

#### 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.** Από τους πυρηνικούς πόρους:

- α. Εξέρχονται χρωμοσώματα.
- β. Εισέρχονται μόρια rRNA.
- γ. Εξέρχονται μόρια RNA.
- δ. Εισέρχονται οργανίδια.

**A2.** Δύο διαφορετικά βακτήρια παράγουν την ίδια πρωτεΐνη K. Τα σχετικά γονίδια των βακτηρίων παρουσιάζουν διαφορές στην αλληλουχία των βάσεων τους. Αυτό εξηγείται γιατί:

- α. Ο γενετικός κώδικας είναι εκφυλισμένος.
- β. Ο γενετικός κώδικας είναι καθολικός.
- γ. Στα γονίδια υπάρχουν εσώνια.
- δ. Τα γονίδια μπορεί να ανήκουν σε οπερόνια.

**A3.** Γενετικές ασθένειες που επηρεάζουν τη λειτουργία των πνευμόνων είναι:

- α. Η α και η β-θαλασσαιμία.
- β. Η κυστική ίνωση και η φαινυλκετονουρία.
- γ. Η δρεπανοκυτταρική αναιμία και η κυστική ίνωση.
- δ. Η αιμορροφιλία Α και Β.

**A4.** Εάν ένα κύτταρο ποντικού (*Mus musculus*) έχει 40 χρωμοσώματα στο στάδιο  $G_1$  της μεσόφασης, πόσες χρωματίδες βρίσκονται σε κάθε θυγατρικό κύτταρο που προκύπτει από τη Μείωση I;

- α. 10
- β. 20
- γ. 40
- δ. 80

**A5.** Όταν σε έναν πληθυσμό υπάρχει ένα γονίδιο με 4 αλληλόμορφα, οι δυνατοί γονότυποι που μπορεί να εμφανίζουν τα άτομα του πληθυσμού είναι:

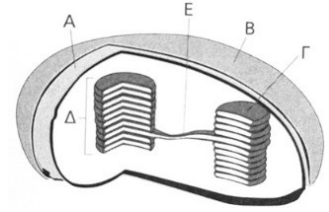
- α. 3
- β. 6
- γ. 10
- δ. 16

Μονάδες 25

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

## ΘΕΜΑ Β

**B1.** Στο σχήμα απεικονίζεται ένας χλωροπλάστης. Με τα γράμματα Α, Β, Γ, Δ, Ε συμβολίζονται διάφορα μέρη του χλωροπλάστη.



α) Να γράψετε τα ονόματα των Α, Β, Γ, Δ, Ε.

Μονάδα 1

β) Να αναφέρετε ποια κύτταρα φέρουν χλωροπλάστες.

Μονάδα 1

γ) Να αναφέρετε τρεις ομοιότητες και τρεις διαφορές μεταξύ μιτοχονδρίων και χλωροπλάστων.

Μονάδες 3

δ) Γιατί οι χλωροπλάστες θεωρούνται ημιαυτόνομα οργανίδια;

Μονάδες 2

## B2.

α) Πόσα και ποια είναι τα επιμέρους στάδια στα οποία χωρίζεται η πυρηνική διαίρεση που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της μίτωσης; Ποιο από αυτά είναι το μεγαλύτερο σε διάρκεια και ποια γεγονότα συμβαίνουν στη διάρκεια αυτού του σταδίου;

Μονάδες 2

β) Που οφείλεται ο μεγάλος αριθμός διαφορετικών ειδών γαμετών που παράγει ένα άτομο;

Μονάδες 3

**B3.** Τα άτομα Α, Β, Γ και Δ αποτελούν πιθανούς δότες μοσχεύματος σε ένα δέκτη που πρόκειται να υποβληθεί σε μεταμόσχευση. Για το σκοπό αυτό, οι πιθανοί δότες και ο δέκτης ελέγχονται ως προς την παρουσία (+) ή την απουσία (-) ορισμένων αντιγόνων επιφάνειας (1, 2, 3, 4, 5). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

		Φαινότυποι υποψηφίων δοτών				Φαινότυπος δέκτη
		Α	Β	Γ	Δ	
Αντιγόνα	1	+	+	-	+	+
	2	+	-	+	+	+
	3	-	-	+	-	-
	4	+	-	-	+	-
	5	+	+	+	-	+

α) Πως επιτυγχάνεται ο έλεγχος των μοσχευμάτων;

Μονάδα 1

β) Ποιος δότης είναι ο κατάλληλος;

Μονάδες 2

**B4.** Να περιγράψετε τα βήματα παραγωγής μιας φαρμακευτικής πρωτεΐνης από διαγονιδιακά ζώα.

Μονάδες 2

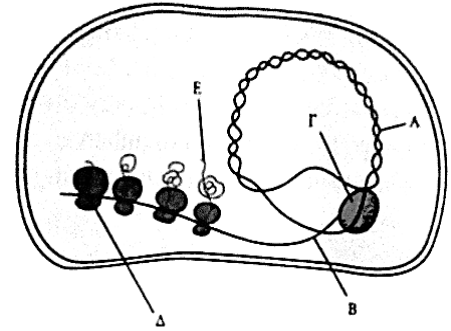
# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

**B5.** Στο κυτταρόπλασμα ενός προκαρυωτικού κυττάρου εντοπίζονται οι δομές και τα μακρομόρια που απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.

- α) Θα μπορούσε το ίδιο σχήμα να προέρχεται από ευκαρυωτικό κύτταρο; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

*Μονάδα 1*

- β) Σε ποια βιολογικά μακρομόρια αντιστοιχούν τα γράμματα Α, Β, Γ και Ε;



*Μονάδα 1*

- γ) Ποιες διαδικασίες της ροής της γενετικής πληροφορίας απεικονίζονται στο σχήμα; Να αναφέρετε δύο περιπτώσεις ροής της γενετικής πληροφορίας που απαντούν μόνο σε ιούς.

