



ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΗΜΕΡΙΣΙΩΝ & ΕΣΠΕΡΙΝΩΝ ΛΥΚΕΙΩΝ
ΤΡΙΤΗ 3 ΙΟΥΝΙΟΥ 2026
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΘΕΜΑ Α

A1. Το ζεύγος κωδικονίων που αφορά συνώνυμα κωδικόνια είναι:

α. 5' UAA 3' και 5' UUC 3'.

β. 5' AUG 3' και 5' AGU 3'. 5' AUG 3' → Κωδικόνιο έναρξης της μετάφρασης

γ. 5' AGC 3' και 5' UCU 3'. 5' UAA 3', 5' UAG 3' και 5' UGA 3' → Κωδικόνια λήξης

δ. 5' UGA 3' και 5' CGU 3'.

A2. Με ραδιενεργό θείο ^{35}S ιχνηθετείται μόνο:

α. το snRNA. → RNA

β. το πρωταρχικό τμήμα. → RNA

γ. η DNA ελικάση. → Λειτουργική πρωτεΐνη – ένζυμο

δ. το εσώνιο ενός ασυνεχούς γονιδίου. → DNA

A3. Η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης περιλαμβάνει:

α. φωσφοδιεστερικούς δεσμούς. β. πεπτιδικούς δεσμούς.

γ. δεσμούς υδρογόνου. δ. δισουλφιδικούς δεσμούς.

A4. Τα βακτήρια του γένους *Lactobacillus* αναπτύσσονται ιδανικά σε τιμές pH:

α. 2-3. β. 7. γ. 4-5. δ. 9-10.

A5. Η διαδικασία της ωρίμανσης πραγματοποιείται σε:

α. βακτηριοφάγους. → ιός που προσβάλλει προκαρυώτη

β. βακτήρια του γένους *Mycobacterium*. → πρωκαρυώτης

γ. ώριμα ερυθροκύτταρα. → απύρνο κύτταρο ευκαρυωτικού οργανισμού

δ. κύτταρα του πρωτόζωου *Paramecium*. → ευκαρυώτης



ΘΕΜΑ Β

B1.

ΣΤΗΛΗ Α	ΣΤΗΛΗ Β
1. Πυρηνικός φάκελος → β	α. Μόνο προκαρυωτικά κύτταρα
2. Ριβοσώματα → γ	β. Μόνο ευκαρυωτικά κύτταρα
3. Άτρακτος → β	γ. Προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά κύτταρα
4. Μικρά ριβονουκλεοπρωτεϊνικά σωματίδια → β	
5. Περιοριστικές ενδονουκλεάσες → α	
6. Δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA → γ	

B2. α. γενετικός κώδικας

Σχολικό Βιβλίο, Τεύχος Β', Σελίδα 38:

Η αλληλουχία των βάσεων του mRNA καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων στις πρωτεΐνες με βάση έναν κώδικα **αντιστοίχισης** νουκλεοτιδίων mRNA με αμινοξέα πρωτεϊνών, ο οποίος ονομάζεται γενετικός κώδικας.

β. νουκλεόσωμα

Σχολικό Βιβλίο, Τεύχος Β', Σελίδα 22:

Στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ύστερα από ειδική επεξεργασία, τα ινίδια χρωματίνης μοιάζουν με «κομπολόγια από χάντρες». Κάθε «χάντρα» ονομάζεται νουκλεόσωμα και αποτελεί τη βασική, δομική **μονάδα οργάνωσης της χρωματίνης**. Το νουκλεόσωμα αποτελείται από DNA μήκους **146** ζευγών βάσεων και από **8** μόρια πρωτεϊνών, που ονομάζονται ιστόνες. Το DNA είναι τυλιγμένο γύρω από το οκταμερές των ιστονών.

γ. χαρτογράφηση

Σχολικό Βιβλίο, Τεύχος Β', Σελίδα 129-130:

Χαρτογράφηση είναι ο εντοπισμός της **θέσης** των γονιδίων στα χρωμοσώματα, και ο προσδιορισμός της **αλληλουχίας** των βάσεων του DNA στο ανθρώπινο γονιδίωμα.

B3. Η γενετική ποικιλομορφία χαρακτηρίζει κυρίως τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς. Να αναφέρετε ονομαστικά τέσσερις μηχανισμούς δημιουργίας γενετικής ποικιλομορφίας στους απογόνους των αμφιγονικά αναπαραγόμενων οργανισμών και να εξηγήσετε γιατί η γενετική ποικιλομορφία έχει μεγάλη σημασία για τη διαδικασία της εξέλιξής τους.



