

ΑΡΧΗ 1ΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ - Γ΄ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ Γ΄ ΤΑΞΗΣ  
ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΑΛ  
(ΟΜΑΔΑ Β΄)**

**ΤΕΤΑΡΤΗ 18 ΜΑΪΟΥ 2011**

**ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΒΙΟΛΟΓΙΑ**

**ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ**

**ΣΥΝΟΛΟ ΣΕΛΙΔΩΝ: ΠΕΝΤΕ (5)**

**ΘΕΜΑ Α**

*Να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό καθεμιάς από τις παρακάτω ημιτελείς προτάσεις Α1 έως Α5 και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη λέξη ή τη φράση, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.*

- Α1.** Κατά τη λανθάνουσα φάση σε μια κλειστή καλλιέργεια ο πληθυσμός των μικροοργανισμών
- α.** παραμένει σχεδόν σταθερός.
  - β.** αυξάνεται σταθερά.
  - γ.** αρχικά αυξάνεται και μετά μειώνεται.
  - δ.** μειώνεται σταθερά.

**Μονάδες 5**

- Α2.** Οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες
- α.** συμμετέχουν στη μεταγραφή του DNA.
  - β.** καταλύουν την ωρίμανση του mRNA.
  - γ.** συμμετέχουν στη μετάφραση του mRNA.
  - δ.** αναγνωρίζουν ειδικές αλληλουχίες DNA.

**Μονάδες 5**

- Α3.** Το πλασμίδιο Ti χρησιμοποιείται στη διαδικασία
- α.** της μικροέγχυσης.
  - β.** δημιουργίας διαγονιδιακών ζώων.
  - γ.** δημιουργίας διαγονιδιακών φυτών.
  - δ.** παραγωγής υβριδωμάτων.

**Μονάδες 5**

- Α4.** Το γεγονός ότι κάθε νουκλεοτίδιο ανήκει σε ένα μόνο κωδικόνιο σημαίνει ότι ο γενετικός κώδικας είναι
- α.** συνεχής.
  - β.** μη επικαλυπτόμενος.
  - γ.** εκφυλισμένος.
  - δ.** σχεδόν καθολικός.

**Μονάδες 5**

## ΑΡΧΗ 2ΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ - Γ΄ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ

- A5.** Τα υβριδώματα παράγονται ύστερα από
- σύντηξη βακτηρίων με καρκινικά κύτταρα.
  - σύντηξη Β λεμφοκυττάρων με καρκινικά κύτταρα.
  - σύντηξη Β λεμφοκυττάρων με ιούς.
  - υβριδοποίηση δύο μονόκλωνων αλυσίδων DNA.

**Μονάδες 5**

### **ΘΕΜΑ Β**

*Να απαντήσετε στα παρακάτω:*

- B1.** Να περιγράψετε το πείραμα του Griffith και να αναφέρετε το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε.

**Μονάδες 8**

- B2.** Να εξηγήσετε γιατί τα άτομα που πάσχουν από μελαγχρωματική ξηροδερμία εμφανίζουν πολλαπλάσια συχνότητα καρκίνου του δέρματος σε σχέση με τα φυσιολογικά άτομα.

**Μονάδες 7**

- B3.** Τι είναι:
- γονιδιωματική βιβλιοθήκη.
  - cDNA βιβλιοθήκη.

**Μονάδες 6**

- B4.** Η ανάλυση δειγμάτων DNA από δύο βακτηριακές καλλιέργειες έδωσε τα εξής αποτελέσματα: στην πρώτη καλλιέργεια βρέθηκε ποσοστό αδενίνης (A) 28% και στη δεύτερη βρέθηκε ποσοστό γουανίνης (G) 28%. Να εξηγήσετε αν τα βακτήρια των δύο καλλιεργειών ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό είδος.

