

Κεφάλαιο 1

– Το γενετικό υλικό



Μεταφασικό χρωμόσωμα

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ
για τη διδασκαλία της Βιολογίας Γ' Λυκείου
Προσανατολισμού Σπουδών Υγείας

Επιμέλεια: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΙΛΛΙΑΣ
Βιολόγος, M.Sc., Υποψήφιος Διδάκτωρ
gvillias.wixsite.com/education



2020



Επισκόπηση της θεωρίας

- ☐ Πείραμα **Griffith** (μετασχηματισμός βακτηρίων)
- ☐ Πείραμα **Avery, MacLeod & McCarty** (επέκταση πειραμάτων Griffith)
- ☐ Πείραμα **Hershey & Chase** (ιχνηθέτηση βακτηρίων με φάγους)
- ☐ Βιοχημικά δεδομένα που υποστηρίζουν ότι **το DNA είναι το γενετικό υλικό**
- ☐ Έννοιες **αποικίας, ιχνηθέτησης, διαδικασιών *in vivo, in vitro***
- ☐ Δομή νουκλεοτιδίων & πολυνουκλεοτιδικών αλυσίδων
- ☐ Δομή **διπλής έλικας DNA** (χαρακτηριστικά μοντέλου)
- ☐ Λειτουργίες **γενετικού υλικού**
- ☐ Έννοιες **γονιδιώματος, απλοειδών, διπλοειδών κυττάρων**
- ☐ Μεγέθη γονιδιωμάτων
- ☐ Οργάνωση **γενετικού υλικού σε προκαρυωτικά** κύτταρα
- ☐ Δομή και χαρακτηριστικά **πλασμιδίων**
- ☐ Οργάνωση **γενετικού υλικού σε ευκαρυωτικά** κύτταρα
- ☐ Στάδια **κυτταρικού κύκλου** (μεσόφαση, κυτταρική διαίρεση – μίτωση, μείωση)
- ☐ Έννοιες **νουκλεοσώματος, ιστονών, ινιδίων χρωματίνης, αδελφών χρωματίδων, μεταφασικού χρωμοσώματος, κεντρομεριδίου**
- ☐ Κατασκευή **καρυοτύπου**
- ☐ Ημιαυτονομία και γενετικό υλικό **μιτοχονδρίων** και **χλωροπλαστών**
- ☐ Οργάνωση **γενετικού υλικού σε ιούς**



Επισημάνσεις & διευκρινίσεις της θεωρίας

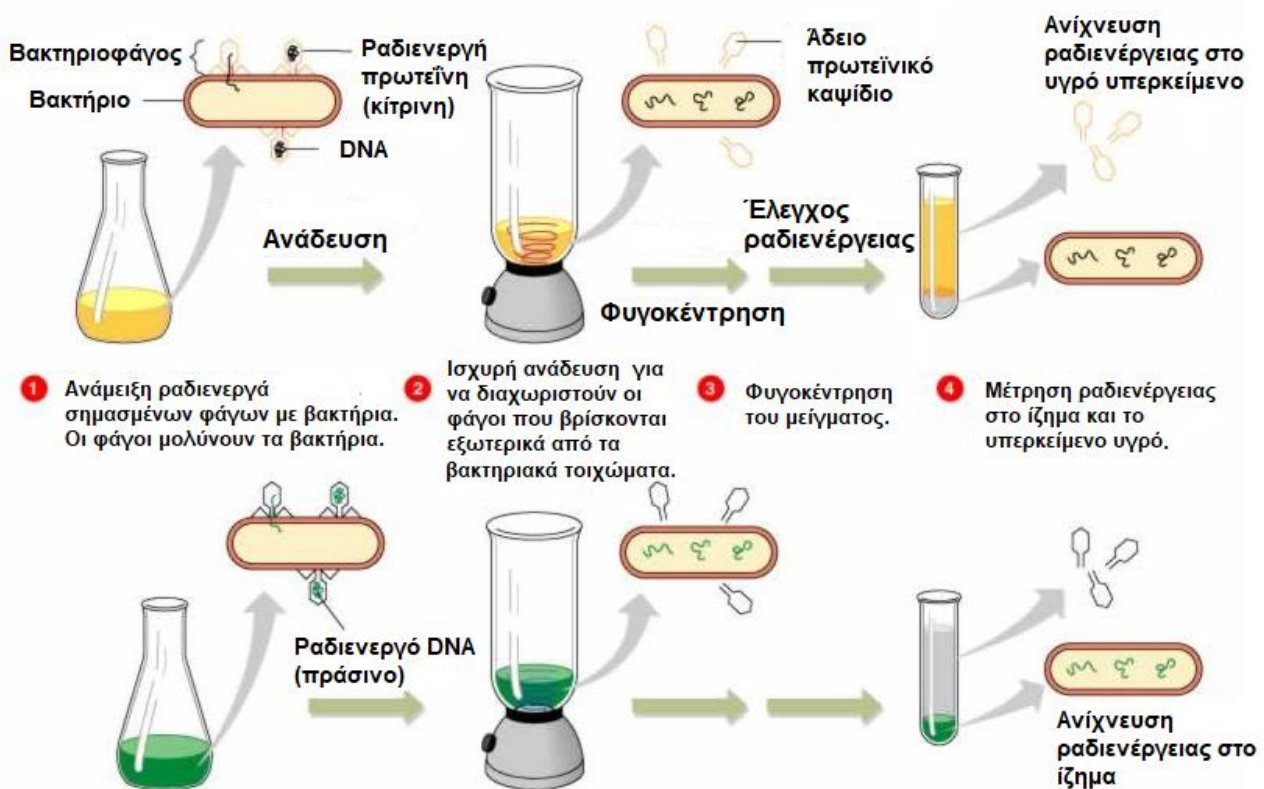
§ Ιχνηθέτηση φάγων & ανίχνευση ραδιενέργειας στο πείραμα των Hershey-Chase

Στο πείραμα των Hershey-Chase οι βακτηριοφάγοι που χρησιμοποιήθηκαν είχαν προηγουμένως σημειωθεί:

- είτε με **ραδιενεργό ισότοπο θείου ^{35}S** , οπότε ιχνηθετήθηκε μόνο το πρωτεϊνικό τους περίβλημα,
- είτε με **ραδιενεργό ισότοπο φωσφόρου ^{32}P** , οπότε ιχνηθετήθηκε μόνο το μόριο DNA που υπάρχει μέσα στην κεφαλή των ιών.