Οι μηχανισμοί δημιουργίας της γενετικής ποικιλομορφίας είναι:

- i. ο **επιχιασμός** μεταξύ μη αδελφών χρωματίδων σε ένα ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων,
- ii. ο **ανεξάρτητος συνδυασμός χρωμοσωμάτων** κατά τη μείωση I.
- iii. ο τυχαίος συνδυασμός γαμετών στη **γονιμοποίηση** και
- iv. οι **μεταλλάξεις**.

Σχολικό Βιβλίο, Τεύχος Β', Σελίδα 145:

Μερικοί από τους συνδυασμούς γονιδίων, άρα και γνωρισμάτων που επηρεάζονται από τα γονίδια αυτά, είναι επιτυχεστέροι από ό,τι άλλοι, με την έννοια ότι προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες **επιβίωσης** στο φορέα τους σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (προσαρμοστικότητα). Η μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης συνδέεται με μεγαλύτερη πιθανότητα αναπαραγωγής και κληροδότησης αυτής της γενετικής πληροφορίας. Ο μηχανισμός αυτός συμβάλλει στην **εξέλιξη**, γιατί κάθε πληθυσμός περνά στις επόμενες γενιές του πιο ευνοϊκούς συνδυασμούς γονιδίων και γνωρισμάτων.

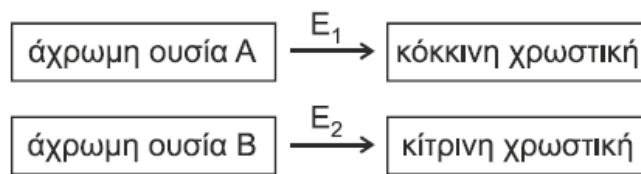
- B4.** Οι χλωροπλάστες ανήκουν σε μια ευρύτερη κατηγορία οργανιδίων των φυτικών κυττάρων που ονομάζονται πλαστίδια. Ποια άλλα είδη πλαστιδίων γνωρίζετε, πού εντοπίζονται και ποιος είναι ο ρόλος τους;

Σχολικό Βιβλίο, Τεύχος Α', Σελίδα 65:

Οι χλωροπλάστες ανήκουν σε μια ευρύτερη κατηγορία οργανιδίων των φυτικών κυττάρων, που ονομάζονται πλαστίδια. Στα πλαστίδια ανήκουν και οι άχρωμοι **αμυλοπλάστες**, οι οποίοι βρίσκονται στα κύτταρα των ριζών των φυτών και αποτελούν αποθήκες αμύλου, καθώς επίσης οι **χρωμοπλάστες**, οι οποίοι περιέχουν χρωστικές και βρίσκονται στα άνθη, στα φύλλα και στους καρπούς.

ΘΕΜΑ Γ

Το χρώμα του πτερώματος ενός είδους τροπικού πτηνού μπορεί να είναι πορτοκαλί, κόκκινο, κίτρινο ή λευκό. Η δημιουργία του τελικού χρώματος είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των χρωστικών που παράγονται σύμφωνα με τα μεταβολικά μονοπάτια του παρακάτω σχήματος.



Η σύνθεση των ενζύμων E_1 και E_2 ελέγχεται από επικρατή αλληλόμορφα γονίδια που εδράζονται σε διαφορετικά ζεύγη χρωμοσωμάτων, ενώ τα υπολειπόμενα αλληλόμορφα τους δεν παράγουν λειτουργικά ένζυμα. Όταν **δεν** παράγεται καμία χρωστική, το χρώμα του πτερώματος είναι λευκό, ενώ η ταυτόχρονη σύνθεση της κόκκινης και της κίτρινης χρωστικής οδηγεί σε πορτοκαλί φαινότυπο.

Από οικογένειες πτηνών που παρουσίαζαν για πολλές διαδοχικές γενιές το ίδιο χρώμα πτερώματος, διασταυρώνονται θηλυκά με **κίτρινο** πτέρωμα με αρσενικά με **κόκκινο** πτέρωμα και προκύπτουν στην F_1 γενιά πτηνά μόνο με **πορτοκαλί** πτέρωμα.

Από τη διασταύρωση των ατόμων της F_1 γενιάς προκύπτουν στην F_2 γενιά:

F_2 : 63 θηλυκά με **πορτοκαλί** πτέρωμα

21 θηλυκά με **κίτρινο** πτέρωμα

32 αρσενικά με **πορτοκαλί** πτέρωμα

31 αρσενικά με **κόκκινο** πτέρωμα

10 αρσενικά με **κίτρινο** πτέρωμα

11 αρσενικά με λευκό πτέρωμα

Γ1. Να διερευνηθεί και να προσδιορισθεί ο τρόπος κληρονόμησης του χρώματος του πτερώματος.