**Μονάδες 4**

### **ΘΕΜΑ Γ**

- Γ1.** Στο φυτό μοσχομπίζελο το χρώμα των σπερμάτων μπορεί να είναι είτε κίτρινο είτε πράσινο, ενώ το ύψος του είναι είτε ψηλό είτε κοντό. Τα γονίδια που ελέγχουν τις παραπάνω ιδιότητες βρίσκονται σε διαφορετικά

## ΑΡΧΗ 3ΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ - Γ΄ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ

ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων. Εάν έχετε στη διάθεσή σας ένα ψηλό μοσχομπίζελο με κίτρινα σπέρματα, να κάνετε τις κατάλληλες διασταυρώσεις που απαιτούνται για να βρείτε το γονότυπό του (μονάδες 4).

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 7).

**Μονάδες 11**

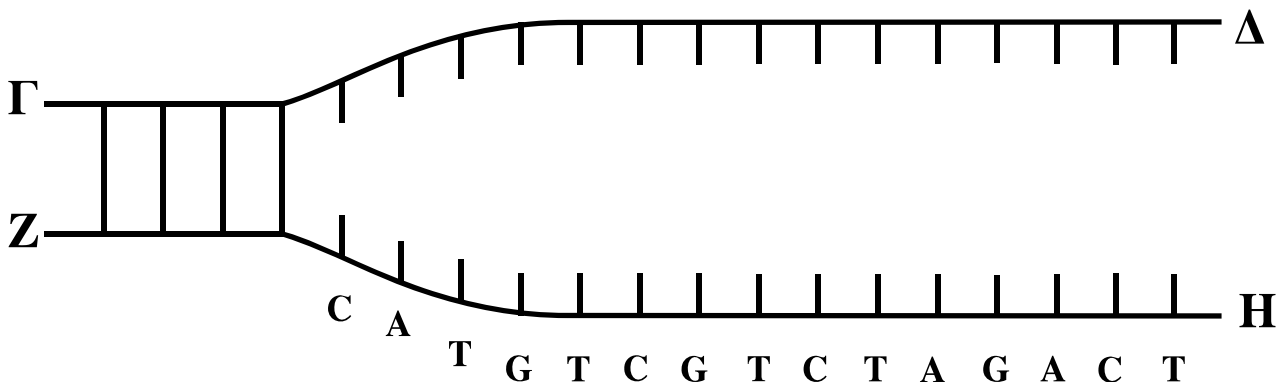
**Γ2.** Να εξηγήσετε τους πιθανούς μηχανισμούς σύμφωνα με τους οποίους από δύο φυσιολογικούς γονείς μπορεί να γεννηθεί παιδί με σύνδρομο Turner.

**Μονάδες 8**

**Γ3.** Μία πρωτεΐνη ενός ευκαρυωτικού κυττάρου αποτελείται από μία πολυπεπτιδική αλυσίδα 100 αμινοξέων. Το γονίδιο από το οποίο κωδικοποιήθηκε η πρωτεΐνη αποτελείται από πολύ περισσότερα νουκλεοτίδια από αυτά που κωδικοποιούν τα 100 αμινοξέα. Να αναφέρετε τους λόγους αυτής της διαφοράς.

**Μονάδες 6**

### **ΘΕΜΑ Δ**



Δίδεται το παραπάνω τμήμα DNA, το οποίο αντιγράφεται. Στον κλώνο ΖΗ η αντιγραφή γίνεται με ασυνεχή τρόπο. Τα σημεία Δ και Η υποδεικνύουν τη θέση έναρξης της αντιγραφής.

ΑΡΧΗ 4ΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ - Γ΄ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ

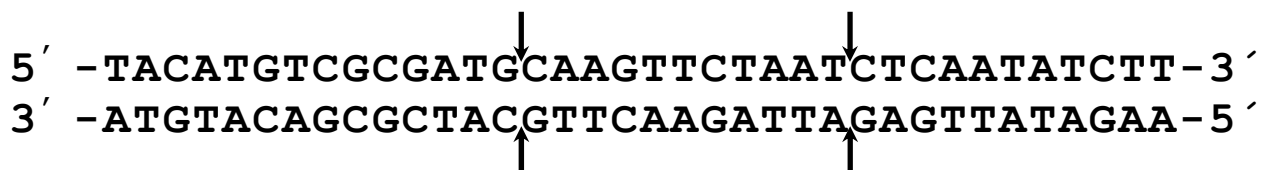
**Δ1.** Να μεταφέρετε στο τετράδιό σας το παραπάνω σχήμα, να σχεδιάσετε τα συνεχή και ασυνεχή τμήματα των νέων κλώνων με βέλη υποδεικνύοντας τους προσανατολισμούς των νέων και των μητρικών κλώνων (μονάδες 2).  
Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

