

## ΘΕΜΑ 4

2. Οι διπλοειδείς οργανισμοί που αναπαράγονται αμφιγονικά εκτός από τη μίτωση έχουν αναπτύξει και ένα άλλο είδος κυτταρικής διαίρεσης, τη μείωση, με την οποία παράγουν τους απλοειδείς γαμέτες τους.

α. Να αναφέρετε ποια είναι η βιολογική σημασία της μίτωσης στους ανώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς (μονάδες 3) και να αναφέρετε τους μηχανισμούς που δημιουργούν γενετική ποικιλομορφία στους οργανισμούς που αναπαράγονται αμφιγονικά (μονάδες 4).

β. Για έναν διπλοειδή οργανισμό, ο οποίος σε κάθε σωματικό του κύτταρο στην αρχή της μεσόφασης διαθέτει 32 μόρια DNA, να μεταφέρετε στην κόλλα σας συμπληρωμένο τον παρακάτω πίνακα με τα αντίστοιχα μόρια γενετικού υλικού που διαθέτει ανά κύτταρο (μονάδες 6):

	Μετάφαση μίτωσης	μετάφαση μείωσης I	ανάφαση μείωσης II
Αριθμός μορίων DNA			
Αριθμός χρωμοσωμάτων			

Μονάδες 13

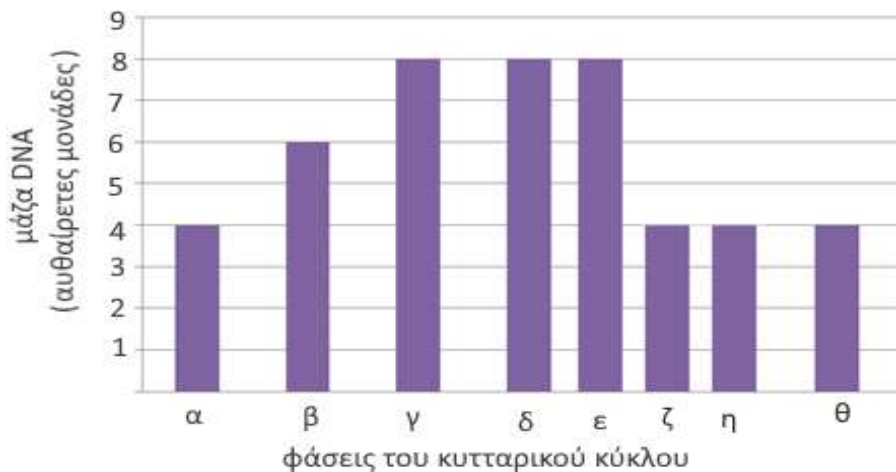
α. Η μίτωση είναι μια διαδικασία που ευνοεί τη γενετική σταθερότητα καθώς τα θυγατρικά κύτταρα είναι ταυτόσημα γενετικά μεταξύ τους και με το μητρικό. Στους ανώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς με μίτωση επιτυγχάνεται η μονογονική αναπαραγωγή (π.χ. η βλαστική αναπαραγωγή των φυτών με παραφυάδες, οφθαλμούς κτλ.). Με μίτωση επίσης πραγματοποιείται η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών μέσω της αύξησης του αριθμού των κυττάρων τους και η ανανέωση (αντικατάσταση) των νεκρών, γηρασμένων ή κατεστραμμένων κυττάρων τους.

Οι μηχανισμοί που δημιουργούν γενετική ποικιλότητα είναι ο επιχιασμός και ο ανεξάρτητος συνδυασμός χρωμοσωμάτων κατά τη μείωση I, ο τυχαίος συνδυασμός των γαμετών κατά τη γονιμοποίηση και βέβαια οι γονιδιακές μεταλλάξεις οι οποίες μπορεί να δημιουργούν νέα αλληλόμορφα.

β. Ο πίνακας συμπληρωμένος είναι:

	Μετάφαση μίτωσης	μετάφαση μείωσης I	ανάφαση μείωσης II
Αριθμός μορίων DNA	64	64	32
Αριθμός χρωμοσωμάτων	32	32	32

3. Το παρακάτω ραβδόγραμμα απεικονίζει τη μάζα του DNA που φέρει ένα από τα χρωμοσώματα σωματικού κυττάρου ενός διπλοειδούς οργανισμού κατά τις διαδοχικές φάσεις ενός κυτταρικού κύκλου (στήλες α έως η, τέσσερις από τις οποίες αναφέρονται σε διαδοχικά στάδια της μίτωσης). Η στήλη θ απεικονίζει τη μάζα DNA του χρωμοσώματος σε θυγατρικό κύτταρο που προκύπτει μετά τη μίτωση του αρχικού σωματικού κυττάρου.



α. Να περιγράψετε τα γεγονότα που χαρακτηρίζουν τις στήλες α έως γ (μονάδες 4) και να αιτιολογήσετε τη μάζα DNA που απεικονίζεται στη στήλη β (μονάδες 2).

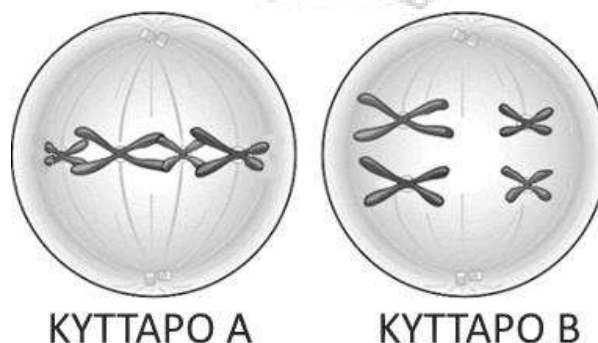
β. Να εξηγήσετε ποιες από τις στήλες α έως η αναφέρονται σε στάδια της μίτωσης και να τα ονομάσετε (μονάδες 4). Να προσδιορίσετε τη μάζα DNA του αναφερόμενου χρωμοσώματος σε γαμέτη του συγκεκριμένου οργανισμού (μονάδες 2).

Μονάδες 12

α. Οι στήλες α - γ αναφέρονται στη μεσόφαση. Στη διάρκεια της μεσόφασης δεν παρατηρούνται έντονα κινητικά φαινόμενα στο χώρο του πυρήνα, αλλά το κύτταρο προετοιμάζεται για την επικείμενη διαίρεσή του και αυξάνεται σε όγκο. Στη διάρκειά της πραγματοποιείται ο διπλασιασμός του DNA, η σύνθεση mRNA, tRNA, πρωτεϊνών κτλ. Η μάζα που απεικονίζεται στη στήλη β 6 αυθαίρετες μονάδες μάζας - είναι ενδιάμεση μεταξύ της ποσότητας της στήλης α - 4 αυθαίρετες μονάδες μάζας και της στήλης γ (μετά τον αυτοδιπλασιασμό του DNA) - 8 αυθαίρετες μονάδες μάζας. Προφανώς, αντιστοιχεί στη διάρκεια του αυτοδιπλασιασμού του DNA (που πραγματοποιείται κατά τη μεσόφαση).

β. Οι στήλες δ έως η αναφέρονται σε στάδια της μίτωσης, καθώς διαδέχονται τη μεσόφαση. Οι στήλες δ, ε, ζ και η αναφέρονται συγκεκριμένα στην πρόφαση, τη μετάφαση, την ανάφαση και την τελόφαση αντίστοιχα. Σε γαμέτη του συγκεκριμένου οργανισμού, η μάζα του DNA του συγκεκριμένου χρωμοσώματος θα είναι η ίδια με την αρχική, καθώς πρόκειται για ινίδιο χρωματίνης, δηλαδή θα αντιστοιχεί σε 4 αυθαίρετες μονάδες μάζας.

5. Ο βασικός τύπος κυτταρικής διαίρεσης στα ευκαρυωτικά κύτταρα είναι η μίτωση. Ωστόσο οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, που αναπαράγονται αμφιγονικά, έχουν αναπτύξει και έναν άλλο τύπο κυτταρικής διαίρεσης, τη μείωση, με την οποία παράγουν τους απλοειδείς γαμέτες τους. Στην εικόνα απεικονίζονται τα κύτταρα Α και Β δύο διαφορετικών οργανισμών, σε κάποιο στάδιο της μειωτικής διαίρεσης που πραγματοποιεί το καθένα από αυτά.



ΚΥΤΤΑΡΟ Α

ΚΥΤΤΑΡΟ Β

α. Να αναφέρετε το στάδιο της μειωτικής διαίρεσης στο οποίο βρίσκεται το καθένα από τα κύτταρα Α και Β (μονάδες 2). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

β. Να εξηγήσετε ποιος είναι ο διπλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων του οργανισμού, από τον οποίο προέρχεται το καθένα από τα κύτταρα Α και Β (μονάδες 4) και να αναφέρετε τον αριθμό των χρωμοσωμάτων που θα έχει το κάθε τελικό κύτταρο που θα προκύψει από αυτά, μετά την ολοκλήρωση της μείωσης Ι και ΙΙ (μονάδες 2).

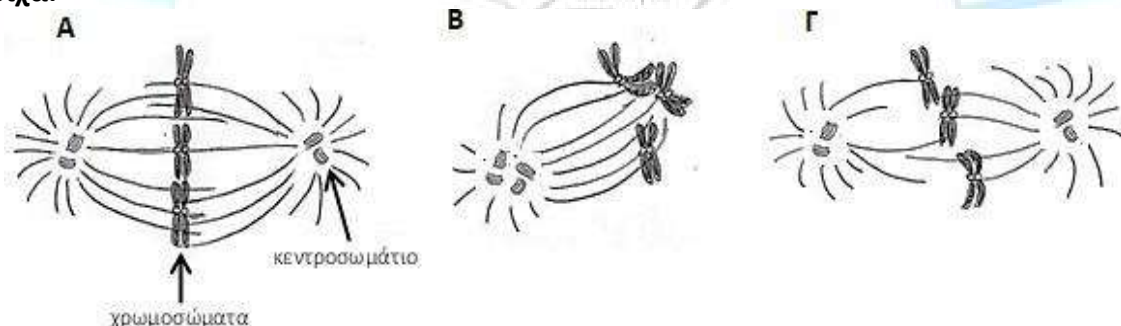
Μονάδες 12

α. Το κύτταρο Α βρίσκεται στη μετάφαση ΙΙ και το κύτταρο Β βρίσκεται στη μετάφαση Ι. Η μείωση ΙΙ έχει την ίδια ακολουθία γεγονότων με τη μίτωση. Επομένως κατά τη διάρκεια της μετάφασης ΙΙ, τα χρωμοσώματα έχουν φτάσει στο ισημερινό επίπεδο, με τις αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος να έχουν τοποθετηθεί παράλληλα προς αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα για το κύτταρο Α. Κατά τη διάρκεια της μετάφασης Ι τα ζεύγη των ομόλογων χρωμοσωμάτων ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Αντίθετα όμως με ό,τι συμβαίνει στη μιτωτική μετάφαση, επειδή το κάθε χρωμόσωμα τοποθετείται απέναντι στο ομόλογό του, ο στοίχος που δημιουργείται δεν είναι στοίχος μεμονωμένων χρωμοσωμάτων αλλά ζευγών ομόλογων, όπως φαίνεται στην εικόνα για το κύτταρο Β.

β. Για το κύτταρο Α, το οποίο είναι θυγατρικό κύτταρο της μείωσης Ι κατά την οποία έχουν ήδη διαχωριστεί τα ομόλογα χρωμοσώματα, ο διπλοειδής αριθμός των χρωμοσωμάτων του οργανισμού από τον οποίο προέρχεται θα είναι ο διπλάσιος, δηλαδή  $2n=8$ . Ο αντίστοιχος διπλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων του οργανισμού από τον οποίο προέρχεται το κύτταρο Β είναι αυτός που υποδεικνύεται, δηλαδή  $2n=4$ , καθώς το κύτταρο Β είναι στη μετάφαση Ι και επομένως διαθέτει τον διπλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων του είδους του.

Το κάθε τελικό κύτταρο που θα προκύψει, μετά την ολοκλήρωση της μείωσης, από το κύτταρο Α θα περιέχει 4 χρωμοσώματα. Αντίθετα, το κάθε κύτταρο που θα προκύψει από το κύτταρο Β, μετά την ολοκλήρωση της μείωσης Ι θα περιέχει 2 διπλασιασμένα χρωμοσώματα, ενώ μετά την ολοκλήρωση της μείωσης ΙΙ θα περιέχει 2 αδιπλασιαστά χρωμοσώματα στη μορφή ινιδίων χρωματίνης.

8. Η άτρακτος, μια δομή αποτελούμενη κυρίως από ακτινωτά νημάτια μικροσωληνίσκων, συμμετέχει σε σημαντικά γεγονότα που συμβαίνουν κατά τη μίτωση. Διαταραχές στο φυσιολογικό σχηματισμό της ατράκτου προκαλούνται από τη δράση κάποιων φαρμακευτικών ουσιών, όπως της ταξόλης, που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση διάφορων μορφών καρκίνου. Οι ουσίες αυτές, που στοχεύουν στην αναστολή της διαδικασίας της μίτωσης (αντι-μιτωτική δράση), συνήθως οδηγούν στο θάνατο τα κύτταρα που διαιρούνται. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζεται η μορφή της ατράκτου κατά τη μετάφαση της μίτωσης: (Α) ενός φυσιολογικού κυττάρου και (Β) και (Γ) κυττάρων στα οποία δόθηκαν δύο διαφορετικά αντι-μιτωτικά φάρμακα, αντίστοιχα.



α. Να περιγράψετε το φυσιολογικό ρόλο που έχει η άτρακτος στη διαδικασία της μίτωσης (μο-



νάδες 6).

β. Να εξηγήσετε αν η άτρακτος που απεικονίζεται στο σχήμα (Α) προέρχεται από ένα ζωικό ή ένα φυτικό κύτταρο (μονάδες 3).

γ. Να αναφέρετε ποια προβλήματα φαίνεται να προκαλούν τα αντι-μιτωτικά φάρμακα στη μορφή της ατράκτου των κυττάρων (Β) και (Γ) με δεδομένο ότι το πρώτο φάρμακο επιδρά στη διαδικασία μετακίνησης των κεντροσωματίων και το δεύτερο στην επιμήκυνση των μικροσωληνίσκων (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Στην αρχή της μετάφασης της μίτωσης, τα χρωμοσώματα, με τη βοήθεια των μικροσωληνίσκων της ατράκτου, εγκαταλείπουν τις τυχαίες θέσεις που καταλαμβάνουν κατά την πρόφαση και αρχίζουν να μετακινούνται κατά μήκος των νηματίων της ατράκτου, προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Στο τέλος της φάσης αυτής, τα χρωμοσώματα έχουν τοποθετηθεί παράλληλα προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Κατά την ανάφαση, οι μικροσωληνίσκοι της ατράκτου ασκούν αντίθετη έλξη στα κεντρομερίδια των χρωμοσωμάτων και έτσι, οι δύο αδελφές χρωματίδες αποχωρίζονται και κινούνται προς τους αντίθετους πόλους. Συνοπτικά, η άτρακτος βοηθάει κατά τη μίτωση: α) στην τελική τοποθέτηση των χρωμοσωμάτων στο ισημερινό επίπεδο του κυττάρου κατά τη μετάφαση και β) στη μετακίνηση και στο σωστό διαμορισμό των αδελφών χρωματίδων προς τους δύο πόλους του κυττάρου κατά την ανάφαση.

