

**ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ  
Γ΄ ΤΑΞΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ  
ΚΑΙ ΕΠΑΛ (ΟΜΑΔΑ Β΄)  
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 27 ΜΑΪΟΥ 2016 - ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ:  
ΒΙΟΛΟΓΙΑ  
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ (ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ)  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ (ΠΑΛΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ)  
ΣΥΝΟΛΟ ΣΕΛΙΔΩΝ: ΠΕΝΤΕ (5)**

**ΘΕΜΑ Α**

Να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό καθεμιάς από τις παρακάτω ημιτελείς προτάσεις **A1** έως **A5** και, δίπλα, το γράμμα που αντιστοιχεί στη λέξη ή στη φράση, η οποία συμπληρώνει σωστά την ημιτελή πρόταση.

**A1.** Το γενετικό υλικό των χλωροπλαστών

- α. είναι γραμμικό δίκλωνο DNA
- β. είναι κυκλικό μόριο DNA
- γ. έχει μικρότερο μήκος από το μιτοχονδριακό DNA
- δ. είναι γραμμικό RNA.

**Μονάδες 5**

**A2.** Ένας φυσιολογικός γαμέτης ανθρώπου μπορεί να περιέχει

- α. 46 χρωμοσώματα
- β. ένα X χρωμόσωμα
- γ. πλασμίδια
- δ. DNA μήκους  $1,5 \times 10^9$  ζεύγη βάσεων.

**Μονάδες 5**

**A3.** Τα σωματικά κύτταρα του προβάτου Dolly περιείχαν

- α. ανασυνδυασμένο DNA
- β. το σύνολο του γενετικού υλικού του κυττάρου του μαστικού αδένου του εξάχρονου προβάτου που χρησιμοποιήθηκε στη διαδικασία της κλωνοποίησης
- γ. το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για τη σύνθεση της ανθρώπινης  $\alpha_1$  αντιθρυψίνης
- δ. το μιτοχονδριακό DNA του ωαρίου στο οποίο τοποθετήθηκε ο πυρήνας του κυττάρου του μαστικού αδένου του εξάχρονου προβάτου.

**Μονάδες 5**

**A4.** Η ανεπάρκεια του ανοσοποιητικού συστήματος λόγω έλλειψης του ενζύμου απαμινάση της αδενοσίνης (ADA), οφείλεται

- α. στον ιό του AIDS
- β. σε αυτοσωμικό επικρατές γονίδιο
- γ. σε αυτοσωμικό υπολειπόμενο γονίδιο
- δ. σε φυλοσύνδετο γονίδιο.

**Μονάδες 5**

- A5.** Το πλασμίδιο T<sub>i</sub>
- α. δημιουργεί εξογκώματα στο βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens*
  - β. απομονώθηκε από τον βακτηριοφάγο T<sub>2</sub>
  - γ. είναι κυκλικό δίκλωνο μόριο DNA
  - δ. χρησιμοποιείται στη γονιδιακή θεραπεία της κυστικής ίνωσης.

**Μονάδες 5**

**ΘΕΜΑ Β**

- B1.** Να αντιστοιχίσετε σωστά τον κάθε αριθμό της στήλης I με ένα μόνο γράμμα, Α ή Β ή Γ, της στήλης II, με βάση τη δράση των ενζύμων της στήλης I.

Στήλη I
1. DNA δεσμάση
2. DNA ελικάση
3. RNA πολυμεράση
4. Περιοριστική ενδονουκλεάση
5. Πριμόσωμα
6. Αντίστροφη μεταγραφάση
7. Απαμινάση της αδενοσίνης

Στήλη II
A: Δημιουργία φωσφοδιεστερικών δεσμών
B: Διάσπαση φωσφοδιεστερικών δεσμών
Γ: Ούτε το Α, ούτε το Β

**Μονάδες 7**

- B2.** Τι είναι ο καρυότυπος; (μονάδες 4) Να αναφέρετε δύο (2) συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τη μελέτη του καρυότυπου ενός ανθρώπου (μονάδες 4).

**Μονάδες 8**

- B3.** Να γράψετε τους ορισμούς:
- α. μονοκλωνικά αντισώματα (μονάδες 2)
  - β. γενετική μηχανική (μονάδες 2).

