



ΜΕΙΩΣΗ I

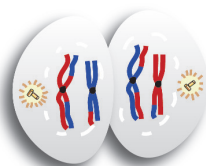
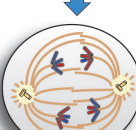
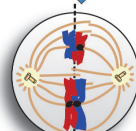
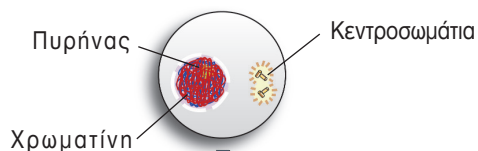
Μεσόφαση μειοκυττάρου: Τα χρωμοσώματα διπλασιάζονται (διπλοειδές κύτταρο).

Πρόφαση I: Τα ομόλογα χρωμοσώματα συνάπτονται και ανταλλάσσουν τμήματα (επιδίωξη), δημιουργώντας ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Σχηματίζεται η άτρακτος.

Μετάφαση I: Τα ζεύγη των ομόλογων χρωμοσωμάτων διατάσσονται στο ισημερινό πεδίο του κυττάρου. Τα ινίδια της άτρακτου έχουν συνδεθεί με τα κεντρομερίδια.

Ανάφαση I: Διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα.

Τελόφαση I: Δημιουργούνται δύο θυγατρικά απλοειδή κύτταρα. Το καθένα διαθέτει μια πλήρη απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων με τη μορφή αδελφών χρωματίδων ενωμένων στα κεντρομερίδια.



ΜΕΙΩΣΗ II

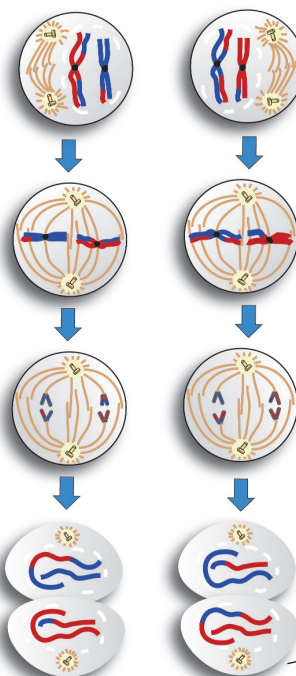
Δεν γίνεται διπλασιασμός του γενετικού υλικού

Πρόφαση II

Μετάφαση II

Ανάφαση II

Τελόφαση II



Σε ένα νέο γύρο διαίρεσης, οι αδελφές χρωματίδες διαχωρίζονται. Έτσι, καταλήγουμε σε τέσσερα απλοειδή κύτταρα, τους γαμέτες.

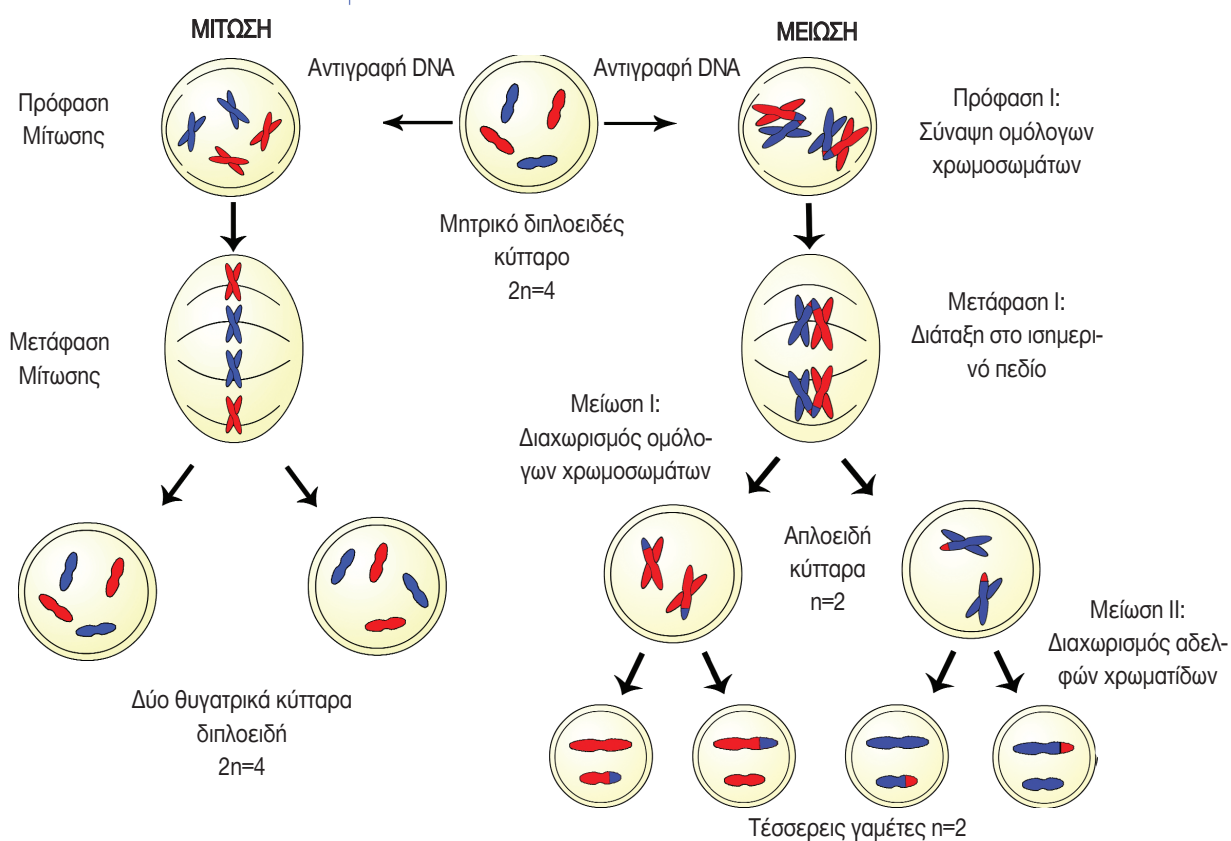
Γαμέτες

Εικόνα 21: Μείωση (αναλυτικά).



ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΙΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗΣ:

1. Η μίτωση λαμβάνει χώρα στα σωματικά κύτταρα των διπλοειδών οργανισμών, ενώ η μείωση στα μειοκύτταρα (ειδικά σωματικά κύτταρα).
2. Στη μίτωση έχουμε μια κυτταρική διαίρεση και παραγωγή δυο θυγατρικών κυττάρων. Στη μείωση έχουμε δυο κυτταρικές διαιρέσεις και παραγωγή τεσσάρων γαμετικών κυττάρων.
3. Στη μίτωση, σε κάθε κυτταρική διαίρεση αντιστοιχεί ένας αυτοδιπλασιασμός του DNA. Στη μείωση, υπάρχει μόνο μια προμειωτική φάση αντιγραφής του DNA του μειοκυττάρου και για τις δυο κυτταρικές διαιρέσεις.
4. Στη μίτωση, ο αριθμός των χρωμοσωμάτων ανά πυρήνα παραμένει σταθερός. Στη μείωση, ο αριθμός των χρωμοσωμάτων στα κύτταρα που προκύπτουν έχει μειωθεί στο μισό.
5. Στη μίτωση, δεν έχουμε σύναψη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Στη μείωση I, έχουμε πλήρη σύναψη των ομόλογων χρωμοσωμάτων.
6. Η μίτωση είναι μια συντηρητική διαδικασία, αφού τα θυγατρικά κύτταρα έχουν γονότυπους όμοιους με το γονότυπο του πατρικού κυττάρου. Αντίθετα η μείωση, προάγει σε μεγάλο βαθμό την γενετική ποικιλότητα.



Εικόνα 22: Συγκριτική παρουσίαση της Μίτωσης και της Μείωσης.



ROSALIND ELSIE FRANKLIN (1920-1958)

Δεν υπάρχει ίσως άλλη γυναίκα επιστήμονας της οποίας η ζωή και το έργο να έχουν γίνει αντικείμενο τόσο διαφορετικών εκτιμήσεων από τους ιστορικούς της επιστήμης και τους βιογράφους, όσο η ζωή και το έργο της Rosalind Franklin.

Η Rosalind Franklin γεννήθηκε το 1920 στο Λονδίνο. Ως μαθήτρια διακρίθηκε για της επιδόσεις της στις θετικές επιστήμες και στον αθλητισμό. Στα δεκαπέντε της χρόνια αποφάσισε να γίνει επιστήμονας, μία τολμηρή επιθυμία για ένα κορίτσι της εποχής. Το 1938 εισήχθη στο Κολλέγιο Newnham του Cambridge, από όπου αποφοίτησε το 1941 με υποτροφία για μεταπτυχιακές σπουδές στη Χρωματογραφία.

Το 1945 της απονεμήθηκε διδακτορικό δίπλωμα στη Φυσικοχημεία από το Πανεπιστήμιο του Cambridge. Μέχρι τότε είχε ήδη δημοσιεύσει πέντε εργασίες που θεωρούνται κλασικές στον τομέα της υψηλής αντοχής ινών άνθρακα.

Το 1947 πηγαίνει στο Παρίσι ως ερευνήτρια και ειδικεύεται στην τεχνική της περίθλασης με ακτίνες Χ. Σε αυτό το διάστημα κέρδισε την αποδοχή των ανδρών συναδέλφων της ως αξιόλογη επιστήμονας.

Το 1951 προσελήφθη στο εργαστήριο του Sir John Randall στο King's College στην Αγγλία. Εκεί ξεκίνησε την ερευνητική της δραστηριότητα για τη μελέτη της δομής του DNA. Αυτή η συγκυρία ήταν καθοριστική για την πρόοδο της Επιστήμης της Βιολογίας. Από το 1952 είχε επιβεβαιωθεί οριστικά ότι το γενετικό υλικό είναι το DNA.

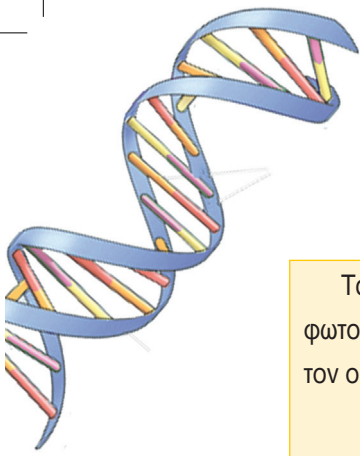
Η R. Franklin σε ελάχιστο χρόνο έδειξε ότι βρίσκεται στο σωστό δρόμο για την ανακάλυψη της δομής του DNA. Εργαζόμενη εντατικά και προς τη σωστή κατεύθυνση, παρόλα τα προβλήματα που αντιμετώπιζε με τους συνεργάτες της, ανακάλυψε ότι το μόριο του DNA υφίσταται σε δύο μορφές που τις ονόμασε A και B.

Το Μάιο του 1952 η R. Franklin κατόρθωσε να πάρει μια ιδιαίτερα καλή φωτογραφία της B μορφής του DNA (η περίφημη φωτογραφία 51), της οποίας η ερμηνεία δεν άφηνε καμία αμφιβολία ότι το μόριο έχει τη μορφή διπλής έλικας. Σε μία πρόχειρη ερμηνεία της φωτογραφίας 51, η R. Franklin υπολόγισε τις αποστάσεις μεταξύ των φωσφορικών ομάδων DNA και τις τοποθέτησε στον εξωτερικό σκελετό του μορίου.

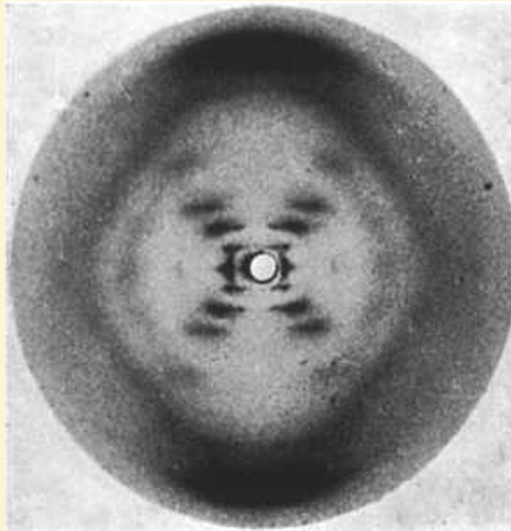
Έτσι, το 1952 είχαν γίνει γνωστά τα τρία από τα πέντε χαρακτηριστικά της δομής του DNA.

- Η αναλογία $(A+G) / (T+C) = 1$ (συνεισφορά του αυστριακού βιοχημικού E. Chargaff, αρχές 1950).
- Το μόριο έχει μορφή έλικας (συνεισφορά της R. Franklin).
- Οι φωσφορικές ομάδες είναι τοποθετημένες στο εξωτερικό του μορίου (συνεισφορά της R. Franklin).

Τα μόνα χαρακτηριστικά της δομής του DNA που έλειπαν ήταν η αντιπαράλληλη κατεύθυνση των δύο κλώνων και η συμπληρωματικότητα των αζωτούχων βάσεων.



Τα τελευταία αυτά στοιχεία προσδιορίστηκαν από τους J. Watson και F. Crick, όταν μελέτησαν τη φωτογραφία 51 και τα πειραματικά δεδομένα της R. Franklin, μέσω του συνεργάτη της M. Wilkins, με τον οποίο οι σχέσεις της R. Franklin δεν ήταν ποτέ ιδιαίτερα καλές.



Η περίφημη φωτογραφία 51.

Από το 1952 μέχρι το 1958 (σε ηλικία 37 ετών) που πέθανε, η Rosalind Franklin εργάστηκε στο κολέγιο Birkbeck στην Ιολογία και έθεσε τις βάσεις της δομικής Ιολογίας καθορίζοντας τη σχέση μεταξύ του RNA και του πρωτεϊνικού καλύμματος των ιών.

Η Rosalind Franklin δεν τιμήθηκε στη διάρκεια της ζωής της, ούτε όμως και μετά το θάνατό της, παρ' ότι η μεγάλη της συνεισφορά στην επιστήμη αποτελεί κτήμα όλης της ανθρωπότητας.

Στην ιστοσελίδα του οργανισμού των βραβείων Νόμπελ αναφέρεται:

«Από πολλούς υποστηρίζεται ότι το βραβείο Νόμπελ έπρεπε να έχει απονεμηθεί και στη Rosalind Franklin, δεδομένου ότι τα πειραματικά δεδομένα της παρείχαν ένα πολύ σημαντικό μέρος των πληροφοριών, που οδήγησαν στην επίλυση της δομής του DNA.

Σε πρόσφατη συνέντευξή του, ο ίδιος ο J. Watson είχε προτείνει ότι ίσως έπρεπε να απονεμηθεί το βραβείο Νόμπελ Χημείας στους R. Franklin και M. Wilkins και το βραβείο Νόμπελ Φυσιολογίας ή Ιατρικής στον ίδιο και τον F. Crick, με αυτό τον τρόπο θα είχαν τιμηθεί και οι τέσσερις».

Το 2008 θα είναι δυνατό να μάθουμε αν τουλάχιστον η Rosalind Franklin είχε προταθεί για το βραβείο Νόμπελ για την συνεισφορά της στην κατανόηση δομής του DNA.



