

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Ομάδας

Προσανατολισμού

Θετικών Σπουδών

& Σπουδών Υγείας

ΤΕΥΧΟΣ Α'

Τόμος 1ος

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

"M. Issarris PRESS"

Φωτογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, χρωματικά επεξεργασμένη. Παριστάνει τμήμα χλωροπλάστη, στο εσωτερικό του οποίου διακρίνεται τμήμα (χρωματισμένο ροζ) αμυλόκοκκου.

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ

Ομάδα Εργασίας Υπουργείου Παιδείας, δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

**ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΨΑΛΗΣ, βιολόγος,
εκπαιδευτικός Δ/θμιας
Εκπαίδευσης.**

ΙΩΑΝΝΗΣ - ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

**ΜΠΟΥΡΜΠΟΥΧΑΚΗΣ, βιολόγος,
εκπαιδευτικός Δ/θμιας
Εκπαίδευσης.**

**ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΠΕΡΑΚΗ, δρ Βιολογίας,
μον. πάρεδρος Παιδαγωγικού
Ινστιτούτου.**

**ΣΤΕΡΓΙΟΣ ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΑΚΗΣ, Msc
Ωκεανογραφίας, δρ Βιολογίας,
εκπαιδευτικός Δ/θμιας
Εκπαίδευσης.**

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ**

**ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΠΕΡΑΚΗ, δρ Βιολογίας,
μον. πάρεδρος Παιδαγωγικού
Ινστιτούτου.**

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

**ΚΛΕΙΔΩΝΑΡΗ ΜΑΙΡΙΤΑ, φιλόλογος,
εκπαιδευτικός Δ/θμιας**

Εκπαίδευσης.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ ΚΑΙ

ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

ΣΠΥΡΟΣ Ι. ΠΑΠΑΣΠΥΡΟΥ,

καθηγητής Εφαρμογών του ΤΕΙ

Ηπείρου

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

ΑΡΝΑΟΥΤΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ,

σχολικός σύμβουλος Κλ. ΠΕ4.

ΡΗΓΑ ΝΑΥΣΙΚΑ, βιολόγος,

εκπαιδευτικός Δ/θμιας

Εκπαίδευσης.

ΣΤΡΑΤΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ,

καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης.

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Α.ΚΑΨΑΛΗΣ -
Ι. Ε. ΜΠΟΥΡΜΠΟΥΧΑΚΗΣ
Β. ΠΕΡΑΚΗ – Σ. ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΑΚΗΣ**

**Η συγγραφή και η επιστημονική
επιμέλεια του βιβλίου
πραγματοποιήθηκε υπό την αιγίδα
του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου**

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΤΕΥΧΟΣ Α΄

**Γ΄ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
Ομάδας Προσανατολισμού
Θετικών Σπουδών
& Σπουδών Υγείας**

Τόμος 1ος

Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Αγαπητέ μαθητή,

θα έχεις διαπιστώσει ότι καθημερινά, όποια εφημερίδα ή περιοδικό κι αν διαβάσεις, αναφέρεται σε διάφορα θέματα που, είτε άμεσα είτε έμμεσα, σχετίζονται με τη Βιολογία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη ραγδαία εξέλιξη της επιστήμης αυτής, της οποίας οι εφαρμογές καλύπτουν πλέον όλους τους τομείς της κοινωνικής ζωής (υγεία, περιβάλλον, γεωργία, κτηνοτροφία, οικονομία κ.ά.). Στη διάρκεια του αιώνα που πριν λίγο τελείωσε η επιστήμη της Βιολογίας άλλαξε μεθοδολογία. Η απλή περιγραφή των οργανισμών και των φαινομένων που τους αφορούν έδωσε τη θέση της στον πειραματισμό και την ανακάλυψη. Αυτό επέτρεψε την κατανόηση των δομών και των διαδικασιών της ζωής, καθώς και

της σχέσης που υπάρχει μεταξύ τους. Με το βιβλίο που κρατάς στα χέρια σου, ελπίζουμε να σε βοηθήσουμε να προσεγγίσεις το βασικότερο ίσως από τα αντικείμενα μελέτης της Βιολογίας: τη δομική και λειτουργική μονάδα όλων των οργανισμών, το κύτταρο. Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται τα θέματα που αφορούν τη σύσταση, τη δομή του, όπως και τις βασικές κυτταρικές λειτουργίες, θα σε βοηθήσει να κατανοήσεις τη σχέση που έχουν αυτά με τα αντίστοιχα δομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των διάφορων οργανισμών και φυσικά του ανθρώπου.

- Το κείμενο κάθε κεφαλαίου μαζί με το εικονογραφικό υλικό και τις λεζάντες του, που αποτελούν εξεταστέα ύλη, ελπίζουμε ότι θα σε εισά-

γουν με τρόπο απλό στην υπάρχουσα γνώση τη σχετική με το θέμα που μελετάς κάθε φορά.

- Τα θέματα με τίτλο «**ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ**», σκοπό έχουν να βοηθήσουν στον προβληματισμό και την ανάπτυξη συζήτησης μέσα στην τάξη. Παράλληλα μπορούν να βοηθήσουν τον εκπαιδευτικό να διαπιστώνει κάθε φορά, αν πραγματικά οι μαθητές του κατανόησαν τις έννοιες που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια της διδασκαλίας.

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ

ένα τετραπεπτίδιο αποτελείται από τα αμινοξέα αλανίνη (Α), βαλίνη (Β), ισολευκίνη(Ι), και γλυκίνη (Γ).

- Το υλικό που υπάρχει στα **παραθέματα**, τα οποία συνοδεύουν το κείμενο, δεν αποτελεί εξεταστέα ύλη. Αναφέρεται σε θέματα πρακτικά, επίκαιρα, ιστορικά, ενημερωτικά που έχει στόχο να σε βοηθήσει να αξιοποιήσεις τα θεωρητικά δεδομένα για να ερμηνεύσεις φαινόμενα ή γεγονότα από την καθημερινή ζωή και να διακρίνεις έτσι τη σχέση της Βιολογίας, ως επιστήμης, με αυτήν.