**Μονάδες 4**

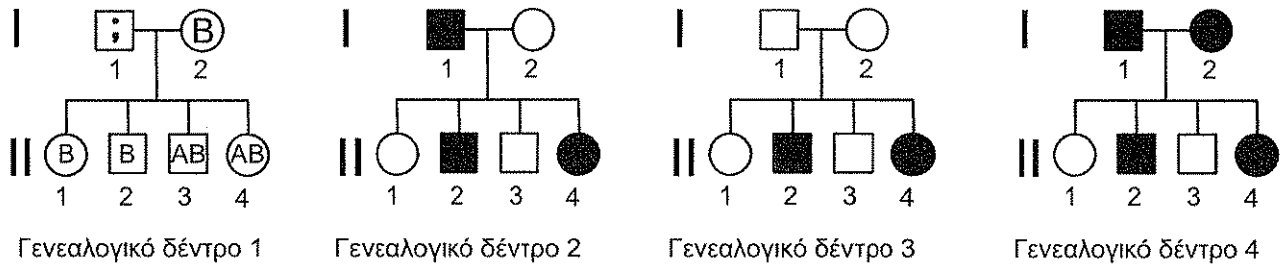
- B4.** Μια φαρμακευτική πρωτεΐνη που προορίζεται για ανθρώπινη χρήση, μπορεί να παραχθεί από το γάλα γενετικά τροποποιημένων θηλαστικών, από βακτήρια και από όργανα θηλαστικών που δεν είναι γενετικά τροποποιημένα.

Να αναφέρετε τους λόγους, για τους οποίους προτιμούμε να παράγουμε αυτή την πρωτεΐνη όχι από βακτήρια (μονάδες 2) ή από όργανα θηλαστικών (μονάδες 4), αλλά από το γάλα γενετικά τροποποιημένων θηλαστικών.

**Μονάδες 6**

**ΘΕΜΑ Γ**

Στην **εικόνα 1** υπάρχουν τέσσερα γενεαλογικά δέντρα (1, 2, 3, 4) στα οποία απεικονίζεται ο τρόπος κληρονομής τεσσάρων διαφορετικών χαρακτήρων του ανθρώπου. Στο γενεαλογικό δέντρο 1, ο χαρακτήρας που μελετάται, είναι οι ομάδες αίματος (A, B, AB και O). Οι υπόλοιποι τρεις χαρακτήρες που μελετώνται, είναι: η ασθένεια της οικογενούς υπερχοληστερολαιμίας, η αιμορροφιλία A και ο αλφισμός.



**Εικόνα 1**

Με βάση τα στοιχεία που υπάρχουν στην **εικόνα 1**:

**Γ1.** Να γράψετε στο τετράδιό σας τον γόνοτυπο του ατόμου I1 που βρίσκεται στο γενεαλογικό δέντρο 1 (μονάδα 1) και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 3).

**Μονάδες 4**

**Γ2.** Να αντιστοιχίσετε τους τρεις υπόλοιπους χαρακτήρες που μελετώνται (οικογενής υπερχοληστερολαιμία, αιμορροφιλία A και αλφισμός) με τα υπόλοιπα τρία γενεαλογικά δέντρα (2, 3 και 4), γράφοντας, δίπλα από το καθένα γενεαλογικό δέντρο, τον χαρακτήρα που του αντιστοιχεί.

**Μονάδες 3**

**Γ3.** Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας στο ερώτημα Γ2.

**Μονάδες 6**

**Γ4.** Το μόριο DNA ενός βακτηρίου αποτελείται από  $2 \times 10^5$  ζεύγη βάσεων που περιέχουν το μη ραδιενεργό ισότοπο του φωσφόρου. Το βακτήριο αυτό τοποθετείται και πολλαπλασιάζεται σε θρεπτικό υλικό που περιέχει αποκλειστικά ως πηγή φωσφόρου ραδιενεργό  $^{32}\text{P}$ , και υφίσταται πέντε διαδοχικές διαιρέσεις. Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων, που θα περιέχουν το μη ραδιενεργό ισότοπο του φωσφόρου στο τέλος των πέντε διαιρέσεων, θα είναι:

- α) 0
- β)  $4 \times 10^5$
- γ)  $2 \times 10^5$

Να γράψετε τη σωστή απάντηση (μονάδες 2) και να την αιτιολογήσετε (μονάδες 4).

(Να θεωρήσετε ότι δεν έχουν συμβεί μεταλλάξεις ή ανταλλαγή γενετικού υλικού).