Πείραμα Hershey-Chase



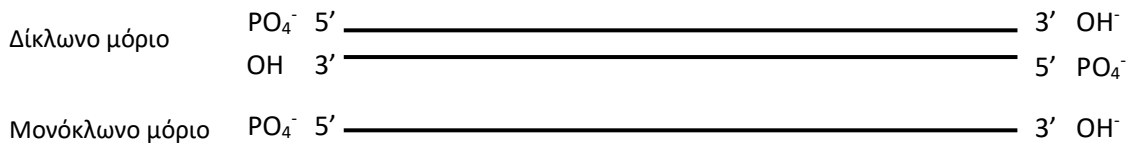
Από το παραπάνω πείραμα, αποδείχτηκε τελικά ότι τα ραδιενεργά σημασμένα μόρια που πέρασαν μέσα στα κύτταρα των βακτηρίων (ίζημα) ήταν τα μόρια DNA των βακτηριοφάγων.



§ 5'-3' Προσανατολισμός αλυσίδας & 3'-5' φωσφοδιεστερικός δεσμός

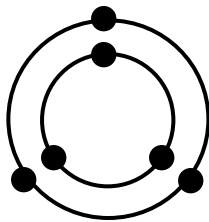
Η κάθε πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, DNA ή RNA, έχει προσανατολισμό 5'-3', που σημαίνει ότι στο 5' άτομο C του 1^{ου} νουκλεοτιδίου της αλυσίδας υπάρχει μια ελεύθερη φωσφορική ομάδα (PO_4), ενώ στο 3' άτομο C του τελευταίου νουκλεοτιδίου της αλυσίδας υπάρχει ένα ελεύθερο υδροξύλιο (OH).

Κατά συνέπεια κάθε γραμμικό μονόκλωνο μόριο DNA (ή RNA) θα έχει 1 ελεύθερη φωσφορική ομάδα και 1 ελεύθερο υδροξύλιο. Κάθε δίκλωνο μόριο DNA (ή RNA) θα έχει 2 ελεύθερες φωσφορικές ομάδες και 2 ελεύθερα υδροξύλια. Αν όμως το μόριο είναι κυκλικό, δε θα υπάρχουν τέτοιες ελεύθερες ομάδες.



Αντιθέτως, ο δεσμός με τον οποίο συνδέονται δύο νουκλεοτίδια μέσα την αλυσίδα ονομάζεται **3'-5' φωσφοδιεστερικός δεσμός**, και συνδέει το 3' άτομο C ενός νουκλεοτιδίου με το 5' άτομο C του επόμενου νουκλεοτιδίου, μέσω μιας φωσφορικής ομάδας.

Για να υπολογίσουμε σωστά των αριθμό των 3'-5' φωσφοδιεστερικών δεσμών που υπάρχουν σε ένα νουκλεϊκό οξύ θα πρέπει να γνωρίζουμε αν το μόριό μας είναι μονόκλωνο ή δίκλωνο, γραμμικό ή κυκλικό. Χρησιμοποιώντας ως δεδομένα τον αριθμό των νουκλεοτιδίων ή των ζευγών βάσεων που μας δίνεται κάνουμε τους ακόλουθους συλλογισμούς και υπολογισμούς:



Κυκλικό Δίκλωνο

Αν το ν εκφράζει ζεύγη βάσεων, τότε οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί θα είναι $\phi.δ. = 2\nu$

$$\text{π.χ., } \nu = 3 \text{ ζ.β., } \phi.δ. = 2\nu = 2 \cdot 3 = 6$$

Αν το ν εκφράζει αριθμό νουκλεοτιδίων, τότε οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί θα είναι $\phi.δ. = \nu$

$$\text{π.χ., } \nu = 6 \text{ νουκλεοτίδια., } \phi.δ. = \nu = 6$$

Γραμμικό Δίκλωνο

Αν το ν εκφράζει ζεύγη βάσεων, τότε οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί θα είναι $\phi.δ. = 2\nu - 2$

$$\text{π.χ., } \nu = 3 \text{ ζ.β., } \phi.δ. = 2\nu = 2 \cdot 3 - 2 = 6 - 2 = 4$$

Αν το ν εκφράζει αριθμό νουκλεοτιδίων, τότε οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί θα είναι $\phi.δ. = \nu - 2$

$$\text{π.χ., } \nu = 6 \text{ νουκλεοτίδια., } \phi.δ. = \nu - 2 = 6 - 2 = 4$$

-----∞-----



§ Αναλογία βάσεων (A+T/G+C)

Η αναλογία των βάσεων (A+T/G+C) είναι χαρακτηριστική για κάθε είδος. Δεδομένου ότι αναφερόμαστε σε δίκλωνα μόρια DNA, από αυτήν μπορούμε ουσιαστικά να βρούμε το ποσοστό συμμετοχής της κάθε βάσης στα μόρια αυτά.

π.χ.

$$\frac{A+T}{G+C} = 0,25 \Leftrightarrow \frac{A+T}{G+C} = \frac{1}{4} \text{ οπότε } \Leftrightarrow \frac{A+T}{A+T+G+C} = \frac{1}{5}$$

Άρα οι Αδενίνες (A) και οι Θυμίνες (T) μαζί αποτελούν το 1/5 ή αλλιώς το 20% του συνόλου των βάσεων του μορίου. Εφόσον αναφερόμαστε σε δίκλωνο μόριο DNA, τα ποσοστά των βάσεων θα είναι: A = 10%, T = 10%, G = 40%, C = 40%.

Η αναλογία των βάσεων (A+T/G+C) αναμένεται να είναι η ίδια σε κάθε πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα ξεχωριστά, αλλά και στο συνολικό δίκλωνο μόριο DNA ενός οργανισμού.