β. Η άτρακτος του σχήματος (Α) προέρχεται από ένα ζωικό κύτταρο λόγω της παρουσίας κεντροσωματίων στους δύο πόλους του κυττάρου. Τα κεντροσωμάτια είναι δομές που συμβάλουν στην οργάνωση της ατράκτου στα ζωικά κύτταρα, ενώ στα φυτικά η άτρακτος δεν οργανώνεται από κεντροσωμάτιο, καθώς δεν διαθέτουν αυτές τις δομές.

γ. Στο σχήμα (Β), τα κεντροσωμάτια απεικονίζονται στον ίδιο πόλο του κυττάρου και όχι στους αντίθετους πόλους, όπως συμβαίνει φυσιολογικά. Το αντι-μιτωτικό φάρμακο που δόθηκε, προφανώς, εμποδίζει τη μετακίνηση των κεντροσωματίων προς τους δύο πόλους του κυττάρου κατά τη πρόφαση και η άτρακτος οργανώνεται στον ένα μόνο πόλο του κυττάρου.

Στο σχήμα (Γ), κάποιοι μικροσωληνίσκοι της ατράκτου δεν έχουν επιμηκυνθεί σωστά λόγω της δράσης του φαρμάκου και εμφανίζουν μικρότερο, μη φυσιολογικό μήκος. Αυτό πιθανώς εμποδίζει τη σωστή τοποθέτηση των χρωμοσωμάτων στο ισημερινό επίπεδο του κυττάρου και, κατ' επέκταση, το σωστό διαμορισμό των αδελφών χρωματίδων.

**10.** Ο Δημήτρης παρατήρησε προσεκτικά στο μικροσκόπιο μια λεπτή τομή αναπτυσσόμενης ρίζας βολβού κρεμμυδιού, την οποία είχε προηγουμένως βάψει ειδικά με τη χρωστική οξικό καρμίνιο (αντιδρά με τις φωσφορικές ομάδες και χρωματίζει το DNA). Διαπίστωσε, ότι υπήρχαν λίγα μόνο κύτταρα που διαιρούνταν με μίτωση.

α. Αν ο αριθμός των κυττάρων που βρίσκονται και παρατηρούνται σε μια φάση του κυτταρικού κύκλου θεωρηθεί ανάλογος της διάρκειάς της, να εξηγήσετε γιατί ο Δημήτρης παρατήρησε μόνο λίγα κύτταρα που διαιρούνται με μίτωση (μονάδες 4). Να ονομάσετε το στάδιο της μίτωσης στο οποίο αναμένεται να βρίσκονται τα περισσότερα διαιρούμενα κύτταρα στον ιστό αυτό (μονάδες 2).

β. Να εξηγήσετε το λόγο για τον οποίο ο Δημήτρης χρησιμοποίησε τη χρωστική οξικό καρμίνιο (μονάδες 3).

γ. Η κυτοχαλασίνη Β είναι μια χημική ουσία που εμποδίζει την κυτταροπλασματική διαίρεση, καταστρέφοντας τα μικροϊνίδια ακτίνης του περιφερικού δακτυλίου. Να εξηγήσετε εάν η χρήση της κυτοχαλασίνης Β θα προκαλούσε προβλήματα στη κυτταροπλασματική διαίρεση των κυττάρων της αναπτυσσόμενης ρίζας του βολβού κρεμμυδιού (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Ο κυτταρικός κύκλος ή ο κύκλος ζωής ενός κυττάρου χωρίζεται σε δύο φάσεις, τη μεσόφαση και τη μιτωτική διαίρεση. Η μεσόφαση αντιπροσωπεύει το 90% έως 95% της διάρκειας του κυτταρικού κύκλου, ενώ η μίτωση μόλις το 5% έως 10%. Αν λοιπόν, ο αριθμός των κυττάρων που βρίσκονται και παρατηρούνται σε μια φάση του κυτταρικού κύκλου θεωρηθεί ανάλογος της διάρκειάς της, τότε αναμένεται να βρεθεί μικρός αριθμός κυττάρων που βρίσκονται στη φάση της μίτωσης, λόγω της μικρής διάρκειάς που έχει κατά τον κυτταρικό κύκλο.

Το στάδιο της μίτωσης με τη μεγαλύτερη διάρκεια είναι η πρόφαση. Άρα, τα περισσότερα διααιρούμενα κύτταρα αναμένεται να βρίσκονται στη φάση της πρόφασης.

β. Κατά τη πυρηνική διαίρεση της μίτωσης, το γενετικό υλικό (DNA) του πυρήνα υφίσταται μορφολογικές και ποσοτικές μεταβολές με σκοπό την ακριβοδίκαιη διανομή του στους δύο θυγατρικούς πυρήνες. Η παρατήρηση αυτών των μορφολογικών αλλαγών μπορεί να γίνει με χρήση χρωστικών, όπως το οξικό καρμίνιο, που αντιδρούν με το DNA. Το οξικό καρμίνιο αντιδρά με τις φωσφορικές ομάδες που αποτελούν δομικό χαρακτηριστικό των νουκλεοτιδίων και κατ' επέκταση, των νουκλεϊκών οξέων, όπως το DNA.

γ. Τα κύτταρα της αναπτυσσόμενης ρίζας βολβού κρεμμυδιού είναι φυτικά. Η κυτταροπλασματική διαίρεση των φυτικών κυττάρων γίνεται με το σχηματισμό ενός πλέγματος από μικροσωληνίσκους, που ονομάζεται φραγμοπλάστης, στο ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Από το φραγμοπλάστη θα προκύψουν τα κυτταρικά τοιχώματα των δύο θυγατρικών κυττάρων. Συνεπώς, στα φυτικά κύτταρα δεν σχηματίζεται περιφερικός δακτύλιος από ινίδια ακτίνης, όπως γίνεται στα ζωικά. Άρα, η κυτοχλασίνη Β, εφόσον δρα στα μικροϊνίδια ακτίνης, δεν θα έχει καμία επίδραση στη μιτωτική διαδικασία των φυτικών κυττάρων της αναπτυσσόμενης ρίζας βολβού κρεμμυδιού.

---

**11.** Οι σακχαρομύκητες της μαγιάς είναι ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι οργανισμοί, που αναπαράγονται είτε μονογονικά είτε αμφιγονικά. Υπάρχουν τόσο απλοειδή, όσο και διπλοειδή κύτταρα, τα οποία πολλαπλασιάζονται μονογονικά με εκβλάστηση, μια διαδικασία που μοιάζει με τη μίτωση. Η μετάβαση από την απλοειδή στη διπλοειδή κατάσταση είναι αποτέλεσμα της ένωσης δύο απλοειδών γονικών κυττάρων που λειτουργούν ως γαμέτες. Από τα διπλοειδή κύτταρα μπορούν να προκύψουν απλοειδή μέσω της διαδικασίας της μείωσης.

α. Να αναφέρετε δύο βασικές διαφορές που παρατηρούνται στην πρόφαση της μίτωσης και της μείωσης I (μονάδες 6).

β. Δεδομένου ότι ένα απλοειδές κύτταρο σακχαρομύκητα έχει 16 χρωμοσώματα, να βρείτε πόσα χρωμοσώματα και πόσες χρωματίδες υπάρχουν: i) στην πρόφαση I, ii) σε κάθε θυγατρικό κύτταρο μετά τη μείωση I και iii) σε κάθε θυγατρικό κύτταρο μετά τη μείωση II, αιτιολογώντας κάθε φορά την απάντησή σας (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Κατά τη πρόφαση της μίτωσης, τα χρωμοσώματα (που σταδιακά γίνονται ορατά λόγω της συμπύκνωσης της χρωματίνης) εντοπίζονται σε τυχαίες θέσεις στο χώρο του πυρήνα. Αντίθετα, κατά τη πρόφαση της μείωσης I, τα ομόλογα χρωμοσώματα εγκαταλείπουν τις τυχαίες θέσεις τους και πραγματοποιείται η σύναψή τους, δηλαδή τα ομόλογα χρωμοσώματα πλησιάζουν και τοποθετούνται το ένα απέναντι στο άλλο. Εξαιτίας της σύναψης, οι μη αδελφές χρωματίδες των ομόλογων χρωμοσωμάτων είναι δυνατό να ανταλλάξουν μεταξύ τους τμήματα, δηλαδή να συμβεί επιχιασμός, κάτι το οποίο δεν μπορεί να παρατηρηθεί στην πρόφαση της μίτωσης.

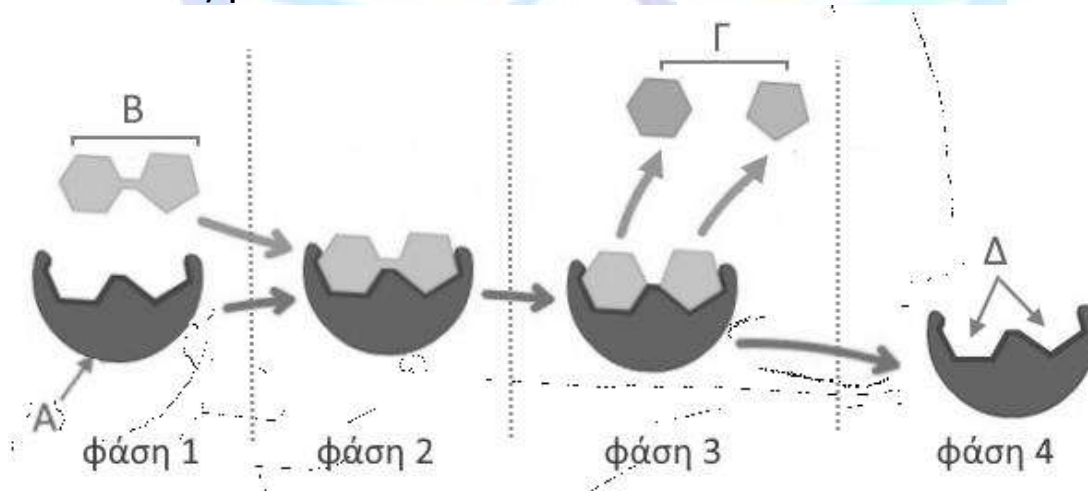
β. i) Μείωση υφίστανται μόνο τα διπλοειδή κύτταρα σακχαρομύκητα που θα έχουν το διπλάσιο αριθμό χρωμοσωμάτων από τα απλοειδή κύτταρα, δηλαδή 32 χρωμοσώματα. Άρα, κατά τη πρόφαση I, τα κύτταρα αυτά θα έχουν 32 χρωμοσώματα, τα οποία θα είναι διπλασιασμένα

(έχει προηγηθεί αντιγραφή του DNA κατά τη μεσόφαση) και συνεπώς, θα έχουν 64 χρωματίδες.

Τα κύτταρα που παράγονται μετά τη μείωση I είναι απλοειδή. Τα χρωμοσώματα αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες, επειδή κατά τη μείωση I πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των ομόλογων χρωμοσωμάτων και όχι των αδελφών χρωματίδων. Άρα, το κάθε θυγατρικό κύτταρο θα έχει 16 χρωμοσώματα και 32 χρωματίδες.

Στο τέλος της μείωσης II, τα θυγατρικά κύτταρα που παράγονται είναι απλοειδή, και έχει γίνει ο διαχωρισμός των αδελφών χρωματίδων των χρωμοσωμάτων. Συνεπώς, το κάθε θυγατρικό κύτταρο θα έχει 16 χρωμοσώματα και 16 ινίδια χρωματίνης, εφόσον δεν υφίσταται πια ο όρος "χρωματίδες".

**15.** Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται 4 φάσεις μιας αντίδρασης διάσπασης, η οποία πραγματοποιείται ενζυμικά.



α. Να αντιστοιχίσετε τα γράμματα Α, Β, Γ και Δ με τους εξής όρους: 1. Ενεργό κέντρο ενζύμου, 2. Υπόστρωμα, 3. Προϊόντα αντίδρασης, 4. Ένζυμο (μονάδες 4) και να αναφέρετε μια ιδιότητα των ενζύμων που προκύπτει από την εικόνα συγκρίνοντας τη δομή του ενζύμου στην αρχή (φάση 1) και στο τέλος της διαδικασίας (φάση 4) (μονάδες 2).

β. Να γράψετε πώς χαρακτηρίζεται το ένζυμο αν η ενζυμική αντίδραση της εικόνας πραγματοποιείται: i. σε κοιλότητα του οργανισμού, π.χ. στοματική κοιλότητα (μονάδες 2), ii. στο εσωτερικό ενός κυττάρου (μονάδες 2) και να γράψετε πώς θα ονομαζόταν το ένζυμο αν η ενζυμική αντίδραση που κατέλυε ήταν η διάσπαση λιπιδίων (μονάδες 2).

Μονάδες 12

α. Η αντιστοίχιση είναι: Α – ένζυμο, Β – υπόστρωμα, Γ – προϊόντα αντίδρασης, Δ – ενεργό κέντρο του ενζύμου.

Η ιδιότητα που προκύπτει, από την παρατήρηση του ενζύμου στην αρχή και στο τέλος της εικόνας, είναι ότι τα ένζυμα δεν συμμετέχουν στην αντίδραση που καταλύουν, με την έννοια ότι παραμένουν αναλλοίωτα και μετά το τέλος της αντίδρασης μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν πολλές φορές, ώσπου να καταστραφούν.

β. Αν η αντίδραση πραγματοποιείται σε κοιλότητα του οργανισμού το ένζυμο χαρακτηρίζεται ως εξωκυτταρικό, ενώ αν πραγματοποιείται στο εσωτερικό ενός κυττάρου ως ενδοκυτταρικό. Αν η ενζυμική αντίδραση αφορούσε διάσπαση λιπιδίων τότε το ένζυμο θα ονομαζόταν λιπάση.

**16.** Οι οργανισμοί που αναπαράγονται αμφιγονικά μπορούν και διατηρούν, από γενιά σε γε-



νιά, σταθερό τον αριθμό των χρωμοσωμάτων του είδους τους με βάση δύο βιολογικές διαδικασίες.

α. Να αναφέρετε τις διαδικασίες αυτές (μονάδες 2) και να εξηγήσετε τον τρόπο με τον οποίο συμμετέχει η κάθε διαδικασία στη διατήρηση σταθερού του αριθμού χρωμοσωμάτων από γενιά σε γενιά (μονάδες 4).