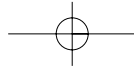
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ



1. Αρχικά οι επιστήμονες πίστευαν ότι τα βιολογικά μακρομόρια που μεταφέρουν τη γενετική πληροφορία ήταν οι πρωτεΐνες. Ποια ήταν η λογική τους;
(Απ.: Παρ'όλο ... νουκλεοτιδίων! σελ.13)
2. Περιγράψτε το πείραμα του Griffith, και δώστε τον ορισμό της αποικίας.
(Απ.: Το 1928 ... πώς γίνεται αυτό. σελ.13)
3. Περιγράψτε το πείραμα που απέδειξε ότι το γενετικό υλικό είναι το DNA
(Απ.: Η απάντηση ... υλικό. σελ.13)
4. Ποια βιοχημικά δεδομένα ενίσχυσαν τα αποτελέσματα του πειράματος των Avery, Mac-Leod και McCarthy;
(Απ.: Η ποσότητα ... κύτταρο του. σελ.13-14)
5. Ποιο πείραμα επιβεβαίωσε το γεγονός ότι το γενετικό υλικό είναι το DNA;
(Απ.: Η οριστική ... νέοι φάγοι. σελ.14)
6. Πότε ένα πείραμα χαρακτηρίζεται *in vivo* και πότε *in vitro*; Τι ονομάζουμε ικνηθέτηση; Δώστε από ένα παράδειγμα.
(Απ.: Η έκφραση ... DNA. σελ.14)
7. Περιγράψτε τον σχηματισμό μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας.
(Απ.: Το DNA ... δεσμό. σελ.14)
8. Ποιος δεσμός ονομάζεται 3'-5' φωσφοδιεστερικός;
(Απ.: Ο δεσμός ... πεντόζη. σελ. 14)
9. Από τι αποτελείται ένα δεοξυριβονουκλεοτίδιο και από τι ένα ριβονουκλεοτίδιο;
(Απ.: Κάθε 5' άνθρακα. Για το RNA ισχύουν τα ίδια μόνο που η πεντόζη είναι η ριβόζη. σελ.14)
10. Γιατί κάθε πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα έχει προσανατολισμό 5'→3';
(Απ.: Ανεξάρτητα ... 5'→3'. σελ.14)
11. Τι έδειξαν τα δεδομένα από την ανάλυση του DNA σχετικά με το ποσοστό και την αναλογία των αζωτούχων βάσεων;
(Απ.: Παρ'ότι ... ως γενετικό υλικό. σελ.14-15)
12. Ποια επιστημονικά δεδομένα προηγήθηκαν και συνέτειναν καθοριστικά στην ανακάλυψη της διπλής έλικας του DNA;
(Απ.: Η ανακάλυψη ... στο χώρο. σελ.15)
13. Περιγράψτε τη δομή της διπλής έλικας.
(Απ.: Σύμφωνα με ... της άλλης. σελ.15-16-17)
14. Αναφέρετε, συνοπτικά, τις λειτουργίες του γενετικού υλικού.
(Απ.: Το DNA ... πρωτεϊνών . σελ.17)



15. Τι ορίζουμε ως γονιδίωμα ενός κυττάρου;
(Απ.: Το γενετικό υλικό ... του. σελ.17)
16. Ποια κύτταρα ονομάζονται απλοειδή και ποια διπλοειδή;
(Απ.: Τα κύτταρα ... πυρήνα. σελ.17)
17. Ποιους όρους χρησιμοποιούμε για την περιγραφή του μήκους μιας μονόκλωνης και μιας δίκλωνης πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας;
(Απ.: Για την περιγραφή ... είναι μονόκλωνο. σελ.17)
18. Περιγράψτε το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών οργανισμών.
(Απ.: Το γενετικό υλικό ... απλοειδή. σελ.18)
19. Τι είναι τα πλασμίδια; Ποιες ιδιότητες φέρουν;
(Απ.: Σε πολλά ... DNA. σελ.18)
20. Ποια είναι η μορφή και το μέγεθος του γενετικού υλικού στα ευκαρυωτικά κύτταρα;
(Απ.: Το γενετικό υλικό ... του μέτρου! σελ.18)
21. Τι ονομάζουμε νουκλεόσωμα;
(Απ.: Στο ηλεκτρονικό ... της χρωματίνης. σελ.18)
22. Τι είναι οι ιστόνες;
(Απ.: Το νουκλεόσωμα ... πρωτεϊνών. σελ.18)
23. Ποιες είναι οι χαρακτηριστικές μορφές του γενετικού υλικού ενός ευκαρυωτικού κυττάρου στα διάφορα στάδια του κυτταρικού κύκλου;
(Απ.: Αν παρατηρήσουμε ... αμετάβλητη. σελ. 18-20)
24. Τι είναι ο καρυότυπος;
(Απ.: Τα χρωμοσώματα ... καρυότυπο. σελ. 20)
25. Με ποιο τρόπο μπορούμε να κατασκευάσουμε τον καρυότυπο ενός ατόμου;
(Απ.: Το ανθρώπινο ... μικροσκόπιο. σελ. 20)
26. Τι είναι οι αδελφές χρωματίδες και τι το κεντρομερίδιο ενός χρωμοσώματος;
(Απ.: Κάθε φυσιολογικό ... κεντρομερίδιο. σελ. 20)
27. Ποια χρωμοσώματα ονομάζονται αυτοσωμικά και ποια φυλετικά στον άνθρωπο;
(Απ.: Στον άνθρωπο ... το φύλο. σελ. 20)
28. Πως καθορίζεται το φύλο στον άνθρωπο;
(Απ.: Στον άνθρωπο ... ζεύγος XX. σελ. 20-21)
29. Για ποιες λειτουργίες περιέχει γενετικές πληροφορίες το γενετικό υλικό των μιτοχονδρίων και των χλωροπλαστών;
(Απ.: Τα μιτοχόνδρια ... πρωτεϊνών. σελ. 21)
30. Γιατί τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες ονομάζονται ημιαυτόνομα οργανίδια;
(Απ.: Οι περισσότερες ... ημιαυτόνομα. σελ. 21)
31. Γιατί τα μιτοχονδριακά γονίδια είναι μητρικής προέλευσης;
(Απ.: Το μιτοχονδριακό ... μητρική. σελ. 21)
32. Ποιο μπορεί να είναι το είδος του γενετικού υλικού των ιών;
(Απ.: Οι ιοί ... δίκλωνο. σελ. 22)



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ή στη φράση που συμπληρώνει σωστά την πρόταση:

1. Η ποσότητα του DNA

- A. είναι ίδια σε όλους τους απλοειδείς οργανισμούς
- B. είναι σταθερή σε όλους τους διπλοειδείς οργανισμούς
- Γ. μεταβάλλεται στα κύτταρα των διαφόρων ιστών ενός οργανισμού
- Δ. διαφέρει στα κύτταρα οργανισμών που ανήκουν σε διαφορετικά είδη

2. Στους διπλοειδείς οργανισμούς

- A. το γονιδίωμα των σωματικών κυττάρων υπάρχει σε ένα αντίγραφο
- B. το γονιδίωμα των γαμετών υπάρχει σε δύο αντίγραφα
- Γ. τα σωματικά κύτταρα περιέχουν διπλάσια ποσότητα DNA από τους γαμέτες
- Δ. ισχύουν όλα όσα περιγράφονται στα α, β, γ

3. Το RNA αποτελείται από

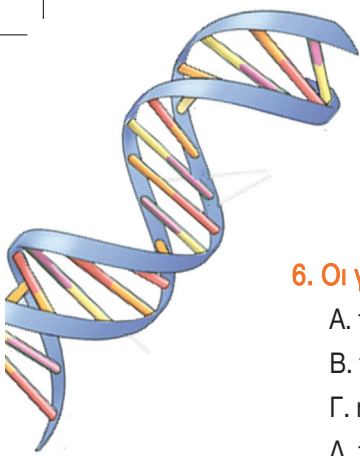
- A. πεπτίδια, που συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό
- B. αμινοξέα, που συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό
- Γ. νουκλεοτίδια, που συνδέονται με φωσφοδιεστερικό δεσμό
- Δ. διαφορετικά μόρια πεντοζών, που συνδέονται με αζωτούχες βάσεις

4. Γονιδίωμα είναι

- A. το σύνολο των αλληλόμορφων γονιδίων ενός απλοειδούς κυττάρου
- B. το γενετικό υλικό των απλοειδών ή των διπλοειδών κυττάρων
- Γ. το μόριο του DNA ενός απλοειδούς κυττάρου
- Δ. τμήμα ενός μορίου DNA με καθορισμένη ακολουθία νουκλεοτιδίων

5. Ο όρος αλληλουχία βάσεων

- A. εκφράζει την ακολουθία των νουκλεοτιδίων σε ένα νουκλεϊκό οξύ
- B. εκφράζει την ακολουθία των πεντοζών μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας
- Γ. αναφέρεται στον αριθμό φωσφοδιεστερικών δεσμών
- Δ. αναφέρεται στην ακολουθία των φωσφορικών ομάδων



6. Οι γαμέτες είναι απλοειδή κύτταρα γιατί

- A. το γενετικό τους υλικό υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο
- B. το γονιδίωμα τους είναι μονόκλωνο
- Γ. η δομή τους είναι όμοια με αυτή των προκαρυωτικών κυττάρων
- Δ. το γονιδίωμα τους υπάρχει σε δύο μόνο αντίγραφα

7. Το πλασμίδιο των βακτηρίων είναι

- A. το γονιδίωμα τους
- B. ένα επιπλέον κυκλικό μόριο DNA
- Γ. τμήμα του κυκλικού μορίου του DNA
- Δ. κυκλικό DNA, μεγαλύτερο από το γονιδίωμά τους

8. Οι αδελφές χρωματίδες

- A. ενώνονται στο κεντρομερίδιο
- B. παράγονται στο στάδιο μεταγραφής του DNA
- Γ. παραμένουν ενωμένες μετά τη διαίρεση του κυττάρου
- Δ. συσπειρώνονται κατά το τέλος της μίτωσης για να αποκτήσουν τη μορφή των ινιδίων της χρωματίνης

9. Τα ινίδια χρωματίνης

- A. είναι ορατά στο οπτικό μικροσκόπιο κατά τη μεσόφαση
- B. αποτελούνται από DNA και πρωτεΐνες
- Γ. διπλασιάζονται κατά τη μετάφαση της μιτωτικής διαίρεσης
- Δ. αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στο κεντρομερίδιο

10. Τα φυλετικά χρωμοσώματα

- A. εντοπίζονται μόνο στα γενετικά κύτταρα των πολυκύτταρων οργανισμών
- B. διατάσσονται πάντοτε σε ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων
- Γ. είναι ορατά στα σωματικά κύτταρα κατά τη μεσόφαση
- Δ. υπάρχουν τόσο στα σωματικά όσο και στα γενετικά κύτταρα



Να χαρακτηρίσετε με Σ (σωστό) ή με Λ (λάθος) τις παρακάτω προτάσεις:

	Σ	Λ
1. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η αντιγραφή του DNA γίνεται κατά τη μεσόφαση.	☐	☐
2. Το γονιδίωμα περιέχει το σύνολο των γονιδίων ενός κυττάρου.	☐	☐
3. Το γονιδίωμα των σωματικών κυττάρων του ανθρώπου αποτελείται από 46 μόρια DNA.	☐	☐
4. Ένα γονίδιο αποτελείται από πολλά νουκλεοσώματα.	☐	☐
5. Στα απλοειδή κύτταρα, τα ομόλογα χρωμοσώματα είναι μορφολογικά όμοια.	☐	☐
6. Στους άνδρες τα φυλετικά χρωμοσώματα των σωματικών κυττάρων είναι ομόλογα.	☐	☐
7. Με τον καρυότοπο μπορούμε να μελετήσουμε τη μορφή και τον αριθμό των χρωμοσωμάτων.	☐	☐
8. Κατά τη μεσόφαση της μίτωσης, οι αδελφές χρωματίδες είναι ορατές στο οπτικό μικροσκόπιο.	☐	☐
9. Στα πλασμίδια εντοπίζονται γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά.	☐	☐
10. Ένα μιτοχόνδριο περιέχει πολλά μόρια κυκλικού DNA.	☐	☐
11. Η ποσότητα του DNA σε ένα κύτταρο είναι σταθερή.	☐	☐
12. Το πλασμίδιο περιέχει γενετικό υλικό, που ρυθμίζει τις λειτουργίες του DNA και δεν περιέχει γονίδια.	☐	☐

Να συμπληρώσετε με τους κατάλληλους όρους τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

1. Η χημική σύσταση του γενετικού υλικού των ιών είναιή
2. Το DNA, δηλαδή κατασκευάζει αντίγραφο του εαυτού του.
3. Τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού καθορίζονται από τις γενετικές πληροφορίες, που περιέχουν τμήματα DNA με καθορισμένη ακολουθία βάσεων,
4. Το γενετικό υλικό του κυττάρου ονομάζεται
5. Στα φυτικά κύτταρα το γενετικό υλικό εντοπίζεται εκτός από τον πυρήνα, και
6. Η βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης είναι
7. Τα νουκλεοσώματα πακετάρονται σχηματίζοντας ινίδια
8. Το νουκλεόσωμα αποτελείται από τμήμα μορίου μήκους 146 ζευγών βάσεων και από 8 μόρια πρωτεϊνών, που ονομάζονται
9. Τα ινίδια χρωματίνης αναδιπλώνονται και σχηματίζουν θηλιές, οι οποίες με τη σειρά τους αναδιπλώνονται και σχηματίζουν



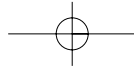
Να διατάξετε τις παρακάτω δομές κατά σειρά αυξανόμενου μεγέθους:

- A. Εξώνιο
- B. Γονίδιο
- Γ. Θυμίνη
- Δ. Κωδικόνιο
- Ε. Καρυότυπος
- ΣΤ. Χρωμόσωμα

Να αντιστοιχίσετε τους όρους που αναγράφονται στη στήλη I με τις έννοιες ή τις φράσεις που αναγράφονται στη στήλη II. Για το σκοπό αυτό να γράψετε δίπλα από κάθε γράμμα της στήλης I τον αριθμό που ταιριάζει από τη στήλη II (π.χ. A-1).

I	II
A. ___ Ινίδια χρωματίνης	1. Κατά τη μεσόφαση μπορούμε να τα διακρίνουμε με τη βοήθεια του οπτικού μικροσκοπίου.
B. ___ Νουκλεοσώματα	2. Πρωτεΐνες των νουκλεοσωμάτων.
Γ. ___ Ιστόνες	3. Αντιγράφονται κατά τη διάρκεια της μίτωσης.
Δ. ___ Χρωμοσώματα	4. Αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στο κεντομερίδιο.
	5. Πακετάρονται και σχηματίζουν ινίδια χρωματίνης.
	6. Μόρια DNA του μεσοφασικού πυρήνα πακεταρισμένα με πρωτεΐνες.

I	II
A. ___ DNA	1. Κεντρομερίδιο.
B. ___ snRNA	2. Ουρακίλη.
Γ. ___ Αδελφές χρωματίδες	3. Ιστόνες.
Δ. ___ Πρωτεΐνες	4. Γλυκόζη.
	5. Θυμίνη.



ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΑ ΑΠΑΝΤΗΜΕΝΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Να απαντήσετε σύντομα σε καθεμία από τις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Τι σημαίνει 5' → 3' προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας;

Σημαίνει ότι πάντα στην αρχή μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας υπάρχει μια ελεύθερη φωσφορική ομάδα ενωμένη στο 5' άτομο άνθρακα της πεντόζης του πρώτου νουκλεοτιδίου, ενώ στο τέλος της αλυσίδας, υπάρχει πάντα ένα ελεύθερο υδροξύλιο στο 3' άτομο άνθρακα της πεντόζης του τελευταίου νουκλεοτιδίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι πολυμεράσες επιμηκύνουν τις πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες κατασκευάζοντας 3' → 5' φωσφοδιεστερικούς δεσμούς, όποτε το πρώτο νουκλεοτίδιο κάθε νεοσυντιθέμενης νουκλεοτιδικής αλυσίδας έχει ελεύθερη την φωσφορική ομάδα του 5' ατόμου άνθρακα και το τελευταίο νουκλεοτίδιο έχει ελεύθερο το υδροξύλιο του 3' ατόμου άνθρακα.

2. Ποιους ομοιοπολικούς δεσμούς γνωρίζετε στο μόριο του DNA;

Είναι οι 3'-5' φωσφοδιεστερικοί δεσμοί (μέσω των οποίων ενώνονται μεταξύ τους τα νουκλεοτίδια). Επίσης οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων C-C, C-O, C-N, C-H, P-O και O-H, του νουκλεοτιδίου.

3. Τι σημαίνει συμπληρωματικότητα των βάσεων του DNA;

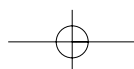
Στο δίκλωνο DNA, οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας A, T, C και G ενώνονται με δεσμούς υδρογόνου με τις συμπληρωματικές τους T, A, G και C αντιστοίχως στην απέναντι αλυσίδα. Έτσι αν κάποιος γνωρίζει την αλληλουχία των βάσεων στη μία αλυσίδα ενός δίκλωνου μορίου DNA, μπορεί να συμπεράνει και την αλληλουχία τους στην απέναντι αλυσίδα.

4. Γιατί τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες χαρακτηρίζονται ως ημιαυτόνομα οργανίδια;

Γιατί περιέχουν δικό τους DNA, στο οποίο υπάρχουν οι γενετικές πληροφορίες για τη σύνθεση μερισμάτων τους. Επίσης, έχουν δικούς τους μηχανισμούς αντιγραφής και έκφρασης του γενετικού τους υλικού, όπως π.χ. δικά τους ριβοσώματα. Ακόμα πολλαπλασιάζονται ανεξάρτητα από το πυρηνικό DNA αντιγράφοντας το DNA τους στη μεσόφαση.

5. Πού βασίζεται η άποψη ότι τα μιτοχόνδρια προέρχονται εξελικτικά από τα προκαρυωτικά κύτταρα;

Βασίζεται στην οργάνωση του DNA τους, το οποίο δεν έχει ιστόνες και μη ιστόνες (όπως και αυτό των προκαρυωτικών οργανισμών), στην κυκλικότητα του DNA (στα ευκαρυωτικά κύτταρα τα πυρηνικά μόρια DNA είναι γραμμικά), στο μέγεθος των μιτοχονδρίων που μοιάζει με αυτό του βακτηρίου, καθώς και στα μιτοχονδριακά ριβοσώματα που είναι μικρότερα, ίδιου μεγέθους με εκείνα των προκαρυωτικών οργανισμών. Επίσης τα μιτοχόνδρια είναι ημιαυτόνομα οργανίδια, ελέγχοντας την σύνθεση ορισμένων από





τις πρωτεΐνες που συμμετέχουν στην λειτουργία τους. Τέλος τα μιτοχόνδρια μεγενθύνονται και αυτοδιπλασιάζονται κατά τη μεσόφαση του κυττάρου (βλέπε και ορολογία).