π.χ.

1 ^η αλυσίδα	5' -AAAAAAATTTGGCCC-3'	A+T = 10, G+C = 5 $\frac{A+T}{G+C} = 2$
2 ^η αλυσίδα	3' -TTTTTTTAAACCGGG-3'	A+T = 10, G+C = 5 $\frac{A+T}{G+C} = 2$
Συνολικά	5' -AAAAAAATTTGGCCC-3' 3' -TTTTTTTAAACCGGG-3'	A+T = 20, G+C = 10 $\frac{A+T}{G+C} = 2$

Δεν ισχύει απαραίτητα το ίδιο για διαφορετικές αναλογίες, π.χ. (A+G/T+C)

1 ^η αλυσίδα	5' -AAAAAAATTTGGCCC-3'	A+G = 9, T+C = 6 $\frac{A+G}{T+C} = 1.5$
2 ^η αλυσίδα	3' -TTTTTTTAAACCGGG-3'	A+G = 6, T+C = 9 $\frac{A+G}{T+C} = 0.66$
Συνολικά	5' -AAAAAAATTTGGCCC-3' 3' -TTTTTTTAAACCGGG-3'	A+G = 15, T+C = 15 $\frac{A+G}{T+C} = 1$

Επιπρόσθετα, η αναλογία αυτή μας δίνει πληροφορίες για την σύσταση ενός δίκλωνου μορίου DNA σε ζεύγη βάσεων A-T και G-C, αλλά και τη σταθερότητά του.

π.χ.

$$\text{Αφού } \frac{A+T}{G+C} = \frac{1}{4} \Leftrightarrow \frac{A+T}{G+C} = \frac{20}{80}$$

οπότε θα έχω 20% ζεύγη A – T και 80% ζεύγη G – C.

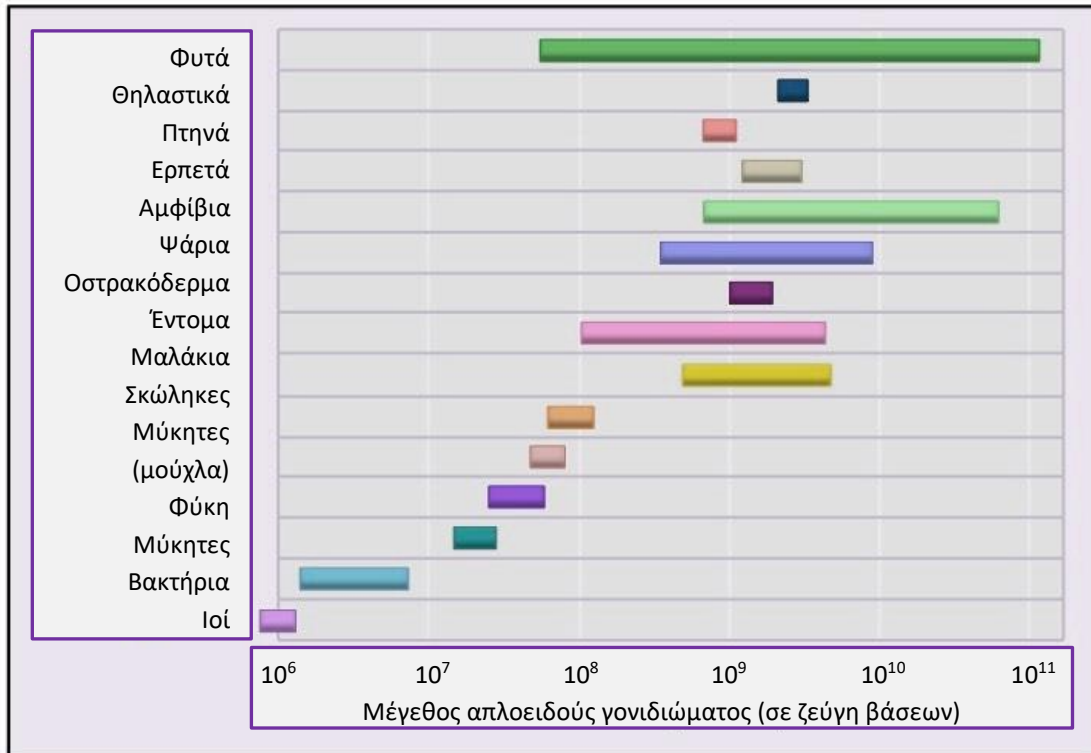
Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των βάσεων G-C, τόσο περισσότεροι δεσμοί υδρογόνου (δ.Η) συνδέουν μεταξύ τους τις δύο αλυσίδες και το δίκλωνο μόριο DNA εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες.





§ Μέγεθος γονιδιωμάτων, αριθμός χρωμοσωμάτων

Το μέγεθος του γονιδιώματος ενός οργανισμού συνήθως αυξάνεται ανάλογα με την πολυπλοκότητά του. Ο κανόνας αυτός όμως δεν είναι απόλυτος και υπάρχουν εξαιρέσεις, π.χ. η σαλαμάνδρα έχει μεγαλύτερο γονιδίωμα από τον άνθρωπο.



Επιπλέον, το μέγεθος του γονιδιώματος ενός διπλοειδούς οργανισμού εξαρτάται από το είδος των κυττάρων (απλοειδή – διπλοειδή) και τις φάσεις του κυτταρικού κύκλου.

π.χ.

Γονιδίωμα ανθρώπου

Σωματικό κύτταρο - Μεσόφαση (ΠΡΙΝ την αντιγραφή) $6 \cdot 10^9$ ζ.β. ή 2m μήκος

Σωματικό κύτταρο - Μεσόφαση (ΜΕΤΑ την αντιγραφή) $12 \cdot 10^9$ ζ.β. ή 4m μήκος

Απλοειδές κύτταρο - Γαμέτης $3 \cdot 10^9$ ζ.β. ή 1m μήκος

Σχετικά με τον αριθμό των χρωμοσωμάτων ενός διπλοειδούς οργανισμού, και πάλι, δεν υπάρχει κάποιος απόλυτος κανόνας που να συνδέεται με την πολυπλοκότητα ή την εξελικτική ιστορία ενός είδους.

