Κεφάλαιο 1: Το γενετικό υλικό

Ασκήσεις και λύσεις

Από τους τύπους μέχρι τις ασκήσεις τύπου Θέματος Γ και Δ. Κάθε ζώνη του χρωμοσώματος είναι μια ενότητα.

1 Τυπολόγιο
2 Λυμένο παράδειγμα
3 Πολλαπλής επιλογής
4 Σωστό ή λάθος
5 Συμπλήρωση κενών
6 Ερωτήσεις θεωρίας
7 Κρίσης και αριθμών
8 Ασκήσεις

1 Τυπολόγιο

Όλες οι ασκήσεις του κεφαλαίου λύνονται με αυτές τις σχέσεις. Πριν ξεκινήσεις, ρώτα πάντα: είναι το μόριο δίκλωνο; Γραμμικό ή κυκλικό;

Βασικές σχέσεις για το DNA

Τι υπολογίζω	Σχέση	Προσοχή
Συμπληρωματικότητα	**A = T και G = C**	Μόνο σε δίκλωνο DNA. Άρα A + G = T + C.
Σύνολο νουκλεοτιδίων	**N = A + T + G + C = 2A + 2G**	Ζεύγη βάσεων = N/2. Μήκος DNA σε ζεύγη βάσεων, RNA σε βάσεις.
Δεσμοί υδρογόνου	**H = 2A + 3G**	A–T: 2 δεσμοί, G–C: 3 δεσμοί.
Φωσφοδιεστερικοί: μία γραμμική αλυσίδα	**n – 1**	n τα νουκλεοτίδια της αλυσίδας.
Φωσφοδιεστερικοί: γραμμικό δίκλωνο DNA	**N – 2**	N όλα τα νουκλεοτίδια του μορίου (δύο αλυσίδες, από n – 1 η καθεμία).

Τι υπολογίζω	Σχέση	Προσοχή
Φωσφοδιεστερικοί: κυκλικό δίκλωνο DNA	**N**	Δεν υπάρχουν ελεύθερα άκρα.
Μόρια νερού	**= φωσφοδιεστερικοί δεσμοί**	Παράγονται στη σύνθεση, καταναλώνονται στην υδρόλυση.
Ποσοστό μορίου από ποσοστά αλυσίδας	**$\%A_{μορίου} = (\%A_1 + \%T_1)/2$**	Ίδια λογική για G, C από G και C της αλυσίδας 1.
Μοριακό κλάσμα	**$x_A = A/N$**	Στο δίκλωνο: $x_A + x_G = 0,5$.
Αριθμός νουκλεοτιδίων από μοριακό βάρος	**N = MB μορίου / MB νουκλεοτιδίου**	
Διαφορετικές αλληλουχίες	**4^n**	n = νουκλεοτίδια για μονόκλωνη αλυσίδα, n = ζεύγη βάσεων για δίκλωνο DNA.

Προσοχή

Ο τύπος «νουκλεοτίδια − 1» ισχύει για **μία** γραμμική αλυσίδα. Για γραμμικό **δίκλωνο** μόριο αφαιρείς 2, γιατί κάθε αλυσίδα έχει τα δικά της άκρα.

Κόλπο

Βακτηριακό DNA, πλασμίδια, μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες είναι κυκλικά. Αν η άσκηση λέει «βακτήριο» ή «πλασμίδιο», δεσμοί = νουκλεοτίδια.

2 Λυμένο παράδειγμα

Μόριο DNA από βακτήριο έχει 4.500 ζεύγη νουκλεοτιδίων και το 22% των νουκλεοτιδίων του έχει αδενίνη. Βρες: α) τον αριθμό κάθε βάσης, β) τους 3΄-5΄ φωσφοδιεστερικούς δεσμούς, γ) τους

δεσμούς υδρογόνου, δ) τα μόρια νερού που σχηματίστηκαν κατά τη σύνθεσή του.

1. **Τι μόριο είναι;** Βακτηριακό DNA, άρα δίκλωνο και κυκλικό. Ισχύει A = T και G = C.
2. **Σύνολο:** 4.500 ζεύγη = 9.000 νουκλεοτίδια, άρα 9.000 βάσεις.
3. **α) Βάσεις:** A = 0,22 · 9.000 = 1.980 = T. Τότε 2G = 9.000 − 3.960 = 5.040, άρα G = C = 2.520.
4. **β) Φωσφοδιεστερικοί:** κυκλικό μόριο, χωρίς ελεύθερα άκρα, άρα όσοι και τα νουκλεοτίδια: 9.000.
5. **γ) Δεσμοί υδρογόνου:** H = 2A + 3G = 2·1.980 + 3·2.520 = 3.960 + 7.560 = 11.520.
6. **δ) Νερό:** ένα μόριο για κάθε φωσφοδιεστερικό δεσμό: 9.000.

3 Πολλαπλής επιλογής

Κύκλωσε τη σωστή απάντηση. Οι λύσεις είναι στο τέλος.

1. Στους διπλοειδείς οργανισμούς:

   α) το γονιδίωμα των σωματικών κυττάρων υπάρχει σε ένα αντίγραφο
   β) το γονιδίωμα των γαμετών υπάρχει σε δύο αντίγραφα
   γ) τα σωματικά κύτταρα περιέχουν διπλάσια ποσότητα DNA από τους γαμέτες
   δ) ισχύουν όλα τα παραπάνω

2. Το RNA αποτελείται από:

   α) πεπτίδια που συνδέονται με πεπτιδικό δεσμό
   β) αμινοξέα που συνδέονται με πεπτιδικό δεσμό
   γ) νουκλεοτίδια που συνδέονται με φωσφοδιεστερικό δεσμό
   δ) μόρια πεντοζών που συνδέονται με αζωτούχες βάσεις

3. Οι αδελφές χρωματίδες:

   α) ενώνονται στο κεντρομερίδιο
   β) δημιουργούνται κατά τη μεταγραφή του DNA
   γ) παραμένουν ενωμένες μετά τη διαίρεση του κυττάρου
   δ) συμπυκνώνονται στο τέλος της μίτωσης για να γίνουν ινίδια χρωματίνης

4. Τα ινίδια χρωματίνης:

   α) είναι ορατά με οπτικό μικροσκόπιο κατά τη μεσόφαση
   β) αποτελούνται από DNA και πρωτεΐνες
   γ) διπλασιάζονται κατά τη μετάφαση της μίτωσης
   δ) αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στο κεντρομερίδιο

5. Στο δίκλωνο μόριο DNA:

α) οι δύο αλυσίδες σχηματίζουν δεξιόστροφη διπλή έλικα
β) οι βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις βάσεις της απέναντι, σύμφωνα με τη συμπληρωματικότητα
γ) οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ συμπληρωματικών βάσεων σταθεροποιούν τη δευτεροταγή δομή
δ) ισχύουν όλα τα παραπάνω

6. Ο όρος «αλληλουχία βάσεων»:

α) εκφράζει τη σειρά των νουκλεοτιδίων σε ένα νουκλεϊκό οξύ
β) εκφράζει τη σειρά των πεντοζών μιας αλυσίδας
γ) αναφέρεται στον αριθμό των φωσφοδιεστερικών δεσμών
δ) αναφέρεται στη σειρά των φωσφορικών ομάδων

7. Οι γαμέτες είναι απλοειδή κύτταρα γιατί:

α) το γενετικό τους υλικό υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο
β) το γονιδίωμά τους είναι μονόκλωνο
γ) η δομή τους μοιάζει με των προκαρυωτικών
δ) το γονιδίωμά τους υπάρχει σε δύο αντίγραφα

---

4 Σωστό ή λάθος

Σημείωσε Σ ή Λ. Οι λύσεις είναι στο τέλος.

1. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα η αντιγραφή του DNA γίνεται κατά τη μεσόφαση. **Σ / Λ**

2. Το γονιδίωμα είναι μόνο το σύνολο των γονιδίων ενός κυττάρου. **Σ / Λ**

3. Με τον καρυότυπο μπορούμε να μελετήσουμε τη μορφή και τον αριθμό των χρωμοσωμάτων. **Σ / Λ**

4. Κατά τη μεσόφαση οι αδελφές χρωματίδες είναι ορατές με οπτικό μικροσκόπιο. **Σ / Λ**

5. Κάθε μιτοχόνδριο περιέχει πάνω από 15 μόρια κυκλικού DNA. **Σ / Λ**

6. Το DNA είναι μακρομόριο που αποτελείται από νουκλεοτίδια. **Σ / Λ**

7. Το κεντρομερίδιο είναι οργανίδιο έξω από τον πυρήνα. **Σ / Λ**

8. Το γενετικό υλικό των χλωροπλαστών είναι γραμμικό. **Σ / Λ**

9. Το γενετικό υλικό ορισμένων βακτηρίων μπορεί να είναι RNA. **Σ / Λ**

10. Ένα ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στην αρχή της μεσόφασης περιέχει 46 μόρια DNA στον πυρήνα. **Σ / Λ**

11. Η ποσότητα των πρωτεϊνών σε κάθε κύτταρο είναι σταθερή και δεν επηρεάζεται από το περιβάλλον. **Σ / Λ**

12. Ένα καρδιακό κύτταρο περιέχει πάντα διπλάσια ποσότητα DNA από έναν γαμέτη. **Σ / Λ**

13. Η ποσότητα του DNA στα κύτταρα ενός οργανισμού μεταβάλλεται με την ηλικία. **Σ / Λ**

14. Ο δεσμός μεταξύ διαδοχικών νουκλεοτιδίων ονομάζεται 3΄-5΄ φωσφοδιεστερικός. **Σ / Λ**

15. Ο προσανατολισμός μιας πολυριβονουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι 5΄→3΄. **Σ / Λ**

---

5 Συμπλήρωση κενών

Οι απαντήσεις είναι στο τέλος.

1. Η χημική σύσταση του γενετικού υλικού των ιών είναι _____ ή _____.

2. Το DNA _____, δηλαδή κατασκευάζει αντίγραφο του εαυτού του.

3. Το σύνολο του γενετικού υλικού ενός κυττάρου ονομάζεται _____.

4. Στα φυτικά κύτταρα γενετικό υλικό υπάρχει, εκτός από τον πυρήνα, στα _____ και στους _____.

5. Η βασική μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης είναι το _____.

6. Τα ινίδια χρωματίνης αναδιπλώνονται σε θηλιές, οι οποίες αναδιπλώνονται ξανά και σχηματίζουν τα _____.

7. Το νουκλεόσωμα αποτελείται από _____ μήκους 146 ζευγών βάσεων και οκτώ πρωτεΐνες, τις _____. Τα νουκλεοσώματα πακετάρονται σχηματίζοντας τα _____.

8. Οι γαμέτες, που είναι απλοειδείς, έχουν τη μισή ποσότητα _____ από τα σωματικά κύτταρα, που είναι _____.

9. Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται με την ένωση πολλών _____ με _____ δεσμούς.

10. Ο σκελετός του DNA σχηματίζεται από εναλλαγή _____ και φωσφορικών ομάδων, που ενώνονται με _____ δεσμούς.

6 Ερωτήσεις θεωρίας

Τύπου Θέματος Β. Απάντησε με ακρίβεια και με τους όρους του βιβλίου. Οι απαντήσεις είναι στο τέλος.