**Μονάδες 6**

- Γ5. Βρέθηκε ότι στελέχη του βακτηρίου *Escherichia coli* (*E. coli*) δεν μπορούν να διασπάσουν το δισακχαρίτη λακτόζη. Στα στελέχη αυτά, εντοπίστηκαν γονιδιακές μεταλλάξεις. Να εξηγήσετε σε ποια ή ποιες θέσεις του οπερονίου της λακτόζης, εκτός από τα δομικά γονίδια, έχουν συμβεί αυτές οι μεταλλάξεις.

**Μονάδες 6**

#### ΘΕΜΑ Δ

Στην εικόνα 2, το τμήμα του DNA περιλαμβάνει ασυνεχές γονίδιο ευκαρυωτικού κυττάρου που κωδικοποιεί μικρό πεπτίδιο. Μέσα στην αγκύλη φαίνεται η αλληλουχία της αμετάφραστης περιοχής που ενώνεται με το rRNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος.

Αλυσίδα Α    I    [ACAGT...]  
Αλυσίδα Β    III [TGTC...]

ATGTGAATCATAGTTTCCTATGTGGGTTTAAGCAT    II  
TACACTTAGTATCAAAGGATACACCCAAATTCGTA    IV

Εικόνα 2

Τα t-RNAs που χρησιμοποιήθηκαν κατά σειρά στην παραγωγή του πεπτιδίου, είχαν τα αντικωδικώνια

5' CAU 3', 5' CCA 3', 5' AAA 3', 5' AGG 3', 5' CAU 3', 5' CCA 3', 5' AAC 3'.

- Δ1. Να σημειώσετε στο τετράδιό σας ποια από τις αλυσίδες Α ή Β είναι η κωδική αλυσίδα του γονιδίου (μονάδες 3). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4). Να χαρακτηρίσετε ως 5' ή 3' τα άκρα στα σημεία I, II, III, IV (μονάδες 2).

**Μονάδες 9**

- Δ2. Να γράψετε στο τετράδιό σας το εσώνιο που υπάρχει στο παραπάνω γονίδιο.

**Μονάδα 1**

- Δ3. Να γράψετε την αλληλουχία των βάσεων του mRNA, που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη μετάφραση της πληροφορίας του γονιδίου της εικόνας 2.

**Μονάδες 5**

- Δ4. Στην εικόνα 3, η αλληλουχία είναι τμήμα του γονιδίου που μεταγράφεται στο rRNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος που χρησιμοποιείται στη μετάφραση του ευκαρυωτικού γονιδίου της εικόνας 2.

Αλυσίδα Γ ...ACAGT...  
Αλυσίδα Δ ...TGTC...

Εικόνα 3

ΑΡΧΗ 5ΗΣ ΣΕΛΙΔΑΣ - ΝΕΟ & ΠΑΛΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - Γ' ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ

Ποια είναι η μεταγραφόμενη αλυσίδα του γονιδίου που μεταγράφεται στο rRNA; (μονάδα 1) Να γραφεί ο προσανατολισμός της (μονάδα 1). Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας (μονάδες 2).

**Μονάδες 4**

- Δ5.** Στην εικόνα 4, υπάρχει το ίδιο τμήμα DNA με την εικόνα 2, και με τα υπογραμμισμένα γράμματα φαίνεται η αλληλουχία των βάσεων στις οποίες γίνεται γονιδιακή μετάλλαξη προσθήκης των τριών παρακάτω συνεχόμενων ζευγών βάσεων:

5' AGC 3'  
3' TCG 5'.



**Εικόνα 4**

Ποιο θα είναι το αποτέλεσμα της μετάλλαξης αν η προσθήκη γίνει:

- i) στη θέση 1
- ii) στη θέση 2.

