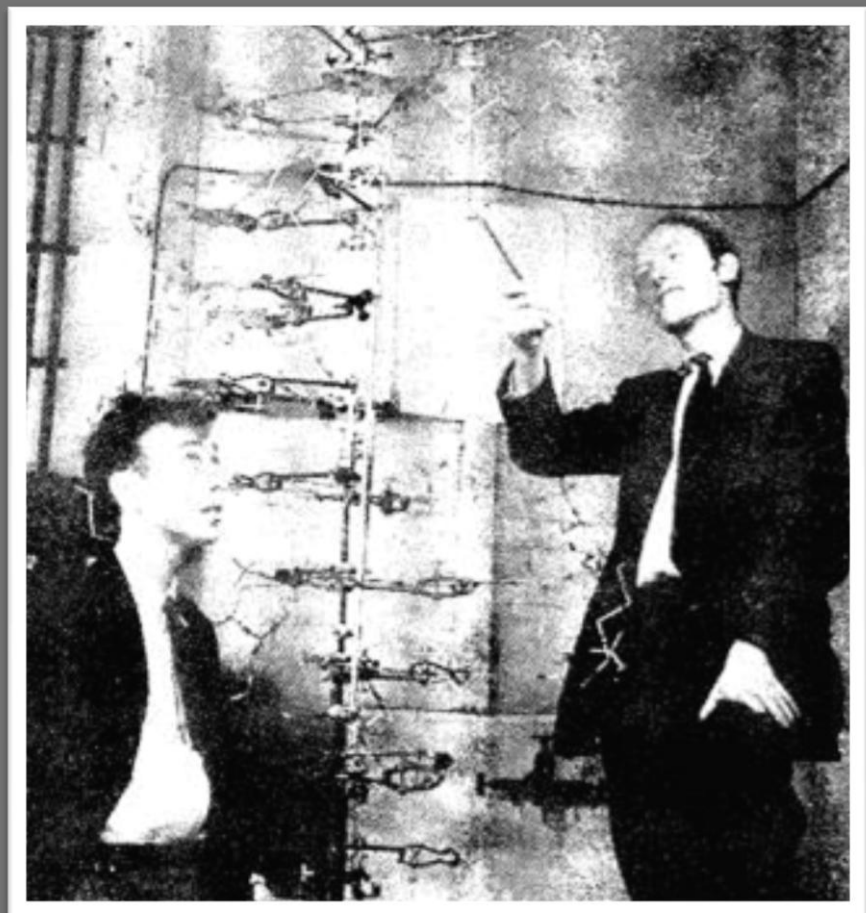
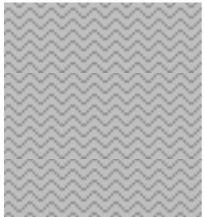
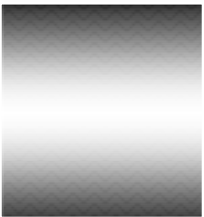


1

# Βιολογία Θετικής Κατεύθυνσης Γ' Γενικού Λυκείου



ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΠΑΝΟΣ  
2<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Κορίνθου



## **ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ**

**ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**  
**Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Το Γενετικό Υλικό**

**Εκπαιδευτικοί στόχοι:**

**Μετά την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει να μπορεί:**

- Να αναγνωρίζει το DNA ως το γενετικό υλικό
- Να αναφέρει τη χημική σύσταση του DNA
- Να περιγράφει τη δομή του DNA και να εξηγεί τη σημασία της για τις λειτουργίες του μορίου
- Να αναφέρει τις λειτουργίες του γενετικού υλικού
- Να περιγράφει τον τρόπο οργάνωσης του γενετικού υλικού στους προκαρυωτικούς και τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς.
- Να σχεδιάζει ένα μεταφασικό χρωμόσωμα
- Να γνωρίζει τον καρύοτυπο και να εξηγεί τη σημασία του.
- Να διακρίνει το γενετικό υλικό του πυρήνα από αυτό των ημιαυτόνομων οργανιδίων
- Να εξηγεί τις διάφορες μορφές που παίρνει η χρωματίνη κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου
- Να περιγράφει συνοπτικά τον τρόπο με τον οποίο παρασκευάζεται ένας καρύοτυπος και να εξηγεί τις εφαρμογές του.
- Να διακρίνει τα αυτοσωμικά από τα φυλετικά χρωμοσώματα.
- 

**Από την Β Λυκείου πρέπει να γνωρίζω**

1. Τι είναι πρωτεΐνες και τι νουκλεϊκά οξέα.
2. Το μηχανισμό συμπύκνωσης και υδρόλυσης και τα αποτελέσματα του καθένα από αυτούς.
3. Τι είναι κυτταρικός κύκλος και ποιες οι φάσεις του.
4. Τι είναι μίτωση και από ποιες φάσεις αποτελείται.
5. Τι είναι σωματικά και τι γεννητικά κύτταρα.
6. Πολυκύτταροι και μονοκύτταροι οργανισμοί.
7. Μίτωση και μείωση και στόχος κάθε διαδικασίας.
8. Προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά κύτταρα.
9. Τα βασικά κυτταρικά οργανίδια του ευκαρυωτικού κυττάρου.

**Το DNA είναι το γενετικό υλικό**

**Π**αρ' όλο που το DNA εντοπίστηκε στον πυρήνα των κυττάρων το 1869, έως και το 1944 δεν ήταν γνωστό ότι αποτελεί το γενετικό υλικό των οργανισμών. Οι επιστήμονες πίστευαν ότι τα μόρια που μεταφέρουν τη γενετική πληροφορία είναι οι πρωτεΐνες, που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία, επειδή είναι αποτέλεσμα συνδυασμού είκοσι διαφορετικών αμινοξέων, ενώ τα νουκλεϊκά οξέα είναι συνδυασμός τεσσάρων μόνο νουκλεοτιδίων!

Το 1928 ο **Griffith** χρησιμοποίησε δύο στελέχη του βακτηρίου πνευμονιόκοκκος (**Diplococcus pneumoniae**), τα οποία ξεχωρίζουν μορφολογικά, όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό, λόγω της παρουσίας ή μη ενός προστατευτικού καλύμματος. Το στέλεχος που είχε κάλυμμα σχημάτιζε λείες αποικίες και ήταν παθογόνο, δηλαδή σκότωνε τα ποντίκια που μόλυνε, ενώ εκείνο που δεν είχε κάλυμμα, σχημάτιζε αδρές αποικίες και δεν ήταν παθογόνο.

Ο **Griffith** χρησιμοποίησε υψηλή θερμοκρασία, για να σκοτώσει τα λεία βακτήρια και με αυτά μόλυνε ποντικούς, οι οποίοι παρέμεναν ζωντανοί. Όταν όμως ανέμιξε νεκρά λεία βακτήρια με ζωντανά αδρά και με το μείγμα μόλυνε ποντικούς, τότε αυτοί πέθαναν. Στο αίμα των νεκρών ποντικών βρέθηκαν ζωντανά λεία βακτήρια. Ο **Griffith** συμπέρανε ότι μερικά αδρά βακτήρια «μετασχηματίστηκαν» σε λεία παθογόνα ύστερα από αλληλεπίδραση με τα νεκρά λεία βακτήρια, αλλά δεν μπόρεσε να δώσει ικανοποιητική απάντηση για το πώς γίνεται αυτό.

1928 πείραμα του Griffith		
Ζωντανά λεία βακτήρια (με κάλυμμα) παθογόνο		Ποντικός (☉)
Ζωντανά αδρά βακτήρια (χωρίς κάλυμμα) δεν είναι παθογόνο		Ποντικός (E)
Νεκρά λεία βακτήρια (Θέρμανση)		Ποντικός (E)
Ζωντανά αδρά βακτήρια	Νεκρά λεία βακτήρια	Ποντικός (☉)

Η απάντηση δόθηκε το 1944, όταν οι Avery, Mac-leod, και McCarty επανέλαβαν τα πειράματα του **Griffith** in vitro. Οι ερευνητές διαχώρισαν τα συστατικά των νεκρών λείων βακτηρίων σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, RNA, DNA κτλ. και έλεγξαν ποιο από αυτά είχε την ικανότητα μετασχηματισμού. Διαπίστωσαν ότι το συστατικό που προκαλούσε το μετασχηματισμό των αδρών βακτηρίων σε λεία ήταν το DNA. Την ίδια εποχή υπήρχαν πολλά βιοχημικά δεδομένα που υποστήριζαν ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό.

- Η ποσότητα του DNA σε κάθε οργανισμό είναι σταθερή και δε μεταβάλλεται από αλλαγές στο περιβάλλον. Η ποσότητα του DNA είναι επίσης ίδια σε όλα τα είδη κυττάρων ενός οργανισμού όπως στην περίπτωση του ανθρώπου σε αυτά του σπλήνα, της καρδιάς, του ήπατος κτλ.

## **ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**

- Οι γαμέτες των ανώτερων οργανισμών, που είναι απλοειδείς, περιέχουν τη μισή ποσότητα DNA από τα σωματικά κύτταρα, που είναι διπλοειδή.
- Η ποσότητα του DNA είναι, κατά κανόνα, ανάλογη με την πολυπλοκότητα του οργανισμού. Συνήθως, όσο εξελικτικά ανώτερος είναι ο οργανισμός τόσο περισσότερο DNA Περιέχει σε κάθε κύτταρό του.

Η οριστική επιβεβαίωση ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό ήλθε το 1952 με τα κλασικά πειράματα των **Hershey και Chase** οι οποίοι μελέτησαν τον κύκλο ζωής του βακτηριοφάγου T<sub>2</sub>. Οι ερευνητές ιχνηθέτησαν τους φάγους με ραδιενεργό<sup>35</sup>S, που ανιχνεύει τις πρωτεΐνες αλλά όχι το DNA, και με ραδιενεργό <sup>32</sup>P, που ενσωματώνεται μόνο στο DNA αλλά όχι στις πρωτεΐνες. Στη συνέχεια με ραδιενεργούς φάγους μόλυναν βακτήρια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο το DNA των φάγων εισέρχεται στα βακτηριακά κύτταρα και είναι ικανό να «δώσει τις απαραίτητες εντολές», για να πολλαπλασιαστούν και να παραχθούν οι νέοι φάγοι.

### **Επεξήγηση εννοιών και όρων:**

**Αποικία:** είναι ένα σύνολο από μικροοργανισμούς που έχουν προέλθει από διαδοχικές διαιρέσεις ενός κυττάρου όταν αυτό αναπτύσσεται σε στερεό θρεπτικό υλικό και είναι ορατές με γυμνό οφθαλμό.

**Απλοειδή:** Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο.

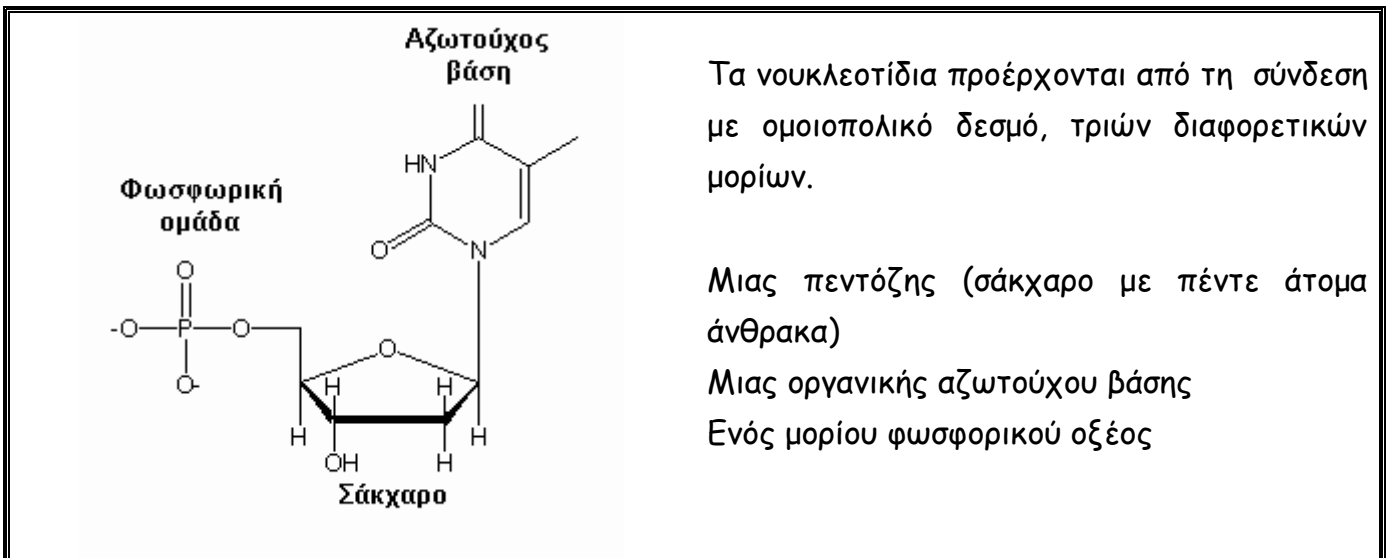
**Διπλοειδή:** Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε δύο αντίγραφα.

**In vivo:** Έκφραση που χρησιμοποιείται για την περιγραφή βιολογικής διαδικασίας, όταν αυτή πραγματοποιείται μέσα σε ζωντανό οργανισμό

**In vitro:** Έκφραση που χρησιμοποιείται για την περιγραφή βιολογικής διαδικασίας, όταν αυτή πραγματοποιείται στο δοκιμαστικό σωλήνα

### Το DNA και το RNA αποτελείται από νουκλεοτίδια που ενώνονται με φωσφοδιεστερικό δεσμό

Το DNA, όπως και το RNA, είναι ένα μακρομόριο, που αποτελείται από **νουκλεοτίδια**. Κάθε νουκλεοτίδιο του DNA αποτελείται από μία πεντόζη, τη δεοξυριβόζη, ενωμένη με μια φωσφορική ομάδα και μια αζωτούχο βάση. Στα νουκλεοτίδια του DNA η αζωτούχος βάση μπορεί να είναι μια από τις: αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και θυμίνη (T).