Το DNA ως γενετικό υλικό

1. Τι έδειξε το πείραμα του Griffith;
2. Πώς φαίνεται πειραματικά ότι το κάλυμμα των βακτηρίων σχετίζεται με την παθογένεια;
3. Περίγραψε συνοπτικά τα πειράματα που έδειξαν ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό.
4. Ποια βιοχημικά δεδομένα συνηγορούν ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό;
5. Αν σε καλλιέργεια βακτηρίων προσθέσουμε ραδιενεργό θείο και ραδιενεργό φώσφορο, ποια μακρομόρια θα ιχνηθετηθούν;
6. Ποια είναι η σχέση ανάμεσα στην ποσότητα DNA ενός οργανισμού και στην εξελικτική του βαθμίδα;

Η χημική δομή του DNA

1. Τι είναι το νουκλεοτίδιο;
2. Πώς σχηματίζεται ο 3΄-5΄ φωσφοδιεστερικός δεσμός;
3. Ποιες είναι οι βασικές αρχές του μοντέλου της διπλής έλικας των Watson και Crick;
4. Πώς διατάσσονται στο χώρο οι υδρόφοβες και οι υδρόφιλες περιοχές του DNA;
5. Ποια ιδιότητα των δύο αλυσίδων καθορίζει και τον αυτοδιπλασιασμό του DNA;
6. Ποια ήταν τα πρώτα συμπεράσματα από την ανάλυση της σύστασης βάσεων του DNA διαφόρων οργανισμών;
7. Ποιοι δεσμοί ενώνουν νουκλεοτίδια με G και C στο DNA;
8. Ποιο είναι το λάθος στην πρόταση: «Κάθε νουκλεϊκό οξύ αποτελείται από επαναλαμβανόμενες αζωτούχες βάσεις, που μπορεί να είναι αδενίνες, κυτοσίνες, θυμίνες ή γουανίνες»;
9. Ποια είναι η σημασία του αυτοδιπλασιασμού του DNA;

Η οργάνωση του γενετικού υλικού

1. Τι είναι τα πλασμίδια; Ποια σημαντικά γονίδια φέρουν;
2. Μερικά βακτήρια δεν έχουν πλασμίδια. Σε τι μειονεκτούν;
3. Γιατί ο αριθμός των πλασμιδίων σε ένα βακτήριο συνήθως δεν είναι σταθερός;
4. Πώς εξηγείται ότι σε ορισμένα πλασμίδια βρίσκονται γονίδια του κύριου μορίου DNA του βακτηρίου;
5. Ποια μόρια DNA αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο μόριο DNA του κυττάρου και πού βρίσκονται;
6. Γιατί τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες χαρακτηρίζονται ημιαυτόνομα οργανίδια;
7. Τι είδους μιτοχόνδρια υπάρχουν στο ζυγωτό του ανθρώπου;
8. Ποιο μπορεί να είναι το γενετικό υλικό των ιών;
9. Πού συναντάμε κυκλικά και πού γραμμικά μόρια DNA;
10. Ποιες πρωτεΐνες συμβάλλουν στην οργάνωση του γενετικού υλικού;
11. Ποια είναι τα επίπεδα πακεταρίσματος του DNA στο μεταφασικό χρωμόσωμα;
12. Σε ποιες φάσεις το γενετικό υλικό είναι ορατό με οπτικό και σε ποιες με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο;
13. Ποια κύτταρα λέγονται απλοειδή και ποια διπλοειδή; Δώσε από ένα παράδειγμα.
14. Σε τι διαφέρει το γενετικό υλικό των σωματικών κυττάρων από των γαμετών;
15. Πόσα αυτοσωμικά και πόσα φυλετικά χρωμοσώματα έχει ένας ανθρώπινος γαμέτης;
16. Πώς καθορίζεται το φύλο στον άνθρωπο;
17. Σε κάθε σωματικό κύτταρο ενός φυσιολογικού άνδρα, το DNA μητρικής προέλευσης είναι περισσότερο από το πατρικής. Πού οφείλεται;
18. Περίγραψε τη διαδικασία σχηματισμού του καρυότυπου. Ποιες ουσίες χρησιμοποιούνται;
19. Ποια είναι η σημασία του καρυότυπου;
20. Σε τι διαφέρουν δύο μη ομόλογα μεταφασικά χρωμοσώματα;
21. Τοποθέτησε σε σειρά μεγέθους: καρυότυπος, θυμίνη, γονίδιο, κωδικόνιο, εξώνιο, χρωμόσωμα.

22. Ανάφερε δύο φάσεις του κυτταρικού κύκλου. Πού οφείλεται η ποσοτική μεταβολή του γενετικού υλικού κατά τη μεσόφαση;

---

7 Ερωτήσεις κρίσης και αριθμών

Εδώ δεν αρκεί η αποστήθιση: σκέψου σε ποια φάση βρίσκεται το κύτταρο. Οι απαντήσεις είναι στο τέλος.

1. Πόσα χρωμοσώματα, χρωματίδες και κεντρομερίδια έχει ένα ανθρώπινο σωματικό κύτταρο στη μετάφαση της μίτωσης; Πόσα στην αρχή της μεσόφασης;

2. Ένα σωματικό κύτταρο στη φάση G_1 έχει ποσότητα DNA ίση με Κ. Πόση είναι στη μετάφαση της μίτωσης και πόση σε κάθε θυγατρικό κύτταρο; Εξήγησε.