*Μονάδες 3*

- δ) Με ποιες αλληλουχίες DNA και ποιες πρωτεΐνες αλληλεπιδρά το μακρομόριο Γ προκειμένου να ξεκινήσει τη λειτουργία του; Ποιες αλληλουχίες DNA σηματοδοτούν την ολοκλήρωση της λειτουργίας του;

*Μονάδες 3*

## ΘΕΜΑ Γ

### Γ1.

- α) Η α και η β θαλασσαιμία είναι αιμοσφαιρινοπάθειες που χαρακτηρίζονται από ετερογένεια. Ποια από τις δύο ασθένειες χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ετερογένεια και που οφείλεται αυτό; Γιατί θεωρείται λάθος ο όρος «πολλαπλά αλληλόμορφα» για τα γονίδια που ελέγχουν τη σύνθεση της αλυσίδας α και ορθός για τα γονίδια της αλυσίδας β;

*Μονάδες 3*

- β) Δύο άτομα φέρουν το καθένα από δύο γονίδια για την πολυπεπτιδική αλυσίδα α των αιμοσφαιρινών. Να εξηγήσετε πόσα γονίδια για την αλυσίδα α είναι δυνατόν να υπάρχουν στα ζυγωτά που προέκυψαν από το ζευγάρι αυτό. Να θεωρηθεί ότι κατά το σχηματισμό των γαμετών δε συνέβησαν χρωμοσωματικές μεταλλάξεις.

*Μονάδες 4*

### Γ2.

- α) Βακτήρια *Escherichia coli* αναπτύσσονται σε κλειστή καλλιέργεια με θρεπτικό υλικό που περιέχει ως πηγή άνθρακα, γλυκόζη και λακτόζη. Να σχεδιάσετε την καμπύλη ανάπτυξης των βακτηρίων και να εξηγήσετε τις φάσεις ανάπτυξης.

*Μονάδες 3*

- β) Σε ένα εργαστήριο μελετώνται τρία στελέχη του βακτηρίου *E. coli* σχετικά με την ικανότητα επιβίωσης τους σε θρεπτικό υλικό που περιέχει μόνο λακτόζη. Τα στελέχη έχουν μετασηματιστεί με πλασμίδια τα οποία φέρουν κλωνοποιημένα τμήματα DNA με διαφορετικές περιοχές του οπερονίου. Με το γράμμα P συμβολίζεται το ρυθμιστικό γονίδιο, με Υ ο υποκινητής των δομικών γονιδίων, με Χ ο χειριστής και με Ζ το πρώτο δομικό γονίδιο που ευθύνεται για τη σύνθεση της β-γαλακτοζιδάσης. Ο

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

εκθέτης (+) δίπλα από την εν λόγω αλληλουχία σημαίνει πως το αντίστοιχο τμήμα DNA λειτουργεί φυσιολογικά ενώ στην περίπτωση εκθέτη (-) σημαίνει πως το αντίστοιχο τμήμα DNA είναι μεταλλαγμένο και ανενεργό. Ειδικότερα, όταν ο χειριστής του οπερονίου είναι ανενεργός η πρωτεΐνη-καταστολέας δε μπορεί να προσδεθεί σε αυτόν. Ο γονότυπος των τριών στελεχών αναγράφεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Στέλεχος	Κύριο βακτηριακό DNA	Πλασμίδιο
1	P <sup>+</sup> , Y <sup>+</sup> , X <sup>-</sup> , Z <sup>-</sup>	X <sup>+</sup> , Z <sup>+</sup>
2	P <sup>-</sup> , Y <sup>+</sup> , X <sup>-</sup> , Z <sup>-</sup>	P <sup>+</sup> , X <sup>+</sup> , Z <sup>+</sup>
3	P <sup>+</sup> , Y <sup>-</sup> , X <sup>+</sup> , Z <sup>+</sup>	Y <sup>+</sup>

Να εξηγήσετε ποια στελέχη θα επιβιώσουν σε περιβάλλον λακτόζης (τα άλλα δύο δομικά γονίδια του οπερονίου είναι φυσιολογικά).

Μονάδες 6

**Γ3.** Το παρακάτω τμήμα DNA φέρει μια αλληλουχία που υποδεικνύεται με έντονα γράμματα και πρόκειται να κλωνοποιηθεί με PCR. Για την αντιγραφή της θα κατασκευαστεί μια μονόκλωνη αλληλουχία που αποτελείται από 7 δεοξυριβονουκλεοτίδια και *in vitro* θα λειτουργεί ως πρωταρχικό τμήμα.

3' AACGGTATATCGA **GGTATCGAATGGTTCGGTACGAAT** TCGATATGGCAT 5'

5' TTGCCATATAGCT **CCATAGCTTACCAGCCATGCTTA** AGCTATACCGTA 3'

α) Πόσοι κύκλοι θα χρειαστεί να πραγματοποιηθούν προκειμένου να παραχθούν τουλάχιστον 500 αντίγραφα της αλληλουχίας;

Μονάδες 2

β) Ποια είναι η αλληλουχία βάσεων του εκκινητή που θα χρησιμοποιηθεί; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 2

γ) Ποια είναι τα μόρια εκτός από τους εκκινητές που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η αντιγραφή αυτού του τμήματος;

Μονάδα 1

δ) Πόσα μόρια εκκινητών είναι απαραίτητα για να ολοκληρωθούν οι τέσσερις κύκλοι της PCR; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Μονάδες 3

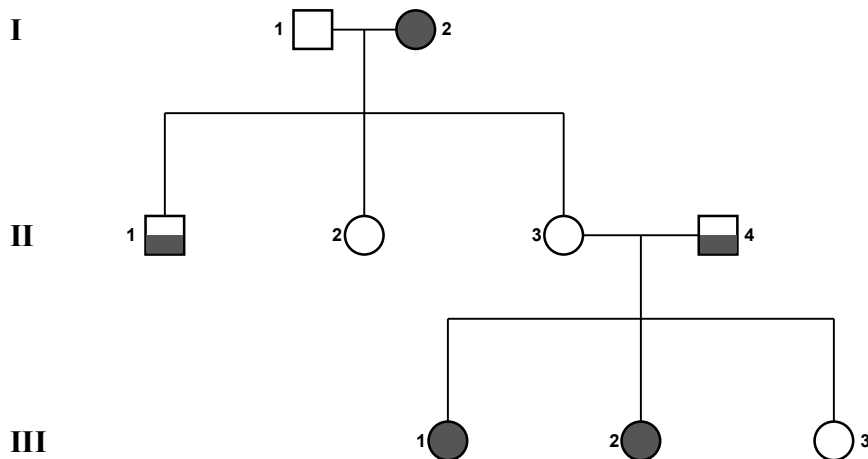
ε) Τι μπορούμε να πετύχουμε με την PCR και ποιες είναι οι πρακτικές εφαρμογές της;