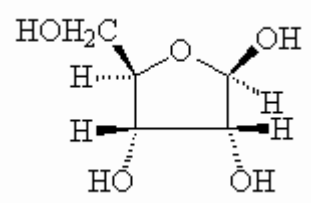
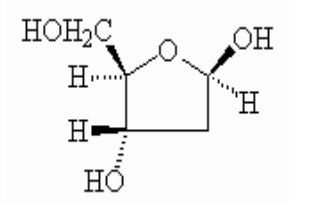
Σε κάθε νουκλεοτίδιο η αζωτούχος βάση συνδέεται με τον 1' άνθρακα της δεοξυριβόζης και η φωσφορική ομάδα με τον 5' άνθρακα. Μια **πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα** σχηματίζεται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων με ομοιοπολικό δεσμό. Ο δεσμός αυτός δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου νουκλεοτιδίου. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται **3' - 5' φωσφοδιεστερικός δεσμός**. Με τον τρόπο αυτό η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που δημιουργείται έχει ένα σκελετό, που αποτελείται από επανάληψη των μορίων φωσφορική ομάδα-πεντόζη-φωσφορική ομάδα-πεντόζη. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των νουκλεοτιδίων από τα οποία αποτελείται η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, το πρώτο της νουκλεοτίδιο έχει πάντα μια ελεύθερη φωσφορική ομάδα συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του και το τελευταίο νουκλεοτίδιο της έχει ελεύθερο το υδροξύλιο του 3' άνθρακα της πεντόζης του. Για το λόγο αυτό αναφέρεται ότι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι  $5' \rightarrow 3'$

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

### Συμπληρωματικές γνώσεις

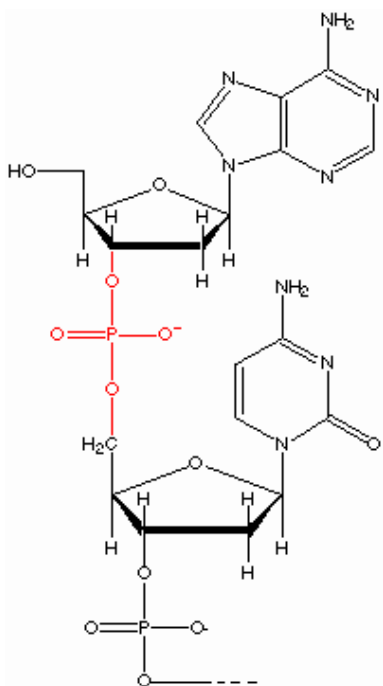
#### 1. Ποιες είναι οι δομικές διαφορές ανάμεσα στα ριβονουκλεοτίδια και στα δεοξυριβονουκλεοτίδια

Τα ριβονουκλεοτίδια έχουν ως πεντόζη τη ριβόζη και την αζωτούχα βάση Ουρακίλη (U), ενώ τα δεοξυριβονουκλεοτίδια έχουν ως πεντόζη τη δεοξυριβόζη και την αζωτούχα βάση Θυμίνη (T).

Ριβονουκλεοτίδια		Δεοξυριβονουκλεοτίδια	
	Τα νουκλεοτίδια του RNA επιέχουν την πεντόζη ριβόζη		Τα νουκλεοτίδια του DNA περιέχουν την πεντόζη δεοξυριβόζη

#### 2. Πως συνδέονται μεταξύ τους τα νουκλεοτίδια μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας;

Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται από την ένωση πολλών νουκλεοτιδίων με ομοιοπολικό δεσμό. Ο δεσμός αυτός δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου νουκλεοτιδίου. Ο δεσμός αυτός ονομάζεται 3' - 5' φωσφοδιεστερικός δεσμός. Με τον τρόπο αυτό η πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα που δημιουργείται έχει ένα σκελετό, που αποτελείται από επανάληψη των μορίων φωσφορική ομάδα-πεντόζη-φωσφορική ομάδα-πεντόζη.



Δύο μονοφωσφορικά νουκλεοτίδια ενώνονται με ομοιοπολικό δεσμό, που δημιουργείται μεταξύ του -OH του 3' άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα της πεντόζης του επομένου νουκλεοτιδίου. **(3' - 5' φωσφοδιεστερικός δεσμός)**

Είναι αντίδραση συμπύκνωσης, κατά την οποία αποβάλλεται ένα μόριο νερού.

Αν στο δινουκλεοτίδιο προστεθεί ένα ακόμη νουκλεοτίδιο τότε δημιουργείται ένα τρινουκλεοτίδιο με ταυτόχρονη απόσπαση ενός δευτέρου μορίου νερού. Αν η διαδικασία επαναληφθεί πολλές φορές τότε δημιουργείται ένα πολυνουκλεοτίδιο, που αποτελείται από (v) νουκλεοτίδια και αποσπώνται (v-1) συνολικά μόρια νερού.

Το πρώτο νουκλεοτίδιο της αλυσίδας έχει πάντα μια ελεύθερη φωσφορική ομάδα συνδεδεμένη στο 5' άνθρακα της πεντόζης και το τελευταίο νουκλεοτίδιο έχει ελεύθερο το OH- του 3' άνθρακα της πεντόζης του



## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

### 3. Πόσα νερά αποβάλλονται στο σχηματισμό ενός νουκλεοτιδίου από τα συστατικά του

Κατά τον σχηματισμό ενός νουκλεοτιδίου από τα συστατικά του (δηλαδή την πεντόζη, την αζωτούχο βάση και τη φωσφορική ομάδα) αποβάλλονται 2 μόρια νερού, ένα για την σύνδεση της πεντόζης με την αζωτούχο βάση και ένα για την σύνδεση της πεντόζης με τη φωσφορική ομάδα.

### 4. Από τι εξαρτάται ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων σ' ένα μόριο νουκλεϊκού οξέος

Δομικές μονάδες (μονομερή) των νουκλεϊκών οξέων είναι τα νουκλεοτίδια. Τα νουκλεοτίδια συνδέονται μεταξύ τους μέσω 3'→5' φωσφοδιεστερικών δεσμών. Ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων σ' ένα μόριο νουκλεϊκού οξέος εξαρτάται από το είδος του μορίου. Ένα δίκλωνο γραμμικό μόριο DNA με  $n$  νουκλεοτίδια σε κάθε μια από τις δύο αλυσίδες έχει  $n-1$  φωσφοδιεστερικούς δεσμούς μεταξύ των νουκλεοτιδίων σε κάθε αλυσίδα. Άρα συνολικά  $2(n-1) = 2n-2$  φωσφοδιεστερικούς δεσμούς μεταξύ των νουκλεοτιδίων του ή αλλιώς ένα δίκλωνο γραμμικό μόριο DNA με  $n$  βάσεις συνολικά περιέχει  $n-2$  φωσφοδιεστερικούς δεσμούς. Τα μονόκλωνα γραμμικά μόρια νουκλεϊκών οξέων (DNA ή RNA) με ( $n$ ) νουκλεοτίδια περιέχουν  $n-1$  φωσφοδιεστερικούς δεσμούς μεταξύ των νουκλεοτιδίων. Αντίθετα κάθε κυκλικό μόριο νουκλεϊκού οξέος (DNA ή RNA, δίκλωνο ή μονόκλωνο) περιέχει τόσους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς μεταξύ των νουκλεοτιδίων, όσα είναι τα νουκλεοτίδιά του.

Κατά συνέπεια:

Γραμμικό μονόκλωνο  $\delta = n - 1$

Γραμμικό δίκλωνο  $\delta = n - 2$

Κυκλικό μονόκλωνο ή δίκλωνο  $\delta = n$

Όπου  $\delta$  οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί και  $n$  ο αριθμός των νουκλεοτιδίων. Για κάθε φωσφοδιεστερικό δεσμό που σχηματίζεται αποβάλλεται και ένα μόριο νερού.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Όταν μιλάμε για τμήμα μορίου DNA κυττάρου ή για γονίδιο, θεωρούμε ότι είναι δίκλωνο και γραμμικό. Όταν μιλάμε για τμήμα μορίου DNA που δεν αναφέρεται σε κύτταρο θα πάρουμε υποχρεωτικά και την περίπτωση να είναι μονόκλωνο και γραμμικό. Όταν μιλάμε για μόριο DNA κυττάρου, διακρίνουμε δυο περιπτώσεις: Το μόριο να είναι δίκλωνο και γραμμικό ή δίκλωνο και κυκλικό



## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

5. Δύο δίκλινα τμήματα μορίων DNA έχουν τον ίδιο αριθμό ζευγών βάσεων. Το ένα μόριο εμφανίζει 9.000 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς, ενώ το άλλο δύο λιγότερους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς μεταξύ των νουκλεοτιδίων του. Τι είδους μόριο DNA είναι το καθένα και ποιος ο αριθμός ζευγών βάσεων που αποτελούν τα δύο αυτά μόρια;

Το πρώτο μόριο DNA είναι κυκλικό διότι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών είναι ίσος με το αριθμό των νουκλεοτιδίων ( $\delta = \nu$ ) και το δεύτερο μόριο γραμμικό διότι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών είναι κατά δύο μικρότερος του αριθμού των νουκλεοτιδίων ( $\delta = \nu - 2$ ).

Άρα ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που αποτελούν τα μόρια αυτά του DNA είναι 9.000 και ο αριθμός ζευγών βάσεων είναι 4.500

### Επεξήγηση εννοιών και όρων:

**Νουκλεϊκά οξέα (DNA & RNA):** Μακρομόρια που αποτελούνται από νουκλεοτίδια

**Νουκλεοτίδιο:** Η βασική μονάδα των νουκλεϊκών οξέων. Αποτελείται από μια πεντόζη (σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα), από μία οργανική αζωτούχα βάση (Αδενίνη, Γουανίνη, Κυτοσίνη, Θυμίνη ή Ουρακίλη) και από ένα έως τρία μόρια φωσφορικού οξέος

**Ριβόζη:** Μονοσακχαρίτης δομημένος από πέντε άτομα άνθρακα, που αποτελεί δομικό συστατικό των ριβονουκλεοτιδίων

**Δεοξυριβόζη:** Μονοσακχαρίτης δομημένος από πέντε άτομα άνθρακα, που αποτελεί δομικό συστατικό των δεοξυριβονουκλεοτιδίων.

**Αδενίνη (A), Γουανίνη (G), Κυτοσίνη (C):** Αζωτούχες βάσεις που συμμετέχουν στην δημιουργία των νουκλεοτιδίων και άλλων σημαντικών μορίων του κυττάρου

**Θυμίνη (T):** Αζωτούχος βάση που συμμετέχει στην δημιουργία δεοξυριβονουκλεοτιδίων.

**Ουρακίλη (U):** Αζωτούχος βάση που συμμετέχει στην δημιουργία ριβονουκλεοτιδίων.

**Ριβονουκλεοτίδιο:** Νουκλεοτίδιο που αποτελείται από το μονοσακχαρίτη ριβόζη, ένα έως τρία μόρια φωσφορικού οξέος και μία αζωτούχο βάση (αδενίνη, ουρακίλη, γουανίνη ή κυτοσίνη)

**Δεοξυριβονουκλεοτίδιο:** Νουκλεοτίδιο που αποτελείται από δεοξυριβόζη, ένα έως τρία μόρια φωσφορικού οξέος και μία αζωτούχο βάση (αδενίνη, θυμίνη, γουανίνη ή κυτοσίνη)

**Ριβονουκλεϊκό οξύ (RNA):** Πολυμερές που αποτελείται από ριβονουκλεοτίδια. Εμφανίζεται σε τρεις μορφές κυρίως mRNA, tRNA, rRNA.

**Δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA):** Πολυμερές που αποτελείται από δεοξυριβονουκλεοτίδια. Αποτελεί το γενετικό υλικό και κατευθύνει την σύνθεση πρωτεϊνών στα κύτταρα.

**Φωσφοδιεστερικός δεσμός:** Ο ομοιοπολικός δεσμός που συνδέει τα νουκλεοτίδια μεταξύ τους.

### Η ανακάλυψη της διπλής έλικας του DNA είναι η μεγαλύτερη βιολογική ανακάλυψη του 20ού αιώνα

**Π**αρ' ότι η χημική σύσταση και οι ιδιότητες του DNA, με τα πειράματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, είχαν γίνει γνωστά, δεν υπήρχε κοινά αποδεκτή πρόταση για τη δομή του DNA στο χώρο. Δεδομένα από την ανάλυση του ποσοστού των βάσεων σε μόρια DNA από διαφορετικούς οργανισμούς έδειχναν ότι σε κάθε μόριο DNA ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την αδενίνη είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων που έχουν θυμίνη, και ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την γουανίνη είναι ίσος με τον αριθμό αυτών που έχουν κυτοσίνη. Δηλαδή ισχύει  $A=T$  και  $G=C$ . Επίσης, βρέθηκε ότι η αναλογία των βάσεων  $\frac{A+T}{C+G}$  διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού. Τα αποτελέσματα αυτά σε συνδυασμό με αποτελέσματα που αφορούσαν την απεικόνιση του μορίου του DNA με χρήση ακτίνων-X βοήθησαν στην ανακάλυψη της **διπλής έλικας του DNA** και απέδειξαν τις μοναδικές ιδιότητές του που το καθιστούν μόριο ιδανικό ως γενετικό υλικό. Η ανακάλυψη της διπλής έλικας του DNA είναι η μεγαλύτερη βιολογική ανακάλυψη του 20ού αιώνα. Έγινε το 1953 και ήταν το αποτέλεσμα της ερευνητικής εργασίας δύο ομάδων επιστημόνων: των Wilkins και Franklin καθώς και των Watson και Crick. Στηριζόμενοι στο σύνολο των αποτελεσμάτων των δύο ομάδων οι Watson και Crick διατύπωσαν το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA, που αναφέρεται στη δομή του DNA στο χώρο. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό:

- Το DNA αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που σχηματίζουν στο χώρο μία δεξιόστροφη διπλή έλικα.
- Η διπλή έλικα έχει ένα σταθερό σκελετό, που αποτελείται από επαναλαμβανόμενα μόρια φωσφορικής ομάδας - δεοξυριβόζης ενωμένων με φωσφοδιεστερικό δεσμό. Ο σκελετός αυτός είναι υδρόφιλος και βρίσκεται στο εξωτερικό του μορίου. Προς το εσωτερικό του σταθερού αυτού σκελετού βρίσκονται οι αζωτούχες βάσεις που είναι υδρόφοβες.
- Οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας. Η αδενίνη συνδέεται μόνο με θυμίνη και αντίστροφα, ενώ η κυτοσίνη μόνο με γουανίνη και αντίστροφα. Οι δεσμοί υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των βάσεων σταθεροποιούν τη δευτεροταγή δομή του μορίου.
- Ανάμεσα στην αδενίνη και στη θυμίνη σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και στην κυτοσίνη σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου. Οι δύο αλυσίδες ενός μορίου DNA είναι συμπληρωματικές, και αυτό υποδηλώνει ότι η αλληλουχία της μιας καθορίζει την αλληλουχία της άλλης. Η συμπληρωματικότητα έχει τεράστια σημασία για τον αυτοδιπλασιασμό του DNA, μια ιδιότητα που το καθιστά το καταλληλότερο μόριο για τη διατήρηση και τη μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας. Κάθε αλυσίδα DNA μπορεί να

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

χρησιμεύει ως καλούπι για τη σύνθεση μιας συμπληρωματικής αλυσίδας, ώστε τελικά να σχηματίζονται δύο δίκλιωνα μόρια DNA πανομοιότυπα με το μητρικό μόριο.

- Οι δύο αλυσίδες είναι αντιπαράλληλες, δηλαδή το 3' άκρο της μίας είναι απέναντι από το 5' άκρο της άλλης.

### Συμπληρωματικές γνώσεις

1. Σε δύο κύτταρα έγινε ανάλυση του γενετικού τους υλικού και βρέθηκε η παρακάτω επί τοις % σύσταση σε αζωτούχες βάσεις.

	A	T	C	G
Κύτταρο 1:	38	38	12	12
Κύτταρο 2:	21	21	29	29

Τα κύτταρα 1 και 2 ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά είδη οργανισμών; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Η αναλογία των βάσεων  $\frac{A+T}{G+C}$  διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού

κύτταρο 1  $\frac{A+T}{G+C} = \frac{38+38}{12+12} = \frac{76}{24} = 3,167$       κύτταρο 2  $\frac{A+T}{G+C} = \frac{21+21}{29+29} = \frac{42}{58} = 0,724$

Άρα τα κύτταρα 1 και 2 ανήκουν σε διαφορετικούς οργανισμούς.