β. Το γαϊδούρι (*Equus africanus*) με διπλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων  $2n = 62$  και το άλογο (*Equus ferus*) με  $2n = 64$ , μολονότι είναι δύο διαφορετικά βιολογικά είδη, μπορούν να αναπαράγονται μεταξύ τους. Ο απόγονος που γεννιέται, το μουλάρι (*Equus mulus*), είναι, συνήθως, στείρο. Να αναφέρετε τον αριθμό χρωμοσωμάτων που θα περιέχουν τα σπερματοζώρια του γαϊδουριού και τα ωάρια του αλόγου αντίστοιχα (μονάδες 2), τον αριθμό χρωμοσωμάτων που θα περιέχουν τα σωματικά κύτταρα του μουλαριού (μονάδες 2). Να αιτιολογήσετε, με βάση τον αριθμό των χρωμοσωμάτων του, γιατί πιστεύετε ότι το μουλάρι είναι, συνήθως, στείρο (μονάδες 3).

Μονάδες 13

α. Οι δύο διαδικασίες είναι η μείωση και η γονιμοποίηση. Με τη μείωση κάθε γονέας παράγει τους γαμέτες του, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή απλοειδή. Με τη γονιμοποίηση, ο αρσενικός γαμέτης και ο θηλυκός γαμέτης συνενώνονται σε ένα νέο κύτταρο, το ζυγωτό, από το οποίο, με συνεχείς μιτωτικές διαιρέσεις, προκύπτει ο νέος οργανισμός. Το κύτταρο αυτό είναι διπλοειδές και, κατ' επέκταση διπλοειδής θα είναι και ο νέος οργανισμός, αφού η συνένωση των απλοειδών γαμετών επαναφέρει τον αριθμό χρωμοσωμάτων στο κανονικό.

β. Τα σπερματοζώρια του γαϊδουριού θα περιέχουν 31 χρωμοσώματα, ενώ το ωάριο του αλόγου θα περιέχει 32 χρωμοσώματα. Στο ζυγωτό, από το οποίο θα προκύψει το μουλάρι, ο κάθε γονέας θα έχει συνεισφέρει τον απλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων του, δηλαδή 31 χρωμοσώματα το γαϊδούρι και 32 χρωμοσώματα το άλογο. Επομένως, το ζυγωτό και συνεπώς τα σωματικά κύτταρα του μουλαριού θα περιέχουν 63 χρωμοσώματα, δηλαδή μονός αριθμός χρωμοσωμάτων, με αποτέλεσμα, τις περισσότερες φορές, να μη γίνεται μπορεί να πραγματοποιηθεί σωστά η μείωση.

**18.** Σε κάθε γαμέτη, που προκύπτει από τη μείωση, αντιπροσωπεύεται ένα μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα και ταυτόχρονα ένα μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα. Το γεγονός αυτό αποτελεί την ουσία της γενετικής ποικιλομορφίας, που χαρακτηρίζει τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς και έχει μεγάλη σημασία για την εξέλιξη.

α. Να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο η γενετική ποικιλομορφία συμβάλλει στην εξέλιξη (μονάδες 6).

β. Να εξηγήσετε τον μηχανισμό με τον οποίο επιτυγχάνεται το μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα (μονάδες 3) και τον μηχανισμό με τον οποίο επιτυγχάνεται το μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα (μονάδες 3).

γ. Να αναφέρετε πόσοι είναι οι πιθανοί συνδυασμοί μη ομόλογων χρωμοσωμάτων που μπορεί να δημιουργηθούν στους γαμέτες του ανθρώπου (μονάδα 1).

Μονάδες 13

α. Μερικοί από τους συνδυασμούς γονιδίων (άρα και γνωρισμάτων που επηρεάζονται από τα γονίδια αυτά) είναι επιτυχέστεροι απ' ό,τι άλλοι, με την έννοια ότι προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες επιβίωσης στο φορέα τους, σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο μηχανισμός επιβίωσης στο φορέα τους, σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο μηχανισμός επιβίωσης στο φορέα τους, σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες.

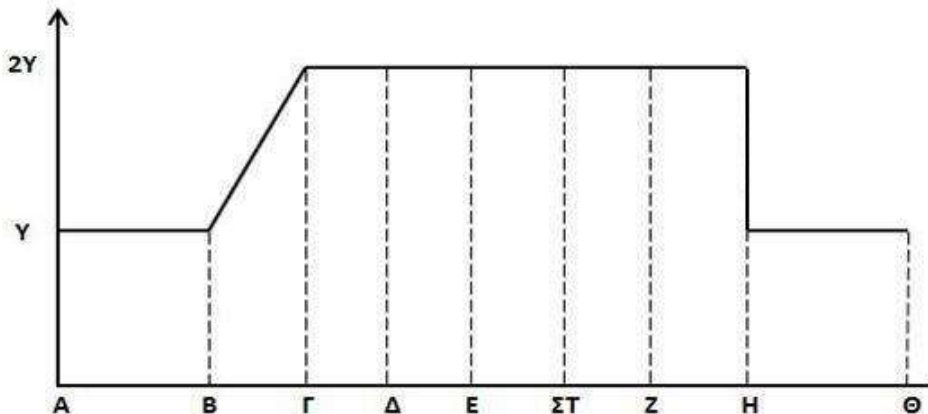
νισμός αυτός συμβάλλει στην εξέλιξη, γιατί κάθε πληθυσμός περνά στις επόμενες γενιές τους πιο ευνοϊκούς συνδυασμούς γονιδίων και γνωρισμάτων.

β. Με τον ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων πατρικής και μητρικής προέλευσης, που δημιουργείται κατά τη μετάφαση της μείωσης I, δημιουργείται ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων και συνεπώς ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς γονιδίων, που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα.

Ο επιχιασμός, που συμβαίνει στην πρόφαση της μείωσης I, ανασυνδυάζει γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο το ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων. Αυτό συμβαίνει γιατί με την ανταλλαγή αντιστοιχών τμημάτων, που γίνεται μεταξύ των μη αδελφών χρωματίδων των ομόλογων χρωμοσωμάτων, ανταλλάσσονται και γονίδια.

γ. Στον άνθρωπο, με απλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων  $n = 23$ , οι πιθανοί συνδυασμοί μη ομόλογων χρωμοσωμάτων που μπορεί να δημιουργηθούν στους γαμέτες είναι  $2^n = 2^{23}$ .

**19.** Το ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζει τη μεταβολή της ποσότητας του γενετικού υλικού ενός ευκαρυωτικού κυττάρου κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου του. Ορίζεται ως Y ή 2Y η ποσότητα του γενετικού υλικού του κυττάρου σε διαφορετικές φάσεις του κύκλου και Α-Β, Β-Γ, Γ-Δ κ.ο.κ τα χρονικά διαστήματα των διαφορετικών φάσεων του κύκλου του. Οι φάσεις που φαίνονται στο σχήμα είναι διαδοχικές και οι χρονικές διάρκειες των φάσεων αντιστοιχούν σε αυθαίρετες μονάδες.



α. Να εξηγήσετε με ποιο είδος κυτταρικής διαίρεσης διαιρείται το συγκεκριμένο κύτταρο (μονάδες 2), καθώς και σε ποια φάση του κυτταρικού κύκλου αντιστοιχούν τα τμήματα Α-Β, Β-Γ, Γ-Δ και Η-Θ του σχήματος (μονάδες 4).

β. Να περιγράψετε τη βιολογική σημασία αυτού του είδους κυτταρικής διαίρεσης (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Το κύτταρο διαιρείται με μιτωτική διαίρεση, γιατί παρατηρείται σταθερή ποσότητα γενετικού υλικού (ίση με Y) πριν και μετά τη διαίρεση του κυττάρου. Το τμήμα Α-Β αντιστοιχεί στη μεσόφαση του αρχικού κυττάρου πριν την αντιγραφή του γενετικού υλικού (φάση G1). Το τμήμα Β-Γ αντιστοιχεί στο στάδιο της μεσόφασης (φάση S) του αρχικού κυττάρου κατά το οποίο συμβαίνει αντιγραφή του γενετικού υλικού, οπότε η ποσότητα του γενετικού υλικού προοδευτικά διπλασιάζεται. Το τμήμα Γ-Δ αφορά στο τέλος της μεσόφασης, οπότε το γενετικό υλικό βρίσκεται σε διπλάσια ποσότητα 2Y. Κάθε θυγατρικό κύτταρο εισέρχεται σε μεσόφαση Η-Θ, διαθέτοντας ποσότητα γενετικού υλικού Y το καθένα. Τα δύο κύτταρα είναι όμοια γενετικά μεταξύ τους και όμοια με το αρχικό κύτταρο από το οποίο προήλθαν.

β. Κατά τη μίτωση το κάθε ένα από τα δύο θυγατρικά κύτταρα, που δημιουργούνται από ένα



αρχικό κύτταρο, αποκτούν τη μία από τις δύο αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος του μητρικού κυττάρου. Και τα τρία είναι ταυτόσημα από γενετική άποψη. Η μίτωση δηλαδή είναι μια διαδικασία που ευνοεί τη γενετική σταθερότητα. Αποτελεί τη διαδικασία με την οποία πραγματοποιείται:

-Η μονογονική αναπαραγωγή των μονοκύτταρων και των πολυκύτταρων ευκαρυωτικών οργανισμών (π.χ. η βλαστητική αναπαραγωγή των φυτών με παραφυάδες, οφθαλμούς κτλ.). Οι απόγονοι τους έχουν τον ίδιο αριθμό και το ίδιο είδος χρωμοσωμάτων με τους προγόνους τους.

-Η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών (αύξηση του αριθμού των κυττάρων τους) και η ανανέωση των κυττάρων τους. Τα κύτταρα που προστίθενται στον αναπτυσσόμενο οργανισμό, ή αντικαθιστούν νεκρά, κατεστραμμένα ή γερασμένα κύτταρα, έχουν ίδιο αριθμό και είδος χρωμοσωμάτων με τα κύτταρα από τα οποία προήλθαν.

**20.** Το γενετικό υλικό στον πυρήνα των ευκαρυωτικών κυττάρων οργανώνεται σε δομές που ονομάζονται χρωμοσώματα, η μορφή των οποίων δεν παραμένει σταθερή, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο του κυτταρικού κύκλου. Από τον πυρήνα ενός σωματικού κυττάρου διπλοειδούς οργανισμού, στην αρχή της μεσόφασης, απομονώθηκαν 32 μόρια DNA. Σε αυτό το είδος οργανισμού γνωρίζουμε, επίσης, ότι το απλοειδές γονιδίωμά του αντιστοιχεί σε DNA συνολικού μήκους  $4 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων.

α. Να εξηγήσετε πόσα χρωμοσώματα, πόσα μόρια DNA και πόσα νουκλεοτίδια (που αναφέρονται στο DNA του γονιδιώματος) θα υπάρχουν σε ένα σωματικό κύτταρο του οργανισμού κατά το στάδιο της ανάφασης της μίτωσης (μονάδες 3).

β. Να εξηγήσετε πόσα ινίδια χρωματίνης και πόσα μόρια DNA θα περιέχονται σε ένα γαμέτη του παραπάνω διπλοειδούς οργανισμού (μονάδες 4).

γ. Να εξηγήσετε τον όρο απλοειδές γονιδίωμα (μονάδες 2) και να ονομάσετε δύο είδη κυττάρων που το γονιδίωμά τους είναι απλοειδές (μονάδες 4).

Μονάδες 13

Από τον πυρήνα του σωματικού κυττάρου απομονώθηκαν στην αρχή της μεσόφασης 32 χρωμοσώματα (16 ζεύγη χρωμοσωμάτων, εφόσον πρόκειται για διπλοειδή οργανισμό) υπό μορφή ινιδίων χρωματίνης. Κάθε ινίδιο χρωματίνης αποτελεί ένα συσπειρωμένο μόριο DNA με αποτέλεσμα στο κύτταρο αυτό να υπάρχουν 32 μόρια DNA. Το κύτταρο είναι διπλοειδές, οπότε θα περιέχει ποσότητα DNA ίση με  $8 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων. Άρα, θα υπάρχουν  $16 \times 10^9$  νουκλεοτίδια.

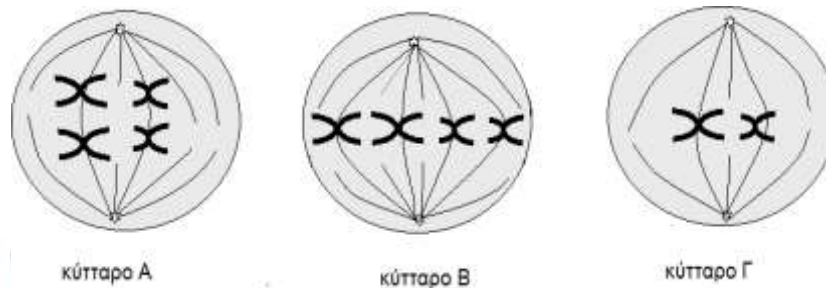
α. Στο στάδιο της ανάφασης διαιρούνται τα κεντρομερίδια των διπλασιασμένων χρωμοσωμάτων (32 διπλασιασμένα χρωμοσώματα, άρα 64 αδελφές χρωματίδες) και διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες του κάθε χρωμοσώματος. Κάθε χρωματίδα αποτελεί και ένα ανεξάρτητο πλέον, χρωμόσωμα. Έτσι, μετά το διαχωρισμό θα προκύψουν συνολικά 64 χρωμοσώματα. Κάθε χρωμόσωμα περιλαμβάνει 1 μόριο DNA, άρα υπάρχουν 64 μόρια DNA. Το κύτταρο τότε θα περιέχει DNA μήκους  $16 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων. Άρα, θα υπάρχουν  $32 \times 10^9$  νουκλεοτίδια.

β. Ο γαμέτης είναι προϊόν μειωτικής διαίρεσης οπότε είναι απλοειδές κύτταρο. Σε έναν γαμέτη του οργανισμού θα υπάρχουν 16 χρωμοσώματα υπό μορφή ινιδίων χρωματίνης. Στα 16 ινίδια χρωματίνης υπάρχουν 16 μόρια DNA με συνολικό μήκος  $4 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων. Οπότε θα υπάρχουν  $8 \times 10^9$  νουκλεοτίδια.

γ. Απλοειδές είναι το γονιδίωμα των οργανισμών όταν υφίσταται σε ένα αντίγραφο. Παραδείγματα απλοειδών κυττάρων είναι τα προκαρυωτικά κύτταρα (βακτήρια) και οι γαμέτες των διπλοειδών οργανισμών.

**25.** Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζονται τρία κύτταρα του ίδιου οργανισμού σε τρεις διαφο-

ρετικές φάσεις κυτταρικής διαίρεσης. Το κύτταρο 1 βρίσκεται στη μετάφαση της μίτωσης, το κύτταρο 2 βρίσκεται στη μετάφαση της μείωσης I και το κύτταρο 3 στη μετάφαση της μείωσης II.



