

## Φίλη μαθήτριά, φίλε μαθητή,

Το βιβλίο αυτό φιλοδοξεί να σε βοηθήσει στην κατανόηση των σύγχρονων δεδομένων της Μοριακής Βιολογίας και της Βιοτεχνολογίας, να αποτελέσει σύμμακό σου στη μελέτη και να προκαλέσει την κριτική σου σκέψη. Επίσης έχει στόχο να σε βοηθήσει στην προετοιμασία για τις εξετάσεις της Γ΄ Τάξης του Γενικού Λυκείου της Θετικής Κατεύθυνσης.

Το βιβλίο ακολουθεί τη διάταξη της ύλης του σχολικού βιβλίου εξετάζοντας το κάθε κεφάλαιο χωρισμένο σε μικρές ενότητες.

Κάθε ενότητα περιέχει:

1. **Βασικές ερωτήσεις θεωρίας με απάντηση**
2. **Βασικές λυμένες ασκήσεις**
3. **Θέματα προς απάντηση, όπου περιλαμβάνονται:**

- ✓ Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής
- ✓ Ερωτήσεις Σωστού – Λάθους
- ✓ Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού
- ✓ Ερωτήσεις θεωρίας – κρίσεως
- ✓ Ασκήσεις – Προβλήματα.

Στο τέλος κάθε κεφαλαίου περιέχεται μια ενότητα με **επαναληπτικές ερωτήσεις με απάντηση** και **διαγωνίσματα**. Επίσης, μετά το κεφάλαιο 5 και μετά το κεφάλαιο 9 υπάρχουν **επαναληπτικά διαγωνίσματα** που αφορούν ευρύτερες ενότητες του σχολικού βιβλίου.

Πιστεύουμε ότι, αφού ολοκληρώσεις τη μελέτη κάθε κεφαλαίου και των επαναληπτικών ερωτήσεων και απαντήσεις στα ζητήματα των διαγωνισμάτων που το συνοδεύουν, καθώς και των επαναληπτικών διαγωνισμάτων, θα είσαι σε θέση να ανταποκριθείς στις απαιτήσεις των εξετάσεων.

Τα **θέματα εξετάσεων** που περιέχονται στα θέματα προς απάντηση είναι από τις εξετάσεις Μαΐου-Ιουνίου, Σεπτεμβρίου, επαναληπτικών Ιουνίου (ασθενών) και εσπερινών λυκείων.

**Στο τέλος του βιβλίου υπάρχουν οι απαντήσεις για όλα τα θέματα προς απάντηση, καθώς και οι απαντήσεις όλων των ερωτήσεων και ασκήσεων του σχολικού βιβλίου.**

Ηλίας Αρδίτης – Βιολόγος  
Παναγιώτης Γκιργκινούδης – Διδάκτωρ Βιολογίας  
Δημήτρης Νοταράς – Μ. Sc, Βιολόγος – Βιοχημικός  
Μιχάλης Πιταροκοίλης – Βιολόγος



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## 1. ΤΟ ΓΕΝΕΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

1.1 Το γενετικό υλικό είναι το DNA .....	9
1.2 Δομή και λειτουργίες του γενετικού υλικού .....	15
1.3 Προκαρυωτικά κύτταρα – Μιτοχόνδρια, κλωροπλάστες – Ιοί .....	29
1.4 Ευκαρυωτικά κύτταρα .....	38
1.5 Επαναληπτικές ερωτήσεις .....	56
Διαγώνισμα .....	68

## 2. ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ, ΕΚΦΡΑΣΗ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

2.1 Αντιγραφή του DNA .....	71
2.2 Η ροή της γενετικής πληροφορίας .....	80
2.3 Μεταγραφή του DNA – «Ωρίμανση» του πρόδρομου mRNA .....	86
2.4 Ο γενετικός κώδικας - Μετάφραση .....	93
2.5 Γονιδιακή ρύθμιση .....	125
2.6 Επαναληπτικές ερωτήσεις .....	132
Διαγωνίσματα .....	162

## 3. ΙΟΙ

3.1 Οι ιοί .....	165
Διαγώνισμα .....	177

## 4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΥ DNA

4.1 Περιοριστικές ενδονουκλεάσες – Γονιδιωματική βιβλιοθήκη .....	179
4.2 cDNA βιβλιοθήκη, αποδιάταξη, υβριδοποίηση, PCR .....	195
4.3 Επαναληπτικές ερωτήσεις .....	208
Διαγώνισμα .....	220

## 5. ΜΕΝΔΕΛΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ

5.1 Εισαγωγή .....	223
5.2 Οι νόμοι του Mendel .....	229
5.3 Όταν η γονιδιακή έκφραση τροποποιεί τις αναλογίες που προκύπτουν από τους νόμους του Mendel .....	250

5.4	Μενδελική κληρονομικότητα και Άνθρωπος	265
5.5	Επαναληπτικές ερωτήσεις	290
	Διαγωνίσματα	317
	<b>ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΑ</b>	321
<b>6. ΜΕΤΑΛΛΑΞΕΙΣ</b>		
6.1	Γονιδιακές μεταλλάξεις	327
6.2	Ασθένειες στον άνθρωπο αποτέλεσμα γονιδιακών μεταλλάξεων	338
6.3	Χρωμοσωμικές ανωμαλίες και περιπτώσεις στον άνθρωπο	348
6.4	Διάγνωση γενετικών ασθενειών και καρκίνος	359
6.5	Επαναληπτικές ερωτήσεις	366
	Διαγώνισμα	380
<b>7. ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ</b>		
7.1	Η Βιοτεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων	383
7.2	Επαναληπτικές ερωτήσεις	406
	Διαγώνισμα	412
<b>8. Η ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ</b>		
8.1	Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στην Ιατρική	415
8.2	Επαναληπτικές ερωτήσεις	426
	Διαγώνισμα	432
<b>9. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ</b>		
9.1	Εφαρμογές της Βιοτεχνολογίας στη γεωργία και την κτηνοτροφία	435
9.2	Επαναληπτικές ερωτήσεις	450
	Διαγώνισμα	462
	<b>ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΑ</b>	464
	<b>ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ</b>	475
	<b>ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ</b>	583

## 1.1. Το γενετικό υλικό είναι το DNA



### ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

**1.1.1** Γιατί οι επιστήμονες πίστευαν ότι τα μόρια που μεταφέρουν τη γενετική πληροφορία είναι οι πρωτεΐνες;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι επιστήμονες πίστευαν έως και το 1944 ότι οι πρωτεΐνες και όχι το DNA είναι τα μόρια που μεταφέρουν τη γενετική πληροφορία, διότι οι πρωτεΐνες δομούνται από είκοσι διαφορετικά αμινοξέα και συνεπώς παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία από το DNA, το οποίο είναι συνδυασμός τεσσάρων μόνο διαφορετικών νουκλεοτιδίων.

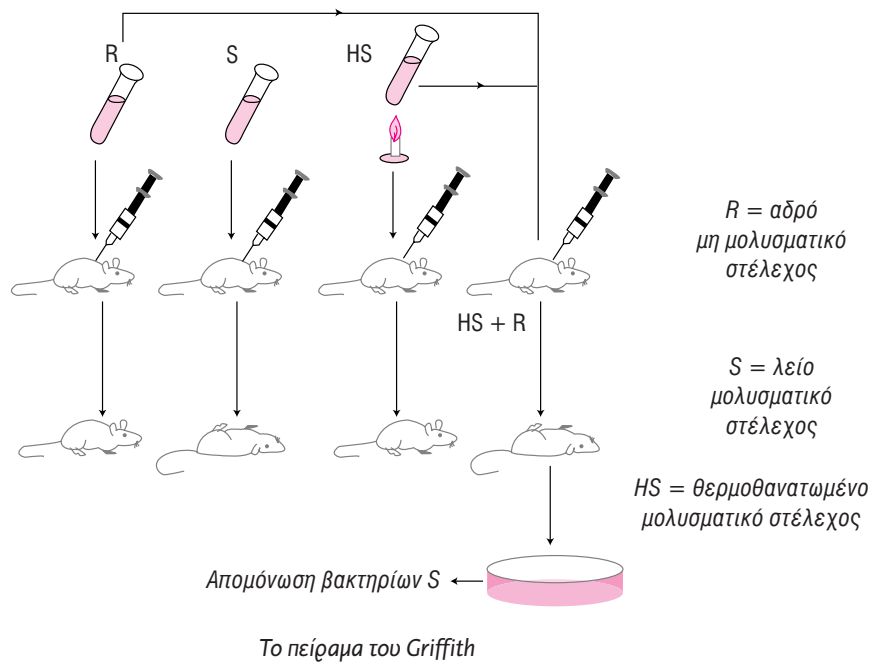
**1.1.2** Να περιγραφεί το πείραμα του Griffith.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το πείραμα του Griffith έγινε σε στελέχη ενός βακτηρίου, του πνευμονιόκοκκου (*Diplococcus pneumoniae*). Ο Frederick Griffith χρησιμοποίησε δύο διαφορετικά στελέχη που ξεχωρίζουν μορφολογικά, όταν καλλιεργηθούν σε θρεπτικό υλικό, λόγω της παρουσίας ή μη ενός προστατευτικού καλύμματος. Το στέλεχος που έχει κάλυμμα (στέλεχος S) σχηματίζει λείες αποικίες, είναι παθογόνο και σκοτώνει τα ποντίκια τα οποία μολύνει, ενώ το στέλεχος που δεν έχει κάλυμμα (στέλεχος R) σχηματίζει αδρές αποικίες και δεν είναι παθογόνο.