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ DNA

Στις αρχές του 1950 ένας Αμερικανός επιστήμονας ο τ. Γουάτσον, πήγε στο Πανεπιστήμιο του Καμπριτζ, στην Αγγλία, προκειμένου να μελετήσει προβλήματα μοριακής (κρυσταλλογραφικής) δομής του DNA.

- Επιπλέον πληροφοριακό υλικό, που σχετίζεται κυρίως με την εξέλιξη των οργανισμών, το οποίο επίσης δεν εξετάζεται, αποτελεί και αυτό που βρίσκεται σε πλαίσια όπως αυτό της εικόνας

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι τα ίδια είδη δομικών λίθων χρησιμοποιούνται από όλους τους οργανισμούς του πλανήτη μας για την οικοδόμηση των διαφορετικών ειδών πολυμερών.

- Οι **πίνακες**, το περιεχόμενο των οποίων δεν αποτελεί εξεταστέα ύλη σου παρέχουν ταξινομημένες κάποιες επιπλέον πληροφορίες ώστε να έχεις τη δυνατότητα μιας πιο σφαιρικής αντιμετώπισης των θεμάτων που μελετάς.

| ΕΙΔΟΣ ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΗ | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
|---|--|
| Τριόζες Γλυκεριναλδεΰδη, διυδροξυκετόνη | Λειτουργούν ως ενδιάμεσα προϊόντα της φωτοσύνθεσης και της κυτταρι- κής αναπνοής. |
| Πεντόζες Ριβόζη, δεσοξυριβόζη | Συστατικά των νουκλεοτιδίων |

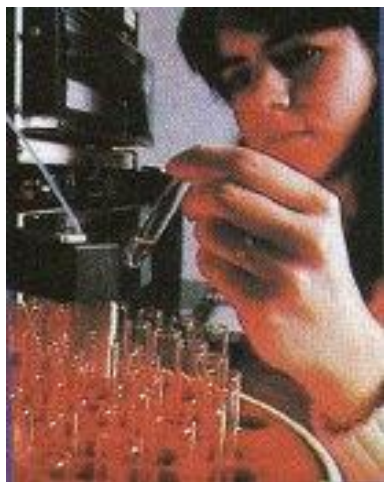
- Οι «Ερωτήσεις – ασκήσεις – προβλήματα» που δίνονται στο τέλος κάθε κεφαλαίου, θα σου δώσουν την ευκαιρία όχι μόνο να κατανοήσεις καλύτερα όσα μελετάς, αλλά και να εμβαθύνεις σε ενδιαφέροντα θέματα.
- Οι μικρές έρευνες υπό τον τίτλο «ας ερευνήσουμε» που προτείνου-

νται, επίσης στο τέλος κάθε κεφαλαίου, θα σου δώσουν την ευκαιρία για δημιουργική προσέγγιση της γνώσης σε θέματα που αφορούν τις εφαρμογές της Βιολογίας στην καθημερινή ζωή, τα οποία θα επεξεργαστείς σε συνεργασία με τους συμμαθητές σου. Και το προϊόν των «ερευνών» αυτών επίσης δεν αποτελεί εξεταστέα ύλη.

Το βιβλίο αυτό θα έχει πετύχει τους στόχους του, αν καταφέρει να σε βοηθήσει να κατανοήσεις βασικές έννοιες της Βιολογίας και κυρίως αν σε προβληματίσει, αν σου δείξει τον τρόπο να σκέφτεσαι, να ερευνάς, να φτάνεις στη γνώση. Ελπίζοντας σ' αυτό σου ευχόμαστε μια δημιουργική χρονιά στο σχολείο.

Οι συγγραφείς

Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗ ΖΩΗ ΜΑΣ



Οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του πολιτισμού μας. Χωρίς την προσφορά τους δε θα ήταν ποτέ δυνατό να επιτευχθεί το επίπεδο ζωής που απολαμβάνει σήμερα ο άνθρωπος. Η Βιολογία είναι η επιστήμη που μελετά τα φαινόμενα και τις διαδικασίες της ζωής, δηλαδή τους οργανισμούς στο περιβάλλον όπου ζουν ενώ ένα μεγάλο τμήμα των μελετών αυτών αφορά έμμεσα ή άμεσα τον ίδιο τον άνθρωπο. Στη Βιολογία επομένως ανήκει ένα σημαντικό κομμάτι της προσφοράς της επιστήμης στον άνθρωπο, χάρη στην πρόοδο που σημειώθηκε σε δύο κυρίως τομείς: τη

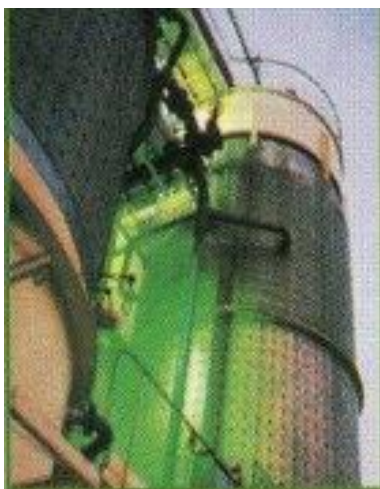
Μοριακή Βιολογία και τη Γενετική Μηχανική – Βιοτεχνολογία. Οι έρευνες στους δύο αυτούς τομείς έχουν συμβάλει αποφασιστικά στον έλεγχο των ασθενειών και στην παραγωγή τροφίμων και άλλων αγαθών.

Οι βιολόγοι ερευνητές που ασχολούνται με τη μελέτη των οργανισμών, στην προσπάθειά τους να βοηθήσουν στην επίλυση κοινωνικών προβλημάτων, όπως αυτά της υγείας, της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, του υποσιτισμού κ.ά., έχουν δημιουργήσει και αναπτύσσουν ποικιλία οργανισμών (φυτικών και ζωικών), που εξασφαλίζουν καλύτερη ποιότητα και μεγαλύτερη ποσότητα προϊόντων από ό,τι οι αρχικές ποικιλίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι ποικιλίες καλαμποκιού, σταριού,

ρυζιού κ.ά., που έχουν στη διάθεσή τους σήμερα οι γεωργοί. Οι ποικιλίες αυτές δίνουν μεγαλύτερη ποσότητα και καλύτερη ποιότητα καρπού ανά φυτό.

