

ΛΥΣΕΙΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ Β ΛΥΚΕΙΟΥ ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2025

ΘΕΜΑ Α

- A1. Γ
- A2. Γ
- A3. Α
- A4. Β
- A5. Β

ΘΕΜΑ Β

B1.

- 1) Ανάφαση Ι
- 2) Ανάφαση ΙΙ
- 3) Πρόφαση Ι
- 4) Μετάφαση Ι
- 5) Μετάφαση ΙΙ
- 6) Τελόφαση Ι
- 7) πρόφαση ΙΙ
- 8) Τελόφαση ΙΙ

B2. Ημισυντηρητικός μηχανισμός: Η συμπληρωματικότητα των βάσεων του DNA ώθησε τους Watson και Crick, όταν περιέγραψαν το μοντέλο τους για τη δομή του γενετικού υλικού το 1953, να γράψουν: «είναι φανερό ότι το ειδικό ζευγάρι που έχουμε υποθέσει ότι δημιουργείται μεταξύ των βάσεων του DNA προτείνει έναν απλό μηχανισμό αντιγραφής του γενετικού υλικού». Οι Watson και Crick φαντάστηκαν μια διπλή έλικα η οποία ξετυλίγεται και κάθε αλυσίδα λειτουργεί σαν καλούπι για τη σύνθεση μιας νέας συμπληρωματικής αλυσίδας. Έτσι τα δύο θυγατρικά μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με το μητρικό και καθένα αποτελείται από μία παλιά και μία καινούρια αλυσίδα. Ο μηχανισμός αυτός ονομάστηκε ημισυντηρητικός.

Επιχiasμός: Ορισμένες φορές, εξαιτίας της σύναψης, είναι δυνατό οι μη αδελφές χρωματίδες των ομόλογων χρωμοσωμάτων, που έχουν γίνει πια ορατές, να «μπερδευτούν» μεταξύ τους. Έτσι δημιουργούνται τα χαρακτηριστικά και ορατά από το οπτικό μικροσκόπιο χιάσματα, στα οποία οι χρωματίδες κόβονται και επανασυγκολλώνται, αφού όμως έχουν ανταλλάξει μεταξύ τους ομόλογα χρωμοσωμικά τμήματα. Το φαινόμενο αυτό, που ονομάζεται επιχiasμός, δίνει τη δυνατότητα στα ομόλογα χρωμοσώματα να ανταλλάξουν μεταξύ τους γονίδια.

Πριμόσωμα: αποτελεί ένα ειδικό σύμπλοκο που αποτελείται από πολλά ένζυμα, το οποίο συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες, τα οποία ονομάζονται πρωταρχικά τμήματα.

Θέσεις έναρξης της αντιγραφής: Η αντιγραφή του DNA αρχίζει από καθορισμένα σημεία, που ονομάζονται θέσεις έναρξης της αντιγραφής

B3. Ορισμένες φορές, εξαιτίας της σύναψης, στην Πρόφαση I , είναι δυνατό οι μη αδελφές χρωματίδες των ομόλογων χρωμοσωμάτων, που έχουν γίνει πια ορατές, να «μπερδευτούν» μεταξύ τους. Έτσι δημιουργούνται τα χαρακτηριστικά και ορατά από το οπτικό μικροσκόπιο χιάσματα, στα οποία οι χρωματίδες κόβονται και επανασυγκολλώνται, αφού όμως έχουν ανταλλάξει μεταξύ τους ομόλογα χρωμοσωμικά τμήματα. Το φαινόμενο αυτό, που ονομάζεται επιχiasμός, δίνει τη δυνατότητα στα ομόλογα χρωμοσώματα να ανταλλάξουν μεταξύ τους γονίδια. Αυτό εξασφαλίζει γενετική ποικιλότητα στους οργανισμούς που αναπαράγονται με αμφιγονία.