**Μονάδες 6**

**ΟΔΗΓΙΕΣ (για τους εξεταζομένους)**

1. Στο εξώφυλλο να γράψετε το εξεταζόμενο μάθημα. Στο εσώφυλλο πάνω-πάνω να συμπληρώσετε τα ατομικά σας στοιχεία. Στην αρχή των απαντήσεών σας να γράψετε πάνω-πάνω την ημερομηνία και το εξεταζόμενο μάθημα. **Να μην αντιγράψετε τα θέματα στο τετράδιο και να μη γράψετε** πουθενά στις απαντήσεις σας το όνομά σας.
2. Να γράψετε το ονοματεπώνυμό σας στο πάνω μέρος των φωτοαντιγράφων, αμέσως μόλις σας παραδοθούν. **Τυχόν σημειώσεις σας πάνω στα θέματα δεν θα βαθμολογηθούν σε καμία περίπτωση.** Κατά την αποχώρησή σας, να παραδώσετε μαζί με το τετράδιο και τα φωτοαντίγραφα.
3. Να απαντήσετε **στο τετράδιό σας** σε όλα τα θέματα **μόνο** με μπλε ή μόνο με μαύρο στυλό με μελάνι που δεν σβήνει.
4. Κάθε απάντηση επιστημονικά τεκμηριωμένη είναι αποδεκτή.
5. Διάρκεια εξέτασης: τρεις (3) ώρες μετά τη διανομή των φωτοαντιγράφων.
6. Χρόνος δυνατής αποχώρησης: 10.30 π.μ.

**ΣΑΣ ΕΥΧΟΜΑΣΤΕ ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ**

**ΤΕΛΟΣ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ**

ΤΕΛΟΣ 5ΗΣ ΑΠΟ 5 ΣΕΛΙΔΕΣ

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ 2016

ΘΕΜΑ Α

A1. β

A2. β

A3. δ

A4. γ

A5. γ

ΘΕΜΑ Β

B1. 1-A, 2-Γ, 3-A, 4-B, 5-A, 6-A, 7-Γ

B2. Σχολικό βιβλίο, σελ. 24: «Τα χρωμοσώματα ... καρυότυπο». Τα χρωμοσώματα είναι μεταφασικά.

Μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για το φύλο (η παρουσία του Y καθορίζει το αρσενικό άτομο και η απουσία του το θηλυκό) και για τυχόν ύπαρξη χρωμοσωμικών (δομικών ή αριθμητικών) μεταλλάξεων.

B3. α) Σχολικό βιβλίο σελ.123: «Τα αντισώματα είναι ...μονοκλωνικά.»

β) Σχολικό βιβλίο σελ.61: «Οι τεχνικές... Γενετική Μηχανική»

B4. Δεν προτιμούμε να χρησιμοποιήσουμε βακτήρια διότι δε διαθέτουν μηχανισμούς ωρίμανσης (αν και μπορεί να κατασκευαστεί cDNA βιβλιοθήκη) και δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν μετα-μεταμεταφραστικές τροποποιήσεις στην παραγόμενη πρωτεΐνη.

Δεν προτιμούμε να παράγουμε πρωτεΐνη από όργανα θηλαστικών επειδή η εν λόγω διαδικασία είναι χρονοβόρα, δαπανηρή, δεν αποδίδει μεγάλες ποσότητες πρωτεΐνης και πολλές φορές η πρωτεΐνη που παράγεται δεν είναι ίδια σε αλληλουχία αμινοξέων με την ανθρώπινη με αποτέλεσμα να προκαλεί αλλεργικές αντιδράσεις.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. I1 : I<sup>A</sup> I<sup>B</sup> ή I<sup>A</sup> i

Ενδέχεται να είναι I<sup>A</sup> i διότι μπορεί να μεταβιβάσει το I<sup>A</sup> αλληλόμορφο για την ομάδα αίματος A στον απόγονό του I3, ο οποίος έχει γονότυπο I<sup>A</sup> I<sup>B</sup> και έχει κληρονομήσει το I<sup>B</sup> αλληλόμορφο για την ομάδα B από την μητέρα του I2. Επίσης,

το άτομο I1 δεν θα μπορούσε να είναι  $I^A I^A$  καθώς δεν θα μπορούσαν να προκύψουν τα άτομα II1 και II2 με ομάδα αίματος B.

Επιπρόσθετα, το άτομο I1 θα μπορούσε να είναι  $I^A I^B$  ώστε να μεταβιβάσει  $I^B$  γονίδιο στους απογόνους του II1 και II2, οι οποίοι θα πρέπει να έχουν, επίσης, κληρονομήσει ένα υπολειπόμενο αλληλόμορφο I από τη μητέρα τους.