Μονάδα 1

## ΘΕΜΑ Δ

**Δ1.** Το γενεαλογικό δέντρο απεικονίζει την κληρονομικότητα μιας μονογονιδιακής μεταβολικής νόσου σε μία οικογένεια. Η μεταβολική νόσος εμφανίζεται σε σοβαρή ή ήπια μορφή ανάλογα με το αν υπάρχει πλήρης έλλειψη του σχετικού ενζύμου ή απλώς μείωση της ενεργότητας του. Και οι δύο μορφές της νόσου εμφανίζονται τόσο σε θηλυκά όσο και σε αρσενικά άτομα. Ωστόσο, από θηλυκά άτομα με τη σοβαρή μορφή της νόσου προκύπτουν πάντα αρσενικοί απόγονοι που πάσχουν είτε από την ήπια είτε από τη σοβαρή μορφή της ασθένειας. Τα άτομα II1 και II4 εμφανίζουν τη ήπια μορφή της νόσου ενώ τα άτομα I1, II2, II3 και III3 είναι φυσιολογικά.

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ



α) Να διερευνήσετε τον τύπο κληρονομικότητας της νόσου.

Μονάδες 3

β) Να γράψετε τους γονοτύπους των ατόμων του γενεαλογικού δένδρου.

Μονάδες 2

γ) Ποια είναι η πιθανότητα ένας αρσενικός απόγονος του ατόμου III3 να πάσχει από την ήπια μορφή της νόσου;

Μονάδες 3

δ) Ποια είναι η πιθανότητα από το άτομο III2 να γεννηθεί αρσενικός απόγονος που να πάσχει από την ήπια μορφή της νόσου;

Μονάδες 3

ε) Ποια είναι η πιθανότητα ένας θηλυκός απόγονος του ατόμου III1 να εμφανίζει την ήπια μορφή της ασθένειας;

Μονάδες 3

στ) Ποια είναι η πιθανότητα και τα τρία παιδιά που θ' αποκτήσει το άτομο III2 να πάσχουν δεδομένου ότι ο πατέρας τους είναι φυσιολογικός;

Μονάδες 3

**Δ2.** Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η αλληλουχία μιας αλυσίδας DNA που κωδικοποιεί ένα μεμονωμένο μικρό βακτηριακό πεπτίδιο.

(I) CACTTCATGTCTGAAGTGGACATCGACCTTAAGTG (II)

Να αναφέρετε τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής του παραπάνω γονιδίου καθώς και την διαφορά που παρουσιάζουν με τα αντίστοιχα των ευκαρυωτικών κυττάρων.

Μονάδες 2

α) Να γράψετε τα άκρα της παραπάνω αλυσίδας DNA και να προσδιορίσετε τη μη κωδική αλυσίδα του γονιδίου.

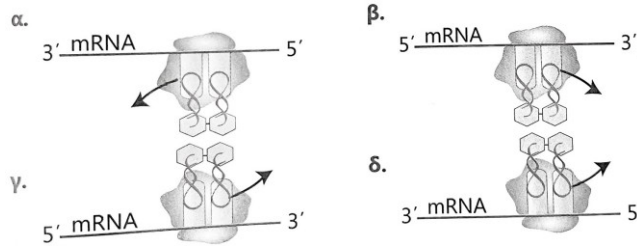
Μονάδες 2

β) Να γράψετε τα αντικωδικόνια με τη σειρά με την οποία συμμετέχουν στη διαδικασία της μετάφρασης του παραπάνω γονιδίου δηλώνοντας τον προσανατολισμό τους.

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

Μονάδες 2

γ) Να εξηγήσετε ποιο από τα ακόλουθα σχήματα απεικονίζει σωστά την απομάκρυνση του tRNA από το ριβόσωμα κατά τη διάρκεια της μετάφρασης του παραπάνω γονιδίου.



Μονάδες 2



## Υπολογισμός Μορίων Πανελλαδικών 2026

Χρησιμοποιήστε την Εφαρμογή για να **υπολογίσετε Μόρια** για κάθε Πανεπιστημιακό Τμήμα / Σχολή!

**Υπολογίστε Μόρια**, δείτε τα **Τμήματα Επιτυχίας** (με τις περσινές βάσεις), τις **Ελάχιστες Βάσεις Εισαγωγής** για κάθε Ειδικό Μάθημα και για κάθε Πανεπιστημιακό Τμήμα

μέσα από την **ιστοσελίδα του ΜΕΘΟΔΙΚΟΥ** ή την **Android Εφαρμογή: [mobile app](#)**

### ΘΕΜΑ Α

A1. γ

A2. α

A3. γ

A4. γ

A5. γ

### ΘΕΜΑ Β

#### B1.

α) Α: Εσωτερική μεμβράνη

Β: Εξωτερική μεμβράνη

Γ: Θυλακοειδές

Δ: Granum

Ε: Ελασμάτιο

β) Χλωροπλάστες υπάρχουν μόνο στα κύτταρα των πράσινων τμημάτων του φυτού.

γ) Ομοιότητες:

1. Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες είναι οργανίδια μετατροπής της εξωτερικής ενέργειας που εισέρχεται στο κύτταρο σε μορφή που μπορεί να αξιοποιηθεί από αυτό.
2. Τα μιτοχόνδρια και οι χλωροπλάστες περιβάλλονται από διπλή στοιχειώδη μεμβράνη.
3. Στο εσωτερικό τους φέρουν DNA, ένζυμα και ριβοσώματα.

Διαφορές:

1. Οι χλωροπλάστες υπάρχουν μόνο στα φυτικά κύτταρα ενώ τα μιτοχόνδρια υπάρχουν τόσο στα φυτικά όσο και στα ζωϊκά κύτταρα.
2. Στους χλωροπλάστες πραγματοποιείται η διαδικασία της φωτοσύνθεσης ενώ στα μιτοχόνδρια η διαδικασία της κυτταρικής αναπνοής.
3. Η εσωτερική μεμβράνη των χλωροπλάστων δε σχηματίζει πτυχές ενώ των μιτοχονδρίων παρουσιάζει αναδιπλώσεις προς το εσωτερικό του μιτοχονδρίου.