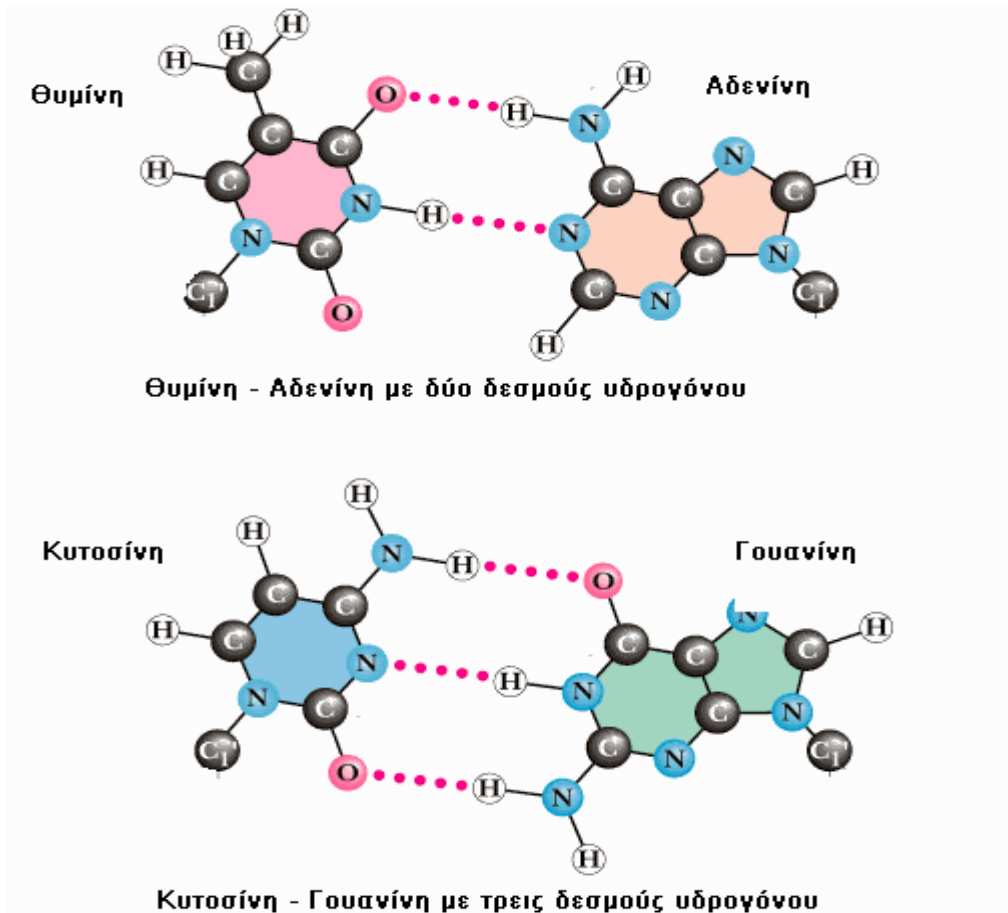
2. Τι σημαίνει πρακτικά για τις ασκήσεις η συμπληρωματικότητα των βάσεων;

**A.** Αν υποθεθεί ότι στον έναν κλώνο του DNA είναι: α% η A, β% η T, γ% η G και δ% η C τότε σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας στον άλλο κλώνο θα είναι: α% η T, β% η A, γ% η C και δ% η G Στο μόριο του DNA η εκατοστιαία αναλογία βάσεων θα είναι:  $A=T=(\alpha+\beta)\%/2$  και  $C=G=(\gamma+\delta)\%/2$ . Με άλλα λόγια, η εκατοστιαία αναλογία της βάσης A στον έναν κλώνο του δίκλωνου μορίου DNA είναι ίση με την εκατοστιαία αναλογία βάσεων T στον άλλο κλώνο και το αντίστροφο, ενώ η εκατοστιαία σύσταση της G στον έναν κλώνο είναι ίση με την εκατοστιαία αναλογία της βάσης C στον άλλο κλώνο και το αντίστροφο. Όμως στο μόριο του DNA η τελική εκατοστιαία αναλογία βάσεων A είναι ίση με την εκατοστιαία σύσταση της βάσης T και ταυτόχρονα με το 1/2 των αθροισμάτων των εκατοστιαίων αναλογιών τους. Το ίδιο ισχύει και για τις περιπτώσεις των βάσεων G και C.

**B.** Σε ένα δίκλιωνα μόριο DNA οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου, με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας σύμφωνα με την αρχή της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Η αδενίνη είναι συμπληρωματική της θυμίνης (A=T) και η γουανίνη της κυτοσίνης (G=C), με αποτέλεσμα σ' ένα δίκλιωνα μόριο DNA, αν υπάρχουν α αδενίνες θα υπάρχουν και α θυμίνες και αν υπάρχουν β γουανίνες θα υπάρχουν και β κυτοσίνες. Επίσης α θα είναι και ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης-θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδενίνης στο μόριο του DNA και β ο αριθμός του αθροίσματος

## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

γουανίνη-κυτοσίνης στο κλώνο, ο οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA. Άρα το δίκλωνο μόριο θα έχει  $2\alpha+2\beta$  νουκλεοτίδια και ο κλώνος  $\alpha+\beta$  νουκλεοτίδια. Μεταξύ αδενίνης και θυμίνης σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις δεσμοί υδρογόνου. Άρα οι δεσμοί υδρογόνου που συνδέουν τις συμπληρωματικές αλυσίδες μεταξύ τους θα είναι  $2\alpha+3\beta$ .



3. Από την ανάλυση μιας αλυσίδας ενός μορίου DNA βρέθηκε αδενίνη (A) 25%, θυμίνη (T) 20% και κυτοσίνη (C) 30%. Να βρεθεί το % ποσοστό των διαφορετικών νουκλεοτιδίων, στο μόριο του DNA.

Υπολογίζω το ποσοστό της γουανίνης με τη σχέση  $A+T+G+C = 100 \Rightarrow G = 100-A-T-C \Rightarrow G = 100-25-20-30 \Rightarrow G = 25$  και συμπληρώνω τον πίνακα σύμφωνα με την Συμπληρωματικότητα των βάσεων. Το % ποσοστό των διαφορετικών νουκλεοτιδίων, στο μόριο του DNA είναι:

Αδενίνη + Θυμίνη  $45\% : 2 = 22,5\%$  και Κυτοσίνη + Γουανίνη  $55\% : 2 = 27,5\%$

	1 <sup>η</sup> Αλυσίδα	2 <sup>η</sup> Αλυσίδα	DNA
Αδενίνη	25%	20%	22,5%
Θυμίνη	20%	25%	22,5%
Κυτοσίνη	30%	25%	27,5%
Γουανίνη	25%	30%	27,5%

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

4. Σε ένα μόριο DNA ευκαρυωτικού κυττάρου η αδενίνη αποτελεί το 20% των αζωτούχων βάσεων του. Σε ποιες αναλογίες (%) θα βρίσκεται η καθεμιά από τις υπόλοιπες αζωτούχες βάσεις του

Αφού αναφερόμαστε σε ευκαρυωτικό κύτταρο γνωρίζουμε ότι το DNA του είναι δίκλωνο, οπότε όσο είναι το ποσοστό των βάσεων της αδενίνης τόσο είναι και το ποσοστό των συμπληρωματικών προς αυτές βάσεων της θυμίνης του, δηλαδή 20%.

Το υπόλοιπο ποσοστό των βάσεων του  $(100-2\cdot 20)\% = 60\%$  διαμοιράζεται εξίσου στις γουανίνες του (30%) και στις κυτοσίνες του (30%)

5. Ένα δίκλωνο μόριο DNA περιέχει 55.000 δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών του βάσεων και περιέχει 5.000 μόρια θυμίνης. Να βρεθεί η ποσοστιαία αναλογία νουκλεοτιδίων (βάσεων) που δομούν το μόριο αυτό.

**1ος τρόπος** Η αδενίνη (A) είναι συμπληρωματική με τη θυμίνη (T) κατά συνέπεια αφού υπάρχουν 5.000 μόρια θυμίνης θα υπάρχουν και 5.000 μόρια αδενίνης. Ανάμεσα στη θυμίνη και την αδενίνη σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, άρα  $2 \cdot 5.000 = 10.000$  δεσμοί υδρογόνου.  $55.000 - 10.000 = 45.000$  οι δεσμοί υδρογόνου που σχηματίζονται ανάμεσα στη κυτοσίνη (C) και την γουανίνη (G), οι οποίες ενώνονται ανά μόριο με τρεις δεσμούς υδρογόνου, οπότε  $45.000:3=15.000$  μόρια κυτοσίνης και 15.000 μόρια γουανίνης

**2ος τρόπος** Αν  $\alpha$  είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης-θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδενίνης στο μόριο του DNA και  $\beta$  ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης-κυτοσίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA, θα έχουμε:  $\alpha=5.000$  Επειδή μεταξύ αδενίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει:

$$2\alpha+3\beta=55.000 \Leftrightarrow 2 \cdot 5.000+3\beta=55.000 \Leftrightarrow 10.000+3\beta=55.000 \Leftrightarrow 3\beta=55.000-10.000 \Leftrightarrow 3\beta=45.000 \Leftrightarrow \beta=45.000 : 3 \Leftrightarrow \beta=15.000$$

Το μόριο του DNA περιέχει: 5.000 μόρια αδενίνης (12,5%), 5.000 μόρια θυμίνης (12,5%) , 15.000 μόρια κυτοσίνης (37,5%) και 15.000 μόρια γουανίνης (37,5%)

6. Τμήμα μορίου DNA αποτελείται από 500 νουκλεοτίδια μεταξύ των οποίων αναπτύσσονται 570 δεσμοί υδρογόνου. Να βρεθεί ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που περιέχουν καθεμιά από τις αζωτούχες βάσεις στο τμήμα αυτό του DNA

Το DNA είναι δίκλωνο άρα  $500:2=250$  νουκλεοτίδια σε κάθε αλυσίδα. Αν  $\alpha$  είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης-θυμίνης στο κλώνο και  $\beta$  ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης-κυτοσίνης στο κλώνο, θα ισχύει  $\alpha+\beta=250$  Επειδή μεταξύ αδενίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί

## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει:  $2\alpha+3\beta=570$ . Επιλύω το σύστημα των δύο εξισώσεων:  $\alpha+\beta=250 \Leftrightarrow \beta=250-\alpha$  και  $2\alpha+3\beta=570 \Leftrightarrow 2\alpha+3(250-\alpha)=570 \Leftrightarrow$

$$2\alpha+750-3\alpha=570 \Leftrightarrow \alpha=750-570 \Leftrightarrow \alpha=180 \text{ και } \beta=250-\alpha \Leftrightarrow \beta=250-180 \Leftrightarrow \beta=70$$

Άρα ο αριθμός των ζευγών A-T είναι 180 και των ζευγών G-C είναι 70 και θα υπάρχουν: 180 νουκλεοτίδια με αδενίνη, 180 νουκλεοτίδια με θυμίνη, 70 νουκλεοτίδια με γουανίνη και 70 νουκλεοτίδια με κυτοσίνη.

7. Ένα τμήμα δίκλωνου DNA έχει 10 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς και 15 δεσμούς υδρογόνου. Πόσες A, G, C, T περιέχει;

Οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί σχηματίζονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων μίας νουκλεοτιδικής αλυσίδας και αφού το DNA είναι δίκλωνο θα υπάρχουν  $10/2=5$  φωσφοδιεστερικοί δεσμοί σε κάθε αλυσίδα. Μεταξύ δύο νουκλεοτιδίων σχηματίζεται ένας φωσφοδιεστερικός δεσμός, μεταξύ τριών νουκλεοτιδίων δύο φωσφοδιεστερικοί δεσμοί κ.ο.κ., δηλαδή ισχύει:  $\delta = n - 1$  όπου  $\delta$  ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών και  $n$  ο αριθμός των νουκλεοτιδίων κάθε αλυσίδας. Αν θέσουμε  $\delta=5$ , τότε προκύπτει ότι:  $n=\delta+1 \Rightarrow n=6$  Άρα, θα υπάρχουν 6 νουκλεοτίδια σε κάθε κλώνο και άρα  $2 \cdot 6=12$  νουκλεοτίδια συνολικά στο τμήμα αυτό του DNA ή  $12/2 = 6$  ζεύγη συμπληρωματικών βάσεων. Αν  $\alpha$  είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης-θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδενίνης στο μόριο του DNA και  $\beta$  ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης-κυτοσίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA θα ισχύει:  $\alpha + \beta = n \Rightarrow \alpha + \beta = 6$  Επειδή μεταξύ αδενίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει:  $2\alpha+3\beta = 15$  Λύνοντας το σύστημα των  $\alpha+\beta=6$  και  $2\alpha+3\beta=15$  προκύπτει:  $\alpha=3$  και  $\beta = 3$ .

Άρα ο αριθμός των ζευγών A-T είναι 3 και των ζευγών G-C είναι 3 και θα υπάρχουν: 3 νουκλεοτίδια με αδενίνη, 3 με θυμίνη, 3 με γουανίνη και 3 με κυτοσίνη

### Επεξήγηση εννοιών και όρων:

**Δεσμός υδρογόνου:** Η ηλεκτροστατική έλξη που δημιουργείται ανάμεσα σε ένα άτομο υδρογόνου και ένα ηλεκτραρνητικό άτομο (οξυγόνο ή άζωτο ή φθόριο).

**Αλληλουχία ή αριθμός βάσεων:** Όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του μήκους ενός νουκλεϊκού οξέος.

**Υδρόφιλο μόριο (ή υδρόφιλη ομάδα):** Μόριο (ή ομάδα στοιχείων ενός μορίου) που εμφανίζει πολικότητα και ως εκ τούτου είναι διαλυτή στο νερό.

**Υδρόφοβο μόριο (ή υδρόφοβη ομάδα):** Μόριο (ή ομάδα στοιχείων ενός μορίου) που δεν εμφανίζει πολικότητα και ως εκ τούτου είναι αδιάλυτη στο νερό.

**Υδρόφοβος δεσμός:** Οι δυνάμεις που αναγκάζουν υδρόφοβα μόρια ή ομάδες να πλησιάσουν μεταξύ τους όταν βρίσκονται σε υδατικό περιβάλλον.



## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

	DNA	RNA
α	Το DNA αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, τους κλώνους, που σχηματίζουν διπλή έλικα.	Το RNA συνήθως μονόκλωνο.
β	Το DNA αποτελείται από νουκλεοτίδια που περιέχουν την δεοξυριβόζη (δεοξυριβονουκλεοτίδια)	Το RNA αποτελείται από νουκλεοτίδια που περιέχουν ριβόζη (ριβονουκλεοτίδια).
γ	Οι αζωτούχες βάσεις των νουκλεοτιδίων του DNA είναι η αδενίνη, η γουανίνη, η κυτοσίνη και η θυμίνη με σταθερή αναλογία μεταξύ των βάσεων $\frac{A}{T} = \frac{G}{C} = 1:1$	Οι αζωτούχες βάσεις των νουκλεοτιδίων του RNA είναι η αδενίνη, η γουανίνη, η κυτοσίνη και η ουρακίλη. Μεταξύ των βάσεων δεν υπάρχει σταθερή αναλογία.
δ	Το DNA είναι το γενετικό υλικό του κυττάρου και ο ρόλος του είναι να μεταφέρει τις γενετικές πληροφορίες και να τις μεταβιβάζει από γενιά σε γενιά, καθώς επίσης να ελέγχει την κυτταρική δραστηριότητα και να επιτρέπει τη δημιουργία γενετικής ποικιλομορφίας Η αναλογία των βάσεων $\frac{A+T}{G+C}$ διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού	Το RNA υπάρχει σε τέσσερις τύπους. Το αγγελιοφόρο m-RNA, που μεταφέρει τη γενετική πληροφορία στα ριβοσώματα. Το μεταφορικό t-RNA, που μεταφέρει τα αμινοξέα στα ριβοσώματα. Το ριβοσωμικό r-RNA, που αποτελεί δομικό συστατικό των ριβοσωμάτων και Το μικρό πυρηνικό Sn-RNA Τέλος, το RNA μπορεί να αποτελεί το γενετικό υλικό ορισμένων ιών.
ε	Το DNA των ευκαρυωτικών κυττάρων βρίσκεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες.	Το RNA βρίσκεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια, στους χλωροπλάστες και το κυτταρόπλασμα.
στ	Γενετικό υλικό όλων των κυττάρων και των περισσότερων ιών	Ανάλογα με τη μορφή του και οι λειτουργίες του.
ζ	Κατά κανόνα (με εξαίρεση τους γαμέτες) έχει σταθερή ποσότητα σε όλα τα κύτταρα	Έχει διαφορετική ποσότητα σε κάθε τύπο κυττάρου ανάλογα με τη λειτουργική του διαφοροποίηση



### Το γενετικό υλικό ελέγχει όλες τις λειτουργίες του κυττάρου

**T**ο DNA αποτελεί το γενετικό υλικό όλων των κυττάρων και των περισσότερων ιών. Κάποιοι ιοί έχουν ως γενετικό υλικό RNA (RNA-ιοί).

Συνοπτικά οι λειτουργίες του γενετικού υλικού είναι:

- **Η αποθήκευση** της γενετικής πληροφορίας. Στο DNA (ή στο RNA των RNA ιών) περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού και οι οποίες οργανώνονται σε λειτουργικές μονάδες, τα γονίδια.
- **Η διατήρηση** και η μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό, που εξασφαλίζονται με τον αυτοδιπλασιασμό του DNA.
- **Η έκφραση** των γενετικών πληροφοριών, που επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της σύνθεσης των πρωτεϊνών.

Το γενετικό υλικό ενός κυττάρου αποτελεί το **γονιδίωμά** του. Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο, όπως είναι τα προκαρυωτικά κύτταρα και οι γαμέτες των διπλοειδών οργανισμών, ονομάζονται **απλοειδή**. Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε δύο αντίγραφα, όπως είναι τα σωματικά κύτταρα των ανώτερων ευκαρυωτικών οργανισμών, ονομάζονται **διπλοειδή**. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα το γενετικό υλικό κατανέμεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες. Συνήθως όμως ο όρος γονιδίωμα αναφέρεται στο γενετικό υλικό που βρίσκεται στον πυρήνα.

Για την περιγραφή του μήκους ή της αλληλουχίας ενός νουκλεϊκού οξέος χρησιμοποιείται ο όρος **αριθμός ή αλληλουχία βάσεων** αντίστοιχα. Στην πραγματικότητα εννοούμε τον αριθμό ή την ακολουθία των νουκλεοτιδίων του νουκλεϊκού οξέος. Η απλούστευση αυτή γίνεται γιατί το μόνο τμήμα του νουκλεοτιδίου που αλλάζει είναι η αζωτούχος βάση. Έτσι αναφέρεται ότι ένα μόριο DNA έχει μήκος 2.000 ζεύγη βάσεων, επειδή είναι δίκλωνο, ενώ ένα μόριο mRNA έχει μήκος 2.000 βάσεις επειδή είναι μονόκλωνο.

### Επεξήγηση εννοιών και όρων:

**Γονιδίωμα:** Το σύνολο του γενετικού υλικού ενός κυττάρου. Συνήθως αναφέρεται στο γενετικό υλικό του πυρήνα.

**Γονίδιο:** Τμήμα του DNA με συγκεκριμένη αλληλουχία βάσεων στο οποίο περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν τη σύνθεση ενός πολυπεπτιδίου ή ενός μορίου RNA.

**Απλοειδή:** Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο.

**Διπλοειδή:** Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε δύο αντίγραφα.

**Αλληλουχία ή αριθμός βάσεων:** Όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του μήκους ενός νουκλεϊκού οξέος.

3'-OH 5'-PO<sub>4</sub>

2.0 nm

0.34 nm

3.4 nm

Δεσμοί υδρογόνου

Αζωτούχος Βάση

A=Αδείνη  
T=Θυμίνη  
G=Γουανίνη  
C=κυτοσίνη

3'-OH 5'-PO<sub>4</sub>

Στο DNA η απόσταση ανάμεσα σε δύο βάσεις είναι 0,34 nm επομένως τα 10 ζεύγη βάσεων που αποτελούν μια πλήρη έλικα θα έχει μήκος 3,4 nm.

Στα προβλήματα θα πρέπει να προσέχουμε κατά πόσο το μήκος αναφέρεται σε συσπειρωμένο ή όχι μόριο. Για παράδειγμα: Ενώ ένα χρωμόσωμα της Δροσόφιλα έχει μήκος 1 cm μη συσπειρωμένο, πακετάρεται σε μήκος 1,8 μm στο πυρήνα του κυττάρου.

### **Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι ένα κυκλικό μόριο DNA**

**T**ο γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι ένα **δίκλωνο κυκλικό μόριο DNA** μήκους περίπου 1mm. Το κυκλικό αυτό μόριο DNA αναδιπλώνεται και πακετάρεται με τη βοήθεια κυρίως πρωτεϊνών με αποτέλεσμα να έχει τελικό μήκος στο κύτταρο 1μm. Περιέχει ένα αντίγραφο του γονιδιώματος, άρα τα προκαρυωτικά κύτταρα είναι απλοειδή.

Σε πολλά βακτήρια, εκτός από το κύριο κυκλικό μόριο DNA, υπάρχουν και τα **πλασμίδια**. Τα πλασμίδια είναι δίκλινα, κυκλικά μόρια DNA με διάφορα μεγέθη. Περιέχουν μικρό ποσοστό της γενετικής πληροφορίας και αποτελούν το 1 - 2% του βακτηριακού DNA. Ένα βακτήριο μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα πλασμίδια, τα οποία αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου. Μεταξύ των γονιδίων που περιέχονται στα πλασμίδια υπάρχουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά και γονίδια που σχετίζονται με τη μεταφορά γενετικού υλικού από ένα βακτήριο σε άλλο. Τα πλασμίδια έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό τόσο μεταξύ τους όσο και με το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου, καθώς και να μεταφέρονται από ένα βακτήριο σε άλλο. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζουν το βακτήριο στο οποίο εισέρχονται και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες. Τα πλασμίδια αποτελούν πολύτιμο εργαλείο των τεχνικών της Γενετικής Μηχανικής, όπως θα αναλυθεί στο κεφάλαιο του ανασυνδυασμένου DNA.

### **Επεξήγηση εννοιών και όρων:**

**Προκαρυωτικό κύτταρο:** Κύτταρο χωρίς μεμβρανώδεις σχηματισμούς στο κυτταρόπλασμά του.

**Πλασμίδιο:** Μικρό κυκλικό δίκλωνο μόριο DNA, που φέρνει μικρό ποσοστό της γενετικής πληροφορίας σε μερικά βακτήρια.

### **Συμπληρωματικές γνώσεις**

1. Τι γνωρίζετε για τις γενετικές πληροφορίες που περιέχονται στα γονίδια των πλασμιδίων;

Μεταξύ των γονιδίων που περιέχονται στα πλασμίδια υπάρχουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά και γονίδια που σχετίζονται με τη μεταφορά γενετικού υλικού από ένα βακτήριο σε άλλο. Τα πλασμίδια έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό τόσο μεταξύ τους όσο και με το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου, καθώς και να μεταφέρονται από ένα βακτήριο σε άλλο. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζουν το βακτήριο στο οποίο εισέρχονται και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες. Τα πλασμίδια αποτελούν πολύτιμο εργαλείο των τεχνικών της Γενετικής Μηχανικής, όπως θα αναλυθεί στο κεφάλαιο του ανασυνδυασμένου DNA.

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

2. Κατά το σχηματισμό ενός πλασμιδίου σχηματίζονται 28260 δεσμοί υδρογόνου και αφαιρούνται 22960 μόρια νερού για την δημιουργία φωσφοδιεστερικών δεσμών μεταξύ των νουκλεοτιδίων του. α) Τι μορφή έχει το μόριο του πλασμιδίου, από ποια νουκλεοτίδια σχηματίζεται και ποιος δεσμός είναι υπεύθυνος για τον σχηματισμό του; β) Να υπολογισθεί το ποσοστό των αζωτούχων βάσεων που περιέχονται σ' αυτό καθώς και η αριθμητική τους τιμή

α) Τα πλασμίδια είναι δίκλιωνα κυκλικά μόρια DNA, άρα σχηματίζεται από τα νουκλεοτίδια αδενίνη, θυμίνη, κυτοσίνη και γουανίνη, ο δεσμός που ενώνει τις αντιπαράλληλες πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες είναι ο 3' - 5' φωσφοδιεστερικός δεσμός.

β) Το μόριο του πλασμιδίου είναι κυκλικό, οπότε ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών μεταξύ των νουκλεοτιδίων του σε κάθε κλώνο, θα είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων στον κλώνο αυτό και ίσος με τον αριθμό μορίων νερού που αφαιρούνται.

Αφού το πλασμίδιο αποτελείται από 22960 νουκλεοτίδια, θα υπάρχουν  $22960/2 = 11840$  ζεύγη συμπληρωματικών βάσεων.

Αν  $\alpha$  είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης - θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδενίνης στο μόριο του DNA και  $\beta$  ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης - κυτοσίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA θα ισχύει:  $\alpha + \beta = n \Rightarrow \alpha + \beta = 11840$

Επειδή μεταξύ αδενίνης και θυμίνης αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ γουανίνης και κυτοσίνης τρεις, θα ισχύει:  $2\alpha + 3\beta = 28260$  Λύνοντας το σύστημα των  $\alpha + \beta = 11840$  και  $2\alpha + 3\beta = 28260$  προκύπτει:  $\alpha = 6180$  και  $\beta = 5300$ .

Άρα ο αριθμός των ζευγών A-T είναι 6180 και των ζευγών G-C είναι 5300 και θα υπάρχουν:

6180 νουκλεοτίδια με αδενίνη

6180 νουκλεοτίδια με θυμίνη

5300 νουκλεοτίδια με γουανίνη

και 5300 νουκλεοτίδια με κυτοσίνη.

### Το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών οργανισμών έχει πολύπλοκη οργάνωση

Το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών κυττάρων έχει μεγαλύτερο μήκος από αυτό των προκαρυωτικών. Το συνολικό DNA που υπάρχει σε κάθε ευκαρυωτικό κύτταρο δεν είναι ένα ενιαίο μόριο, αλλά αποτελείται από πολλά ευθύγραμμα κομμάτια, ο αριθμός και το μήκος των οποίων είναι χαρακτηριστικά για τα διάφορα είδη των οργανισμών. Τα κομμάτια του DNA πακετάρονται με πρωτεΐνες και σχηματίζουν τα ινίδια χρωματίνης. Τα ινίδια αναδιπλώνονται και δημιουργούν τα χρωμοσώματα. Το συνολικό DNA στα διπλοειδή κύτταρα του ανθρώπου έχει μήκος Περίπου 2m και συσπειρώνεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να χωράει στον πυρήνα, που έχει διάμετρο δέκα εκατομμυριοστά του μέτρου!

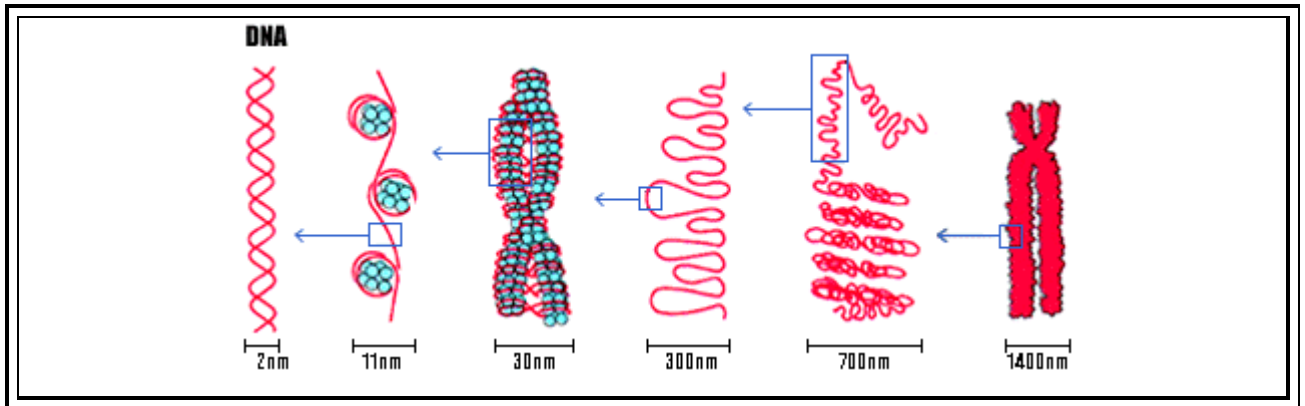
Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ύστερα από ειδική επεξεργασία, τα ινίδια χρωματίνης μοιάζουν με κομπολόγια από χάντρες. Κάθε “χάντρα” ονομάζεται **νουκλεόσωμα** και αποτελεί τη βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης. Το νουκλεόσωμα αποτελείται από DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων και από οκτώ μόρια πρωτεϊνών, που ονομάζονται **ιστόνες**. Το DNA είναι τυλιγμένο γύρω από το οκταμερές των ιστονών. Τα νουκλεοσώματα αναδιπλώνονται με αποτέλεσμα το DNA να πακετάρεται σε μεγαλύτερο βαθμό, σχηματίζοντας τελικά τα ινίδια της χρωματίνης. Στην αναδίπλωση συμμετέχουν και άλλα είδη πρωτεϊνών.

Αν παρατηρήσουμε το γενετικό υλικό ενός ευκαρυωτικού κυττάρου, βλέπουμε ότι εμφανίζεται με διαφορετικές χαρακτηριστικές μορφές, ανάλογα με το στάδιο του **κυτταρικού κύκλου**. Κατά τη μεσόφαση τα χρωμοσώματα έχουν μικρό βαθμό συσπείρωσης και σχηματίζουν δίκτυο ινιδίων χρωματίνης. Κατά συνέπεια δεν είναι ορατά ως μεμονωμένες δομές με το οπτικό μικροσκόπιο. Με το τέλος της αντιγραφής κάθε ινίδιο χρωματίνης έχει διπλασιαστεί. Τα δύο αντίγραφα κάθε ινιδίου συνδέονται μεταξύ τους με μία δομή που ονομάζεται **κεντρομερίδιο**.