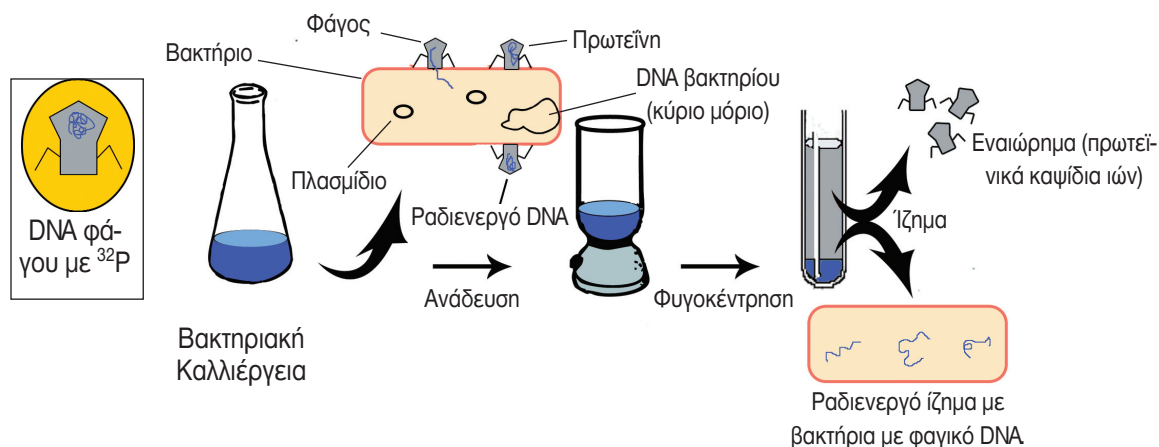
6. Σε ποια φάση του κυτταρικού κύκλου είναι ορατά τα χρωμοσώματα με τη βοήθεια του οπτικού μικροσκοπίου;

Στην μετάφαση της μίτωσης, όπου το γενετικό υλικό είναι στην πλέον συμπυκνωμένη του μορφή.

7. Ποια είναι τα συμπεράσματα των Hershey και Chase από την ικνηθέτηση φάγων T_2 με ραδιενεργό ^{35}S και με ραδιενεργό ^{32}P ;

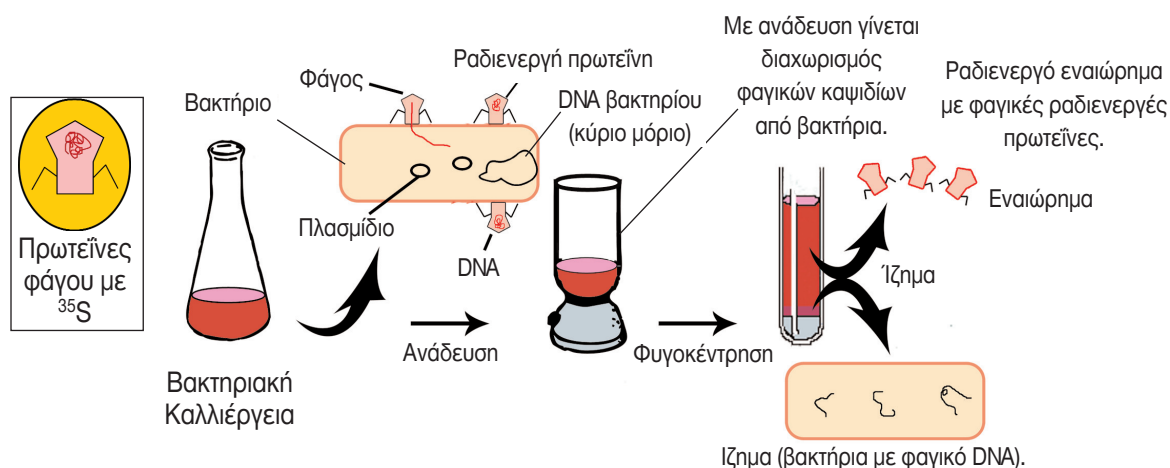
Οι ερευνητές, θέλοντας να μελετήσουν τον κύκλο ζωής του βακτηριοφάγου, μόλυναν βακτήρια είτε με βακτηριοφάγους των οποίων το DNA είχε σημανθεί με ραδιενεργό φώσφορο είτε με βακτηριοφάγους

Δείγμα 1: Οι φάγοι ικνηθετήθηκαν με ραδιενεργό φώσφορο (^{32}P) που ενσωματώθηκε στο DNA τους.

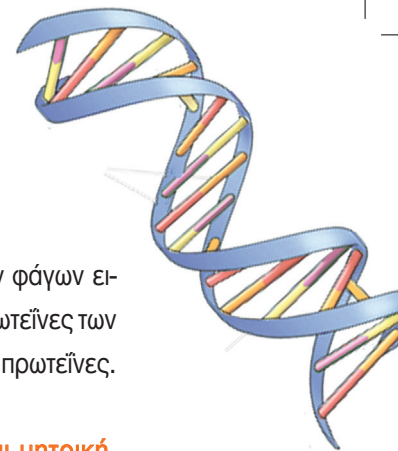


Εικόνα 23: Το πείραμα των Hershey και Chase. Φάγοι με ραδιοσημασμένο το DNA τους, με ^{32}P .

Δείγμα 2: Οι φάγοι ικνηθετήθηκαν με ραδιενεργό θείο (^{35}S) που ενσωματώθηκε στις πρωτεΐνες τους.



Εικόνα 24: Το πείραμα των Hershey και Chase. Φάγοι με ραδιοσημασμένο το πρωτεϊνικό καψίδιό τους, με ^{35}S .



των οποίων οι πρωτεΐνες είχαν σημανθεί με ραδιενεργό θείο. Ανακάλυψαν ότι το DNA των φάγων εισερχόταν στα βακτήρια από τα οποία στη συνέχεια προέκυψαν νέοι βακτηριοφάγοι, ενώ οι πρωτεΐνες των βακτηριοφάγων δεν είχαν τέτοια δυνατότητα. Άρα το DNA είναι το γενετικό υλικό και όχι οι πρωτεΐνες.

8. Στους ανώτερους οργανισμούς η προέλευση των μιτοχονδριακών γονιδίων είναι μητρική. Πού οφείλεται αυτό;

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το σπερματοζώριο μεταφέρει μόνο πυρηνικό γενετικό υλικό στο ωάριο, ενώ η ουρά του -που περιέχει τα μιτοχόνδρια- μένει έξω από το ωάριο κατά τη γονιμοποίηση. Έτσι, ο νέος οργανισμός δεν έχει πατρικής προέλευσης μιτοχόνδρια.

9. Ποια είναι η σημασία της συμπληρωματικότητας των αζωτούχων βάσεων;

Η συμπληρωματικότητα των βάσεων έχει τεράστια σημασία στην αντιγραφή του DNA (όπου με μήτρα τη μια αλυσίδα δημιουργείται η συμπληρωματική της), στην επιδιόρθωση βλαβών στο DNA, στη μεταγραφή (όπου με μήτρα τη μία αλυσίδα δίκλωνου DNA δημιουργείται το συμπληρωματικό RNA) αλλά και στην ωρίμανση του mRNA. Το snRNA είναι συμπληρωματικό με τα άκρα των εσωνίων. Η συμπληρωματικότητα των βάσεων παίζει επίσης ρόλο στην μετάφραση όπου το mRNA συνδέεται με το ριβόσωμα λόγω της συμπληρωματικότητας της 5'αμετάφρασης περιοχής του με το rRNA του ριβοσώματος και επίσης καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων μέσω της συμπληρωματικότητας των κωδικωνίων του με μια ειδική περιοχή των tRNA, τα αντικωδικόνια. Ακόμη, χάρη στην συμπληρωματικότητα των βάσεων, αντιγράφεται το RNA των RNA ιών και πραγματοποιείται η αντίστροφη μεταγραφή. Τέλος στην συμπληρωματικότητα των βάσεων στηρίζονται πολλές τεχνικές της γενετικής μηχανικής, όπως είναι η κατασκευή του ανασυνδυασμένου μορίου DNA, η υβριδοποίηση κ.α.

10. Εξηγήστε γιατί οι δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες του DNA είναι αντιπαράλληλες και όχι παράλληλες.

Επειδή οι δύο κλώνοι συγκρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου, ανάμεσα στις υδρόφοβες αζωτούχες βάσεις, οι οποίες διατάσσονται στο εσωτερικό του μορίου του DNA σταθεροποιώντας τη δευτεροταγή δομή του (δομή διπλής έλικας). Για να σχηματιστούν αυτοί οι δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων πρέπει τα δυο νουκλεοτίδια να είναι μεταξύ τους ανεστραμμένα και συνεπώς και οι αλυσίδες είναι αντιπαράλληλες.

11. Σε τι διαφέρει το γενετικό υλικό των σωματικών κυττάρων από εκείνο των γαμετικών κυττάρων του ίδιου οργανισμού;

Το γενετικό υλικό των σωματικών κυττάρων ενός οργανισμού είναι διπλάσιο ($2n$) από αυτό των γαμετικών κυττάρων (n). Τα πρώτα, διαθέτουν δύο πλήρεις σειρές του απλοειδούς γονιδιώματος του οργανισμού, δηλαδή διαθέτουν ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων. Η κάθε πλήρη σειρά απλοειδούς γονιδιώματος που έχει ένα σωματικό κύτταρο, προέρχεται ή μεν μία από τον αρσενικό γεμέτη και η δε άλλη από το θηλυκό γαμέτη που δημιούργησαν το ζυγωτό κύτταρο αυτού του οργανισμού. Τα γαμετικά κύτταρα από την άλλη, φέ-



ρουν μόνο μία πλήρη σειρά χρωμοσωμάτων του απλοειδούς γονιδιώματος του οργανισμού. Τέλος το γενετικό υλικό των σωματικών κυττάρων αντιγράφεται και εκφράζεται κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου, ενώ αυτό δεν συμβαίνει στο γενετικό υλικό των γαμετών, οι οποίοι άλλωστε δεν υφίστανται μίτωση και δεν εμφανίζουν κυτταρικό κύκλο.

Να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις:

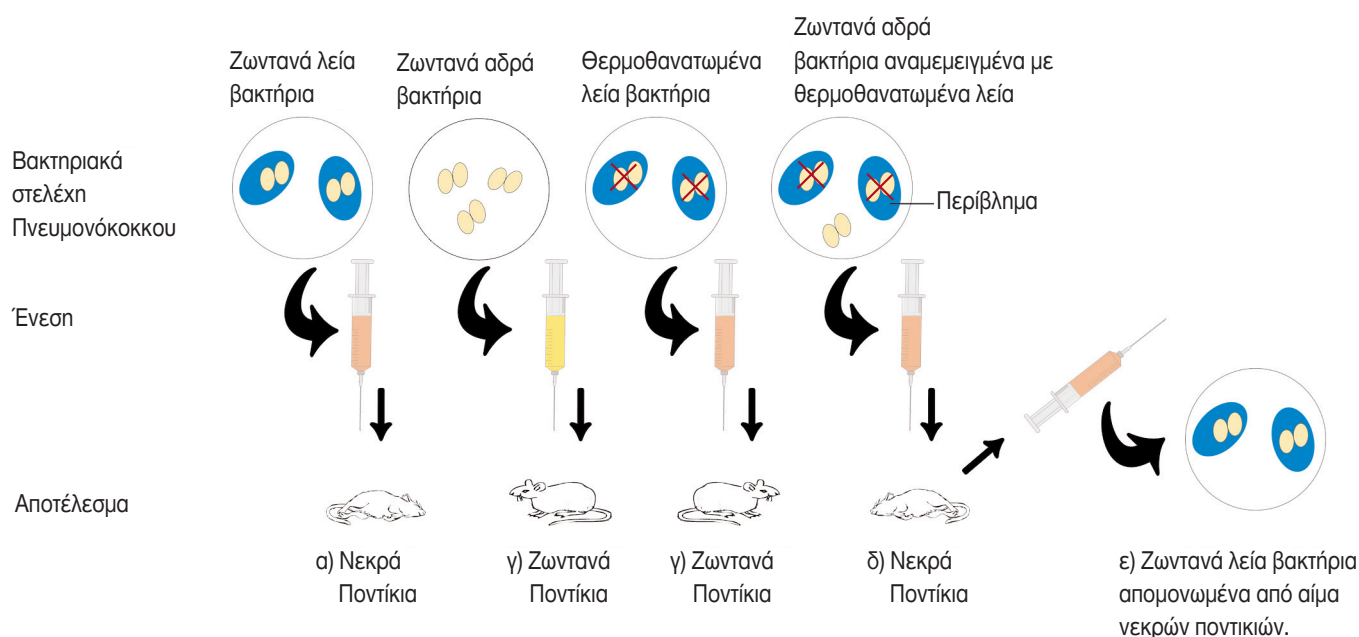
1. Να περιγράψετε το πείραμα του Griffith. Ποια είναι τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε;

Το 1928 Ο ιατρός Fred Griffith που πειραματιζόταν με πνευμονιόκοκκους σε ποντίκια είχε δύο στελέχη (μορφές) κόκκων (σφαιρικά βακτήρια). Το ένα είχε τη δυνατότητα να φτιάχνει λείες αποικίες λόγω της σύνθεσης ενός εξωτερικού περιβλήματος και να προσβάλει τους πνεύμονες ποντικών θανατώνοντας τους ενώ το δεύτερο έφτιαχνε αδρές αποικίες λόγω έλλειψης περιβλήματος με αποτέλεσμα να μην είναι παθογόνο, όταν προσέβαλε τα ποντίκια.

Όταν ο Griffith έκανε ένεση σε ποντίκια με παθογόνους κόκκους αυτά πάθιαν πνευμονία και πεθαίναν. Όταν έκανε ένεση με μη παθογόνους κόκκους στα ποντίκια, αυτά φυσικά δεν νοσούσαν.

Όταν σκότωνε με θέρμανση τους λείους κόκκους και κατόπιν μόλυνε με αυτούς τα ποντίκια τότε αυτά δεν νοσούσαν.

Παρατήρησε όμως ότι όταν ανέμιξε θερμοθανατωμένους παθογόνους κόκκους με ζωντανούς μη παθογόνους και μόλυνε με αυτούς ποντίκια, τότε τα ποντίκια πέθαιναν λόγω πνευμονίας. Από τα νεκρά ποντίκια απομόνωσε τελικά ζωντανούς παθογόνους λείους κόκκους.



Εικόνα 25: Το πείραμα του Fred Griffith.



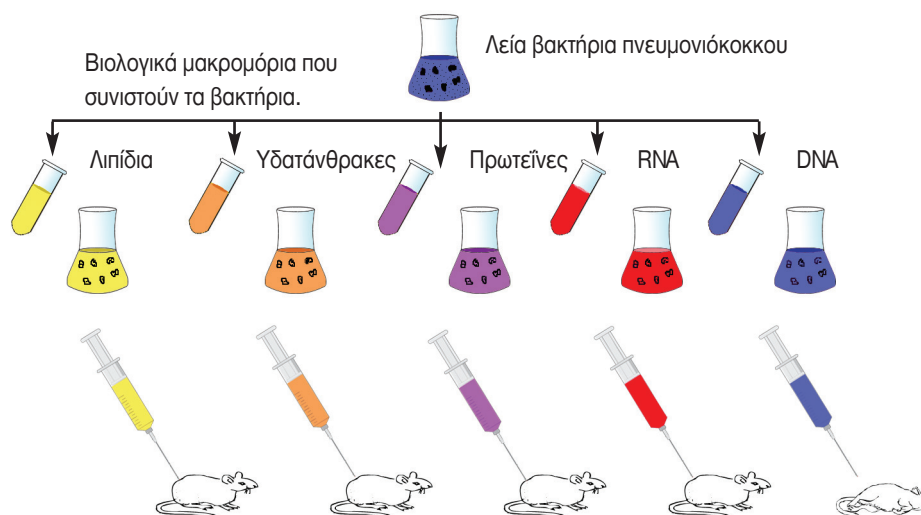
Το συμπέρασμα ήταν ότι κάποιος παράγοντας, που είχε την ικανότητα να δημιουργεί το περίβλημα, μεταφέρθηκε από τους νεκρούς παθογόνους κόκκους στους ζωντάνους μη παθογόνους και τους προσέδωσε την παθογένεια. Αργότερα ο Avery και οι συνεργάτες του απέδειξαν ότι ο μετασχηματισμός που παρατήρησε ο Griffith, ήταν αποτέλεσμα μεταφοράς DNA από τα νεκρά λεία βακτήρια στα ζωντανά αδρά. Ο ίδιος ο Griffith με τα δεδομένα της εποχής του, δεν μπόρεσε να βρει μία ικανοποιητική ερμηνεία του φαινομένου.



Σε ορισμένες συνθήκες καλλιέργειας οι πνευμονιόκοκκοι χάνουν αυθόρμητα το περίβλημά τους. Τα στελέχη αυτά των πνευμονιοκόκκων δημιουργούν αδρές αποικίες και δεν είναι παθογόνα, σε αντίθεση με τα μολυσματικά στελέχη που δημιουργούν λείες αποικίες καθώς καλύπτονται από το περίβλημα. Το περίβλημα στην πραγματικότητα αναστέλει τη φαγοκυττάρωση των βακτηρίων από τα λευκά αιμοσφαίρια των ποντικών. Αυτή η αναστολή είναι υπεύθυνη για την παθογόνο ικανότητα των λείων πνευμονιόκοκκων. Ο Avery συνέβαλε σημαντικά, στο να γίνει ο προσδιορισμός της δομής των περιβλημάτων διάφορων κατηγοριών πνευμονιοκόκκων.