Με δεδομένο ότι 100% της F_1 γενιάς παράγουν και τα δύο ένζυμα, έχοντας πατέρα που δεν παράγει το E_2 , και βάσει του φυλοκαθορισμού όπου το φύλο καθορίζεται από την παρουσία ή την απουσία του Y φυλετικού χρωμοσώματος, *αποκλείεται* η γενετική πληροφορία για τη σύνθεση του ενζύμου E_1 να εδράζεται σε φυλετικό χρωμόσωμα.

Στην F_2 γενιά παρατηρείται ότι η αναλογία θηλυκών : αρσενικών απογόνων είναι η αναμενόμενη **1 : 1**.

Με δεδομένο ότι τα πτηνά που παράγουν το φυσιολογικό ένζυμο E_1 συνθέτουν την κόκκινη χρωστική και αυτά που παράγουν το φυσιολογικό ένζυμο E_2 συνθέτουν την κίτρινη χρωστική.

Μεταξύ των θηλυκών απογόνων:

3 πορτοκαλί : 1 κίτρινο

το 100% παράγουν το E_2 εκ των οποίων μόνο το 75% παράγουν και το E_1



Μεταξύ των αρσενικών απογόνων:

3 πορτοκαλί : 3 κόκκινα : 1 κίτρινο : 1 λευκό

Το 50% παράγουν μόνο το E_2 εκ των οποίων μόνο το 50% παράγουν και το E_1 , το 25% παράγει μόνο το E_1 και το 25% δεν παράγει κανένα ένζυμο.

Παρατηρούμε ότι οι φαινοτυπικές αναλογίες του χρώματος τροποποιούνται μεταξύ των δύο φύλων βάσει της σύνθεσης ή μη του E_2 , επιβεβαιώνοντας ότι το E_2 κωδικοποιείται από **φυλοσύνδετο επικρατές** γονίδιο, ενώ το E_1 από **αυτοσωμικό επικρατές**.

Έστω, A το αλληλόμορφο για τη σύνθεση και α για την έλλειψη του E_1

X^B το αλληλόμορφο για τη σύνθεση και X^b για την έλλειψη του E_2

P: $AAX^{BY} \times aaX^{BX^B}$

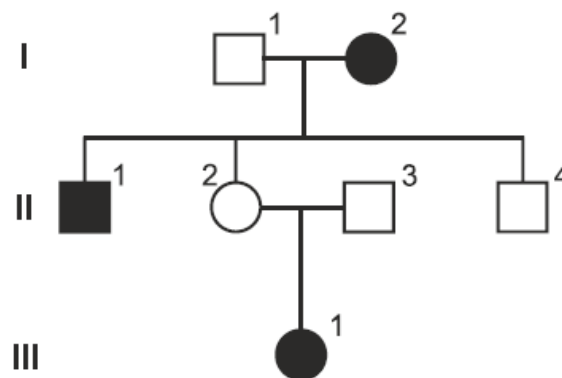
Γαμέτες: $AX^B, AY \quad aX^B$

F₁: AaX^{BY} και AaX^{BX^b}

F ₂ :	AX^B	aX^B	AX^b	aX^b
AX^B	AAX^{BX^B}	AaX^{BX^B}	AAX^{BX^b}	AaX^{BX^b}
aX^B	AaX^{BX^B}	aaX^{BX^B}	AaX^{BX^b}	aaX^{BX^b}
AY	AAX^{BY}	AaX^{BY}	AAX^{bY}	AaX^{bY}
aY	AaX^{BY}	aaX^{BY}	AaX^{bY}	aaX^{bY}

6 ♀ πορτοκαλί : 2 ♀ κίτρινα : 3 ♂ πορτοκαλί : 3 ♂ κόκκινα : 1 ♂ κίτρινο : 1 ♂ λευκό

Στο γενεαλογικό δέντρο της **Εικόνας 1** απεικονίζεται ο τρόπος κληρονομής σπάνιας ασθένειας που κληρονομείται με υπολειπόμενο φυλοσύνδετο τρόπο στα μέλη μιας οικογένειας. Τα άτομα I₂, II₁, και III₁ πάσχουν από την ασθένεια αυτή.



Εικόνα 1

Μεταξύ των μελών της οικογένειας δύο άτομα εμφανίζουν **μη** αναμενόμενο φαινότυπο εξαιτίας χρωμοσωμικών ανωμαλιών. Για τη διερεύνηση των παραπάνω ανωμαλιών



χρησιμοποιούνται ειδικοί ανιχνευτές. Ο ανιχνευτής **A** υβριδοποιείται μία φορά στο κεντρομερίδιο κάθε μεταφασικού *X* φυλετικού χρωμοσώματος και ο ανιχνευτής **B** υβριδοποιείται με το υπεύθυνο για την ασθένεια γονίδιο. Για τις υβριδοποιήσεις χρησιμοποιήθηκε DNA μεταφασικών κυττάρων και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον **Πίνακα 1**, όπου οι αριθμοί δείχνουν πόσες φορές υβριδοποιείται ο κάθε ανιχνευτής ανά DNA μεταφασικού κυττάρου.