Έτσι, το 1928 ο Griffith:

- όταν μόλυνε ποντίκια με αδρά βακτήρια (R), τα ποντίκια παρέμεναν ζωντανά
- όταν μόλυνε ποντίκια με λεία βακτήρια (S), τα ποντίκια πέθαιναν από πνευμονία
- όταν μόλυνε ποντίκια με λεία βακτήρια που προηγουμένως είχαν νεκρωθεί (HS) με υψηλή θερμοκρασία, τα ποντίκια παρέμεναν ζωντανά
- όταν μόλυνε ποντίκια με ένα μείγμα από νεκρά λεία βακτήρια (μη μολυσματικά λόγω θέρμανσης) και ζωντανά αδρά μη μολυσματικά στελέχη (HS + R), τότε τα ποντίκια πέθαιναν και στο αίμα τους βρίσκονταν ζωντανά λεία βακτήρια (S).



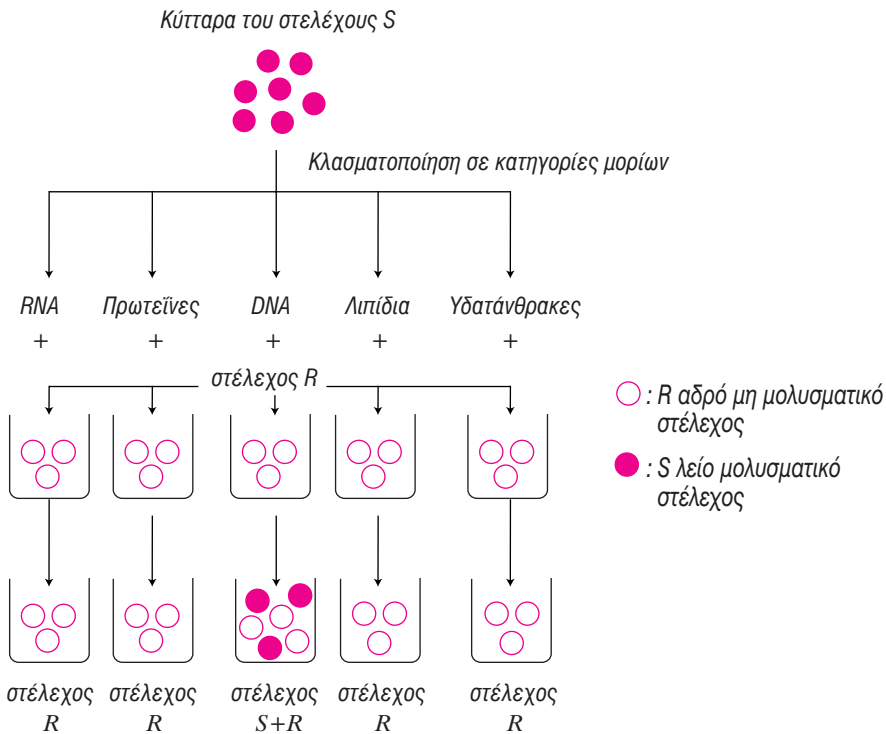
Το συμπέρασμα του Griffith από το πείραμα ήταν ότι μερικά ζωντανά αδρά βακτήρια «**μετασχηματίστηκαν**» σε λεία παθογόνα μετά από κάποια αλληλεπίδρασή τους με τα νεκρά λεία βακτήρια, χωρίς όμως να δώσει ικανοποιητική απάντηση για το πώς γινόταν αυτό.

### 1.1.3 Πώς, με βάση το πείραμα του Griffith, αποδείχθηκε ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό των οργανισμών από τους Avery, Mac-Leod και McCarty;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η απάντηση για το πώς γίνεται ο μετασχηματισμός των αδρών βακτηρίων (μη παθογόνων) σε λεία (παθογόνα) δόθηκε από τα πειράματα των Oswald Avery, Colin Mac-Leod και Macllyn McCarty, που μετά από 16 χρόνια (το 1944) επανέλαβαν το πείραμα του Griffith *in vitro*. Διαχώρισαν τα συστατικά των νεκρών λείων βακτηρίων σε DNA, RNA, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες κ.λπ. και έλεγξαν ποιο συστατικό από τα παραπάνω είχε την ικανότητα μετασχηματισμού.

Το συμπέρασμα από τα πειράματα αυτά ήταν, όπως φαίνεται και από το παρακάτω σχήμα, ότι το συστατικό που προκαλούσε το μετασχηματισμό των αδρών βακτηρίων σε λεία ήταν το DNA.



Πειράματα των Avery, Mac-Leod και McCarty

### 1.1.4 Ποια βιοχημικά δεδομένα υποστήριζαν ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα βιοχημικά δεδομένα εκείνης της εποχής (1930 - 1950) τα οποία υποστήριζαν ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό ήταν τα εξής:

- Η ποσότητα του DNA σε κάθε οργανισμό είναι σταθερή, χωρίς να επηρεάζεται από αλλαγές στο περιβάλλον.
- Η ποσότητα του DNA είναι η ίδια σε όλα τα σωματικά κύτταρα ενός οργανισμού, όπως στα κύτταρα του ήπατος, της καρδιάς, του δέρματος.
- Τα γαμετικά κύτταρα (γαμέτες) των ανώτερων ζώων και φυτών περιέχουν τη μισή ποσότητα DNA από τα σωματικά κύτταρα.
- Η ποσότητα του DNA είναι, κατά κανόνα, ανάλογη με την πολυπλοκότητα του οργανισμού.

Πρέπει να τονιστεί ότι η ποσότητα του DNA στα κύτταρα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου.

📌 Υπάρχουν κύτταρα του ανθρώπου που είτε δεν έχουν πυρήνα, άρα και γενετικό υλικό (π.χ. ώριμα ερυθρά αιμοσφαίρια), είτε έχουν πολλούς πυρήνες (π.χ. κύτταρα σκελετικών μυών).

### 1.1.5 Με ποια πειράματα οι Hershey και Chase επιβεβαίωσαν οριστικά ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι Alfred Hershey και Martha Chase μελέτησαν τον κύκλο ζωής του βακτηριοφάγου T<sub>2</sub> (ιός που προσβάλλει βακτήρια) και έδωσαν οριστική επιβεβαίωση ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό.

Οι ερευνητές ιχνηθέτησαν διαδοχικά τους φάγους με ραδιενεργό <sup>35</sup>S, που ενσωματώνεται μόνο στις πρωτεΐνες, και με ραδιενεργό <sup>32</sup>P, που ενσωματώνεται μόνο στο DNA. Στη συνέχεια μόλυναν βακτήρια με ραδιενεργούς φάγους και παρατήρησαν ότι μέσα στα βακτήρια εισέρχεται μόνο το DNA των φάγων. Οι πρωτεΐνες, που αποτελούν το περίβλημα των φάγων, δεν εισέρχονται στο βακτήριο.

Το DNA του φάγου αρχίζει να χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς και τα υλικά του βακτηρίου, όπως τα ένζυμα, το ATP και διάφορα κυτταρικά συστατικά, για την αναπαραγωγή του.

Το συμπέρασμα του πειράματος των Hershey και Chase είναι ότι το DNA των φάγων είναι ικανό να «δώσει τις απαραίτητες εντολές» για να πολλαπλασιαστούν και να παραχθούν οι νέοι φάγοι, επομένως το DNA είναι το γενετικό υλικό.