π.χ.

Σκύλος: 78 χρωμοσώματα,

Άλογο: 64 χρωμοσώματα,

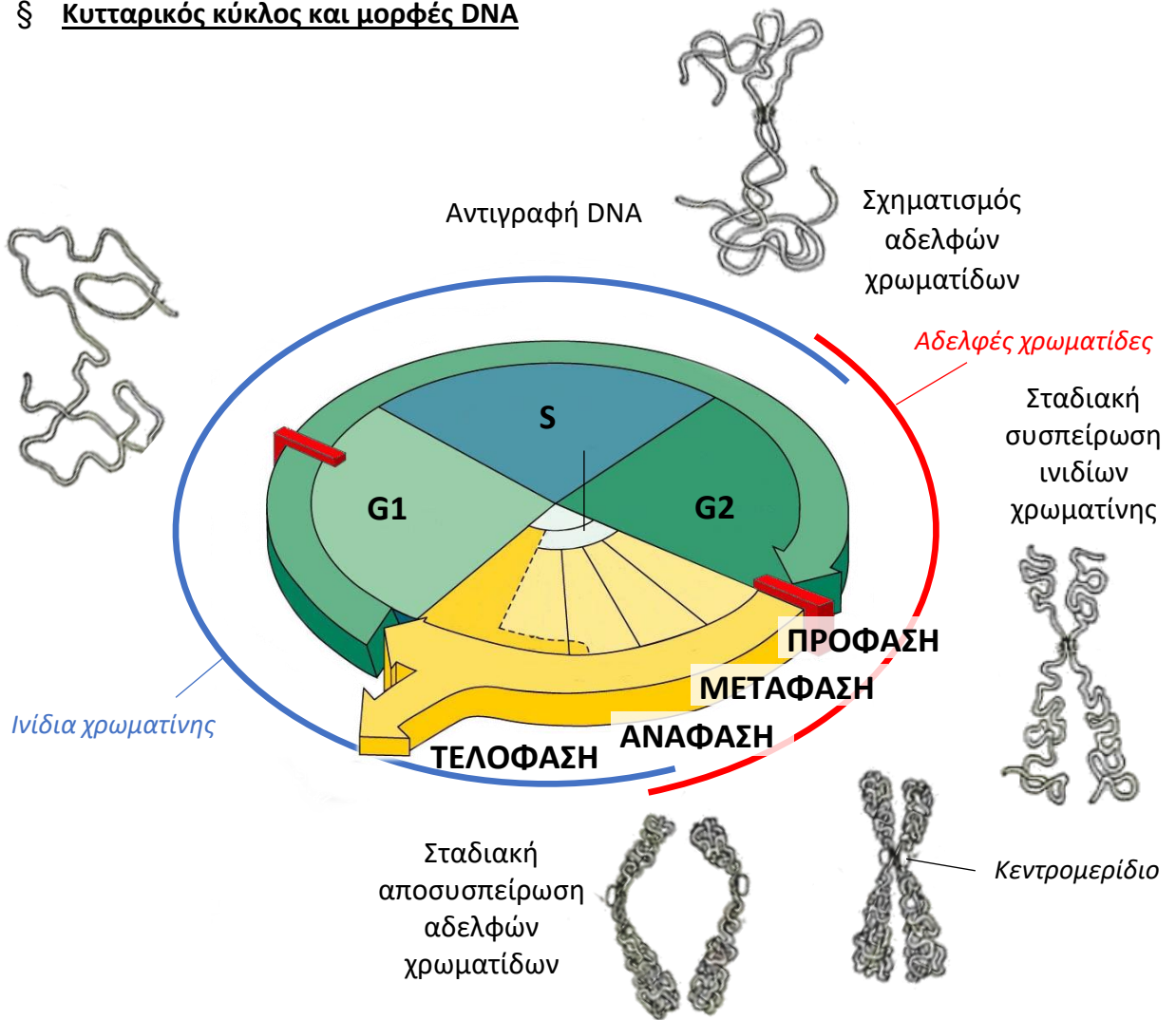
Χιμπατζής: 48 χρωμοσώματα,

Άνθρωπος: 46 χρωμοσώματα





§ Κυτταρικός κύκλος και μορφές DNA

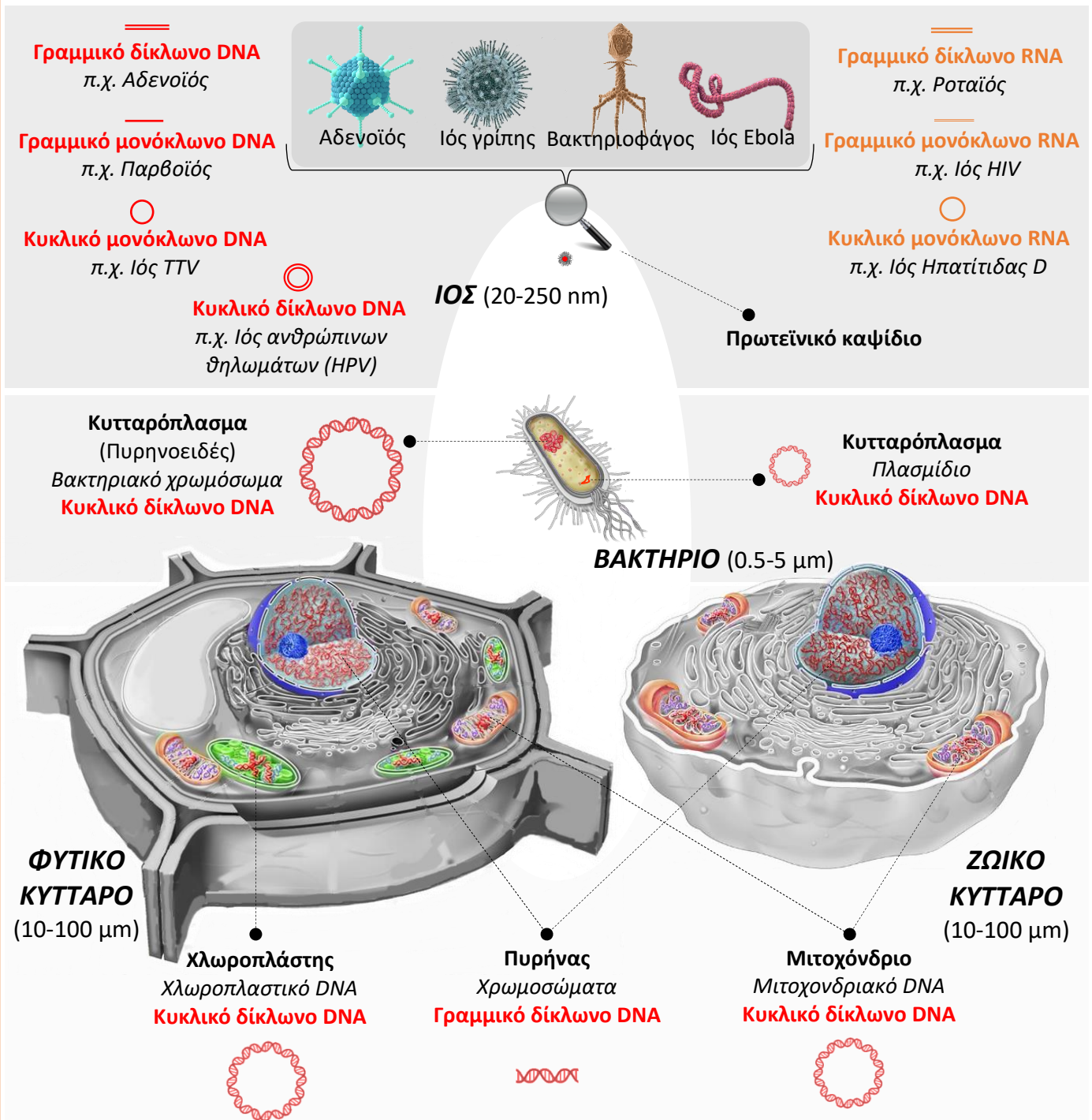


	Χρωμοσώματα	Ινίδια χρωματίνης	Αδελφές χρωματίδες	Μόρια DNA	Ζεύγη βάσεων
Μεσόφαση (ΠΡΙΝ την αντιγραφή)	46	46	-	46	$6 \cdot 10^9$
Μεσόφαση (ΜΕΤΑ την αντιγραφή)	46 (Δ)	(92)	92	92	$12 \cdot 10^9$
Πρόφαση	46 (Δ)	-	92	92	$12 \cdot 10^9$
Μετάφαση	46 (Δ)	-	92	92	$12 \cdot 10^9$
Ανάφαση	92	92	(92)	92	$12 \cdot 10^9$
Τελόφαση	92	92	-	92	$12 \cdot 10^9$
Θυγατρικό κύτταρο	46	46	-	46	$6 \cdot 10^9$
Γαμέτης	23	23	-	23	$3 \cdot 10^9$





§ Γενετικό υλικό ιών, προκαρυωτικών & ευκαρυωτικών κυττάρων



Το γενετικό υλικό ενός οργανισμού δεν είναι πάντα συγκεντρωμένο σε ένα σημείο και δεν έχει απαραίτητα πάντα την ίδια μορφή. Στους ιούς βρίσκεται μέσα σε πρωτεϊνικό καψίδιο και μπορεί να πάρει όλες τις δυνατές μορφές DNA και RNA. Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς εντοπίζεται στο κυτταρόπλασμα (κυκλικό δίκλωνο DNA). Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς μπορεί να εντοπίζεται στον πυρήνα, στα μιτοχόνδρια, αλλά και στους χλωροπλάστες (γραμμικό ή κυκλικό δίκλωνο DNA).