Οι κτηνοτρόφοι έχουν επίσης στη διάθεσή τους ποικιλίες εκτρεφόμενων ζώων (χοίρους, κοτόπουλα, αγελάδες κ.ά.) πολύ διαφορετικές από αυτές που υπήρχαν 100 χρόνια πριν. Τα κοτόπουλα γεννούν πολύ περισσότερα αυγά, οι γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες παράγουν πολύ περισσότερο γάλα ημερησίως και οι αγελάδες που εκτρέφονται για το κρέας τους αναπτύσσονται γρηγορότερα. Χαρακτηριστική είναι και η αλλαγή στις ποικιλίες χοίρων. Ειδικοί επιστήμονες δημιούργησαν ποικιλίες με πολύ περισσότερο κρέας σε σχέση με το λίπος, καλύπτοντας το ενδιαφέρον του

σημερινού καταναλωτή για κρέας με λιγότερα λιπαρά. Τη μεγάλη ανάπτυξη στην παραγωγή τροφίμων επέτρεψε επίσης ο έλεγχος και η καταπολέμηση των εντόμων και των μικροοργανισμών που προκαλούν ασθένειες ή εμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών και των ζώων που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για την τροφή του.



Στα θέματα της υγείας είναι επίσης φανταστική η πρόοδος. Ασθένειες όπως η πολιομυελίτιδα έχουν σχεδόν εξαλειφθεί. Πολλές παιδικές ασθένειες, που κάποτε θεωρούνταν φυσιολογικό να τις περάσει κάθε παιδί και να υποστεί τις συνέπειες τους, σήμερα ελέγχονται πλέον πολύ εύκολα με τα εμβόλια. Η γνώση του τρόπου λειτουργίας του

ανθρώπινου οργανισμού βοήθησε στην ανάπτυξη μεθόδων ελέγχου και άλλων ασθενειών, όπως είναι ο διαβήτης, η υψηλή αρτηριακή πίεση και ορισμένες μορφές καρκίνου, δίνοντας ελπίδα και για άλλα επιτεύγματα στο μέλλον.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η μεγάλη σημασία της επιστήμης της Βιολογίας για τον άνθρωπο. Είναι όμως απαραίτητο να μελετάει κανείς Βιολογία στα μαθητικά του χρόνια, αν μάλιστα δε σκοπεύει να ασχοληθεί με σχετικές επιστήμες; Είναι μια ερώτηση που απασχολούσε πάντοτε τους μαθητές, και σίγουρα τους απασχολεί και σήμερα. Η απάντηση γίνεται όλο και πιο εύκολη, αν όχι αυτονόητη. Αν θεωρούμε χρήσιμο για τους μαθητές να γνωρίζουν στοιχεία από τις

άλλες επιστήμες, αυτό γίνεται απαραίτητο για την επιστήμη που μελετά την ίδια τη ζωή.

Καθημερινά γίνεται εντονότερη η ανάγκη όλων των πολιτών να είναι σε θέση να κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο η επιστήμη αυτή επηρεάζει τη ζωή τους και τη ζωή όλων των οργανισμών στον πλανήτη μας.

Σκεφθείτε, για παράδειγμα, πόσο θα επηρεασθεί η ζωή μας από το πώς θα απαντηθούν, τελικά, ερωτήματα όπως:



- **Θα έχουμε ένα αποτελεσματικό εμβόλιο για το AIDS τα επόμενα χρόνια;**

- **Θα μπορέσουμε να εξασφαλίσουμε αρκετή**

τροφή για το συνεχώς αυξανόμενο ανθρώπινο πληθυσμό;

- Σε ποιους τομείς πρέπει να στραφούν οι έρευνες της Γενετικής Μηχανικής, ώστε να ωφεληθούν πραγματικά τον άνθρωπο;
- Πώς θα πάψουν να πεθαίνουν οι άνθρωποι στις χώρες του Τρίτου Κόσμου από αιτίες που κάνουν τον πολιτισμό μας να «ντρέπεται»;
- Πώς θα αποτρέψουμε την εξαφάνιση των διάφορων ειδών και θα διατηρήσουμε την ισορροπία στον πλανήτη μας;

Αυτά και πολλά άλλα ερωτήματα γεννιούνται συνεχώς, και αυτό το διαπιστώνει κανείς εύκολα ξεφυλλίζοντας καθημερινά οποιαδήποτε εφημερίδα ή περιοδικό. Είναι πλέον ανάγκη για κάθε πολίτη μιας δημοκρατικής κοινωνίας να έχει άποψη, να συμμετέχει στα κοινά και να συμβάλλει στη λήψη αποφάσεων.

Τα περισσότερα από τα σημαντικά ερωτήματα της εποχής μας μπορούν να θεωρηθούν παράλληλα από τη φιλοσοφική, την κοινωνική και την επιστημονική σκοπιά. Είναι όμως γεγονός ότι καμιά από τις θεωρήσεις αυτές δεν μπορεί από μόνη της να προτείνει ρεαλιστικές λύσεις, γιατί τα προβλήματα είναι σύνθετα. Για παράδειγμα, είναι γεγονός ότι ο ανθρώπινος πληθυσμός, σε ορισμένες τουλάχιστον περιοχές, αυξάνεται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Μπορεί όλοι να συμφωνούμε ότι πρέπει να μειωθεί ο αριθμός αύξησής του, το ερώτημα όμως είναι πώς θα γίνει αυτό. Κατά καιρούς, σε διάφορες περιοχές, χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι, όπως η στείρωση των γυναικών ύστερα από την απόκτηση δύο παιδιών, αλλά και άλλες, που όμως τελικά

θεωρήθηκαν φιλοσοφικά και κοινωνικά απαράδεκτες. Η επιστήμη της Βιολογίας σήμερα μπορεί να δώσει πληροφορίες για το πώς λειτουργεί το αναπαραγωγικό σύστημα και να προτείνει τρόπους ελέγχου της λειτουργίας του. Η κοινωνία όμως, πριν αποφασίσει, θα πρέπει πρώτα να απαντήσει σε βασικά κοινωνικά και φιλοσοφικά ερωτήματα, σχετικά με τα δικαιώματα στην απόκτηση παιδιών και την ηθική ορισμένων μεθόδων ελέγχου της αύξησης του πληθυσμού. Είναι λοιπόν απαραίτητο να αναγνωρίσουμε ότι η επιστήμη έχει έναν πολύ σημαντικό ρόλο να παίξει στη ζωή του ανθρώπου, αλλά δεν είναι η μοναδική λύση σε όλα μας τα προβλήματα.