	II ₁	II ₂	II ₃	II ₄	III ₁
ανιχνευτής A	1	2	1	2	2
ανιχνευτής B	2	2	0	2	2

Πίνακας 1

Γ3. Ποια δύο μέλη της οικογένειας εμφανίζουν μη αναμενόμενο φαινότυπο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας χρησιμοποιώντας μόνο τα δεδομένα του γενεαλογικού δέντρου.

Βάσει του φυλοκαθορισμού στον άνθρωπο, για να νοσεί ένα θηλυκό άτομο από φυλοσύνδετη υπολειπόμενη ασθένεια, όπως η I_2 , πρέπει να είναι ομόζυγο για το αλληλόμορφο αυτό (X^aX^a , με X^a το αλληλόμορφο που προκαλεί τη νόσο και X^A το φυσιολογικό αλληλόμορφο γονίδιο), ενώ τα υγιή άτομα είναι ομόζυγα (X^AX^A) ή ετερόζυγα (X^AX^a). Αντίθετα για να νοσεί ένα αρσενικό άτομο, όπως ο II_1 , αρκεί να φέρει ένα X^a αλληλόμορφο (X^aY), ενώ αν διαθέτει το φυσιολογικό αλληλόμορφο είναι υγιής (X^AY).

Κάθε αρσενικός απόγονος έχει κληρονομήσει το *X* φυλετικό χρωμόσωμα από τη μητέρα και το *Y* από τον πατέρα του, ενώ κάθε θηλυκός διαθέτει ένα *X* χρωμόσωμα, άρα και τα αλληλόμορφα γονίδια που φέρει, από κάθε γονέα.

Με δεδομένα τα ανωτέρω, η I_2 δε θα μπορούσε να αποκτήσει υγιή γιο και ο II_3 νοσούσα κόρη. Επομένως, οι μη αναμενόμενοι φαινότυποι παρατηρούνται στα άτομα **II₄** και **III₁**.

Γ4. Αξιοποιώντας τα δεδομένα του **Πίνακα 1** να γράψετε τον γονότυπο των ατόμων με τον μη αναμενόμενο φαινότυπο και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Οι ανιχνευτές είναι ιχνηθετημένα (ραδιενεργά ή φθορίζοντα) μόρια DNA/RNA με αλληλουχία συμπληρωματική και αντιπαράλληλη προς μία συγκεκριμένη αλληλουχία εντός του γονιδιώματος, τα οποία εντοπίζονται εύκολα μέσω έκθεσης σε φως συγκεκριμένου μήκους κύματος. Επομένως, υβριδοποίηση του ανιχνευτή



δηλώνει την παρουσία της αντίστοιχης συμπληρωματικής αλληλουχίας εντός του γονιδιώματος του ατόμου.

Σημειώνεται ότι, στη μετάφαση, κάθε χρωμόσωμα δομείται από 2 αδελφές χρωματίδες που έχουν προκύψει κατά την αντιγραφή ενός αρχικού μορίου DNA, επομένως κάθε διπλασιασμένο χρωμόσωμα διαθέτει 2 αλληλόμορφα για κάθε γενετικό τόπο προς μελέτη.

Βάσει των δεδομένων του γενεαλογικού δέντρου και του πίνακα, οι γονότυποι των μελών της οικογένειας είναι οι εξής:

I_1, II_3 : $X^A Y$ καθώς είναι υγιείς,

II_1 : $X^a Y$ καθώς νοσεί

I_2 : $X^a X^a$ καθώς νοσεί,

II_2 : $X^A X^a$ ως υγιής που έχει κληρονομήσει το X^a από τη νοσούσα μητέρα της

Το άτομο II_4 είναι αρσενικό που πάσχει από **Klinefelter**, καθώς διαθέτει δύο X χρωμοσώματα εκ των οποίων ένα φέρει το αλληλόμορφο της νόσου, απομένως είναι φορέας με γονότυπο $X^A X^a Y$. τα δεδομένα επιβεβαιώνονται και από το δέντρο βάσει του οποίου κληρονομεί το X^A και το Y από τον πατέρα του I_1 και το X^a από τη μητέρα του I_2 .