### 1.1.6 Τι σημαίνουν οι όροι αποικία, ιχνηθέτηση, *in vivo* και *in vitro*;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- **Αποικία:** Χαρακτηρίζεται ένα σύνολο από μικροοργανισμούς που έχουν προέλθει από διαδοχικές διαιρέσεις ενός κυττάρου, όταν αυτό αναπτύσσεται σε στερεό θρεπτικό υλικό. Οι αποικίες είναι ορατές με γυμνό οφθαλμό.
- **Ιχνηθέτηση:** Είναι η σήμανση χημικών μορίων με τη χρήση ραδιενεργών ισοτόπων, φθοριζουσών ουσιών κ.λπ. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τη χρήση ραδιενεργού θείου <sup>35</sup>S για την ιχνηθέτηση των πρωτεϊνών και ραδιενεργού φωσφόρου <sup>32</sup>P για την ιχνηθέτηση του DNA.
- ***in vivo*:** Η έκφραση αυτή χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας βιολογικής διαδικασίας όταν αυτή πραγματοποιείται σε ζωντανό οργανισμό.
- ***in vitro*:** Η έκφραση αυτή χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας βιολογικής διαδικασίας όταν αυτή πραγματοποιείται σε δοκιμαστικό σωλήνα.



## ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΑΠΑΝΤΗΣΗ\*

### Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Στις ερωτήσεις 1.1.7 - 1.1.12 να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ή στη φράση που συμπληρώνει σωστά την πρόταση.

**1.1.7** Η ποσότητα του DNA είναι:

- α) σταθερή σε κάθε οργανισμό και σε όλα του τα κύτταρα
- β) ανάλογη, κατά κανόνα, με την πολυπλοκότητα του οργανισμού
- γ) ίδια στα σωματικά και στα γαμετικά κύτταρα ενός ανώτερου οργανισμού
- δ) ίδια σε συγγενικά είδη οργανισμών

**1.1.8** Στα πειράματα των Hershey και Chase αποδείχθηκε ότι:

- α) ολόκληρος ο φάγος T<sub>2</sub> εισέρχεται στο βακτήριο
- β) οι πρωτεΐνες του φάγου T<sub>2</sub> εισέρχονται στο βακτήριο και το DNA είναι το γενετικό υλικό
- γ) μόνο το DNA του φάγου T<sub>2</sub> εισέρχεται στο βακτήριο και είναι το γενετικό υλικό
- δ) το DNA είναι το γενετικό υλικό εφόσον διαπιστώθηκε ραδιενεργό <sup>35</sup>S στο εσωτερικό των βακτηρίων

**1.1.9** Τα βακτήρια που χρησιμοποίησε ο Griffith ήταν:

- α) νεκρά: λεία και αδρά, ζωντανά: λεία
- β) νεκρά: λεία, ζωντανά: λεία και αδρά
- γ) νεκρά: αδρά, ζωντανά: λεία και αδρά
- δ) νεκρά: αδρά και λεία, ζωντανά: αδρά

**1.1.10** Στο πείραμα του Griffith η εμφάνιση ζωντανών λείων βακτηρίων οφείλεται στο ότι μεταφέρθηκε:

- α) το DNA από τα ζωντανά αδρά στα νεκρά λεία
- β) το DNA από τα ζωντανά λεία στα αδρά
- γ) το DNA από τα νεκρά λεία στα ζωντανά αδρά
- δ) η κάψα των νεκρών λείων στα ζωντανά αδρά

**1.1.11** Η ποσότητα του DNA είναι:

- α) ίδια σε όλα τα είδη των σωματικών κυττάρων ενός οργανισμού
- β) διπλάσια στα ηπατικά κύτταρα των οργανισμών
- γ) μικρότερη στους περισσότερους εξελιγμένους οργανισμούς
- δ) η μισή στα διπλοειδή κύτταρα σε σχέση με τα απλοειδή

**Εξετάσεις 2004**

**1.1.12** Στα πειράματά τους οι Avery, Mac-Leod και McCarty διαπίστωσαν ότι ο μετασχηματισμός των αδρών βακτηρίων σε λεία οφείλεται...

- α) στο DNA
- β) στο RNA
- γ) στους υδατάνθρακες
- δ) στις πρωτεΐνες

**Εξετάσεις 2005**

### Ερώτηση Σωστού – Λάθους

**1.1.13** Να χαρακτηρίσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) τις προτάσεις.

- 1. Το πείραμα του Griffith μπορεί να χαρακτηριστεί in vivo. σταθερή και δεν μεταβάλλεται από αλλαγές στο περιβάλλον.
- 2. Η ποσότητα του DNA σε κάθε οργανισμό είναι

**Εξετάσεις 2005**

\* Οι απαντήσεις βρίσκονται στο τέλος του βιβλίου.

3. Οι βακτηριοφάγοι (φάγοι)  $T_2$  εισέρχονται ολόκληροι στα βακτήρια που μολύνουν.
4. Στο πείραμα των Hershey και Chase, μπορούμε να ιχνηθετήσουμε το DNA των βακτηρίων με  $^{32}P$ .
5. Τα νεκρά λεία βακτήρια, στο πείραμα του Griffith, μπορούν να μετασχηματιστούν σε ζωντανά λεία.

## Ερώτηση συμπλήρωσης κενού

**1.1.14** Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά στις παρακάτω προτάσεις:

1. Οι επιστήμονες πίστευαν ότι τα μόρια που μεταφέρουν τη γενετική πληροφορία είναι οι ..... , που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ..... επειδή είναι αποτέλεσμα συνδυασμού ..... διαφορετικών ..... , ενώ το DNA είναι συνδυασμός ..... μόνο .....
2. Ο Griffith χρησιμοποίησε ..... για να σκοτώσει τα ..... βακτήρια και με αυτά μόλυνε ..... , οι οποίοι παρέμειναν ..... . Όταν όμως ανάμειξε ..... βακτήρια με ..... και με το μείγμα μόλυνε τους ..... , τότε αυτοί ..... . Στο ..... των νεκρών ποντικών βρέθηκαν ..... βακτήρια.
3. Οι Avery, ..... και ..... διαπίστωσαν ότι το μόνο συστατικό που προκαλούσε το μετασχηματισμό των ..... βακτηρίων σε ..... ήταν το .....
4. Οι γαμέτες των ανώτερων οργανισμών, που είναι ..... , περιέχουν τη ..... ποσότητα DNA από τα ..... κύτταρα, που είναι .....
5. Οι Hershey και ..... ιχνηθέτησαν τους ..... με ραδιενεργό ..... , που ενσωματώνεται μόνο στις ..... αλλά όχι στο DNA, και με ραδιενεργό ..... που ενσωματώνεται μόνο στο ..... και όχι στις .....

## Ερωτήσεις θεωρίας – κρίσεως

**1.1.15** Πώς επιβεβαιώθηκε οριστικά από τους Hershey και Chase ότι το DNA είναι το γενετικό υλικό των κυττάρων;

*Εξετάσεις 2006*

**1.1.16** Οι επιστήμονες μπορούν να κατασκευάσουν ένα σύνθετο ιό που προσβάλλει βακτήρια (βακτηριοφάγος ή φάγος) και που έχει το πρωτεϊνικό κάλυμμα του φάγου  $T_2$  και το DNA του φάγου  $T_4$ . Όταν ο σύνθετος αυτός φάγος μολύνει ένα βακτήριο, οι απόγονοι φάγοι που θα παραχθούν θα έχουν:

α) τις πρωτεΐνες του φάγου  $T_2$  και το DNA του φάγου  $T_4$

β) τις πρωτεΐνες του φάγου  $T_4$  και το DNA του φάγου  $T_2$

γ) μείγμα του DNA και των πρωτεϊνών και των δύο φάγων

δ) τις πρωτεΐνες και το DNA του φάγου  $T_2$

ε) τις πρωτεΐνες και το DNA του φάγου  $T_4$

Ποια από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστή; Να τεκμηριώσετε την απάντησή σας.

*Ερώτηση σχολικού βιβλίου*

**1.1.17** Ποιες οι διαφορές ανάμεσα στα δύο στελέχη πνευμονιόκοκκου που χρησιμοποίησε ο Griffith στα πειράματά του; Ποιο το πείραμα του Griffith και ποια ερμηνεία έδωσε;

## 1.2. Δομή και λειτουργίες του γενετικού υλικού



### ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

#### 1.2.1 Ποια είναι και από τι αποτελούνται τα νουκλεϊκά οξέα;

##### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα νουκλεϊκά οξέα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: εκείνα που περιέχουν ριβόζη (σάκχαρο) και λέγονται **ριβονουκλεϊκά οξέα** ή **RNA** και εκείνα που περιέχουν δεοξυριβόζη και λέγονται **δεοξυριβονουκλεϊκά οξέα** ή **DNA**.