Το μέλλον της Βιολογίας

Ως πού μπορεί να φθάσει η επιστήμη της Βιολογίας; Τι έχει να μας δώσει ακόμη; Η εξασφάλιση τροφής για το συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό παραμένει άλυτο πρόβλημα, παρά τις προόδους που έγιναν. Σοβαρές ασθένειες, όπως η αρθρίτιδα και ο καρκίνος, φαίνεται να απαιτούν ακόμη μεγάλη προσπάθεια, για να αντιμετωπιστούν. Ασθένειες που οφείλονται σε αλλαγές στο γενετικό υλικό (κληρονομικές) ζητούν επίσης λύση, και αυτή απαιτεί πλήρη γνώση και κατανόηση των γενετικών μηχανισμών, έτσι ώστε να είναι δυνατή η «σωστή» παρέμβαση στη γενετική πληροφορία.

Οι μεγάλες περιβαλλοντικές καταστροφές, που συμβαίνουν σε

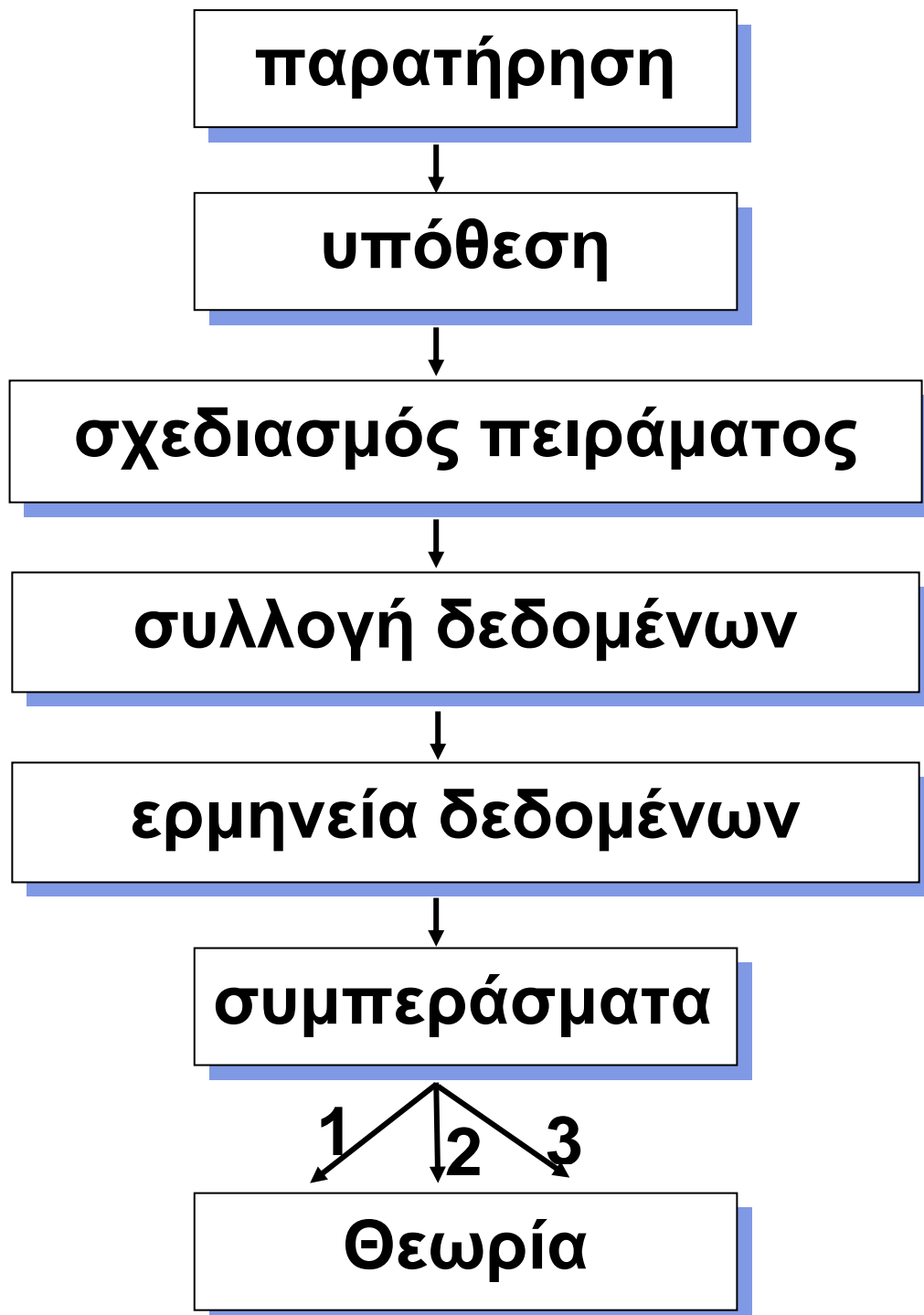
πολλές περιοχές του πλανήτη μας, πρέπει να ισορροπηθούν, και αυτό δεν μπορεί να γίνει χωρίς πλήρη γνώση των μηχανισμών των οικοσυστημάτων και των επιμέρους σχέσεων αλληλεξάρτησης των οργανισμών. Χρειάζεται να μπορούμε να προβλέψουμε με λεπτομέρεια τις «αντιδράσεις» του περιβάλλοντος σε οποιαδήποτε ανθρώπινη ενέργεια από εδώ και πέρα, πριν αυτή πραγματοποιηθεί. Και όλα αυτά πρέπει να γίνουν στο πλαίσιο μιας διαρκώς εξελισσόμενης τεχνολογίας. Χρειάζεται λοιπόν καθένας από εμάς να κατανοήσει δύο πράγματα. Πρώτο ότι είναι πλέον τόσο απαραίτητη – και αναπόφευκτη ίσως– η ανάπτυξη της τεχνολογίας, όσο απαραίτητη είναι και η παράλληλη κατανόηση της λειτουργίας του έμβιου

περιβάλλοντος, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία επηρεάζει τη λειτουργία αυτή. Δεύτερο, και ίσως δυσκολότερο για να το κατανοήσουμε, να το αποδεχτούμε και να λειτουργήσουμε ανάλογα, είναι ότι ο τρόπος ζωής καθενός από εμάς προσδιορίζει το περιβάλλον στο οποίο θα ζήσει η επόμενη γενιά.