2. Πώς οι Avery, Mac-Leod και McCarthy ερμήνευσαν το θάνατο ποντικών, ύστερα από ένεση που τους έκαναν χρησιμοποιώντας μίγμα από νεκρούς πνευμονιόκοκκους με περίβλημα και ζωντανούς πνευμονιόκοκκους χωρίς περίβλημα;

Οι ερευνητές διαχώρισαν τα συστατικά των νεκρών παθογόνων βακτηρίων στα βιολογικά μακρομόρια δηλαδή σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, DNA, RNA και έλεγξαν ποιο από αυτά είχε την ικανότητα να προσδίδει παθογένεια στους μη παθογόνους πνευμονιόκοκκους. Διαπίστωσαν ότι αυτό το συστατικό ήταν το DNA.



Εικόνα 26: Το πείραμα των Avery, Mac-Leod και McCarthy.



Το πείραμα αυτό που άρχισε από το 1935 και διήρκησε με κάποια διαλείμματα σχεδόν για δέκα χρόνια, αποτέλεσε την απόδειξη ότι το γενετικό υλικό είναι το DNA και όχι οι πρωτεΐνες. Ο Oswald Avery δεν τιμήθηκε με βραβείο Νόμπελ για τη σημαντική αυτή συμβολή του στην επιστήμη, υπήρξε όμως υποψήφιος για το βραβείο.

3. Σε τι διαφέρει το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών κυττάρων από εκείνο των προκαρυωτικών;

Το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών κυττάρων είναι πολύ μεγαλύτερο από εκείνο των προκαρυωτικών.

Κύρια διαφορά τους είναι ότι τα προκαρυωτικά κύτταρα είναι απλοειδή, ενώ τα ευκαρυωτικά κυρίως διπλοειδή.

Τα προκαρυωτικά κύτταρα στερούνται δομών που περιβάλλονται από στοιχειώδη μεμβράνη, όπως πυρήνα, μιτοχόνδρια κ.α. Το γενετικό τους υλικό είναι συγκεντρωμένο σε μια περιοχή που ονομάζεται πυρηνοειδές.

Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι κυκλικό (αντί του γραμμικού των ευκαρυωτικών κυττάρων), συνήθως μόριο DNA μήκους 1mm (αντί των 2 m που φτάνει το ανθρώπινο γονιδίωμα) και το οποίο προσκολλάται σε ένα σημείο εσωτερικά της κυτταρικής μεμβράνης.

Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων δεν πακετάρεται σε νουκλεοσώματα (δεν υπάρχουν ιστόνες) αλλά πακετάρεται με την βοήθεια άλλων πρωτεϊνών.

Τα ευκαρυωτικά κύτταρα περιέχουν μιτοχόνδρια, που έχουν δικό τους γενετικό υλικό, ενώ τα φυτικά ευκαρυωτικά κύτταρα περιέχουν και χλωροπλάστες, που έχουν κι αυτοί δικό τους γενετικό υλικό.

Τέλος, στα προκαρυωτικά κύτταρα υπάρχουν πλασμίδια, ενώ στα ευκαρυωτικά όχι (βλέπε και απάντηση ερώτησης κατανόησης 62).

4. Σε τι διαφέρει το γονίδιο από το γονιδίωμα;

Γονίδιο είναι η μικρότερη λειτουργική μονάδα DNA, έχει καθορισμένη αλληλουχία βάσεων και μεταγράφεται σε κάποιο είδος RNA. **Το γονίδιο φέρει μόνο μια γενετική πληροφορία.**

Γονιδίωμα είναι το γενετικό υλικό ενός κυττάρου του οργανισμού, δηλαδή περιέχει το σύνολο των γονιδίων αλλά και άλλων αλληλουχιών DNA, που δεν μεταγράφονται. Στο γονιδίωμα ενός οργανισμού ανήκει και το DNA των μιτοχονδρίων, χλωροπλάστων και πλασμιδίων, όταν υπάρχουν. **Το γονιδίωμα φέρει όλες τις γενετικές πληροφορίες του οργανισμού.** Το γονιδίωμα ενός ανώτερου οργανισμού αποτελείται από χιλιάδες γονίδια.

Το γονιδίωμα ενός οργανισμού περιέχει το σύνολο των γονιδίων του οργανισμού, όμως το σύνολο των γονιδίων ενός οργανισμού δεν συνιστά το γονιδίωμά του.

5. Ποια είναι η σημασία του διπλασιασμού του DNA;

Με το διπλασιασμό του DNA επιτυγχάνεται η διατήρηση της γενετικής πληροφορίας και η μεταβίβασή της από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό. Οι ιδιότητες αυτές εξασφαλίζουν την επιβίωση και τη διαιώνιση της ζωής.



6. Σε μερικά βακτήρια, εκτός από το κύριο κυκλικό μόριο DNA, υπάρχουν ένα ή περισσότερα πλασμίδια. Ποια είναι η σημασία τους;

Τα πλασμίδια είναι μικρά κυκλικά δίκλωνα μόρια DNA που παρατηρούνται μόνο σε βακτήρια. Αντιπροσωπεύουν το 1-2% του συνολικού DNA των βακτηρίων στα οποία εμφανίζονται και αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο βακτηριακό μόριο DNA. Συνήθως βρίσκονται σε πολλά αντίγραφα σε ένα βακτήριο. Φέρουν γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες οι οποίες προσδίδουν ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά (αντιμικροβιακές ουσίες) αλλά και γονίδια μεταφοράς γενετικού υλικού με τα οποία μπορούν δύο πλασμίδια να ενωθούν ή να ανταλλάξουν γενετικό υλικό ή μπορούν να ενσωματωθούν στο κύριο μόριο DNA και μετά να αποσχισθούν, μεταφέροντας και γονίδια του κύριου μορίου DNA ενώ ακόμη μπορούν να ανταλλάσουν γενετικό υλικό με το κύριο μόριο DNA και τέλος μπορεί να φέρουν γονίδια που τα καθιστούν ικανά να μεταφέρονται από βακτήριο σε βακτήριο και από βακτήριο σε φυτικό κύτταρο (πλασμίδιο Ti κεφ.9). Τα πλασμίδια αποτελούν πολύ χρήσιμα εργαλεία της γενετικής μηχανικής.



Ένα βακτήριο μπορεί να μην έχει κανένα ή να έχει πολλά διαφορετικά πλασμίδια σε πολλά αντίγραφα το καθένα από αυτά. Επίσης, ένα πλασμίδιο δεν είναι απαραίτητο να φέρει όλα τα παραπάνω γονίδια αλλά μπορεί να φέρει κάποια από αυτά. Στο ίδιο πλασμίδιο μπορεί να υπάρχουν δύο ή περισσότερα γονίδια που προσδίδουν ανθεκτικότητα σε διαφορετικά αντιβιοτικά.

7. Να αναφέρετε τις διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσα:

α) Στο διπλασιασμένο χρωμόσωμα και τα ινίδια χρωματίνης, β) Στο γονίδιο και το νουκλεόσωμα.

α) Τα ινίδια χρωματίνης έχουν την ίδια χημική σύσταση με τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα. Τα ινίδια της χρωματίνης αναδιπλώνονται και σχηματίζουν θηλίες, που τελικά σχηματίζουν τα χρωμοσώματα. Δηλαδή, τα χρωμοσώματα αποτελούν συμπυκνωμένη μορφή της χρωματίνης. Επιπλέον, μετά την αντιγραφή του DNA κατά τον κυτταρικό κύκλο, τα ινίδια της χρωματίνης έχουν διπλασιαστεί και καθένα υπάρχει δύο φορές στο κύτταρο (αδελφές χρωματίδες). Έτσι τα διπλασιασμένα χρωμοσώματα αποτελούνται από δύο γραμμικά μόρια ενωμένα στα κεντρομερίδια, τα οποία σταδιακά συσπειρώνονται όλο και περισσότερο, ενώ το ινίδιο χρωματίνης είναι ένα μόριο DNA που φέρει και αυτό κεντρομερίδιο και έχει μικρό βαθμό συσπείρωσης. Τέλος, τα ινίδια χρωματίνης είναι ορατά ως δίκτυο ινιδίων χρωματίνης με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο κατά τη μεσόφαση του κυτταρικού κύκλου, ενώ τα χρωμοσώματα είναι ορατά ως μεμονωμένες δομές με οπτικό μικροσκόπιο κατά τη μετάφαση της μίτωσης (βλέπε και τους αντίστοιχους όρους σελ. 18 και 27 και απάντηση της ερώτησης κατανόησης 27).

β) Γονίδιο είναι ένα μικρό τμήμα DNA, η μικρότερη λειτουργική του μονάδα, έχει καθορισμένη αλληλουχία βάσεων και μεταγράφεται σε κάποιο είδος RNA. Το νουκλεόσωμα είναι μια δομή, η οποία αποτελείται από οκτώ πρωτεϊνικά μόρια (ιστόνες, οκταμερές ιστονών) και DNA. Γύρω από το οκταμερές των ιστονών τυλίγεται τμήμα DNA μήκους 146 ζευγών βάσεων. Ο σχηματισμός των



νουκλεοσωμάτων αποτελεί το πρώτο επίπεδο οργάνωσης (πακεταρίσματος) των ευκαρυωτικών χρωμοσωμάτων (βλέπε και τους αντίστοιχους όρους σελ. 17 και 20).

8. Να αναφέρετε τις ιδιότητες του γενετικού υλικού.

Συνοπτικά οι λειτουργίες του γενετικού υλικού είναι η αποθήκευση και διατήρηση της γενετικής πληροφορίας, η μεταβίβασή της από γενιά σε γενιά και ο έλεγχος της γονιδιακής έκφρασης (βλέπε σχολικό βιβλίο σελ. 17).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

1. 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.

Θα χρησιμοποιήσουμε λεμφοκύτταρα που θα πάρουμε με λήψη ποσότητας αίματος. Τα λεμφοκύτταρα είναι εμπύρνα, διαιρούνται γρήγορα και λαμβάνονται επίσης με ευκολία από το σώμα.

β) Σε ποια φάση του κυτταρικού κύκλου θα πρέπει να βρίσκονται τα κύτταρα αυτά; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Τον καρυότυπο μπορούμε να τον παρατηρήσουμε κατά τη μετάφαση της μίτωσης. Άρα τα κύτταρα πρέπει να είναι σε φάση διαίρεσης.

γ) Ποιες χημικές ουσίες θα χρησιμοποιήσετε κατά την εργαστηριακή σας μελέτη; Ποιος είναι ο ρόλος τους;

Αρχικά θα χρησιμοποιήσουμε μια ουσία (*PHA Phytohemagglutinin*) που επάγει την κυτταροδιαίρεση και μετά θα σταματήσουμε τα κύτταρα στη φάση της μετάφασης της μίτωσης με μια άλλη κατάλληλη ουσία (*κολχικίνη*). Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε υποτονικό διάλυμα για τη λύση των κυττάρων (*πλασμόλυση*) και τέλος με ειδικές χρωστικές θα χρώσουμε τα χρωμοσώματα (*Giemsa*) και θα τα παρατηρήσουμε με το μικροσκόπιο, αφού πρώτα τα τοποθετήσουμε σε αντικειμενοφόρο πλάκα, κατά ελατούμενο μέγεθος.

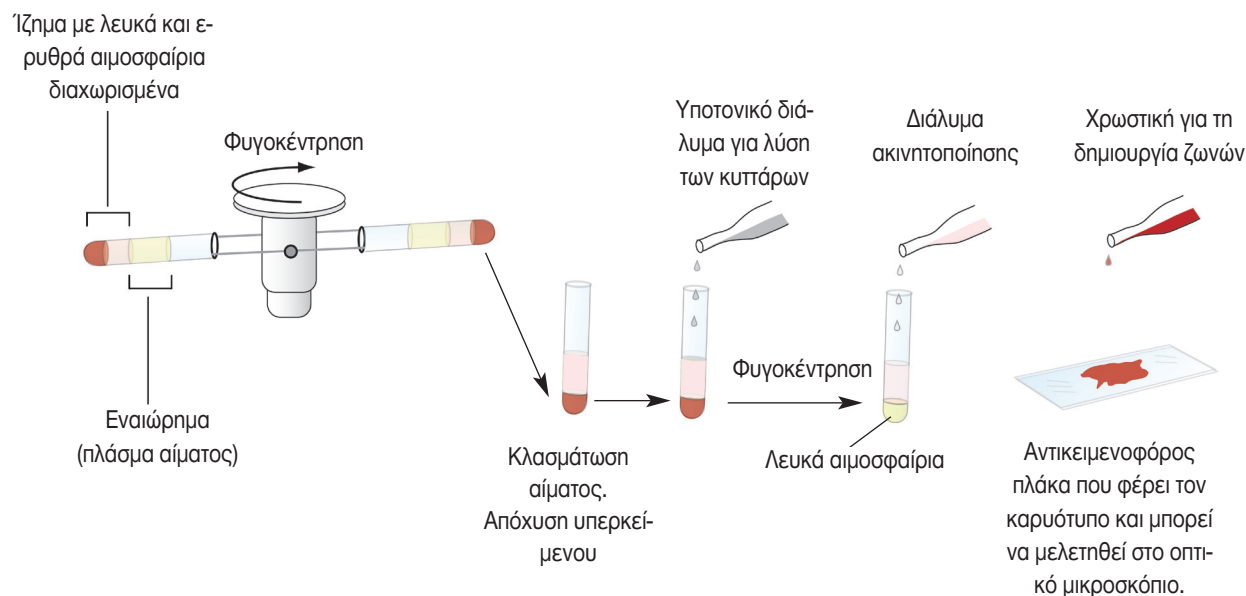
δ) Τι πληροφορίες θα σας προσφέρει ο καρυότυπος;

1. Τον αριθμό των χρωμοσωμάτων.
2. Το φύλο του ανθρώπου.
3. Αν υπάρχουν χρωμοσωμικές ανωμαλίες αριθμητικές ή δομικές.
4. Αν ο οργανισμός που εξετάζεται είναι απλοειδής ή διπλοειδής. Στην πρώτη περίπτωση δεν θα υπάρχουν ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, ενώ στη δεύτερη περίπτωση θα υπάρχουν. Προφανώς στην περίπτωση του ανθρώπινου οργανισμού, ο καρυότυπος θα είναι διπλοειδής.
5. Μορφολογία χρωμοσωμάτων και χαρακτηριστικές ζώνες.
6. Το είδος του οργανισμού από το οποίο προέρχονται τα χρωμοσώματα.

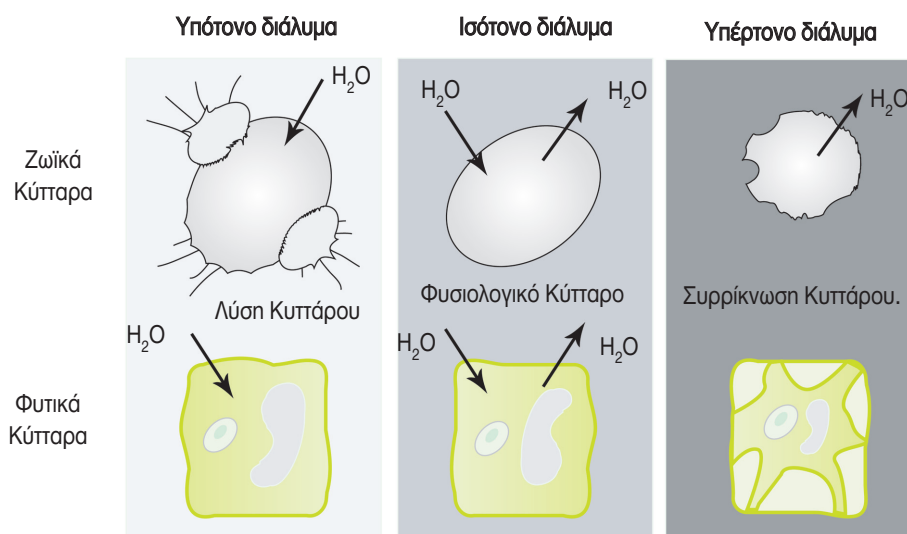


ε) Είναι δυνατόν να εντοπίσετε κληρονομικές ασθένειες με τον καρυότυπο;

Κάποιες κληρονομικές ασθένειες που έχουν να κάνουν με αριθμητικές ή δομικές χρωσωμικές ανωμαλίες, μπορούν να ανιχνευθούν με τον καρυότυπο.