- α. Να αντιστοιχίσετε τα κύτταρα 1, 2 και 3 με τα κύτταρα που απεικονίζονται στην παραπάνω εικόνα (μονάδες 3) και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας (μονάδες 3).  
 β. Να εξηγήσετε ποια από τα παραπάνω κύτταρα του οργανισμού είναι απλοειδή και ποια διπλοειδή (μονάδες 2) και να υπολογίσετε τον αριθμό των μορίων DNA στα σωματικά κύτταρα του οργανισμού στην αρχή και στο τέλος της μεσόφασης (μονάδες 4).

Μονάδες 12

- α. Το κύτταρο A βρίσκεται στη μετάφαση της μείωσης I γιατί έχει διπλό στοιχείο χρωμοσωμάτων (ζεύγη χρωμοσωμάτων στοιχισμένα στο ισημερινό επίπεδο), το κύτταρο B βρίσκεται στη μετάφαση της μίτωσης, καθώς όλα τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα είναι τοποθετημένα στο ισημερινό επίπεδο του κυττάρου και το κύτταρο Γ είναι ένα κύτταρο στη μετάφαση της μείωσης II, γιατί υπάρχουν δύο χρωμοσώματα (ένα από κάθε ζευγάρι) τοποθετημένα στο ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.  
 β. Τα κύτταρα A και B είναι διπλοειδή γιατί περιέχουν δύο αντίγραφα του γονιδιώματος, δηλαδή ζεύγη χρωμοσωμάτων. Το κύτταρο Γ είναι απλοειδές γιατί περιέχει ένα αντίγραφο του γονιδιώματος, δηλαδή ένα χρωμόσωμα από το κάθε ζεύγος. Ένα σωματικό κύτταρο του οργανισμού στην αρχή της μεσόφασης περιέχει 4 χρωμοσώματα ( $2n=4$ ) και 4 μόρια DNA. Στο τέλος της μεσόφασης το γενετικό υλικό έχει διπλασιαστεί και κάθε διπλασιασμένο χρωμόσωμα περιλαμβάνει δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στο κεντρομερίδιο. Συνεπώς υπάρχουν 8 μόρια DNA.

**27.** Τα μιτοχόνδρια, των ευκαρυωτικών κυττάρων είναι εξειδικευμένα οργανίδια για τη μετατροπή της εξωτερικής ενέργειας σε χρησιμοποιήσιμη μορφή για το κύτταρο, μέσω της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης.

- α. Να εξηγήσετε που παράγονται και με ποιο τρόπο οι απαραίτητες πρωτεΐνες για την λειτουργία ενός μιτοχονδρίου (μονάδες 6).  
 β. Στην περίπτωση μιας μιτοχονδριακής πρωτεΐνης που παράγεται σε ένα ελεύθερο ριβόσωμα του κυτταροπλάσματος και προορίζεται για τη μήτρα του μιτοχονδρίου, να εξηγήσετε από πού προέρχεται η γενετική πληροφορία για την παραγωγής της (μονάδες 3) και να υπολογίσετε πόσες στοιχειώδεις μεμβράνες θα πρέπει να διαπεράσει μέχρι να φτάσει στο εσωτερικό του μιτοχονδρίου, από τη στιγμή της σύνθεσής της και έπειτα (μονάδες 3).

Μονάδες 12

α. Στη μήτρα του μιτοχονδρίου, όπως και στο στρώμα του χλωροπλάστη, υπάρχουν DNA, ένζυμα και ριβοσώματα. Τα οργανίδια δηλαδή αυτά διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό, που τους εξασφαλίζει μια σχετική γενετική αυτοδυναμία. Χάρη σε αυτό το μηχανισμό μπορούν να

παράγουν ορισμένες πρωτεΐνες μέσα στα οργανίδια αυτά. Οι περισσότερες όμως πρωτεΐνες που είναι απαραίτητες για την λειτουργία τους κωδικοποιούνται από το γενετικό υλικό του πυρήνα και συνεπώς παράγονται στα ριβοσώματα που υπάρχουν ελεύθερα στο κυτταρόπλασμα ή στο αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο του κυττάρου.

β. Οι γενετικές πληροφορίες για τη σύνθεση των πρωτεϊνών των μιτοχονδρίων που δεν κωδικοποιούνται από το ίδιο το μιτοχονδριακό DNA, προέρχονται από το γενετικό υλικό του πυρήνα. Εφόσον τα μιτοχόνδρια περιβάλλονται από διπλή στοιχειώδη μεμβράνη, και με δεδομένο ότι τα ριβοσώματα δεν περιβάλλονται από μεμβράνη, η πρωτεΐνη θα πρέπει να διαπεράσει τις 2 στοιχειώδεις μεμβράνες του μιτοχονδρίου μέχρι να φτάσει στο εσωτερικό του.

**33.** Κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου το γενετικό υλικό ενός κυττάρου υφίσταται αλλαγές τόσο στην ποσότητα όσο και στην μορφή του. Πιο συγκεκριμένα ένα ευκαρυωτικό κύτταρο κατά την διάρκεια της μεσόφασης προετοιμάζεται για την επερχόμενη κυτταρική του διαίρεση και την ακριβοδίκαιη διανομή του πυρηνικού γενετικού του υλικού στα δύο θυγατρικά πανομοιότυπα κύτταρα που θα προκύψουν στο τέλος της μίτωσης.

α. Να περιγράψετε τις γενικές αλλαγές που αφορούν στη μορφή (συσπείρωση) του γενετικού υλικού στα διάφορα στάδια του κυτταρικού κύκλου ενός ευκαρυωτικού κυττάρου (μονάδες 4) και να εξηγήσετε αν το βακτηριακό κύριο γενετικό υλικό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως χρωμόσωμα (μονάδες 2).

β. Να αναφέρετε τον αριθμό και το είδος των χρωμοσωμάτων που μπορούμε να παρατηρήσουμε στον καρυότυπο ενός υγιούς ανθρώπου θηλυκού γένους (μονάδες 4) και να υπολογίσετε το μέγεθος (σε ζεύγη βάσεων) του συνολικού γενετικού υλικού που περιέχεται στον πυρήνα ενός σωματικού κυττάρου του (μονάδες 2).

Μονάδες 12

α. Το γενετικό υλικό ενός ευκαρυωτικού κυττάρου, εμφανίζεται με διαφορετικές χαρακτηριστικές μορφές, ανάλογα με το στάδιο του κυτταρικού κύκλου. Τα μόρια του DNA πακετάρονται με πρωτεΐνες και σχηματίζουν τα ινίδια χρωματίνης. Τα ινίδια της χρωματίνης διπλασιάζονται στη μεσόφαση και «μετατρέπονται» σε αδελφές χρωματίδες, που συνδέονται μεταξύ τους με το κεντρομερίδιο. Ο όρος αδελφές χρωματίδες χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα κατά το χρονικό διάστημα που είναι συνδεδεμένα στο κεντρομερίδιο, τα οποία γίνονται ευδιάκριτα με το οπτικό μικροσκόπιο κατά την κυτταρική διαίρεση (μέγιστη συσπείρωση κατά τη μετάφαση). Κατά το τέλος της κυτταρικής διαίρεσης αποχωρίζονται πλήρως, αποσυσπειρώνονται σταδιακά και «μετατρέπονται» πάλι σε ινίδια χρωματίνης στο μεσοφασικό πυρήνα των νέων κυττάρων κ.ο.κ. Το βακτηριακό κύριο γενετικό υλικό μπορεί να χαρακτηριστεί ως χρωμόσωμα, καθώς αναδιπλώνεται και πακετάρεται με τη βοήθεια κυρίως πρωτεϊνών (μη ιστονών).

β. Ο αριθμός και η μορφολογία των χρωμοσωμάτων είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό κάθε είδους οργανισμών. Στον άνθρωπο τα φυσιολογικά αρσενικά και θηλυκά άτομα έχουν στον πυρήνα των σωματικών τους κυττάρων 23 ζεύγη (ομολόγων) χρωμοσωμάτων. Το ένα χρωμόσωμα κάθε ζεύγους είναι πατρικής και το άλλο μητρικής προέλευσης και ελέγχουν τις ίδιες ιδιότητες. Από τα 23 ζεύγη, τα 22 είναι μορφολογικά ίδια στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα και ονομάζονται αυτοσωμικά χρωμοσώματα. Το 23ο ζεύγος στα θηλυκά άτομα αποτελείται από δύο X χρωμοσώματα. Τα χρωμοσώματα αυτά ονομάζονται φυλετικά και σε πολλούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθορίζουν το φύλο. Έτσι, ένα φυσιολογικό θηλυκό άτομο έχει στον καρυότυπο του 44 αυτοσωμικά χρωμοσώματα και ένα ζεύγος XX. Εφόσον το ανθρώπινο γονιδίωμα σε ένα απλοειδές κύτταρο (γαμέτη) αποτελείται από περίπου  $3 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων DNA, που είναι οργανωμένα σε 23 χρωμοσώματα, στο φυσιολογικό σωματικό (δι-



πλοειδές) κύτταρο του θηλυκού ατόμου υπάρχει, πριν την αντιγραφή του, το διπλάσιο γενετικό υλικό δηλαδή  $6 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων DNA, που είναι οργανωμένα σε 46 χρωμοσώματα. Μετά την αντιγραφή του θα περιέχει  $12 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων οργανωμένα σε 46 διπλασιασμένα χρωμοσώματα.

---

**37.** Οι οργανισμοί που αναπαράγονται αμφιγονικά, μέσω της μείωσης παράγουν γαμέτες, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που έχουν πάρει, από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων, υποχρεωτικά τη μία χρωματίδα, η οποία με το τέλος της μείωσης αντιστοιχεί σε ένα χρωμόσωμα.

α. Να εξηγήσετε τον όρο “ομόλογα χρωμοσώματα” (μονάδες 4) και να αναφέρετε δύο περιπτώσεις κυττάρων του ανθρώπου που δεν διαθέτουν ομόλογα χρωμοσώματα (μονάδες 2).

β. Να αναφέρετε την ποσότητα DNA του πυρήνα (γονιδίωμα) που αναμένεται να βρούμε σε έναν φυσιολογικό αρσενικό και θηλυκό γαμέτη του ανθρώπου (μονάδες 2) και να εξηγήσετε αν η ποσότητα του γονιδιώματος που περιέχεται σε έναν θηλυκό γαμέτη μπορεί να είναι διαφορετική από αυτήν ενός αρσενικού γαμέτη (μονάδες 4).

Μονάδες 12

α. Τα ομόλογα χρωμοσώματα που υπάρχουν στα σωματικά κύτταρα των ανώτερων οργανισμών παρουσιάζονται σε ζευγάρια που είναι μορφολογικά όμοια μεταξύ τους, έχουν δηλαδή ίδιο σχήμα (τα κεντρομερίδια τους στην ίδια θέση), μέγεθος και περιέχουν γονίδια που ελέγχουν το ίδιο γνώρισμα, αλλά έχουν διαφορετική προέλευση, δηλαδή το ένα είναι μητρικής και το άλλο πατρικής προέλευσης. Τα γονίδια αυτά εδράζονται στην ίδια θέση (γονιδιακός τόπος) και στα δύο χρωμοσώματα. Τα κύτταρα του ανθρώπου που δεν εμφανίζουν ομόλογα χρωμοσώματα είναι: οι γαμέτες και τα προϊόντα της πρώτης μειωτικής διαίρεσης [εναλλακτικά: ζυγωτά, και κατά συνέπεια σωματικά κύτταρα ανθρώπου, που προέρχονται από σύντηξη γαμετών με αριθμητική χρωμοσωμική ανωμαλία (δομική ή αριθμητική έλλειψη), ή τα σωματικά κύτταρα αρσενικών ατόμων, όπου τα φυλετικά χρωμοσώματα, X και Y, δεν είναι ομόλογα σε όλο το μήκος τους].

β. Το γενετικό υλικό του πυρήνα ενός κυττάρου αποτελεί το γονιδίωμά του. Ο όρος γονιδίωμα αναφέρεται συνήθως στο γενετικό υλικό που βρίσκεται στον πυρήνα. Το ανθρώπινο γονιδίωμα σε ένα απλοειδές κύτταρο (γαμέτη) αποτελείται από περίπου  $3 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων DNA, που είναι οργανωμένα σε 23 χρωμοσώματα. Στον άνθρωπο τα φυσιολογικά αρσενικά και θηλυκά άτομα έχουν στον πυρήνα των σωματικών τους κυττάρων 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Το ένα χρωμόσωμα καθε ζεύγους είναι πατρικής και το άλλο μητρικής προέλευσης και ελέγχουν τις ίδιες ιδιότητες. Από τα 23 ζεύγη τα 22 είναι μορφολογικά ίδια στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα και ονομάζονται αυτοσωμικά χρωμοσώματα. Το 23ο ζεύγος στα θηλυκά άτομα αποτελείται από δύο X χρωμοσώματα, ενώ στα αρσενικά από ένα X και ένα Y χρωμόσωμα. Το Y χρωμόσωμα είναι μικρότερο σε μέγεθος από το X. Τα χρωμοσώματα αυτά ονομάζονται φυλετικά και σε πολλούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, καθορίζουν το φύλο. Επομένως αν ένας αρσενικός γαμέτης φέρει το Y χρωμόσωμα από το ζεύγος των φυλετικών χρωμοσωμάτων, θα περιέχει σαφώς μικρότερη ποσότητα γονιδιώματος από έναν θηλυκό γαμέτη, στον οποίο θα συναντάμε πάντα ένα X χρωμόσωμα από το ζεύγος των φυλετικών χρωμοσωμάτων.

---

**39.** Κάθε αμφιγονικά αναπαραγόμενος οργανισμός μπορεί να δίνει απογόνους με μοναδικούς συνδυασμούς χρωμοσωμάτων και γονιδίων. Αυτό συμβαίνει καθώς κατά τη διάρκεια σχηματισμού των γαμετών, ο ανεξάρτητος συνδυασμός των χρωμοσωμάτων και ο επιχιασμός δημι-



ουργούν μια συλλογή, που είναι μάλλον απίθανο να υπάρχει ακριβώς η ίδια δεύτερη φορά. Στο φαινόμενο της ποικιλομορφίας των οργανισμών έρχεται, στη συνέχεια, να συνδράμει και η γονιμοποίηση των παραπάνω γαμετών. Έτσι, τελικά δημιουργείται ένα άτομο που είναι μάλλον αδύνατο να έχει πανομοιότυπο του ακόμη και μέσα στην ίδια οικογένεια. Παράλληλα η μείωση βοηθά στη διατήρηση σταθερού του χρωμοσωμικού αριθμού των ειδών μετά την γονιμοποίηση.

α. Να περιγράψετε το φαινόμενο του επιχιασμού (μονάδες 3), αναφέροντας παράλληλα το στάδιο του κυτταρικού κύκλου καθώς και τα κύτταρα στα οποία συμβαίνει (μονάδες 2).