Κατά τη διάρκειά της τα ζεύγη των ομόλογων χρωμοσωμάτων ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Αντίθετα όμως με ό,τι συμβαίνει στη μιτωτική μετάφαση, επειδή το κάθε χρωμόσωμα τοποθετείται απέναντι στο ομόλογο του, ο στοίχος που δημιουργείται δεν είναι στοίχος μεμονωμένων χρωμοσωμάτων αλλά ζευγών ομολόγων. Επειδή στη συνέχεια κάθε χρωμόσωμα από τα μέλη κάθε ζευγαριού ομολόγων μπορεί να κατευθυνθεί είτε προς τον έναν είτε προς τον άλλο πόλο, είναι δυνατός ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών συνδυασμών. Το φαινόμενο αυτό, που λέγεται ανεξάρτητος συνδυασμός των χρωμοσωμάτων, είναι ένας μηχανισμός αναδιανομής των γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά, μη ομόλογα, χρωμοσώματα.

Χάρη στον ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων δημιουργείται ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς μη ομόλογων χρωμοσωμάτων και συνεπώς ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς γονιδίων, που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα. Σε αντίθεση με τον ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων, ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα την αναδιανομή των γονιδίων που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα, ο επιχiasμός ανασυνδυάζει γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο το ζεύγος ομολόγων χρωμοσωμάτων. Αυτό συμβαίνει, γιατί με την ανταλλαγή αντίστοιχων τμημάτων, που γίνεται μεταξύ των μη αδελφών χρωματίδων των ομόλογων χρωμοσωμάτων, ανταλλάσσονται και γονίδια. Ο συνδυασμός των δύο μηχανισμών που αναφέρθηκαν έχει ως συνέπεια σε κάθε γαμέτη να αντιπροσωπεύεται ένα μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα και ταυτόχρονα ένα μοναδικό «μείγμα» γονιδίων που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα. Έτσι λοιπόν, χάρη στη μείωση, είναι στατιστικά απίθανο εμείς και κάποιο από τα αδέρφια μας να έχουμε την ίδια συλλογή χρωμοσωμάτων και γονιδίων και από τους δύο γονείς, οπότε να είμαστε πανομοιότυποι μεταξύ μας.

B4. Τα κύρια ένζυμα που συμμετέχουν στην αντιγραφή του DNA ονομάζονται DNA πολυμεράσες.

α. Οι DNA πολυμεράσες επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα, τοποθετώντας συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA.

β. Οι DNA πολυμεράσες επιδιορθώνουν επίσης λάθη που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αντιγραφής. Μπορούν, δηλαδή, να «βλέπουν» και να απομακρύνουν νουκλεοτίδιο που οι ίδιες τοποθετούν, κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας, και να τοποθετούν τα σωστά.

γ. Οι DNA πολυμεράσες απομακρύνουν τα πρωταρχικά τμήματα RNA και τα αντικαθιστούν με τμήματα DNA.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Η συμπληρωματικότητα των βάσεων του DNA ώθησε τους Watson και Crick, όταν περιέγραψαν το μοντέλο τους για τη δομή του γενετικού υλικού το 1953, να γράψουν: «είναι φανερό ότι το ειδικό ζευγάρι που έχουμε υποθέσει ότι δημιουργείται μεταξύ των βάσεων του DNA προτείνει έναν απλό μηχανισμό αντιγραφής του γενετικού υλικού». Οι Watson και Crick φαντάστηκαν μια διπλή έλικα η οποία ξετυλίγεται και κάθε αλυσίδα λειτουργεί σαν καλούπι για τη σύνθεση μιας νέας συμπληρωματικής αλυσίδας. Έτσι τα δύο θυγατρικά μόρια που προκύπτουν είναι πανομοιότυπα με το μητρικό και καθένα αποτελείται από μία παλιά και μία καινούρια αλυσίδα. Ο μηχανισμός αυτός ονομάστηκε ημισυντηρητικός.

Μετά τις 2 αντιγραφές με ραδιενέργεια προκύπτουν 4 μόρια εκ των οποίων τα μισά έχουν 2 ραδιενεργές αλυσίδες και τα άλλα μισά μια ραδιενεργή και μία κανονική. Μετά το πέρας και της τελευταίας αντιγραφής που δεν έχει ραδιενεργά νουκλεοτίδια προκύπτουν 8 μόρια DNA εκ των οποίων τα 2 θα έχουν 2 κανονικές αλυσίδες και τα υπόλοιπα μια κανονική αλυσίδα και μια ραδιενεργή. Άρα 0% με δύο ραδιενεργές αλυσίδες.