**Μονάδες 6**

**Δ2.** Στον κλώνο που αντιγράφεται με συνεχή τρόπο να γράψετε την αλληλουχία των νουκλεοτιδίων και τον προσανατολισμό του πρωταρχικού τμήματος, το οποίο αποτελείται από 8 (οκτώ) νουκλεοτίδια (μονάδες 2).  
Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 3).

**Μονάδες 5**

Δίνεται το παρακάτω τμήμα μορίου DNA που κωδικοποιεί ένα ολιγοπεπτίδιο.



**Δ3.** Να γράψετε τα κωδικόνια του DNA που κωδικοποιούν το πεπτίδιο αυτό.

**Μονάδες 2**

**Δ4.** Μετά την επίδραση ακτινοβολίας το παραπάνω τμήμα DNA σπάει στα σημεία που υποδεικνύονται από τα βέλη.  
Να γράψετε το τμήμα του DNA που αποκόπηκε και να σημειώσετε τον προσανατολισμό του.

**Μονάδες 2**

**Δ5.** Το τμήμα του DNA που αποκόπηκε, επανασυνδέεται στα ίδια σημεία κοπής μετά από αναστροφή.  
Να γράψετε ολόκληρο το μόριο του DNA που προκύπτει μετά την αναστροφή (μονάδες 4).  
Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).  
Να γράψετε τα κωδικόνια του μορίου DNA που κωδικοποιούν το νέο πεπτίδιο. (μονάδες 2)

**Μονάδες 10**

## ΑΡΧΗ 5ΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ - Γ΄ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ

### ΟΔΗΓΙΕΣ (για τους εξεταζομένους)

1. Στο τετράδιο να γράψετε μόνο τα προκαταρκτικά (ημερομηνία, εξεταζόμενο μάθημα). **Να μην αντιγράψετε** τα θέματα στο τετράδιο.
2. Να γράψετε το ονοματεπώνυμό σας στο πάνω μέρος των φωτοαντιγράφων αμέσως μόλις σας παραδοθούν. **Δεν επιτρέπεται να γράψετε** καμιά άλλη σημείωση. Κατά την αποχώρησή σας να παραδώσετε μαζί με το τετράδιο και τα φωτοαντίγραφα.
3. Να απαντήσετε **στο τετράδιό σας** σε όλα τα θέματα.
4. Να γράψετε τις απαντήσεις σας **μόνο** με μπλε ή **μόνο** με μαύρο στυλό. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μολύβι μόνο για σχέδια, διαγράμματα και πίνακες.
5. Να μη χρησιμοποιήσετε χαρτί μιλιμετρέ.
6. Κάθε απάντηση επιστημονικά τεκμηριωμένη είναι αποδεκτή.
7. Διάρκεια εξέτασης: τρεις (3) ώρες μετά τη διανομή των φωτοαντιγράφων.
8. Χρόνος δυνατής αποχώρησης: 10.30 π.μ.