Το άτομο III_1 έχει φυσιολογικό αριθμό φυλετικών χρωμοσωμάτων (XX) αλλά νοσεί έχοντας το X^a αλληλόμορφο μόνο σε ένα εξ' αυτών. Επομένως, φέρει δομική χρωμοσωμική μετάλλαξη με γονότυπο $X^a X^c$.

Γ5. Εξηγήστε πώς προέκυψε η χρωμοσωμική ανωμαλία κάθε ατόμου με μη αναμενόμενο φαινότυπο.

Για το άτομο II_4 , παρατηρούμε ότι 2 φυλετικά χρωμοσώματα είναι πατρικής και 1 μητρικής προέλευσης, άρα, έχει προκύψει από γονιμοποίηση φυσιολογικού ωαρίου που έφερε το X^a αλληλόμορφο με ανευπλοειδικό σπερματοζώαριο ($X^A Y$), το οποίο προέκυψε από **μη διαχωρισμό** των φυλετικών χρωμοσωμάτων κατά τη μείωση I του πατέρα.

Το άτομο III_1 έχει ένα μόνο αλληλόμορφο για το χαρακτήρα προς μελέτη, άρα, παρατηρείται **δομική χρωμοσωμική** μετάλλαξη στο X χρωμόσωμα που κληροδοτήθηκε από τον πατέρα, π.χ. έλλειψη γονιδίου που συνέβη κατά τη σπερματογένεση ή μετατόπιση του γονιδίου σε άλλο χρωμόσωμα εντός του γονιδιώματος του πατέρα με επακόλουθο συνδυασμό του X χρωμοσώματος με το

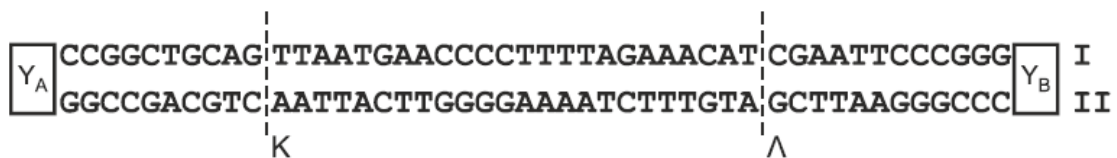


χρωμόσωμα που δε συμμετείχε τη μετατόπιση από το δεύτερο ζεύγος ομολόγων, λόγω του τυχαίου συνδυασμού των χρωμοσωμάτων κατά τη μείωση I.

ΘΕΜΑ Δ

Στο γονιδίωμα ενός τύπου σωματικών ανθρώπινων κυττάρων περιέχεται το τμήμα DNA της **Εικόνας 2**, το οποίο περιλαμβάνει δύο γονίδια A και B και τους αντίστοιχους υποκινητές τους Y_A και Y_B .

Το γονίδιο A εκφράζεται πάντα και παράγει έναν μεταγραφικό παράγοντα (MA), ο οποίος είναι απαραίτητος για την έκφραση του γονιδίου B, ενώ το γονίδιο B κωδικοποιεί ένα πενταπεπτιδίο με φαρμακευτική δράση.