Κατηγορίες ασκήσεων & μεθοδολογία επίλυσης αυτών (21 ασκήσεις)

1. Υπολογισμός δεσμών υδρογόνου, φωσφοδιεστερικών δεσμών & αριθμού/ποσοστών νουκλεοτιδίων

A

Από ανθρώπινο κύτταρο, αλλά όχι από τον πυρήνα, απομονώθηκε μόριο DNA που φέρει 10×10^5 ζεύγη βάσεων. Προσδιορίστηκε ότι $A/C = 1/4$.

- α. Ποιος είναι ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου στο μόριο;
- β. Ποιος είναι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών;

-----∞-----

B

Δίκλωνο μόριο DNA αποτελείται από 300.000 ζεύγη βάσεων. Το ποσοστό των νουκλεοτιδίων με βάση την Α στο μόριο είναι 20%. Στη μια αλυσίδα του μορίου περιέχονται 50.000 νουκλεοτίδια με βάση τη Τ.

- α. Ποιος είναι ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου που περιέχονται στο μόριο;
- β. Ποιος είναι ο αριθμός των νουκλεοτιδίων με βάση την Α σε καθεμία αλυσίδα του μορίου;
- γ. Πόσοι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί συνδέουν τα νουκλεοτίδια του μορίου;

-----∞-----

Γ

Η ανάλυση βάσεων στο ένα μεταφασικό χρωμόσωμα 21 ανθρώπου έδειξε ότι η G αποτελεί το 20% των 5×10^7 ζευγών βάσεων που περιέχονται στο DNA του.