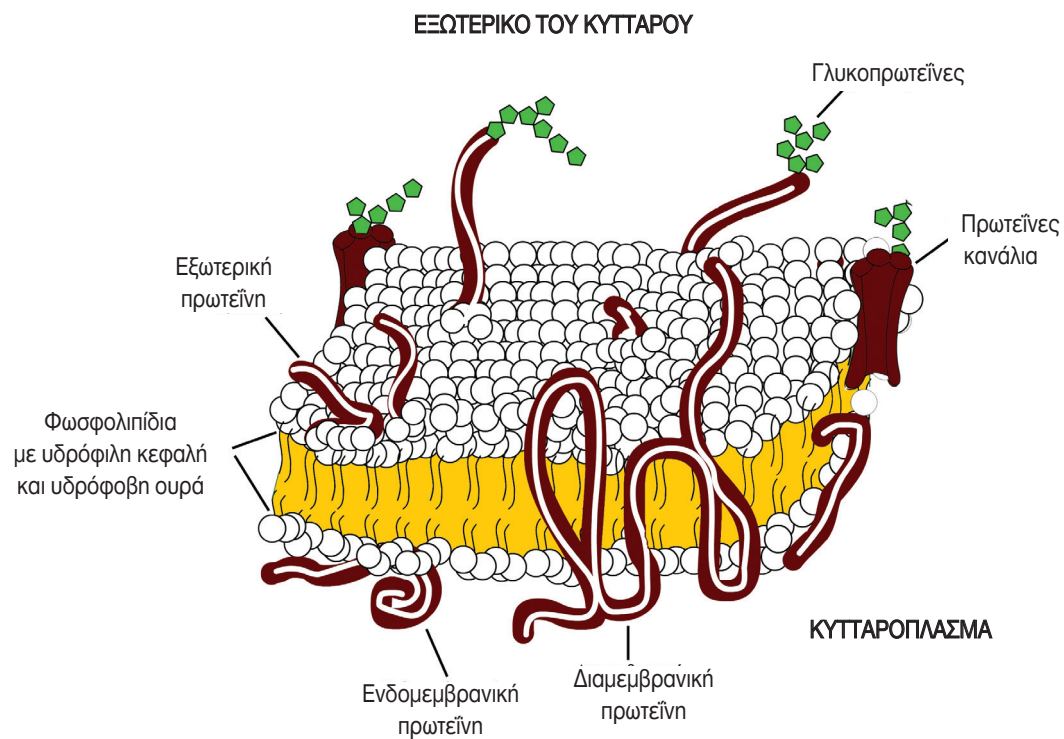
Εικόνα 27: Δημιουργία καρυότυπου.



Ζωϊκά κύτταρα: Δεν διαθέτουν κυτταρικό τοίχωμα. Έτσι η κυτταροπλάσματική μεμβράνη λύεται εύκολα σε κατάλληλο υπότονο διάλυμα.

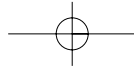
Φυτικά κύτταρα: Διαθέτουν εκτός από την κυτταροπλάσματική μεμβράνη και εξωτερικό κυτταρικό τοίχωμα, οπότε τα κύτταρα δεν λύνονται.

Εικόνα 28: Επίδραση υπότονου, ισότονου και υπέρτονου διαλύματος σε κύτταρα.



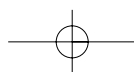
Εικόνα 29: Το μοντέλο του ρευστού μωσαϊκού.

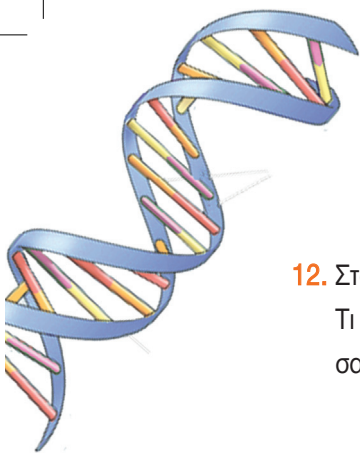
Η φωσfolιπιδική διπλοστιβάδα αποτελεί τη μεμβράνη. Πρωτεΐνες κινούνται μέσα σε αυτή, τη διαπερνούν ή ακουμπούν εσωτερικά ή εξωτερικά.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

1. Τι αποδείχθηκε τελικά από το πείραμα του Griffith;
2. Γιατί το πείραμα των Avery, Mac-Leod και McCarthy απέδειξε ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό;
3. Ποια από τα παρακάτω πηλίκια που απαντώνται σε δίκλωνο μόριο DNA ισούται με τη μονάδα και γιατί;
 - α. $A + T / C + G$
 - β. $A + G / C + T$
 - γ. C / G
 - δ. $G + T / A + C$
 - ε. A/G
4. Να περιγράψετε ένα πείραμα που να αποδεικνύει ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό.
5. Στο κλασικό τους πείραμα, οι Hershey και Chase χρησιμοποίησαν ιχνηθετημένους φάγους. Γιατί δεν επέλεξαν εναλλακτικά ραδιενεργό άνθρακα και ραδιενεργό άζωτο για την ιχνηθέτηση;
6. Τα ανθρώπινα δείγματα DNA που απομονώνονται από διαφορετικούς ιστούς περιέχουν 80% περίπου A - T και 20% περίπου G - C. Δείγματα DNA ίδιου μήκους ενός βακτηρίου περιέχουν 84% περίπου A - T και 16% G - C. Σε ποιο δείγμα το DNA είναι πιο σταθερό σε θερμική αποδιάταξη, στον άνθρωπο ή στο βακτήριο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
7. Αν σε θρεπτικό υλικό καλλιέργειας βακτηρίων προσθέσουμε ραδιενεργό φώσφορο, σε ποιο βιολογικό μόριο θα ενσωματωθεί;
8. Πιστεύετε ότι οι λόγοι A/T στο DNA του χιμπαντζή (*Pan troglodytes*) και του ανθρώπου είναι ίδιοι; Αν όχι, αναμένεται να είναι πλησιέστεροι μεταξύ τους ή με το DNA του δελφινιού (*Delphinus capensis*);
9. Πώς θα μπορούσατε να διαπιστώσετε με βάση το γενετικό υλικό αν δύο ευκαρυωτικοί οργανισμοί ανήκουν στο ίδιο είδος;
10. Πώς μπορεί να γίνει μεταφορά γενετικού υλικού από ένα βακτήριο σε ένα άλλο;
11. Ποιος είναι ο προσανατολισμός μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας;

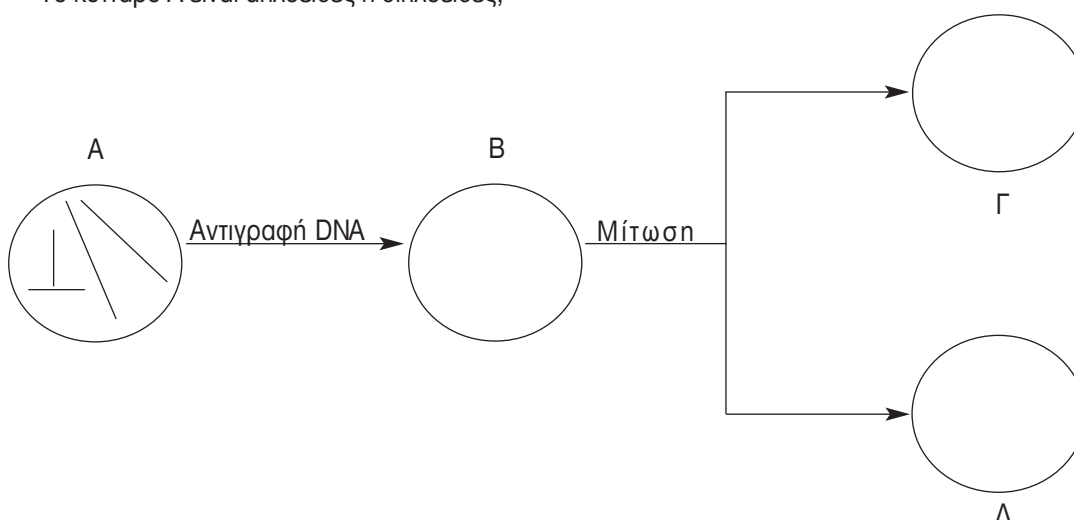




12. Στο γενετικό υλικό τεσσάρων ιών βρέθηκε η αναλογία αζωτούχων βάσεων του παρακάτω πίνακα. Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για το γενετικό υλικό του καθενός; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

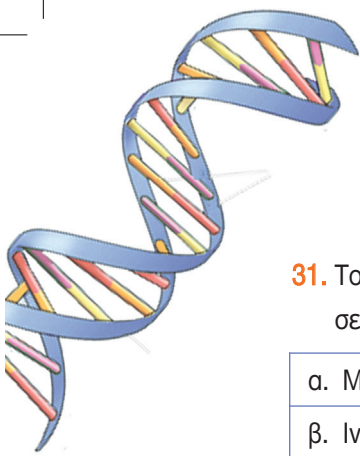
Ιοί	Αναλογία βάσεων		
	A/T	G/C	A/U
A	1	1	–
B	0,4	0,6	–
Γ		1	1
Δ	–	1	2

13. Να αναφέρετε τις διαφορές που πιστεύετε ότι μπορεί να υπάρχουν στο DNA των διαφόρων ειδών οργανισμών.
14. Σε ποια κατηγορία βιολογικών μακρομορίων βρίσκονται αποθηκευμένες οι γενετικές πληροφορίες;
15. Πώς θα μπορούσατε να διαπιστώσετε αν ένα βακτήριο έχει ανθεκτικότητα στο αντιβιοτικό καναμυκίνη;
16. α. Ποιος είναι ο ορισμός του γονιδιώματος ενός κυττάρου, ενός οργανισμού;
β. Ποια διαφορά υπάρχει ανάμεσα στα απλοειδή και τα διπλοειδή κύτταρα ενός ευκαρυωτικού οργανισμού και πώς εξηγείται;
17. Γιατί το DNA ορισμένων πλασμιδίων πιθανόν να περιέχει γονίδια του κύριου μορίου DNA;
18. Συμπληρώστε το παρακάτω σχήμα.
Το κύτταρο A είναι απλοειδές ή διπλοειδές;





19. Ποια είναι η μορφή και το είδος του γενετικού υλικού στην κουκιά (*Vicia faba*);
20. Σε ποιους οργανισμούς ή οργανίδια συναντάμε κυκλικά μόρια DNA;
21. Σε ποιους οργανισμούς ή οργανίδια συναντάμε γραμμικά μόρια DNA;
22. Πού μπορούμε να βρούμε μόρια DNA, τα οποία αντιγράφονται ανεξάρτητα από την αντιγραφή του κύριου μορίου DNA ενός κυττάρου;
23. α. Πόσα χρωμοσώματα έχει στη μετάφαση της μίτωσης ο άνθρωπος;
β. Από ποια μακρομόρια αποτελείται ένα μεταφασικό χρωμόσωμα;
γ. Σε τι διαφέρει ένα χρωμόσωμα στη μετάφαση, μεταξύ δύο διαφορετικών ειδών;
24. Γιατί οι δύο αδελφές χρωματίδες ονομάζονται έτσι;
25. Συμβολίζοντας με Δ = σάκχαρο, A, T, C και G = αζωτούχες βάσεις, P = φωσφορική ομάδα, να γράψετε:
α. το σκελετό μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας από τέσσερα μονομερή.
β. να σημειώσετε τα 5' και 3' άκρα.
γ. να δείξετε με βέλη τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς.
26. Να διατυπώσετε τους ορισμούς των παρακάτω εννοιών:
α. οκταμερές ιστόνων.
β. νουκλεόσωμα.
γ. ινίδιο χρωματίνης.
δ. αδελφές χρωματίδες.
ε. μεταφασικό χρωμόσωμα.
27. Σε τι διαφέρει το ινίδιο χρωματίνης από το μεταφασικό χρωμόσωμα;
28. Να περιγράψετε το πακετάρισμα του DNA από το αρχικό «γυμνό» DNA έως το μεταφασικό χρωμόσωμα.
29. Ποια είναι τα στάδια για την κατασκευή του καρυότυπου στον άνθρωπο;
30. Τι πληροφορίες μπορεί να μας δώσει η κατασκευή του καρυότυπου;



31. Το απλοειδές γονιδίωμα στο περιστέρι (*Columba livia*) περιλαμβάνει 40 μόρια DNA. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα που αναφέρεται σε σωματικό κύτταρο.

α. Μόρια DNA στην αρχή της μεσόφασης	
β. Ινίδια χρωματίνης	
γ. Χρωμοσώματα στην αρχή της μεσόφασης	
δ. Χρωμοσώματα μετά την αντιγραφή του DNA	
ε. Φυλετικά χρωμοσώματα	
στ. Αυτοσωμικά χρωμοσώματα	
ζ. Αδελφές χρωματίδες στην μετάφαση	
η. Ινίδια χρωματίνης σε κάθε θυγατρικό κύτταρο	

32. Τα μεταφασικά χρωμοσώματα στο χοίρο (*Sus scrofa*) είναι 38. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

α. Μόρια DNA στην αρχή της μεσόφασης	
β. Ινίδια χρωματίνης	
γ. Χρωμοσώματα μετά την αντιγραφή του DNA	
δ. Αδελφές χρωματίδες στην μετάφαση	
ε. Αυτοσωμικά χρωμοσώματα στους γαμέτες	
στ. Φυλετικά χρωμοσώματα στο σπερματοζώριο	
ζ. Ινίδια χρωματίνης σε κάθε θυγατρικό κύτταρο	
η. Φυλετικά χρωμοσώματα στα καρδιακά κύτταρα	

33. Σε ποια πειραματικά αποτελέσματα στηρίχτηκε η άποψη ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό των οργανισμών;

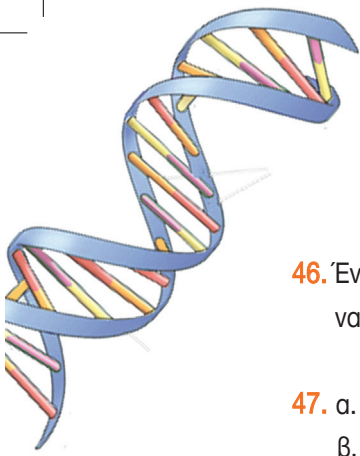
34. Με ποιο τρόπο η συμπληρωματικότητα των βάσεων καθορίζει την δευτεροταγή δομή του DNA;

35. Αυξάνοντας τη θερμοκρασία ενός διαλύματος που περιέχει τα παρακάτω τρία μόρια DNA, με ποια σειρά αυτά θα υποστούν αποδιάταξη; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

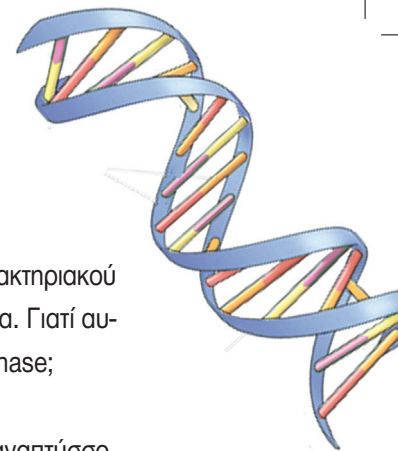
- A. 5' GGGGGCCCCCATCGGGGGGGCCCAT 3'
3' CCCCCGGGGGTAGCCCCCGGGTA 5'
- B. 5' AAAATTTCTATTATTATATTAGGGTT 3'
3' TTTTAAAGATAATAATATAATCCCAA 5'
- Γ. 5' GGGGCCGGGATC 3'
3' CCCCCGGCCCTAG 5'



- 36.** Να αναφέρετε περιπτώσεις εισόδου εξωγενούς DNA σε προκαρυωτικά κύτταρα με φυσικό τρόπο.
- 37.** Στα προκαρυωτικά κύτταρα υπάρχουν γονίδια σε ένα μόνο αντίγραφο και άλλα γονίδια σε περισσότερα αντίγραφα. Πως εξηγείται αυτό;
- 38.** Μελετώντας τα στελέχη Α και Β ενός βακτηρίου, παρατηρήσαμε ότι:
- Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων του γονιδιώματος των Α ήταν μεγαλύτερος κατά 3000 ζεύγη νουκλεοτιδίων από τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του γονιδιώματος των στελεχών Β. Μπορείτε να δώσετε μια ερμηνεία;
 - Τα Α στελέχη μπορούν να αναπτυχθούν σε περιβάλλον καναμικίνης, ενώ τα Β όχι. Μπορείτε να δώσετε μια ερμηνεία;
 - Βακτήρια της ίδιας αποικίας δεν περιέχουν κατ' ανάγκη τον ίδιο αριθμό νουκλεοτιδίων. Μπορείτε να δώσετε μια ερμηνεία;
- 39.** Ο καρυότυπος δύο ευκαρυωτικών οργανισμών έδωσε τα εξής αποτελέσματα:
- Α οργανισμός: 38 μόρια DNA
Β οργανισμός: 32 μόρια DNA
- Ποιος οργανισμός μπορεί να είναι ο απλοειδής;
 - Πόσα ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων διαθέτει ο διπλοειδής οργανισμός;
- 40.** Σε δείγμα αίματος έγινε εξέταση καρυοτύπου και βρέθηκε ότι υπάρχουν 46 χρωμοσώματα. Μπορούμε να πούμε ότι το αίμα αυτό άνηκε σε άνθρωπο;
- 41.** Σε έναν ευκαρυωτικό οργανισμό βρέθηκαν κύτταρα με τις παρακάτω ποσότητες γενετικού υλικού στον πυρήνα τους: x , $2x$ και $x/2$. Τι είδους κύτταρα είναι;
- 42.** Σε ένα ευκαρυωτικό οργανισμό βρέθηκαν κύτταρα με τις παρακάτω ποσότητες γενετικού υλικού στον πυρήνα τους: ακριβώς $2x$ ng, ακριβώς $4x$ ng, ακριβώς x ng. Μπορούμε να αποφανθούμε αν ο οργανισμός αυτός είναι θηλυκό άτομο;
- 43.** Σε ένα ανθρώπινο σπερματοζωάριο όλα τα χρωμοσώματα που περιέχει προέρχονται από τον αρσενικό γονέα του ατόμου;
- 44.** Αναφέρετε τρεις διαφορές μεταξύ της μείωσης και της μίτωσης.
- 45.** Πιστεύετε ότι οι καρυότυποι των αγοριών της τάξης σας διαφέρουν; Ενός συμμαθητή σας και μιας συμμαθήτριάς σας; Ενός συμμαθητή σας και της γάτας (*Felis domesticus*) του;