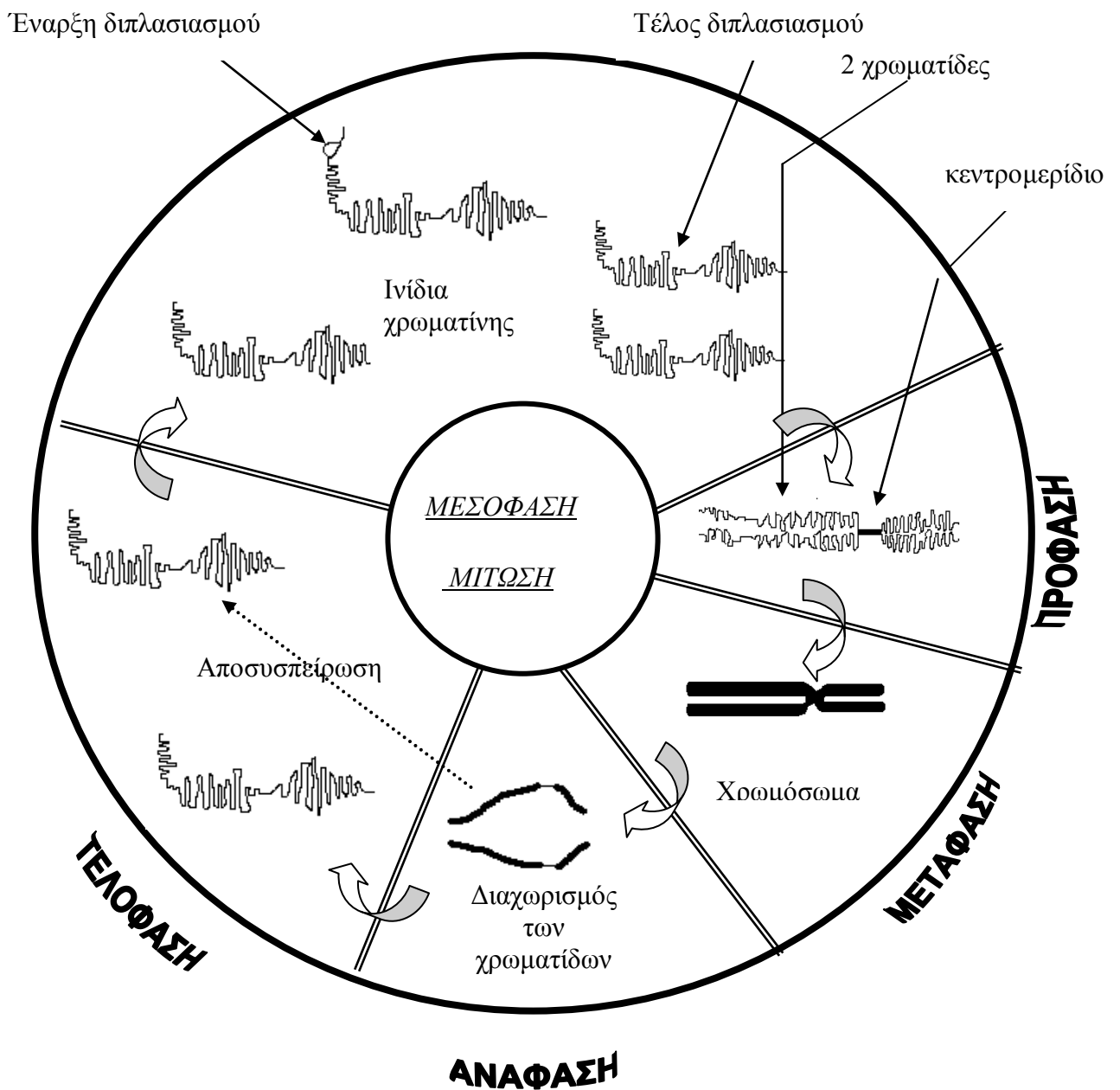
Ο όρος **αδελφές χρωματίδες** χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα κατά το χρονικό διάστημα που είναι συνδεδεμένα στο κεντρομερίδιο. Στη κυτταρική διαίρεση οι αδελφές χρωματίδες συσπειρώνονται και κατά το στάδιο της μετάφασης αποκτούν μέγιστο βαθμό συσπείρωσης. Στο στάδιο αυτό ο υψηλός βαθμός συσπείρωσης καθιστά τα μεταφασικά χρωμοσώματα ευδιάκριτα και έτσι είναι εύκολο να παρατηρηθούν με το οπτικό μικροσκόπιο. Στο τέλος της κυτταρικής διαίρεσης προκύπτουν δύο νέα κύτταρα, όμοια μεταξύ τους, και με το αρχικό, αφού το καθένα περιέχει τη μία από τις δύο «πρώην» αδελφές χρωματίδες από κάθε χρωμόσωμα.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα ινίδια της χρωματίνης, τα χρωμοσώματα και οι χρωματίδες αποτελούν «διαφορετικές όψεις του ίδιου νομίσματος». Τα ινίδια της χρωματίνης διπλασιάζονται στη μεσόφαση, συσπειρώνονται και «μετατρέπονται» σε αδελφές χρωματίδες, οι οποίες γίνονται ευδιάκριτες στην κυτταρική διαίρεση. 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. Παρ' όλες όμως τις μορφολογικές αυτές μεταβολές η χημική σύσταση του γενετικού υλικού παραμένει αμετάβλητη.

**ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**  
**Συμπληρωματικές γνώσεις**



Τα ινίδια της χρωματίνης, οι χρωματίδες και τα χρωμοσώματα αποτελούν διαφορετικές όψεις του ίδιου νομίσματος





## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

1. Ένα μόριο DNA αποτελείται από 24.236 νουκλεοτίδια. Πόσα νουκλεοσώματα και όσες ιστόνες υπάρχουν στο μόριο αυτό;

Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων δηλαδή  $2 \cdot 146 = 292$  νουκλεοτίδια  $24236 : 292 = 83$  νουκλεοσώματα Κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από 8 μόρια ιστονών. Επομένως συνολικά έχουμε  $8 \cdot 83 = 664$  ιστόνες

2. Στο τμήμα DNA που ανήκει σε ένα νουκλεόσωμα βρέθηκε ότι περιέχονται 81 νουκλεοτίδια που περιέχουν την βάση γουανίνη. Να βρεθεί ο αριθμός των άλλων βάσεων στο τμήμα αυτό του DNA

Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων, συνολικά δηλαδή:  $2 \cdot 146 = 292$  βάσεις. Αφού περιέχονται 81 γουανίνες θα περιέχονται και 81 κυτοσίνες. Τα υπόλοιπα  $292 - 2 \cdot 81 = 130$  νουκλεοτίδια θα περιέχουν τα μισά την βάση αδενίνη και τα υπόλοιπα μισά την βάση θυμίνη. Άρα το τμήμα αυτό του DNA θα περιέχει: 65 αδενίνες, 65 θυμίνες 81 γουανίνες και 81 κυτοσίνες

3. Στο DNA ενός νουκλεοσώματος βρέθηκε ότι η διαφορά των βάσεων αδενίνης και κυτοσίνης είναι 80. Να βρεθούν τα ποσοστά των βάσεων στο τμήμα αυτό του DNA

Αν  $\alpha$  είναι ο αριθμός του αθροίσματος αδενίνης - θυμίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της θυμίνης ή της αδενίνης στο μόριο του DNA και  $\beta$  ο αριθμός του αθροίσματος γουανίνης - κυτοσίνης στο κλώνο, οποίος είναι ίσος με τον αριθμό της γουανίνης ή κυτοσίνης στο μόριο του DNA οπότε θα έχω:  $\alpha - \beta = 80$ . Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων οπότε:  $\alpha + \beta = 146$  Επιλύω το σύστημα των δύο εξισώσεων και έχω  $\alpha = 113$  και  $\beta = 33$ ,  $\alpha = A = T = 113 = 39\%$  και  $\beta = C = G = 33 = 11\%$

4. Το συνολικό DNA στη μύγα του κρασιού δροσόφιλα είναι  $1,6 \cdot 10^8$  ζεύγη βάσεων. Πόσα μόρια περίπου ιστονών χρειάζονται για το πακετάρισμα αυτού του DNA; Δίνεται ότι το κομμάτι DNA που ενώνει δύο νουκλεοσώματα έχει μήκος 54 ζεύγη βάσεων. (Να θεωρήσεις ότι το γονιδίωμα είναι ένα ενιαίο μόριο DNA και στα άκρα βρίσκονται νουκλεοσώματα.)

Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων, άρα θα έχουμε την εξίσωση:  $146n + 54(n-1) = 1,6 \cdot 10^8$  όπου  $n$  ο αριθμός των νουκλεοσωμάτων

$146n + 54n - 54 = 1,6 \cdot 10^8 \Rightarrow 146n + 54n = 1,6 \cdot 10^8 + 54 \Rightarrow 200n = 1,6 \cdot 10^8 \Rightarrow n = 8 \cdot 10^5$  νουκλεοσώματα. ( $1,6 \cdot 10^8 + 54 \approx 1,6 \cdot 10^8$ )

Κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από 8 μόρια ιστονών.

Επομένως συνολικά έχουμε  $8 \cdot 8 \cdot 10^5 = 64 \cdot 10^5$  μόρια ιστονών



## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

5. Πώς συμπυκνώνεται το DNA σε ινίδια χρωματίνης; Ποια μόρια και ποιες δομές συμμετέχουν σε αυτή την συμπύκνωση;

Τα νουκλεοσώματα αναδιπλώνονται με αποτέλεσμα το DNA να πακετάρεται σε μεγαλύτερο βαθμό, σχηματίζοντας τελικά τα ινίδια της χρωματίνης. Στην αναδίπλωση συμμετέχουν και άλλα είδη πρωτεϊνών.

### Μεσόφαση και μίτωση συνοπτικά

<b>ΜΕΣΟΦΑΣΗ</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Το DNA αυτοδιπλασιάζεται.</li><li>2. Η αναπνοή είναι σε έντονο ρυθμό.</li><li>3. Παρατηρείται αυξημένη βιοχημική δραστηριότητα.</li><li>4. Τα χρωμονημάτια σχηματίζουν το δίκτυο χρωματίνης.</li><li>5. Η διάρκεια πολλαπλασία της μίτωσης</li></ol>	
<b>ΜΙΤΩΣΗ</b>	<b>Προφαση</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Η πυρηνική μεμβράνη και ο πυρηνίσκος αρχίζουν να αποσυντίθενται.</li><li>2. Το κεντρόσωμα διακρίνεται σαφέστατα (ζωικό κύτταρο).</li><li>3. Σχηματίζεται η μιτωτική συσκευή<ol style="list-style-type: none"><li>α. άτρακτος από μικροσωληνίσκους</li><li>β. Σχηματισμένα χρωμοσώματα</li><li>γ. τα κεντροσώματα (θυγατρικά) στους πόλους.</li></ol></li><li>4. Διάρκεια σχετικά μεγάλη"</li></ol>
	<b>Μετάφαση</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Πυρηνική μεμβράνη δεν υπάρχει.</li><li>2. Διάταξη των χρωμοσωμάτων στον ισημερινό του κυττάρου.</li><li>3. Τα κεντρομερίδια διαιρούνται προς το τέλος της φάσης.</li><li>4. Οι μικροσωληνίσκοι έλκουν αντίθετα τα κεντρομερίδια.</li><li>5. Τα χρωμοσώματα πλέον ευδιάκριτα</li><li>6. Μικρή διάρκεια</li></ol>
	<b>Ανάφαση</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Δεν υπάρχουν χρωμοσώματα, αλλά χρωματίδες.</li><li>2. Οι χρωματίδες διακινούνται προς τους πόλους του κυττάρου κι όταν φτάσουν η φάση ολοκληρώνεται.</li><li>3. Μικρή διάρκεια.</li></ol>
	<b>Τελόφαση</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Σχηματίζεται η πυρηνική μεμβράνη και εμφανίζεται ο πυρηνίσκος.</li><li>2. Χάνεται το κεντρόσωμα (ζωικό κύτταρο).</li><li>3. Διαλύεται η μιτωτική συσκευή.</li><li>4. Αποσεισπειρώνονται τα χρωμοσώματα.</li><li>5. Το κύτταρο διχοτομείται είτε με περίσφιξη (ξενικό) είτε με φραγμοπλάστη (φυτικό).</li><li>6. Μικρή διάρκεια</li></ol>

## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

6. Μεσοφασικό ανθρώπινο χρωμόσωμα έχει  $180 \cdot 10^6$  ζεύγη βάσεων. Αν το κομμάτι του DNA που συνδέει δύο νουκλεοσώματα έχει μήκος 34 ζεύγη βάσεων, να βρεις περίπου τον αριθμό των ιστονών που θα υπάρχουν στο στάδιο της μετάφασης αυτού του χρωμοσώματος. Να θεωρήσεις ότι στα άκρα του χρωμοσώματος βρίσκονται νουκλεοσώματα.

Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων, άρα θα έχουμε την εξίσωση:  $146n + 34(n-1) = 180 \cdot 10^6$  όπου  $n$  ο αριθμός των νουκλεοσωμάτων

$$146n + 34n - 34 = 180 \cdot 10^6 \Rightarrow 146n + 34n = 180 \cdot 10^6 + 34 \Rightarrow 180n = 180 \cdot 10^6 \Rightarrow n = 10^6 \text{ νουκλεοσώματα. } (180 \cdot 10^6 + 34 \approx 180 \cdot 10^6)$$

Κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από 8 μόρια ιστονών. Επομένως συνολικά έχουμε  $8 \cdot 10^6$  μόρια. Κατά τη μετάφαση, όμως, όπου το γενετικό υλικό έχει διπλασιασθεί, θα υπάρχει διπλάσιος αριθμός ιστονών. Δηλαδή  $16 \cdot 10^6$  μόρια.

7. Ένα από τα ανθρώπινα χρωμοσώματα, όταν βρίσκεται στην αρχή της μεσόφασης έχει  $2 \cdot 10^8$  ζεύγη βάσεων. Αν το τμήμα του DNA που συνδέει δύο νουκλεοσώματα έχει μέσο μήκος 54 ζεύγη βάσεων, ποιος είναι ο αριθμός των ιστονών που υπάρχουν στο στάδιο της μετάφασης αυτού του χρωμοσώματος; (Να θεωρήσεις ότι το γονιδίωμα είναι ένα ενιαίο μόριο DNA και στο ένα άκρο του βρίσκεται νουκλεόσωμα.)

Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων, άρα θα έχουμε την εξίσωση:  $146n + 54n = 2 \cdot 10^8$ , όπου  $n$  ο αριθμός των νουκλεοσωμάτων  $146n + 54n = 2 \cdot 10^8 \Rightarrow n = 10^6$  νουκλεοσώματα

Κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από 8 μόρια ιστονών. Επομένως συνολικά έχουμε  $8 \cdot 10^6$  μόρια ιστονών. Κατά τη μετάφαση, όμως, όπου το γενετικό υλικό έχει διπλασιασθεί, θα υπάρχει διπλάσιος αριθμός ιστονών. Δηλαδή  $16 \cdot 10^6$  μόρια.

