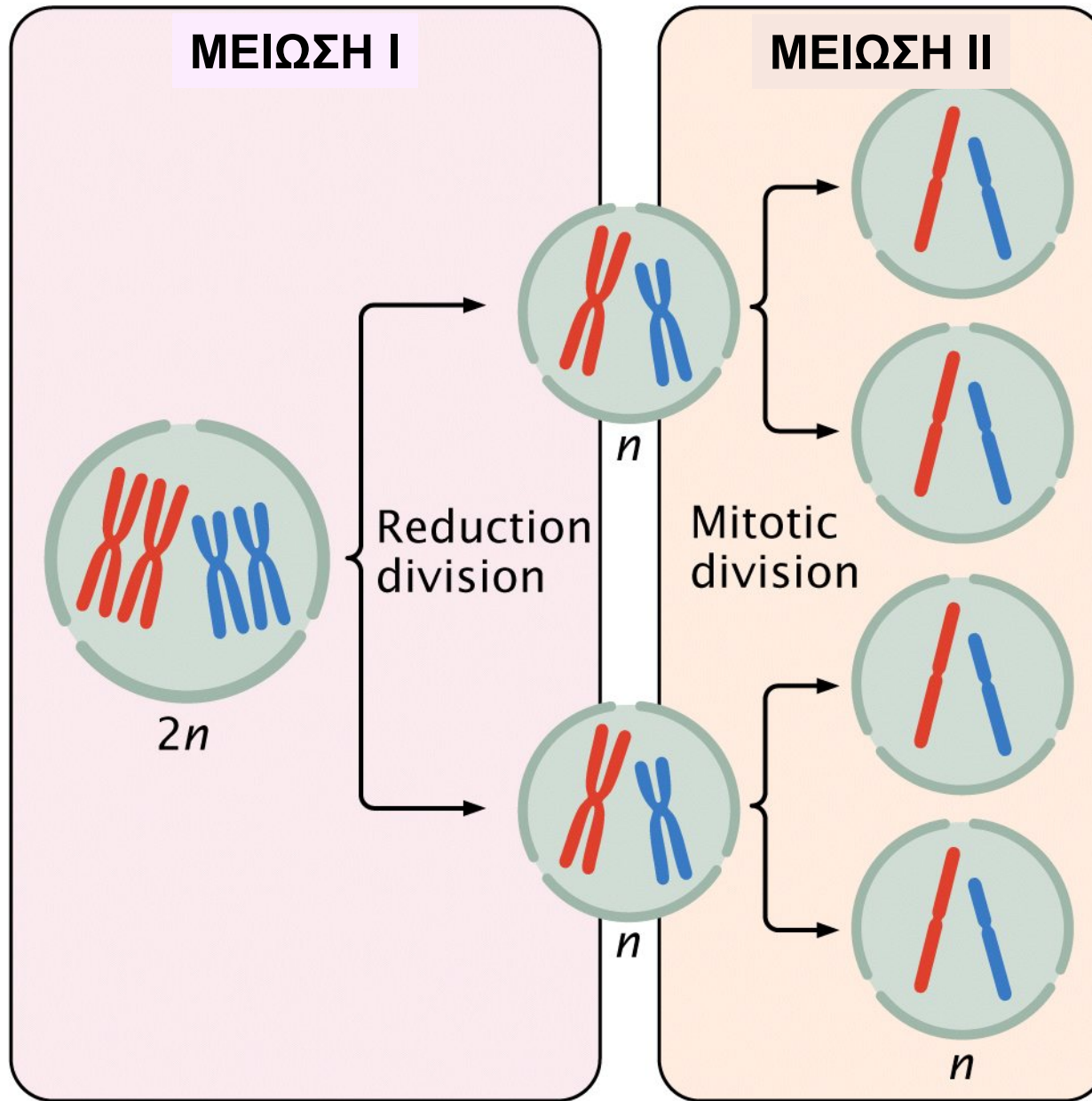
- Η μείωση αποτελείται από **δύο διαιρέσεις**: Στην πρώτη διαιρούνται ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων - Στη δεύτερη διαιρούνται αδελφές χρωματίδες (όπως στη μίτωση)
- Πριν** από τη μείωση το κύτταρο έχει **διπλοειδή αριθμό** χρωμοσωμάτων και κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο χρωματίδες
- Μετά** τη μείωση κάθε θυγατρικό κύτταρο έχει **απλοειδή αριθμό** χρωμοσωμάτων και κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από μια χρωματίδα
- Προϊόν της μείωσης είναι συνήθως γαμέτες

Παραγωγή γαμετών

Στην κυτταρική διαίρεση με στόχο την προετοιμασία για φυλετική αναπαραγωγή πρέπει να αντιμετωπιστεί το έξης πρόβλημα:

Επειδή **δύο** γαμέτες ενώνονται για τη δημιουργία ενός **ζυγωτού**, είναι απαραίτητο να **μειωθεί** πρώτα ο αριθμός των χρωμοσωμάτων στα γαμετικά κύτταρα στο **μισό**