3. Ένας γαμέτης έχει ποσότητα γενετικού υλικού x. Πόση έχει ένα σωματικό κύτταρο του ίδιου οργανισμού;

4. Ποιες μορφές έχει το γενετικό υλικό ενός ανθρώπινου κυττάρου στα στάδια του κυτταρικού κύκλου, και πόσα μόρια DNA σε καθένα;

5. Ένα είδος έχει σωματικά κύτταρα με $2n = 10$. Πόσα δίκλωνα μόρια DNA έχει ένα κύτταρο στην αρχή της μεσόφασης, πόσα στη μετάφαση της μίτωσης και πόσα κάθε θυγατρικό στο τέλος της;

6. Ο καρυότυπος ενός θηλυκού ατόμου ενός είδους περιέχει 24 χρωματίδες. Πόσα χρωμοσώματα έχει ένα σωματικό κύτταρο στη μετάφαση; Πόσα έχει ο γαμέτης και πόσα από αυτά είναι φυλετικά; Πόσα μόρια DNA έχει το σωματικό κύτταρο στη μεσόφαση;

7. Δύο μόρια DNA έχουν 35% Α. α)Έχουν αναγκαστικά το ίδιο μήκος; β) Τον ίδιο αριθμό δεσμών υδρογόνου;

8. Δύο δίκλωνα μόρια DNA έχουν από 3.400 νουκλεοτίδια, αλλά το ένα έχει δύο λιγότερους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς. Πόσους έχει το καθένα και γιατί;

9. Μπορεί ένα νουκλεϊκό οξύ με 53% G να είναι το γενετικό υλικό ενός κυττάρου;

10. Ένα βακτήριο και ένα ανθρώπινο κύτταρο έχουν μόρια DNA με τον ίδιο αριθμό νουκλεοτιδίων. Ποιο έχει περισσότερους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς;

---

8 Ασκήσεις

Κατά σειρά αυξανόμενης δυσκολίας. Οι απαντήσεις είναι στο τέλος.

1. Μόριο DNA χλωροπλάστη έχει $2 \cdot 10^4$ ζεύγη βάσεων και για αυτό ισχύει T/C = 1/4. Βρες: α) τον αριθμό των A, T, G, C, β) τα μόρια νερού που παράγονται κατά τη σύνθεσή του.

2. Δίκλωνο μόριο DNA έχει μοριακό βάρος 72.000. Το μέσο μοριακό βάρος ενός νουκλεοτιδίου είναι 120 και το 15% των νουκλεοτιδίων έχει A. Πόσοι δεσμοί υδρογόνου υπάρχουν;

3. Μια αλυσίδα DNA έχει 18% A, 34% C και 26% T. Βρες τα ποσοστά των νουκλεοτιδίων στο δίκλωνο μόριο.

4. Σε βακτηριακό DNA 150 νουκλεοτίδια έχουν T και 250 έχουν C. Πόσα νουκλεοτίδια έχει το μόριο;

5. Ένα μόριο DNA έχει 1.800 δεσμούς υδρογόνου και A + T = 600. Πόσες είναι οι G;

6. Βακτηριακό DNA έχει 500 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς και το 20% των νουκλεοτιδίων έχει G. Πόσοι είναι οι δεσμοί υδρογόνου;

7. Σε ένα μόριο DNA ισχύει (A + T)/(C + G) = 1,5 και οι δεσμοί υδρογόνου είναι 6.000. Βρες πόσα νουκλεοτίδια έχουν A και πόσα G.

8. Δύο μόρια DNA ίδιου μήκους έχουν μαζί 3.000 αδενίνες και 7.000 κυτοσίνες. Βρες το μήκος τους.

9. Η μία αλυσίδα ενός γονιδίου έχει την αλληλουχία
   `ATGCCGTTAGCATTGGCACGTAACGGTATC`
   Βρες: α) πόσες T έχει όλο το γονίδιο, β) τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς του γονιδίου, γ) τους δεσμούς υδρογόνου.

10. Σε ένα μόριο DNA οι αζωτούχες βάσεις είναι κατά 150 λιγότερες από τους δεσμούς υδρογόνου. Αν η C είναι το 20% των βάσεων, βρες το μήκος του μορίου.

11. Για τη μία αλυσίδα ενός DNA ισχύει (A + G)/(T + C) = 0,8. Βρες τον ίδιο λόγο για τη δεύτερη αλυσίδα και για όλο το μόριο.

12. Ένα γραμμικό τμήμα DNA χρειάζεται 22 μόρια νερού για πλήρη υδρόλυση και έχει 32 δεσμούς υδρογόνου. Βρες τον αριθμό κάθε βάσης.

13. Ένα πλασμίδιο έχει 8.000 ζεύγη βάσεων. α) Πόσα μόρια νερού παράγονται κατά τη σύνθεσή του; β) Αν οι C είναι 5.000, πόσους δεσμούς υδρογόνου έχει;

14. Ένα μόριο DNA έχει μήκος 60.000 ζεύγη βάσεων και ισχύει (A + C)/(C + G) = 0,5. Βρες τους δεσμούς υδρογόνου και τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς.

15. Έχεις 800 νουκλεοτίδια. Πόσα διαφορετικά, ως προς την αλληλουχία, μόρια DNA και πόσα μόρια RNA μπορείς να φτιάξεις με όλα; Πόσα μόρια νερού θα παραχθούν σε κάθε περίπτωση;

16. Στο DNA ενός είδους το άθροισμα των μοριακών κλασμάτων της G και της C είναι 0,62. Βρες το μοριακό κλάσμα της A.

17. Σε δίκλωνο DNA η G είναι το 17% των βάσεων. α) Ποια είναι τα ποσοστά των άλλων βάσεων; β) Πόσα μόρια νερού χρειάζονται για την υδρόλυση ενός τέτοιου γραμμικού μορίου με 5.000 νουκλεοτίδια; γ) Πόσες διαφορετικές αλυσίδες μπορούν να υπάρξουν με 5.000 νουκλεοτίδια;

18. Ένα γραμμικό δίκλωνο μόριο DNA έχει 1.200 νουκλεοτίδια και 1.500 δεσμούς υδρογόνου. Βρες τον αριθμό κάθε βάσης και τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς.