δ) Οι χλωροπλάστες θεωρούνται ημιαυτόνομα οργανίδια επειδή με το DNA, τα ένζυμα και τα ριβοσώματα που υπάρχουν στο στρώμα, μπορούν να συνθέτουν κάποιες πρωτεΐνες που χρειάζονται για τη λειτουργία τους και να διπλασιάζονται ανεξάρτητα από τον διπλασιασμό του κυττάρου.

#### B2.

α) Τα στάδια είναι τέσσερα: Η Πρόφαση που είναι και το μεγαλύτερο σε διάρκεια, η Μετάφαση, η Ανάφαση και η Τελόφαση.

Κατά τη διάρκεια της Πρόφασης:

- Τα ινίδια της χρωματίνης αρχίζουν να περιελίσσονται και να συμπυκνώνονται.
- Σχηματίζεται η άτρακτος, στα μεν ζωϊκά κύτταρα από τα κεντροσωμάτια που μετακινούνται προς τους πόλους του κυττάρου στα δε φυτικά κύτταρα χωρίς την ύπαρξη κεντροσωματίων αφού δε διαθέτουν τέτοια.
- Αποδιοργανώνονται ο πυρηνίσκος και ο πυρηνικός φάκελος.

β) Ο μεγάλος αριθμός διαφορετικών γαμετών οφείλεται:

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

- Στον ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων με τον οποίο τα μη ομόλογα χρωμοσώματα συνδυάζονται με πολλούς και τυχαίους τρόπους και έτσι σε κάθε γαμέτη μεταφέρεται ένας μοναδικός συνδυασμός γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά χρωμοσώματα
  - Στον επιχιασμό με τον οποίο ανασυνδυάζονται γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων με αποτέλεσμα σε κάθε γαμέτη να μεταφέρεται ένας μοναδικός συνδυασμός γονιδίων που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα.
- Ως αποτέλεσμα είναι στατιστικά απίθανο δύο γαμέτες να είναι πανομοιότυποι (ακόμα και αν προέρχονται από το ίδιο άτομο) και άρα πρακτικά αδύνατο δύο ζυγωτά να φέρουν την ίδια συλλογή χρωμοσωμάτων και γονιδίων (ακόμα και αν προέρχονται από τους ίδιους γονείς).

## B3.

- α) Ο έλεγχος των μόσχευμάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση μονοκλωνικών αντισωμάτων που αναγνωρίζουν αντιγόνα επιφανείας στα κύτταρα των οργάνων. Εάν το μόσχευμα δεν ταιριάζει ανοσολογικά με τον οργανισμό του δέκτη, η πιθανότητα απόρριψης του μοσχεύματος είναι υψηλή.
- β) Κατάλληλος δότης είναι ο Β επειδή δε φέρει αντιγόνα επιφανείας που να μην υπάρχουν στο δέκτη. Επομένως το ανοσοποιητικό σύστημα του δέκτη δεν κινητοποιείται και το μόσχευμα αναγνωρίζεται ως ιστός του ιδίου σώματος. Η απουσία του αντιγόνου 2 από τα κύτταρα του δότη Β δεν επηρεάζει την πορεία της μεταμόσχευσης.

**B4.** Τα βήματα για δημιουργία διαγονιδιακού ζώου που παράγει ανθρώπινη φαρμακευτική πρωτεΐνη είναι τα παρακάτω:

- Απομόνωση του γονιδίου που παράγει την ανθρώπινη φαρμακευτική πρωτεΐνη.
- Απομόνωση γονιμοποιημένων ωαρίων από το είδος ζώου που θα παράξει την πρωτεΐνη.
- Μικροέκχυση του γονιδίου σε ζυγωτό (γονιμοποιημένο ωάριο) του ζώου.
- Εμφύτευση του τροποποιημένου ζυγωτού στη μήτρα θετής μητέρας.
- Γέννηση του διαγονιδιακού ζώου και έλεγχος για την ύπαρξη του γονιδίου.
- Διασταυρώσεις για μεταφορά της νέας γενετικής πληροφορίας τις επόμενες γενιές.

## B5.

- α) Στα ευκαρυωτικά κύτταρα οι διαδικασίες της μεταγραφής και της μετάφρασης δε μπορούν να συμβαίνουν ταυτόχρονα (για τα γονίδια του πυρηνικού DNA) όπως εικονίζεται στο σχήμα.
- β) Α: DNA ή δίκλωνο κυκλικό βακτηριακό DNA  
Β: mRNA  
Γ: RNA πολυμεράση  
Δ: ριβόσωμα (ή μικρή υπομονάδα ριβοσώματος)  
Ε: πολυπεπτιδική αλυσίδα

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

- γ) Στο σχήμα απεικονίζονται οι διαδικασίες της μεταγραφής και της μετάφρασης. Σε ιούς που έχουν ως γενετικό υλικό RNA με καλούπι το RNA και με τη δράση της αντίστροφης μεταγραφάσης συντίθεται DNA. Επίσης, σε ορισμένους άλλους ιούς που έχουν ως γενετικό υλικό RNA, το RNA έχει την ικανότητα να αυτοδιπλασιάζεται.
- δ) Η RNA πολυμεράση με τη βοήθεια των μεταγραφικών παραγόντων προσδένεται σε ειδικές περιοχές του DNA, τους υποκινητές, προκειμένου να ξεκινήσει τη λειτουργία της. Οι αλληλουχίες DNA με τις οποίες αλληλεπιδρά η RNA πολυμεράση κατά την έναρξη της μεταγραφής ονομάζονται υποκινητές και βρίσκονται πριν την αρχή του κάθε γονιδίου. Οι πρωτεΐνες που αποτελούν εναρκτήριο ρυθμιστικό στοιχείο της μεταγραφής ονομάζονται μεταγραφικοί παράγοντες. Οι αλληλουχίες DNA που σηματοδοτούν τη λήξη της μεταγραφής είναι η αλληλουχία λήξης της μεταγραφής. Όταν τις συναντήσει η RNA πολυμεράση σταματά τη μεταγραφή και τόσο αυτή όσο και το mRNA απελευθερώνονται.