Αναγωγική
διαίρεση



ΜΕΙΩΣΗ I

ΜΕΙΩΣΗ II

Reduction
division

Mitotic
division

Εξισωτική
διαίρεση

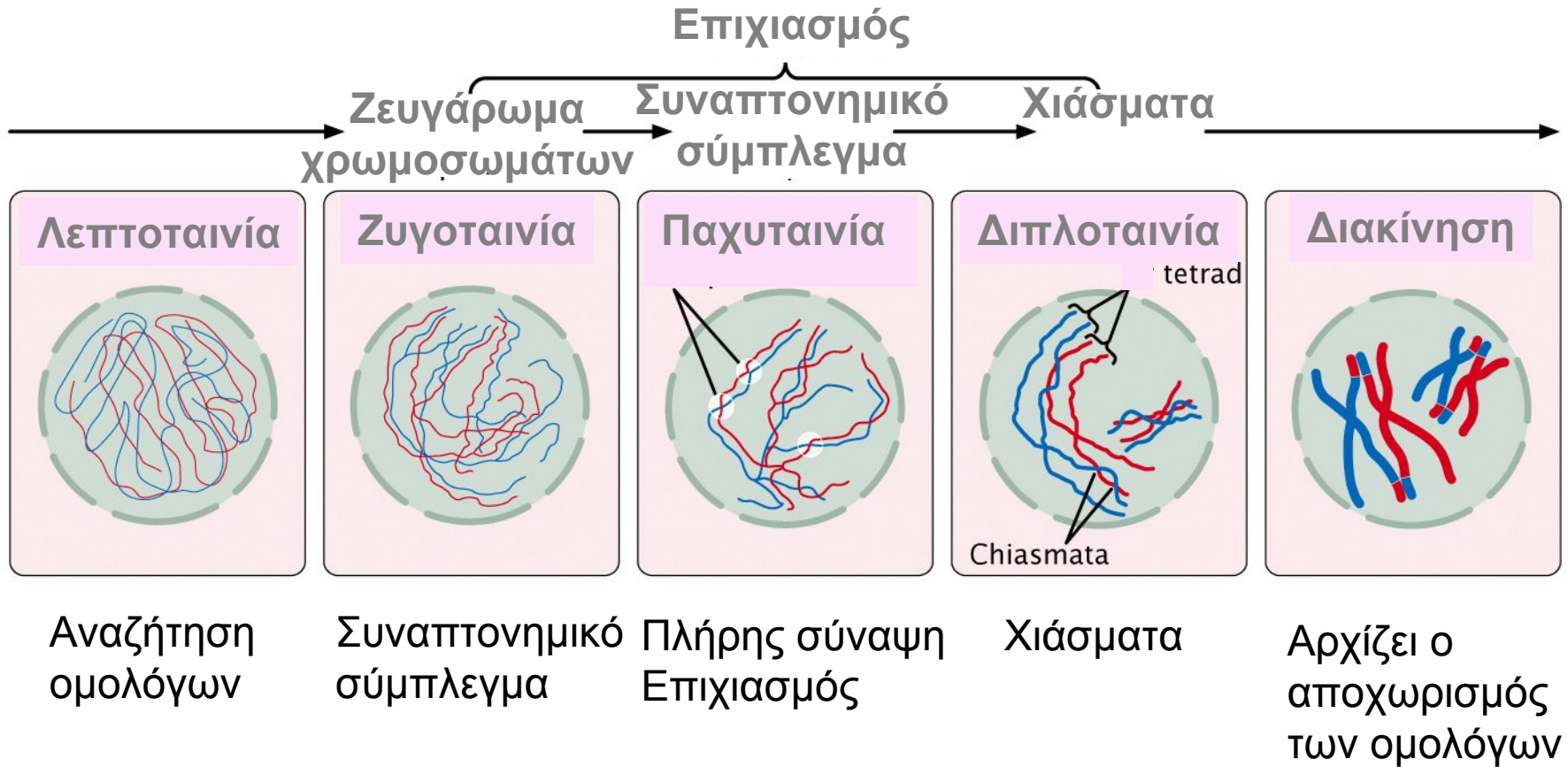
$2n$

n

n

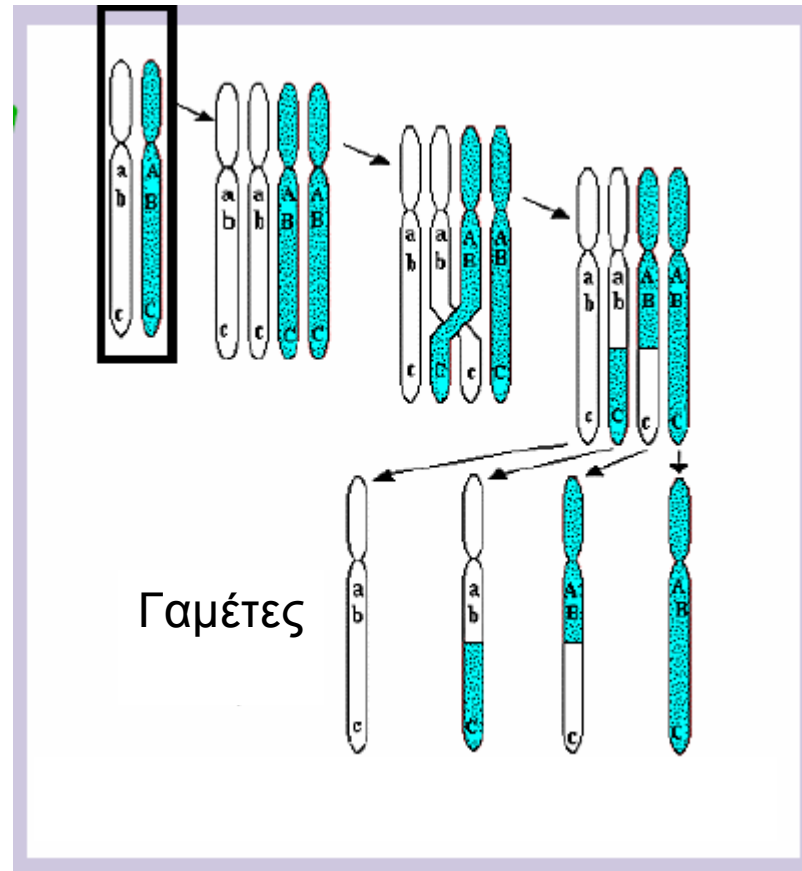
n

Η μειωτική πρόφαση είναι παρατεταμένη



Επιχιασμός (crossing over)

- Τα ομόλογα χρωμοσώματα (μητρικά και πατρικά) ανταλλάσσουν τμήματα
- Λαμβάνει χώρα κατά την πρόφαση της μείωσης I