Λύσεις

Πολλαπλής επιλογής

1. **γ.** Τα σωματικά κύτταρα είναι διπλοειδή (δύο αντίγραφα), οι γαμέτες απλοειδείς (ένα αντίγραφο).
2. **γ.** Όλα τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή νουκλεοτιδίων, ενωμένων με 3΄-5΄ φωσφοδιεστερικούς δεσμούς. Αμινοξέα και πεπτιδικός δεσμός αφορούν τις πρωτεΐνες.
3. **α.** Προκύπτουν από την αντιγραφή (όχι τη μεταγραφή), χωρίζονται στην ανάφαση και στο τέλος της μίτωσης αποσυμπυκνώνονται (όχι συμπυκνώνονται).
4. **β.** Είναι DNA πακεταρισμένο με ιστόνες. Φαίνονται μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και διπλασιάζονται στη φάση S. Οι αδελφές χρωματίδες αφορούν το χρωμόσωμα.
5. **δ.** Και οι τρεις προτάσεις περιγράφουν το μοντέλο της διπλής έλικας.
6. **α.** Πεντόζες και φωσφορικές ομάδες επαναλαμβάνονται ίδιες. Αυτό που αλλάζει, και φέρει την πληροφορία, είναι η σειρά των βάσεων.
7. **α.** Απλοειδές σημαίνει ένα αντίγραφο γονιδιώματος. Το DNA των γαμετών είναι κανονικά δίκλωνο.

Σωστό ή λάθος

1. **Σ.** Συγκεκριμένα στη φάση S της μεσόφασης.
2. **Λ.** Γονιδίωμα είναι όλο το γενετικό υλικό, όχι μόνο τα γονίδια.
3. **Σ.** Γι’ αυτό χρησιμοποιείται για διάγνωση χρωμοσωμικών ανωμαλιών.
4. **Λ.** Στη μεσόφαση το DNA είναι σε μορφή χρωματίνης, ορατής μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.
5. **Λ.** Κάθε μιτοχόνδριο έχει λίγα αντίγραφα κυκλικού DNA.
6. **Σ.** Τα νουκλεοτίδια είναι τα μονομερή του.
7. **Λ.** Το κεντρομερίδιο είναι περιοχή του χρωμοσώματος. Μην το μπερδεύεις με το κεντροσωμάτιο.
8. **Λ.** Είναι κυκλικό, όπως και των μιτοχονδρίων.
9. **Λ.** Όλα τα κύτταρα έχουν για γενετικό υλικό δίκλωνο DNA. RNA ως γενετικό υλικό υπάρχει μόνο σε ιούς.
10. **Σ.** Μετά την αντιγραφή γίνονται 92.
11. **Λ.** Σταθερή είναι η ποσότητα του DNA. Οι πρωτεΐνες μεταβάλλονται ανάλογα με τις ανάγκες και τα ερεθίσματα.
12. **Λ.** Η λέξη «πάντα» κάνει την πρόταση λάθος: μετά την αντιγραφή ένα σωματικό κύτταρο έχει τετραπλάσια ποσότητα.
13. **Λ.** Παραμένει σταθερή σε όλη τη ζωή του οργανισμού.
14. **Σ.**
15. **Σ.** Όπως και κάθε πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας.

Συμπλήρωση κενών

1. DNA, RNA
2. αυτοδιπλασιάζεται
3. γονιδίωμα
4. μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες
5. νουκλεόσωμα
6. χρωμοσώματα
7. DNA, ιστόνες, ινίδια χρωματίνης
8. DNA, διπλοειδή
9. νουκλεοτιδίων, 3΄-5΄ φωσφοδιεστερικούς
10. πεντοζών (δεοξυριβόζης), φωσφοδιεστερικούς

Θεωρία: Το DNA ως γενετικό υλικό

1. Ο Griffith (1928) εργάστηκε με δύο στελέχη πνευμονιόκοκκου σε ποντικούς. Το στέλεχος S, με κάλυμμα, προκαλούσε θάνατο. Το στέλεχος R, χωρίς κάλυμμα, ήταν ακίνδυνο, όπως και τα θανατωμένα με θέρμανση S. Όταν όμως ένεσε θανατωμένα S μαζί με ζωντανά R, οι ποντικοί πέθαναν και απομονώθηκαν ζωντανά βακτήρια S. Συμπέρανε ότι κάποιος παράγοντας από τα νεκρά S μετέτρεψε τα R σε S (μετασχηματισμός).
2. Στο πείραμα του Griffith μόνο τα βακτήρια S, που έχουν κάλυμμα, σκότωναν τους ποντικούς. Τα R, χωρίς κάλυμμα, δεν προκαλούσαν ασθένεια.
3. **Griffith (1928):** ανακάλυψε τον μετασχηματισμό, χωρίς να ξέρει ποιο μόριο τον προκαλεί. **Avery, MacLeod, McCarty (1944):** απομόνωσαν τα συστατικά των νεκρών S και βρήκαν ότι μόνο το DNA μετασχημάτιζε τα R σε S. Όταν διασπούσαν το DNA με ένζυμα, ο μετασχηματισμός δεν γινόταν. **Hershey και Chase (1952):** σήμαναν φάγους T_2 είτε με ραδιενεργό θείο (πρωτεΐνες) είτε με ραδιενεργό φώσφορο (DNA). Στα βακτήρια που μολύνθηκαν εισήλθε μόνο ο ραδιενεργός φώσφορος, άρα το DNA, και αυτό κατευθύνει τη σύνθεση νέων φάγων.
4. Όλα τα σωματικά κύτταρα ενός οργανισμού έχουν την ίδια ποσότητα DNA, ενώ οι γαμέτες έχουν τη μισή. Η ποσότητα αυτή είναι σταθερή και δεν επηρεάζεται από το περιβάλλον ή την ηλικία, σε αντίθεση με την ποσότητα των πρωτεϊνών και του RNA.
5. Το θείο ενσωματώνεται στις **πρωτεΐνες** (υπάρχει σε αμινοξέα, όχι στα νουκλεϊκά οξέα). Ο φώσφορος ενσωματώνεται στα **νουκλεϊκά οξέα**, DNA και RNA, μέσω των φωσφορικών ομάδων.
6. Γενικά οι πιο πολύπλοκοι οργανισμοί έχουν περισσότερο DNA από τους απλούστερους (π.χ. θηλαστικά σε σχέση με βακτήρια). Η σχέση όμως δεν είναι αυστηρά αναλογική: ορισμένα αμφίβια και φυτά έχουν περισσότερο DNA από τον άνθρωπο.