β. Να αναλύσετε πως το φαινόμενο του επιχιασμού συνεισφέρει στην ποικιλομορφία των ειδών που αναπαράγονται με αμφιγονία (μονάδες 4).

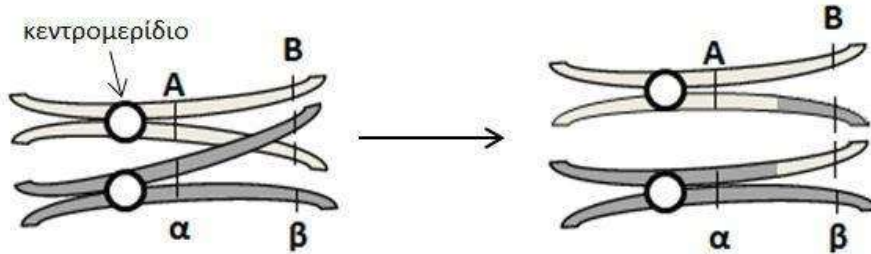
γ. Να συγκρίνετε την ποσότητα του πυρηνικού DNA σε καθένα από τα δύο θυγατρικά κύτταρα, που προκύπτουν στο τέλος της μιτωτικής διαίρεσης, με αυτήν που συναντάμε σε καθένα από τα τέσσερα “κύτταρα- προϊόντα” της μειωτικής διαδικασίας (μονάδες 3).

Μονάδες 12

α. Ο επιχιασμός συμβαίνει στα άωρα γενετικά κύτταρα που διανύουν την πρώτη μειωτική διαίρεση και συγκεκριμένα κατά το στάδιο της πρόφασης Ι. Εκεί ορισμένες φορές, εξαιτίας της σύναψης, είναι δυνατό οι μη αδελφές χρωματίδες των ομόλογων χρωμοσωμάτων, που έχουν γίνει πια ορατές, να «μπερδευτούν» μεταξύ τους. Έτσι δημιουργούνται τα χαρακτηριστικά και ορατά από στο οπτικό μικροσκόπιο χιάσματα, στα οποία οι χρωματίδες κόβονται και επανασυγκολλώνται, αφού όμως έχουν ανταλλάξει μεταξύ τους ομόλογα χρωμοσωμικά τμήματα. Το φαινόμενο αυτό, που ονομάζεται επιχιασμός, δίνει τη δυνατότητα στα ομόλογα χρωμοσώματα να ανταλλάξουν μεταξύ τους γονίδια. Αυτό εξασφαλίζει γενετική ποικιλότητα στους οργανισμούς που αναπαράγονται με αμφιγονία. β. Σε αντίθεση με τον ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων, ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα την αναδιανομή των γονιδίων που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα, ο επιχιασμός ανασυνδυάζει γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων. Αυτό συμβαίνει, γιατί με την ανταλλαγή αντίστοιχων τμημάτων, που γίνεται μεταξύ των μη αδελφών χρωματίδων των ομόλογων χρωμοσωμάτων, ανταλλάσσονται και γονίδια.

γ. Με τη μίτωση από ένα αρχικό κύτταρο με διπλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων ( $2n=46$  στον άνθρωπο) προκύπτουν δύο επίσης διπλοειδή γενετικά πανομοιότυπα κύτταρα (με  $2n=46$  χρωμοσώματα). Καθένα από τα δύο θυγατρικά κύτταρα, που προκύπτουν με την μίτωση, παίρνει τη μία από τις δύο αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος του αρχικού κυττάρου. Επομένως, και τα δύο χρωμοσώματα κάθε ζεύγους ομόλογων χρωμοσωμάτων εκπροσωπούνται μία φορά σε καθένα από τα θυγατρικά κύτταρα που προκύπτουν. Με άλλα λόγια όλα τα αλληλόμορφα γονίδια που φέρει το αρχικό κύτταρο μεταβιβάζονται στα δύο γενετικά πανομοιότυπα θυγατρικά του. Με τη μείωση παράγονται εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή απλοειδή. Οπότε ξεκινώντας από ένα αρχικό διπλοειδές κύτταρο με  $2n=46$  χρωμοσώματα στον άνθρωπο, καταλήγουμε να παίρνουμε τέσσερα κύτταρα με  $n=23$  χρωμοσώματα. Αυτό συμβαίνει μέσα από τις δύο διαδοχικές μειωτικές διαιρέσεις, όπου στο τέλος της πρώτης διαίρεσης, από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων μόνο το ένα χρωμόσωμα, και με τις δυο του χρωματίδες ενωμένες, εκπροσωπείται στα δυο κύτταρα που προκύπτουν, ενώ στη δεύτερη μειωτική διαίρεση χωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος. Έτσι στο τέλος της δεύτερης μειωτικής διαίρεσης ένα αλληλόμορφο γονίδιο από κάθε ζεύγος αλληλομόρφων εκπροσωπείται στα θυγατρικά κύτταρα. Προφανώς λοιπόν τα “κύτταρα-προϊόντα” της μείωσης εμφανίζουν γενετική απόκλιση από το αρχικό κύτταρο, αφού φέρουν διαφορετικούς συνδυασμούς αλληλομόρφων.

**41.** Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται δύο φαινόμενα που παρατηρούνται μεταξύ των ομόλογων χρωμοσωμάτων κατά τη διάρκεια της πρόφασης στη πρώτη μειωτική διαίρεση και συμβάλλουν στη γενετική ποικιλότητα των οργανισμών που αναπαράγονται αμφιγονικά. Με βάση το σχήμα, τα αλληλόμορφα γονίδια A και α εδράζονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων με τα αλληλόμορφα γονίδια B και β, έχοντας ορισμένη απόσταση μεταξύ τους.



Ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων

α. Να ονομάσετε (μονάδες 2) και να περιγράψετε τα φαινόμενα που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα (μονάδες 4).

β. Στη μύγα δροσόφιλα, έχει βρεθεί ότι το παραπάνω φαινόμενο συμβαίνει μόνο στα θηλυκά και όχι στα αρσενικά άτομα. Να γραφούν οι γαμέτες των αρσενικών και θηλυκών ατόμων δροσόφιλας με γονότυπο AaBb που θα σχηματιστούν μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της μείωσης, λαμβάνοντας υπόψη τη διάταξη των γονιδίων του σχήματος (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Τα φαινόμενα που απεικονίζονται στο σχήμα είναι η σύναψη των ομόλογων χρωμοσωμάτων και ο επιχιασμός. Κατά τη σύναψη των ομόλογων χρωμοσωμάτων στη διάρκεια της πρόφασης της 1<sup>ης</sup> μειωτικής διαίρεσης, τα ομόλογα χρωμοσώματα πλησιάζουν και τοποθετούνται το ένα απέναντι στο άλλο ώστε να στοιχηθούν οι αντίστοιχοι γονιδιακοί τόποι. Εξαιτίας της σύναψης, είναι δυνατό οι μη αδελφές χρωματίδες να «μπερδεύονται» μεταξύ τους, να κόβονται και να επανασυγκολλώνονται και έτσι, να ανταλλάσσουν τμήματα μεταξύ τους (επιχιασμός). β. Στα θηλυκά άτομα δροσόφιλας, που συμβαίνει το φαινόμενο του επιχιασμού, γίνεται ανταλλαγή τμημάτων μεταξύ των ομόλογων χρωμοσωμάτων όπως φαίνεται στο σχήμα. Η σύσταση των χρωματίδων μετά τον επιχιασμό θα είναι: AB, Aβ, αB και αβ.

A	B
A	β
α	B
α	β

Οπότε θα σχηματιστούν τεσσάρων ειδών γαμέτες: AB, Aβ, αB και αβ.

Στα αρσενικά άτομα που δεν γίνεται επιχιασμός, οι χρωματίδες θα έχουν σύσταση AB και αβ. Οπότε θα σχηματιστούν μόνο δύο ειδών γαμέτες: AB και αβ.

**48.** Το σύστημα φυλοκαθορισμού είναι ένα βιολογικό σύστημα που καθορίζει την ανάπτυξη των χαρακτηριστικών του φύλου σε έναν οργανισμό. Σύμφωνα με το χρωμοσωμικό σύστημα, που ισχύει στον άνθρωπο, συγκεκριμένα χρωμοσώματα οδηγούν στη διαφοροποίηση του φύλου στον οργανισμό.

α. Να ονομάσετε και να συγκρίνετε τα χρωμοσώματα που καθορίζουν το φύλο στον άνθρωπο (μονάδες 2) και να εξηγήσετε το φύλο που θα έχουν τα νεογέννητα με τους ακόλουθους καρυοτύπους: XXY, XYY, XO (μονάδες 3). Να ερμηνεύσετε γιατί άλλα είδη οργανισμών με τους αντίστοιχους καρυοτύπους μπορεί να εμφανίζουν αντίθετο φύλο από τα νεογέννητα του προη-

γούμενου ερωτήματος (μονάδες 2).

β. Να γράψετε τη χρωμοσωμική σύσταση των φυσιολογικών γαμετών που δημιουργούνται σε έναν άντρα και μια γυναίκα (μονάδες 2) και να εξηγήσετε αν περιέχουν την ίδια ποσότητα πυρηνικού γενετικού υλικού (μονάδες 4).

Μονάδες 13

α. Στον άνθρωπο τα φυσιολογικά αρσενικά και θηλυκά άτομα έχουν στον πυρήνα των σωματικών τους κυττάρων 23 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Από τα 23 ζεύγη, τα 22 είναι μορφολογικά ίδια στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα και ονομάζονται αυτοσωμικά χρωμοσώματα. Το 23ο ζεύγος στα θηλυκά άτομα αποτελείται από δύο Χ χρωμοσώματα, ενώ στα αρσενικά από ένα Χ και ένα Υ χρωμόσωμα. Το Υ χρωμόσωμα είναι μικρότερο σε μέγεθος από το Χ. Τα χρωμοσώματα αυτά ονομάζονται φυλετικά και καθορίζουν το φύλο. Στον άνθρωπο η παρουσία του Υ χρωμοσώματος καθορίζει το αρσενικό άτομο. Επομένως το φύλο που θα έχουν τα νεογέννητα με τους καρυότυπους, ΧΧΥ και ΧΧΥΥ, είναι αρσενικό και με καρυότυπο Χ0 είναι θηλυκό.

Αυτός ο φυλοκαθορισμός ισχύει στον άνθρωπο και σε πολλούς οργανισμούς, αλλά όχι σε όλους τους οργανισμούς, γεγονός που μπορεί να εξηγήσει τον αντίστροφο φυλοκαθορισμό που παρατηρήθηκε.

β. Ο ανθρώπινος γαμέτης περιέχει συνολικά 23 χρωμοσώματα, από τα οποία 22 είναι αυτοσωμικά και 1 είναι φυλετικό. Επομένως, αν πρόκειται για θηλυκό ανθρώπινο γαμέτη θα έχει σύσταση 22 Α +Χ, αν όμως πρόκειται για σπερματοζωάριο μπορεί να έχει σύσταση 22Α +Χ ή 22Α+Υ. Η διαφορετική σύσταση των γαμετών, ως προς τα φυλετικά χρωμοσώματα, διαφοροποιεί την ποσότητα του πυρηνικού γενετικού υλικού σε αυτούς, γιατί το Χ χρωμόσωμα είναι μεγαλύτερο του Υ.

---

**49.** Η γενετική πληροφορία είναι η καθορισμένη σειρά των βάσεων, όπως η πληροφορία μιας γραπτής φράσης είναι η σειρά των γραμμάτων που την αποτελούν. Η πληροφορία υπάρχει σε τμήματα του DNA με συγκεκριμένη ακολουθία, τα γονίδια. Η διατήρηση και η μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό εξασφαλίζονται με την αντιγραφή του DNA, ενώ η έκφραση των γενετικών πληροφοριών επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της σύνθεσης των πρωτεϊνών.

α. Να αναφέρετε τις πορείες που αποτελούν τη γονιδιακή έκφραση στα ευκαρυωτικά κύτταρα (μονάδες 3). Να γράψετε ονομαστικά τα ένζυμα που τοποθετούν ριβονουκλεοτίδια κατά τα στάδια της αντιγραφής και της μεταγραφής του DNA και να εξηγήσετε τον τρόπο δράσης τους (μονάδες 3).

β. Έστω μία χημική ένωση Χ, που χρησιμοποιείται ως αντιβιοτικό και η οποία αποτελεί ένα νουκλεοτίδιο που περιέχει την αζωτούχο βάση θυμίνη, με τη διαφορά ότι στο 3' άνθρακα δε διαθέτει ελεύθερη υδροξυλομάδα. Η ένωση αυτή μπορεί να διαπερνά την πλασματική μεμβράνη των μικροοργανισμών, εναντίον των οποίων χρησιμοποιείται ως αντιβιοτικό, αλλά όχι των ανθρώπινων κυττάρων. Να εξηγήσετε ποιο μηχανισμό των μικροοργανισμών πιστεύετε ότι παρεμποδίζει η ένωση Χ ώστε να διακόπτει την εξάπλωσή τους (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Οι πορείες της μεταγραφής ή/και της μετάφρασης των γονιδίων αποτελούν τη γονιδιακή έκφραση (τα γονίδια που κωδικοποιούν για rRNA, tRNA, snRNA μόνο μεταγράφονται). (Επιπρόσθετα μπορούν να αναφερθούν η ωρίμανση του mRNA και πιθανές μετα - μεταφραστικές τροποποιήσεις των πρωτεϊνών).

Κατά την αντιγραφή, επειδή οι DNA πολυμεράσες δεν έχουν την ικανότητα να αρχίσουν τη διαδικασία, ένα ειδικό σύμπλοκο ενζύμων, το πριμόσωμα, συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντι-

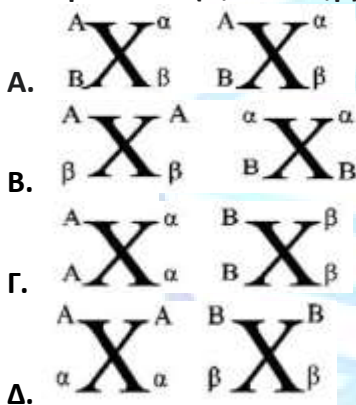


γραφής μικρά τμήματα RNA, τα πρωταρχικά τμήματα, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες.

Κατά τη μεταγραφή, η RNA πολυμεράση προσδένεται στον υποκινητή και προκαλεί τοπικό ξετύλιγμα της διπλής έλικας του DNA. Στη συνέχεια, το ένζυμο τοποθετεί ριβονουκλεοτίδια απέναντι από τα δεοξυριβονουκλεοτίδια της μιας αλυσίδας του DNA σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων.