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ**

**ΤΕΛΟΣ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ**

# ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ & ΕΠΑ.Λ. Β'

18 ΜΑΪΟΥ 2011

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

## ΘΕΜΑ Α

- A1. α
- A2. δ
- A3. γ
- A4. β
- A5. β

## ΘΕΜΑ Β

- B1.** Το 1928 ο Griffith χρησιμοποίησε δύο στελέχη του βακτηρίου πνευμονιόκοκκος (*Diplococcus pneumoniae*), τα οποία ξεχωρίζουν μορφολογικά, όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό, λόγω της παρουσίας ή μη ενός προστατευτικού καλύμματος. Το στέλεχος που είχε κάλυμμα σχημάτιζε λείες αποικίες και ήταν παθογόνο, δηλαδή σκότωνε τα ποντίκια που μόλυνε, ενώ εκείνο που δεν είχε κάλυμμα σχημάτιζε αδρές αποικίες και δεν ήταν παθογόνο. Ο Griffith χρησιμοποίησε υψηλή θερμοκρασία, για να σκοτώσει τα λεία βακτήρια και με αυτά μόλυνε ποντικούς, οι οποίοι παρέμεναν ζωντανοί. Όταν όμως ανέμιξε νεκρά λεία βακτήρια με ζωντανά αδρά και με το μείγμα μόλυνε ποντικούς, τότε αυτοί πέθαναν. Στο αίμα των νεκρών ποντικών βρέθηκαν ζωντανά λεία βακτήρια. Ο Griffith συμπέρανε ότι μερικά αδρά βακτήρια «μετασχηματίστηκαν» σε λεία παθογόνα ύστερα από αλληλεπίδραση με τα νεκρά λεία βακτήρια, αλλά δεν μπόρεσε να δώσει ικανοποιητική απάντηση για το πώς γίνεται αυτό.
- B2.** Τέλος, βλάβες στους μηχανισμούς επιδιόρθωσης του DNA έχουν ως αποτέλεσμα την αυξημένη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου. Τα άτομα, για παράδειγμα, που πάσχουν από μελαγχρωματική ξηροδερμία εμφανίζουν πολλαπλάσια συχνότητα καρκίνων του δέρματος, κυρίως στις περιοχές που εκτίθενται στην ακτινοβολία του ήλιου, σε σχέση με τα φυσιολογικά άτομα. Είναι γνωστό ότι η ασθένεια δημιουργείται από ανικανότητα επιδιόρθωσης βλαβών που προκαλούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία λόγω μετάλλαξης των γονιδίων που κωδικοποιούν τα επιδιορθωτικά ένζυμα.
- B3.** α) Το σύνολο των βακτηριακών κλώνων που περιέχει το συνολικό DNA του οργανισμού δότη και αποτελεί μία γονιδιωματική βιβλιοθήκη.  
β) Αν θέλουμε να κλωνοποιήσουμε μόνο τα γονίδια που εκφράζονται σε συγκεκριμένα κύτταρα, τότε κατασκευάζουμε τις cDNA βιβλιοθήκες. Οι cDNA βιβλιοθήκες περιέχουν αντίγραφα των mRNA όλων των γονιδίων που εκφράζονται στα κύτταρα αυτά και έχουν το πλεονέκτημα απομόνωσης μόνο των αλληλουχιών των γονιδίων που μεταφράζονται σε αμινοξέα, δηλαδή των εξονίων.

- B4.** Στα βακτήρια το DNA είναι δίκλωνο κυκλικό μόριο. Με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας, στο δίκλωνο μόριο DNA ισχύει  $A=T$  και  $G=C$ . Συνεπώς, στο πρώτο μόριο  $A=T=28\%$  και  $G=C=22\%$ . Στο δεύτερο,  $A=T=22\%$  και  $G=C=28\%$ . Επίσης, βρέθηκε ότι η αναλογία των βάσεων  $[(A+T)/(G+C)]$  διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού. Άρα ο λόγος για το πρώτο είναι  $56/44$  και για το δεύτερο  $44/56$ , οπότε ανήκουν σε διαφορετικό είδος.

### ΘΕΜΑ Γ

- Γ1.** Στο φυτό μοσχομπίζελο το χρώμα των σπερμάτων μπορεί να είναι είτε κίτρινο είτε πράσινο. Το επικρατές αλληλόμορφο που είναι υπεύθυνο για το κίτρινο χρώμα σπέρματος συμβολίζεται με  $K$  ενώ το υπολειπόμενο αλληλόμορφο που είναι υπεύθυνο για το πράσινο χρώμα σπέρματος συμβολίζεται με το  $k$ . Το επικρατές αλληλόμορφο που καθορίζει το ψηλό φυτό συμβολίζεται με  $\Psi$  και το υπολειπόμενο αλληλόμορφο που καθορίζει το κοντό φυτό συμβολίζεται με το  $\psi$ .