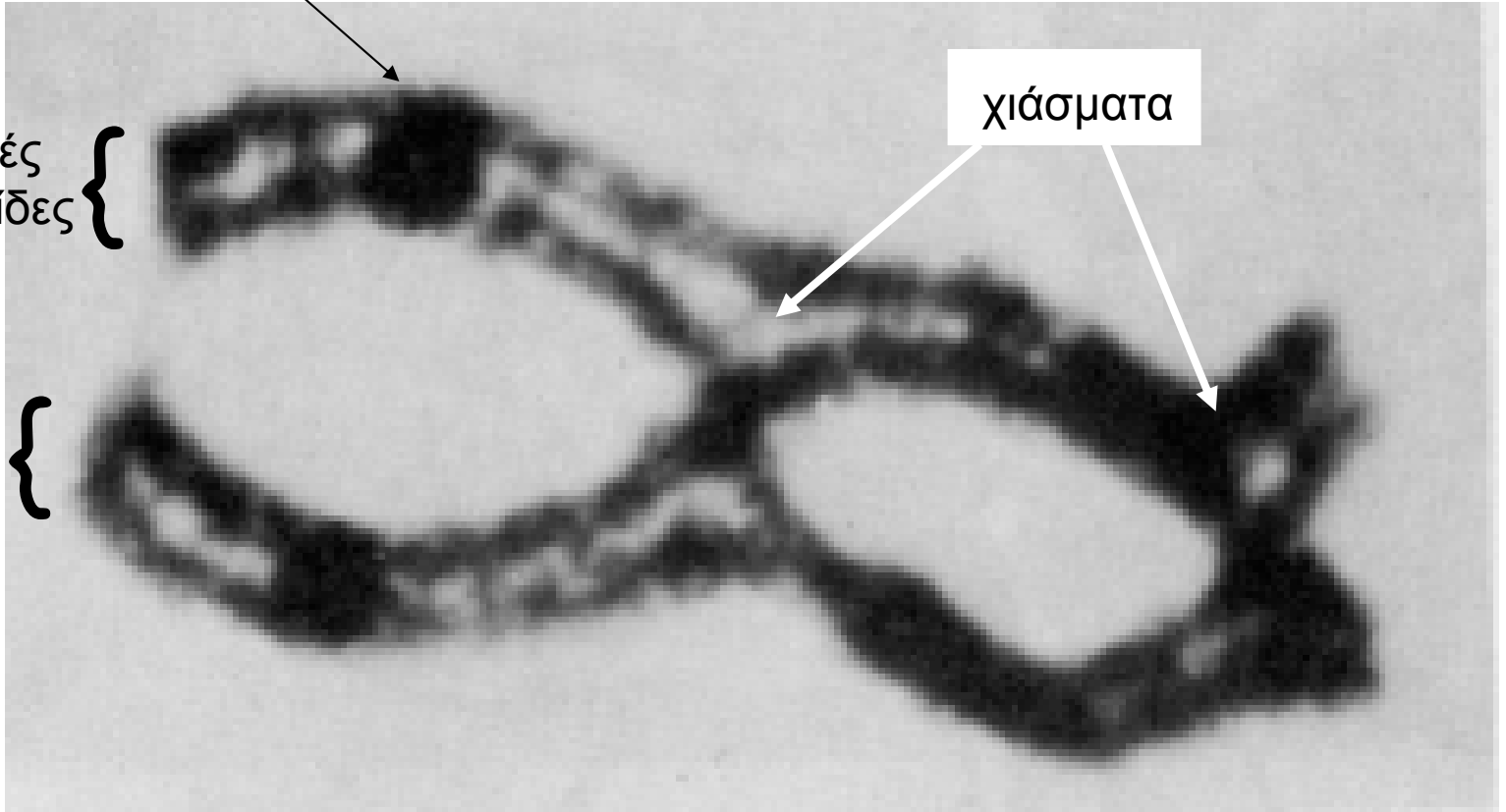
Seeing is believing

Κεντρομερίδιο

χιάσματα

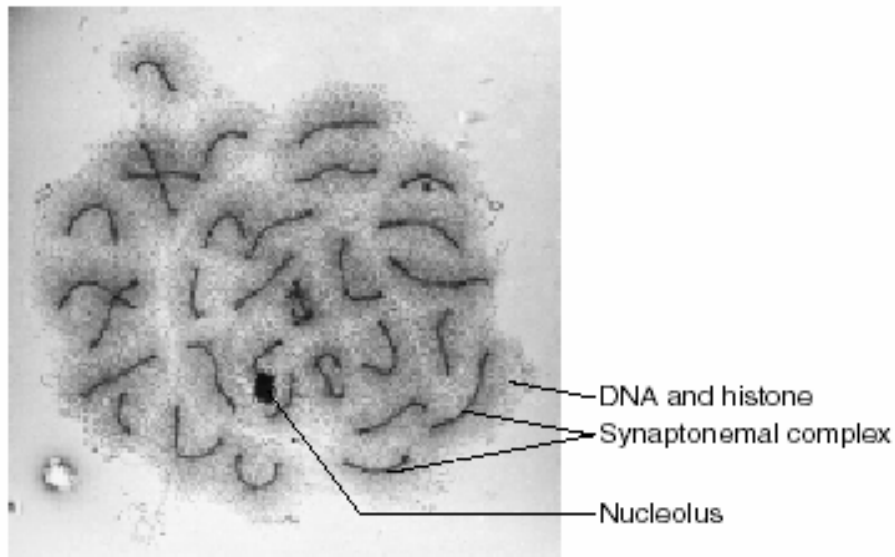
Αδελφές
χρωματίδες {

Αδελφές
χρωματίδες {

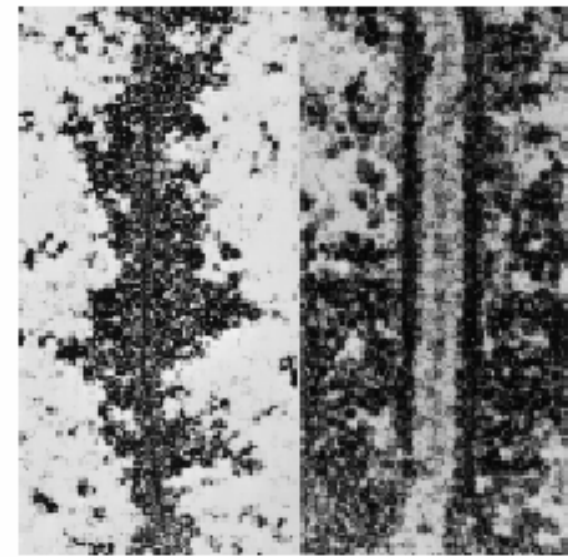


Διπλοταινία

Το συναπτονημικό σύμπλεγμα

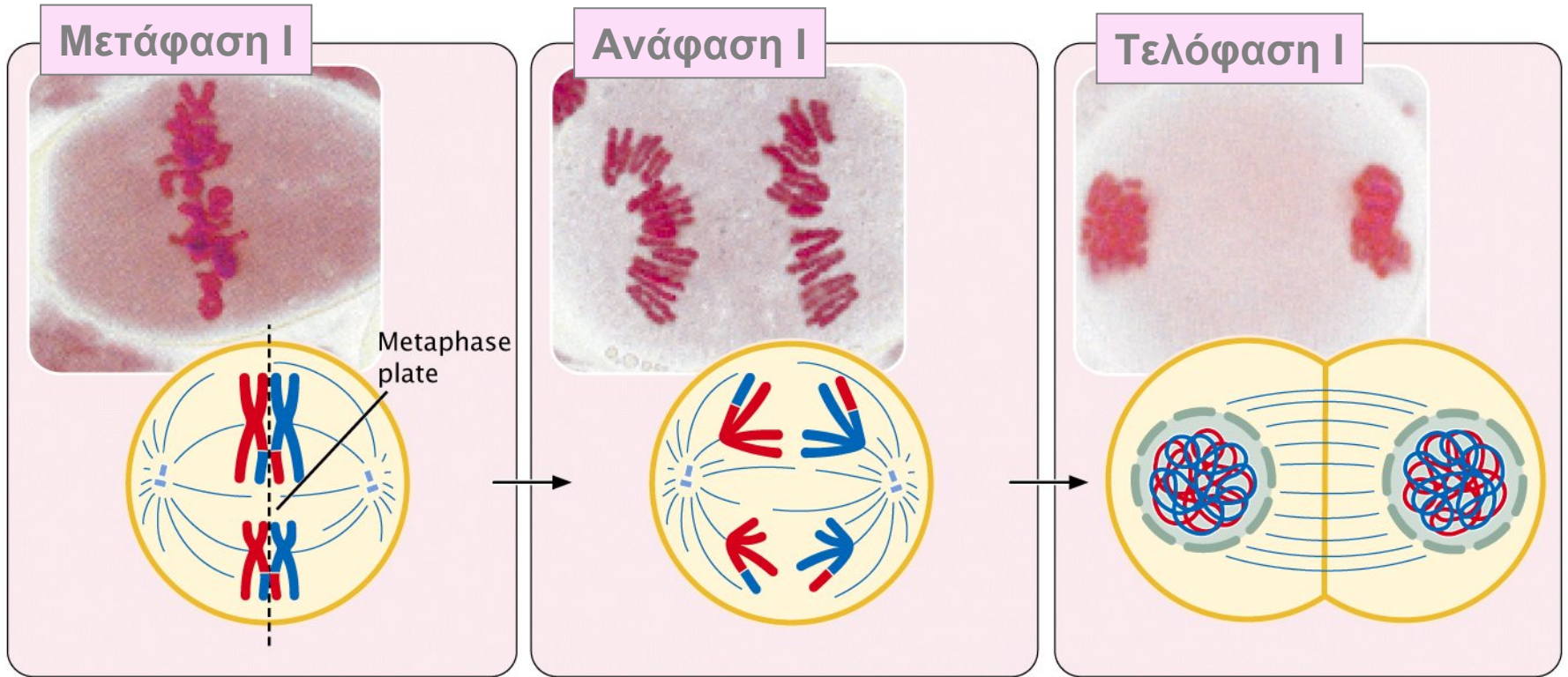