β. Κατά την αντιγραφή, οι DNA πολυμεράσες τοποθετούν συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA. Οι DNA πολυμεράσες λειτουργούν μόνο προς καθορισμένη κατεύθυνση 5'→3' και τοποθετούν τα νουκλεοτίδια στο ελεύθερο 3' άκρο της δεοξυριβόζης του τελευταίου νουκλεοτιδίου κάθε αναπτυσσόμενης αλυσίδας. Συνεπώς η ουσία X, η οποία αποτελεί νουκλεοτίδιο θυμίνης, αλλά δε διαθέτει ελεύθερη 3' υδροξυλομάδα, παρεμποδίζει τον μηχανισμό της αντιγραφής των μικροοργανισμών με συνέπεια τον περιορισμό της εξάπλωσής τους (Δεν μπορεί να αναφερθεί η αντίστροφη μεταγραφή, γιατί σύμφωνα με την εκφώνηση οι μικροοργανισμοί διαθέτουν πλασματική μεμβράνη).

**50.** Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται ένα ζεύγος ομόλογων αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων. Ο γονότυπος του ατόμου είναι AaBb. Δίνεται ότι οι διαφορετικές γενετικές θέσεις των γονιδίων (A,α και B,β) βρίσκονται πάνω στο ίδιο χρωμόσωμα.



α. Να εξηγήσετε (χωρίς να ληφθεί υπόψη πιθανός επιχιασμός) ποιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων αναπαριστά σωστά τον τρόπο με τον οποίο τα γονίδια βρίσκονται πάνω στα χρωμοσώματα (μονάδες 4).

β. Να αναφέρετε ποιο είναι το λάθος στα άλλα ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων (μονάδες 6).

γ. Να αιτιολογήσετε ποιους διαφορετικούς γαμέτες μπορεί να δώσει αυτό το άτομο (μονάδες 3).

Μονάδες 13

α. Ως γονότυπος αναφέρεται το σύνολο των αλληλόμορφων γονιδίων ενός οργανισμού και ως αλληλόμορφα ορίζονται τα γονίδια που ελέγχουν τις διαφορετικές μορφές του ίδιου χαρακτήρα και βρίσκονται στην ίδια θέση (γενετικό τόπο) στα ομόλογα χρωμοσώματα. Τα σχήματα αναφέρονται σε ένα άτομο ετερόζυγο για δυο χαρακτήρες: γονότυπος Aa για τον A χαρακτήρα και Bb για το B χαρακτήρα. Τα γονίδια A και α είναι μεταξύ τους αλληλόμορφα και θα βρίσκονται στην ίδια γενετική θέση των ομόλογων χρωμοσωμάτων και το ίδιο θα ισχύει και για τα γονίδια B και β, τα οποία όμως θα εντοπίζονται σε διαφορετική θέση από τα A,α. Παρατηρείται ότι τα χρωμοσώματα είναι διπλασιασμένα και αποτελούνται από δύο, το καθένα, αδελφές χρωματίδες. Οι αδελφές χρωματίδες έχουν προέλθει από την αντιγραφή του DNA και είναι όμοιες μεταξύ τους (δε λαμβάνεται υπόψη ο επιχιασμός). Σύμφωνα με τα παραπάνω το σωστό ζεύγος χρωμοσωμάτων απεικονίζεται στο B.



β. Στο σχήμα Α, στις αδελφές χρωματίδες εντοπίζονται διαφορετικά γονίδια Α/α και Β/β. Στο σχήμα Γ, στο ίδιο χρωμόσωμα εντοπίζονται τα αλληλόμορφα του ενός χαρακτήρα (Α/α), ενώ στο ομόλογο, στις ίδιες γενετικές θέσεις εντοπίζονται τα αλληλόμορφα του διαφορετικού χαρακτήρα (Β/β). Επίσης οι αδελφές χρωματίδες φέρουν διαφορετικά γονίδια. Στο σχήμα Δ, παρατηρείται το ίδιο λάθος με το Γ, με τη διαφορά ότι οι αδελφές χρωματίδες φέρουν τα ίδια γονίδια.



γ. Κατά τη μείωση Ι, διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα. Κατά τη μείωση ΙΙ, διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες και προκύπτουν οι γαμέτες με γονιδιακή σύσταση: Αβ και αβ.

**51.** Οι μεμβράνες που δομούν το κύτταρο έχουν μια χαρακτηριστική σύσταση στην οποία κυριαρχούν τα λιπίδια -κυρίως φωσφολιπίδια- τα οποία συνδέονται με πρωτεΐνες, αλλά και με υδατάνθρακες. Αυτή η σύμπλοκη κατασκευή από μακρομόρια ονομάζεται απλή στοιχειώδης μεμβράνη.

α. Να αναφέρετε τρεις δομές (ή οργανίδια) του κυττάρου που διαθέτουν διπλή στοιχειώδη μεμβράνη (μονάδες 3), καθώς και δύο δομές (ή οργανίδια), τα οποία δε διαθέτουν μεμβράνη (μονάδες 3).

β. Να περιγράψετε τη μεμβράνη που περιβάλλει τον πυρήνα και να εξηγήσετε το ρόλο της (μονάδες 4). Να συσχετίσετε τον ρόλο της πυρηνικής μεμβράνης με το μετα-μεταγραφικό επίπεδο ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης του κυττάρου (μονάδες 2).

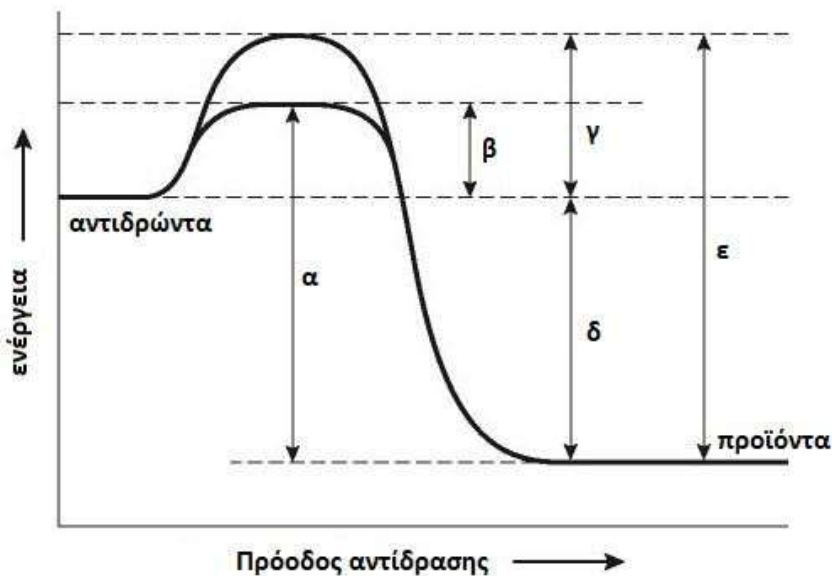
Μονάδες 12

α. Οι δομές του κυττάρου που διαθέτουν διπλή στοιχειώδη μεμβράνη είναι ο πυρήνας, οι χλωροπλάστες και τα μιτοχόνδρια. Οργανίδια που δε διαθέτουν μεμβράνη είναι ο πυρηνίσκος και το ριβόσωμα. Ο πυρήνας περιβάλλεται από τον πυρηνικό φάκελο ή πυρηνική μεμβράνη, που αποτελείται από δύο στοιχειώδεις μεμβράνες, μια εσωτερική και μια εξωτερική και η οποία έχει καθοριστική συμμετοχή στον έλεγχο των ουσιών που εισέρχονται ή εξέρχονται από τη συγκεκριμένη δομή. Η παρατήρηση του πυρηνικού φακέλου με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δείχνει ότι κατά διαστήματα παρουσιάζει πόρους, που σχηματίζονται από τη συνένωση της εσωτερικής με την εξωτερική μεμβράνη. Οι πυρηνικοί πόροι παίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία του πυρήνα με το κυτταρόπλασμα, γιατί ελέγχουν τα μακρομόρια που ανταλλάσσονται μεταξύ τους.

β. Στον πυρήνα πραγματοποιείται το πρώτο βήμα της ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης δηλαδή η μεταγραφή του DNA και η παραγωγή όλων των τύπων RNA. Επίσης, στο πυρηνόπλασμα πραγματοποιείται και το μετα-μεταγραφικό επίπεδο ρύθμισης, κατά το οποίο ελέγχεται η ωρίμανση των πρόδρομων mRNA. Τέλος, η πυρηνική μεμβράνη συμπεριλαμβάνεται στους μηχανισμούς του μετα-μεταγραφικού επιπέδου ρύθμισης της γονιδιακής έκφρασης, που αφορά στην ταχύτητα που το ώριμο mRNA αφήνει τον πυρήνα και εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα.

**59.** Για να πραγματοποιηθούν πολλές από τις χημικές αντιδράσεις στο περιβάλλον ή μέσα στους οργανισμούς, ακόμη και αυτές που τελικά αποδίδουν ενέργεια (εξώθερμες), πρέπει αρχικά να προσφερθεί ενέργεια στα αντιδρώντα μόρια. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης. Οι καμπύλες του διαγράμματος παρουσιάζουν τη μεταβολή στην ενέργεια των αντιδρώντων και των προϊόντων μορίων μιας εξώθερμης αντίδρασης, που πραγματοποιείται σε ένα κύτταρο. Πιο αναλυτικά, απεικονίζεται η ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης όταν αυτή καταλύεται από κάποιο ένζυμο καθώς και η ενέργεια ενεργοποίησης της ίδιας αντίδρα-

σης χωρίς την παρουσία του ενζυμικού καταλύτη.



α. Στο παραπάνω διάγραμμα, να επιλέξετε τις ενδείξεις που παριστάνουν την ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί στα αντιδρώντα μόρια στην αντίδραση χωρίς ενζυμικό καταλύτη (μονάδες 2) και στην αντίδραση που καταλύεται από ένζυμο (μονάδες 2), ώστε αυτή να πραγματοποιηθεί. Να εξηγήσετε γιατί οι δύο αυτές τιμές διαφέρουν (μονάδες 2).

β. Να εξηγήσετε ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα αν η παραπάνω αντίδραση γινόταν στο κύτταρο χωρίς την παρουσία ενζυμικού καταλύτη (μονάδες 3). Αν η αντίδραση μεταφερόταν εκτός κυττάρου και αποκλειόταν η παρουσία καταλύτη, να εξηγήσετε αν και με ποιο τρόπο θα μπορούσε αυτή να πραγματοποιηθεί (μονάδες 3).

Μονάδες 12

α. Στην αντίδραση χωρίς την παρουσία ενζυμικού καταλύτη, η ένδειξη που παριστάνει την ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί στα αντιδρώντα είναι η ένδειξη γ, ενώ η ένδειξη που παριστάνει την ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να προσφερθεί στα αντιδρώντα της αντίδρασης που καταλύεται από ένζυμο είναι η ένδειξη β. Η διαφορά στα δύο ποσά ενέργειας (β και γ) δικαιολογείται καθώς στις καταλυόμενες αντιδράσεις, τα ένζυμα με την παρουσία τους αυξάνουν την ταχύτητα των αντιδράσεων ακόμη και μέχρι 100 εκατομμύρια φορές, ελαττώνοντας την ενέργεια ενεργοποίησης. [Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των μορίων - υποστρωμάτων (αντιδρώντων μορίων) στο ενεργό κέντρο του ενζύμου].

β. Αν η αντίδραση γινόταν χωρίς την παρουσία ενζυμικού καταλύτη, ο χρόνος που θα απαιτούνταν για την ολοκλήρωσή της θα ήταν πολύ μεγάλος ή δεν θα πραγματοποιούνταν καθόλου. Εάν επιδιώκαμε την πραγματοποίηση της μη καταλυόμενης αντίδρασης στο εργαστήριο, έξω από το κύτταρο, αυτή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί προσφέροντας ενέργεια με την μορφή θερμότητας, η οποία ουσιαστικά αντικαθιστά την ενέργεια που προσφέρει στην αντίδραση το ένζυμο.

**62.** Οι πρωτεΐνες και τα πεπτίδια είναι θεμελιώδη συστατικά των κυττάρων που επιτελούν σημαντικές βιολογικές λειτουργίες. Δομικά, οι πρωτεΐνες και τα πεπτίδια εμφανίζουν μεγάλες ομοιότητες, καθώς αποτελούνται από αλυσίδες αμινοξέων που συγκρατούνται μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς. Ένα ολιγοπεπτίδιο αναλύθηκε για τον προσδιορισμό της πρωτοταγούς δομής του. Η αλληλουχία των αμινοξέων του βρέθηκε να είναι:

HOOC – ala - ala - his - gly - ser – NH<sub>2</sub>

όπου ser = σερίνη, his= ιστιδίνη, ala = αλανίνη, gly= γλυκίνη

α. Αν γνωρίζουμε ότι για τη δημιουργία κάθε πεπτιδικού δεσμού χάνεται ένα μόριο νερού, να προσδιορίσετε το μοριακό βάρος του ολιγοπεπτιδίου με βάση τις σχετικές μοριακές μάζες των αμινοξέων του παρακάτω πίνακα, λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η σχετική μοριακή μάζα του νερού είναι 18 (μονάδες 5) και να εξηγήσετε ποιο από τα αμινοξέα της πεπτιδικής αλυσίδας τοποθετήθηκε πρώτο κατά τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης (μονάδες 2).

Αμινοξέα	ala	gly	his	ser
Μοριακό βάρος	90	70	150	100

β. Έστω ότι ένα άλλο πεπτίδιο αποτελείται από τα ίδια είδη αμινοξέων. Να γράψετε δύο λόγους για τους οποίους θα εμφανίζει, πιθανότατα, διαφορετική λειτουργία από το προαναφερόμενο πεπτίδιο (μονάδες 6).

Μονάδες 13

α. Το πεπτίδιο αποτελείται από 5 αμινοξέα. Μεταξύ των αμινοξέων αναπτύσσονται 4 πεπτιδικοί δεσμοί οι οποίοι δημιουργούνται με την αντίδραση (συμπύκνωσης) μεταξύ της καρβοξυλομάδας του ενός και της αμινομάδας του άλλου. Από κάθε σύνδεση δύο αμινοξέων αφαιρείται ένα μόριο νερού. Το μοριακό βάρος του ολιγοπεπτιδίου προσδιορίζεται με βάση τον αριθμό και τη σχετική μοριακή μάζα κάθε αμινοξέος που το αποτελεί, αν αφαιρέσουμε το μοριακό βάρος ενός μορίου νερού ανά πεπτιδικό δεσμό:

$$Mr_{\text{ολιγοπεπτιδίου}} = 2 \times Mr_{\text{ala}} + 1 \times Mr_{\text{his}} + 1 \times Mr_{\text{gly}} + 1 \times Mr_{\text{ser}} - 4 \times 18 =$$

$$= (2 \times 90 + 1 \times 150 + 1 \times 70 + 1 \times 100) - 72 = 428$$

Κατά την τοποθέτηση των αμινοξέων σε μία πεπτιδική αλυσίδα το πρώτο αμινοξύ συνδέεται με το διπλανό του μέσω της καρβοξυλομάδας του. Άρα, έχει πάντα ελεύθερη την αμινομάδα του και το τελευταίο έχει ελεύθερη την καρβοξυλομάδα. Συνεπώς, το πρώτο αμινοξύ που τοποθετήθηκε ήταν η σερίνη.