8. Ένας ερευνητής υπολόγισε ότι κατά μέσο όρο  $6 \cdot 10^{23}$  νουκλεοτίδια συνδεδεμένα με φωσφοδιεστερικούς δεσμούς ζυγίζουν 300g και ότι στο τέλος της μεσόφασης του κυττάρου ενός οργανισμού η συνολική ποσότητα του DNA είναι ίση με  $0,4 \cdot 10^{-12}$ g. Ποιος ο αριθμός των αζωτούχων βάσεων που περιέχει το DNA του κύτταρου αυτού στην αρχή της μεσόφασης;

Προσδιορίζουμε αρχικά το αριθμό των βάσεων που περιέχονται στην αρχή της μεσόφασης

$$\begin{array}{ll} \text{Τα } 6 \cdot 10^{23} \text{ νουκλεοτίδια ζυγίζουν} & 300 \text{ g} \\ \text{X;} & 0,4 \cdot 10^{-12} \text{ g} \end{array}$$

$$X = (6 \cdot 10^{23} \cdot 0,4 \cdot 10^{-12} \text{ g}) / 300 \text{ g} \Rightarrow X = 8 \cdot 10^8 \text{ νουκλεοτίδια.}$$

Τα παραπάνω νουκλεοτίδια δομούν το DNA του οργανισμού, στο τέλος της μεσόφασης. και έχει προηγηθεί ο διπλασιασμός του DNA. Άρα στην αρχή της μεσόφασης θα υπάρχει ο μισός αριθμός, δηλαδή  $4 \cdot 10^8$  νουκλεοτίδια.

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

### Επεξήγηση εννοιών και όρων:

**Ευκαρυωτικό κύτταρο:** Κύτταρο με σχηματισμένο πυρήνα

**Ιστούνες:** Ομάδες πρωτεϊνών πλούσιες σε βασικά αμινοξέα που αποτελούν συστατικό του νουκλεοσώματος και έχουν στηρικτικό ρόλο στο μόριο του DNA.

**Μη-ιστόνες:** Πρωτεΐνες που συμμετέχουν στην αναδίπλωση της χρωματίνης.

**Νουκλεόσωμα:** Είναι η βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης και αποτελείται από οκτώ μόρια πρωτεϊνών (ιστόνες) γύρω από τα οποία τυλίγεται DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων.

**Χρωματίνη:** Νουκλεοπρωτεΐνη του πυρήνα που αποτελείται από DNA, RNA και πρωτεΐνες (ιστόνες), που στη κυτταροδιαίρεση συμπυκνώνεται σε χρωμοσώματα.

**Αδελφές χρωματίδες:** Συσπειρωμένα ινίδια χρωματίνης που αποτελούν το χρωμόσωμα, συνδέονται στο κεντρομερίδιο και φέρουν ταυτόσημες γενετικές πληροφορίες.

**Κεντρομερίδιο:** Σχηματισμός στο χρωμόσωμα, που συγκρατεί τις αδελφές χρωματίδες Στο κεντρόσωμα προσδένονται κατά την κυτταρική διαίρεση οι ίνες της ατράκτου.

**Χρωμοσώματα:** Ευδιάκριτες δομές που εμφανίζονται στην κυτταροδιαίρεση και προέρχονται από την συμπύκνωση της χρωματίνης.

ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ DNA	
Μονοκύτταροι οργανισμοί	
Η μετάβαση της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο συνεπάγεται αυτόματα και τη μεταφορά από οργανισμό σε οργανισμό και ως εκ τούτου τη διατήρησή της μέσω του διπλασιασμού του γενετικού υλικού και της διαίρεσης του κυττάρου	
Πολυκύτταροι οργανισμοί	
Από κύτταρο σε κύτταρο	Από οργανισμό σε οργανισμό
Οι πολυκύτταροι οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα που προέρχονται από σύντηξη ενός <b>ωαρίου</b> με ένα <b>σπερματοζωάριο</b> σχηματίζοντας <b>το ζυγωτό</b> . Το γενετικό υλικό του ζυγωτού διπλασιάζεται και το ζυγωτό διαιρείται σχηματίζοντας δύο θυγατρικά κύτταρα με τη διαδικασία της <b>μίτωσης</b> . Τα θυγατρικά κύτταρα που προκύπτουν περιέχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες.	Μέσω της διαδικασίας της <b>μείωσης</b> παράγονται οι γαμέτες στα γενετικά όργανα των ανώτερων οργανισμών. Είναι απλοειδή κύτταρα και περιέχουν τη μισή ποσότητα γενετικού υλικού σε σχέση με τα διπλοειδή σωματικά κύτταρα. Μέσω της κοινής συνεισφοράς των γαμετών σχηματίζεται το ζυγωτό, το οποίο αναπτύσσεται σε έμβρυο. Έτσι η γενετική πληροφορία μεταβιβάζεται από γενιά σε γενιά

**T**ο ανθρώπινο γονιδίωμα σε ένα απλοειδές κύτταρο αποτελείται από περίπου  $3 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων DNA, που είναι οργανωμένα σε 23 χρωμοσώματα. Η μελέτη των χρωμοσωμάτων είναι δυνατή μόνο σε κύτταρα τα οποία διαιρούνται. Τα κύτταρα αυτά μπορεί να προέρχονται είτε από ιστούς που διαιρούνται φυσιολογικά είτε από κυτταροκαλλιέργειες, όπου γίνεται *in vitro* επαγωγή της διαίρεσης με ουσίες που έχουν μιτογόνο δράση. Τα χρωμοσώματα μελετώνται στο στάδιο της μετάφασης, όπου εμφανίζουν το μεγαλύτερο βαθμό συσπείρωσης και είναι ευδιάκριτα. Επειδή σε ένα πληθυσμό διαιρούμενων κυττάρων το ποσοστό αυτών που βρίσκονται στη μετάφαση είναι μικρό, χρησιμοποιούνται ουσίες οι οποίες σταματούν την κυτταρική διαίρεση στη φάση αυτή. Στη συνέχεια τα κύτταρα επωάζονται σε υποτονικό διάλυμα, ώστε να σπάσει η κυτταρική τους μεμβράνη, και τα χρωμοσώματά τους απλώνονται σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Τέλος, χρωματίζονται με ειδικές χρωστικές ουσίες και παρατηρούνται στο μικροσκόπιο.

**K**άθε φυσιολογικό μεταφασικό χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες, οι οποίες συγκρατούνται στο κεντρομερίδιο. Το κεντρομερίδιο «διαίρει» κάθε χρωματίδα σε δύο βραχίονες, ένα μεγάλο και ένα μικρό. Τα μεταφασικά χρωμοσώματα ενός κυττάρου διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος και ως προς τη θέση του κεντρομεριδίου. Τα χρωμοσώματα ταξινομούνται σε ζεύγη κατά ελαττούμενο μέγεθος. Η απεικόνιση αυτή αποτελεί τον **καρυότυπο**. Ο αριθμός και η μορφολογία των χρωμοσωμάτων είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό κάθε είδους. Στον άνθρωπο τα φυσιολογικά αρσενικά και θηλυκά άτομα έχουν στον πυρήνα των σωματικών τους κυττάρων **23 ζεύγη 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, 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. Στον άνθρωπο η παρουσία του Y χρωμοσώματος καθορίζει το αρσενικό άτομο, ενώ η απουσία του το θηλυκό άτομο. Έτσι, ένα φυσιολογικό αρσενικό άτομο έχει 44 αυτοσωμικά χρωμοσώματα και ένα ζεύγος XY, ενώ ένα φυσιολογικό θηλυκό 44 αυτοσωμικά και ένα ζεύγος XX.

## **ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**

### **Συμπληρωματικές γνώσεις**

1. Ποια είναι τα απλοειδή και ποια τα διπλοειδή κύτταρα του ανθρώπου και πόσα ζεύγη βάσεων υπάρχουν στο καθένα στις διάφορες φάσεις του κυτταρικού κύκλου.

Τα απλοειδή κύτταρα του ανθρώπου, οι γαμέτες, διακρίνονται στα ωάρια για τα θηλυκά και τα σπερματοζώρια για τα αρσενικά, περιέχουν 22 αυτοσωμικά και 1 φυλετικό χρωμόσωμα. Το μήκος του DNA που περιέχεται στα απλοειδή κύτταρα του ανθρώπου είναι ίσο με  $3 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων. Τα ωάρια έχουν πάντα το φυλετικό χρωμόσωμα X, ενώ τα σπερματοζώρια είναι δύο ειδών: εκείνα που περιέχουν φυλετικό X χρωμόσωμα και εκείνα που περιέχουν φυλετικό Y χρωμόσωμα. Το Y χρωμόσωμα είναι μικρότερο από το X χρωμόσωμα και περιέχει μικρότερο αριθμό βάσεων

<b>ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ</b>			<b>ΓΑΜΕΤΗΣ</b>	
	ΜΕΣΟΦΑΣΗ		ΜΙΤΩΣΗ	ωάριο ή σπερματοζώριο
	ΑΡΧΗ	ΤΕΛΟΣ		
Ζεύγη βάσεων	$6 \cdot 10^9$	$12 \cdot 10^9$	$12 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^9$
Μόρια DNA	46	92	92	23
Ινίδια χρωματίνης	46	92		23
Χρωμοσώματα	46	46	46	23
Συνολικό μήκος	2m	2m+2m	2m+2m	1m

Τα σωματικά κύτταρα του ανθρώπου είναι διπλοειδή και περιέχουν  $6 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων. στην αρχή της μεσόφασης, πριν τον διπλασιασμό του DNA. Μετά τον διπλασιασμό και μέχρι την μετάφαση ο συνολικός αριθμός των ζευγών βάσεων είναι διπλάσιος δηλαδή  $12 \cdot 10^9$ .

<b>Διαφορές γαμετών και σωματικών κυττάρων</b>	
<b>Γαμέτες</b>	<b>Σωματικά κύτταρα</b>
Είναι απλοειδή κύτταρα	Είναι διπλοειδή κύτταρα
Παράγονται με μείωση	Παράγονται με μίτωση
Περιέχει διαφορετικό συνδυασμό γενετικών πληροφοριών λόγω του τυχαίου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων στη μειωτική διαίρεση	Περιέχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες
Δεν διαφοροποιούνται και είναι ωάρια για τις γυναίκες και σπερματοζώρια για τους άνδρες	Διαφοροποιούνται σε διάφορους τύπους κυττάρων(μυϊκά, νευρικά, ηπατικά κ.ά)
Προέρχονται από ειδικά κύτταρα μέσω της μείωσης και δεν διαιρούνται στη συνέχεια	εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων διαιρούνται

## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

2. Το DNA σε δύο διαφορετικά κύτταρα του ανθρώπου βρέθηκε ότι αποτελείται στο ένα από  $3 \cdot 10^9$  και στο άλλο από  $6 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων. Πώς μπορεί να εξηγηθεί αυτό.

Το ένα κύτταρο έχει διπλάσια ποσότητα γενετικού υλικού από το άλλο. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το ένα είναι διπλοειδές (σωματικό κύτταρο) ενώ το άλλο απλοειδές (γεννητικό κύτταρο).

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Η παραπάνω απάντηση είναι προφανής επειδή γνωρίζουμε ότι ο άνθρωπος έχει  $3 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων στα απλοειδή του κύτταρα. Αν η ερώτηση αφορούσε διπλοειδή οργανισμό με άγνωστο αριθμό ζευγών βάσεων στα απλοειδή του κύτταρα τότε η απάντηση έπρεπε να περιλάβει και άλλη πιθανότητα: Τα δύο κύτταρα να είναι σωματικά από τα οποία το ένα βρίσκεται στην αρχή της μεσόφασης (πριν το διπλασιασμό του DNA του) και το άλλο σε φάση μετά το διπλασιασμό του DNA του και έως και την φάση της μετάφασης.

3. Πόσα νουκλεοσώματα έχει το ανθρώπινο γονιδίωμα σε ένα απλοειδές κύτταρο, αν το τμήμα DNA που συνδέει μεταξύ τους δύο νουκλεοσώματα έχει μέσο μήκος ίσο με 54 ζεύγη νουκλεοτιδίων; Πόσα μόρια ιστονών συμμετέχουν στο πακετάρισμα του ανθρώπινου DNA; (Να θεωρήσεις ότι το γονιδίωμα είναι ένα ενιαίο μόριο DNA και στα δύο άκρα βρίσκονται νουκλεοσώματα.)

Γύρω από κάθε νουκλεόσωμα «τυλίγεται» DNA μήκους 146 ζεύγη βάσεων, και το ανθρώπινο γονιδίωμα σε ένα απλοειδές κύτταρο (γαμέτη) αποτελείται περίπου από  $3 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων DNA άρα θα έχουμε την εξίσωση:  $146n + 54(n-1) = 3 \cdot 10^9$  (όπου  $n$  ο αριθμός των νουκλεοσωμάτων)

Επιλύω την εξίσωση  $200n - 54 = 3 \cdot 10^9 \Rightarrow 200n = 3 \cdot 10^9 + 54 \Rightarrow 200n = 3 \cdot 10^9 \Rightarrow n = 15 \cdot 10^6$  νουκλεοσώματα. Επειδή σε κάθε νουκλεόσωμα συμμετέχουν 8 ιστόνες το σύνολο των ιστονών θα είναι:  $8 \cdot n = 8 \cdot 15 \cdot 10^6 = 120 \cdot 10^6$  ιστόνες

### ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΡΥΟΤΥΠΟΥ

Απομόνωση σωματικών κυττάρων ενός οργανισμού. Τα κύτταρα πρέπει να βρίσκονται στο στάδιο της μίτωσης και γι' αυτό μπορεί να προέρχονται από:

- ✓ ιστούς των οποίων τα κύτταρα διαιρούνται φυσιολογικά ή
- ✓ κυτταροκαλλιέργειες στις οποίες, με τεχνητό τρόπο, γίνεται επαγωγή της διαίρεσης *in vitro*, με ουσίες που έχουν μιτογόνο δράση {προκαλείται μίτωση} .

Τα χρωμοσώματα μελετώνται στο στάδιο της μετάφασης. Όμως αυτή η φάση διαρκεί ελάχιστα. Έτσι, στο σύνολο των διαιρούμενων κυττάρων που διαθέτουμε, το ποσοστό αυτών που βρίσκονται στη μετάφαση είναι μικρό, κάτι που καθιστά τη μελέτη δύσκολη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ουσίες οι οποίες σταματούν την κυτταρική διαίρεση στη φάση αυτή και τα μεταφασικά χρωμοσώματα παραμένουν ως έχουν. Τα κύτταρα επωάζονται σε υποτονικό διάλυμα, ώστε να σπάσει η κυτταρική τους μεμβράνη και να απομονωθούν τα χρωμοσώματα. Τα χρωμοσώματα απλώνονται σε γυάλινη αντικειμενοφόρο πλάκα.

Τα χρωμοσώματα, έστω και στην πιο συσπειρωμένη μορφή τους, δεν παύουν να αποτελούν πολύ λεπτές και μικροσκοπικές δομές. Προκειμένου να γίνουν ευδιάκριτα στο οπτικό μικροσκόπιο, χρωματίζονται με ειδικές χρωστικές ουσίες..



## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

4. Το σωματικό κύτταρο της γυναίκας περιέχει  $1,5 \cdot 10^8$  περισσότερα ζεύγη βάσεων από το αντίστοιχο σωματικό κύτταρο του άνδρα που περιέχει  $6 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων. α) Πώς δικαιολογείται αυτή η διαφορά; β) Πόσες βάσεις περιέχονται στα σπερματοζώαρια του ανθρώπου;

α) Η διαφορά οφείλεται στο ότι το X χρωμόσωμα είναι μεγαλύτερο από το Y χρωμόσωμα. Το ανδρικό σωματικό κύτταρο περιέχει ένα X και ένα Y χρωμόσωμα ενώ το γυναικείο σωματικό κύτταρο περιέχει δύο X φυλετικά χρωμοσώματα.