## ΘΕΜΑ Γ

### Γ1.

- α) Η ετερογένεια της α-θαλασσαιμίας είναι περιορισμένη επειδή η βασική αιτία που την προκαλεί είναι η έλλειψη ενός ή περισσοτέρων εκ των τεσσάρων γονιδίων που κωδικοποιούν την αλυσίδα α και τα συμπτώματα είναι ανάλογα του αριθμού των γονιδίων που λείπουν. Η ετερογένεια που χαρακτηρίζει τη β-θαλασσαιμία είναι μεγαλύτερη δεδομένου ότι έχουν καταγραφεί περίπου 300 διαφορετικές μεταλλάξεις σχετικές με το γονίδιο της αλυσίδας β, οι περισσότερες από τις οποίες προκαλούν ποσοτικές μεταβολές στην σύνθεση της αλυσίδας β και σχετίζονται με την εμφάνιση της β-θαλασσαιμίας.

Τα γονίδια για την αλυσίδα α παρότι είναι τέσσερα σε αριθμό και ελέγχουν την ίδια ιδιότητα, βρίσκονται ανά δύο σε διαφορετικές γενετικές θέσεις του συγκεκριμένου χρωμοσώματος και άρα δεν αποτελούν πολλαπλά αλληλόμορφα.

- β) Τα δύο άτομα πάσχουν από α-θαλασσαιμία. Η α-θαλασσαιμία είναι αποτέλεσμα, σχεδόν πάντα, έλλειψης ολόκληρου του γονιδίου που κωδικοποιεί την πολυπεπτιδική αλυσίδα α.

Τα γονίδια που κωδικοποιούν την πολυπεπτιδική αλυσίδα α είναι διπλά, δηλαδή υπάρχουν δύο γονίδια α σε κάθε ομόλογο χρωμόσωμα, άρα ο γονότυπος κάθε γονέα μπορεί να είναι αα/-- ή α-/α-. Επομένως υπάρχουν τρεις πιθανές διασταυρώσεις: (αα/-- x αα/--), (αα/-- x α-/α-) και (α-/α- x α-/α-). Παρατίθενται τετράγωνα Punnett με τους γονοτύπους:

		Γονέας Α: (αα/--)	
		αα	--
Γονέας Β: (αα/--)	αα	αα/αα	--/αα
	--	αα/--	--/--

Προκύπτουν ζυγωτά με 4 γονίδια για την α αλυσίδα, ζυγωτά με 2 γονίδια για την α αλυσίδα και ζυγωτά χωρίς κανένα γονίδιο για την α αλυσίδα σε αναλογία 1:2:1.

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

		Γονέας A: (αα/--)	
		αα	--
Γονέας B: (α-/α-)	α-	αα/α-	--/α-
	α-	αα/α-	--/α-

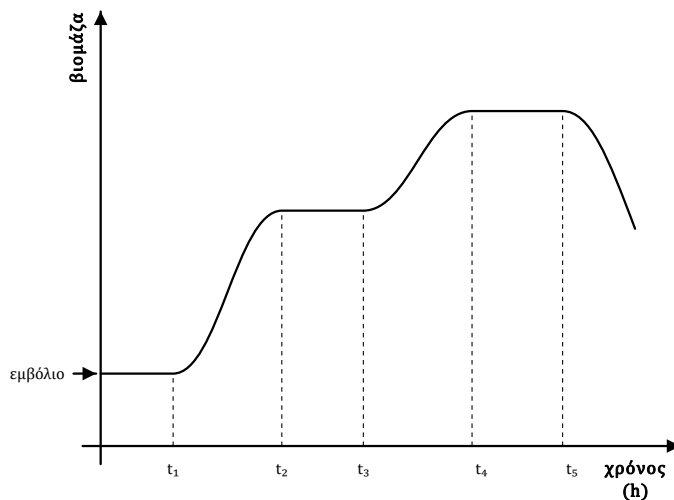
Προκύπτουν ζυγωτά με 3 γονίδια για την α αλυσίδα και ζυγωτά με 1 γονίδιο για την α αλυσίδα σε αναλογία 1:1.

		Γονέας A: (α-/α-)	
		α-	α-
Γονέας B: (α-/α-)	α-	α-/α-	α-/α-
	α-	α-/α-	α-/α-

Προκύπτουν μόνο ζυγωτά με 2 γονίδια για την α αλυσίδα.

## Γ2.

α) Παρουσιάζεται η καμπύλη ανάπτυξης του βακτηρίου:



- Χρονικό διάστημα  $0 - t_1$ : (λανθάνουσα φάση): Ο αριθμός των βακτηρίων παραμένει σχεδόν σταθερός επειδή χρειάζονται κάποιο χρονικό διάστημα για να προσαρμοστούν στις συνθήκες της καλλιέργειας (θρεπτικό υλικό, θερμοκρασία κλπ.).
- Χρονικό διάστημα  $t_1 - t_2$ : (1<sup>η</sup> εκθετική φάση): Ο αριθμός των βακτηρίων αυξάνεται εκθετικά επειδή η καλλιέργεια πραγματοποιείται κάτω από άριστες συνθήκες και στο θρεπτικό μέσο υπάρχουν άφθονα θρεπτικά συστατικά.
- Χρονικό διάστημα  $t_2 - t_3$ : (1<sup>η</sup> στατική φάση): Η καλλιέργεια εισέρχεται σε στατική φάση καθώς εξαντλήθηκε η γλυκόζη και γίνεται η προσαρμογή της γονιδιακής έκφρασης για την χρησιμοποίηση της λακτόζης ως πηγή άνθρακα (επαγωγή οπερονίου).
- Χρονικό διάστημα  $t_3 - t_4$ : (2<sup>η</sup> εκθετική φάση): Τα βακτήρια αξιοποιούν τη λακτόζη ως πηγή άνθρακα και ο αριθμός τους αυξάνεται εκθετικά.
- Χρονικό διάστημα  $t_4 - t_5$ : (2<sup>η</sup> στατική φάση): Η εξάντληση της λακτόζης ή/και η συσσώρευση τοξικών παραπροϊόντων του μεταβολισμού ανακόπτουν την αύξηση του βακτηριακού πληθυσμού.

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

- Χρονική στιγμή  $t_5$ —: (φάση θανάτου): Ο αριθμός των βακτηρίων μειώνεται λόγω έλλειψης ενέργειας ή/και συσσώρευσης τοξικών ουσιών.