Γ2. Γενεαλογικό δέντρο 2 → αιμορροφυλία A

Γενεαλογικό δέντρο 3 → αλφισμός

Γενεαλογικό δέντρο 4 → οικογενής υπερχοληστερολαιμία

Γ3. Στο 3<sup>ο</sup> γενεαλογικό δέντρο από υγιείς γονείς προκύπτουν απόγονοι (II2, II4) που πάσχουν συνεπώς το παθολογικό γονίδιο «κρυβόταν» στους γονείς και εμφανίζεται στους απογόνους. Άρα, η ασθένεια κληρονομείται με υπολειπόμενο τρόπο. Δεν θα μπορούσε να είναι φυλοσύνδετη, διότι το II4 για να πάσχει πρέπει να έχει κληρονομήσει ένα παθολογικό αλληλόμορφο από τον πατέρα, ο οποίος θα έπασχε (καθώς τα φυλοσύνδετα γονίδια εδράζονται στο X φυλετικό χρωμόσωμα και δεν έχουν αλληλόμορφα στο Y), κάτι που είναι άτοπο. Επομένως, αναφέρεται σε αυτοσωμική υπολειπόμενη ασθένεια, όπως ο αλφισμός.

Οι γονότυποι των ατόμων του 3<sup>ου</sup> δέντρου είναι:

I1, I2: Aa, διότι είναι υγιείς αλλά πρέπει να μεταβιβάσουν από ένα παθολογικό υπολειπόμενο αλληλόμορφο στους ασθενείς απογόνους τους.

II2, II4: aa, διότι πάσχουν.

II1, II3: AA ή Aa (όπου A το φυσιολογικό επικρατές αλληλόμορφο και a το υπολειπόμενο παθολογικό).

Στο 4<sup>ο</sup> γενεαλογικό δέντρο από ασθενείς γονείς προκύπτουν υγιείς απόγονοι, άρα, το φυσιολογικό γονίδιο «κρύβεται» στους γονείς και από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ασθένεια κληρονομείται με επικρατή τρόπο, όπως η οικογενής υπερχοληστερολαιμία.

Οι γονότυποι των ατόμων του 4<sup>ου</sup> δέντρου είναι:

I1, I2: Bb, διότι είναι ασθενείς αλλά πρέπει να μεταβιβάσουν από ένα φυσιολογικό υπολειπόμενο αλληλόμορφο στους υγιείς απογόνους τους.

II1, II3: bb, διότι είναι υγιείς.

II2, II4: BB ή Bb (όπου B το παθολογικό επικρατές αλληλόμορφο και b το φυσιολογικό υπολειπόμενο).

Στο 2<sup>ο</sup> γενεαλογικό δέντρο απεικονίζεται η αιμορροφιλία Α που είναι φυλοσύνδετη υπολειπόμενη ασθένεια, άρα, τα άτομα έχουν τους εξής γονοτύπους:

I1, I2: X<sup>a</sup>Y

I2 : X<sup>A</sup> X<sup>a</sup>, διότι πρέπει να μεταβιβάσει το υπολειπόμενο αλληλόμορφο στους ασθενείς απογόνους της.

II1 : X<sup>A</sup> X<sup>a</sup>, διότι έχει κληρονομήσει ένα υπολειπόμενο γονίδιο από τον πατέρα της.

II3 : X<sup>A</sup>Y

II4 : X<sup>a</sup> X<sup>a</sup>, διότι κληρονόμησε ένα παθολογικό αλληλόμορφο από κάθε γονέα.

Τα παραπάνω είναι σύμφωνα με τον 1<sup>ο</sup> νόμο Mendel.

Γ4. (β) Σύμφωνα με τον ημισυντηρητικό μηχανισμό της αντιγραφής, οι 2 αρχικές αλυσίδες DNA με τον μη ραδιενεργό φώσφορο παραμένουν μέχρι τέλος. + Σχολικό βιβλίο σελ. 35: «Οι Watson... ημισυντηρητικός». Επίσης, το δίκλωνο μόριο DNA του βακτηρίου αποτελείται από  $2 \times 10^5$  ζεύγη βάσεων και άρα  $4 \times 10^5$  συνολικές βάσεις ή νουκλεοτίδια. Κάθε νουκλεοτίδιο αποτελείται από μία πεντόζη πάνω στην οποία βρίσκονται ενωμένα μία φωσφορική ομάδα και μία αζωτούχα βάση.

Γ5. Το οπερόνιο βρίσκεται υπό καταστολή, ανεξάρτητα από την παρουσία λακτόζης, άρα:

α) μπορεί να συνέβη μετάλλαξη στο ρυθμιστικό γονίδιο, με αποτέλεσμα ο καταστολέας να μην μπορεί να προσδεθεί με τη λακτόζη για να απελευθερωθεί από το χειριστή.