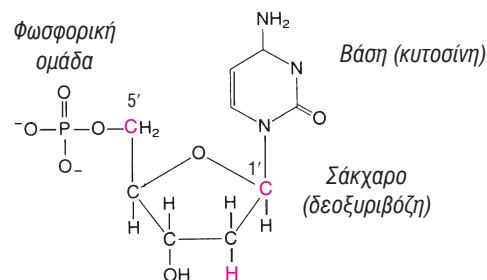
Τα νουκλεϊκά οξέα είναι πολυμερή και αποτελούνται από μονομερή που λέγονται **νουκλεοτίδια**. Τα νουκλεοτίδια περιέχουν μια αζωτούχο βάση, ένα σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα (πεντόζη) και ένα μόριο φωσφορικού οξέος. Το RNA περιέχει στα νουκλεοτίδιά του μια από τις βάσεις αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και ουρακίλη (U). Το DNA περιέχει στα νουκλεοτίδιά του μια από τις βάσεις αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και θυμίνη (T).

#### 1.2.2 Να περιγράψετε τη δομή ενός δεοξυριβονουκλεοτιδίου.

##### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα δεοξυριβονουκλεοτίδια είναι συστατικά των δεοξυριβονουκλεϊκών οξέων (DNA). Κάθε νουκλεοτίδιο που συμμετέχει στη δομή του DNA αποτελείται από τα εξής:

- Μια πεντόζη (σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα), τη **δεοξυριβόζη**.
- Μια **φωσφορική ομάδα** ενωμένη με την πεντόζη στον 5' άνθρακα.
- Μια **αζωτούχο βάση**, που μπορεί να είναι **αδενίνη (A)**, **γουανίνη (G)**, **κυτοσίνη (C)** ή **θυμίνη (T)**, η οποία συνδέεται με την πεντόζη στον 1' άνθρακα.



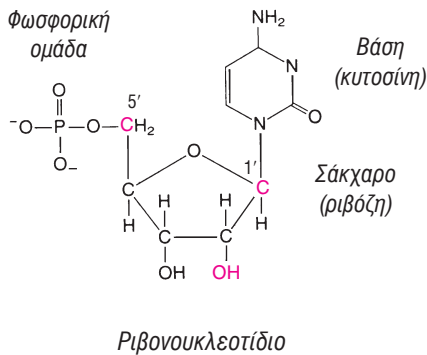
Δεοξυριβονουκλεοτίδιο

📌 Να σημειωθεί ότι τα ελεύθερα υδροξύλια του φωσφορικού οξέος,  $H_3PO_4$ , από το οποίο προέρχεται η φωσφορική ομάδα, σε υδατικό διάλυμα «χάνουν» τα υδρογόνα τους και έτσι η φωσφορική ομάδα φορτίζεται αρνητικά.

### 1.2.3 Να περιγράψετε τη δομή ενός ριβονουκλεοτίδιου.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα ριβονουκλεοτίδια είναι συστατικά των ριβονουκλεϊκών οξέων (RNA). Κάθε νουκλεοτίδιο που συμμετέχει στη δομή του RNA αποτελείται από τα εξής:



- Μια πεντόζη (σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα), τη **ριβόζη**.
- Μια φωσφορική ομάδα ενωμένη με την πεντόζη στον 5' άνθρακα.
- Μια αζωτούχο βάση, που μπορεί να είναι αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) ή **ουρακίλη** (U), η οποία συνδέεται στον 1' άνθρακα της πεντόζης.

### 1.2.4 Με ποιον τρόπο συνδέονται τα νουκλεοτίδια μεταξύ τους για το σχηματισμό μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας; Να περιγράψετε τον 3' - 5' φωσφοδιεστερικό δεσμό.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα νουκλεοτίδια που συμμετέχουν στο σχηματισμό μιας πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικό δεσμό που λέγεται **φωσφοδιεστερικός δεσμός**.

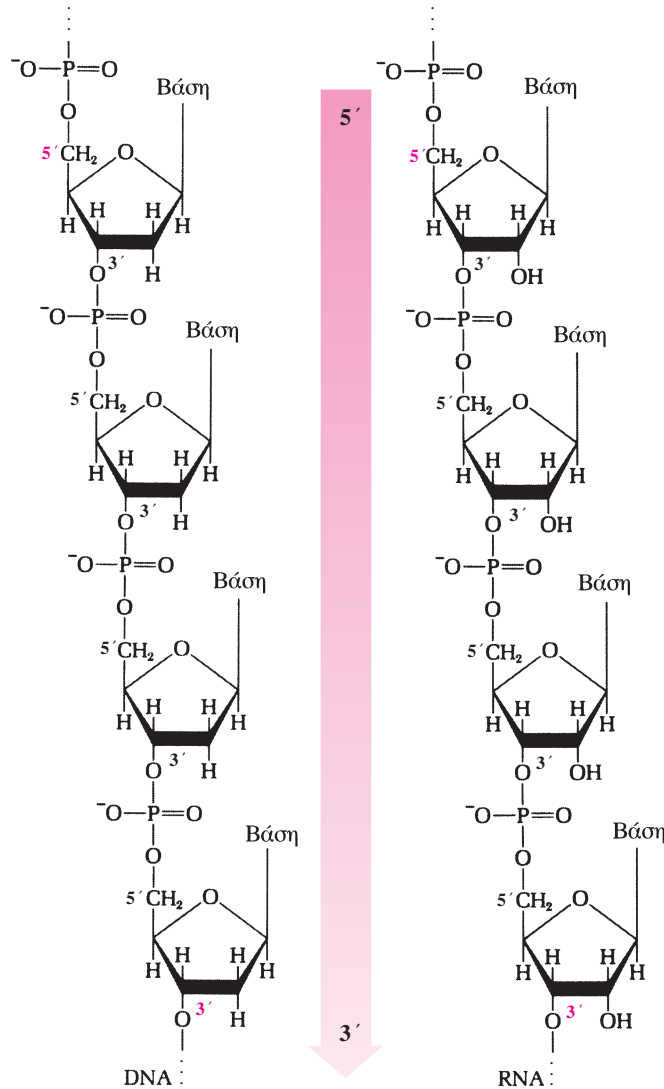
Τα νουκλεοτίδια συνδέονται μεταξύ τους ως εξής: Η πεντόζη του πρώτου νουκλεοτιδίου συνδέεται με τη φωσφορική ομάδα του επόμενου νουκλεοτιδίου, με ταυτόχρονη αποβολή ενός μορίου νερού (αντίδραση συμπύκνωσης). Έτσι, δημιουργείται ένας σκελετός που αποτελείται από την επανάληψη των μορίων:

φωσφορική ομάδα - πεντόζη - φωσφορική ομάδα - πεντόζη -  
φωσφορική ομάδα - πεντόζη - φωσφορική ομάδα - πεντόζη ...

Με άλλα λόγια, οι σταθερές ομάδες των νουκλεϊκών οξέων (DNA, RNA) σχηματίζουν το σκελετό τους. Ο σκελετός αυτός, ο οποίος δεν αλλάζει κατά μήκος του μορίου, αποτελείται, όπως είπαμε, από μόρια ριβόζης ή δεοξυριβόζης συνδεδεμένα με φωσφορικές ομάδες.

Ο δεσμός που σχηματίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών νουκλεοτιδίων, ο **3' - 5' φωσφοδιεστερικός δεσμός**, δημιουργείται μεταξύ του υδροξυλίου του 3' άνθρακα του σακχάρου του πρώτου νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας που είναι συνδεδεμένη στον 5' άνθρακα του σακχάρου του επόμενου νουκλεοτιδίου. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα δινουκλεοτίδιο. Με τη διαδοχική προσθήκη και άλλων νουκλεοτιδίων προκύπτει μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, το πρώτο νουκλεοτίδιο της να έχει πάντα μια ελεύθερη φωσφορική ομάδα στον 5' άνθρακα, ενώ το τελευταίο να έχει ελεύθερο το υδροξύλιο του 3' άνθρακα της πεντόζης του. Γι' αυτόν το λόγο αναφέρεται ότι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας (DNA ή RNA) είναι  $5' \rightarrow 3'$ .