Τα ψηλά φυτά με κίτρινα σπέρματα μπορεί να έχουν 4 διαφορετικούς γονότυπους:  $\Psi\Psi K K$ ,  $\Psi\psi K K$ ,  $\Psi\Psi K k$  και  $\Psi\psi K k$ .

Για να βρούμε τους γονότυπους κάνουμε 4 διασταυρώσεις ελέγχου. Διασταύρωση ελέγχου ονομάζεται η διασταύρωση ενός ατόμου άγνωστου γονότυπου με ένα άτομο ομόζυγο για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο.

Σύμφωνα με τον 1<sup>ο</sup> νόμο του Mendel ή νόμο του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων, κατά τη μείωση διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα και κατά συνέπεια και τα αλληλόμορφα γονίδια που βρίσκονται σ' αυτά και σχηματίζονται οι γαμέτες. Έτσι, κάθε γαμέτης περιέχει ένα μόνο από τα δύο αλληλόμορφα κάθε γονιδίου. Επίσης, σύμφωνα με τον 2<sup>ο</sup> νόμο του Mendel, της ανεξάρτητης μεταβίβασης των γονιδίων, η μεταβίβαση στους γαμέτες ενός γονιδίου που ελέγχει ένα χαρακτήρα δεν επηρεάζει τη μεταβίβαση του γονιδίου που ελέγχει έναν άλλο χαρακτήρα, αρκεί τα δύο γονίδια να βρίσκονται σε διαφορετικά ζεύγη ομολόγων χρωμοσωμάτων. Οι απόγονοι προκύπτουν από τον τυχαίο συνδυασμό των γαμετών των δύο γονέων.

**α)** P:  $\Psi\Psi K K$  (x)  $\psi\psi k k$   
Γαμέτες:  $\Psi K$ ,  $\psi k$   
F1:  $\Psi\psi K k$

Φαινοτυπική αναλογία: Όλα ψηλά φυτά με κίτρινα σπέρματα

**β)** P:  $\Psi\psi K K$  (x)  $\psi\psi k k$   
Γαμέτες:  $\Psi K$ ,  $\psi K$ ,  $\psi k$   
F1:  $\Psi\psi K k$ ,  $\psi\psi K k$

Φαινοτυπική αναλογία: 1 ψηλό φυτό με κίτρινα σπέρματα : 1 κοντό φυτό με κίτρινα σπέρματα

γ) P: ΨΨΚκ (x) ψψκκ  
 Γαμέτες: ΨΚ, Ψκ, ψκ  
 F1: ΨψΚκ, ΨΨκκ

Φαινοτυπική αναλογία: 1 ψηλό φυτό με κίτρινα σπέρματα : 1 ψηλό φυτό με πράσινα σπέρματα

δ) P: ΨΨΚκ (x) ψψκκ  
 Γαμέτες: ΨΚ, Ψκ, ψΚ, ψκ, ψκ  
 F1: ΨψΚκ, Ψψκκ, ψψΚκ, ψψκκ

Φαινοτυπική αναλογία: 1 ψηλό φυτό με κίτρινα σπέρματα : 1 ψηλό φυτό με πράσινα σπέρματα : 1 κοντό φυτό με κίτρινα σπέρματα : 1 κοντό φυτό με πράσινα σπέρματα

Συνεπώς από τις φαινοτυπικές αναλογίες των απογόνων μπορούμε να εξακριβώσουμε το γονότυπο του αρχικού ατόμου.

**Γ2.** Τα άτομα που πάσχουν από το σύνδρομο Turner έχουν φυσιολογικό αριθμό αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων (44) αλλά μόνο ένα χρωμόσωμα X από το ζεύγος των φυλετικών χρωμοσωμάτων (XO). Αυτή είναι η μοναδική μονοσωμία που έχει βρεθεί στον άνθρωπο. Τα άτομα αυτά δεν εμφανίζουν δευτερογενή χαρακτηριστικά του φύλου, παρ' όλο που έχουν φαινότυπο θηλυκού ατόμου, και είναι στείρα.