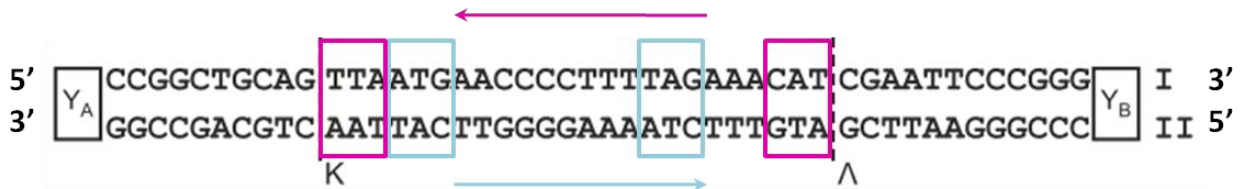


Εικόνα 2

- Κάθε νουκλεοτίδιο διαθέτει ένα υδροξύλιο στο 3' άνθρακα της πεντόζης του, το οποίο ενώνεται με τη φωσφορική ομάδα στο 5' άνθρακα της πεντόζης του επόμενου νουκλεοτιδίου, δημιουργώντας 3'-5' φωσφοδιεστερικό δεσμό (ΦΔ). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, κάθε γραμμική πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα να δομείται από ένα σταθερό σκελετό από επαναλήψεις μορίων φωσφορικής ομάδας – πεντόζης. Σε κάθε γραμμική αλυσίδα, ανεξαρτήτου αριθμού νουκλεοτιδίων, το 1^ο νουκλεοτίδιο έχει πάντα μία ελεύθερη φωσφορική ομάδα στο 5' άκρο του και το τελευταίο έχει ένα ελεύθερο υδροξύλιο στο 3' άκρο του (προσανατολισμός πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας 5' → 3').
- Ο **υποκινητής** ενός γονιδίου είναι τμήμα του δίκλωνου μορίου DNA και αποτελεί ρυθμιστικό στοιχείο της έκφρασης *στο επίπεδο της μεταγραφής*, στο οποίο προσδένεται η RNA πολυμεράση με τη βοήθεια κατάλληλου συνδυασμού μεταγραφικών παραγόντων (ΜΠ), με σκοπό το τοπικό ξετύλιγμα καθοδικά του υποκινητή και την έναρξη της μεταγραφής. Επομένως, ο υποκινητής βρίσκεται πάντα *ανοδικά* του γονιδίου, στο 5' άκρο της κωδικής αλυσίδας.
- Κάθε γονίδιο που κωδικοποιεί πεπτιδίο μεταγράφεται σε mRNA, το οποίο φέρει τη γενετική πληροφορία της κωδικής αλυσίδας και δημιουργείται με «καλούπι» τη συμπληρωματική και αντιπαράλληλη μη κωδική αλυσίδα. Βάσει των χαρακτηριστικών του **γενετικού κώδικα**, ο οποίος είναι κώδικας *τριπλέτας, συνεχής*



και μη επικαλυπτόμενος, στην αρχή κάθε μορίου mRNA υπάρχει το κωδικόνιο έναρξης (ΚΕ) της μετάφρασης 5' AUG 3' και ένα από τα κωδικόνια λήξης (ΚΛ) 5' UAA 3', 5' UAG 3' ή 5' UGA 3'. Αντίστοιχα, στη κωδική αλυσίδα εντοπίζονται οι τριπλέτες 5' ATG 3' και 5' TAA 3', 5' TAG 3' ή 5' TGA 3'.



Δ1. α. Να γράψετε τον προσανατολισμό των αλυσίδων I και II.

Στην **αλυσίδα I**, το 5' άκρο βρίσκεται αριστερά και το 3' δεξιά, και στην αντιπαράλληλη **αλυσίδα II** το 5' άκρο βρίσκεται δεξιά και το 3' άκρο αριστερά.

β. Σε ποια από τις αλυσίδες I ή II αντιστοιχεί η κωδική αλυσίδα κάθε γονιδίου;

Η κωδική αλυσίδα του γονιδίου **A** είναι η I, ενώ η κωδική του **B** είναι η II.

γ. Ένα από τα δύο γονίδια (A ή B) είναι ασυνεχές. Να γράψετε ποιο είναι αυτό.

Το γονίδιο B κωδικοποιεί ένα πενταπεπτίδιο, ωστόσο, αν ήταν συνεχές θα αποτελούταν από 7 κωδικόνια που μεταφράζονται, δεδομένου ότι το ΚΛ είναι το μόνο που δε μεταφράζεται σε αμινοξύ. Επομένως, το **B** είναι **ασυνεχές** γονίδιο.

Δ2. Στην αλληλουχία DNA της **Εικόνας 2**, λόγω της δράσης ενός μεταλλαξογόνου παράγοντα, προκαλείται αναστροφή του τμήματος μεταξύ των σημείων K και Λ. Να εξηγήσετε αν είναι δυνατή η έκφραση των δύο γονιδίων μετά την αναστροφή.

Κατά την αναστροφή μεταξύ των σημείων K και Λ γίνεται λύση 4 ΦΔ και δημιουργία 4 νέων με αποτέλεσμα η κωδική αλυσίδα του γονιδίου **M_A** να τοποθετείται κάτω με φορά από δεξιά προς αριστερά και του **B** πάνω με φορά από αριστερά προς δεξιά. Επομένως, το γονίδιο **B** θα εκφράζεται ρυθμιζόμενο από τον υποκινητή **Y_A** και το **M_A** από τον **Y_B**.