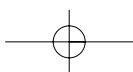
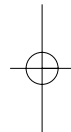
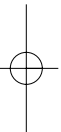
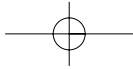


46. Ένα σωματικό ανθρώπινο κύτταρο έχει στον πυρήνα του 46 χρωμοσώματα από τα οποία τα 23 είναι μητρικής και τα άλλα 23 πατρικής προέλευσης. Να εξηγήσετε πώς συμβαίνει αυτό.
47. α. Πόσα Χ και πόσα Υ χρωμοσώματα έχει ένα καρδιακό κύτταρο ανθρώπου στον πυρήνα του;
β. Πόσα Χ και πόσα Υ χρωμοσώματα έχει ένας άνθρωπος γαμέτης;
48. Για ποιες λειτουργίες τους τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες διαθέτουν γονίδια;
49. Εκτός από το κυτταρόπλασμα σε ποια αλλά διαμερίσματα ενός φυτικού κύτταρου λαμβάνει χώρα η έκφραση της γενετικής πληροφορίας;
50. Επειδή όσο αυξάνεται η πολυπλοκότητα ενός οργανισμού αυξάνεται και η ποσότητα του γενετικού του υλικού, αυτό σημαίνει ότι ο άνθρωπος έχει περισσότερο γενετικό υλικό από το χιμπατζή;
51. Μπορεί ένας ιός να έχει ως γενετικό υλικό δυο διαφορετικά είδη μονόκλωνων μορίων νουκλεϊκών οξέων; Δύο ίδια;
52. Ένα από τα χρωμοσώματα ενός οργανισμού διαθέτει 20 νουκλεοσώματα. Πιστεύετε ότι το μήκος του DNA που αποτελεί αυτό το χρωμόσωμα είναι τουλάχιστον 2.920 ζεύγη βάσεων ή μικρότερο;
53. Ποια είναι η βιολογική σημασία της μίτωσης;
54. Ποια είναι η διάφορα μεταξύ ενός νουκλεοτιδίου και μιας αζωτούχας βάσης;
55. Περιγράψτε τη δομή των νουκλεϊκών οξέων DNA και RNA. Ποιες είναι οι διαφορές των δύο μορίων όσον αφορά τη δομή, τη λειτουργία τους και τις περιοχές του κυττάρου όπου απαντώνται;
56. Πόσα μόρια νερού αποσπάστηκαν ώστε να σχηματιστεί το μόριο ενός νουκλεϊκού οξέος που αποτελείται από 70 νουκλεοτίδια;
57. Με δεδομένο ότι τα μιτοχόνδρια αποτελούν τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας των κυττάρων, ποια κύτταρα πιστεύετε ότι διαθέτουν περισσότερα μιτοχόνδρια, τα μυϊκά ή τα δερματικά;
58. Γνωρίζοντας ότι κατά την φωτοσύνθεση η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική, πιστεύετε ότι όλα τα κύτταρα των φυτών διαθέτουν χλωροπλάστες; Αν ένα φυτικό κύτταρο διαθέτει χλωροπλάστες είναι αναγκαίο να διαθέτει και μιτοχόνδρια;
59. Ένας βακτηριοφάγος Α μολύνει το βακτήριο *E. coli* διαφορετικά από ότι ο βακτηριοφάγος T₂.



Η πρωτεΐνη του καψιδίου του Α απομακρύνεται από τον ιό στην εσωτερική μεμβράνη του βακτηριακού κύτταρου, όπου και διατηρείται για να χρησιμοποιηθεί ξανά από τα καινούρια ιοσωμάτια. Γιατί αυτός ο ιός θα ήταν λιγότερο κατάλληλος από τον T_2 για τα πειράματα των Hershey και Chase;

- 60.** Έστω ότι θέλετε να ιχνηθετήσετε το DNA και όχι το RNA σε βακτηριακά κύτταρα που αναπτύσσονται σε στερεό θρεπτικό υλικό. Ποιο ιχνηθετημένο νουκλεοτίδιο θα προσθέτατε στο θρεπτικό υλικό;
- 61.** Το τμήμα DNA που συμμετέχει στη δημιουργία ενός νουκλεοσώματος περιέχει 45 βάσεις γουανίνης. Με πόσους δεσμούς υδρογόνου συγκρατούνται οι δύο πολυνουκλεοτιδικές του αλυσίδες;
- 62.** Αναφέρετε τουλάχιστον πέντε διαφορές που εντοπίζονται στο γενετικό υλικό μεταξύ των προκαρυωτικών και των ευκαρυωτικών κυττάρων.
- 63.** Αναφέρετε τουλάχιστον τρεις διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ των σωματικών και των γαμετικών κυττάρων.





ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ



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

Γνωρίζουμε ότι το ανθρώπινο απλοειδές γονιδίωμα αποτελείται από περίπου 3×10^9 ζεύγη 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 $2 \times (3 \times 10^9) = 6 \times 10^9$ ζεύγη 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;
- Η φωσφορική ομάδα του ενός με την αζωτούχο βάση του επόμενου
 - Η φωσφορική ομάδα του ενός με τη δεοξυριβόζη του επόμενου
 - Η αζωτούχος βάση του ενός με τη δεοξυριβόζη του επόμενου
 - Οι αζωτούχες βάσεις δύο συνεχόμενων νουκλεοτιδίων με δεσμούς υδρογόνου
 - Η δεοξυριβόζη του ενός με τη φωσφορική ομάδα του επόμενου
 - Οι φωσφορικές ομάδες δύο συνεχόμενων νουκλεοτιδίων μεταξύ τους

Σωστή είναι η **ε**.

Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται όταν τα μονομερή της, που είναι τα νουκλεοτίδια, ενώνονται μεταξύ τους με ομοιοπολικό δεσμό (φωσφοδιεστερικό δεσμό). Αυτός ο δεσμός σχηματίζεται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα της πεντόζης του προηγούμενου νουκλεοτιδίου με τη φωσφορική ομάδα του 5' άνθρακα του επόμενου νουκλεοτιδίου.

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 το γενετικό υλικό των ευκαρυωτικών κυττάρων είναι δίκλωνο και κυρίως γραμμικό, άρα, 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, πάλι λόγω της συμπληρωματικότητας. 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

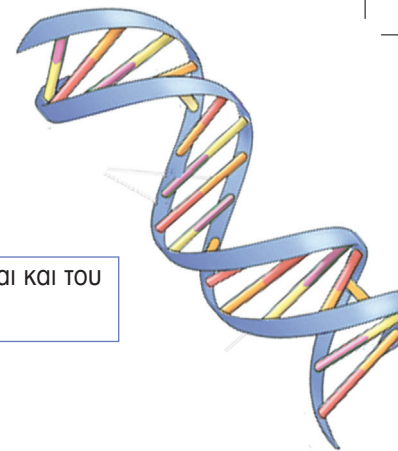
Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι η σωστή; Να τεκμηριώστε την απάντησή σας.

Σωστή είναι η **ε**.

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 παραπάνω ιός έχει το DNA του φάγου T_4 και επομένως οι νέοι φάγοι που θα προκύψουν θα έχουν τις πρωτεΐνες και το DNA του φάγου T_4 .

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 δίκλιωνα 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 που προσδίδουν ανθεκτικότητα 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 βα-



κήριο σε άλλο. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζουν το βακτήριο στο οποίο εισέρχονται και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες.

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

- 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

Σωστή είναι η γ.

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 ιστόνων.

8. Να τοποθετήσετε κατά μέγεθος (ανάλογα με την ποσότητα του γενετικού υλικού) από το μικρότερο στο μεγαλύτερο τα: χρωμόσωμα, νουκλεοτίδιο, γονίδιο, νουκλεόσωμα.
(Ενα μέσο γονίδιο έχει μήκος 1.000 ζεύγη βάσεων).

Σωστή σειρά κατά αυξανόμενο μέγεθος είναι: νουκλεοτίδιο < νουκλεόσωμα < γονίδιο < χρωμόσωμα.

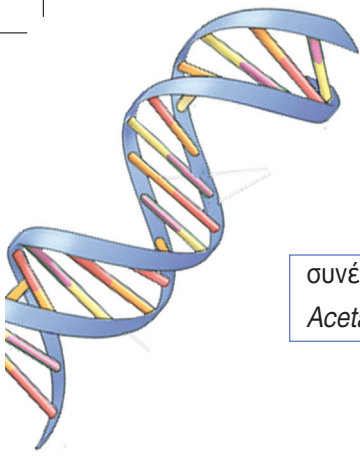
9. Στο κείμενο που ακολουθεί διαγράψτε λέξεις ή φράσεις, ώστε η πρόταση που θα παραμείνει να είναι σωστή.

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

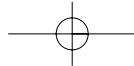
Η σωστή πρόταση είναι: Το γενετικό υλικό του μιτοχονδρίου είναι [δίκλωνο] μόριο [DNA] συνήθως [κυκλικό] και περιέχει γενετικές πληροφορίες για [μερικές] από τις λειτουργίες του.

10. Η *Acetabularia* είναι ένας μονοκύτταρος οργανισμός με διαφοροποιημένα τμήματα: βάση, μίσχο και καπέλο. Σε ένα πείραμα ο J. Hämmerling «εμφύτευσε» στη βάση του είδους *Acetabularia crenulata* το μίσχο από το είδος *Acetabularia mediterranea* 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 είναι γνωστό, στον πυρήνα περιέχεται το γενετικό υλικό που ελέγχει όλες τις λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά των κυττάρων. Με τη μεταμόσχευση ο μίσχος από το είδος *Acetabularia mediterranea* 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 mediterranea*.



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Πριν ξεκινήσουμε να λύνουμε ασκήσεις και προβλήματα σε αυτό το κεφάλαιο, θα πρέπει να έχουμε κατανοήσει τα παρακάτω:

- ✓ Ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών, που υπάρχουν σε ένα μόριο νουκλεϊκού οξέος (DNA, RNA), θα είναι ίσος με:
 - Τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του, αν το μόριο του νουκλεϊκού οξέος είναι κυκλικό.
 - Τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του -2, αν το μόριο του νουκλεϊκού οξέος είναι δίκλωνο γραμμικό.
 - Τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του -1, αν το μόριο του νουκλεϊκού οξέος είναι μονόκλωνο γραμμικό.

☑ **ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το **τμήμα** ενός μορίου νουκλεϊκού οξέος, το θεωρούμε πάντα γραμμικό.

- ✓ Επειδή οι αζωτούχες βάσεις Αδενίνη - Θυμίνη και Γουανίνη - Κυτοσίνη είναι συμπληρωματικές μεταξύ τους, σε οποιοδήποτε δίκλωνο μόριο DNA θα ισχύει:

$$\text{Πλήθος βάσεων Αδενίνης (A)} = \text{πλήθος βάσεων Θυμίνης (T)} \\ \text{και}$$

$$\text{Πλήθος βάσεων Γουανίνης (G)} = \text{πλήθος βάσεων Κυτοσίνης (C)}$$

Άρα **ο συνολικός αριθμός νουκλεοτιδίων ενός δίκλωνου μορίου DNA είναι:**

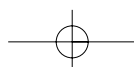
$$A+T+G+C=2(A \text{ ή } T) + 2(G \text{ ή } C)$$

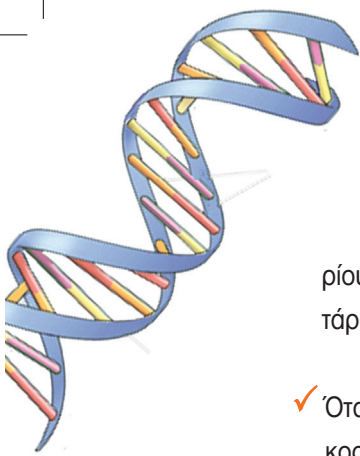
- ✓ Μεταξύ A και T σχηματίζονται 2 δεσμοί υδρογόνου και μεταξύ G και C σχηματίζονται 3 δεσμοί υδρογόνου.

Άρα **σε ένα δίκλωνο μόριο DNA οι δεσμοί υδρογόνου είναι ίσοι με:**

$$2(A \text{ ή } T) + 3(G \text{ ή } C)$$

- ✓ Στα βιολογικά μακρομόρια (**υδατάνθρακες, λιπίδια, νουκλεϊκά οξέα, πρωτεΐνες**), ο σχηματισμός του ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ των μονομερών τους (π.χ για τα νουκλεϊκά οξέα τα μονομερή τους είναι τα νουκλεοτίδια ενώ για τις πρωτεΐνες είναι τα αμινοξέα), γίνεται με την ταυτόχρονη αφαίρεση (έκλυση) ενός μορίου νερού, πρόκειται δηλαδή για μια αντίδραση συμπύκνωσης.
 - Στα νουκλεϊκά οξέα για τη δημιουργία ενός 3'→5' φωσφοδιεστερικού δεσμού, απαιτείται η αφαίρεση ενός μορίου νερού.
 - Στις πρωτεΐνες, κατά την δημιουργία ενός πεπτιδικού δεσμού, απομακρύνεται ένα μόριο νερού. Αντίθετα, κατά τη διάσπαση των παραπάνω δεσμών (υδρόλυση), απαιτείται η κατανάλωση ενός μο-





ρίου νερού για κάθε δεσμό. Αυτό το μόριο νερού παρέχεται εξωγενώς, από τις αποθήκες του κυττάρου.

- ✓ Όταν λέμε **μήκος δίκλωνου DNA** εννοούμε **αριθμό ζευγών** αζωτούχων βάσεων, ενώ όταν λέμε μήκος RNA, εννοούμε αριθμό αζωτούχων βάσεων. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση ιών με γενετικό υλικό δίκλωνο RNA, οπότε το μήκος του αναφέρεται σε ζεύγη αζωτούχων βάσεων.
- ✓ Μοριακό κλάσμα μιας αζωτούχου βάσης σε ένα μόριο DNA, είναι ο λόγος του αριθμού της βάσης στο συγκεκριμένο μόριο, προς τον συνολικό αριθμό των βάσεων του μορίου.

$$\text{π.χ Μοριακό κλάσμα Αδενίνης} = \frac{A}{A + T + G + C}$$

- ✓ Όταν μια άσκηση αναφέρεται σε **τμήμα** DNA κυττάρου, π.χ. γονίδιο, τότε λύνουμε την άσκηση λαμβάνοντας υπόψιν ότι το τμήμα είναι **δίκλωνο** και **γραμμικό**. Αντίθετα, αν δεν αναφέρεται σε κύτταρο, τότε παίρνουμε και δεύτερη περίπτωση που ισχύει σε ορισμένους ιούς να είναι **μονόκλωνο** και **γραμμικό**.
- ✓ Όταν μια άσκηση αναφέρεται σε **μόριο** DNA κυττάρου, τότε διακρίνουμε δυο περιπτώσεις:
 - α) το μόριο είναι **δίκλωνο** και **γραμμικό** (οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί είναι κατά 2 λιγότεροι από το πλήθος των νουκλεοτιδίων του μορίου).
 - β) το μόριο είναι **δίκλωνο** και **κυκλικό** (το πλήθος των φωσφοδιεστερικών δεσμών είναι ίσο με το πλήθος των νουκλεοτιδίων του μορίου).
 Αντίθετα, αν δεν αναφέρεται σε κύτταρο τότε παίρνουμε 2 επιπλέον περιπτώσεις των παραπάνω:
 - α') το μόριο είναι **μονόκλωνο** και **γραμμικό** (απαντάται σε ορισμένους ιούς).
 - β') το μόριο είναι **μονόκλωνο** και **κυκλικό** (απαντάται σε ορισμένους ιούς).
- ✓ Όταν στην άσκηση δίνεται αριθμός φωσφοδιεστερικών δεσμών και δεσμών υδρογόνου, τμήματος ή μορίου DNA, τότε λύνουμε την άσκηση με σύστημα 2 εξισώσεων με 2 αγνώστους, υποθέτοντας ότι x είναι τα ζεύγη των αζωτούχων βάσεων A=T και ψ τα ζεύγη των αζωτούχων βάσεων G≡C.



ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΑ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ



1. Βακτηριακό DNA περιέχει 30% θυμίνη. Αν ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου που συγκρατούν τις δύο αλυσίδες του DNA είναι 12.000, να βρείτε τον αριθμό:
- Των αζωτούχων βάσεων.
 - Των πεντοζών.
 - Των φωσφοδιεστερικών δεσμών στο μόριο.

ΛΥΣΗ:

Το βακτηριακό DNA είναι ένα δίκλωνο κυκλικό μόριο DNA. Επίσης γνωρίζουμε ότι ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου που συγκρατούν τις δύο αλυσίδες είναι 12.000 και μεταξύ αδενίνης (A) και θυμίνης (T) σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ μεταξύ κυτοσίνης (C) και γουανίνης (G) σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου. Έτσι, στην συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει η σχέση: $2(A) + 3(G) = 12.000$ (1).