- α. Ποιος είναι ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που φέρουν αδείνη και ποιος ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών σε κάθε μόριο DNA του συγκεκριμένου μεταφασικού χρωμοσώματος;
- β. Ποιος είναι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών στο γονιδίωμα ενός ανθρώπινου σωματικού κυττάρου;
- γ. Ποιος είναι ο αριθμός των φωσφοδιεστερικών δεσμών στο DNA του πυρήνα ενός ωαρίου;
- δ. Ποιες είναι οι ομοιότητες και οι διαφορές του ενός χρωμοσώματος 21 με το δεύτερο χρωμόσωμα 21;



- Διευκρινίζουμε τι μορφή έχουν τα μόρια DNA/RNA που δίνονται (μονόκλινα ή δίκλινα, γραμμικά ή κυκλικά).
- Στην περίπτωση δίκλωνου μορίου θα ισχύει ο κανόνας της συμπληρωματικότητας ($A=T$, 2 δεσμοί υδρογόνου / $C=G$, 3 δεσμοί υδρογόνου).
- Υπολογίζουμε τον αριθμό των νουκλεοτιδίων για κάθε αζωτούχα βάση.





2. Χρήση αναλογιών βάσεων

A

Στη μια αλυσίδα ενός πλασμιδίου η αναλογία $(A+T)/(G+C)$ είναι ίση με 13/14. Να υπολογίσεις την ίδια αναλογία:

- στη συμπληρωματική αλυσίδα του πλασμιδίου και
- σε όλο το πλασμίδιο.



B

Στη μια αλυσίδα μιτοχονδριακού DNA η αναλογία $(A+G)/(T+C)$ είναι ίση με 2/3. Να υπολογίσεις την ίδια αναλογία:

- στη συμπληρωματική αλυσίδα και
- σε όλο το μόριο DNA.



Γ

Δύο τμήματα DNA από διαφορετικούς οργανισμούς έχουν το ίδιο μήκος. Στο πρώτο τμήμα η αναλογία $(A+T)/(G+C)$ έχει τιμή 0,47 και στο δεύτερο 0,53. Ποιο από τα δύο τμήματα είναι ανθεκτικότερο σε υψηλές θερμοκρασίες;



- **Μια αναλογία βάσεων δηλώνει το σχετικό αριθμό νουκλεοτιδίων της βάσης X, ως προς τον αριθμό των νουκλεοτιδίων της βάσης Y, που υπάρχουν σε μία πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα ή σε ένα δίκλωνο κομμάτι νουκλεϊκού οξέος.**
π.χ., αν $X/Y = 2/1$, τότε για κάθε 2 βάσεις X θα υπάρχει 1 βάση Y.
- **Όταν γνωρίζουμε κάποια αναλογία βάσεων για τη μία αλυσίδα ενός δίκλωνου μορίου, μπορούμε να χρησιμοποιούμε τον κανόνα της συμπληρωματικότητας για να υπολογίσουμε τον αριθμό των βάσεων στη δεύτερη αλυσίδα.**
π.χ., αν $A+T/G+C = 3/5$ στη μία αλυσίδα σημαίνει ότι για κάθε 3 αθροιστικά νουκλεοτίδια A και T στην αλυσίδα αυτή, λόγω συμπληρωματικότητας των βάσεων αυτών (A-T ή T-A), θα έχω και πάλι 3 νουκλεοτίδια A και T στην άλλη αλυσίδα.
- **Δεν είναι πάντα χρήσιμο να εξισώσουμε χιαστί τα γινόμενα των όρων μιας αναλογίας, ειδικά αν αυτή αναφέρεται σε μία μόνο πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα**
- **Μερικές φορές είναι χρήσιμο να γράψουμε μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα ή ένα δίκλωνο μόριο που να συμφωνεί με τη δοθείσα αναλογία για να ελέγξουμε αν οι συλλογισμοί μας είναι ορθοί.**





3. Εύρεση είδους και μορφής νουκλεϊκού οξέος

A

Ένα μόριο DNA και ένα μόριο RNA αποτελούνται από 1800 νουκλεοτίδια το καθένα. Αν στο DNA υπάρχουν 1800 φωσφοδιεστερικοί δεσμοί και στο RNA 1799, να χαρακτηρίσετε τι είδους μόριο είναι το καθένα.

-----∞-----

B

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται στοιχεία για 3 διαφορετικά νουκλεϊκά οξέα. Ποιο είναι το είδος και η μορφή του κάθε νουκλεϊκού οξέος;

	Νουκλεϊκό οξύ		
	A	B	Γ
Αριθμός νουκλεοτιδίων	10,000	10,000	10,000
Αριθμός φωσφοδιεστερικών δεσμών	10,000	9,998	10,000
%A	30	30	30
%T	-	-	30
%U	20	30	-
%G	30	20	20
%C	20	20	20



- **Ελέγχουμε αν το νουκλεϊκό οξύ της άσκησης είναι DNA ή RNA**
π.χ., αν έχει βάσεις θυμίνης (T) θα είναι DNA, αν έχει βάσεις ουρακίλης (U) θα είναι RNA.
- **Ελέγχουμε αν το μόριο είναι μονόκλωνο ή δίκλωνο.**
π.χ., αν εφαρμόζεται ο κανόνας της συμπληρωματικότητας ($A=T$ ή $U \& C=G$) θα έχουμε δίκλωνο μόριο, αν όχι θα έχουμε μονόκλωνο μόριο.
- **Ελέγχουμε αν το μόριο είναι γραμμικό ή κυκλικό.**
π.χ., αν ο αριθμός των νουκλεοτιδίων είναι ίδιος με τον αριθμό των φωσφοδιεστερικών δεσμών θα είναι κυκλικό, αν όχι θα είναι γραμμικό.





4. Υπολογισμός χρωμοσωμάτων, μορίων DNA, ινιδίων χρωματίνης, ή ζευγών βάσεων σε διαφορετικά κύτταρα και στάδια του κυτταρικού κύκλου

A

Στον καρυότυπο ενός γάτου μετρήθηκαν 38 χρωμοσώματα. Το φύλο στις γάτες καθορίζεται όπως στους ανθρώπους.

- α. Πόσα από αυτά τα χρωμοσώματα είναι αυτοσωμικά και πόσα φυλετικά;
- β. Να υπολογίσεις πόσα μόρια DNA υπάρχουν σε ένα σωματικό κύτταρο γάτου το οποίο βρίσκεται στη μετάφαση της μίτωσης.
- γ. Να υπολογίσεις πόσα μόρια DNA έχει ένα σωματικό κύτταρο γάτου που βρίσκεται στην αρχή της μεσόφασης.
- δ. Να υπολογίσεις πόσα χρωμοσώματα έχει ένας γαμέτης του γάτου.