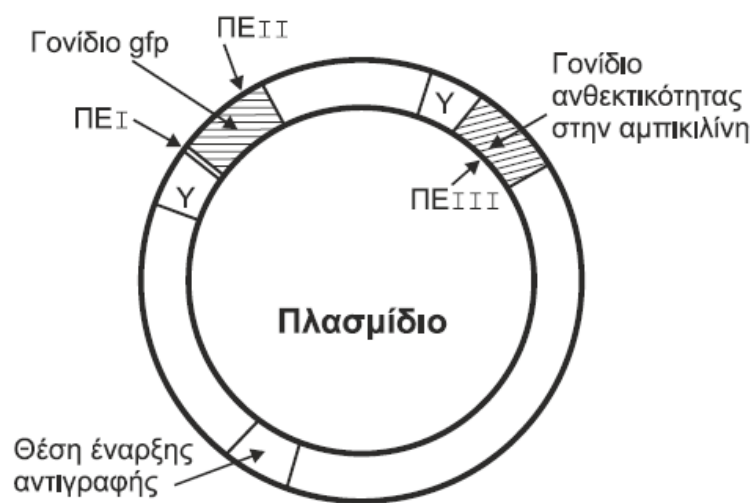
Δεδομένου ότι το φυσιολογικό **M_A** εκφράζεται ανεξάρτητα του B, παρουσία των κατάλληλων ΜΠ, θα εκφράζεται και το πενταπεπτίδιο μετά την αναστροφή ανεξάρτητα του ΜΠ που κωδικοποιείται από το **M_A**. Αντίθετα, το **M_A** δε θα εκφράζεται, καθώς δε διατίθεται ο κατάλληλος ΜΠ για την πρόσδεση της RNA πολυμεράσης στον **Y_B**.

Σημείωση: Αν ληφθεί υπόψιν ότι η αναστροφή συνέβη σε μεσοφασικό κύτταρο, στο οποίο προηγήθηκε έκφραση του γονιδίου **M_A**, θα υπάρχουν διαθέσιμα μόρια ΜΠ στο πυρηνόπλασμα με σκοπό την εκ νέου έκφραση από τον **Y_A** μέχρι την επόμενη κυτταρική διαίρεση.



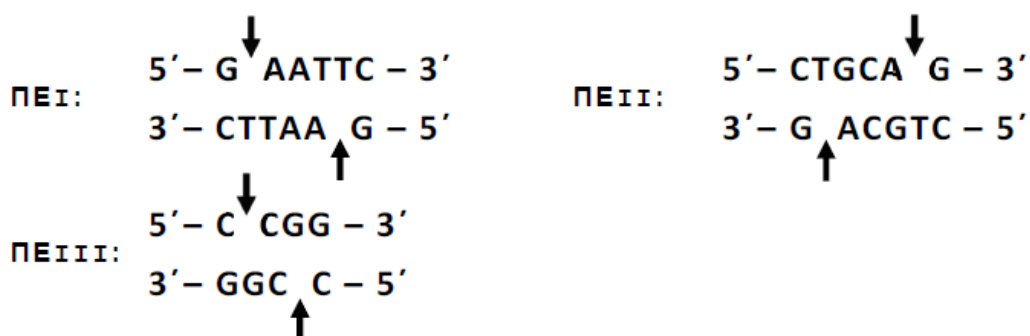
Ένας ερευνητής επιθυμεί να δημιουργήσει γενετικά τροποποιημένα βακτήρια που να εκφράζουν το γονίδιο B. Στη διάθεσή του έχει το τμήμα DNA της **Εικόνας 2**, βακτήρια ξενιστές που δεν φέρουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικό και το πλασμίδιο της **Εικόνας 3**. Το πλασμίδιο φέρει μία θέση έναρξης αντιγραφής, ένα γονίδιο ανθεκτικότητας στο αντιβιοτικό αμπικιλίνη, ένα γονίδιο (*gfp*) που κωδικοποιεί μια πράσινη χρωστική, η οποία φθορίζει όταν εκτεθεί σε υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς και τους αντίστοιχους υποκινητές τους (Υ).

Επιπλέον, το πλασμίδιο φέρει τρεις θέσεις αναγνώρισης για τις περιοριστικές ενδονουκλεάσες ΠΕ_I, ΠΕ_{II} και ΠΕ_{III}, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3**.



Εικόνα 3

Παρακάτω δίνονται οι αλληλουχίες ζευγών βάσεων που αναγνωρίζονται από τις ΠΕ_I, ΠΕ_{II} και ΠΕ_{III}:



Τα βέλη υποδεικνύουν τη θέση που δρα η κάθε περιοριστική ενδονουκλεάση (ΠΕ) στην αλληλουχία αναγνώρισης.

Δ3. Ποια ή ποιες περιοριστικές ενδονουκλεάσες θα χρησιμοποιηθούν για την ενσωμάτωση του φυσιολογικού τμήματος DNA, προκειμένου να εκφραστεί το



γονίδιο B σε βακτηριακούς κλώνους που αναπτύσσονται παρουσία του αντιβιοτικού αμπικιλίνης; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

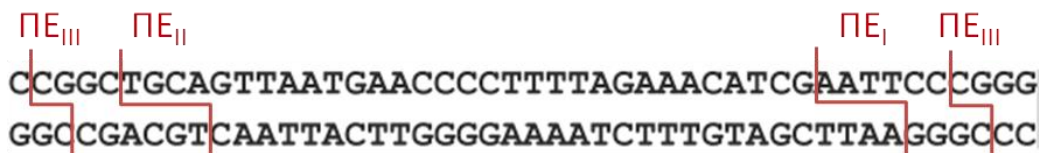
Οι περιοριστικές ενδονουκλεάσες (ΠΕ) είναι ένζυμα που καταλύουν τη διάσπαση ΦΔ στο δίκλωνο μόριο DNA, με προσανατολισμό $5' \rightarrow 3'$, αφήνοντας μονόκλινα άκρα στις δύο αλυσίδες.