(a)

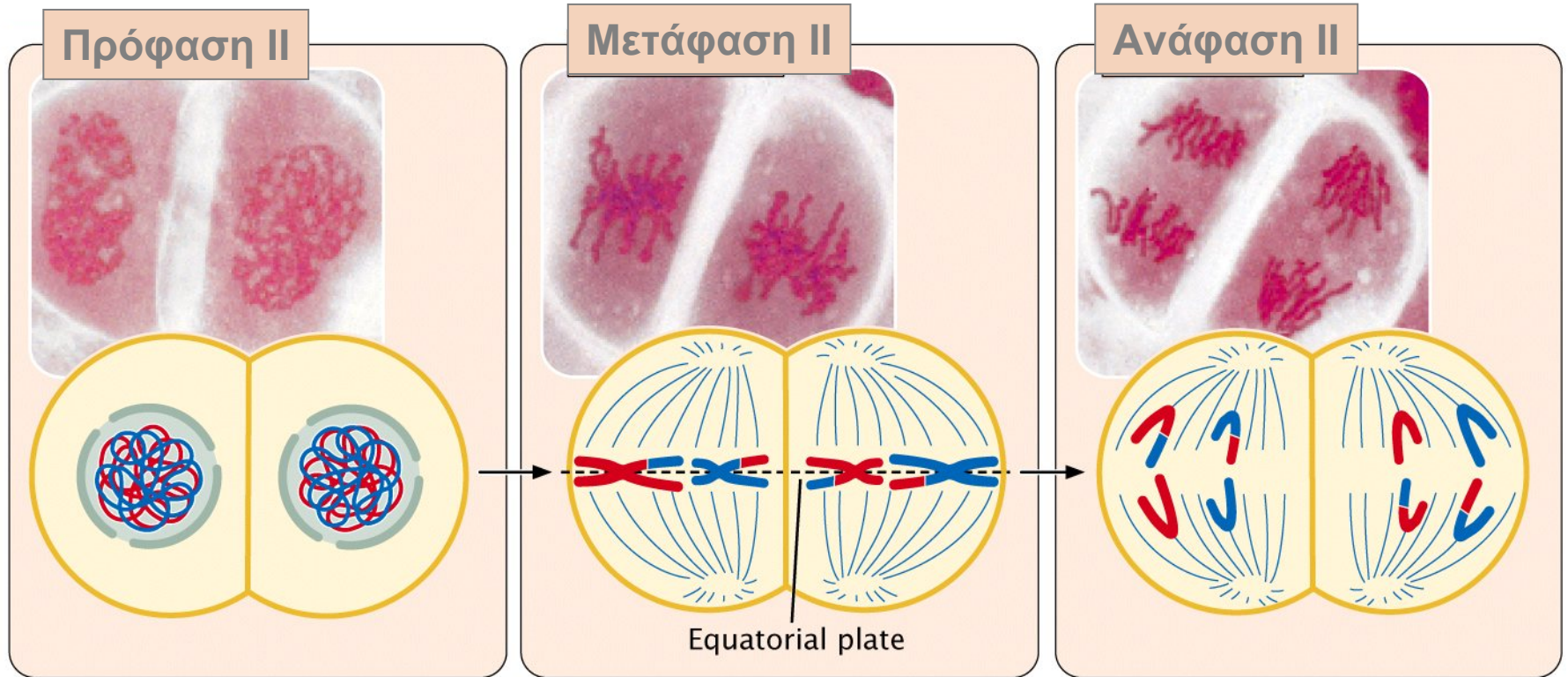


(b)

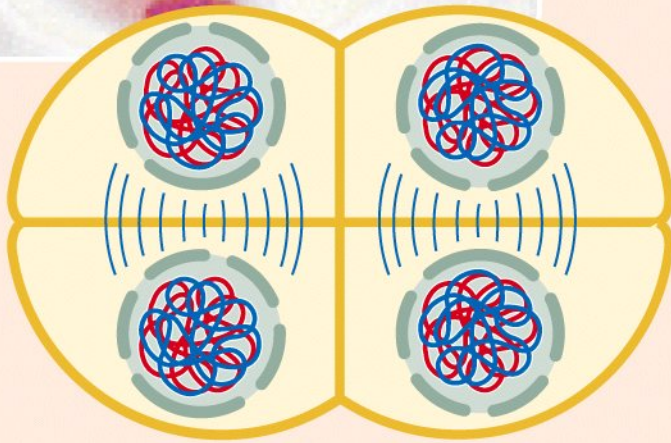
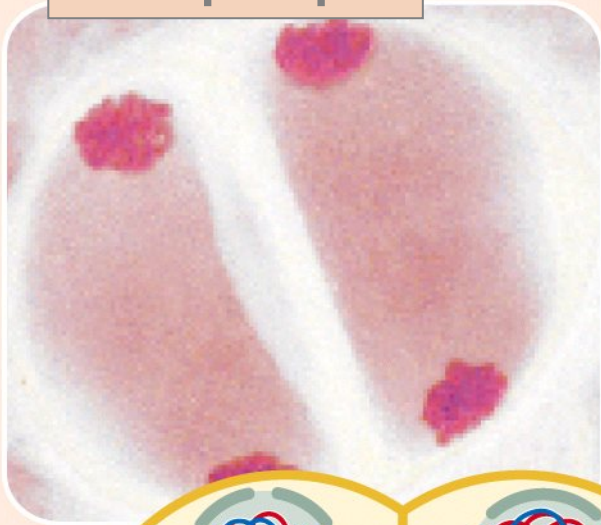
Ολοκλήρωση της μείωσης I



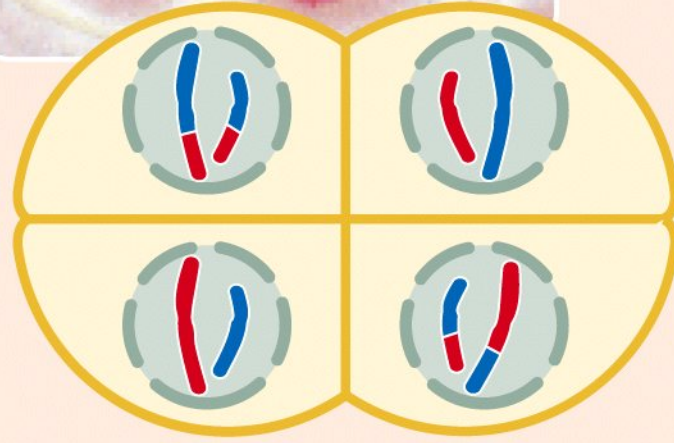
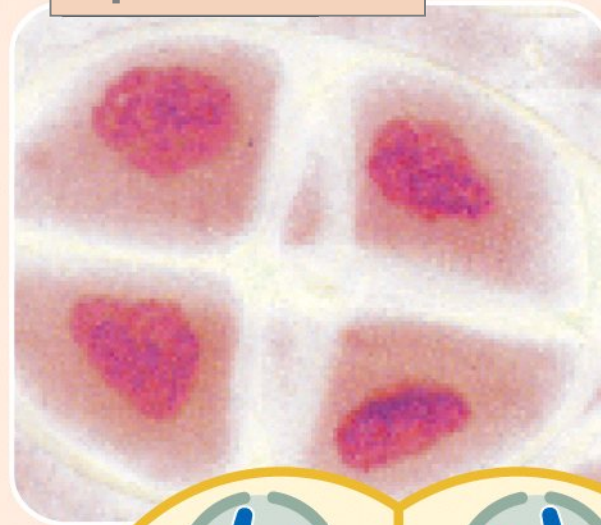
Μείωση II