β) Τα σπερματοζώαρια όμως είναι δύο ειδών:

β1. Αυτά που αποτελούνται από 22 αυτοσωμικά χρωμοσώματα και ένα X φυλετικό χρωμόσωμα και επομένως θα περιέχουν το ίδιο αριθμό βάσεων με τα ωάρια. Τα σωματικά κύτταρα της γυναίκας περιέχουν  $6 \cdot 10^9 + 0,15 \cdot 10^9 = 6,15 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων

Τα ωάρια, γεννητικά κύτταρα της γυναίκας, περιέχουν τη μισή ποσότητα του γεννητικού υλικού των σωματικών της κυττάρων (22 αυτοσωμικά χρωμοσώματα και ένα X φυλετικό χρωμόσωμα) δηλαδή  $6,15 \cdot 10^9 : 2 = 3,075 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων

β2. αυτά που αποτελούνται από 22 αυτοσωμικά χρωμοσώματα και ένα Y φυλετικό χρωμόσωμα και επομένως  $6 \cdot 10^9 - 3,075 \cdot 10^9 = 2,925 \cdot 10^9$  ζεύγη βάσεων.

5. Ο καρυότυπος σωματικού κυττάρου του ανθρώπου εμφανίζει 46 χρωμοσώματα. α) Πόσα ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων περιέχει, ένα σωματικό κύτταρο και πόσα ένα γεννητικό κύτταρο; β) Στον καρυότυπο του ανθρώπου, πόσα συνολικά μόρια DNA υπάρχουν γ) Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε το φύλο από το καρυότυπό του ανθρώπου;

α1) Το σωματικό κύτταρο είναι διπλοειδές και περιέχει  $46:2=23$  ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων

α2) Το γεννητικό κύτταρο είναι απλοειδές, περιέχει δηλαδή μόνο ένα χρωμόσωμα από κάθε ζευγάρι ομόλογων χρωμοσωμάτων, άρα τελικά δεν περιέχει κανένα ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων.

β) Ο καρυότυπος λαμβάνεται από τα χρωμοσώματα της μετάφασης και κάθε χρωμόσωμα στη μετάφαση περιλαμβάνει δύο όμοια μόρια DNA συνδεδεμένα μεταξύ τους με το κεντρομερίδιο. Άρα συνολικά ο καρυότυπος του ανθρώπου θα περιέχει  $2 \cdot 46 = 92$  μόρια DNA.

γ) Το θηλυκό άτομο έχει δύο όμοια X φυλετικά χρωμοσώματα, ενώ αντίθετα το αρσενικό έχει ένα X και ένα Y φυλετικά χρωμοσώματα. Το X χρωμόσωμα και το Y χρωμόσωμα στη παρατήρηση με το μικροσκόπιο, είναι τα μόνα που διαφέρουν αισθητά στο μέγεθος. Οπότε το μεγαλύτερο είναι το X χρωμόσωμα και το μικρότερο το Y χρωμόσωμα



## ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ

6. Η μύγα του κρασιού δροσόφιλα, είναι διπλοειδής οργανισμός και το φύλο καθορίζεται όπως και στον άνθρωπο (XY αρσενικό, XX θηλυκό). Το Y χρωμόσωμα της αποτελείται από DNA μήκους 1,02mm ενώ το X χρωμόσωμα από DNA μήκους 9,18mm. Το γονιδίωμα των γαμετών του εντόμου αυτού περιέχει εκτός του γενετικού χρωμοσώματος και τρία επιπλέον μόρια DNA μήκους 17,68, 16,32 και 0,68mm αντίστοιχα. Αν η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ζευγών νουκλεοτιδίων είναι 0,34nm να βρεθεί ο συνολικός αριθμός ζευγών βάσεων που περιέχονται: α) σε ένα σωματικό κύτταρο θηλυκού ατόμου κατά την αρχή της μεσόφασης β) σε ένα σωματικό κύτταρο αρσενικού ατόμου κατά την αρχή της μεσόφασης γ) σε ένα σωματικό κύτταρο αρσενικού ατόμου κατά την μετάφαση δ) σε ένα ωάριο και σε ένα σπερματοζωάριο

α) Το σωματικό κύτταρο της θηλυκής δροσόφιλας κατά την αρχή της μεσόφασης είναι διπλοειδές και αποτελείται από 3 ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων και ένα ζεύγος όμοιων X χρωμοσωμάτων δηλαδή συνολικά θα έχει μήκος;

$$(2 \cdot 9,18 + 2 \cdot 17,68 + 2 \cdot 16,32 + 2 \cdot 0,68) = 87,72 \text{ mm}$$

$$\frac{87,72 \text{ mm}}{0,34 \text{ nm}} = \frac{87,72 \cdot 10^{-3}}{0,34 \cdot 10^{-9}} = 258 \cdot 10^6 \text{ ζεύγη βάσεων}$$

β) Το σωματικό κύτταρο της αρσενικής δροσόφιλας κατά την αρχή της μεσόφασης από 3 ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων ένα X χρωμόσωμα και ένα Y χρωμόσωμα δηλαδή συνολικά περιέχει:

$$(1,02 + 9,18 + 2 \cdot 17,68 + 2 \cdot 16,32 + 2 \cdot 0,68) = 79,56 \text{ mm}$$

$$\frac{79,56 \text{ mm}}{0,34 \text{ nm}} = \frac{79,56 \cdot 10^{-3}}{0,34 \cdot 10^{-9}} = 234 \cdot 10^6 \text{ ζεύγη βάσεων}$$

γ) Κατά την μετάφαση το σωματικό κύτταρο της αρσενικής δροσόφιλας έχει διπλασιάσει το γενετικό του υλικό οπότε περιέχει:  $2 \cdot 234 \cdot 10^6 = 468 \cdot 10^6$  ζεύγη βάσεων

δ) Το ωάριο είναι απλοειδές κύτταρο και περιέχει μια φορά το κάθε αυτοσωμικό χρωμόσωμα καθώς και ένα X χρωμόσωμα, δηλαδή συνολικά περιέχει:

$$258 \cdot 10^6 : 2 = 129 \cdot 10^6 \text{ ζεύγη βάσεων}$$

Τα σπερματοζωάρια είναι επίσης απλοειδή κύτταρα και περιέχουν μια φορά το κάθε αυτοσωμικό χρωμόσωμα καθώς και ένα φυλετικό χρωμόσωμα.

Όσα σπερματοζωάρια περιέχουν X χρωμόσωμα, συνολικά θα περιέχουν τα ίδια ζεύγη βάσεων με το ωάριο δηλαδή  $129 \cdot 10^6$  ζεύγη βάσεων.

Ενώ όσα περιέχουν Y χρωμόσωμα, συνολικά περιέχουν:  $234 \cdot 10^6 - 129 \cdot 10^6 = 105 \cdot 10^6$  ζεύγη βάσεων

## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

7. Να συγκριθεί το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών και των ευκαρυωτικών κυττάρων.

ΠΡΟΚΑΡΥΩΤΙΚΑ	ΕΥΚΑΡΥΩΤΙΚΑ
γονιδίωμα απλοειδές	γονιδίωμα διπλοειδές
δίκλωνο κυκλικό μόριο DNA μήκους περίπου 1mm	γραμμικό DNA (σε διπλοειδές κύτταρο ανθρώπου φτάνει τα 2 m) που δεν είναι ένα ενιαίο μόριο, αλλά αποτελείται από πολλά ευθύγραμμα τμήματα, ο αριθμός και το μήκος των οποίων είναι χαρακτηριστικά για το είδος του οργανισμού
Το DNA αναδιπλώνεται και πακετάρεται με τη βοήθεια πρωτεϊνών ώστε να έχει τελικό μήκος 1 μm	DNA με ιστόνες σχηματίζει νουκλεοσώματα που πακετάρονται με μη-ιστόνες και σχηματίζουν ινίδια χρωματίνης που κατά την κυτταρική διαίρεση αναδιπλώνονται σε θηλιές και σχηματίζουν χρωμοσώματα
Το DNA εντοπίζεται συγκεντρωμένο σε μια περιοχή, το πυρηνοειδές, ενώ δεν υπάρχει οργανωμένος πυρήνας	DNA εντοπίζεται σε πυρήνα, μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες
υπάρχουν πλασμίδια	δεν υπάρχουν πλασμίδια

### Επεξήγηση εννοιών και όρων:

**Ομόλογα χρωμοσώματα:** Ζευγάρι χρωμοσωμάτων που έχουν το ίδιο σχήμα και μέγεθος και περιέχουν την ίδια σειρά γονιδίων που ελέγχουν την ίδια ιδιότητα με διαφορετικό ενδεχομένως τρόπο.

**Αυτοσωμικά χρωμοσώματα:** Τα χρωμοσώματα που είναι μορφολογικά ίδια στο αρσενικό και θηλυκό άτομο. Στον άνθρωπο υπάρχουν 22 ζεύγη αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων.

**Φυλετικά χρωμοσώματα:** Ζευγάρι χρωμοσωμάτων που στους περισσότερους οργανισμούς συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου καθορίζουν το φύλο. Στον άνθρωπο η παρουσία του Y χρωμοσώματος καθορίζει το αρσενικό άτομο, η απουσία του το θηλυκό. Στα θηλυκά άτομα έχουμε XX χρωμοσώματα ενώ στα αρσενικά XY.

**Καρυότυπος:** Απεικόνιση, κατά σειρά μεγέθους, των χρωμοσωμάτων ενός κυττάρου.

**Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες έχουν δικό τους γενετικό υλικό**

**Τ**α μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες έχουν DNA. Το γενετικό υλικό των μιτοχονδρίων και των χλωροπλαστών περιέχει πληροφορίες σχετικές με τη λειτουργία τους, δηλαδή σχετικά με την οξειδωτική φωσφορυλίωση και τη φωτοσύνθεση αντίστοιχα, και κωδικοποιεί μικρό αριθμό πρωτεϊνών. Οι περισσότερες όμως πρωτεΐνες που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των μιτοχονδρίων και των χλωροπλαστών κωδικοποιούνται από γονίδια που βρίσκονται στο DNA του πυρήνα. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα οργανίδια αυτά δεν είναι ανεξάρτητα από τον πυρήνα του κυττάρου και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως **ημιαυτόνομα**.

Το μιτοχονδριακό DNA στους περισσότερους οργανισμούς είναι κυκλικό μόριο. Κάθε μιτοχόνδριο περιέχει δύο έως δέκα αντίγραφα του κυκλικού μορίου DNA. Σε ορισμένα όμως κατώτερα πρωτόζωα είναι γραμμικό. Το ζυγωτό των ανώτερων οργανισμών περιέχει μόνο τα μιτοχόνδρια που προέρχονται από το ωάριο. Επομένως, η προέλευση των μιτοχονδριακών γονιδίων είναι μητρική.

Το DNA των χλωροπλαστών είναι κυκλικό μόριο και έχει μεγαλύτερο μέγεθος από το μιτοχονδριακό DNA.

**Συμπληρωματικές γνώσεις**

<b>ΜΙΤΟΧΟΝΔΡΙΑ</b>	<b>ΧΛΩΡΟΠΛΑΣΤΕΣ</b>
Περιβάλλονται από διπλή μεμβράνη (η εξωτερική ομαλή, ενώ η εσωτερική με αναδιπλώσεις).	Περιβάλλονται από διπλή μεμβράνη (η εξωτερική ομαλή, ενώ η εσωτερική δημιουργεί ελασμάτια και θυλακοειδή, που σχηματίζουν τα grana).
Σχήμα επιμηκυμένο ή ωοειδές.	Σχήμα ωοειδές, δισκοειδές ή σπειροειδές.
Τα συναντάμε στα φυτικά και στα ζωικά κύτταρα.	Βρίσκονται μόνο στα φυτικά κύτταρα.
Έχουν γενετική αυτονομία, δηλαδή δικό τους DNA.	Έχουν γενετική αυτονομία, δηλαδή δικό τους DNA.
Έχουν ενεργειακή αυτονομία, δηλαδή παράγουν ATP .	Έχουν ενεργειακή αυτονομία, δηλαδή παράγουν ATP .
Έχουν RNA, ένζυμα και ριβοσώματα και πρωτεϊνοσυνθέτουν .	Έχουν RNA, ένζυμα και ριβοσώματα και πρωτεϊνοσυνθέτουν .
Θεμέλια μάζα είναι η μήτρα.	Θεμέλια μάζα είναι το στρώμα.
Ελευθερώνεται ενέργεια (οξειδωτική φωσφορυλίωση).	Δεσμεύεται ενέργεια (Φωτοφωσφορυλίωση).
Κέντρα αναπνοής.	Κέντρα φωτοσύνθεσης.
Πολλά στα ζωικά κύτταρα και λιγότερα στα φυτικά.	Μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα μιτοχόνδρια.

## **ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**

1. Μιτοχονδριακό DNA του ανθρώπου βρέθηκε να έχει  $16 \cdot 10^3$  ζεύγη βάσεων Αν ο λόγος αδενίνης προς κυτοσίνη είναι ίσος με  $1/3$ , να βρεθούν ο ακριβής αριθμός των αζωτούχων βάσεων του μορίου και τα μόρια νερού που αποσπάστηκαν για τη δημιουργία του μορίου.

Το μιτοχονδριακό DNA είναι δίκλωνο κυκλικό. Επομένως ο συνολικός αριθμός αζωτούχων βάσεων είναι  $2 \cdot 16 \cdot 10^3$ . Άρα  $A + T + C + G = 32 \cdot 10^3 \Rightarrow 2A + 2C = 32 \cdot 10^3$ .

Εξάλλου  $C = 3A$ . Από τη λύση του συστήματος έχουμε  $A = 4 \cdot 10^3$ ,  $T = 4 \cdot 10^3$ ,  $C = 12 \cdot 10^3$ ,  $G = 12 \cdot 10^3$

Σε κυκλικό μόριο DNA ο αριθμός νουκλεοτιδίων ισούται με τον αριθμό των φωσφοδιεστερικών δεσμών, άρα οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί είναι  $32 \cdot 10^3$ , και επειδή με τη δημιουργία κάθε δεσμού έχουμε απόσπαση ενός μορίου νερού, τα συνολικά μόρια νερού που αποσπάστηκαν είναι  $32 \cdot 10^3$ .

**Οι ιοί έχουν γενετικό υλικό DNA ή RNA**

**Ο**ι ιοί περιέχουν ένα μόνο είδος νουκλεϊκού οξέος, το οποίο μπορεί να είναι DNA ή RNA. Το DNA των ιών μπορεί να είναι μονόκλωνο ή δίκλωνο, γραμμικό ή κυκλικό. Οι RNA -ιοί έχουν συνήθως γραμμικό RNA (σε σπάνιες περιπτώσεις είναι κυκλικό), το οποίο μπορεί να είναι μονόκλωνο η δίκλωνο.

1. Η ανάλυση του γενετικού υλικού ενός ιού έδωσε τα εξής ποσοστά περιεκτικότητας του σε πλήθος αζωτούχων βάσεων: Αδενίνη: 32%, Γουανίνη:32%, Θυμίνη:18%, και Κυτοσίνη: 18%. Τι είδους γενετικό υλικό φέρει ο ιός; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Το γενετικό υλικό του ιού περιέχει τη βάση θυμίνη άρα είναι μόριο DNA. Αφού όμως δεν ισχύει ισότητα πλήθους μεταξύ των βάσεων αδενίνης και θυμίνης

$$\frac{A}{T} \neq 1$$

συμπεραίνουμε ότι το μόριο αυτό είναι μονόκλωνο.