Η επιστημονική μέθοδος ως εργαλείο ανάπτυξης της Βιολογίας

Η ανάπτυξη των Φυσικών Επιστημών προϋποθέτει τη συλλογή πληροφοριών και την αξιολόγηση τους για την ερμηνεία φαινομένων ή διαδικασιών. Αυτό φυσικά ισχύει και για τη Βιολογία. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η επιστημονική μέθοδος.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί αναφέρονται τα κυριότερα βήματα αυτής της μεθόδου.



Παρατήρηση: Με την παρατήρηση των δομών ή των φαινομένων αναγνωρίζουμε ότι κάτι συμβαίνει και ότι αυτό επαναλαμβάνεται.

Διαμορφώνουμε ερωτήματα σχετικά με ό,τι παρατηρήσαμε και επιλέγουμε αυτά που κατά την κρίση μας θα μπορούσαν να απαντηθούν.

Συλλέγουμε πληροφορίες σχετικές με το θέμα από βιβλιογραφικές πηγές, συναφείς μελέτες και, αν είναι δυνατό, ανταλλάσσουμε απόψεις με άτομα που ενδιαφέρονται για το ίδιο θέμα.

Υπόθεση: Διατυπώνουμε μια υποθετική απάντηση (εξήγηση) για το θέμα που μας απασχολεί, την πιο πιθανή, με βάση τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεσή μας. Πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι μπορούμε να ελέγξουμε επιστημονικά την

ορθότητά της, όπως επίσης πρέπει να έχουμε πάντα υπόψη μας ότι η υπόθεσή μας μπορεί να αποδειχθεί λανθασμένη.

Σχεδιασμός πειράματος: Σχεδιάζουμε ένα πείραμα ή μια σειρά πειραμάτων, τα οποία θα μας επιτρέψουν να ελέγξουμε την υπόθεση που κάναμε. Χρησιμοποιούμε πάντα μάρτυρες (ομάδα ελέγχου) στα πειράματά μας.

Συλλογή δεδομένων: Κάνουμε τα πειράματα, συλλέγουμε και καταγράφουμε προσεκτικά τα δεδομένα από αυτά.

Ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων: Αναλύουμε και ερμηνεύουμε τα δεδομένα που συγκεντρώσαμε από τα πειράματά μας, συνεκτιμώντας και την προηγούμενη γνώση, αν υπάρχει,

για το θέμα που μελετάμε.

Συμπεράσματα: Καταλήγουμε σε συμπεράσματα που μπορεί να δίνουν απάντηση στο αρχικό μας ερώτημα ή μπορεί να επιβάλλουν επανεξέταση του θέματος.

Όταν οι παρατηρήσεις και τα πειράματα που γίνονται από διαφορετικούς επιστήμονες οδηγούν στα ίδια συμπεράσματα, τότε είναι δυνατό να προκύψει μια **θεωρία**.

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ... 

1. Το 1976 στο Σεβέζο, κοντά στο Μιλάνο, διέρρευσε μεγάλη ποσότητα διοξίνης. Ήταν η μεγαλύτερη έως τότε έκθεση ανθρώπων στην ουσία αυτή.

Το 1993 έγινε μια έρευνα, κατά την οποία καταγράφηκε και μελετήθηκε το ιατρικό ιστορικό ανθρώπων

20 - 74 ετών που κατοικούσαν μέσα και κοντά στο Σεβέζο. Εξετάσθηκαν 550 άτομα που ζούσαν πολύ κοντά στην περιοχή του ατυχήματος, 4.000 άτομα που ζούσαν λίγο μακρύτερα και 20.000 άτομα που ζούσαν μακριά από την περιοχή. Γιατί εξετάστηκε διαφορετικός αριθμός ατόμων στην καθεμιά από τις τρεις αυτές περιοχές;

2. Η επιστημονική μέθοδος είναι ο άξονας κάθε ερευνητικής εργασίας. Μπορεί αυτή η διαδικασία να χρησιμοποιηθεί για την προσέγγιση θεμάτων της καθημερινής ζωής; Πώς θα μπορούσε ένας τέτοιος τρόπος προσέγγισης της ζωής να αλλάξει τις απόψεις σας σχετικά με πράγματα όπως το ντύσιμο ή το είδος του αυτοκινήτου που θα αγοράσετε; Θα μπορούσαν ή πρέπει αυτά να αναλυθούν επιστημονικά;

3. Είναι γνωστό ότι η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) έχει βακτηριοκτόνο δράση και γι' αυτό χρησιμοποιείται για αποστείρωση αντικειμένων ή υλικών.

Ένας ερευνητής προσέθεσε διάλυμα χρωστικής σε δοχείο που περιείχε υλικό καλλιέργειας κυττάρων.

Διαπίστωσε ότι, ενώ το είχε αποστειρώσει με υπεριώδη ακτινοβολία, αναπτύχθηκαν βακτήρια.