Γ2. α. Οι DNA πολυμεράσες λειτουργούν μόνο προς καθορισμένη κατεύθυνση και τοποθετούν τα νουκλεοτίδια στο ελεύθερο 3' άκρο της δεοξυριβόζης του τελευταίου νουκλεοτιδίου κάθε αναπτυσσόμενης αλυσίδας. Έτσι, λέμε ότι αντιγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' προς 3'. Κάθε νεοσυντιθέμενη αλυσίδα θα έχει προσανατολισμό 5'→3'. Έτσι, σε κάθε διπλή έλικα που παράγεται οι δύο αλυσίδες θα είναι αντιπαράλληλες. Άρα το Β και Γ.

Β. Η πιστότητα της αντιγραφής εξασφαλίζεται χάρη στη συμπληρωματικότητα των βάσεων με την οποία τοποθετούνται τα νεοεισερχόμενα νουκλεοτίδια.

Οι DNA πολυμεράσες επιδιορθώνουν λάθη που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αντιγραφής. Μπορούν, δηλαδή, να «βλέπουν» και να απομακρύνουν νουκλεοτίδιο που οι ίδιες τοποθετούν, κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας, και να τοποθετούν τα σωστά.

Η αντιγραφή του DNA είναι απίστευτα ακριβής, μόνο ένα νουκλεοτίδιο στα 100.000 μπορεί να ενσωματωθεί λάθος. Τα λάθη που δεν επιδιορθώνονται από τις DNA πολυμεράσες, επιδιορθώνονται σε μεγάλο ποσοστό από ειδικά επιδιορθωτικά ένζυμα. Έτσι ο αριθμός των λαθών περιορίζεται στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς στο ένα στα 10^{10} .

Γ3.

α. Αντιγραφή.

Τα κύρια ένζυμα που συμμετέχουν στην αντιγραφή του DNA ονομάζονται DNA πολυμεράσες. Επειδή τα ένζυμα αυτά δεν έχουν την ικανότητα να αρχίσουν την αντιγραφή, το κύτταρο έχει ένα ειδικό σύμπλοκο που αποτελείται από πολλά ένζυμα, το πριμόσωμα, το οποίο συνθέτει στις θέσεις έναρξης της αντιγραφής μικρά τμήματα RNA, συμπληρωματικά προς τις μητρικές αλυσίδες, τα οποία ονομάζονται πρωταρχικά τμήματα. DNA πολυμεράσες επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα, τοποθετώντας συμπληρωματικά δεοξυριβονουκλεοτίδια απέναντι από τις μητρικές αλυσίδες του DNA. Στην πάνω αλυσίδα υπάρχει τμήμα RNA, που αποτελεί πρωταρχικό τμήμα και συνεχίζεται με DNA, το οποίο αποτελεί τη νεοσυντιθέμενη αλυσίδα.

β. Η DNA πολυμεράση θα αντικαταστήσει το πρωταρχικό τμήμα RNA με τμήμα DNA. Η βάση που έχει τοποθετηθεί κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας μπορεί να διορθωθεί είτε από την επιδιορθωτική δράση της DNA πολυμεράσης είτε από τα επιδιορθωτικά ένζυμα. Υπάρχει όμως πιθανότητα το λάθος να μη διορθωθεί, οπότε να παραμείνει στο μόριο DNA που σχηματίστηκε.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1: Να μην διορθωθεί το λάθος που έχει προκύψει κατά παράβαση του κανόνα της συμπληρωματικότητας:

TGCGTTACTGAGCGATGCG
ACGCAATGTCCTCGCTACGC

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2: Να διορθωθεί το λάθος:

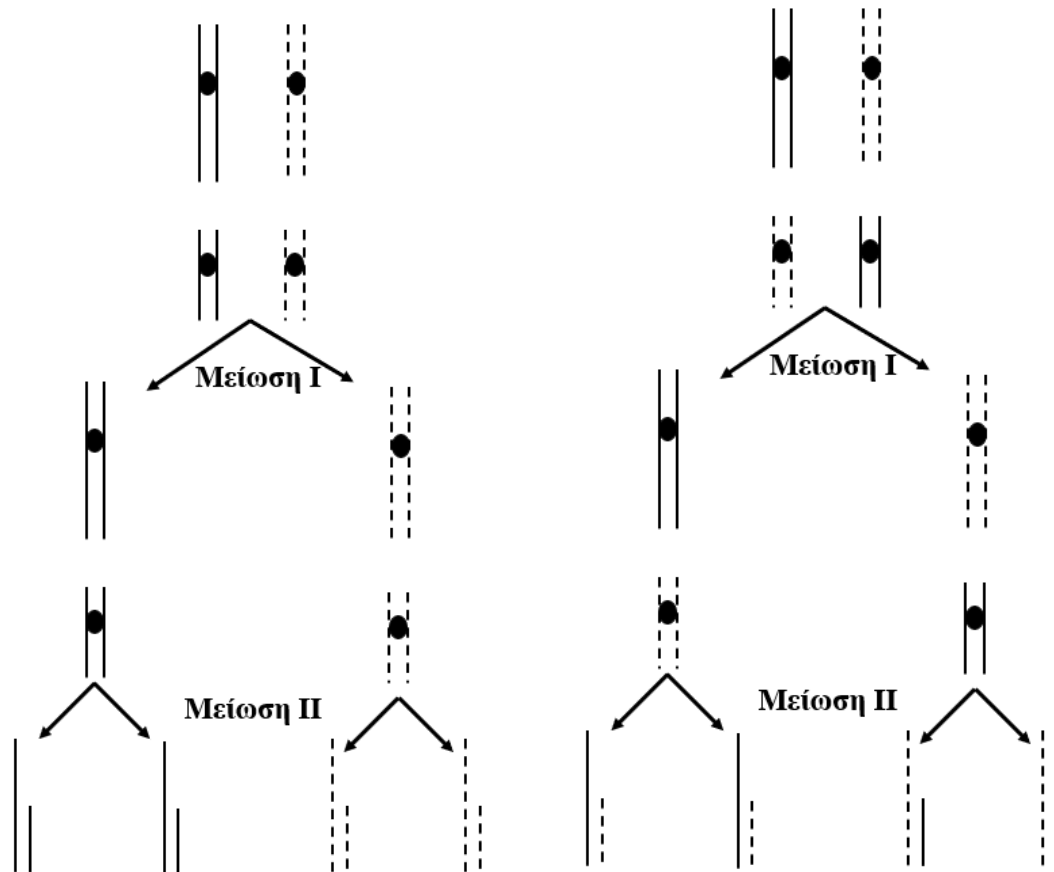
TGCGTTACAGTGAGCGATGCG
ACGCAATGTCCTCGCTACGC

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. α. Το κύτταρο είναι διπλοειδές, καθώς έχει ζεύγη ομόλογων χρωμοσωμάτων. Το DNA δεν έχει ακόμα διπλασιαστεί, συνεπώς πρόκειται για άωρο γεννητικό κύτταρο στη φάση G1 της μεσόφασης.

β. Διπλοειδής: 4, απλοειδής: 2

γ. Με βάση το φαινόμενο του ανεξάρτητου συνδυασμού χρωμοσωμάτων, κάθε χρωμόσωμα ενός ζεύγους ομόλογων χρωμοσωμάτων μπορεί να κινηθεί είτε προς τον έναν, είτε προς τον άλλον πόλο όταν το κύτταρο φτάσει στην ανάφαση I. Στην περίπτωση που δε γίνουν επιχιασμοί, οι πιθανοί γαμέτες προκύπτουν ως εξής:



Παράγονται με αυτόν τον τρόπο τέσσερις διαφορετικοί γαμέτες. Σε περίπτωση που συμβούν επιχιασμοί, το πλήθος των διαφορετικών γαμετών θα είναι μεγαλύτερο. Αν συμβούν x επιχιασμοί, θα προκύψουν 2^{2+x} διαφορετικοί γαμέτες.