**1.2.5 Σε ποια δεδομένα στηρίχθηκαν οι Watson και Crick για να διατυπώσουν το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA;**

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Οι παρατηρήσεις από την ανάλυση του ποσοστού των βάσεων σε μόρια δίκλωνου DNA από διαφορετικούς οργανισμούς έδειξαν ότι σε κάθε μόριο ισχύουν:

- Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την αδενίνη (A) είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση τη θυμίνη (T), δηλαδή  $A=T$ .
- Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση τη γουανίνη (G) είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την κυτοσίνη (C), δηλαδή  $G=C$ .
- Η αναλογία των βάσεων  $(A+T) / (G+C)$  διαφέρει από είδος σε είδος και σχετίζεται με το είδος του οργανισμού.

Επιπλέον αποτελέσματα που αφορούσαν την απεικόνιση του μορίου του DNA με χρήση ακτίνων - Χ βοήθησαν στην ανακάλυψη της διπλής έλικας.

**1.2.6 Ποιες είναι οι απόψεις για τη δομή του DNA στο χώρο με βάση το σύνολο των συμπερασμάτων των δύο ερευνητικών ομάδων (Maurice Wilkins - Rosalind Franklin και James Watson - Francis Crick); Ποια είναι τα κύρια σημεία του μοντέλου της διπλής έλικας του DNA που διατύπωσαν οι Watson και Crick;**

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι Watson και Crick με βάση το σύνολο των συμπερασμάτων των δύο ερευνητικών ομάδων διατύπωσαν το μοντέλο της διπλής έλικας του DNA. Το μοντέλο αυτό αναφέρεται στη δομή του DNA στο χώρο και έχει τα εξής κύρια σημεία:

1. Το DNA αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που σχηματίζουν στο χώρο μια **δεξιόστροφη** διπλή έλικα.
2. Η διπλή έλικα έχει:
  - α) ένα σταθερό σκελετό, που αποτελείται από επαναλαμβανόμενα μόρια φωσφορικής ομάδας - δεοξυριβόζης και ο οποίος είναι υδρόφιλος και βρίσκεται στο εξωτερικό του μορίου,
  - β) ένα μεταβλητό τμήμα, τις αζωτούχες βάσεις (A, T, C, G), που είναι υδρόφοβες και βρίσκονται προς το εσωτερικό αυτού του σκελετού.
3. Οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας, με βάση τον **κανόνα της συμπληρωματικότητας**. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτόν, η αδενίνη συνδέεται μόνο με τη θυμίνη, ενώ η γουανίνη μόνο με την κυτοσίνη και αντίστροφα. Οι δεσμοί υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων σταθεροποιούν τη δευτεροταγή δομή του μορίου.
4. Ανάμεσα στην αδενίνη και τη θυμίνη αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και την κυτοσίνη τρεις δεσμοί υδρογόνου.
5. Το γεγονός ότι οι δύο αλυσίδες του DNA είναι συμπληρωματικές υποδηλώνει ότι η αλληλουχία της μιας καθορίζει την αλληλουχία της άλλης. Επιπλέον, η συμπληρωματικότητα στο μόριο του DNA έχει τεράστια σημασία για τον αυτοδιπλασιασμό του, την ιδιότητα που το καθιστά το καταλληλότερο μόριο για τη διατήρηση και τη μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας. Κάθε αλυσίδα DNA μπορεί να χρησιμεύει ως καλούπι για τη σύνθεση μιας συμπληρωματικής αλυσίδας, ώστε να παράγονται δύο δίκλινα θυγατρικά μόρια DNA πανομοιότυπα με το μητρικό μόριο.

6. Οι δύο αλυσίδες είναι **αντιπαράλληλες**, δηλαδή το 3' ελεύθερο άκρο της μιας είναι απέναντι από το 5' ελεύθερο άκρο της άλλης.

### 1.2.7 Ποιες είναι συνοπτικά οι λειτουργίες του γενετικού υλικού;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι λειτουργίες του γενετικού υλικού συνοπτικά είναι οι εξής:

- Η **αποθήκευση** της γενετικής πληροφορίας. Στο DNA (ή στο RNA των RNA - ιών) περιέχονται οι πληροφορίες που καθορίζουν όλα τα χαρακτηριστικά ενός οργανισμού και οι οποίες οργανώνονται σε λειτουργικές μονάδες, τα γονίδια.
- Η **διατήρηση** και η **μεταβίβαση** της γενετικής πληροφορίας από κύτταρο σε κύτταρο και από οργανισμό σε οργανισμό, η οποία εξασφαλίζεται με τον αυτοδιπλασιασμό του DNA.
- Η **έκφραση** των γενετικών πληροφοριών, που επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της σύνθεσης των πρωτεϊνών (μέσω της σύνθεσης RNA).

### 1.2.8 Τι είναι γονιδίωμα; Ποια κύτταρα (οργανισμοί) ονομάζονται απλοειδή και ποια (ποιοί) διπλοειδή;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

**Γονιδίωμα** ενός κυττάρου είναι το γενετικό υλικό του.

Όταν το γονιδίωμα υπάρχει σε ένα μόνο αντίγραφο, όπως στα προκαρυωτικά κύτταρα, σε ορισμένα ευκαρυωτικά κύτταρα και στους γαμέτες των διπλοειδών οργανισμών, τα κύτταρα (ή οι οργανισμοί) ονομάζονται **απλοειδή (n)**.

Όταν το γονιδίωμα υπάρχει σε δύο αντίγραφα, όπως στα σωματικά κύτταρα των ανώτερων ευκαρυωτικών οργανισμών, τα κύτταρα (ή οι οργανισμοί) ονομάζονται **διπλοειδή (2n)**.

Στα ευκαρυωτικά κύτταρα ο όρος γονιδίωμα, συνήθως, αναφέρεται στο γενετικό υλικό του πυρήνα.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ


### ✓ Για τη λύση των ασκήσεων θα πρέπει να θυμόμαστε

#### 1. Τα είδη και τις μορφές του γενετικού υλικού:

Το γενετικό υλικό μπορεί να είναι DNA ή RNA, μονόκλωνο ή δίκλωνο, γραμμικό ή κυκλικό.

- Στα ευκαρυωτικά κύτταρα το γενετικό υλικό είναι πάντα δίκλωνο DNA. Στον πυρήνα είναι γραμμικό. Στα μιτοχόνδρια είναι συνήθως κυκλικό (σε ορισμένα κατώτερα πρωτόζωα είναι γραμμικό). Στους χλωροπλάστες είναι κυκλικό.

- Στα προκαρυωτικά κύτταρα το γενετικό υλικό (κυρίως γενετικό υλικό και πλασμίδια) είναι πάντα δίκλωνο κυκλικό DNA.
- Στους ιούς το γενετικό υλικό μπορεί να είναι DNA (κυκλικό ή γραμμικό, μονόκλωνο ή δίκλωνο) ή RNA (κυκλικό ή γραμμικό, μονόκλωνο ή δίκλωνο).

 Όταν αναφερόμαστε σε «**τμήμα**» γενετικού υλικού (DNA ή RNA) που προέρχεται από κυκλικό μόριο, συνήθως, εννοούμε ότι είναι γραμμικό.

## 2. Για τον υπολογισμό των αζωτούχων βάσεων:

- Αν το μόριο του νουκλεϊκού οξέος είναι μονόκλωνο, τότε το μόνο γνωστό είναι ότι το άθροισμα  $A + T$  (ή  $U$ ) +  $G + C = n$ , όπου  $n$  ο αριθμός των νουκλεοτιδίων ή  $A\% + T\%$  (ή  $U\%$ ) +  $G\% + C\% = 100\%$ .
- Αν το μόριο του νουκλεϊκού οξέος είναι δίκλωνο, τότε:
  - $A = T$  (ή  $U$ ) και  $G = C$  ή  $A\% = T\%$  (ή  $U\%$ ) και  $G\% = C\%$ .
  - $A + G = T + C$ , άρα  $\frac{A + G}{T + C} = 1$ .
  - $A + T + G + C = n$ , άρα  $2A + 2G = n$ .
  - Αν ο λόγος  $\frac{A + T}{C + G} = x$  στη μια αλυσίδα, τότε ο ίδιος λόγος είναι  $x$  και στη συμπληρωματική της, αλλά και στο δίκλωνο μόριο.
  - Αν ο λόγος  $\frac{A + C}{T + G} = x$  στη μια αλυσίδα, τότε ο ίδιος λόγος είναι  $\frac{1}{x}$  στη συμπληρωματική της και 1 στο δίκλωνο μόριο.
  - Αν η εκατοστιαία αναλογία, για παράδειγμα, της αδενίνης (A) στη μια αλυσίδα είναι 15% και στη συμπληρωματική της είναι 25%, τότε για να υπολογίσουμε την εκατοστιαία αναλογία της αδενίνης στο δίκλωνο μόριο του DNA γράφουμε  $\frac{15\% + 25\%}{2} = 20\%$ .