β. Ένα διαφορετικό ολιγοπεπτίδιο με τα ίδια ακριβώς αμινοξέα μπορεί να εμφανίζει διαφορετική λειτουργία επειδή δημιουργείται διαφορετική πρωτοταγής δομή λόγω του διαφορετικού πλήθους των αμινοξέων που το αποτελούν σε συνδυασμό με τη διαφορετική σειρά (αλληλουχία) με την οποία έχουν συνδεθεί αυτά τα αμινοξέα. Έτσι, αλλάζει και η διαμόρφωση του πεπτιδίου στο χώρο, καθώς η δυνατότητα να σχηματιστούν δεσμοί αλυσίδας. Εφόσον αλλάζει η διαμόρφωση στο χώρο, αλλάζει και η λειτουργικότητά του.

**72.** Το γονιδίωμα των σωματικών κυττάρων του γορίλα (είδος *Gorilla gorilla*), ο οποίος είναι το μεγαλύτερο από όλα τα πρωτεύοντα που ζουν σήμερα, κατανέμεται σε 48 χρωμοσώματα, ενώ ο καθορισμός του φύλου γίνεται όπως και στον άνθρωπο.

α. Να υπολογίσετε τον αριθμό μορίων DNA (μονάδες 3) και τον αριθμό των βραχιόνων των συνολικών χρωμοσωμάτων (μονάδες 4) που θα υπάρχουν στον καρυότυπο του γορίλα, αιτιολογώντας την απάντησή σας.

β. Να προσδιορίσετε τον αριθμό και το είδος των χρωμοσωμάτων, καθώς και το συνολικό αριθμό μορίων DNA, που θα υπάρχουν σε ένα από τα θυγατρικά κύτταρα της 1ης μειωτικής διαίρεσης ενός άωρου γεννητικού κυττάρου αρσενικού γορίλα (μονάδες 3), καθώς και σε έναν από τους γαμέτες που θα προκύψουν στο τέλος της 2ης μειωτικής διαίρεσης (μονάδες 3).

Μονάδες 13

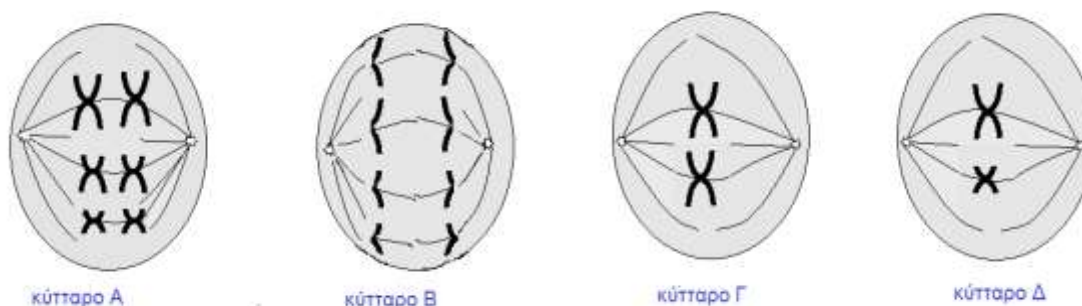
α. Ο καρυότυπος είναι η απεικόνιση των ομολόγων μεταφασικών χρωμοσωμάτων ενός οργανισμού, κατά ζεύγη και κατά ελαττούμενο μέγεθος. Στον καρυότυπο του γορίλα θα υπάρχουν 48 διπλασιασμένα χρωμοσώματα και επομένως 96 μόρια DNA. Επειδή το κεντρομερίδιο «διαί-



ρεί» κάθε χρωματίδα σε 2 βραχίονες (δηλ. κάθε διπλασιασμένο χρωμόσωμα σε τέσσερις βραχίονες) θα υπάρχουν  $96 \times 2 = 192$  βραχίονες.

β. Σε κάθε θυγατρικό κύτταρο της 1ης μειωτικής διαίρεσης θα υπάρχει ο μισός αριθμός χρωμοσωμάτων, δηλαδή 24 χρωμοσώματα, τα οποία θα είναι διπλασιασμένα. Από αυτά, τα 23 θα είναι αυτοσωμικά και ένα φυλετικό χρωμόσωμα που μπορεί να είναι είτε το X είτε το Y και θα υπάρχουν συνολικά 48 μόρια DNA. Στον γαμέτη θα υπάρχουν 24 μόρια DNA με μορφή ινιδίων χρωματίνης από τα οποία τα 23 θα είναι αυτοσωμικά και το ένα φυλετικό (X ή Y).

**113.** Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζονται τα κύτταρα Α, Β, Γ, Δ που απομονώθηκαν από τέσσερις διαφορετικούς διπλοειδείς οργανισμούς, αντίστοιχα. Τα κύτταρα βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια της κυτταρικής τους διαίρεσης. Τα κύτταρα Α και Δ πραγματοποιούν μείωση και τα κύτταρα Β και Γ μίτωση. Τα χρωμοσώματα που εμφανίζουν το ίδιο μέγεθος, αποτελούν ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων.



α. Να ονομάσετε τα στάδια της κυτταρικής διαίρεσης των παραπάνω κυττάρων (μονάδες 3) και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 3).

β. Να υπολογίσετε τον αριθμό των μορίων του πυρηνικού DNA που θα περιέχουν οι φυσιολογικοί γαμέτες που θα προκύψουν από τα κύτταρα που διαιρούνται μειωτικά (μονάδες 3) και να αναφέρετε με ποια μορφή θα βρίσκονται τα μόρια αυτά (μονάδες 3).

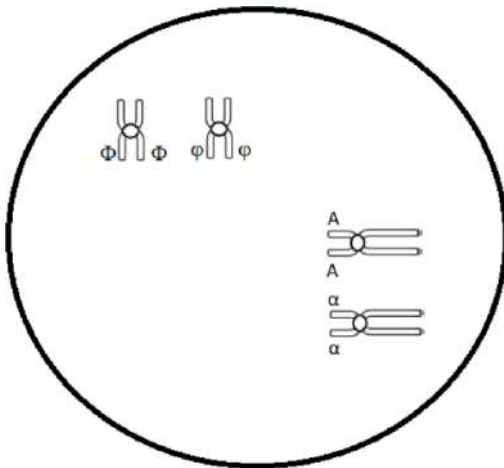
Μονάδες 12

α. Το κύτταρο Α απεικονίζει τη μετάφαση της πρώτης μειωτικής διαίρεσης λόγω της παρουσίας διπλού στοίχου ζευγών ομόλογων χρωμοσωμάτων στο ισημερινό επίπεδο. Το κύτταρο Β απεικονίζει την ανάφαση της μίτωσης, επειδή καθεμιά από τις αδελφές χρωματίδες ανεξαρτητοποιείται από την άλλη με τη διαίρεση του κεντρομεριδίου κάθε χρωμοσώματος. Το κύτταρο Γ απεικονίζει τη μετάφαση της μίτωσης επειδή τα χρωμοσώματα έχουν φτάσει στο ισημερινό επίπεδο, με τις αδελφές χρωματίδες κάθε χρωμοσώματος να έχουν τοποθετηθεί παράλληλα προς αυτό. Το κύτταρο αυτό περιέχει ένα ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων. Τέλος, το κύτταρο Δ, απεικονίζει ένα κύτταρο κατά τη δεύτερη μειωτική διαίρεση και συγκεκριμένα κατά τη μετάφαση II. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι στο ισημερινό επίπεδο του κυττάρου έχουν τοποθετηθεί δύο χρωμοσώματα μη ομόλογα, και επειδή πρόκειται για στάδιο μείωσης, όπως προκύπτει από την εκφώνηση, έχει ήδη προηγηθεί ο αποχωρισμός των ζευγών των ομόλογων χρωμοσωμάτων, δηλαδή το κύτταρο είναι απλοειδές.

β. Οι γαμέτες που θα προκύψουν από την ολοκλήρωση της μείωσης του κυττάρου Α θα περιέχουν 3 μόρια DNA ο καθένας ενώ οι γαμέτες που θα προκύψουν από την ολοκλήρωση της μείωσης του κυττάρου Δ θα περιέχουν 2 μόρια DNA. Τα μόρια αυτά θα βρίσκονται συσπειρωμένα με τη μορφή ινιδίων χρωματίνης.



**146.** Η μείωση αποτελεί τη διαδικασία χάρη στην οποία, είναι στατιστικά απίθανο εμείς και κάποιος από τα αδέρφια μας να έχουμε την ίδια συλλογή χρωμοσωμάτων και γονιδίων και από τους δύο γονείς, οπότε είναι μάλλον απίθανο να είμαστε πανομοιότυποι μεταξύ μας. Αυτή η γενετική ποικιλομορφία που χαρακτηρίζει τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς, έχει μεγάλη σημασία για την εξέλιξη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων από κύτταρο άνδρα που βρίσκεται στην πρόφαση I της μείωσης. Αν τα υπολειπόμενα αυτοσωμικά αλληλόμορφα  $\Phi$  και  $\alpha$  είναι υπεύθυνα για τη φαινυλκετονουρία και τον αλφισμό αντίστοιχα, ενώ τα φυσιολογικά αλληλόμορφα είναι τα  $\Phi$  και  $A$ :



α. Να αναφέρετε ποιος είναι ο γονότυπος και ποιος ο φαινότυπος του άνδρα για τα χαρακτηριστικά αυτά (μονάδες 4).

β. Μετά την φυσιολογική ολοκλήρωση της μείωσης στο άτομο αυτό, να προσδιορίσετε πόσα κύτταρα θα προκύψουν (μονάδα 1), πόσα από αυτά θα είναι λειτουργικά (μονάδα 1) και ποιος θα είναι ο αριθμός των χρωμοσωμάτων κάθε φυσιολογικού γαμέτη (μονάδες 2).

γ. Να αιτιολογήσετε ποια θα είναι η σύσταση των γαμετών του άνδρα ως προς τα γονίδια της φαινυλκετονουρίας και του αλφισμού (μονάδες 4).

Μονάδες 12

α. Ο γονότυπος του συγκεκριμένου άνδρα όπως φαίνεται από την εικόνα είναι  $\Phi\Phi A\alpha$ . Όσον αφορά στον φαινότυπο ως προς την ασθένεια της φαινυλκετονουρίας ο άνδρας αυτός δεν εκδηλώνει την ασθένεια (είναι φορέας του αλληλόμορφου που είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση της ασθένειας) και ως προς τον αλφισμό είναι επίσης φυσιολογικός (είναι φορέας του αλληλόμορφου που είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση της ασθένειας).

β. Μετά την φυσιολογική ολοκλήρωση της μείωσης στο άτομο αυτό θα προκύψουν τέσσερα κύτταρα. Σε ό,τι αφορά τον άνθρωπο, και οι τέσσερις αρσενικοί γαμέτες, δηλαδή τα σπερματοζωάρια, είναι λειτουργικοί (Αντίθετα, στη γυναίκα ένας μόνο από τους τέσσερις γαμέτες είναι λειτουργικός, δηλαδή το ωάριο).

Με τη μείωση κάθε γονέας παράγει τους γαμέτες του, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή απλοειδή. Επομένως ο αριθμός των χρωμοσωμάτων κάθε φυσιολογικού γαμέτη θα είναι 23 χρωμοσώματα.

γ. Επειδή κάθε χρωμόσωμα από τα μέλη κάθε ζευγαριού ομόλογων μπορεί να κατευθυνθεί είτε προς τον έναν είτε προς τον άλλο πόλο, είναι δυνατός ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών συνδυασμών. Το φαινόμενο αυτό, που λέγεται ανεξάρτητος συνδυασμός των χρωμοσωμάτων, είναι ένας μηχανισμός αναδιανομής των γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά, μη ομόλογα, χρωμοσώματα. Το ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων, όπου εδράζονται τα αλληλόμορφα  $A$  και  $\alpha$  για τον αλφισμό, διαχωρίζεται ανεξάρτητα από το ζεύγος των ομόλογων χρωμοσωμάτων με τα αλληλόμορφα  $\Phi$  και  $\phi$  για τη φαινυλκετονουρία. Συνεπώς, οι γαμέτες θα έχουν σύσταση  $A\Phi$  ή  $A\phi$  ή  $\alpha\Phi$  ή  $\alpha\phi$ .

**152.** Η πολυπλοειδία αποτελεί αριθμητική χρωμοσωμική ανωμαλία κατά την οποία τα κύτταρα ενός οργανισμού φέρουν περισσότερες από δύο σειρές ομόλογων χρωμοσωμάτων. Οι πολυ-

πλοειδίες απαντώνται συχνά στα φυτά, αποτελώντας σημαντικό παράγοντα εξέλιξης, και μπορούν, για παράδειγμα, να προκύψουν από τη σύντηξη μη φυσιολογικών γαμετών ατόμων του ίδιου (αυτοπολυπλοειδία) ή συγγενικών ειδών (αλλοπλοειδία). Αντίθετα, στα περισσότερα είδη ζώων, οι πολυπλοειδίες συμβαίνουν σπάνια. Σε ένα διπλοειδικό φυτικό οργανισμό μετρήθηκαν 14 χρωμοσώματα ( $2n=14$ ), ενώ σε ένα άλλο τετραπλοειδικό φυτό, 28 χρωμοσώματα ( $4n=28$ ). Από τη διασταύρωση των δύο φυτών προέκυψε υβρίδιο που είχε το πλεονέκτημα παραγωγής μεγαλύτερου μεγέθους καρπών από τα αρχικά φυτά.

α. Να εξηγήσετε το πλήθος των χρωμοσωμάτων που περιέχονται στους γαμέτες του διπλοειδικού και του τετραπλοειδικού φυτού, καθώς και στα σωματικά κύτταρα του υβριδικού φυτού, με δεδομένο ότι η μείωση πραγματοποιείται κανονικά στα δύο πρώτα φυτά (μονάδες 6).

β. Να περιγράψετε ένα μηχανισμό με τον οποίο θα μπορούσε να προκύψει τριπλοειδικό ζυγωτό ανθρώπου, δηλαδή ένα ζυγωτό με αριθμό χρωμοσωμάτων  $3n$  (όπου  $n$  ο απλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων) (μονάδες 3) και να εξηγήσετε ποια διαφορά υπάρχει σε σχέση με το ζυγωτό ατόμου που εμφάνισε τρισωμία σε κάποιο αυτοσωμικό ή φυλετικό του χρωμόσωμα (μονάδες 3).