B

Σε ένα μεταφασικό κύτταρο χιμπατζή (*Pan troglodytes*) υπάρχουν 96 μόρια DNA.

- α. Ποιος είναι ο αριθμός χρωμοσωμάτων ενός σωματικού κυττάρου χιμπατζή;
- β. Ποιος είναι ο αριθμός χρωμοσωμάτων ενός γαμέτη του χιμπατζή;

Γ

Το απλοειδές γονιδίωμα ενός διπλοειδούς οργανισμού αποτελείται από 13 χρωμοσώματα και $2 \cdot 10^9$ ζ.β. (ζεύγη βάσεων) DNA.

- α. Πόσα ζεύγη χρωμοσωμάτων υπάρχουν στον καρυότυπο του οργανισμού;
- β. Πόσα μόρια DNA υπάρχουν σε ένα μεταφασικό κύτταρο του οργανισμού;
- γ. Πόσα ζευγάρια βάσεων υπάρχουν σε ένα μεταφασικό κύτταρο;

Δ

Το απλοειδές γονιδίωμα της αγελάδας αποτελείται από 30 χρωμοσώματα.

- α. Πόσα από τα χρωμοσώματα του απλοειδούς γονιδιώματος είναι αυτοσωμικά και πόσα φυλετικά εάν το φύλο καθορίζεται στην αγελάδα όπως στον άνθρωπο;
- β. Πόσα χρωμοσώματα θα υπάρχουν στον καρυότυπο αυτού του είδους; Από τα χρωμοσώματα του καρυότυπου πόσα θα είναι αυτοσωμικά και πόσα φυλετικά;

E

Στον γαμέτη ενός οργανισμού υπάρχουν 12 αυτοσωμικά χρωμοσώματα. Να υπολογίσεις τον αριθμό των μορίων DNA που υπάρχουν σε ένα σωματικό κύτταρο που βρίσκεται στο στάδιο της μετάφασης της μίτωσης. Πόσα από αυτά τα μόρια θα αποτελούν τα φυλετικά χρωμοσώματα; Να υποθέσεις ότι ο οργανισμός έχει παρόμοιο φυλοκαθορισμό με τον άνθρωπο.



ΣΤ

Στο μεταφασικό σωματικό κύτταρο ενός οργανισμού υπάρχουν 104 αδελφές χρωματίδες.

- α. Να υπολογίσεις τα ζεύγη των χρωμοσωμάτων του οργανισμού.
β. Πόσα χρωμοσώματα θα υπάρχουν σε έναν γαμέτη του οργανισμού;



- **Ελέγχουμε αν το κύτταρο είναι απλοειδές (γαμέτης) ή διπλοειδές (σωματικό).**
- **Προσέχουμε τα δεδομένα που μας δίνονται σε τι κύτταρο αναφέρονται και σε ποια ακριβώς φάση του κυτταρικού τους κύκλου.**
- **Αν ο φυλοκαθορισμός του είδους είναι ίδιος με του ανθρώπου, τα αρσενικά άτομα θα έχουν στα σωματικά τους κύτταρα 2 διαφορετικά, ανισομεγέθη φυλετικά χρωμοσώματα, ενώ τα θηλυκά άτομα θα έχουν 2 ίδια και ισομεγέθη φυλετικά χρωμοσώματα**



5. Αριθμός ελεύθερων φωσφορικών ομάδων σε μόρια DNA

Α

Πόσες ελεύθερες φωσφορικές ομάδες υπάρχουν στο γενετικό υλικό του πυρήνα ενός ανθρώπινου σωματικού κυττάρου;



- **Υπολογίζω τον αριθμό των μορίων DNA.**
- **Ελέγχω τη μορφή των μορίων (γραμμικά ή κυκλικά).**



6. Αντιστοίχιση οργανισμών με γενετικό υλικό

Α

Ένας εξελικτικός βιολόγος ερευνά την εξελικτική σχέση μεταξύ δύο σπονδυλοζώων, του Α και του Β. Για τον σκοπό αυτόν ζητά τη συνδρομή ενός συναδέλφου του βιοχημικού, δίνοντάς του δείγμα των ιστών τους. Η απάντηση από τη βιοχημική ανάλυση ήταν πως ο οργανισμός Α περιέχει στα μεσοφασικά του κύτταρα, πριν από την αντιγραφή, ποσότητα DNA ίση με $4 \cdot 10^9$ ζεύγη βάσεων και πως ο οργανισμός Β περιέχει στα μεταφασικά του κύτταρα ποσότητα DNA ίση με $12 \cdot 10^8$ ζεύγη βάσεων.

α. Με βάση αυτά τα δεδομένα, μπορεί ο εξελικτικός βιολόγος να αποφανθεί για το ποιο από τα δύο σπονδυλόζωα χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα;
β. Ποια η ποσότητα του DNA στους γαμέτες των δύο οργανισμών; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

-----∞-----



B

Φοιτητής του Τμήματος Βιολογίας κατά τη διπλωματική του εργασία πραγματοποίησε 5 πειράματα κατά τα οποία απομόνωσε το DNA από τον πυρήνα και από τα υπόλοιπα οργανίδια φυσιολογικών σωματικών κυττάρων χιμπατζή, ανθρώπου, κοτόπουλου και φύλλων πατατιάς και προσδιόρισε τον αριθμό των μορίων DNA αλλά και το μέγεθός τους. Παρέλειψε όμως να σημειώσει ποιον οργανισμό χρησιμοποίησε σε κάθε πείραμα, αν και θυμάται ότι τους ανέλυσε όλους τους οργανισμούς. Για ποιον οργανισμό πραγματοποίησε δύο φορές πείραμα; Μπορείς να τον βοηθήσεις να αντιστοιχίσει τους 4 οργανισμούς με τα 5 πειράματα αν ξέρεις ότι το κοτόπουλο είναι εξελικτικά κατώτερο ζώο σε σχέση με τον άνθρωπο και τον χιμπατζή;

Αποτελέσματα 1ου πειράματος: Πριν πραγματοποιηθεί η αντιγραφή υπάρχουν 36 ζεύγη χρωμοσωμάτων με $2 \cdot 10^9$ ζεύγη βάσεων. Όλα τα μόρια DNA που προέρχονται από οργανίδια είναι κυκλικά και έχουν το ίδιο μέγεθος μεταξύ τους.