Θεωρία: Η χημική δομή του DNA

1. Η δομική μονάδα των νουκλεϊκών οξέων. Αποτελείται από μια πεντόζη (δεοξυριβόζη στο DNA, ριβόζη στο RNA), μια φωσφορική ομάδα και μια αζωτούχα βάση.

2. Ανάμεσα στο υδροξύλιο (–OH) του 3΄ άνθρακα της πεντόζης ενός νουκλεοτιδίου και στη φωσφορική ομάδα του 5΄ άνθρακα της πεντόζης του επόμενου. Με κάθε τέτοιο δεσμό απελευθερώνεται ένα μόριο νερού.
3. Το DNA αποτελείται από δύο αντιπαράλληλες πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που σχηματίζουν δεξιόστροφη διπλή έλικα. Ο σκελετός πεντόζης-φωσφορικής ομάδας βρίσκεται έξω και οι βάσεις μέσα. Οι βάσεις απέναντι αλυσίδων ζευγαρώνουν συμπληρωματικά, A με T (δύο δεσμοί υδρογόνου) και G με C (τρεις δεσμοί υδρογόνου).
4. Οι υδρόφιλοι σκελετοί πεντόζης-φωσφορικής ομάδας βρίσκονται στο εξωτερικό της έλικας, σε επαφή με το νερό. Οι υδρόφοβες βάσεις βρίσκονται στο εσωτερικό, η μία πάνω από την άλλη.
5. Η **συμπληρωματικότητα**: η αλληλουχία της μιας αλυσίδας καθορίζει την αλληλουχία της άλλης, οπότε κάθε αλυσίδα μπορεί να χρησιμεύσει ως καλούπι για νέα.
6. Σε κάθε μόριο DNA η ποσότητα της A ισούται με της T και της G με της C. Επομένως A + G = T + C. Η αναλογία (A + T)/(G + C) διαφέρει από είδος σε είδος.
7. Αν βρίσκονται σε απέναντι αλυσίδες (ζεύγος G–C), τρεις **δεσμοί υδρογόνου**. Αν είναι διαδοχικά στην ίδια αλυσίδα, ένας **3΄-5΄ φωσφοδιεστερικός** δεσμός.
8. Δύο λάθη. Τα νουκλεϊκά οξέα αποτελούνται από επαναλαμβανόμενα **νουκλεοτίδια**, όχι σκέτες βάσεις. Και η πρόταση δεν ισχύει για κάθε νουκλεϊκό οξύ: το RNA έχει **ουρακίλη** αντί για θυμίνη.
9. Εξασφαλίζει τη διατήρηση και τη μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας αναλλοίωτης από κύτταρο σε κύτταρο και από γενιά σε γενιά.

Θεωρία: Η οργάνωση του γενετικού υλικού

1. Μικρά, δίκλωνα, κυκλικά μόρια DNA που υπάρχουν σε πολλά βακτήρια, εκτός από το κύριο μόριο DNA, και αντιγράφονται ανεξάρτητα από αυτό. Φέρουν γονίδια **ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά** και γονίδια για τη **μεταφορά γενετικού υλικού** από ένα βακτήριο σε άλλο.
2. Δεν έχουν τα γονίδια που φέρουν τα πλασμίδια, π.χ. για ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά, οπότε επιβιώνουν δυσκολότερα σε ανάλογες συνθήκες. Επίσης δεν μπορούν να μεταβιβάσουν γενετικό υλικό μέσω πλασμιδίων.
3. Τα πλασμίδια αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο μόριο DNA, οπότε ο αριθμός τους μπορεί να αυξηθεί. Επιπλέον, μπορούν να μεταφερθούν από ένα βακτήριο σε άλλο ή να χαθούν.
4. Ορισμένα πλασμίδια μπορούν να ενσωματώνονται στο κύριο μόριο DNA και αργότερα να αποκόπτονται από αυτό, παίρνοντας μαζί τους τμήματα με γονίδια του βακτηρίου.
5. Τα πλασμίδια, στο κυτταρόπλασμα των βακτηρίων, και το DNA των μιτοχονδρίων και των χλωροπλαστών στα ευκαρυωτικά κύτταρα.
6. Έχουν δικό τους DNA, που αντιγράφεται ανεξάρτητα, και συνθέτουν μερικές από τις πρωτεΐνες τους. Οι περισσότερες πρωτεΐνες τους όμως κωδικοποιούνται από γονίδια του πυρήνα.
7. Μητρικής προέλευσης: προέρχονται από το κυτταρόπλασμα του ωαρίου, αφού το σπερματοζωάριο δεν συνεισφέρει μιτοχόνδρια στο ζυγωτό.
8. DNA ή RNA, μονόκλωνο ή δίκλωνο, γραμμικό ή κυκλικό, ανάλογα με τον ιό.
9. **Κυκλικά:** προκαρυωτικά (κύριο μόριο και πλασμίδια), μιτοχόνδρια και χλωροπλάστες ευκαρυωτικών, ορισμένοι ιοί. **Γραμμικά:** πυρήνας ευκαρυωτικών, μιτοχόνδρια ορισμένων πρωτοζώων, ορισμένοι ιοί.