## 3. Για τον υπολογισμό των δεσμών υδρογόνου:

Μεταξύ των νουκλεοτιδίων A και T (ή U) αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ μεταξύ των νουκλεοτιδίων C και G αναπτύσσονται τρεις.

- Το σύνολο των δεσμών υδρογόνου είναι ίσο με το άθροισμα των δεσμών που αναπτύσσονται στα ζεύγη A - T (ή U) και C - G.  
 Δεσμοί υδρογόνου = ζεύγη (A - T)  $\times$  2 + ζεύγη (C - G)  $\times$  3 = 2A + 3G.
- Ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου μπορεί να υπολογιστεί ακόμη και εάν δίνεται ο αριθμός των νουκλεοτιδίων της μιας αλυσίδας του δίκλωνου μορίου.  
 Δεσμοί υδρογόνου = 2(A + T) + 3(G + C).



4. Για τον υπολογισμό των φωσφοδιεστερικών δεσμών (φ.δ.):

- Αν το γενετικό υλικό είναι κυκλικό μονόκλωνο ή δίκλωνο, τότε ο αριθμός των φ.δ. είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων (φ.δ. = ν).
- Αν το γενετικό υλικό είναι γραμμικό και δίκλωνο, τότε ο αριθμός των φ.δ. είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων μείον δύο (φ.δ. = ν - 2).
- Αν το γενετικό υλικό είναι γραμμικό και μονόκλωνο, τότε ο αριθμός των φ.δ. είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων μείον ένα (φ.δ. = ν - 1).
- Κατά τη δημιουργία ενός φωσφοδιεστερικού δεσμού αποσπάται κατά την αντίδραση συμπύκνωσης και ένα μόριο νερού. Αριθμός φ.δ. = Αριθμός μορίων νερού. Η ίδια αναλογία ισχύει και κατά την υδρόλυση των φωσφοδιεστερικών δεσμών.

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

**1.2.9 Δίκλωνο μόριο DNA βρέθηκε ότι περιέχει 15% αδενίνη.**

**α) Ποιο είναι το ποσοστό των υπόλοιπων βάσεων στο μόριο του DNA;**

**β) Πόσοι δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται στο μόριο του δίκλωνου DNA, αν αυτό αποτελείται από 600 νουκλεοτίδια;**

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Είναι γνωστό ότι στο δίκλωνο μόριο του DNA ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την αδενίνη (A) είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση τη θυμίνη (T), δηλαδή  $A = T$ . Επιπλέον, ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση τη γουανίνη (G) είναι ίσος με τον αριθμό των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση την κυτοσίνη (C), δηλαδή  $G = C$ .

Το ποσοστό της αδενίνης (A) είναι 15%, επομένως και της θυμίνης (T) θα είναι 15%.

Το άθροισμα του ποσοστού της γουανίνης (G) και της κυτοσίνης (C) θα αποτελεί το υπόλοιπο ποσοστό:  $G + C = 100 - 15(A) - 15(T) = 70$ , άρα  $G = C = 35\%$ .

Επομένως, το ποσοστό των βάσεων στο μόριο του DNA είναι:  $A = 15\%$ ,  $T = 15\%$ ,  $G = 35\%$  και  $C = 35\%$

β) Στο δίκλωνο μόριο του DNA που αποτελείται από 600 νουκλεοτίδια θα έχουμε:

$$A = 15 \times 600 / 100 = 90 \text{ νουκλεοτίδια}$$

$$T = 15 \times 600 / 100 = 90 \text{ νουκλεοτίδια}$$

$$G = 35 \times 600 / 100 = 210 \text{ νουκλεοτίδια}$$

$$C = 35 \times 600 / 100 = 210 \text{ νουκλεοτίδια}$$

Ανάμεσα στην αδενίνη και τη θυμίνη αναπτύσσονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ ανάμεσα στη γουανίνη και την κυτοσίνη τρεις δεσμοί υδρογόνου. Επομένως οι υδρογονοδεσμοί ανάμεσα στην αδενίνη και τη θυμίνη είναι  $90 \times 2 = 180$  και μεταξύ της γουανίνης και

της κυτοσίνης είναι  $210 \times 3 = 630$ . Το σύνολο των υδρογονοδεσμών που αναπτύσσονται στο παραπάνω δίκλωνο μόριο του DNA είναι  $180 + 630 = 810$ .

**1.2.10 Ένα δίκλωνο μόριο DNA βρέθηκε ότι περιέχει 21% αδενίνη. Ποιο είναι το ποσοστό των υπόλοιπων βάσεων στο μόριο του DNA; Πόσοι δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται στο δίκλωνο μόριο του DNA, αν αυτό αποτελείται από 700 νουκλεοτίδια; Ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός διαφορετικών πολυνουκλεοτιδικών αλυσίδων που είναι δυνατόν (θεωρητικά) να προκύψουν από το συνδυασμό του αριθμού των νουκλεοτιδίων της μιας αλυσίδας του παραπάνω μορίου DNA;**

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα ποσοστά των βάσεων και οι αριθμοί των νουκλεοτιδίων είναι τα εξής:

A = 21%	και	$A = 21 \times 700 / 100 = 147$	νουκλεοτίδια
T = 21%	και	$T = 21 \times 700 / 100 = 147$	νουκλεοτίδια
C = 29%	και	$C = 29 \times 700 / 100 = 203$	νουκλεοτίδια
G = 29%	και	$G = 29 \times 700 / 100 = 203$	νουκλεοτίδια

Οι υδρογονοδεσμοί είναι  $147 \times 2 = 294$  και  $203 \times 3 = 609$ , σύνολο  $294 + 609 = 903$ .

Η μια αλυσίδα αποτελείται από  $700 / 2 = 350$  νουκλεοτίδια. Οι διαφορετικοί συνδυασμοί νουκλεοτιδίων που είναι δυνατόν να προκύψουν είναι  $4^{350}$ .

**1.2.11 Το 20% των βάσεων ενός δίκλωνου μορίου DNA είναι αδενίνη.**

**α) Να βρείτε το ποσοστό των υπόλοιπων βάσεων.**

**β) Αν η μια αλυσίδα του παραπάνω μορίου του DNA αποτελείται από 25.000 νουκλεοτίδια, να βρείτε τον αριθμό των διαφορετικών νουκλεοτιδίων που αποτελούν το δίκλωνο μόριο του DNA.**

**γ) Με δεδομένο ότι ένα τμήμα της αλυσίδας του DNA περιέχει την εξής ακολουθία νουκλεοτιδίων: A T A G G T C A C G, να βρείτε τη συμπληρωματική αλυσίδα και τον αριθμό δεσμών υδρογόνου που περιέχονται στο συγκεκριμένο τμήμα του DNA.**

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Τα ποσοστά των βάσεων είναι: A = 20%, T = 20%, C = 30% και G = 30%.

β) Εφόσον η μια αλυσίδα αποτελείται από 25.000 νουκλεοτίδια, το δίκλωνο μόριο θα έχει 50.000 νουκλεοτίδια ( $2 \times 25.000$ ), άρα οι αριθμοί των νουκλεοτιδίων είναι:

$$A = 20 \times 50.000 / 100 = 10.000 \text{ νουκλεοτίδια}$$

$$T = 20 \times 50.000 / 100 = 10.000 \text{ νουκλεοτίδια}$$

$$C = 30 \times 50.000 / 100 = 15.000 \text{ νουκλεοτίδια}$$

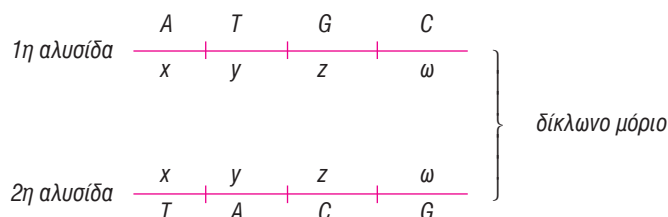
$$G = 30 \times 50.000 / 100 = 15.000 \text{ νουκλεοτίδια}$$

γ) Η άλλη αλυσίδα προκύπτει με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας, δηλαδή απέναντι από την αδενίνη έχουμε θυμίνη και απέναντι από τη γουανίνη έχουμε κυτοσίνη και

αντίστροφα. Η συμπληρωματική αλυσίδα είναι T A T C C A G T G C. Οι αριθμοί των υδρογονοδεσμών είναι  $5 \times 2 = 10$  και  $5 \times 3 = 15$ , δηλαδή ο συνολικός αριθμός δεσμών υδρογόνου είναι 25.