Υπέθεσε ότι η χρωστική προστατεύει τα βακτήρια από την UV. Για να το αποδείξει, έκανε το εξής

πείραμα: πήρε δύο άλλα ίδια

δοχεία στα οποία προσέθεσε υλικό καλλιέργειας κυττάρων. Στο υλικό

του ενός δοχείου προσέθεσε και

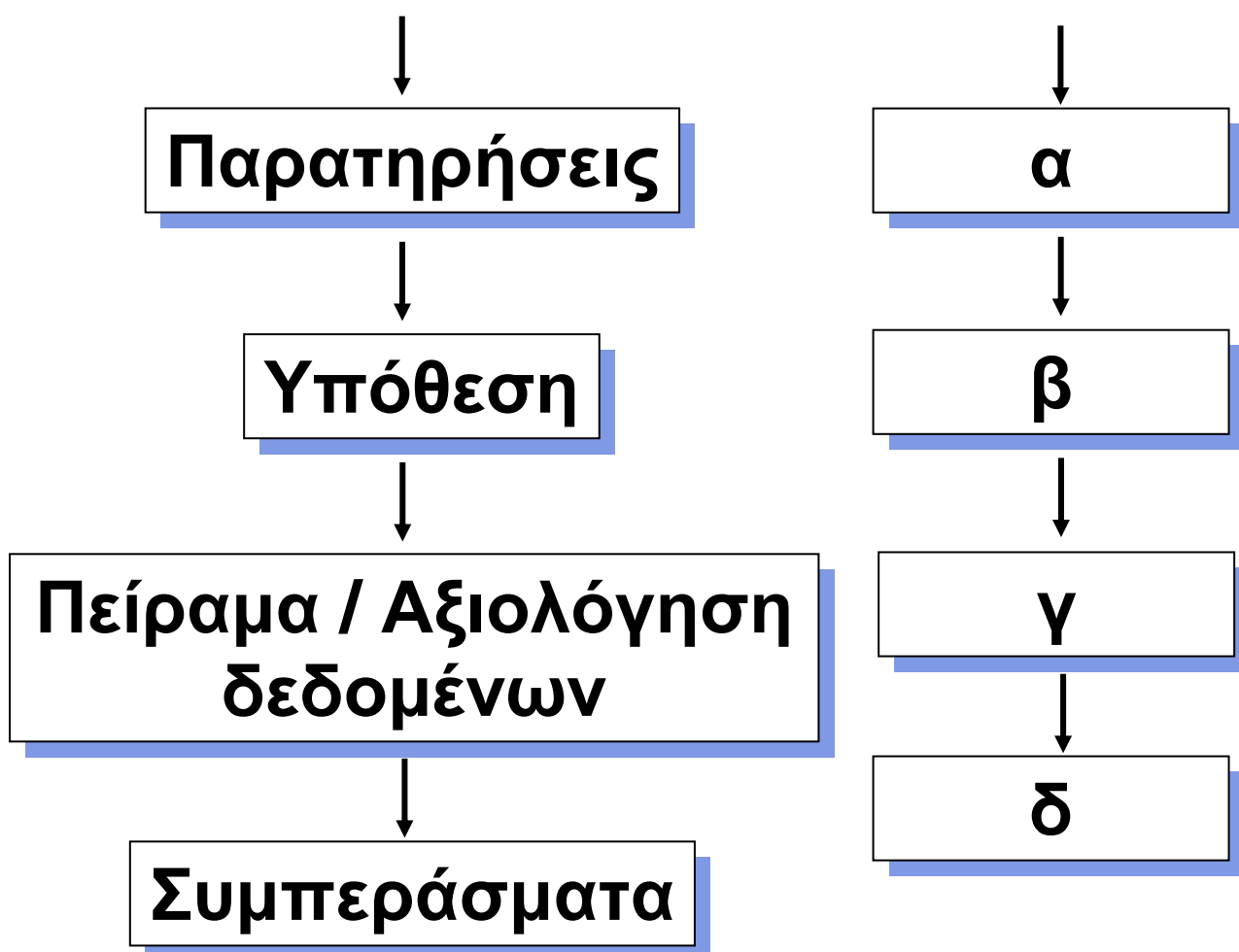
χρωστική, ενώ στο υλικό του άλλου όχι. Και στα δύο δοχεία προστέθη-

καν βακτήρια και ακολούθησε

επώαση. Όταν άρχισαν να

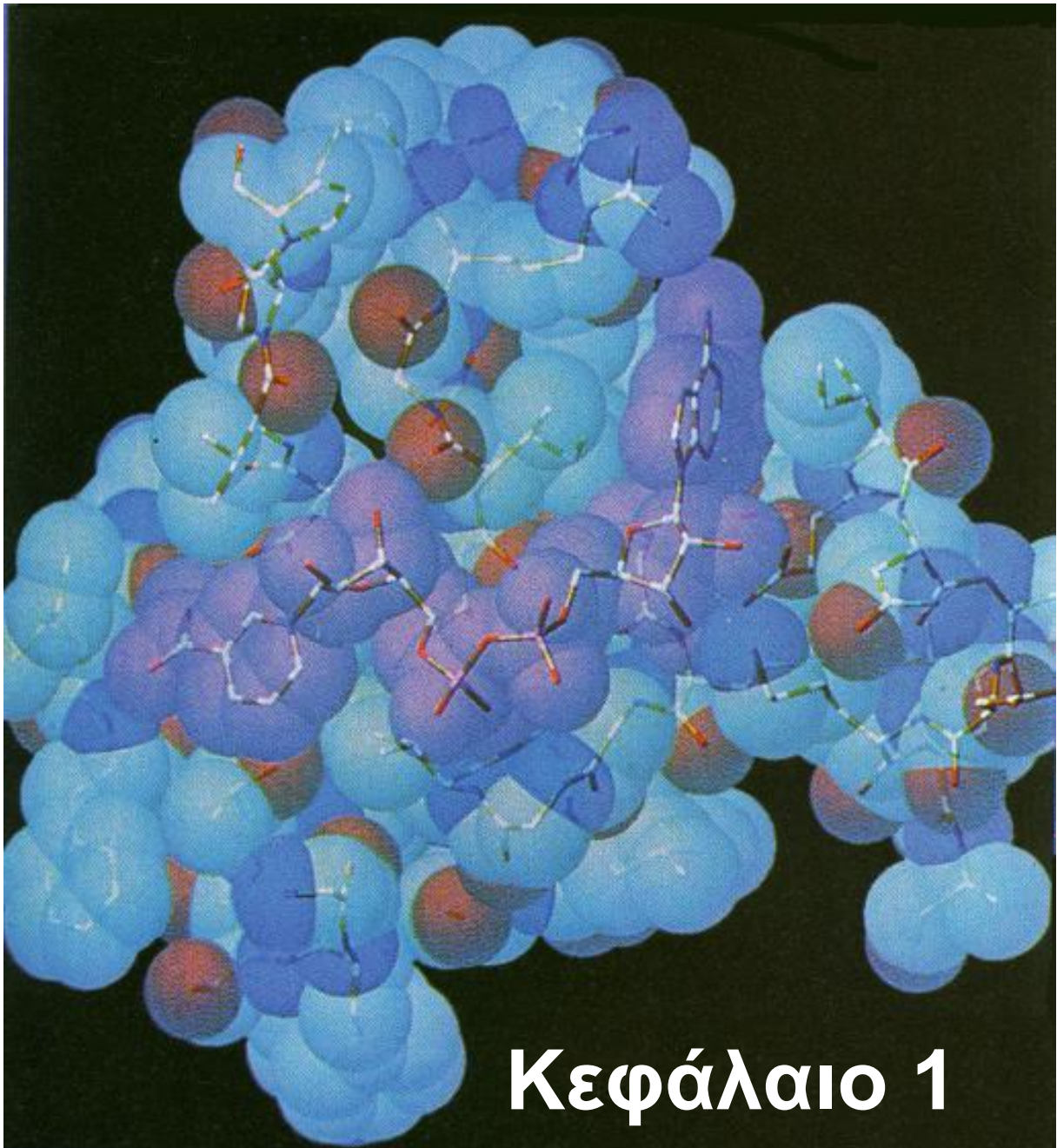
αναπτύσσονται τα βακτήρια, και τα δύο δοχεία ακτινοβολήθηκαν. Με βάση τα δεδομένα αυτά συμπληρώστε τα κενά στη δεξιά στήλη του πίνακα που ακολουθεί.