10. Κυρίως οι **ιστόνες**, γύρω από τις οποίες τυλίγεται το DNA στα νουκλεοσώματα, και άλλες, μη ιστονικές πρωτεΐνες.
11. Διπλή έλικα DNA → νουκλεοσώματα (DNA γύρω από οκτώ ιστόνες) → ινίδιο χρωματίνης → θηλιές → περαιτέρω αναδίπλωση → μεταφασικό χρωμόσωμα με δύο αδελφές χρωματίδες.
12. **Οπτικό:** μόνο κατά την κυτταρική διαίρεση, όταν σχηματίζονται χρωμοσώματα (καλύτερα στη μετάφαση). **Ηλεκτρονικό:** σε οποιαδήποτε φάση, αφού φαίνονται και τα ινίδια χρωματίνης της μεσόφασης.
13. Απλοειδή έχουν ένα αντίγραφο του γονιδιώματος, π.χ. ένα βακτήριο ή ένα σπερματοζωάριο. Διπλοειδή έχουν δύο αντίγραφα οργανωμένα σε ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων, π.χ. ένα ηπατικό κύτταρο.
14. Τα σωματικά κύτταρα είναι διπλοειδή: 46 χρωμοσώματα σε 23 ζεύγη (44 αυτοσωμικά και XX ή XY). Οι γαμέτες είναι απλοειδείς: 23 χρωμοσώματα (22 αυτοσωμικά και X ή Y) και η μισή ποσότητα DNA.
15. 22 αυτοσωμικά και 1 φυλετικό.
16. Από τα φυλετικά χρωμοσώματα: XX θηλυκό, XY αρσενικό. Τα ωάρια έχουν πάντα X, ενώ τα σπερματοζωάρια X ή Y, οπότε το φύλο καθορίζεται από το σπερματοζωάριο που θα γονιμοποιήσει το ωάριο.
17. Σε δύο λόγους. Το X, που προέρχεται από τη μητέρα, είναι μεγαλύτερο από το Y, που προέρχεται από τον πατέρα. Επίσης το DNA των μιτοχονδρίων είναι αποκλειστικά μητρικής προέλευσης.
18. Κύτταρα που μπορούν να διαιρεθούν (π.χ. λεμφοκύτταρα) καλλιεργούνται in vitro με **μιτογόνο ουσία**, που προκαλεί μίτωση. Η διαίρεση σταματά στη μετάφαση με κατάλληλη χημική ουσία, όταν τα χρωμοσώματα είναι πιο συμπυκνωμένα. Με **υποτονικό διάλυμα** τα κύτταρα διογκώνονται και τα χρωμοσώματα απλώνονται. Ακολουθεί **χρώση**, φωτογράφηση και ταξινόμηση των χρωμοσωμάτων σε ζεύγη κατά ελαττούμενο μέγεθος.
19. Επιτρέπει τη διάγνωση χρωμοσωμικών ανωμαλιών, αριθμητικών ή δομικών, και τον προσδιορισμό του φύλου.
20. Στο μέγεθος, στη θέση του κεντρομεριδίου, στο πρότυπο των ζωνών τους μετά τη χρώση και στα γονίδια που φέρουν, τα οποία ελέγχουν διαφορετικές ιδιότητες.
21. Θυμίνη < κωδικόνιο < εξώνιο < γονίδιο < χρωμόσωμα < καρυότυπος.
22. Μεσόφαση και μίτωση (ή G_1, S, G_2, M). Η ποσότητα του DNA διπλασιάζεται στη φάση S λόγω της αντιγραφής του.

Κρίσης και αριθμών

1. Στη μετάφαση: 46 χρωμοσώματα, 92 χρωματίδες, 46 κεντρομερίδια. Στην αρχή της μεσόφασης: 46 χρωμοσώματα, 46 κεντρομερίδια, και κάθε χρωμόσωμα αντιστοιχεί σε ένα μόριο DNA (μία χρωματίδα). Τα κεντρομερίδια είναι πάντα όσα και τα χρωμοσώματα.
2. 2K στη μετάφαση, γιατί στη φάση S το DNA αντιγράφεται και η ποσότητά του διπλασιάζεται. Κάθε θυγατρικό κύτταρο παίρνει ξανά K, αφού οι αδελφές χρωματίδες μοιράζονται στα δύο κύτταρα.
3. 2x στην αρχή της μεσόφασης, 4x μετά την αντιγραφή και μέχρι το τέλος της μίτωσης, και ξανά 2x σε κάθε θυγατρικό κύτταρο.
4. Στη μεσόφαση είναι ινίδια χρωματίνης: 46 μόρια DNA πριν την αντιγραφή και 92 μετά. Στη μίτωση σχηματίζονται χρωμοσώματα με δύο χρωματίδες: 92 μόρια. Στο τέλος κάθε θυγατρικό έχει 46.

5. 10 στην αρχή της μεσόφασης, 20 στη μετάφαση (μετά την αντιγραφή) και 10 σε κάθε θυγατρικό κύτταρο.
6. Ο καρυότυπος γίνεται στη μετάφαση, όπου κάθε χρωμόσωμα έχει 2 χρωματίδες: άρα **12 χρωμοσώματα**. Ο γαμέτης έχει **6**: 5 αυτοσωμικά και 1 φυλετικό. Στη μεσόφαση το κύτταρο έχει **12 μόρια DNA** πριν την αντιγραφή και **24** μετά.
7. α) Όχι. Το ποσοστό περιγράφει τη σύσταση, όχι το μέγεθος. β) Όχι αναγκαστικά. Και τα δύο έχουν A = T = 35% και G = C = 15%, οπότε οι δεσμοί είναι 2·0,35N + 3·0,15N = 1,15N, όπου N τα νουκλεοτίδια. Ίδιος αριθμός δεσμών μόνο αν έχουν το ίδιο μήκος.
8. Το κυκλικό έχει **3.400** (όσοι και τα νουκλεοτίδια). Το γραμμικό έχει **3.398**: κάθε αλυσίδα του έχει ελεύθερα 3΄ και 5΄ άκρα, άρα έναν δεσμό λιγότερο από τα νουκλεοτίδιά της.
9. Όχι. Το γενετικό υλικό κάθε κυττάρου είναι δίκλωνο DNA, όπου G = C, άρα G ≤ 50%. Με 53% G το μόριο είναι μονόκλωνο: μπορεί να είναι RNA ή το γενετικό υλικό κάποιου ιού, όχι κυττάρου.
10. Το βακτηριακό, γιατί είναι κυκλικό (δεσμοί = N), ενώ το πυρηνικό DNA του ανθρώπου είναι γραμμικό (δεσμοί = N − 2).