Δ2. α.

3'-AAACCCTACAATCCCCGCAACGTAGTATTTATCTTATTT-5'

5'-TTTGGGATGTTAGGGGCGTTGCATCATAAATAGAATAAAA-3'

β. Στη μεταγραφή, η RNA πολυμεράση συνθέτει μια αλυσίδα RNA συμπληρωματική και αντιπαράλληλη προς τη μία αλυσίδα του γονιδίου, βάζοντας δηλαδή απέναντι από το δεοξυριβονουκλεοτίδιο της A ριβονουκλεοτίδιο με U, απέναντι από T ριβονουκλεοτίδιο με A, απέναντι από G ριβονουκλεοτίδιο με C και απέναντι από C, ριβονουκλεοτίδιο με G. Η αλυσίδα που μεταγράφεται ονομάζεται μη κωδική. Η συμπληρωματική και αντιπαράλληλη αλυσίδα του γονιδίου έχει ίδια αλληλουχία και προσανατολισμό με το RNA και ονομάζεται κωδική.

Το RNA θα είναι:

5'-UUUGGGAUGUUAGGGGCGUUGCAUCAUAAAUAGAAUAAA-3'

Η μεταγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' προς 3', δηλαδή το RNA αρχίζει να παράγεται από τον υποκινητή, που βρίσκεται πριν από την αρχή του γονιδίου, με κατεύθυνση 5' προς 3'. Δεδομένου πως το RNA έχει το 5' άκρο του στον υποκινητή, η

κωδική αλυσίδα, που έχει ίδιο προσανατολισμό με το RNA, θα έχει επίσης το 5' άκρο στον υποκινητή. Οι ΑΛΜ βρίσκονται στο τέλος του γονιδίου και αποτελούν την περιοχή στην οποία τελειώνει η μεταγραφή:

Y 3'-AAACCCTACAATCCCCGCAACGTAGTATTTATCTTATTT-5' Μη κωδική
5'-TTTGGGATGTTAGGGGCGTTGCATCATAAATAGAATAAA-3' Κωδική

ΑΛΜ

Δ3. $n=14$ άρα $2n=28$

α. Πρόκειται για το φαινόμενο του επιχιασμού, το οποίο ανασυνδυάζει τα γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων.

β. Στη μετάφαση II υπάρχουν 14 διπλασιασμένα χρωμοσώματα, άρα 28 μόρια DNA.

γ. Στην πρόφαση I υπάρχουν 28 διπλασιασμένα χρωμοσώματα, άρα 56 δίκλιωνα μόρια DNA, οπότε οι αλυσίδες DNA θα είναι $56 \times 2 = 112$.

δ. Μαζί με την τελόφαση I γίνεται και η κυτταροπλασματική διαίρεση και κάθε κύτταρο που προκύπτει παίρνει μια απλοειδή σειρά χρωμοσωμάτων, άρα 14.

ε. Στην ανάφαση I διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα. Το κύτταρο είναι διπλοειδές με 28 χρωμοσώματα, άρα προς τον κάθε πόλο κινούνται 14.

Στην ανάφαση II διαχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες και κάθε χρωματίδα θεωρείται ανεξάρτητο χρωμόσωμα. Το κύτταρο έχει 14 χρωμοσώματα, οπότε προς τον κάθε πόλο κινούνται 14 χρωματίδες/χρωμοσώματα.

στ. Τα παραγόμενα είδη γαμετών είναι $2^n = 2^{14}$.

ζ. Στην 1^η μειωτική διαίρεση διαιρείται 1 κύτταρο, οπότε γίνεται μία πυρηνική και μία κυτταροπλασματική διαίρεση. Στη 2^η μειωτική διαίρεση διαιρούνται τα δύο κύτταρα που προκύπτουν από την 1^η, άρα γίνονται δύο ακόμα πυρηνικές και δύο κυτταροπλασματικές. Συνολικά: 3 πυρηνικές και 3 κυτταροπλασματικές.