Επιστημονική μέθοδος Παράδειγμα



ΑΣ ΕΡΕΥΝΗΣΟΥΜΕ...

Συχνά χρησιμοποιούνται ζώα για τον έλεγχο ουσιών και διαδικασιών, πριν αυτές χρησιμοποιηθούν στον άνθρωπο. Πολλοί άνθρωποι είναι αντίθετοι σ' αυτό, παρουσιάζοντας τους δικούς τους προβληματισμούς και τα δικά τους επιχειρήματα. Σχεδιάστε μια μελέτη στο χώρο σας, για να διερευνήσετε τις απόψεις (θετικές ή αρνητικές) και τις προτάσεις που καταθέτουν οι δύο πλευρές. Αξιολογήστε τις απόψεις τους και καταθέστε τεκμηριωμένη τη δική σας άποψη για το θέμα.



Πρότυπο του μορίου της δεϋδρογονάσης της αλκοόλης (ένζυμο). Οι μοβ σφαίρες σε μόρια συνένζυμου NAD.

Χημική σύσταση του κυττάρου

1.1 Η χημεία της ζωής

1.2 Μακρομόρια

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος της μελέτης αυτού του κεφαλαίου θα μπορείτε:

- Να διακρίνετε ότι τα χημικά στοιχεία που συμμετέχουν στη δομή των βιολογικών μορίων συγκαταλέγονται ανάμεσα στα στοιχεία που συνθέτουν το φλοιό της Γης.
- Να συσχετίζετε τις ιδιότητες αυτών των στοιχείων και τη δυνατότητα που έχουν να συνδέονται και να αλληλεπιδρούν με τις ιδιότητες των μορίων στα οποία συμμετέχουν.
- Να αιτιολογείτε τον κεντρικό ρόλο του νερού στο φαινόμενο της ζωής.
- Να αναφέρετε τις σπουδαιότερες ομάδες βιολογικών μακρομορίων (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα, υδατάνθρακες, λιπίδια) και να περιγράψετε τη δομή τους.

- Να διακρίνετε ομοιότητες στον τρόπο με τον οποίο σχηματίζονται τα διαφορετικά είδη μακρομορίων.
- Να αναγνωρίζετε ότι οι δομές και οι λειτουργίες που σχετίζονται με τις εκδηλώσεις της ζωής δεν είναι παρά προεκτάσεις της δομής, των ιδιοτήτων και των αλληλεπιδράσεων των μακρομορίων που συναντάμε σε ένα ζωντανό κύτταρο.



Κρύσταλλοι
γλυκόζης

Ένας τρόπος για να μελετήσεις το φαινόμενο της ζωής είναι να ξεκινήσεις από τα χημικά μόρια που οικοδομούν τους οργανισμούς, δηλαδή από το «πρώτο επίπεδο οργάνωσης της ζωής», το μοριακό. Θα μάθεις ποια είναι τα συστατικά των κυττάρων και ποια είναι η χημική δομή και η συμπεριφορά αυτών των συστατικών, θα

σου δοθεί έτσι η δυνατότητα να καταλάβεις τον τρόπο με τον οποίο αυτά αλληλεπιδρούν, ώστε να εκδηλώνονται οι διάφορες λειτουργίες στα ανώτερα επίπεδα

οργάνωσης της ζωής. Τα επίπεδα αυτά ξεκινούν από το κύτταρο, για να καταλήξουν σταδιακά στο οικοσύστημα.

Στην πορεία αυτής της μελέτης από το μέρος (μόρια) προς το όλο (κύτταρο... οργανισμός... οικοσύστημα) θα διαπιστώσεις ότι:

α. Η δομή των συστατικών του κυττάρου είναι τέτοια, ώστε να εξυπηρετεί τη συγκεκριμένη λειτουργία που αυτό επιτελεί.

β. Κάθε επίπεδο οργάνωσης εμφανίζει φαινόμενα και ιδιότητες που δεν υπήρχαν στο προηγούμενο, ούτε μπορούν να εξηγηθούν από τις ιδιότητες των επιμέρους συστατικών ή δομών τους. Έτσι το κύτταρο, για παράδειγμα, που αποτελείτο πρώτο επίπεδο οργάνωσης, είναι κάτι πολύ περισσότερο

από το άθροισμα των μερών του, όπως και ένα ρολόι, από λειτουργική άποψη, είναι κάτι πολύ περισσότερο από το άθροισμα των εξαρτημάτων του,

γ. Η έμβια ύλη διέπεται από τους ίδιους φυσικοχημικούς νόμους που διέπουν και την άβια.