β) μπορεί να συνέβη μετάλλαξη στον υποκινητή, οπότε η RNA πολυμεράση δεν μπορεί να προσδεθεί προκειμένου να ξεκινήσει την μεταγραφή των δομικών γονιδίων.

(Επίσης, μετάλλαξη στον χειριστή μπορεί να οδηγήσει σε ισχυρή σύνδεση με τον καταστολέα.)

#### ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Αλυσίδα Α : κωδική

Αλυσίδα Β : μη κωδική (μεταγραφόμενη)

πρόδρομο mRNA: 5' [ACAGU...] AUGUG [AAUCAUA] GUUCCUAUGUGGGUUUAAGCAU 3'

εσώνιο



κωδικόνια                      αντικωδικόνια

5' AUG 3'	3' UAC 5'
5' UGG 3'	3' ACC 5'
5' UUU 3'	3' AAA 5'
5' CCU 3'	3' GGA 5'
5' AUG 3'	3' UAC 5'
5' UGG 3'	3' ACC 5'
5' GUU 3'	3' CAA 5'
5' UAA 3'	λήξη

Τα αντικωδικόνια των tRNA μορίων είναι συμπληρωματικά και αντιπαράλληλα με τα κωδικόνια του mRNA (εκτός από το κωδικόνιο λήξης που δεν αντιστοιχεί σε αμινοξύ). Το mRNA είναι όμοιο με την κωδική αλυσίδα του γονιδίου (η οποία είναι συμπληρωματική και αντιπαράλληλη με τη μεταγραφόμενη) σε αλληλουχία και προσανατολισμό, αλλά το mRNA έχει U (ουρακίλη) εκεί που η κωδική έχει T (θυμίνη). Ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας, συνεχής, μη επικαλυπτόμενος, με κωδικόνιο έναρξης (AUG) και κωδικόνιο λήξης (UAA ή UAG ή UGA). Η μεταγραφή γίνεται με προσανατολισμό 5' → 3'.

I: 5' άκρο

II: 3' άκρο

III: 3' άκρο

IV: άκρο

**Δ2.** 5' AATCATA 3'  
3' TTAGTAT 5'

**Δ3.** Όριμο mRNA: 5' [ACAGU...] AUG UGG UUU CCU AUG UGG GUU UAA GCAU 3'

**Δ4.** Η περιοχή στο 5' αμετάφραστο άκρο του mRNA που προσδέεται στο rRNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος με βάση τον κανόνα συμπληρωματικότητας των βάσεων είναι: 5' ACAGU 3'

οπότε, το rRNA έχει αλληλουχία 3' UGUCA 5' και αυτό είναι όμοιο σε αλληλουχία και προσανατολισμό με την κωδική αλυσίδα του γονιδίου του, η οποία είναι:

3' TGTC A 5' Άρα, η μεταγραφόμενη είναι η Γ.

αλυσίδα Γ: 5' ACAGT 3'

αλυσίδα Δ: 3' TGTC A 5'

Δ5.

i) Εάν η τριάδα των ζευγών βάσεων τοποθετηθεί έτσι όπως δίνεται στην εκφώνηση στη **θέση 1** θα δημιουργηθεί πρόωρο κωδικόνιο λήξης και συνεπώς, θα έχουμε πρόωρο τερματισμό της πρωτεϊνοσύνθεσης (η πρωτεΐνη θα είναι μικρότερη κατά 5 αμινοξέα). Η λειτουργικότητα της πρωτεΐνης θα καταστραφεί.

Εάν όμως, η τριάδα των ζευγών βάσεων τοποθετηθεί ανεστραμμένη κατά  $180^\circ$  στην **θέση 1** τότε προστίθεται ένα επιπλέον κωδικόνιο και έτσι ενσωματώνεται ένα αμινοξύ ακόμα. Η λειτουργικότητα της πρωτεΐνης μπορεί να μην επηρεαστεί εάν το αμινοξύ αυτό δεν βρίσκεται κοντά σε σημαντική περιοχή για τη δομή και τη λειτουργικότητα της πρωτεΐνης.

ii) Εάν η τριάδα των ζευγών βάσεων τοποθετηθεί στην **θέση 2** είτε με την κατεύθυνση που δίνει η εκφώνηση, είτε ανεστραμμένη κατά  $180^\circ$  τότε, θα προστεθεί ένα κωδικόνιο και άρα, στην πρωτεΐνη ένα επιπλέον αμινοξύ. Πιθανό να μην επηρεαστεί η λειτουργικότητά της.