Ασκήσεις

1. Νουκλεοτίδια: 2 · 20.000 = 40.000. Ισχύει A = T, G = C και T + C = 20.000. Με C = 4T: 5T = 20.000, άρα **A = T = 4.000** και **G = C = 16.000**.
   β) Το DNA του χλωροπλάστη είναι κυκλικό, άρα φωσφοδιεστερικοί δεσμοί = νουκλεοτίδια = **40.000 μόρια νερού**.
2. Νουκλεοτίδια: 72.000 / 120 = 600. A = T = 0,15 · 600 = 90, οπότε G = C = (600 − 180)/2 = 210.
   Δεσμοί H = 2·90 + 3·210 = **810**.
3. Στην αλυσίδα 1: G = 100 − 18 − 34 − 26 = 22%. Στο δίκλωνο κάθε ποσοστό είναι ο μέσος όρος μιας βάσης και της συμπληρωματικής της στην ίδια αλυσίδα:
   A = T = (18 + 26)/2 = **22%**, G = C = (34 + 22)/2 = **28%**.
4. A = T = 150 και G = C = 250. Σύνολο: 2·150 + 2·250 = **800**.
5. A = T = 300. Από 2A + 3G = 1.800: 600 + 3G = 1.800, άρα **G = 400**.
6. Το βακτηριακό DNA είναι κυκλικό, άρα νουκλεοτίδια = δεσμοί = 500. G = C = 100, A = T = (500 − 200)/2 = 150.
   Δεσμοί H = 2·150 + 3·100 = **600**.
7. Αφού A = T και G = C, ο λόγος γίνεται 2A/2G = 1,5, άρα A = 1,5G.
   2A + 3G = 6.000 ⇒ 3G + 3G = 6.000 ⇒ **G = 1.000**, **A = 1.500**.
8. Συνολικά: A = T = 3.000 και C = G = 7.000, δηλαδή 20.000 νουκλεοτίδια στα δύο μόρια. Κάθε μόριο έχει 10.000 νουκλεοτίδια, άρα μήκος **5.000 ζεύγη βάσεων**.
9. Η αλυσίδα έχει 30 νουκλεοτίδια: A = 7, T = 8, G = 8, C = 7.
   α) Οι T του γονιδίου είναι οι T αυτής της αλυσίδας συν οι T της συμπληρωματικής, που αντιστοιχούν στις A αυτής: 8 + 7 = **15**.
   β) Δύο γραμμικές αλυσίδες των 30: 2·(30 − 1) = **58**.
   γ) Ζεύγη A–T: 15, ζεύγη G–C: 15. Δεσμοί H = 2·15 + 3·15 = **75**.
10. C = G = 20%, άρα A = T = 30%. Με N τις βάσεις: H = 2·0,3N + 3·0,2N = 1,2N.
    1,2N − N = 150 ⇒ N = 750 βάσεις, άρα μήκος **375 ζεύγη βάσεων**.

11. Στη δεύτερη αλυσίδα κάθε A αντιστοιχεί σε T της πρώτης και κάθε G σε C, άρα ο λόγος αντιστρέφεται: **1/0,8 = 1,25**. Σε όλο το μόριο A = T και G = C, οπότε ο λόγος είναι **1**.

12. Η υδρόλυση σπάει τους φωσφοδιεστερικούς δεσμούς: 22. Σε γραμμικό δίκλωνο DNA δεσμοί = N − 2, άρα N = 24 νουκλεοτίδια (12 ζεύγη), δηλαδή A + G = 12.
    2A + 3G = 32 ⇒ 2(12 − G) + 3G = 32 ⇒ G = 8.
    A = T = 4, G = C = 8.

13. α) 16.000 νουκλεοτίδια. Το πλασμίδιο είναι κυκλικό, άρα **16.000 μόρια νερού**.
    β) C = G = 5.000, A = T = (16.000 − 10.000)/2 = 3.000. Δεσμοί H = 2·3.000 + 3·5.000 = **21.000**.

14. Αφού G = C, ο παρονομαστής είναι 2C, άρα A + C = C, δηλαδή **A = T = 0**: το μόριο έχει μόνο ζεύγη G–C, 60.000 ζεύγη.
    Δεσμοί H = 3·60.000 = **180.000**.
    Φωσφοδιεστερικοί: 120.000 νουκλεοτίδια, άρα **119.998** αν είναι γραμμικό ή **120.000** αν είναι κυκλικό.

15. **DNA** (δίκλωνο, γραμμικό): 400 ζεύγη. Η μία αλυσίδα καθορίζει την άλλη, άρα $\mathbf{4^{400}}$ αλληλουχίες. Νερό: 800 − 2 = **798**.
    RNA (μονόκλωνο): 800 νουκλεοτίδια, $\mathbf{4^{800}}$ αλληλουχίες. Νερό: **799**.

16. A + T = 1 − 0,62 = 0,38 και A = T, άρα **A = 0,19**.

17. α) **C = 17%, A = T = 33%**.
    β) Γραμμικό δίκλωνο: 5.000 − 2 = **4.998**.
    γ) Μία πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα 5.000 νουκλεοτιδίων: $\mathbf{4^{5.000}}$ αλληλουχίες.

18. A + G = 600 και 2A + 3G = 1.500 ⇒ 1.200 + G = 1.500 ⇒ **G = C = 300**, **A = T = 300**. Φωσφοδιεστερικοί: 1.200 − 2 = **1.198**.

Σημειώσεις Βιολογίας Προσανατολισμού Γ΄ Λυκείου. Κεφάλαιο 1, ασκήσεις.