Μονάδες 12

α. Με τη μείωση κάθε άτομο της πατρικής γενιάς παράγει τους γαμέτες του, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που φέρουν το μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή απλοειδή. Συνεπώς, οι γαμέτες που θα προκύψουν από τη μείωση του φυτικού είδους με τα 14 χρωμοσώματα θα περιέχουν τη μισή ποσότητα γενετικού υλικού και θα έχουν 7 χρωμοσώματα. Αντίστοιχα, οι γαμέτες του φυτού με τα 28 χρωμοσώματα, θα έχουν 14 χρωμοσώματα.

Με τη γονιμοποίηση ο αρσενικός γαμέτης και ο θηλυκός γαμέτης συνενώνονται σε ένα νέο κύτταρο, το ζυγωτό, από το οποίο, με συνεχείς μιτωτικές διαιρέσεις, προκύπτει ο νέος οργανισμός. Το υβριδικό, λοιπόν, φυτό, θα προκύψει από τη γονιμοποίηση των προηγούμενων γαμετών και θα έχει συνολικά 21 χρωμοσώματα στα σωματικά του κύτταρα.

β. Ένας μηχανισμός με τον οποίο μπορεί να προκύψει τριπλοειδικό ζυγωτό είναι κατά την μείωση I να μη γίνει ο διαχωρισμός όλων των ζευγών των ομόλογων χρωμοσωμάτων, όποτε το ένα από τα μειοκύτταρα που θα προκύψει θα έχει 46 διπλασιασμένα χρωμοσώματα (92 μόρια DNA) και στη μείωση II θα δώσει γαμέτες με 46 μόρια DNA. Η γονιμοποίηση αυτών των γαμετών με φυσιολογικό γαμέτη με 23 μόρια DNA θα οδηγήσει σε τριπλοειδικό ζυγωτό με  $46+23= 96$  μόρια DNA ( $3n$ ). (Εναλλακτικά μπορεί να συμβεί στη μείωση II, μη διαχωρισμός των χρωματίδων και των 23 χρωμοσωμάτων με αποτέλεσμα να προκύψει πάλι μη φυσιολογικός γαμέτης με 46 μόρια DNA). Σε αντίθεση με το τριπλοειδικό ζυγωτό που περιέχει σε τρεις δόσεις όλο το γονιδίωμα ( $3n$ ), το ζυγωτό του ανθρώπου που παρουσιάζει τρισωμία εμφανίζει σε τρεις δόσεις ένα μόνο (αυτοσωμικό ή φυλετικό) χρωμόσωμα και επομένως περιέχει 47 χρωμοσώματα.

**156.** Οι τεχνικές της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας έχουν αποκαλύψει ότι το κυτταρόπλασμα των ευκαρυωτικών κυττάρων διασχίζεται από ένα πολύμορφο πλέγμα ινιδίων, τα οποία συγκροτούν τον κυτταρικό σκελετό. Χάρη στον κυτταρικό σκελετό, που αποτελείται από μικροϊνίδια, μακροϊνίδια, ενδιάμεσα ινίδια και μικροσωληνίσκους, τα κύτταρα υποστηρίζονται μηχανικά, μπορούν να διατηρούν το σχήμα τους, να το μεταβάλλουν, αλλά και να πραγματοποιούν την κίνηση οργανιδίων και άλλων δομών. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζουν τα ινίδια αυτά και κατά την κυτταρική διαίρεση.

α. Να περιγράψετε συνοπτικά τον ρόλο των μικροσωληνίσκων στην κυτταρική διαίρεση (μονάδες 7).

β. Να εξηγήσετε ποιος άλλος τύπος ινιδίων του κυτταρικού σκελετού συμμετέχει στην κυτταροπλασματική διαίρεση (μονάδες 3) και να περιγράψετε με ποιο τρόπο γίνεται η διανομή του γενετικού υλικού κατά τη διαίρεση των βακτηρίων (μονάδες 3).

Μονάδες 13

α. Στην πρόφαση της μίτωσης καθώς και στην πρόφαση I και πρόφαση II της μείωσης σχηματίζεται η άτρακτος, η οποία στα ζωικά κύτταρα γίνεται με τη βοήθεια του κεντροσωματίου, που έχει ήδη διπλασιαστεί κατά τη μεσόφαση. Τα δύο κεντροσωμάτια μετακινούνται προς τους δύο πόλους. Από κάθε κεντροσωμάτιο προβάλλουν ακτινωτά νημάτια, οι μικροσωληνίσκοι, που σχηματίζουν την άτρακτο και οι οποίοι συμμετέχουν στην κίνηση των χρωμοσωμάτων ή των χρωματίδων, ανάλογα με τη φάση της κυτταρικής διαίρεσης. Στα φυτικά κύτταρα, επειδή δε διαθέτουν κεντροσωμάτια, η άτρακτος δεν οργανώνεται από αυτά.

Στα φυτικά κύτταρα για να πραγματοποιηθεί η κυτταροπλασματική διαίρεση, στο τέλος της ανάφασης, στην περιοχή του ισημερινού επιπέδου, αρχίζει να δημιουργείται από μικροσωληνίσκους ένα πλέγμα, ο φραγμοπλάστης. Από τον φραγμοπλάστη θα προκύψουν τα κυτταρικά τοιχώματα των δύο θυγατρικών κυττάρων.

β. Στα ζωικά κύτταρα, για να πραγματοποιηθεί η κυτταροπλασματική διαίρεση, στο ύψος του ισημερινού επιπέδου του κυττάρου, σχηματίζεται ένας περιφερικός δακτύλιος από ινίδια ακτίνης. Ο δακτύλιος αυτός με την πάροδο του χρόνου στενεύει όλο και περισσότερο, ώσπου να διχοτομήσει τελικά το κύτταρο (αυλάκωση).

Στα βακτήρια, τα δύο «χρωμοσώματα», που έχουν προκύψει από την αντιγραφή του γενετικού υλικού, μοιράζονται στα θυγατρικά κύτταρα με τη βοήθεια της κυτταρικής μεμβράνης, χωρίς τη δημιουργία ατράκτου. Τη διανομή του γενετικού υλικού ακολουθεί η διαίρεση του κυτταροπλάσματος.

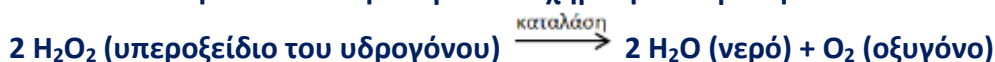
**161.** Το ένζυμο καταλάση φυσιολογικά εντοπίζεται και δρα στα υπεροξειδιοσώματα, που είναι ειδικά μικρά σφαιρικά οργανίδια των ευκαρυωτικών κυττάρων. Συμμετέχει σε μια σημαντική αντίδραση του μεταβολισμού, η οποία στοχεύει στην απενεργοποίηση μιας τοξικής ουσίας, που παράγεται στα κύτταρα, και είναι λειτουργικό μεταξύ των θερμοκρασιών 20-55<sup>0</sup> C. Στα πλαίσια του μαθήματος για τα ένζυμα, ο καθηγητής Βιολογίας παρουσίασε στους μαθητές του ένα πείραμα για να μελετήσουν τις ιδιότητες του ενζύμου καταλάση. Χρησιμοποίησε μικρά κομμάτια ίδιου βάρους από συκώτι ζώου (τα κύτταρα των οποίων είναι πλούσια σε υπεροξειδιοσώματα), οξυζενέ και δοκιμαστικούς σωλήνες. Στον πρώτο σωλήνα, αφού πρόσθεσε ορισμένη ποσότητα οξυζενέ, έριξε ένα από τα κομμάτια συκωτιού και τον τοποθέτησε στους 37<sup>0</sup> C. Λίγα λεπτά αργότερα όλοι παρατήρησαν έντονη παραγωγή φυσαλίδων.

α. Να γράψετε τη χημική αντίδραση που καταλύει η καταλάση (μονάδες 3). Να ονομάσετε τη χημική ένωση που προσδένεται στο ενεργό κέντρο της καταλάσης και περιέχεται στο οξυζενέ (μονάδες 2), καθώς και το αέριο που σχηματίζεται κατά τη δράση του ενζύμου και δημιουργεί τις παρατηρούμενες φυσαλίδες (μονάδα 1).

β. Να προβλέψετε, εξηγώντας την απάντησή σας, αν θα σχηματιστούν φυσαλίδες ή όχι στους παρακάτω δοκιμαστικούς σωλήνες που περιέχουν: i) συκώτι και νερό, αντί για οξυζενέ, ii) βρασμένο συκώτι και οξυζενέ και iii) συκώτι και οξυζενέ και ο σωλήνας έχει τοποθετηθεί σε θερμοκρασία 30<sup>0</sup> C (μονάδες 6).

Μονάδες 12

α. Η καταλάση καταλύει την παρακάτω χημική αντίδραση:



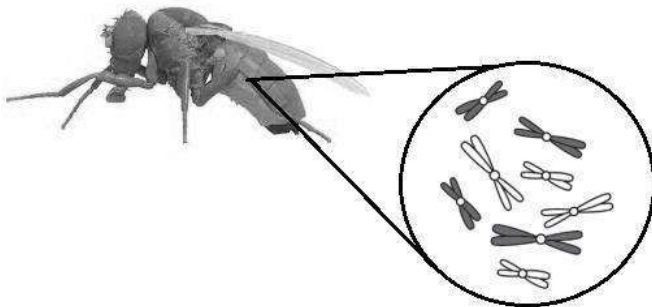
Η χημική ένωση που προσδένεται στο ενεργό της κέντρο ως αντιδρών μόριο ή υπόστρωμα της



αντίδρασης, και περιέχεται στο οξυζενέ είναι το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ). Το αέριο που σχηματίζεται είναι το οξυγόνο [σημείωση: υδρατμοί δεν θα σχηματιστούν λόγω του ότι η θερμοκρασία που συμβαίνει το πείραμα είναι στους  $37^{\circ}C$  και όχι στους  $100^{\circ}C$  (θερμοκρασία βρασμού του νερού)].

β. Για να σχηματιστούν φυσαλίδες, δηλαδή να παραχθεί οξυγόνο, θα πρέπει να γίνει η παραπάνω χημική αντίδραση στα κύτταρα του συκωτιού. Στον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα, δεν έχει προστεθεί οξυζενέ, το οποίο περιέχει το υπόστρωμα της αντίδρασης, άρα η αντίδραση δεν θα γίνει και δεν θα παρατηρηθούν φυσαλίδες. Στον δεύτερο σωλήνα, το συκώτι είναι βρασμένο. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι πρωτεΐνες και κατ' επέκταση τα ένζυμα (επομένως και η καταλάση) στα κύτταρα του συκωτιού έχουν υποστεί μετουσίωση και δεν λειτουργούν. Συνεπώς, επίσης δεν θα παρατηρηθούν φυσαλίδες. Στον τρίτο σωλήνα, υπάρχουν όλα τα απαραίτητα συστατικά για την πραγματοποίηση της αντίδρασης. Το ένζυμο θα είναι λειτουργικό στους  $30^{\circ}C$  με βάση την εκφώνηση, άρα, θα σχηματιστούν φυσαλίδες.

**173.** Η μύγα Δροσόφιλα (*Drosophila melanogaster*) χρησιμοποιείται ως πρότυπος οργανισμός για περισσότερο από έναν αιώνα σε μελέτες γενετικής, εμβρυολογίας, γήρανσης, ακόμη και σε πειράματα νευρολογίας που αφορούν στη μάθηση και στη συμπεριφορά.



α. Η μύγα φέρει σε ένα σωματικό της κύτταρο, κατά τη μετάφαση της μίτωσης, οκτώ χρωμοσώματα με συνολικό μήκος γονιδιώματος  $6,4 \times 10^8$  ζεύγη βάσεων. Να προσδιορίσετε τον αριθμό των μορίων DNA και των φωσφοδιεστερικών δεσμών του πυρηνικού DNA σε ένα φυσιολογικό γαμέτη του εντόμου (μονάδες 2), αιτιολογώντας την απάντησή σας (μονάδες 4).

β. Να γράψετε πόσοι διαφορετικοί γαμέτες (από άποψη χρωμοσωμικής σύστασης) πιστεύετε ότι θα μπορούσαν να παραχθούν, ως αποτέλεσμα του ανεξάρτητου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων (χωρίς να ληφθούν υπόψη πιθανοί επιχιασμοί) από ένα φυσιολογικό άτομο δροσόφιλας (μονάδες 2) και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

Μονάδες 12

α. Οι γαμέτες των ανώτερων οργανισμών, που είναι απλοειδείς, περιέχουν τον μισό αριθμό χρωμοσωμάτων από τα σωματικά κύτταρα, που είναι διπλοειδή. Κάθε χρωμόσωμα στον γαμέτη αντιπροσωπεύεται από ένα ινίδιο χρωματίνης δηλαδή ένα (γραμμικό) μόριο DNA. Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων του γαμέτη είναι τέσσερα, όσα δηλαδή και τα μόρια DNA γιατί το διπλοειδές σωματικό κύτταρο έχει 8 χρωμοσώματα. Με δεδομένο ότι, ο αριθμός των ζευγών βάσεων στα διπλασιασμένα χρωμοσώματα κατά τη μετάφαση αντιστοιχεί σε  $6,4 \times 10^8$ , σε ένα διπλοειδές κύτταρο πριν την αντιγραφή του DNA αντιστοιχούν σε  $3,2 \times 10^8$  και συνεπώς σε ένα απλοειδές κύτταρο (γαμέτη), το συνολικό γονιδίωμα θα αποτελείται από  $1,6 \times 10^8$  ζεύγη βάσεων DNA, που είναι οργανωμένα σε τέσσερα χρωμοσώματα. Κάθε χρωμόσωμα στο γαμέτη αντιπροσωπεύεται από ένα μόριο DNA, γραμμικό εφόσον είναι ευκαρυωτικός οργανισμός, όπου οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί είναι κατά δύο λιγότεροι από τον συνολικό αριθμό των νουκλεοτιδίων του μορίου (που είναι  $3,2 \times 10^8$ ). Άρα οι συνολικοί φωσφοδιεστερικοί δεσμοί σε έναν φυσιολογικό γαμέτη θα είναι  $3,2 \times 10^8 - 8$ .

β. Θα μπορούσαν να παραχθούν 16 ( $2^4$ ) διαφορετικοί γαμέτες ως αποτέλεσμα του ανεξάρτητου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, αν ο απλοειδής αριθμός χρωμοσωμάτων συμβολίζεται με  $n$  τότε ο διπλοειδής, αντίστοιχα, θα συμβολίζεται με  $2n$ . Στην δροσόφιλα  $n = 4$  και  $2n = 8$ . Όταν ένα κύτταρο με  $2n$  χρωμοσώματα υφίσταται μείωση για την παραγωγή γαμετών, τότε οι διαφορετικοί συνδυασμοί μη ομόλογων χρωμοσωμάτων που μπορούν να εμφανιστούν σε διαφορετικούς γαμέτες (απλοειδή κύτταρα) είναι  $2^n$ .

---