## β) Κανένα στέλεχος.

Στο στέλεχος 1, ο χειριστής είναι ανενεργός άρα η πρωτεΐνη-καταστολέας δε θα καταστείλει ποτέ τη μεταγραφή του οπερονίου. Ωστόσο, το γονίδιο της β-γαλακτοζιδάσης είναι ανενεργό στο οπερόνιο. Το ένζυμο επίσης δε μπορεί να παραχθεί από το γονίδιο του πλασμιδίου καθώς αυτό δεν έχει υποκινητή. Τα άλλα δύο ένζυμα παρότι παράγονται από τη λειτουργία του οπερονίου που βρίσκεται στο κύριο μόριο DNA του βακτηρίου δεν μπορούν να διασπάσουν τη λακτόζη και επομένως το στέλεχος δε μπορεί να επιβιώσει μόνο με αυτή.

Στο στέλεχος 2, απουσιάζει το ρυθμιστικό γονίδιο από το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου ωστόσο η πρωτεΐνη-καταστολέας παράγεται από το γονίδιο του πλασμιδίου. Ο χειριστής του οπερονίου είναι ανενεργός άρα η πρωτεΐνη-καταστολέας δε θα καταστείλει ποτέ τη μεταγραφή του οπερονίου στο κύριο βακτηριακό DNA. Το γονίδιο της β-γαλακτοζιδάσης είναι ανενεργό στο οπερόνιο. Το ένζυμο επίσης δε μπορεί να παραχθεί από το γονίδιο του πλασμιδίου καθώς αυτό δεν έχει υποκινητή. Τα άλλα δύο ένζυμα παρότι παράγονται από τη λειτουργία του οπερονίου που βρίσκεται στο κύριο μόριο DNA του βακτηρίου δεν μπορούν να διασπάσουν τη λακτόζη και επομένως το στέλεχος δε μπορεί να επιβιώσει μόνο με αυτή. Στο στέλεχος 3, ο υποκινητής των δομικών γονιδίων είναι μεταλλαγμένος και ανενεργός, η RNA πολυμεράση δε μπορεί να ξεκινήσει τη μεταγραφή και επομένως τα δομικά γονίδια δε μπορούν να εκφραστούν. Ο υποκινητής που βρίσκεται στο πλασμίδιο δεν συνδέεται με δομικά γονίδια επομένως το στέλεχος δεν είναι σε θέση να διασπάσει και να αξιοποιήσει τη λακτόζη.

## Γ3.

- α) Η μέθοδος PCR στηρίζεται στον ημισυντηρητικό μηχανισμό της αντιγραφής και σε κάθε κύκλο PCR ο αριθμός των υπάρχοντων μορίων DNA διπλασιάζεται. Συνεπώς, μετά από  $n$  κύκλους θα υπάρχουν  $2^n$  μόρια. Για να παραχθούν, τουλάχιστον, 500 μόρια DNA έχουμε:

$$2^n \geq 500 \stackrel{500 \cong 512}{\iff} 2^n \geq 512 \iff 2^n = 2^9 \iff n = 9$$

Επομένως περισσότερα από 500 αντίγραφα θα συντεθούν από τον 9<sup>ο</sup> κύκλο και έπειτα.

- β) Εφόσον το θέμα ζητάει την κλωνοποίηση της αλληλουχίας με τη χρήση ενός μόνο εκκινητή μήκους επτά βάσεων, σκεφτόμαστε ότι η αλληλουχία αυτή θα πρέπει να βρίσκεται εκατέρωθεν του γονιδίου και να εμφανίζεται και στους δύο κλώνους με τον ίδιο προσανατολισμό (5' προς 3'). Με αυτές τις προϋποθέσεις, ψάχνουμε με προσανατολισμό 5' προς 3' πριν το γονίδιο (5' άκρο) για μία αλληλουχία επτά βάσεων, η οποία θα πρέπει στην ίδια αλυσίδα να εμφανίζεται ανεστραμμένη προς το 3' άκρο της αλυσίδας. Η αλληλουχία αυτή είναι η:

3' ATATCGA 5'

5' TATAGCT 3'

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

Επομένως στο δεδομένο τμήμα εμφανίζεται ως εξής (επισημαίνεται με πλάγια γράμματα):

3' AACGGTATATCGA **GGTATCGAATGGTCGGTACGAAT** TCGATATGGCAT 5'

5' TTGCCATATAGCT **CCATAGCTTACCAGCCATGCTTA** AGCTATACCGTA 3'

Δεδομένου ότι οι DNA πολυμεράσες επιμηκύνουν τα πρωταρχικά τμήματα και συνθέτουν αλυσίδες με προσανατολισμό 5' προς 3', ο εκκινητής πρέπει να συνδεθεί βάσει των κανόνων συμπληρωματικότητας και αντιπαραλληλίας απέναντι από το 3' άκρο της μητρικής αλυσίδας και να επιτρέπει την 5' προς 3' επιμήκυνση της νέας αλυσίδας. Συνεπώς, η αλληλουχία του εκκινητή είναι η:

5' TATAGCT 3'

- γ) Εκτός από τα μόρια του μοναδιαίου εκκινητή απαιτούνται δεοξυριβονουκλεοτίδια (τέσσερις τύποι μορίων, ένας τύπος ανά αζωτούχο βάση) και μόρια του ενζύμου DNA πολυμεράση.
- δ) Κατά τον 1<sup>ο</sup> κύκλο της αντίδρασης, δύο μόρια εκκινητή οδηγούν στη σύνθεση δύο νέων αλυσίδων και στο τέλος του κύκλου έχουμε  $2^1 = 2$  δίκλινα μόρια. Εφόσον ο αριθμός των μορίων αυξάνεται εκθετικά, στο τέλος του 4<sup>ο</sup> κύκλου PCR έχουν παραχθεί  $2^4 = 16$  δίκλινα μόρια DNA που αποτελούνται από 32 αλυσίδες. Από αυτές οι δύο είναι οι αρχικές και οι 30 είναι οι θυγατρικές. Για τη σύνθεση κάθε θυγατρικής αλυσίδας απαιτήθηκε ένας εκκινητής άρα συνολικά 30 αντίγραφα του εκκινητή είναι απαραίτητα για τους τέσσερις κύκλους PCR.
- ε) Με τη μέθοδο PCR μπορούμε να πετύχουμε την επιλεκτική αντιγραφή, εκατομμύρια φορές, ειδικών αλληλουχιών DNA από ένα σύνθετο μείγμα μορίων DNA χωρίς τη μεσολάβηση ζωντανού κυττάρου. Η μέθοδος PCR χρησιμοποιείται στην Ιατρική για την διάγνωση ασθενειών όπως του AIDS, στην Εγκληματολογία για την διαλεύκανση υποθέσεων και στην Παλαιοντολογία κατά την μελέτη DNA από απολιθώματα.