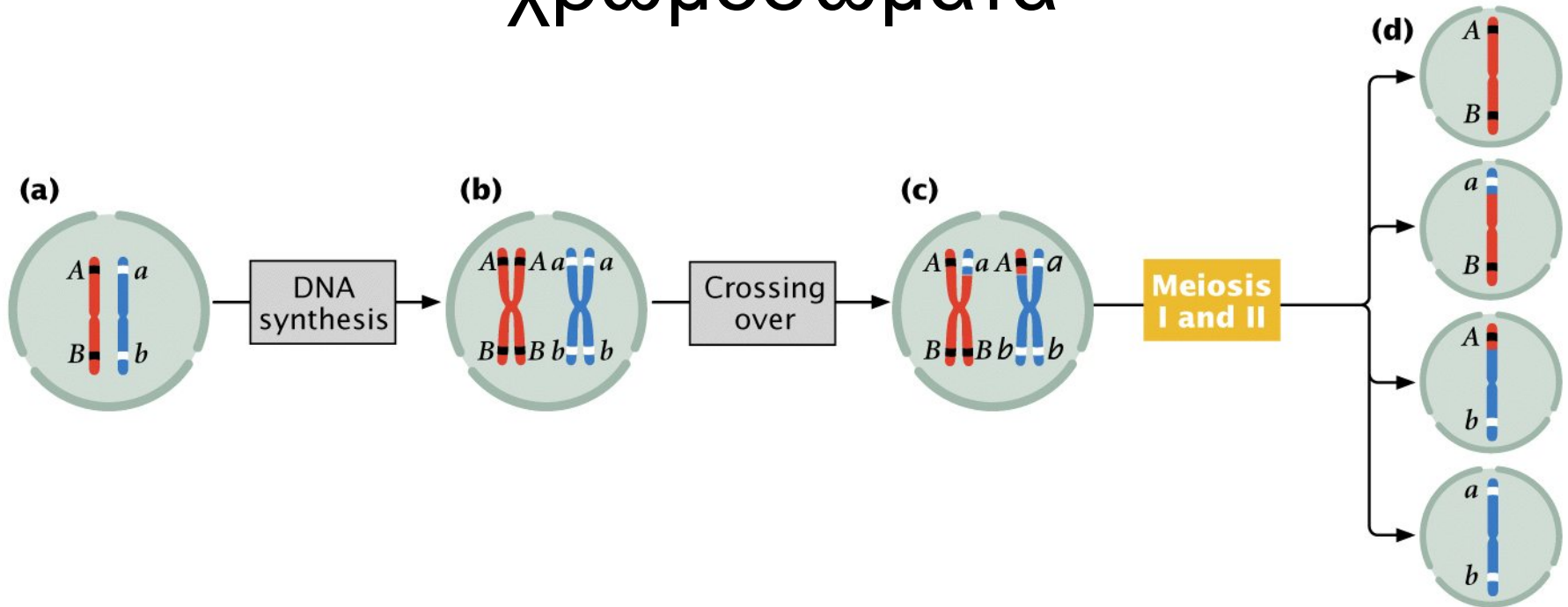
Τελόφαση II



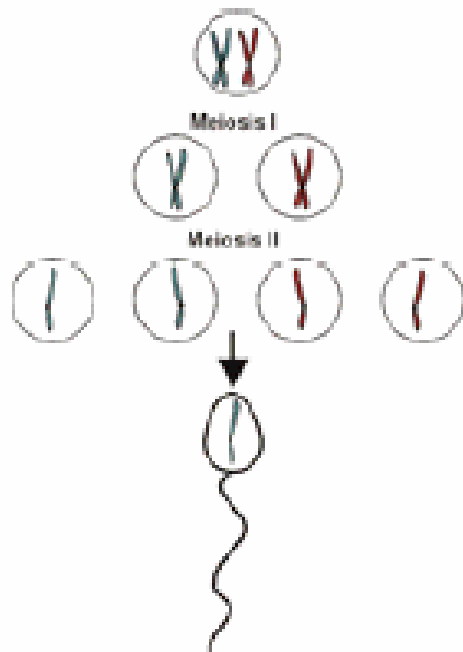
Προϊόντα



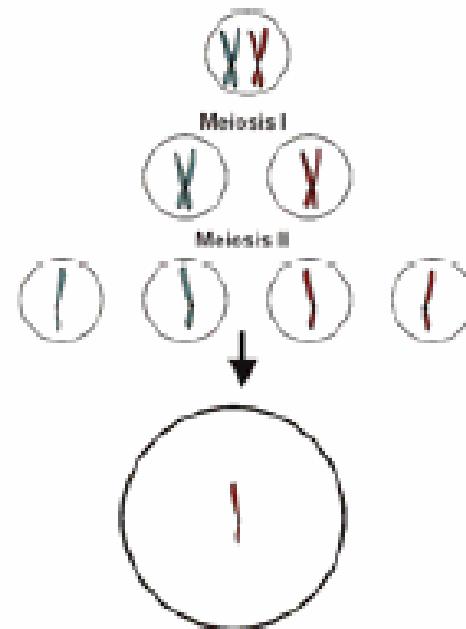
Η μείωση παράγει κύτταρα με μειωμένο αριθμό χρωσωμάτων καθώς και ανασυνδυασμένα χρωμοσώματα

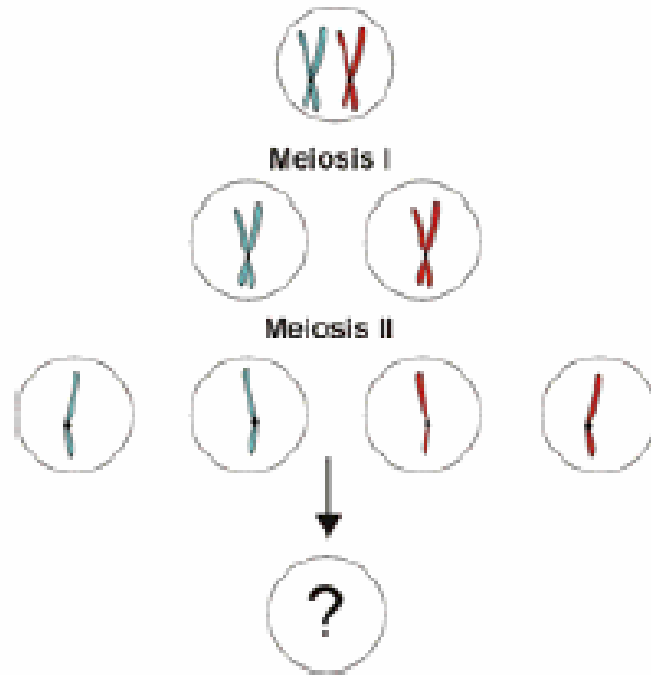


Male Parent



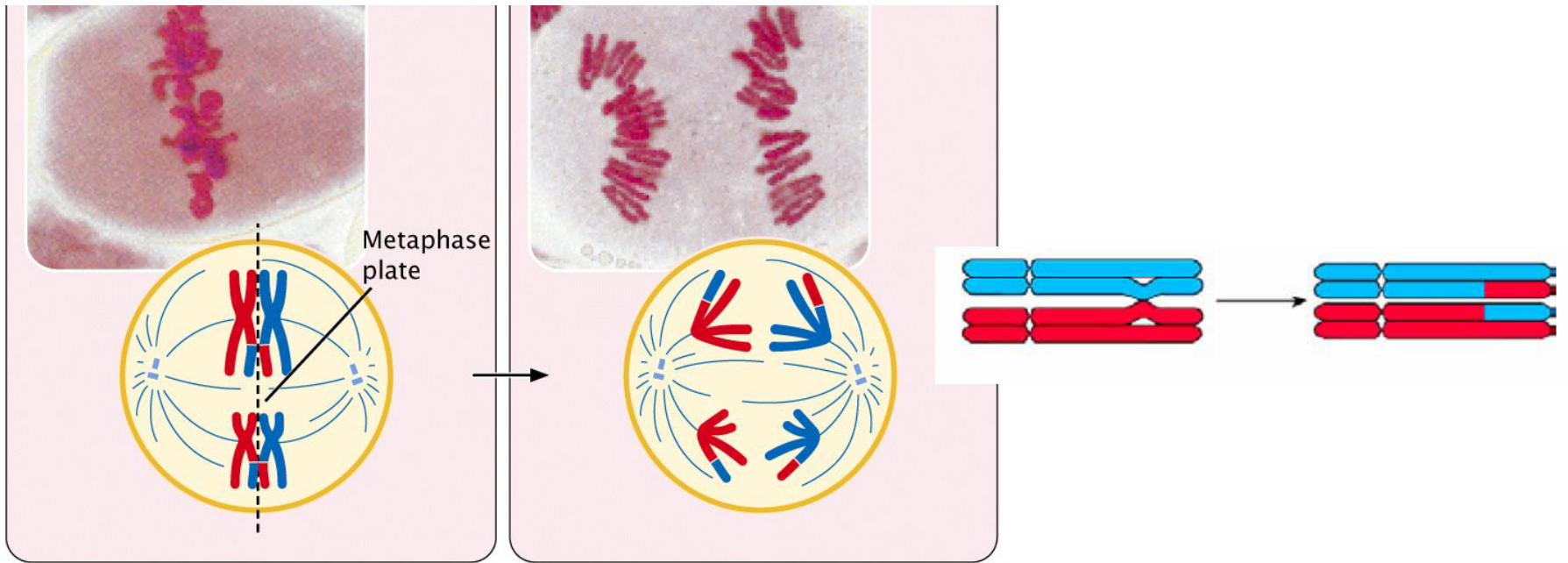
Female Parent





Μετά τη μείωση, ποιά είναι η πιθανότητα ότι ένας γαμέτης έχει πάρει ένα «κόκκινο» χρωμόσωμα;

Αύξηση της ποικιλομορφίας χάρη στη μείωση



Οι πιθανοί συνδυασμοί χρωματίδων σε κάθε γαμέτη στον άνθρωπο
(ανεξάρτητος διαχωρισμός ομόλογων χρωμοσωμάτων)

$$2^{23} = 8.388.608$$

Αν επιτρέψουμε και έναν ανασυνδυασμό ανά ζεύγος
ομόλογων χρωμοσωμάτων, τότε οι πιθανοί συνδυασμοί γίνονται

$$4^{23} = 7.000.000.000.000 \text{ (7 τρις)}$$

Στην πραγματικότητα ο αριθμός αυτός είναι ακόμη μεγαλύτερος

Γιατί δεν είναι όμοια δύο
αδέλφια;

Γιατί δεν είναι όμοια δύο αδέρφια;

Ανεξάρτητος διαχωρισμός

Επιχιασμός

Η μείωση τελικά παράγει...