Τα άτομα με σύνδρομο Turner (XO) μπορούν να προκύψουν από μη διαχωρισμό των ομόλογων χρωμοσωμάτων ή των αδελφών χρωματίδων κατά την 1<sup>η</sup> ή 2<sup>η</sup> μειωτική διαίρεση αντίστοιχα (κατά τη δημιουργία των γαμετών) τόσο στη μητέρα όσο και στον πατέρα.

Δηλαδή

- Μη Διαχωρισμός Ομόλογων Χρωμοσωμάτων (Μείωση I) στη μητέρα, Φυσιολογικός Διαχωρισμός στον πατέρα. Έτσι προκύπτει θηλυκός γαμέτης χωρίς φυλετικό χρωμόσωμα, ο οποίος γονιμοποιήθηκε από αρσενικό γαμέτη με X φυλετικό χρωμόσωμα και προέκυψε το άτομο XO.
- Μη Διαχωρισμός Ομόλογων Χρωμοσωμάτων (Μείωση I) στον πατέρα, Φυσιολογικός Διαχωρισμός στη μητέρα. Έτσι προκύπτει αρσενικός γαμέτης χωρίς φυλετικό χρωμόσωμα, ο οποίος γονιμοποίησε θηλυκό γαμέτη με X φυλετικό χρωμόσωμα και προέκυψε το άτομο XO.
- Μη Διαχωρισμός Αδελφών Χρωματίδων (Μείωση II) στη μητέρα, Φυσιολογικός Διαχωρισμός στον πατέρα. Έτσι προκύπτει θηλυκός γαμέτης χωρίς φυλετικό χρωμόσωμα, ο οποίος γονιμοποιήθηκε από αρσενικό γαμέτη με X φυλετικό χρωμόσωμα και προέκυψε το άτομο XO.
- Μη Διαχωρισμός Αδελφών Χρωματίδων (Μείωση II) στον πατέρα, Φυσιολογικός Διαχωρισμός στη μητέρα. Έτσι προκύπτει αρσενικός γαμέτης χωρίς φυλετικό χρωμόσωμα, ο οποίος γονιμοποίησε θηλυκό γαμέτη με X φυλετικό χρωμόσωμα και προέκυψε το άτομο XO.

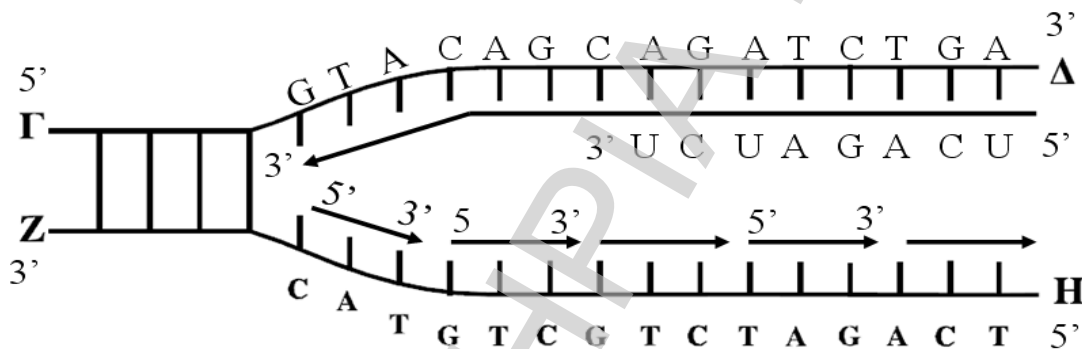


**Γ3.** Η αλληλουχία του γονιδίου είναι μεγαλύτερη από αυτή που κωδικοποιεί τη συγκεκριμένη πολυπεπτιδική αλυσίδα γιατί στο γονίδιο περιέχονται:

- οι αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής
- τα εσώνια
- οι 5' και 3' αμετάφραστες περιοχές
- το κωδικόνιο λήξης.
- Επίσης, η πρωτεΐνη αυτή προκειμένου να καταστεί βιολογικά λειτουργική είναι δυνατό να υπέστη μετά-μεταφραστική επεξεργασία, ωρίμανση με αποκοπή είτε αμινοξέων από το αμινικό άκρο ή ενδιάμεσου πεπτιδίου, οπότε το αντίστοιχο γονίδιο θα διαθέτει και την αλληλουχία των νουκλεοτιδίων που αντιστοιχούν σ' αυτά τα απομακρυσμένα αμινοξέα.
- Το γονίδιο είναι δίκλωνο και μεταγράφεται μόνο η μη-κωδική αλυσίδα

## ΘΕΜΑ Δ

**Δ1.**



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. Για να ακολουθηθεί αυτός ο κανόνας σε κάθε τμήμα DNA που γίνεται η αντιγραφή, η σύνθεση του DNA είναι συνεχής στη μια αλυσίδα και ασυνεχής στην άλλη.

**Δ2.** Επειδή οι DNA πολυμεράσες 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. Αφού η αντιγραφή γίνεται με φορά 5'→3' και το πρωταρχικό τμήμα τοποθετείται στη θέση έναρξης της αντιγραφής, συνεπώς και αυτό θα έχει κατεύθυνση 5'→3'. Άρα το πρωταρχικό τμήμα είναι το ακόλουθο: 5' – UCAGAUCU – 3'.

**Δ3.** 5' – ATG – TCG – CGA – TGC – AAG – TTC – TAA – 3'

Δ4. 5' - CAAGTTCTAAT- 3'  
3' - GTTCAAGATTA- 5'

Δ5.

5' -TACATGTCGCGATG**AATTAGA**ACTTTG CTCAATATCTT-3'  
3' -ATGTACAGCGCTACT**TAATCTTGA**AC GAGTTATAGAA-5'

Η αναστροφή δημιουργείται από θραύσεις σε δύο διαφορετικά σημεία ενός χρωμοσώματος και επανένωση του τμήματος ύστερα από αναστροφή. Για να μπορέσει να γίνει η επανένωση θα πρέπει τα νουκλεοτίδια στα άκρα του θραύσματος να επαυθενθούν με 3' - 5' φωσφοδιεστερικούς δεσμούς στα σημεία θραύσης. Συνεπώς, μετά την αναστροφή, θα πρέπει να έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και τις ίδιες ελεύθερες ομάδες (φωσφορική ή υδροξύλιο)

Στο συγκεκριμένο μόριο DNA το νουκλεοτίδιο του θραύσματος που φέρει ως αζωτούχο βάση την C στην πάνω αλυσίδα έχει ελεύθερη P ομάδα στον 5' άνθρακα της πεντόζης του, και μετά την αναστροφή εξακολουθεί να έχει τον ίδιο προσανατολισμό και την ίδια ελεύθερη ομάδα. Οπότε συνδέεται με 3' - 5' φωσφοδιεστερικό δεσμό με το ελεύθερο υδροξύλιο στον 3' άνθρακα της πεντόζης του νουκλεοτίδιου που φέρει ως αζωτούχο βάση τη G. Τα ίδια ισχύουν και για το νουκλεοτίδιο του θραύσματος που φέρει ως αζωτούχο βάση την A.

Τα νουκλεοτίδια, στα άκρα του θραύσματος που φέρουν ως αζωτούχες βάσεις τη G και τη T έχουν ελεύθερο OH στον 3' άνθρακα της πεντόζης τους και μετά την αναστροφή εξακολουθούν να έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και την ίδια ελεύθερη ομάδα οπότε και πάλι σχηματίζεται ο 3' - 5' φωσφοδιεστερικός δεσμός.

Τα κωδικόνια του μορίου DNA που κωδικοποιούν το νέο πεπτίδιο είναι:

5' -ATG-TCG-CGA-TGA -3'