## ΘΕΜΑ Δ

### Δ1.

- α) Δεδομένου ότι πάντα από θηλυκά άτομα με την ήπια μορφή της νόσου προκύπτουν αρσενικοί απόγονοι που πάσχουν (είτε από τη σοβαρή είτε από την ήπια μορφή της ασθένειας), το γονίδιο κληρονομείται με φυλοσύνδετο τύπο κληρονομικότητας. Υπάρχουν τρία αλληλόμορφα γονίδια για τη συγκεκριμένη γενετική θέση, το φυσιολογικό αλληλόμορφο,  $X^1$ , το αλληλόμορφο που προκαλεί την ήπια μορφή της νόσου,  $X^2$ , και το αλληλόμορφο,  $X^3$ , που προκαλεί τη σοβαρή μορφή της νόσου. Το φυσιολογικό αλληλόμορφο επικρατεί στα δύο μεταλλαγμένα και το μεταλλαγμένο που προκαλεί την ήπια μορφή της νόσου επικρατεί στο αλληλόμορφο για τη σοβαρή μορφή της νόσου. Δηλαδή:

$$X^1 > X^2 > X^3$$

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

β) Οι γονότυποι των ατόμων παρουσιάζονται στον πίνακα:

Άτομο	Γονότυπος	Άτομο	Γονότυπος
I1	X <sup>1</sup> /Y	II4	X <sup>3</sup> /Y
I2	X <sup>2</sup> /X <sup>3</sup>	III1	X <sup>2</sup> /X <sup>3</sup>
II1	X <sup>3</sup> /Y	III2	X <sup>2</sup> /X <sup>3</sup>
II2	X <sup>1</sup> /X <sup>2</sup> ή X <sup>1</sup> /X <sup>3</sup>	III3	X <sup>1</sup> /X <sup>3</sup>
II3	X <sup>1</sup> /X <sup>2</sup>		

γ) Καθώς η ασθένεια κληρονομείται με φυλοσύνδετο υπολειπόμενο τύπο κληρονομικότητας, ασθενείς αρσενικοί απόγονοι οφείλονται αποκλειστικά στο γονότυπο της μητέρας. Το άτομο III3 έχει γονότυπο X<sup>1</sup>/X<sup>3</sup> αφού δεν πάσχει και έχει κληρονομήσει το αλληλόμορφο X<sup>3</sup> από το άτομο II4. Το αλληλόμορφο του πατέρα συμβολίζεται με X<sup>z</sup> αφού δε θα επηρεάσει τον γονότυπο των αρσενικών απογόνων. Παρατίθεται η διασταύρωση:

**Μητέρα III3: (X<sup>1</sup>/X<sup>3</sup>)**

	Γαμέτες	X <sup>1</sup>	X <sup>3</sup>
<b>Πατέρας (X<sup>z</sup>/Y)</b>	X <sup>z</sup>	X <sup>1</sup> /X <sup>z</sup>	X <sup>3</sup> /X <sup>z</sup>
	Y	X <sup>1</sup> /Y	X <sup>3</sup> /Y

Άρα, η πιθανότητα ο αρσενικός του απόγονος να πάσχει από τη σοβαρή μορφή της νόσου είναι 1/2.

δ) Καθώς η ασθένεια κληρονομείται με φυλοσύνδετο υπολειπόμενο τύπο κληρονομικότητας, ασθενείς αρσενικοί απόγονοι οφείλονται αποκλειστικά στο γονότυπο της μητέρας και η απόκτηση αρσενικού απογόνου έχει πιθανότητα 50%. Το άτομο III2 έχει γονότυπο X<sup>2</sup>/X<sup>3</sup> αφού πάσχει από την ήπια μορφή της νόσου και έχει κληρονομήσει το αλληλόμορφο X<sup>3</sup> (σοβαρής μορφής της νόσου) από το άτομο II4. Το αλληλόμορφο του πατέρα συμβολίζεται με X<sup>z</sup> αφού δε θα επηρεάσει τον γονότυπο των αρσενικών απογόνων. Παρατίθεται η διασταύρωση:

**Μητέρα III2: (X<sup>2</sup>/X<sup>3</sup>)**

	Γαμέτες	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>
<b>Πατέρας (X<sup>z</sup>/Y)</b>	X <sup>z</sup>	X <sup>2</sup> /X <sup>z</sup>	X <sup>3</sup> /X <sup>z</sup>
	Y	X <sup>2</sup> /Y	X <sup>3</sup> /Y

Άρα, η πιθανότητα να αποκτήσει αρσενικό απόγονο (XY) που να πάσχει από τη σοβαρή μορφή της νόσου (X<sup>3</sup>/Y) είναι:

$$P_{\text{πάσχων άρρεν}} = P_{XY} \times P_{X^3Y} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

ε) Το άτομο III1 έχει γονότυπο X<sup>2</sup>/X<sup>3</sup> αφού πάσχει από την ήπια μορφή της νόσου και έχει κληρονομήσει το αλληλόμορφο X<sup>3</sup> από το άτομο II4. Αν ο σύζυγος της III1 είναι φυσιολογικός δεν υπάρχει πιθανότητα ο θηλυκός απόγονος του ζεύγους να πάσχει.

**Μητέρα III1: (X<sup>2</sup>/X<sup>3</sup>)**

	Γαμέτες	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>
<b>Πατέρας (X<sup>1</sup>/Y)</b>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup> /X <sup>2</sup>	X <sup>1</sup> /X <sup>3</sup>
	Y	X <sup>2</sup> /Y	X <sup>3</sup> /Y

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

Αν ο σύζυγος του III1 πάσχει από την ήπια μορφή της νόσου δεν υπάρχει πιθανότητα ο θηλυκός απόγονος του ζεύγους να πάσχει από τη σοβαρή μορφή της νόσου.