Για τη διαδικασία του ανασυνδυασμού απαιτείται:

- ο η δημιουργία μονόκλωνων άκρων εκατέρωθεν του γονιδίου που επιθυμούμε να κλωνοποιήσουμε,
- ο η δημιουργία συμπληρωματικών και αντιπαράλληλων μονόκλωνων άκρων στον πλασμιδιακό φορέα κλωνοποίησης, χωρίς να γίνει κατακερματισμός του ώστε να είναι δυνατή η εκ νέου κυκλοποίησή του ή να καταστραφεί η θέση έναρξης της αντιγραφής του, ώστε να διπλασιάζεται ανεξάρτητα από το κυρίως DNA στο κύτταρο-ξενιστή.

Επιπλέον, είναι προτιμότερη η πέψη εντός γονιδίου που επιτρέπει μετά το μετασχηματισμό στην εύκολη επιλογή των βακτηριακών κλώνων που φέρουν την επιθυμητή αλληλουχία.

Για την έκφραση του γονιδίου B, είναι απαραίτητο ο ανασυνδυασμός του να γίνει καθοδικά κατάλληλου υποκινητή του φορέα που αναγνωρίζεται από τους ΜΠ του κυττάρου-ξενιστή.



Παρατηρούμε ότι:

- η PE_I τέμνει εκατέρωθεν των ΚΕ και ΚΛ του γονιδίου B, η PE_{II} τέμνει το γονίδιο καθοδικά του ΚΛ και η PE_{III} ανοδικά του ΚΕ,
- η PE_{III} τέμνει το πλασμίδιο εντός του γονιδίου ανθεκτικότητας στην αμπικιλίνη, καθιστώντας το ανενεργό
 - ⇒ η PE_{III} *απορρίπτεται*, καθώς το χαρακτηριστικό της ανθεκτικότητας σε ένα αντιβιοτικό είναι σημαντικό για την επιλογή των κυττάρων που έλαβαν πλασμίδιο (ανασυνδυασμένο ή μη) κατά το μετασχηματισμό (μετασχηματισμένα βακτήρια), τα οποία επιβιώνουν παρουσία του αντιβιοτικού, εν αντιθέσει με τα ευαίσθητα μη μετασχηματισμένα βακτήρια που πεθαίνουν.
- η PE_I τέμνει το πλασμίδιο καθοδικά κατάλληλου υποκινητή, η PE_{II} σε μικρή απόσταση, εντός του γονιδίου *gfp*



- ⇒ συνδυαστική χρήση αυτών επιτρέπει τον επιτυχή ανασυνδυασμό μετά τη δράση DNA δεσμάσης,
- ⇒ η μεταγραφή του γονιδίου B από την RNA πολυμεράση είναι εφικτή, εντός των μετασχηματισμένων βακτηρίων με ανασυνδυασμένο πλασμίδιο, καθώς η κωδική του αλυσίδα προσανατολίζεται με το 5' άκρο της στην πλευρά του υποκινητή του γονιδίου *gfp*.

Επομένως θα γίνει συνδυασμός των **ΠΕ_I** και **ΠΕ_{II}** στο γονίδιο και το φορέα.

Δ4. Το πεπτίδιο που προκύπτει είναι λειτουργικό ή όχι; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Όπως αναφέρθηκε στο Δ3, το γονίδιο B θα μπορεί να μεταγραφεί εντός των βακτηριακών κυττάρων. Ωστόσο, τα βακτήρια ως προκαρυώτες **δε** διαθέτουν την ικανότητα ωρίμανσης του mRNA, απουσία ενδομεμβρανικών δομών και μικρών ριβονουκλεοπρωτεϊνικών σωματιδίων, με αποτέλεσμα να *μην* απομακρύνεται το εσώνιο. Το μετάγραφο θα μεταφραστεί από τα ριβοσώματα του κυττάρου-ξενιστή, καθώς ο γενετικός κώδικας είναι σχεδόν *καθολικός*, αλλά θα μεταφραστεί και η αλληλουχία εντός του εσωνίου, οδηγώντας στη δημιουργία ενός επταπεπτιδίου. Το πεπτίδιο αυτό **δεν** είναι δυνατόν να είναι λειτουργικό.