Αποτελέσματα 2ου πειράματος: Πριν από την αντιγραφή του πυρηνικού DNA υπάρχουν 48 χρωμοσώματα με $6 \cdot 10^9$ ζεύγη βάσεων. Όλα τα μόρια DNA που προέρχονται από οργανίδια έχουν το ίδιο μέγεθος μεταξύ τους.

Αποτελέσματα 3ου πειράματος: Στην αρχή της μεσόφασης υπάρχουν στον πυρήνα 46 ινίδια χρωματίνης με $17 \cdot 10^8$ ζεύγη βάσεων. Από τα οργανίδια απομονώνει κυκλικά μόρια DNA τα οποία έχουν δύο διαφορετικά μεγέθη.

Αποτελέσματα 4ου πειράματος: Στη μετάφαση υπάρχουν 144 χρωματίδες με $4 \cdot 10^9$ ζεύγη βάσεων. Όλα τα μόρια DNA που προέρχονται από οργανίδια είναι κυκλικά και έχουν το ίδιο μέγεθος μεταξύ τους.

Αποτελέσματα 5ου πειράματος: Όταν έχει ολοκληρωθεί η μεσόφαση, υπάρχουν 92 μόρια DNA σε κάθε πυρήνα με $12 \cdot 10^9$ ζεύγη βάσεων. Από τα οργανίδια ενός κυττάρου απομονώνει 100 κυκλικά μόρια DNA με μέγεθος $16,7 \cdot 10^3$ ζ.β. το καθένα.



Γ

Σε ένα φυτό πατάτας (*Solanum tuberosum*), που είναι διπλοειδής οργανισμός, παρασιτεί ένας νηματώδης σκώληκας (*Pratylenchus coffeae*), που είναι απλοειδής οργανισμός, ένα βακτήριο (*Pseudomonas putida*) και ένας ιός (ο ιός της πατάτας Y).
α. Να αντιστοιχίσεις τους οργανισμούς με το γενετικό υλικό που περιέχει ο καθένας στο εσωτερικό του. Να αιτιολογήσεις τις επιλογές σου.

Οργανισμός	Γενετικό υλικό/ κύτταρο ή οργανισμός
1. <i>Solanum tuberosum</i>	i. Μονόκλωνο μόριο RNA
2. <i>Pratylenchus coffeae</i>	ii. 6 δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA
3. <i>Pseudomonas putida</i>	iii. 7 δίκλωνα γραμμικά μόρια DNA και 67 δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA
4. ιός της πατάτας Y	iv. 48 δίκλωνα γραμμικά μόρια DNA και 400 δίκλωνα κυκλικά

β. Τα 6 δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA έχουν το ίδιο μέγεθος; Τι πληροφορίες μπορεί να περιέχουν;

γ. Τα 400 δίκλωνα κυκλικά μόρια DNA έχουν το ίδιο μέγεθος; Τι πληροφορίες μπορεί να περιέχουν;



Δ

Έστω δύο ευκαρυωτικοί οργανισμοί, από τους οποίους ο ένας είναι απλοειδής και ο άλλος διπλοειδής. Τα μεταφασικά κύτταρα του ενός οργανισμού φέρουν 14 μόρια DNA, ενώ του άλλου 24 μόρια DNA. Ποιος από τους δύο οργανισμούς είναι ο απλοειδής και ποιος ο διπλοειδής;



- Οι προκαρυωτικοί οργανισμοί διαθέτουν κυκλικά χρωμοσώματα
- Οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί διαθέτουν γραμμικά χρωμοσώματα στον πυρήνα και κυκλικά χρωμοσώματα στα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες
- Οι ιοί μπορεί να διαθέτουν όλες τις μορφές νουκλεϊκών οξέων ως γενετικό υλικό (DNA/RNA, μονόκλωνο/δίκλωνο, γραμμικό/κυκλικό)



7. Ιστόνες και νουκλεοσώματα

Α

Ένα μόριο DNA έχει μοριακό βάρος 8.429.200. Αν το μέσο μοριακό βάρος των νουκλεοτιδίων είναι 100, να βρεις τον αριθμό των ιστονών που απαιτούνται για την οργάνωση του μορίου αυτού σε ινίδιο χρωματίνης. Να θεωρήσεις ότι τα κομμάτια του DNA που συνδέουν τα νουκλεοσώματα αποτελούνται από 54 ζεύγη βάσεων το καθένα και ότι ένα ινίδιο χρωματίνης ξεκινά από νουκλεόσωμα και καταλήγει σε νουκλεόσωμα.

Β

Το γονιδίωμα ενός οργανισμού στον γαμέτη του αποτελείται από $0,5 \cdot 10^8$ ζεύγη βάσεων DNA, που είναι οργανωμένα σε 5 χρωμοσώματα. Πόσα περίπου μόρια ιστονών περιλαμβάνονται στα ινίδια χρωματίνης μεσοφασικού πυρήνα σωματικού κυττάρου του οργανισμού αυτού; Δίνεται ότι το ενδιαμέσο τμήμα DNA μεταξύ δύο νουκλεοσωμάτων έχει μήκος 54 ζεύγη βάσεων και ότι τα ινίδια χρωματίνης δεν έχουν στα άκρα τους DNA που δεν είναι τυλιγμένο σε ιστόνες.



- Το κάθε νουκλεόσωμα αποτελείται από 146 ζεύγη βάσεων τυλιγμένα με τη βοήθεια 8 ιστονών.
- Η μαθηματική σχέση που θα δημιουργήσουμε θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν και τα νουκλεοσώματα που βρίσκονται στα άκρα του μορίου DNA.