Ακόμη γνωρίζουμε ότι το 30% των βάσεων από τις οποίες συνίσταται το συγκεκριμένο μόριο DNA περιέχουν θυμίνη και λόγω συμπληρωματικότητας των βάσεων το 30% θα περιέχει αδενίνη. Συνεπώς, το υπόλοιπο τμήμα του DNA του βακτηρίου αυτού θα αποτελείται κατά 20% από γουανίνη και κατά 20% από κυτοσίνη.

- α. Έστω z ο αριθμός των αζωτούχων βάσεων και επειδή γνωρίζουμε ότι το 30% του DNA συνίσταται από αδενίνη και το 20% συνίσταται από γουανίνη αντικαθιστώντας στην (1) έχουμε :

$$[(2 \times 30):100z] + [(3 \times 20):100z] = 12.000 \Rightarrow$$

$$0,6z + 0,6z = 12.000 \Rightarrow z = 12.000 : 1,2 = 10.000 \text{ αζωτούχες βάσεις.}$$

Έτσι έχουμε ότι:

Στις 100 βάσεις οι 30 περιέχουν αδενίνη ή θυμίνη

Στις 10.000 βάσεις οι ψ περιέχουν αδενίνη ή θυμίνη

$$\psi = 3000 \text{ βάσεις A ή T.}$$

Στις 100 βάσεις οι 20 περιέχουν κυτοσίνη ή γουανίνη

Στις 10.000 βάσεις οι ω περιέχουν κυτοσίνη ή γουανίνη

$$\omega = 2000 \text{ βάσεις G ή C}$$

Συνολικά στο συγκεκριμένο βακτηριακό μόριο DNA έχουμε:

2.000 αζωτούχες βάσεις C

2.000 αζωτούχες βάσεις G

3.000 αζωτούχες βάσεις A

3.000 αζωτούχες βάσεις T

ΣΥΝΟΛΟ: 10.000 αζωτούχες βάσεις.



β. Γνωρίζουμε ότι ο αριθμός των πεντοζών ενός μορίου DNA είναι ίσος με τον αριθμό των αζωτούχων βάσεων του συγκεκριμένου μορίου καθώς σε κάθε νουκλεοτίδιο κάθε πεντόζη βρίσκεται ενωμένη με μία φωσφορική ομάδα και μία αζωτούχο βάση. Άρα, αφού το συγκεκριμένο μόριο έχει 10.000 αζωτούχες βάσεις, θα έχει και 10.000 πεντόζες.

γ. Το DNA του βακτηρίου είναι δίκλωνο κυκλικό μόριο DNA και είναι γνωστό ότι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών ενός τέτοιου μορίου είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του. Έτσι λοιπόν, αφού το συγκεκριμένο μόριο αποτελείται από 10.000 νουκλεοτίδια - αφού έχει 10.000 αζωτούχες βάσεις - περιέχει 10.000 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς.

2. Ένα τμήμα ενός ινιδίου χρωματίνης περιέχει 200 μόρια ιστονών και 11.168 δεσμούς υδρογόνου. Να υπολογίσετε τον αριθμό της κάθε αζωτούχου βάσης στο τμήμα αυτό. Δίνεται ότι η απόσταση ανάμεσα σε δύο νουκλεοσώματα είναι 54 ζεύγη βάσεων και στα άκρα βρίσκονται επίσης νουκλεοσώματα.

ΛΥΣΗ:

Είναι γνωστό ότι το νουκλεόσωμα αποτελείται από DNA μήκους 146 ζευγών αζωτούχων βάσεων και από 8 μόρια πρωτεϊνών που ονομάζονται ιστόνες.

Έτσι, επειδή το συγκεκριμένο τμήμα περιέχει 200 μόρια ιστονών συμπεραίνουμε ότι αποτελείται από $200:8 = 25$ νουκλεοσώματα. Σε κάθε νουκλεόσωμα αντιστοιχούν όπως έχει ήδη αναφερθεί 146 ζεύγη αζωτούχων βάσεων, δηλαδή 292 αζωτούχες βάσεις. Επίσης μας δίνεται ότι η απόσταση ανάμεσα σε δύο νουκλεοσώματα είναι 54 ζεύγη βάσεων, δηλαδή κάθε συνδετικό τμήμα μεταξύ δύο νουκλεοσωμάτων περιέχει 108 αζωτούχες βάσεις, ενώ στα άκρα του τμήματος αυτού βρίσκονται δύο νουκλεοσώματα. Συνεπώς, το 25^ο νουκλεόσωμα δε συνδέεται με κάποιο άλλο. Έτσι ο συνολικός αριθμός των αζωτούχων βάσεων N έχει ως εξής:

$$N = (25 \times 292) + (24 \times 108) \Rightarrow N = 9.892 \text{ αζωτούχες βάσεις (1).}$$

Ακόμη γνωρίζουμε ότι το συγκεκριμένο τμήμα περιέχει 11.168 δεσμούς υδρογόνου, καθώς επίσης ότι μεταξύ της αδερίνης και της θυμίνης σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ μεταξύ κυτοσίνης και γουανίνης σχηματίζονται τρεις δεσμοί υδρογόνου και ισχύει η σχέση $2(A) + 3(G) = 11.168$ (2).

Από την (1) έχουμε : $(A) + (G) + (C) + (T) = 9.892 = 2(A) + 2(G)$

και από την (2) παίρνουμε $2(A) + 3(G) = 11.168$

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων (1) και (2) παίρνουμε $-2(G) + 9.892 + 3(G) = 11.168 \Rightarrow (G) = 1.276$ αζωτούχες βάσεις που περιέχουν G ή C

και από την (1) έχουμε $2(A) + 2(G) = 9.892 \Rightarrow$

$2(A) = 9.892 - 2.552 = 7.340$. Άρα $7.340 : 2 = 3.670$ αζωτούχες βάσεις που περιέχουν A ή T.

Τελικά έχουμε: 3.670 αζωτούχες βάσεις αδερίνης (A),
3.670 αζωτούχες βάσεις θυμίνης (T),
1.276 αζωτούχες βάσεις κυτοσίνης (C),
1.276 αζωτούχες βάσεις γουανίνης (G).



3. Από την ανάλυση διαφορετικών μορίων DNA πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα. Να βρείτε το είδος του DNA και την πιθανή προέλευσή του.

A	B	Γ	Δ
A=1.850	1.500	980	1.237
T=1.850	1.500	890	1.732
C=2.500	2.000	1.200	2.234
G=2.500	2.000	1.200	4.322
Φωσφοδιεστερικοί δεσμοί=8.700	6.998	4.270	9.524

 ΛΥΣΗ:

- α. Από την ανάλυση του δείγματος Α καταλαβαίνουμε ότι πρόκειται για ένα μόριο δίκλωνου κυκλικού DNA καθώς ισχύει $A = T$ και $G = C$, ενώ ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών (P-δεσμών), είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του μορίου. Το μόριο αυτό μπορεί να είναι πλασμίδιο, είτε να είναι κύριο γενετικό υλικό προκαρυωτικού οργανισμού, είτε να ανήκει σε ιό, είτε να ανήκει σε μιτοχόνδριο ή χλωροπλάστη.
- β. Από την ανάλυση του δείγματος Β συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για ένα δίκλωνο γραμμικό μόριο DNA καθώς ισχύει $A = T$ και $G = C$, ενώ ο αριθμός των P-δεσμών είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του μορίου -2. Το μόριο αυτό ανήκει σε κάποιον ευκαρυωτικό οργανισμό ή σε πλασμίδιο κάποιου κατώτερου πρωτόζωου ή σε κάποιον ιό.
- γ. Από την ανάλυση του δείγματος Γ αποδεικνύεται ότι πρόκειται για ένα μονόκλωνο κυκλικό μόριο DNA καθώς ο αριθμός των P-δεσμών είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων του μορίου και ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την αδενίνη είναι διαφορετικός από εκείνων που έχουν ως βάση τη θυμίνη. Το μόριο αυτό μπορεί να ανήκει σε κάποιον ιό.
- δ. Από την ανάλυση του δείγματος Δ καταλαβαίνουμε ότι πρόκειται για ένα μονόκλωνο γραμμικό μόριο DNA καθώς $A \neq T$ και $G \neq C$, ενώ ο αριθμός των P-δεσμών είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων -1. Το μόριο αυτό του DNA πιθανόν να ανήκει σε κάποιον ιό.

4. Ποιος είναι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών που υπάρχουν:
- Στα μόρια DNA του πυρήνα ενός ανθρώπινου σωματικού κυττάρου.
 - Στον πυρήνα ενός γαμέτη.

 ΛΥΣΗ:

- α. Ένα ανθρώπινο σωματικό κύτταρο περιέχει πριν την αντιγραφή 6×10^9 ζεύγη βάσεων, δηλαδή 12×10^9 αζωτούχες βάσεις, άρα το μόριο DNA σε ανθρώπινο διπλοειδές κύτταρο αποτελείται από 12×10^9 νουκλεοτίδια, αφού κάθε νουκλεοτίδιο περιέχει μια αζωτούχο βάση. Επίσης, το γενετικό υλικό στους ανώτερους ευκαρυωτικούς οργανισμούς είναι δίκλωνο γραμμικό και είναι γνωστό πως σε



κάθε δίκλωνο γραμμικό μόριο ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων -2.

Έτσι, δεδομένου ότι το ανθρώπινο φυσιολογικό σωματικό κύτταρο διαθέτει 46 χρωμοσώματα, για να υπολογίσουμε τον αριθμό των φωσφοδιεστερικών δεσμών θα πρέπει από τον αριθμό των ζευγών βάσεων του κάθε χρωμοσώματος να αφαιρούμε -2. Έτσι,

$$(z_1-2) + (z_2-2) + (z_3-2) + \dots + (z_{46}-2) = 12 \times 10^9 \Rightarrow$$

$$z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_{46} = 12 \times 10^9 - 92$$

όπου $z_1, z_2, z_3, \dots, z_{46}$ είναι τα ζεύγη βάσεων στο 1^ο, 2^ο, 3^ο, ..., 46^ο χρωμόσωμα του ανθρώπου.

Βεβαίως το 92 είναι πολύ μικρό ως προς το 12×10^9 , οπότε μπορεί να αγνοηθεί.

Αν το σωματικό κύτταρο βρίσκεται μετά την φάση της αντιγραφής του γενετικού υλικού, τότε τα χρωμοσώματα βρίσκονται με την μορφή αδελφών χρωματίδων ενωμένων στα κεντρομερίδια.

Επομένως ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών θα είναι :

$$2x(z_1-2) + 2x(z_2-2) + 2x(z_3-2) + \dots + 2x(z_{46}-2) = 2x[(12 \times 10^9) - 92]$$

Ομοίως το 184 είναι πολύ μικρό ως προς το 24×10^9 , οπότε μπορεί να αγνοηθεί.

β. Στον γαμέτη όπου έχουμε 3×10^9 ζεύγη βάσεων ή 6×10^9 νουκλεοτίδια κατανεμημένα σε 23 χρωμοσώματα που είναι γραμμικά μόρια, ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών θα είναι: $6 \times 10^9 - 46$.

5. Αν ο λόγος A+G/T+C στον ένα κλώνο του DNA είναι 6/5, ποιος είναι ο ίδιος λόγος:

α. Στην συμπληρωματική αλυσίδα;

β. Στο μόριο του DNA;

 **ΛΥΣΗ:**

α. Για την συμπληρωματική αλυσίδα του DNA ισχύει ότι ο αριθμός των θυμίνων και ο αριθμός των κυτοσίνων που απαντώνται σε αυτή είναι ίσος με τον αριθμό των αδενίνων και γουανίνων αντίστοιχα, που απαντώνται στον πρώτο κλώνο του μορίου αυτού. Έτσι, στην συμπληρωματική αλυσίδα θα είναι:

$$T+C/A+G = 6/5 \Rightarrow A+G/T+C = 5/6$$

β. Για το μόριο του DNA ισχύει ότι λόγω της συμπληρωματικότητας μεταξύ αδενίνης-θυμίνης και γουανίνης-κυτοσίνης θα είναι A=T και G=C. Άρα, A+G = T+C $\Rightarrow$ A+G/T+C=1

6. Στο εργαστήριο εξετάστηκαν 4 κύτταρα του είδους *Culex pipiens* (κουνούπι) και παρατηρήθηκαν τα εξής:

Κύτταρο Α: 6 χρωμοσώματα που ανά δύο είναι όμοια μορφολογικά.

Κύτταρο Β: 4 χρωμοσώματα που ανά δύο είναι όμοια μορφολογικά και 2 χρωμοσώματα που είναι διαφορετικά.



Κύτταρο Γ: 12 μόρια DNA

Κύτταρο Δ: $1,2 \times 10^8$ ζεύγη νουκλεοτιδίων και 3 χρωμοσώματα που όλα διαφέρουν μορφολογικά μεταξύ τους.

Να βρεθούν:

- Ποιο είναι το είδος καθενός από τα 4 κύτταρα του κουνουπιού.
- Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων, των χρωματιδίων, των χρωμοσωμάτων και των βραχιόνων τους σε ένα κύτταρο του κουνουπιού, όπως παρατηρούνται στον καρυότυπό του.
- Έστω ότι ένα από τα 6 χρωμοσώματα του κουνουπιού έχει μήκος 470.000 ζεύγη νουκλεοτιδίων και βρέθηκε ότι ο ένας κλώνος του περιέχει 10% A και 30% G, ενώ ο συμπληρωματικός κλώνος περιέχει 20% G. Ποιο είναι το μοριακό κλάσμα της γουανίνης στο συγκεκριμένο χρωμόσωμα του κουνουπιού;

ΛΥΣΗ:

- Κύτταρο Α: Σωματικό θηλυκού ατόμου. Διότι τα χρωμοσώματά του είναι ανά δύο ομόλογα. (2 ζεύγη αυτοσωμικών και 1 ζεύγος φυλετικών XX).
- Κύτταρο Β: Σωματικό αρσενικού ατόμου. Διότι διαθέτει δύο ζεύγη ομόλογων αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων και ένα ζεύγος φυλετικών XY.
- Κύτταρο Γ: Σωματικό μετά την αντιγραφή του DNA. Διότι μετά την αντιγραφή κάθε χρωμόσωμα από τα 6 διαθέτει δύο μόρια DNA (αδελφές χρωματίδες).
- Κύτταρο Δ: Απλοειδές (γαμέτης). Διότι κάθε γαμέτης δεν περιέχει ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων αλλά ένα μόνο αντίγραφο του γονιδιώματος.

- Ο καρυότυπος κατασκευάζεται από σωματικά κύτταρα που βρίσκονται στη μετάφαση της μίτωσης, επομένως θα έχουμε:

$[2 \times (1,2 \times 10^8)] \times 2 = 4,8 \times 10^8$ ζεύγη νουκλεοτιδίων διαθέτουν τα χρωμοσώματα στη μετάφαση της μίτωσης. Άρα $2 \times (4,8 \times 10^8) = 9,6 \times 10^8$ νουκλεοτίδια διαθέτει ο καρυότυπος του κουνουπιού.

Χρωματίδες = 12, αφού κάθε μεταφασικό χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στα κεντρομερίδια.

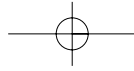
Χρωμοσώματα = 6, ο αριθμός των χρωμοσωμάτων παραμένει σταθερός σε όλες τις φάσεις του κυτταρικού κύκλου.

Βραχίονες χρωμοσωμάτων = κάθε χρωμόσωμα έχει δύο αδελφές χρωματίδες που η κάθε μία έχει δύο βραχίονες (βλέπε εικ. 3). Άρα συνολικά στον καρυότυπο του κουνουπιού παρατηρούνται 24 βραχίονες χρωμοσωμάτων.

- Ο ένας κλώνος DNA του χρωμοσώματος έχει σύσταση : 20% G, 10% T, 30% C, 40% A. Επομένως ο συμπληρωματικός κλώνος θα έχει λόγω της συμπληρωματικότητας των αζωτούχων βάσεων, την εξής σύσταση: 20% C, 10% A, 30% G, 40% T.