Μητέρα III1: ( $X^2/X^3$ )

	Γαμέτες	$X^2$	$X^3$
Πατέρας ( $X^2/Y$ )	$X^2$	$X^2/X^2$	$X^2/X^3$
	$Y$	$X^2/Y$	$X^3/Y$

Αν ο σύζυγος του III1 πάσχει από τη σοβαρή μορφή της νόσου, η πιθανότητα ο θηλυκός απόγονος του ζεύγους να πάσχει από τη σοβαρή μορφή της νόσου είναι  $\frac{1}{2}$ . Παρατίθενται οι διασταυρώσεις:

Μητέρα III1: ( $X^2/X^3$ )

	Γαμέτες	$X^2$	$X^3$
Πατέρας ( $X^3/Y$ )	$X^3$	$X^2/X^3$	$X^3/X^3$
	$Y$	$X^2/Y$	$X^3/Y$

στ) Δεδομένου ότι το άτομο III2 έχει γονότυπο  $X^2/X^3$ , οι αρσενικοί απόγονοι του ζεύγους θα πάσχουν (είτε από ήπια είτε από σοβαρή μορφή της νόσου) ενώ οι θηλυκοί απόγονοι θα είναι φυσιολογικοί δεδομένου ότι ο πατέρας τους είναι φυσιολογικός. Παρατίθενται οι διασταυρώσεις:

Μητέρα III1: ( $X^2/X^3$ )

	Γαμέτες	$X^2$	$X^3$
Πατέρας ( $X^1/Y$ )	$X^1$	$X^1/X^2$	$X^1/X^3$
	$Y$	$X^2/Y$	$X^3/Y$

Επομένως, σε κάθε κύηση, υπάρχει 50% πιθανότητα να προκύψει απόγονος με τη νόσο. Άρα, η πιθανότητα και τα τρία παιδιά του ζεύγους να πάσχουν είναι:

$$P_{\text{τρεις πάσχοντες}} = P_{\text{πάσχων}}^3 = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$$

Δ2.

α) Τα ρυθμιστικά στοιχεία της μεταγραφής μεμονωμένου γονιδίου (δεν ανήκει σε οπερόνιο) είναι ο υποκινητής και οι μεταγραφικοί παράγοντες. Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς υπάρχει πολύ μεγαλύτερη ποικιλία μεταγραφικών παραγόντων και μόνο όταν ο σωστός συνδυασμός μεταγραφικών παραγόντων προσδεθεί στον υποκινητή του γονιδίου αρχίζει η RNA πολυμεράση τη μεταγραφή του.

β) Σε πρώτη φάση αναγράφουμε τη συμπληρωματική αλυσίδα αυτής που δίνεται:

(I) CACTTCATGTCGAAGTGGACATCGACCTTAAGTG (II) – Αλυσίδα 1

(II) GTGAAGTACAGCTTCACCTGTAGCTGGAATTCAC (I) – Αλυσίδα 2

Στην κωδική αλυσίδα πρέπει να εντοπίζεται το κωδικόνιο έναρξης ( $5' ATG 3'$ ). Με βάση τα χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα (ο οποίος είναι κώδικας τριπλέτας, συνεχής και μη επικαλυπτόμενος) θα πρέπει ξεκινώντας από το κωδικόνιο έναρξης στην κωδική αλυσίδα με βήμα τριπλέτας και με συνεχή και μη επικαλυπτόμενο τρόπο, να βρίσκουμε ένα κωδικόνιο λήξης ( $5' TAA 3'$  ή  $5' TGA 3'$  ή  $5' TAG 3'$ ) προκειμένου το δεδομένο τμήμα DNA να περιέχει όλο το γονίδιο.

# ΜΕΘΟΔΙΚΟ

(I) CACT **TCA** TGT CGA AGT GGA **CAT** CGACCTTAAGTG (II) – Αλυσίδα 1

(II) GTGA **AGT** ACA GCT TCA CCT **GTA** GCTGGAATTAC (I) – Αλυσίδα 2

Επομένως συμπεραίνουμε ότι δοσμένη αλυσίδα (Αλυσίδα 1) είναι η μη κωδική αλυσίδα και η συμπληρωματική της (Αλυσίδα 2) είναι η κωδική. και το άκρο (I) αντιστοιχεί στο 5' άκρο ενώ το άκρο (II) αντιστοιχεί στο 3' άκρο.

5' CACT **TCA** TGT CGA AGT GGA **CAT** CGACCTTAAGTG 3' – Μη κωδική αλυσίδα (1)

3' GTGA **AGT** ACA GCT TCA CCT **GTA** GCTGGAATTAC 5' –

Κωδική αλυσίδα (2)

γ) Τα εν λόγω αντικωδικόνια θα είναι συμπληρωματικά και αντιπαράλληλα των κωδικονίων, ξεκινώντας με το κωδικόνιο έναρξης:

3'GUGA **AGU** ACA GCU UCA CCU **GUA** GCUGGAAUUCAC 5' mRNA  
5' UGU 3' 5' CGA 3' 5' UGA 3' 5' GGA 3' 5' **CAU** 3' tRNAs

Επομένως, γραμμένα με τη σειρά χρήσης τους κατά τη μετάφραση έχουμε:

α) 3' UAC 5', β) 3' AGG 5', γ) 3' UGA 5', δ) 3' AGC 5', ε) 3' UGU 5'.

δ) Το σχήμα που απεικονίζει σωστά την απομάκρυνση του tRNA από το ριβόσωμα κατά τη διάρκεια της μετάφρασης είναι το δ. Η θέση εισδοχής της μεγάλης ριβοσωματικής υπομονάδας από την οποία απελευθερώνονται τα tRNA κατά τη διάρκεια της μετάφρασης βρίσκεται προς την πλευρά του 5' άκρου του mRNA. Μετά την απελευθέρωση του tRNA στο κυτταρόπλασμα, το ριβόσωμα κινείται κατά μήκος του mRNA κατά ένα κωδικόνιο με αποτέλεσμα το tRNA που βρίσκεται στην άλλη θέση εισδοχής της μεγάλης ριβοσωματικής υπομονάδας και φέρει τη σχηματιζόμενη πεπτιδική αλυσίδα, να βρεθεί στη θέση εισδοχής του tRNA που απελευθερώθηκε για να ακολουθήσει η απελευθέρωση του.

## Application για την Τράπεζα Θεμάτων

Ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για μαθητές & εκπαιδευτικούς!

[www.trapeza-thematon.gr](http://www.trapeza-thematon.gr)

Χιλιάδες χρήστες καθημερινά μελετούν Θέματα σε όλα τα μαθήματα!

Διατίθεται και ως mobile app.