2. Η ανάλυση του γενετικού υλικού 5 ιών περιλάμβανε τον προσδιορισμό α) του συνολικού αριθμού των νουκλεοτιδίων β) του αθροίσματος του αριθμού των βάσεων είτε της κυτοσίνης με θυμίνη (C+T) είτε της κυτοσίνης με ουρακίλη (C+U). Επίσης προσδιορίστηκε αν το γενετικό υλικό κάθε ιού περιλάμβανε ελεύθερο 5' άκρο ή όχι. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Ιός	Σύνολο βάσεων	C+T	C+U	Άκρο 5'
A	6442	-	3171	Ναι
B	6478	3239	-	Ναι
Γ	9784	-	4897	Όχι
Δ	2946	1473	-	Όχι
E	2732	1361	-	Όχι

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων τι είδους γενετικού υλικού φέρει ο κάθε ιός;

Η παρουσία θυμίνης σημαίνει ότι το γενετικό υλικό του ιού είναι DNA, ενώ η παρουσία ουρακίλης ότι είναι RNA. Επίσης η ύπαρξη 5' άκρου σημαίνει ότι το μόριο είναι γραμμικό και η μη ύπαρξη ότι είναι κυκλικό. Τέλος αν το άθροισμα κυτοσίνης και θυμίνης ή το άθροισμα κυτοσίνης και ουρακίλης είναι το μισό του συνολικού αριθμού των βάσεων αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι το μόριο είναι δίκλωνο. Με βάση τα παραπάνω:

Ο ιός A έχει γενετικό υλικό γραμμικό μονόκλωνο μόριο RNA

Ο ιός B έχει γενετικό υλικό γραμμικό δίκλωνο μόριο DNA

Ο ιός Γ έχει γενετικό υλικό κυκλικό μονόκλωνο μόριο RNA

Ο ιός Δ έχει γενετικό υλικό κυκλικό δίκλωνο μόριο DNA

Ο ιός E έχει γενετικό υλικό κυκλικό μονόκλωνο μόριο DNA

### ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

3. Στον πίνακα που ακολουθεί έχουμε το γενετικό υλικό τριών διαφορετικών ιών. Διακρίνετε τι είδους γενετικό υλικό έχει ο κάθε ιός, να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

A ιός	B ιός	Γ ιός
T:15%	U :12%	U :18%
A:15%	G :38%	G:18%
G:40%	A:12%	A:32%
C :40%	C:38%	C:32%

A ιός Περιέχει θυμίνη και  $A=T$  και  $G=C$  άρα το γενετικό του υλικό είναι δίκλωνο DNA

B ιός Περιέχει ουρακίλη και  $A=U$  και  $G=C$  άρα το γενετικό του υλικό είναι δίκλωνο RNA

Γ ιός Περιέχει ουρακίλη και  $A \neq U$  και  $G \neq C$  άρα το γενετικό του υλικό είναι μονόκλωνο RNA

4. Τι είδους γενετικό υλικό συναντάμε στους οργανισμούς;

Βακτήριο	Δίκλωνο κυκλικό DNA
πλασμίδιο	Δίκλωνο κυκλικό DNA
Ευκαρυωτικό	Δίκλωνο γραμμικό DNA
Μιτοχόνδριο	Δίκλωνο κυκλικό DNA
Χλωροπλάστες	Δίκλωνο κυκλικό DNA
Ιοί	DNA μονόκλωνο ή δίκλωνο, γραμμικό ή κυκλικό RNA γραμμικό(σπάνια κυκλικό), μονόκλωνο ή δίκλωνο

- 1. Το DNA σε δύο διαφορετικά κύτταρα ανθρώπου βρέθηκε ότι αποτελείται στο ένα από  $3 \times 10^9$  και στο άλλο από  $6 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων. Πώς μπορεί να εξηγηθεί αυτό;**

Γνωρίζουμε ότι το ανθρώπινο γονιδίωμα σε ένα απλοειδές κύτταρο αποτελείται από  $3 \times 10^9$  περίπου ζευγάρια νουκλεοτιδίων DNA, που είναι οργανωμένα σε 23 χρωμοσώματα. Επομένως, το πρώτο κύτταρο θα είναι απλοειδές, Στον άνθρωπο απλοειδή κύτταρα είναι οι γαμέτες (ωάριο ή σπερματοζωάριο). Το δεύτερο κύτταρο περιέχει  $2 \times (3 \times 10^9)$  ζευγάρια νουκλεοτιδίων DNA και επομένως είναι διπλοειδές. Στον άνθρωπο διπλοειδή Είναι όλα τα σωματικά κύτταρα

- 2. Με ποιον από τους τρόπους που αναφέρονται πιο κάτω συνδέεται κάθε νουκλεοτίδιο με το αμέσως επόμενο του στην πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα του DNA;**
- α. Η φωσφορική ομάδα του ενός με την αζωτούχο βάση του επόμενου"**
  - β. Η φωσφορική ομάδα του ενός με τη δεοξυριβόζη του επόμενου.**
  - γ. Η αζωτούχος βάση του ενός με τη δεοξυριβόζη του επόμενου.**
  - δ. Οι αζωτούχες βάσεις δύο συνεχόμενων νουκλεοτιδίων με δεσμούς υδρογόνου.**
  - ε. Η δεοξυριβόζη του ενός με τη φωσφορική ομάδα του επόμενου.**
  - στ. Οι φωσφορικές ομάδες δύο συνεχόμενων νουκλεοτιδίων μεταξύ τους.**

Σωστή απάντηση είναι η ε.

- 3. Σε μόριο DNA ευκαρυωτικού κυττάρου η αδενίνη αποτελεί το 20% των (αζωτούχων βάσεων του. Σε ποιες αναλογίες (%) βρίσκεται η καθεμία από τις υπόλοιπες αζωτούχες βάσεις του;**

Γνωρίζουμε ότι, λόγω της συμπληρωματικότητας των βάσεων, σε ένα μόριο DNA η ποσότητα της αδενίνης είναι ίση με την ποσότητα της θυμίνης, επομένως και η θυμίνη θα είναι, σε ποσοστό 20%. Οι δύο άλλες, αζωτούχες βάσεις θα βρίσκονται επίσης σε ίσες, μεταξύ τους ποσότητες. Αν από το 100% των αζωτούχων βάσεων αφαιρέσουμε 20%, που αντιστοιχεί, στην αδενίνη και 20%, που αντιστοιχεί στη θυμίνη, μένει 60%, από το οποίο το 30% αντιστοιχεί στη γουανίνη και το 30% αντιστοιχεί στην κυτοσίνη.

- 4. Να αναφέρετε, συνοπτικά τις λειτουργίες του γενετικού υλικού.**

Συνοπτικά οι λειτουργίες του γενετικού υλικού είναι:

- Η αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας. Στο DNA (ή το RNA των RNA ιών) περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού και οι οποίες οργανώνονται σε λειτουργικές μονάδες, τα γονίδια.
- Η διατήρηση και η μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό, που εξασφαλίζονται με τον αυτοδιπλασιασμό του DNA.
- Η έκφραση των γενετικών πληροφοριών, που επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της σύνθεσης των πρωτεϊνών.

- 5. Οι επιστήμονες μπορούν να κατασκευάσουν ένα σύνθετο ιό, που προσβάλλει βακτήρια (βακτηριοφάγος ή φάγος) και ο οποίος έχει το πρωτεϊνικό κάλυμμα του φάγου  $T_2$  και το DNA του φάγου  $T_4$ . Όταν ο σύνθετος αυτός φάγος μολύνει ένα βακτήριο, οι απόγονοι φάγοι που θα παραχθούν θα έχουν:**

- α. τις πρωτεΐνες του φάγου  $T_2$  και το DNA του φάγου  $T_4$**
- β. τις πρωτεΐνες του φάγου  $T_4$  και το DNA του φάγου  $T_2$**
- γ. μείγμα του DNA και των πρωτεϊνών και των δύο φάγων**
- δ. τις πρωτεΐνες και το DNA του φάγου  $T_2$**
- ε. τις πρωτεΐνες και το DNA του φάγου  $T_4$**

**Ποια από τις προτάσεις α, β, γ, δ, ε είναι η σωστή; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.**

Σωστή απάντηση είναι η ε Γιατί γνωρίζουμε ότι το DNA αποτελεί το γενετικό υλικό και είναι υπεύθυνο για τη μεταβίβαση των γενετικών πληροφοριών στους απογόνους, καθώς και για την έκφρασή τους, που επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της σύνθεσης των πρωτεϊνών. Ο σύνθετος ιός έχει DNA του φάγου  $T_4$  και επομένως οι απόγονοι φάγοι που θα παραχθούν θα έχουν τις πρωτεΐνες και το DNA του φάγου  $T_4$ .



## ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

**6. Τι είναι τα πλασμίδια; Να αναφέρετε δύο σημαντικά είδη γονιδίων που εντοπίζονται σε αυτά.**

Στα βακτήρια εκτός από το κύριο κυκλικό μόριο DNA υπάρχουν και τα πλασμίδια.

Τα πλασμίδια είναι δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA σε διάφορα μεγέθη. Περιέχουν μικρό ποσοστό της γενετικής πληροφορίας και αποτελούν το 1 -2% του βακτηριακού DNA. Ένα βακτήριο μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα πλασμίδια τα οποία αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου. Μεταξύ των γονιδίων που περιέχονται στα πλασμίδια υπάρχουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά και γονίδια που σχετίζονται με τη μεταφορά γενετικού υλικού από ένα βακτήριο σε άλλο. Τα πλασμίδια έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό τόσο μεταξύ τους όσο και με το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου, καθώς και να μεταφέρονται από ένα βακτήριο σε άλλο. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζουν το βακτήριο στο οποίο εισέρχονται και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες.

**7. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή όσον αφορά τα νουκλεοσώματα;**

**α. Κατασκευάζονται από χρωμοσώματα**

**β. Αποτελούνται αποκλειστικά από DNA**

**γ. Αποτελούνται από DNA που τυλίγεται γύρω από πρωτεΐνες (ιστόνες)**

**δ. Δημιουργούνται μόνο κατά την κυτταρική διαίρεση**

**ε. Εμφανίζονται μόνο κατά τη μεσόφαση**

Η σωστή πρόταση είναι η γ

**8. Να τοποθετήσετε κατά μέγεθος από το μικρότερο στο μεγαλύτερο τα: Χρωμόσωμα, νουκλεοτίδιο, γονίδιο, νουκλεόσωμα.**

**(Ένα μέσο γονίδιο έχει μήκος 1.000 ζεύγη βάσεων)**

Σωστή σειρά κατά μέγεθος από το μικρότερο στο μεγαλύτερο είναι: νουκλεοτίδιο, νουκλεόσωμα, γονίδιο, χρωμόσωμα.

**9. Στο κείμενο που ακολουθεί διαγράψτε λέξεις ή φράσεις, ώστε η πρόταση που θα παραμείνει να είναι σωστή.**

**Το γενετικό υλικό του μιτοχονδρίου είναι ένα [μονόκλωνο-δίκλωνο] μόριο [DNA-RNA] συνήθως [γραμμικό-κυκλικό] και περιέχει γενετικές πληροφορίες για [όλες-μερικές από] τις λειτουργίες του.**

Η σωστή πρόταση είναι: Το γενετικό υλικό του μιτοχονδρίου είναι [δίκλωνο] μόριο [DNA] συνήθως [κυκλικό] και περιέχει γενετικές πληροφορίες για [μερικές από] τις λειτουργίες του.

**10. Η *Acetabularia* είναι ένας μονοκύτταρος οργανισμός με διαφοροποιημένα τμήματα: βάση, μίσχο και καπέλο. Σε ένα πείραμα ο J. Hummering μεταμόσχευσε στη βάση του είδους *Acetabularia crenulata* το μίσχο από το είδος *Acetabularia mediteranea* και αντίστροφα. Και στις δύο περιπτώσεις το καπέλο που σχηματίστηκε καθορίστηκε από τη βάση του οργανισμού, όπου βρίσκεται ο πυρήνας, και όχι από το μίσχο, που συνδέεται άμεσα με το καπέλο. Ποια συμπεράσματα βγαίνουν;**

Όπως γνωρίζουμε, ο πυρήνας περιέχει το γενετικό υλικό και ελέγχει όλες τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά των κυττάρων " Με τη μεταμόσχευση ο μίσχος από το είδος *Acetabularia mediteranea* απέκτησε τον πυρήνα του είδους *Acetabularia crenulata* και επομένως και τις γενετικές πληροφορίες για το σχηματισμό καπέλου του είδους *Acetabularia crenulata*. Το αντίστροφο συνέβη με το μίσχο από το είδος *Acetabularia crenulata*, που απέκτησε τον πυρήνα του είδους *Acetabularia mediteranea*.

## **ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ - ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ**

Εάν εργάζεσθε στο κυτταρολογικό εργαστήριο ενός νοσοκομείου και σας ζητηθεί να απεικονίσετε τον καρυότυπο κάποιου ασθενούς : α) Ποια κύτταρα θα χρησιμοποιήσετε ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας .β) Σε ποια φάση του κυτταρικού κύκλου θα πρέπει να βρίσκονται τα κύτταρα αυτά ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας .γ) Ποιες χημικές ουσίες θα χρησιμοποιήσετε κατά την εργαστηριακή σας μελέτη ; Ποιος είναι ο ρόλος τους ; δ) Τι πληροφορίες θα σας προσφέρει ο καρυότυπος ; ε) Είναι δυνατόν να εντοπίσετε κληρονομικές ασθένειες με τον καρυότυπο. Να αναφέρεται δύο από αυτές

α. Θα χρησιμοποιήσουμε κύτταρα που προέρχονται από ιστούς που διαιρούνται φυσιολογικά, γιατί ο υψηλός βαθμός συσπείρωσης του DNA στα χρωμοσώματα παρατηρείται κατά τη διάρκεια της μίτωσης και συγκεκριμένα στο στάδιο της μετάφασης. Επίσης, πρέπει να είναι εύκολη η λήψη κυττάρων, π.χ. λεμφοκύτταρα.

β. Τα κύτταρα πρέπει να βρίσκονται στη φάση της μετάφασης.

γ. Θα χρησιμοποιήσουμε

- Ουσίες με μιτογόνο δράση για την *in vitro* επαγωγή της διαίρεσης
- Ουσίες που σταματούν τη μίτωση στη φάση της μετάφασης.
- Υποτονικό διάλυμα για να σπάσει η κυτταρική μεμβράνη των κυττάρων και να απλωθούν τα χρωμοσώματα.
- Ειδικές χρωστικές ουσίες για να χρωματιστούν τα χρωμοσώματα και να τα παρατηρήσουμε στο οπτικό μικροσκόπιο.

δ. Ο καρυότυπος προσφέρει πληροφορίες για:

- τον αριθμό των χρωμοσωμάτων,
- τη μορφολογία των χρωμοσωμάτων (σχήμα, μέγεθος, θέση κεντρομεριδίου),
- το φύλο του ατόμου,
- το είδος του οργανισμού,
- αν το κύτταρο είναι απλοειδές ή διπλοειδές,
- κληρονομικές ασθένειες,
- τις χαρακτηριστικές ζώνες κάθε χρωμοσώματος.

ε. Μπορούμε να εντοπίσουμε κληρονομικές ασθένειες με τον καρυότυπο στην περίπτωση αλλαγής στην κατασκευή στον αριθμό των χρωμοσωμάτων, όπως σύνδρομο Down και Klinefelter