**1.2.12** Σε ένα μόριο DNA ο λόγος  $\frac{A + T}{C + G}$  στη μια αλυσίδα είναι  $\frac{6}{15}$ . Ποιος είναι ο ίδιος λόγος στη συμπληρωματική της αλυσίδα και ποιος στο δίκλωνο μόριο του DNA;

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**



Όπως βλέπουμε από το σχήμα και σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων, στη δεύτερη αλυσίδα οι T αντιστοιχούν στις A της πρώτης και αντίστροφα και οι G της πρώτης αντιστοιχούν στις C της δεύτερης και αντίστροφα. Άρα:

$$\text{Στην πρώτη αλυσίδα έχουμε } \frac{A + T}{G + C} = \frac{x + y}{z + \omega} = \frac{6}{15}.$$

$$\text{Στη δεύτερη αλυσίδα έχουμε } \frac{T + A}{C + G} = \frac{y + x}{\omega + z} = \frac{6}{15}.$$

$$\text{Στο δίκλωνο μόριο έχουμε } \frac{A + T}{G + C} = \frac{x + y + x + y}{z + \omega + z + \omega} = \frac{2(x + y)}{2(z + \omega)} = \frac{x + y}{z + \omega} = \frac{6}{15}.$$

**1.2.13** Σε ένα μόριο DNA ο λόγος  $\frac{A + G}{T + C}$  στη μια αλυσίδα είναι  $\frac{9}{10}$ . Ποιος είναι ο ίδιος λόγος στη συμπληρωματική της αλυσίδα και ποιος στο δίκλωνο μόριο του DNA;

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

**Α' τρόπος**

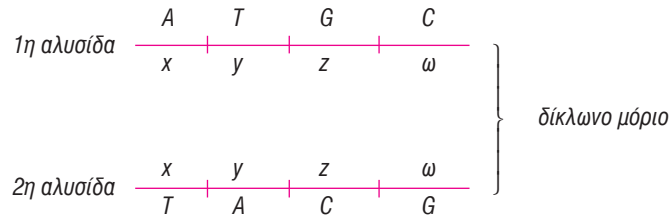
Γνωρίζουμε ότι στη μια αλυσίδα είναι  $\frac{A + G}{T + C} = \frac{9}{10}$ . Στην άλλη αλυσίδα (συμπληρωματική της) είναι  $A = T$  και  $C = G$ , οπότε θα έχουμε:

$$\frac{T + C}{A + G} = \frac{9}{10}, \text{ άρα } \frac{A + G}{T + C} = \frac{10}{9} \text{ (αντιστρέφουμε).}$$

Για το δίκλωνο μόριο, επειδή  $A = T$  και  $G = C$ , ο αντίστοιχος λόγος θα είναι:

$$\frac{A + G}{T + C} = 1.$$

### Β' τρόπος



Στην πρώτη αλυσίδα έχουμε  $\frac{A + G}{T + C} = \frac{x + z}{y + \omega} = \frac{9}{10}$ .

Στη δεύτερη αλυσίδα έχουμε  $\frac{T + C}{A + G} = \frac{9}{10}$ , άρα  $\frac{A + G}{T + C} = \frac{y + \omega}{x + z} = \frac{10}{9}$ .

Στο μόριο έχουμε  $\left. \begin{array}{l} \frac{A + G}{T + C} = \frac{x + y + z + \omega}{y + x + \omega + z} \\ \text{όμως } x, y, z, \omega \in \mathbb{N}^* \end{array} \right\}$ , άρα  $\frac{A + G}{T + C} = 1$ .

## ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΑΠΑΝΤΗΣΗ \*

### Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Στις ερωτήσεις 1.2.14 - 1.2.21 να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ή στη φράση που συμπληρώνει σωστά την πρόταση.

**1.2.14** Ο φωσφοδιεστερικός δεσμός σχηματίζεται:

- α) μεταξύ των αζωτούχων βάσεων των νουκλεοτιδίων
- β) μεταξύ των σακχάρων των νουκλεοτιδίων
- γ) μεταξύ του σακχάρου ενός νουκλεοτιδίου και της φωσφορικής ομάδας του επόμενου νουκλεοτιδίου
- δ) ανάμεσα στις συμπληρωματικές βάσεις

β) οι αζωτούχες βάσεις της μιας αλυσίδας συνδέονται με δεσμούς υδρογόνου με τις αζωτούχες βάσεις της απέναντι αλυσίδας, με βάση τον κανόνα της συμπληρωματικότητας

γ) οι δεσμοί υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων σταθεροποιούν τη δευτεροταγή δομή του μορίου

δ) ισχύουν όλα τα παραπάνω

**1.2.15** Στο δίκλωνο μόριο του DNA:

- α) οι δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες σχηματίζουν στο χώρο μια δεξιόστροφη διπλή έλικα

**1.2.16** Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται από την ένωση των νουκλεοτιδίων με:

- α) δεσμούς υδρογόνου

\* Οι απαντήσεις βρίσκονται στο τέλος του βιβλίου.

- β) φωσφοδιεστερικούς δεσμούς
- γ) πεπτιδικούς δεσμούς
- δ) ετεροπολικούς δεσμούς

**Εξετάσεις 2004**

**1.2.17** Ένα νουκλεοτίδιο DNA μπορεί να αποτελείται από:

- α) δεοξυριβόζη, φωσφορική ομάδα, ουρακίλη
- β) ριβόζη, φωσφορική ομάδα, θυμίνη
- γ) DNA δεσμάση, φωσφορική ομάδα, αδενίνη
- δ) δεοξυριβόζη, φωσφορική ομάδα, αδενίνη

**Εξετάσεις 2006**

**1.2.18** Οι δεσμοί υδρογόνου στο DNA:

- α) σταθεροποιούν την τριτοταγή δομή του μορίου
- β) συνδέουν τις αζωτούχες βάσεις μιας αλυσίδας μεταξύ τους
- γ) συνδέουν τις συμπληρωματικές βάσεις των δύο αλυσίδων
- δ) αναπτύσσονται ανάμεσα στη φωσφορική ομάδα του ενός νουκλεοτιδίου και την πεντόζη του επόμενου

**1.2.19** Ποιος από τους παρακάτω συνδυασμούς για το σχηματισμό ενός νουκλεοτιδίου δεν είναι σωστός;

- α) φωσφορικό οξύ + ριβόζη + κυτοσίνη
- β) φωσφορικό οξύ + ριβόζη + ουρακίλη
- γ) φωσφορικό οξύ + δεοξυριβόζη + αδενίνη
- δ) φωσφορικό οξύ + δεοξυριβόζη + ουρακίλη

**1.2.20** Οι φωσφοδιεστερικοί δεσμοί ενός γραμμικού μορίου DNA που αποτελείται από 400.000 ζεύγη νουκλεοτιδίων είναι:

- α) 400.002
- β) 800.002
- γ) 799.998
- δ) 399.998

**1.2.21** Οι δύο αλυσίδες του DNA είναι αντιπαράλληλες. Αυτό σημαίνει ότι:

- α) η μία αλυσίδα έχει προσανατολισμό 5'→3', ενώ η άλλη 3'→5'
- β) απέναντι από το 5' άκρο της μίας αλυσίδας βρίσκεται το 3' άκρο της άλλης
- γ) το πρώτο νουκλεοτίδιο της μίας αλυσίδας έχει ελεύθερη τη φωσφορική ομάδα στο 5' άκρο, ενώ το πρώτο νουκλεοτίδιο της άλλης έχει ελεύθερο το OH στο 3' άκρο
- δ) τίποτε από τα παραπάνω

## Ερωτήσεις Σωστού – Λάθους

Στις ερωτήσεις 1.2.22 - 1.2.23 να χαρακτηρίσετε με σωστό (Σ) ή λάθος (Λ) τις προτάσεις και να δικαιολογήσετε την καθεμία από αυτές, είτε σωστή είτε λανθασμένη, με μια πρότασή σας.

**1.2.22** 1. Το DNA είναι ένα μακρομόριο που αποτελείται από νουκλεοτίδια.

2. Η αδενίνη συνδέεται με τρεις δεσμούς υδρογόνου με τη θυμίνη.

3. Οι δύο αλυσίδες του DNA είναι παράλληλες, δηλαδή το 3' άκρο της μιας είναι απέναντι από το 3' άκρο της άλλης.

4. Τα νουκλεϊκά οξέα περιέχουν σάκχαρα.

5. Το DNA περιέχει τις τέσσερις διαφορετικές βάσεις A, G, U και C.