α. Δύο μονάδες

β. Δύο δυάδες

γ. Δύο διπλοειδή κύτταρα

δ. Τέσσερα διπλοειδή κύτταρα

ε. Τέσσερα απλοειδή κύτταρα

Σε ποιά φάση της μείωσης είναι πιο στενά ζευγαρωμένα τα ομόλογα χρωμοσώματα

α. Ζυγοταινία

β. Παχυταινία

γ. Διπλοταινία

δ. Λεπτοταινία

ε. Μετάφαση I

Κατά τη μετάφαση II για έναν οργανισμό με διπλοειδή αριθμό 4, πόσα χρωμοσώματα διατάσσονται στον ισημερινό του κυττάρου;

α. 2

β. 4

γ. 6

δ. 8

ε. 10

Για ένα οργανισμό με απλοειδή αριθμό 3, πόσες δομές τετράδας διατάσσονται στο ισημερινό πεδίο κατά τη μετάφαση I;

α. 1

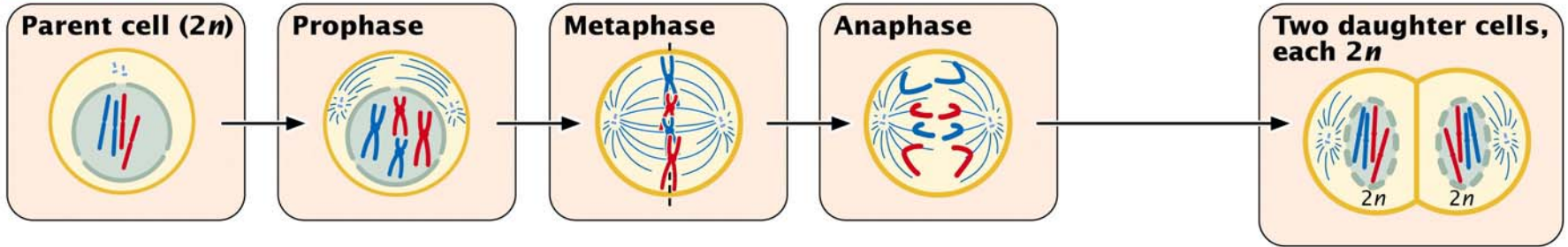
β. 2

γ. 3

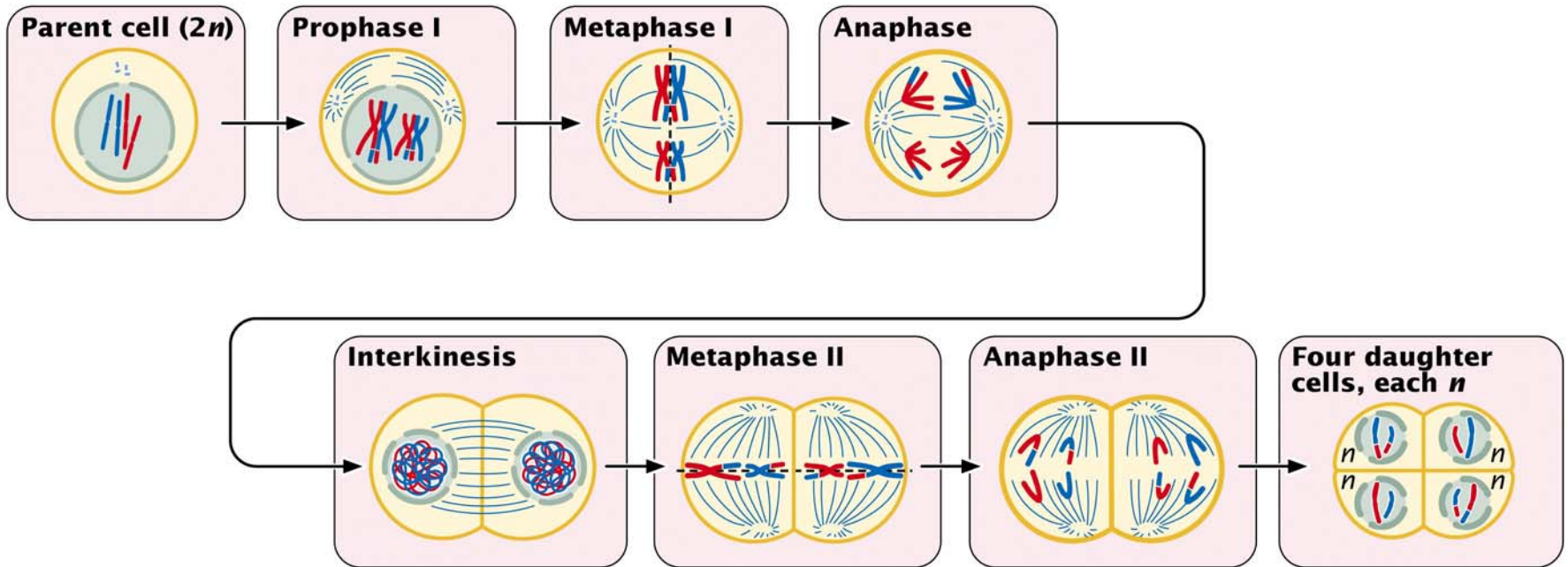
δ. 4

ε. 6

Mitosis

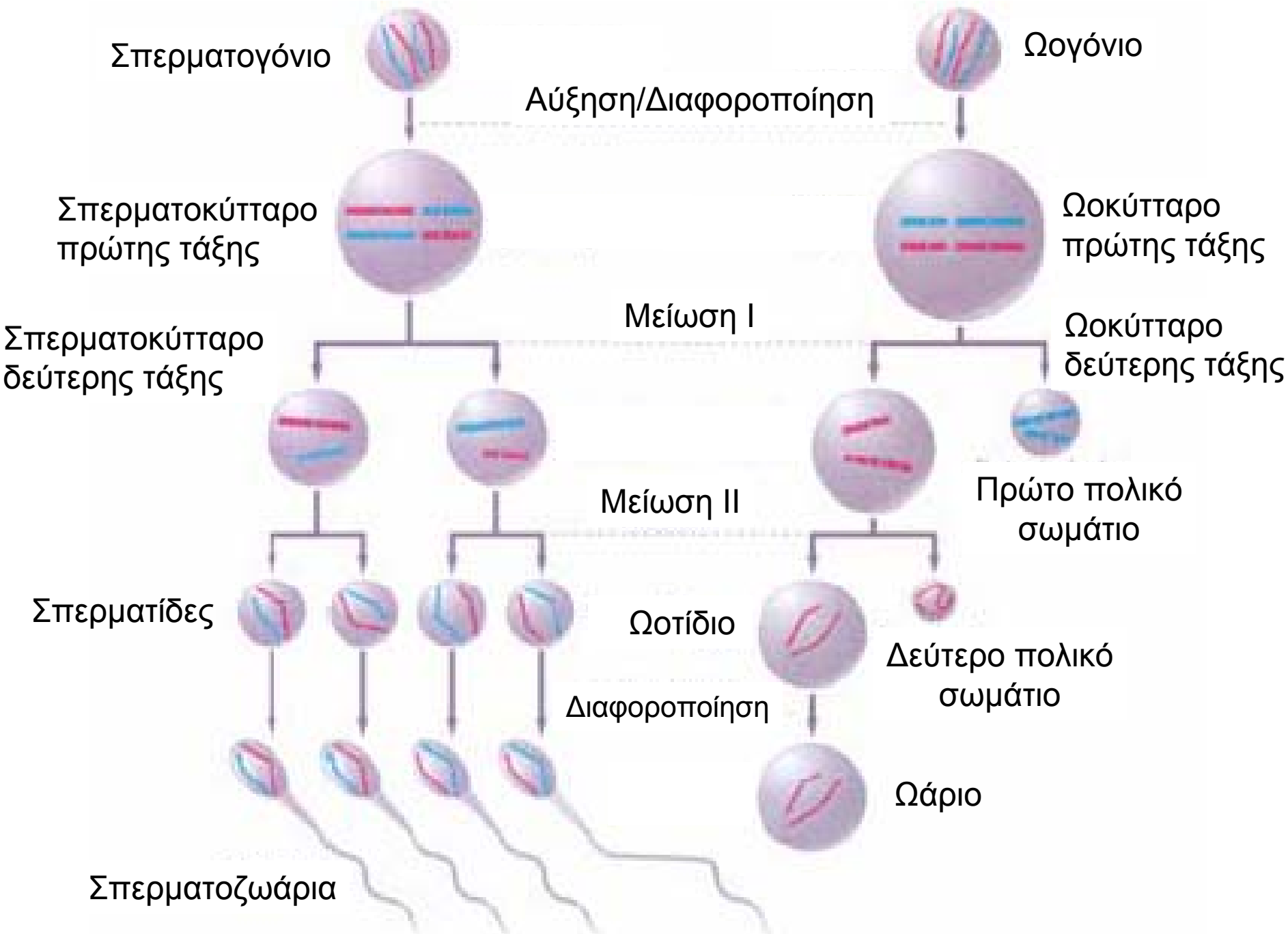


Meiosis

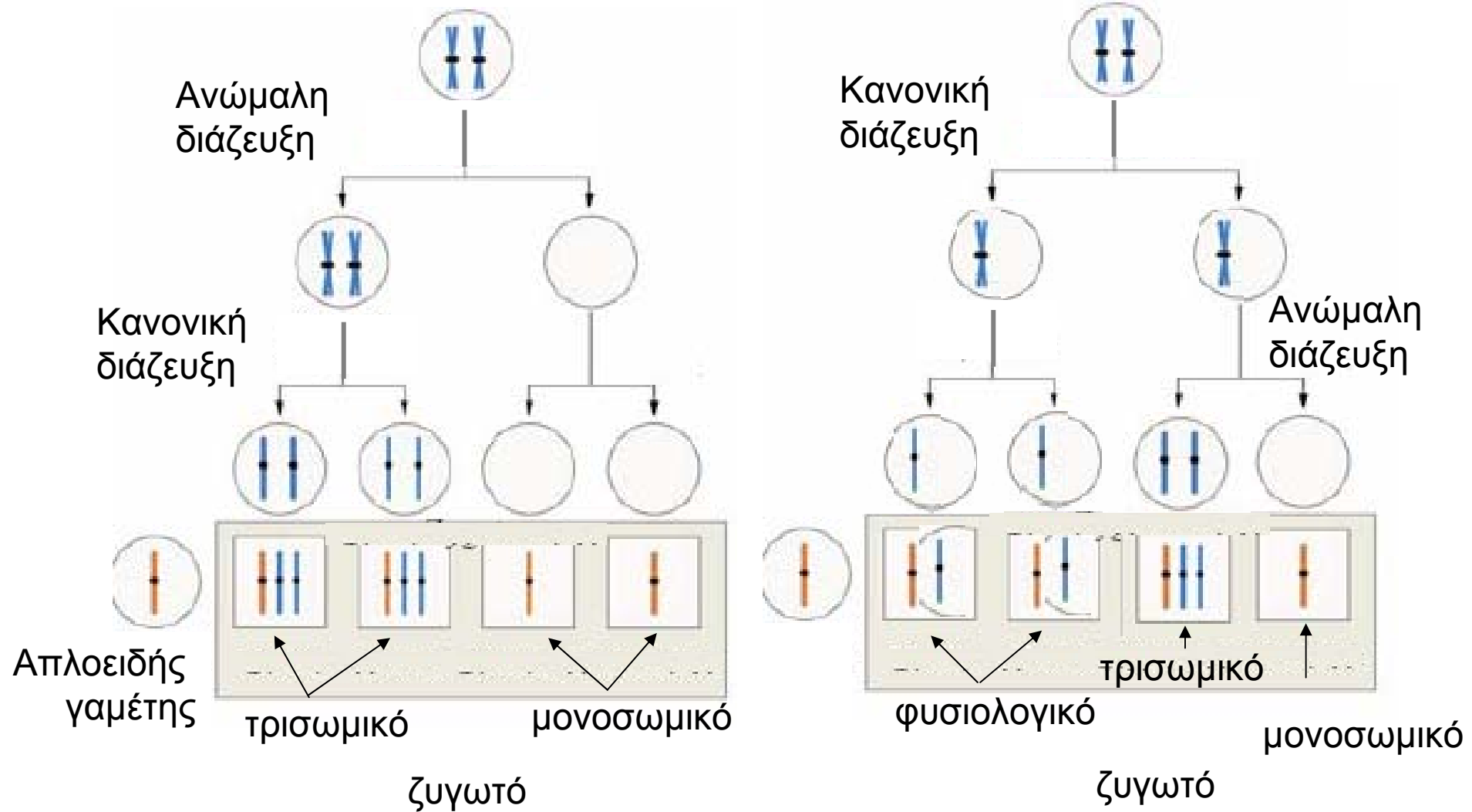


Διαφορές μίτωσης - μείωσης

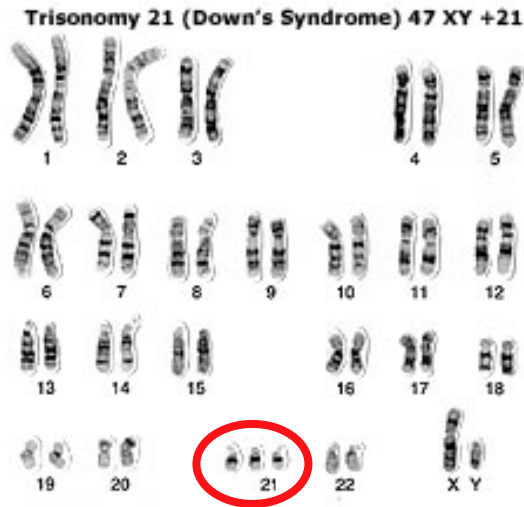
<i>Μίτωση</i>	<i>Μείωση</i>
Σωματικά κύτταρα	Γαμετοκύτταρα
Μία κυτταρική διαίρεση → δύο θυγατρικά κύτταρα	Δύο κυτταρικές διαιρέσεις → τέσσερα θυγατρικά κύτταρα
Μια φάση S για κάθε διαίρεση	Μια φάση S για δύο διαιρέσεις
Αριθμός χρωμοσωμάτων ανά πυρήνα σταθερός	Αριθμός χρωμοσωμάτων ανά πυρήνα μειώνεται στο μισό
Δεν παρατηρείται σύναψη	Σύναψη κατά την πρόφαση I
Όχι ανασυνδυασμός	Αناسυνδυασμός
Τα κεντρομερίδια διαιρούνται στην ανάφαση	Τα κεντρομερίδια διαιρούνται μόνο στη δεύτερη διαίρεση
Συμβαίνει τόσο σε διπλοειδή όσο και σε απλοειδή κύτταρα	Μόνο σε διπλοειδή κύτταρα
Συντηρητική διαδικασία	Αύξηση της γενετικής ποικιλότητας



Ανώμαλος χρωσωματικός διαχωρισμός



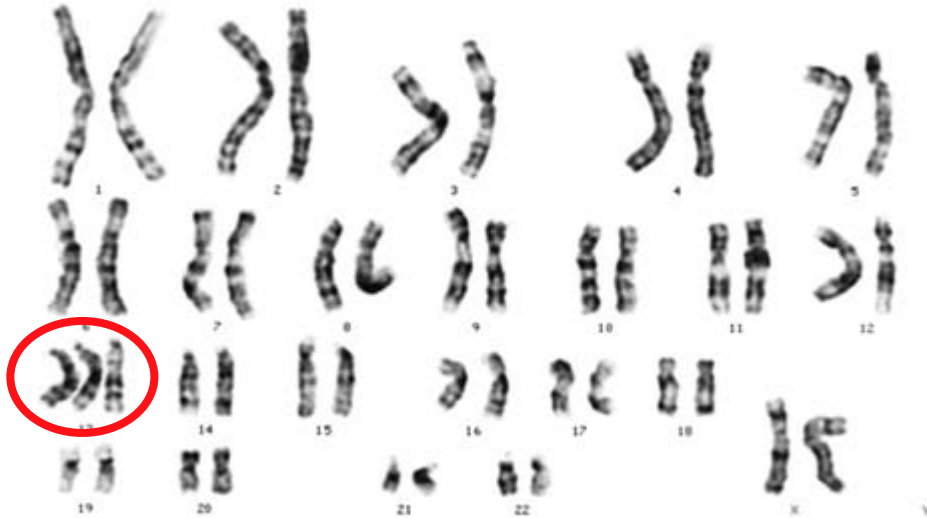
Τρισωμία 21 - Σύνδρομο Down



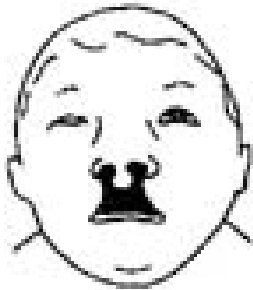
- συχνότερη αιτία διανοητικής αναπηρίας
- 1/900 νεογνά παγκοσμίως
- Σχετίζεται με πολλά ιατρικά προβλήματα
ανωμαλίες ακοής και όρασης
καρδιακές ανωμαλίες
αυξημένη προδιάθεση για λοιμώξεις
λευχαιμία
ανωμαλίες του θυροειδούς
Alzheimer
- Δυσκολίες ανάπτυξης
καθυστέρηση στην ανάπτυξη κινητικών
και διανοητικών ικανοτήτων