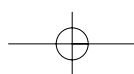


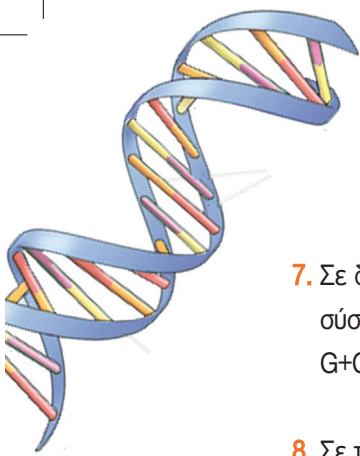
Έτσι, το μοριακό κλάσμα της γουανίνης στο χρωμόσωμα θα είναι: $G/A+T+G+C = G/4G=1/4$.
Αφού $A=T=C=G=25\%$ στο συγκεκριμένο χρωμόσωμα.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΛΥΣΗ

1. Βακτηριακό DNA περιέχει 30% αδερίνη. Αν ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου που συγκρατούν τις δύο αλυσίδες του DNA είναι 2.700, να βρείτε τον αριθμό:
 - α. των αζωτούχων βάσεων
 - β. των πεντοζών
 - γ. των φωσφοδιεστερικών δεσμών στο μόριο.
2. Τα μιτοχονδριακά DNA δύο μυκήτων έχουν τον ίδιο αριθμό νουκλεοτιδίων. Αν η διαφορά στις αζωτούχες βάσεις της αδερίνης μεταξύ των δυο μορίων είναι 300, να βρεθεί η αντίστοιχη διαφορά μεταξύ των αζωτούχων βάσεων της γουανίνης.
3. Σε ένα τμήμα δίκλωνου μορίου DNA υπάρχουν συνολικά 3.000 δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των αζωτούχων βάσεων των νουκλεοτιδίων του. Στους 600 από αυτούς συμμετέχει η αζωτούχος βάση αδερίνη. Να υπολογίσετε τα παρακάτω και να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας:
 - α. Πόσα νουκλεοτίδια του μορίου αυτού περιέχουν την αζωτούχο βάση θυμίνη;
 - β. Πόσα νουκλεοτίδια υπάρχουν που περιέχουν την αζωτούχο βάση γουανίνη;
 - γ. Ποιος είναι ο συνολικός αριθμός των αζωτούχων βάσεων στο μόριο αυτό του DNA;
4. Ένα τμήμα ενός ινιδίου χρωματίνης περιέχει 808 μόρια ιστονών και 44.438 δεσμούς υδρογόνου. Να βρείτε τον αριθμό της κάθε αζωτούχας βάσης (δεχόμαστε ότι η απόσταση ανάμεσα σε δύο νουκλεοσώματα είναι 34 ζεύγη βάσεων και στα άκρα του ινιδίου βρίσκονται νουκλεοσώματα).
5. Το απλοειδές ανθρώπινο γονιδίωμα περιέχει 6×10^9 νουκλεοτίδια. α. Αν δύο βάσεις απέχουν κατά 0,34 nm να βρείτε το μήκος του. Για να χωρέσει στον πυρήνα αναδιπλώνεται. Αν θεωρήσουμε ότι όλο το DNA πακετάρεται σε νουκλεοσώματα χωρίς να υπάρχουν συνδετικά τμήματα μεταξύ νουκλεοσωμάτων, πόσα μόρια ιστονών χρησιμοποιούνται σε ένα μειοκύτταρο; β. Απαντήστε στις ίδιες ερωτήσεις για το βακτήριο *Escherichia coli* με γονιδίωμα $4,6 \times 10^6$ ζεύγη βάσεων.
6. Το ποσοστό των βάσεων από την ανάλυση του γενετικού υλικού μικροοργανισμών που απομονώθηκαν σε δειγματοληψία εδάφους είναι Α: Α=Τ=15%, Γ=Σ=35%, Β: Α=18%, Σ=32%, Γ=Υ=25%, Γ: Α=26%, Σ=30%, Τ=24%, Γ=20% και Δ: Α=Υ=24%, Σ=Γ=26%. Στο Α μάλιστα βρέθηκαν και πλασμίδια. Μπορείτε να σκεφτείτε σε τι μικροοργανισμό ανήκει σε κάθε περίπτωση το γενετικό υλικό;

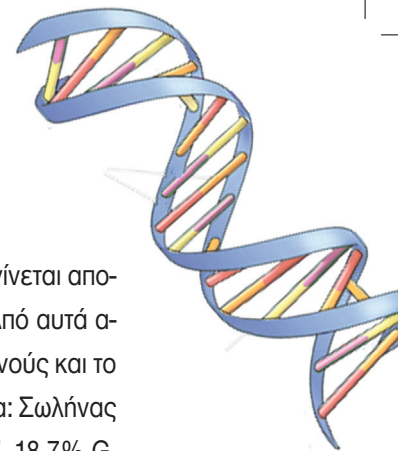




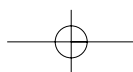
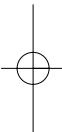
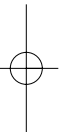
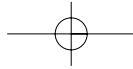
7. Σε δύο ευκαρυωτικά κύτταρα έγινε ανάλυση του γενετικού υλικού τους και βρέθηκε η εκατοστιαία σύσταση σε αζωτούχες βάσεις για το κύτταρο 1: A+T=48%, G+C=52% και για το κύτταρο 2: A+T=60%, G+C=40%. Πρόκειται για κύτταρα του ίδιου οργανισμού;
8. Σε τέσσερα κύτταρα έγινε ανάλυση και βρέθηκε η ποσότητα του γενετικού τους υλικού. Στο πρώτο περιέχονταν 3×10^8 , στο δεύτερο 6×10^8 στο τρίτο $1,2 \times 10^9$ και στο τέταρτο 4×10^8 ζεύγη βάσεων. Ποια μπορεί να ανήκουν στον ίδιο οργανισμό;
9. Στον καρυότυπο σωματικού κυττάρου ενός ζώου απεικονίζονται 22 ζεύγη χρωμοσωμάτων. Να βρείτε:
- Πόσα μόρια DNA υπάρχουν στα σωματικά κύτταρα αυτού του οργανισμού στην αρχή της μεσόφασης και πόσα στην αρχή της μίτωσης;
 - Πόσα μόρια DNA περιλαμβάνονται σε έναν φυσιολογικό γαμέτη αυτού του οργανισμού;
10. Ένα μόριο RNA αποτελείται από 60 νουκλεοτίδια. Πόσες είναι οι δυνατές αλληλουχίες αυτών των νουκλεοτιδίων;
11. Στη μια αλυσίδα ενός δίκλωνου τμήματος DNA η κυτοσίνη αποτελεί το 25% των βάσεων. Στην άλλη αλυσίδα, η κυτοσίνη αποτελεί το 15%. α. Να βρεθεί η αναλογία των αζωτούχων βάσεων στο συνολικό DNA β. Αν το μόριο αποτελείται από 1.000 ζεύγη αζωτούχων βάσεων, πόσοι δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων;
12. Σε ένα χρωμόσωμα ισχύει $\frac{A+T}{G+C} = 2$. Αν το χρωμόσωμα αποτελείται από 2.100.000 αζωτούχες βάσεις, να βρείτε πόσοι δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων του.
13. Από την ανάλυση σε επίπεδο νουκλεοτιδικής αλληλουχίας διαφορετικών μορίων DNA πήραμε για κάθε μόριο την παρακάτω σύνθεση νουκλεοτιδίων:

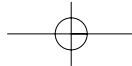
A	B	Γ	Δ
A=1.500	1.000	700	280
T=1.500	1.000	300	420
C=2.000	2.000	250	398
G=2.000	2.000	750	402
Φωσφοδιεστερικοί δεσμοί=7.000	5.998	2.000	1.499

Να βρείτε το είδος του DNA σε κάθε περίπτωση.



14. Ένας ασθενής πάσχει από μια άγνωστη ασθένεια. Προκειμένου να εντοπιστεί το αίτιο, γίνεται απομόνωση προσβεβλημένων κυττάρων του ασθενούς τα οποία καλλιεργούνται *in vitro*. Από αυτά απομονώνεται DNA. Διαπιστώνεται ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη: το ένα του ασθενούς και το άλλο ενός ιού. Ανάλυση της σύστασης των δύο DNA έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα: Σωλήνας 1 (DNA): 20,0% A, 30,0% C, 15,0% G, 35,0% T. Σωλήνας 2 (DNA): 31,3% A, 31,3% T, 18,7% G, 18,7% C. Ποιος από τους δύο σωλήνες περιέχει το DNA του ιού και ποιος αυτό του ασθενούς; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
15. Εάν σε ένα κλώνο ενός μορίου DNA βρέθηκε ο λόγος $\frac{A+T}{G+C} = \frac{3}{4}$, ποιος είναι ο ίδιος λόγος στην συμπληρωματική αλυσίδα στο μόριο και ποιος ο λόγος $\frac{A+G}{C+T}$ στο ίδιο μόριο;
16. Το μόριο που συνιστά το γενετικό υλικό ενός RNA ιού περιέχει $7,5 \times 10^4$ φωσφοδιεστερικούς δεσμούς και $9,5 \times 10^4$ δεσμούς υδρογόνου. Ποια είναι η σύσταση του γενετικού υλικού του ιού; Ποσά μόρια νερού ελευθερώθηκαν κατά την διαδικασία σύνθεσης του γενετικού υλικού του ιού από το μολυσμένο κύτταρο ξενιστή;
17. Εάν ένα από τα 23 χρωμοσώματα του απλοειδούς γονιδιώματος του ανθρώπου αποτελείται από 8×10^7 ζεύγη νουκλεοτιδίων, να υπολογίσετε τον αριθμό των νουκλεοσωμάτων και των ιστόνων που απαιτούνται για τον πρώτο βαθμό πακεταρίσματος του. Θεωρούμε ότι το τμήμα DNA που συνδέει δυο νουκλεοσώματα έχει μήκος 54 ζεύγη νουκλεοτιδίων και ότι το χρωμόσωμα αρχίζει και τελειώνει με νουκλεώσωμα.





ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ

Ζήτημα 1ο

A. Σημειώστε τη σωστή απάντηση.

1. Στο τέλος της μιτωτικής διαίρεσης προκύπτουν 2 θυγατρικά κύτταρα:

- α. Τα οποία είναι γενετικά όμοια μεταξύ τους, αλλά δεν παρουσιάζουν γενετικές ομοιότητες με το αρχικό κύτταρο.
- β. Στα οποία το ένα έχει γενετικό υλικό μητρικής και το άλλο πατρικής προέλευσης.
- γ. Των οποίων το γενετικό υλικό βρίσκεται με την μορφή δικτύου ινιδίων χρωματίνης.
- δ. Όλα τα παραπάνω.

2. Η βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης είναι:

- α. Το νουκλεόσωμα.
- β. Το νουκλεοτίδιο.
- γ. Το νουκλεϊκό οξύ.
- δ. Το γονίδιο.

3. Δύο δίκλωνα μόρια DNA μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το λόγο:

- α. A/T
- β. G/C
- γ. A+T/G+C
- δ. A+C/G+T

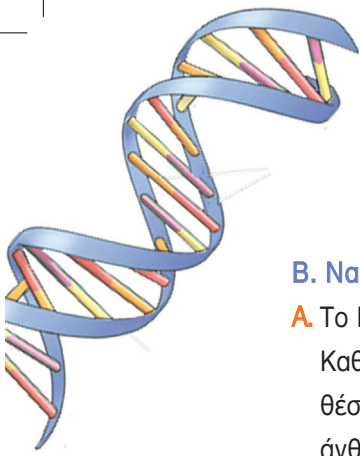
4. Ένα ανθρώπινο σωματικό κύτταρο μετά την αντιγραφή του DNA, φυσιολογικά, διαθέτει:

- α. 46 χρωμοσώματα.
- β. 12×10^9 νουκλεοτίδια.
- γ. 46 αδελφές χρωματίδες.
- δ. 6×10^9 νουκλεοτίδια.

5. Ένα ανθρώπινο σωματικό κύτταρο πριν την αντιγραφή του DNA φυσιολογικά, διαθέτει:

- α. 6×10^9 νουκλεοτίδια.
- β. 23 ζεύγη ινιδίων χρωματίνης.
- γ. 12×10^9 ζεύγη νουκλεοτιδίων.
- δ. 23 χρωμοσώματα.

(Μόρια 15)



B. Να συμπληρώσετε με τους κατάλληλους όρους τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

- A.** Το DNA είναι ένα βιολογικό μακρομόριο που τα μονομερή του ονομάζονται
Καθένα από τα μονομερή αυτά αποτελείται από μία πεντόζη που ονομάζεται, στη
θέση του 5' άνθρακα της οποίας συνδέεται μία ενώ στον τρίτο
άνθρακα βρίσκεται ένα και στη θέση του 1' συνδέεται μία
..... που μπορεί να είναι κάποια από τις,, ή
- B.** Οι λειτουργίες του γενετικού υλικού είναι η η η και η
..... της γενετικής πληροφορίας.
- Γ.** Ο κύριος όγκος του DNA του ευκαρυωτικού κυττάρου απαντά στον και συνίσταται από
πολλά δίκλινα γραμμικά μόρια. Τα μόρια αυτά συνδεόμενα με πρωτεΐνες οργανώνονται σε χρωμο-
σώματα. Τα σωματικά κύτταρα των ανώτερων ευκαρυωτικών οργανισμών φέρουν κάθε χρωμόσωμά
τους σε δυο αντίγραφα και για αυτό χαρακτηρίζονται ως
- Δ.** Το μιτοχονδριακό DNA στους περισσότερους οργανισμούς είναι μόριο. Σε ορισμένα
όμως κατώτερα είναι

(Μόρια 10)

Ζήτημα 2ο

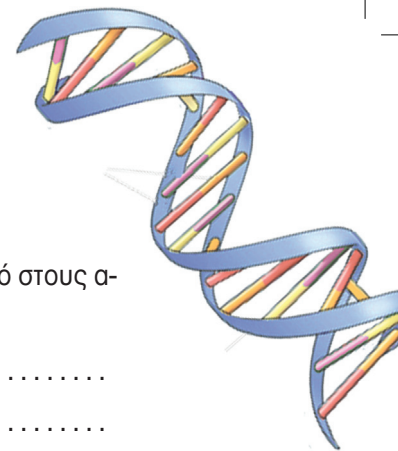
**A. Να χαρακτηρίσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) τις παρακάτω προτάσεις, αιτιολογώντας σύ-
ντομα την απάντησή σας:**

- 1.** Απαραίτητο στοιχείο για τον αυτοδιπλασιασμό του DNA, είναι ότι οι αζωτούχες βάσεις είναι
συμπληρωματικές ανά δύο.

.....
.....
.....
.....

- 2.** Τα πειράματα του Avery και των συνεργατών του χαρακτηρίζονται *in vitro*.

.....
.....
.....
.....



3. Τα μόρια με τα οποία μεταφέρονται οι γενετικές πληροφορίες από έναν οργανισμό στους απογόνους του είναι το RNA, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και το DNA.

.....

.....

.....

.....

4. Στα σωματικά κύτταρα των αγοριών το γενετικό υλικό που είναι μητρικής προέλευσης είναι περισσότερο από αυτό που είναι πατρικής προέλευσης.

.....

.....

.....

.....

5. Η ποικιλομορφία που μπορούν να παρουσιάσουν οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες είναι αποτέλεσμα συνδυασμού είκοσι διαφορετικών αμινοξέων, ενώ το DNA είναι συνδυασμός τεσσάρων μόνο νουκλεοτιδίων. (Θεωρείστε ότι αναφερόμαστε σε μόρια πρωτεϊνών και DNA που έχουν τον ίδιο αριθμό μονομερών).

.....

.....

.....

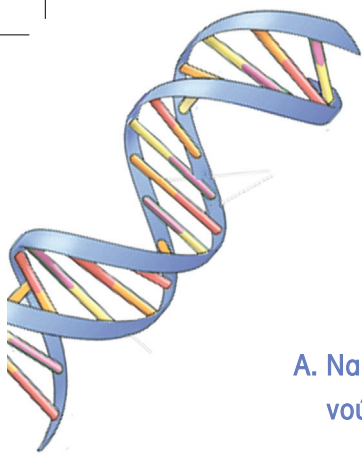
.....

(Μόρια 15)

B. Να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποια χρωμοσώματα ονομάζονται ομόλογα χρωμοσώματα;
2. Ένας ερευνητής απομόνωσε σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα το σύνολο των βιολογικών μακρομορίων από βακτήρια πνευμονιόκοκκου που σχηματίζουν λείες αποικίες και στη συνέχεια το μοίρασε σε δύο άλλους δοκιμαστικούς σωλήνες, τους Α και Β. Στον Α πρόσθεσε ένα ένζυμο που ονομάζεται δεοξυριβονουκλεάση, το οποίο καταστρέφει το DNA. Στο Β πρόσθεσε ένα ένζυμο που ονομάζεται πεπτιδάση το οποίο καταστρέφει τις πρωτεΐνες. Τέλος, αφού ανέμειξε το περιεχόμενο κάθε δοκιμαστικού σωλήνα με μη παθογόνα στελέχη πνευμονιόκοκκου εμβολίασε ποντίκια. Σε ποια από τις δύο περιπτώσεις πιστεύετε ότι τα πειραματόζωα πέθαναν από πνευμονία;

(Μόρια 10)



Ζήτημα 3ο

A. Να περιγράψετε ένα πείραμα που να δείχνει ότι ένα βακτήριο μπορεί να αποκτήσει καινούργιες ιδιότητες.

(Μόρια 10)

B. Περιγράψτε το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA.

(Μόρια 10)

Γ. Εξηγήστε τους όρους *in vivo*, *in vitro*, ιχνηθέτηση.

(Μόρια 5)

Ζήτημα 4ο

Σε ένα δίκλωνο γραμμικό τμήμα DNA γνωρίζουμε ότι υπάρχουν 10 αζωτούχες βάσεις θυμίνης. Αν ο αριθμός δεσμών υδρογόνου ισούται με τον αριθμό των φωσφοδιεστερικών δεσμών του μορίου συν 12, να βρείτε τον αριθμό των υπολοίπων αζωτούχων βάσεων.

(Μόρια 25)