6. Τα ζεύγη των νουκλεοτιδίων που έχουν βάσεις A - T είναι λιγότερο «σταθερά» από εκείνα που περιέχουν G - C.

7. Πολλά νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους με ετεροπολικούς δεσμούς και δημιουργούν μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα.

**Εξετάσεις 2003**

**1.2.23** 1. Σε κάθε νουκλεοτίδιο η φωσφορική ομάδα συνδέεται με τον 3' άνθρακα της δεοξυριβόζης.

2. Σε κάθε δίκλωνο μόριο DNA ισχύει A=T και C=G.
3. Ένα νουκλεοτίδιο αδενίνης που είναι συστατικό του DNA είναι ίδιο με ένα νουκλεοτίδιο αδενίνης που είναι συστατικό του RNA.
4. Οι δύο αλυσίδες ενός δίκλωνου μορίου DNA είναι μεταξύ τους πανομοιότυπες και συμπληρωματικές.
5. Σε κάθε δίκλωνο μόριο DNA οι δεσμοί υδρο-

- γόνου είναι λιγότεροι από τους φωσφοδιεστερικούς.
6. Ο προσανατολισμός κάθε αλυσίδας σε ένα μόριο DNA είναι 3'→5'.
7. Η σύνδεση με δεσμούς υδρογόνου της A (αδενίνης) με την C (κυτοσίνη) είναι τόσο ισχυρή όσο και η σύνδεση της T (θυμίνης) με τη G (γουανίνη).

**Εξετάσεις 2001**

## Ερώτηση συμπλήρωσης κενού

**1.2.24** Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά στις προτάσεις.

1. Μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα σχηματίζεται από την ένωση πολλών ..... με ..... δεσμό μεταξύ τους.
2. Η αδενίνη συνδέεται με τη ..... ή την ..... με ..... δεσμούς ..... , ενώ η γουανίνη με την ..... με ..... δεσμούς .....
3. Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει μόνο σε ένα αντίγραφο ονομάζονται ..... , όπως οι ..... των ανώτερων οργανισμών. Τα κύτταρα στα οποία το γονιδίωμα υπάρχει σε δύο αντίγραφα ονομάζονται ..... , όπως τα ..... κύτταρα των ..... οργανισμών.
4. Όταν το κεντρομερίδιο βρίσκεται στο μέσον, το χρωμόσωμα ονομάζεται ..... , όταν βρίσκεται κοντά στο άκρο, ονομάζεται ..... , ενώ, όταν βρίσκεται σε άλλη θέση, λέγεται .....
5. Ο σκελετός του DNA δημιουργείται από εναλλαγή ..... και φωσφορικών ομάδων που συνδέονται μεταξύ τους με ..... δεσμούς.
6. Η σήμανση χημικών μορίων με τη χρήση ραδιοενεργών ισότοπων ονομάζεται .....
7. Οι δύο αλυσίδες στο δίκλωνο μόριο του DNA είναι ..... , δηλαδή το 3' άκρο της μιας είναι απέναντι από το 5' άκρο της άλλης.
8. Το μόριο του DNA αποτελείται από πολλά μονομερή που λέγονται .....
9. Σε μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα κάθε ..... συνδέεται με το επόμενο του με ομοιοπολικό δεσμό που λέγεται .....

## Ερωτήσεις θεωρίας – κρίσεως

**1.2.25** Γνωρίζοντας τις λειτουργίες του γενετικού υλικού, να εξηγήσετε γιατί οι πρωτεΐνες δεν μπορεί να είναι γενετικό υλικό.

**1.2.26** Σε δύο κύτταρα έγινε ανάλυση του γενετικού υλικού τους και βρέθηκε η επόμενη % σύσταση σε αζωτούχες βάσεις:

	A	T	C	G
<b>Κύτταρο 1</b>	28	28	22	22
<b>Κύτταρο 2</b>	31	31	19	19

Τα κύτταρα 1 και 2 ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικά είδη οργανισμών; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**Εξετάσεις 2001**

**1.2.27** Τι εννοούμε όταν αναφέρουμε ότι ο προσανατολισμός της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας είναι  $5' \rightarrow 3'$ ;

**1.2.28** Έχοντας στη διάθεσή σας τον αριθμό των διαφορετικών νουκλεοτιδίων που συνιστούν το γενετικό υλικό δύο διαφορετικών κυττάρων, πώς θα διαπιστώσετε αν τα δύο κύτταρα προέρχονται από οργανισμούς που ανήκουν στο ίδιο είδος;

**1.2.29** Στο μόριο του DNA παρατηρούνται σταθερές και μεταβλητές ομάδες. Να αναφέρετε ποιες είναι οι σταθερές και ποιες οι μεταβλητές ομάδες.

**1.2.30** Πώς συνδέονται τα νουκλεοτίδια για να σχηματιστεί μια πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα;

**1.2.31** Ποιες είναι συνοπτικά οι λειτουργίες του γενετικού υλικού;

*Εξετάσεις 2004*

**1.2.32** Το DNA αποτελεί το γενετικό υλικό όλων των κυττάρων και των περισσότερων ιών. Να περιγράψετε συνοπτικά τις λειτουργίες του γενετικού υλικού.

*Εξετάσεις 2001*

**1.2.33** Πότε ένα κύτταρο χαρακτηρίζεται απλοειδές και πότε διπλοειδές;

*Εξετάσεις 2001, 2007*

**1.2.34** Τι εννοούμε με τον όρο γονιδίωμα; Ποια κύτταρα ονομάζονται απλοειδή και ποια διπλοειδή;

*Εξετάσεις 2006*

## Ασκήσεις – Προβλήματα

**1.2.35** Σε ένα δίκλωνο μόριο DNA βρέθηκε ότι η κυτοσίνη αποτελεί το 17% των αζωτούχων βάσεων του. Ποια είναι τα ποσοστά των υπόλοιπων βάσεων στο μόριο του DNA; Πόσοι δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται στο μόριο του δίκλωνου DNA αν αυτό αποτελείται από 5000 νουκλεοτίδια;

**1.2.36** Σε ένα τμήμα δίκλωνου μορίου DNA βρέθηκε ότι η γουανίνη (G) αποτελεί το 21% των αζωτούχων βάσεων του. Σε ποιες αναλογίες (%) θα βρίσκεται η καθεμία από τις υπόλοιπες αζωτούχες βάσεις του; Πόσα μόρια νερού χρειάζονται για την υδρόλυση του συγκεκριμένου μορίου DNA, αν αυτό αποτελείται από 7000 νουκλεοτίδια;

**1.2.37** Ένα γραμμικό δίκλωνο μόριο DNA περιέχει 9998 φωσφοδιεστερικούς δεσμούς. Αν είναι γνωστό ότι τα ποσοστά των νουκλεοτιδίων που έχουν ως βάση τη θυμίνη είναι 15%, να υπολογίσε-

τε τα ποσοστά των υπόλοιπων βάσεων, καθώς και τον αριθμό τους στο μόριο του DNA.

**1.2.38** Η μία αλυσίδα ενός τμήματος δίκλωνου μορίου DNA έχει την παρακάτω αλληλουχία:  
GGCGTTAAGATCAGTACCTGCTAATGCATCGA  
TAATCCGATCGTACTGA

Να βρείτε τη συμπληρωματική της αλυσίδα, καθώς και τον αριθμό των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται ανάμεσα σε αυτές.

**1.2.39** Στο δίκλωνο μόριο του DNA που ακολουθεί να συμπληρώσετε τις αζωτούχες βάσεις που λείπουν και να υπολογίσετε τον αριθμό των δεσμών υδρογόνου, καθώς και των φωσφοδιεστερικών δεσμών που αναπτύσσονται.

GTAGCTACGTTGTGATAATCT...ATGCAG.....GCC  
.....TAA.....ATAGTAGATAA...

**1.2.40** Ένα δίκλωνο μόριο DNA αποτελείται

από 30.000 ζεύγη βάσεων. Η μια αλυσίδα έχει σύσταση: αδενίνη (A) 17%, θυμίνη (T) 23%, γουανίνη (G) 28% και κυτοσίνη (C) 32%.

Ποιος είναι ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου που συγκρατούν τις δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες;

**1.2.41** Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων ενός κλώνου μιας διπλής έλικας DNA είναι:

5' - GAATTTCCGCCAACATCAGA - 3'

Ποια είναι η αλληλουχία του συμπληρωματικού κλώνου; Ποιος ο αριθμός των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των νουκλεοτιδίων στο δίκλωνο μόριο;