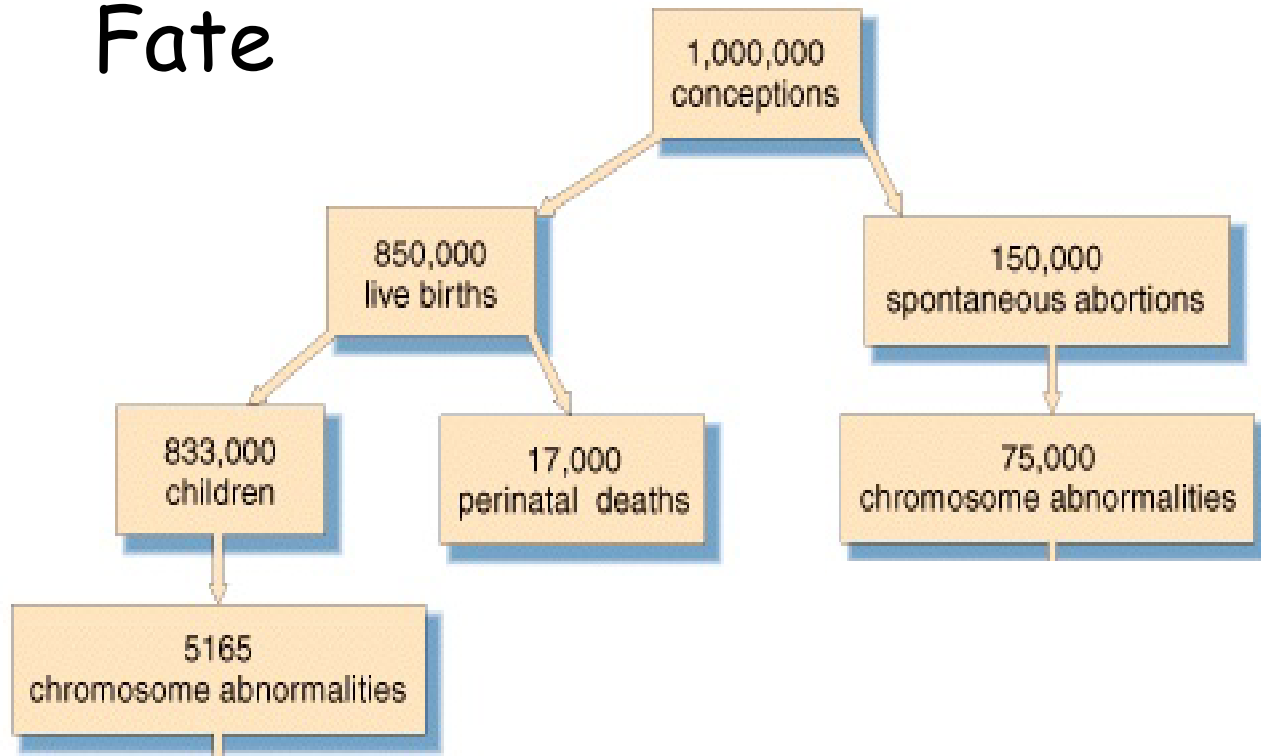
Τρισωμία 13 Σύνδρομο Ραταυ



- 1 στα 12,000 νεογνά
- Αυτόματη αποβολή
- Κινητική και διανοητική καθυστέρηση
- Μικροκεφαλία
- Μικροφθαλμία
- Λαγόχειλο/λυκόστομα
- Πολυδακτυλία
- Συγγενής καρδιακή νόσος



Human Conception Fate



Ανωμαλίες στη μείωση

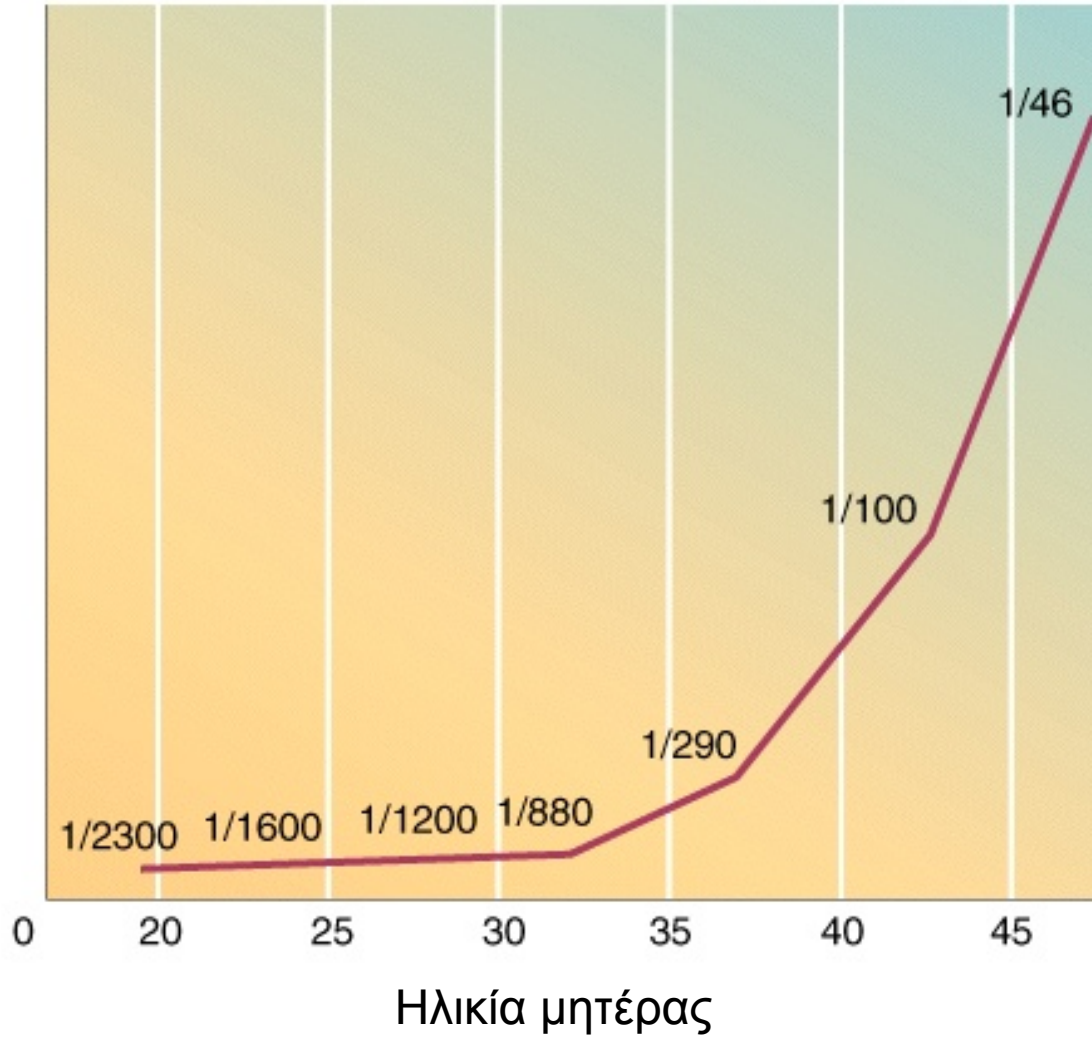
Παραπάνω από 33% των συλλήψεων καταλήγουν σε αυτόματη αποβολή στο πρώτο τρίμηνο.

Από αυτό το ποσοστό περίπου 30% αφορούν τρισωμίες ενώ μέχρι και 10% προκαλούνται από το σύνδρομο Turner (μονοσωμία για το φυλετικό χρωμόσωμα X).

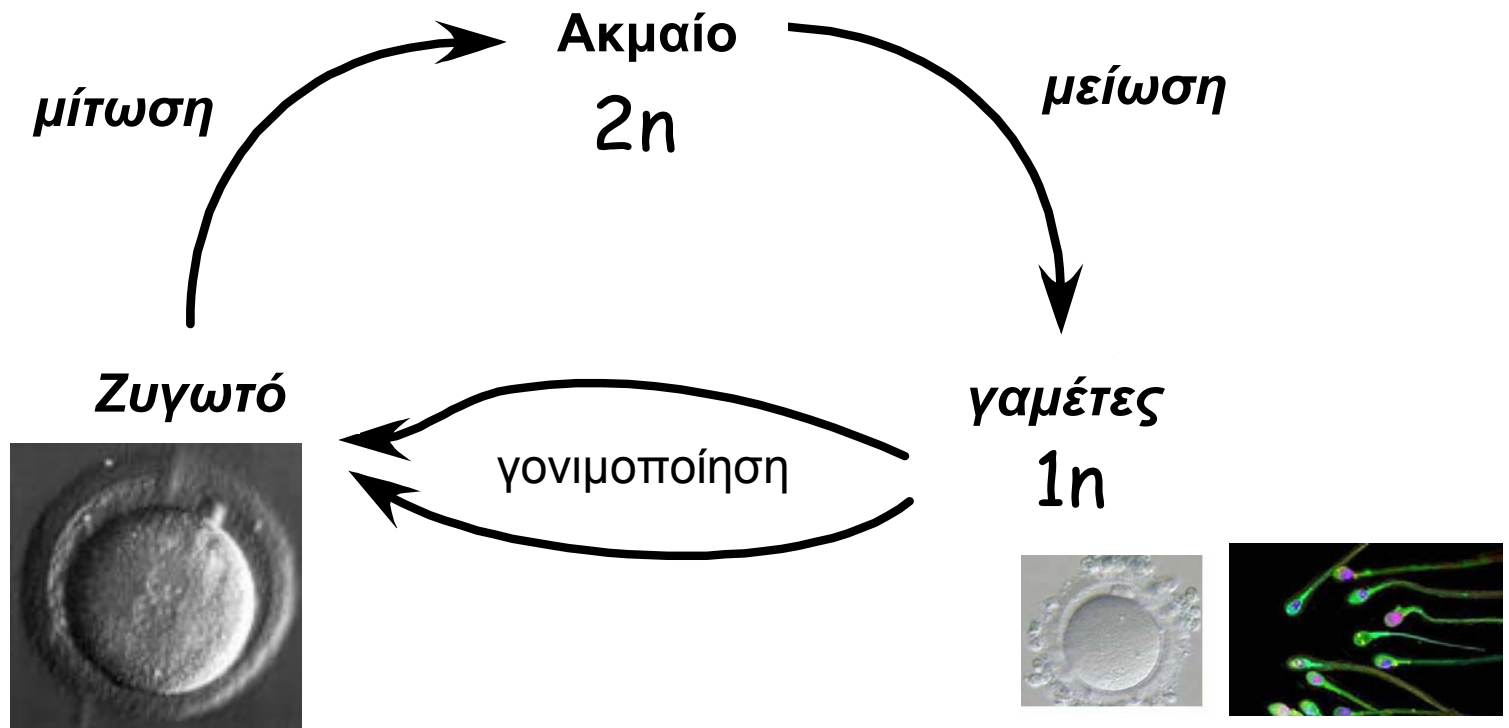
Οι μονοσωμίες για αυτοσωμικά χρωμοσώματα δεν είναι συμβατές με τη ζωή στον άνθρωπο.

Ηλικία και μείωση

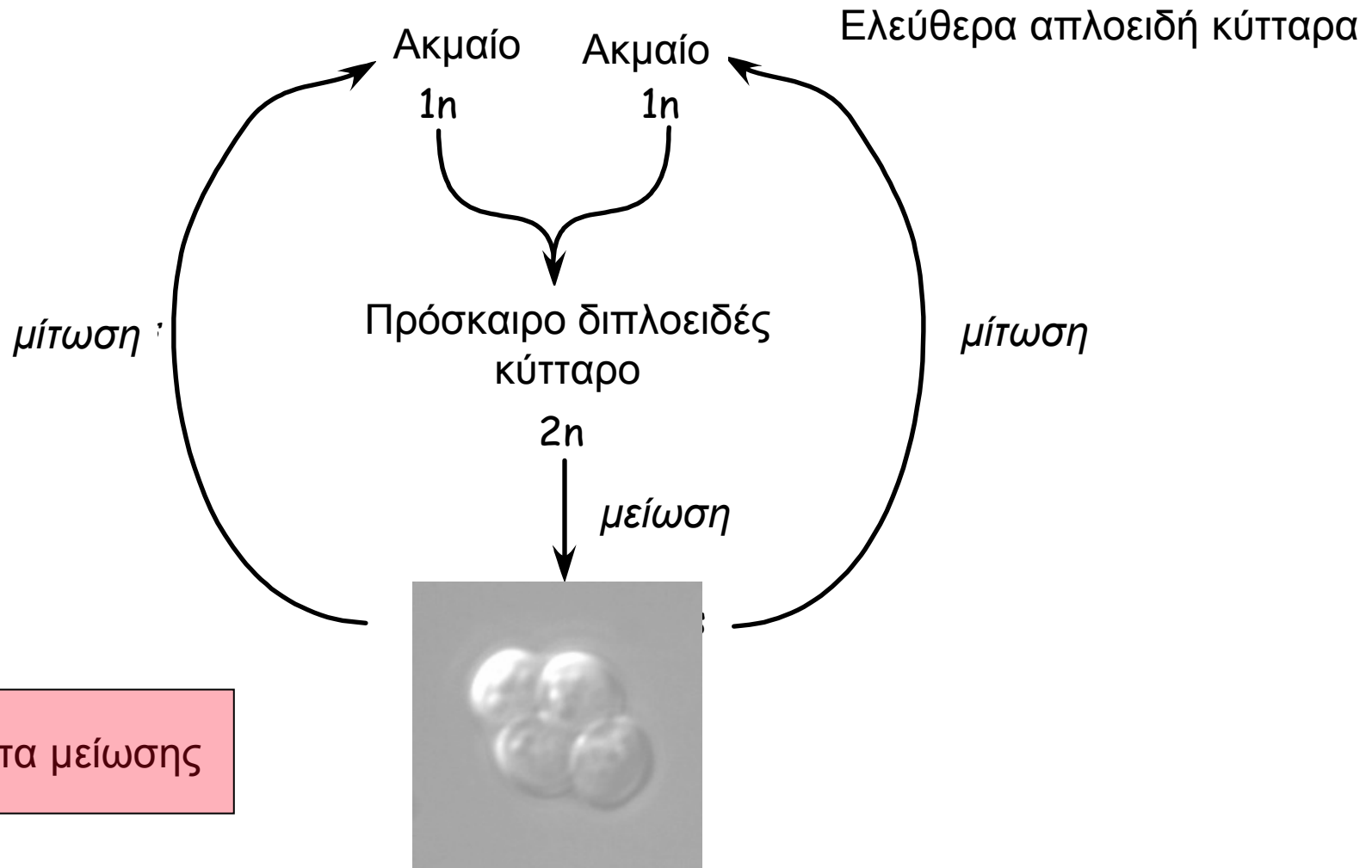
Επίπτωση συνδρόμου Down ανά αριθμό γεννήσεων

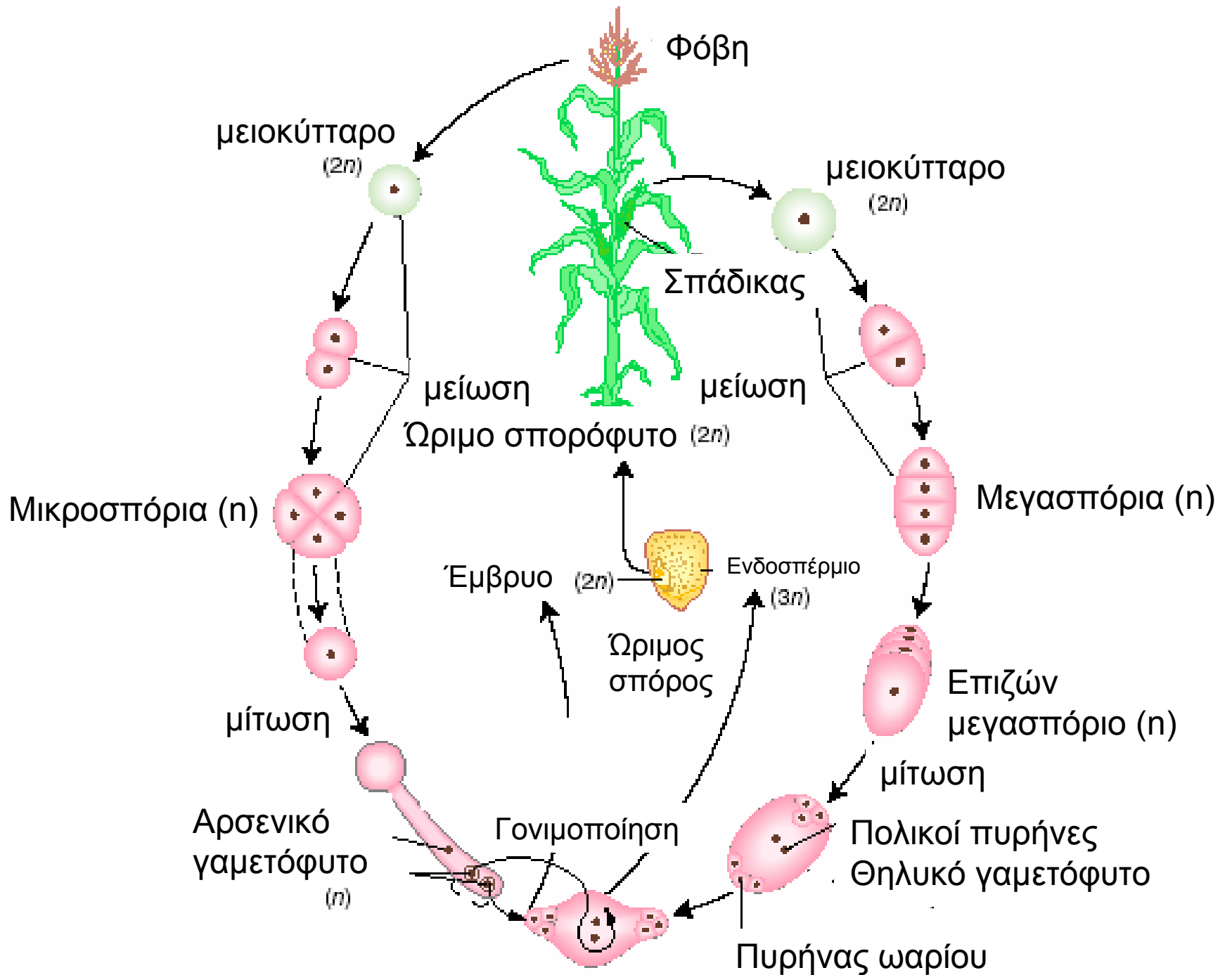


Διπλοειδής βιολογικός κύκλος

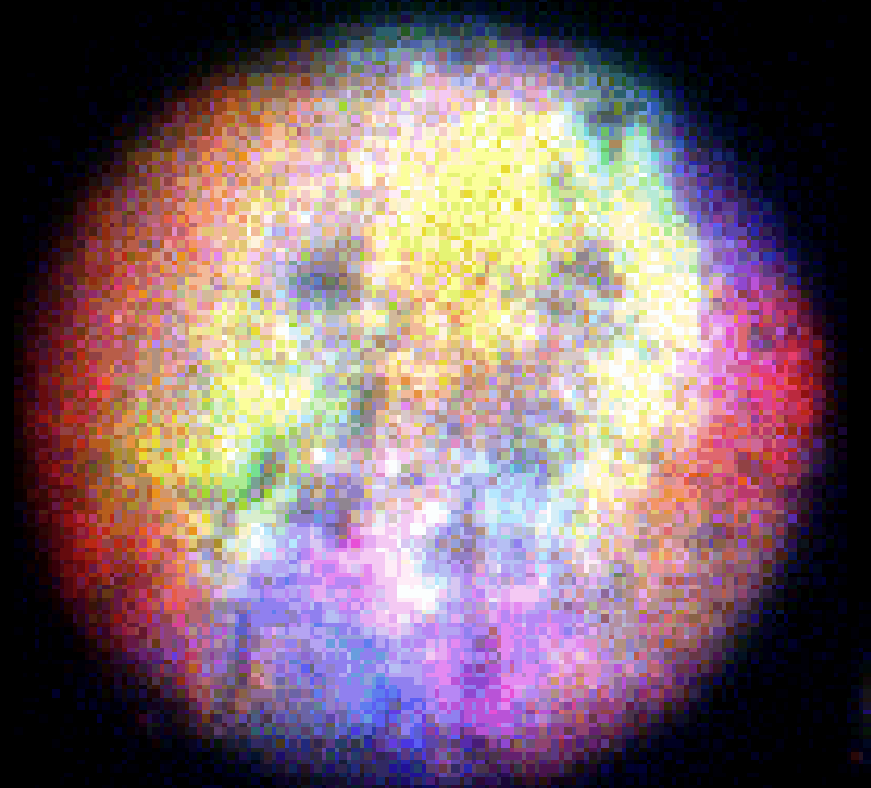


Απλοειδής βιολογικός κύκλος





Spectral karyotype: interphase



Spectral karyotype: metaphase