δ. Όλοι οι οργανισμοί, από τον πιο απλό μέχρι τον πιο σύνθετο, αποτελούνται από το ίδιο είδος χημικών μορίων, πράγμα που υποδηλώνει την κοινή προέλευση τους.

Χημικά στοιχεία που συνθέτουν τους οργανισμούς

Στο φλοιό της Γης απαντώνται 92 χημικά στοιχεία, από τα οποία 27 μόνο είναι απαραίτητα για τη ζωή. Τέσσερα από αυτά, ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο, είναι τα επικρατέστερα στους οργανισμούς και μάλιστα σε ποσοστό 96% κ.β. Μοιραία λοιπόν γεννιέται το ερώτημα: υπάρχουν άραγε κάποιες ιδιότητες των στοιχείων αυτών που τα κάνουν καταλληλότερα από άλλα για τη σύσταση των οργανισμών; Ας προσπαθήσουμε να απαντήσουμε.

Ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο συμμετέχουν, σε σημαντικό βαθμό, στη σύνθεση

των μορίων που αποτελούν βασικά δομικά ή λειτουργικά συστατικά των οργανισμών και παράγονται από τους ίδιους τους οργανισμούς (π.χ. οι πρωτεΐνες). Τα μόρια αυτά είναι απαραίτητο να διακρίνονται από σταθερότητα, και ποικιλομορφία. Σταθερότητα, για να μπορούν να συμμετέχουν στη δημιουργία σταθερών δομών, που είναι απαραίτητες στους οργανισμούς, και ποικιλομορφία, για να εξασφαλίζουν τη μεγάλη ποικιλία λειτουργιών και μορφολογικών χαρακτηριστικών, που είναι συνυφασμένη με το φαινόμενο της ζωής.

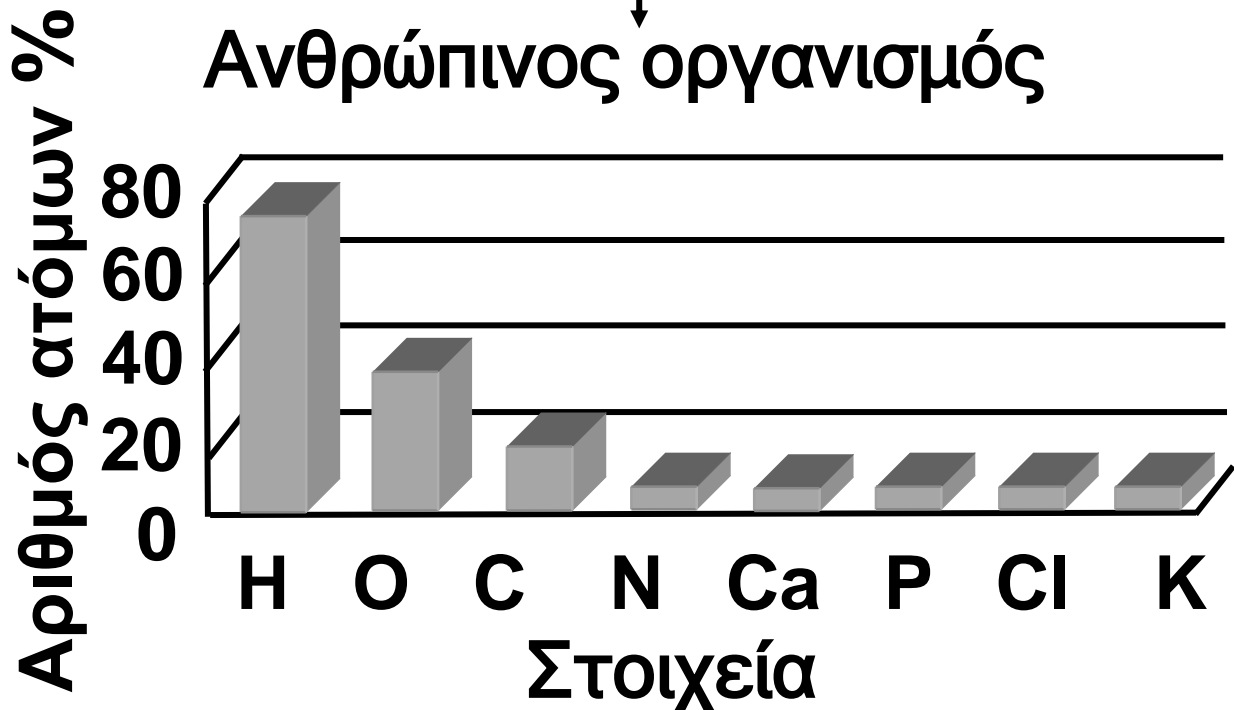
Τα άτομα καθενός από τα τέσσερα στοιχεία που επικρατούν στη δομή των παραπάνω μορίων (C, H, O, N), έχουν τη δυνατότητα να παίρνουν μέρος στο σχηματισμό ομοιοπολικών δεσμών (βλ. ένθετο). Οι δεσμοί

αυτοί δημιουργούνται τόσο μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου όσο και μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων από αυτά τα τέσσερα. Είναι δεσμοί πολύ ισχυροί και αυτό εξασφαλίζει τη σταθερότητα των μορίων αυτών (βλ. ένθετο). Παράλληλα, αν εξαιρέσουμε το υδρογόνο, καθένα από τα υπόλοιπα τρία μπορεί να συνδέεται, με απλούς ή και πολλαπλούς δεσμούς, με περισσότερα από ένα άτομα του ίδιου ή διαφορετικών στοιχείων. Το άτομο του άνθρακα, για παράδειγμα, μπορεί να ενωθεί με τέσσερα άλλα άτομα άνθρακα και να σχηματίσει αλυσίδες απλές ή με διακλαδώσεις. Μπορεί όμως να ενωθεί και με άτομα άλλων στοιχείων. Υπάρχει έτσι η δυνατότητα δημιουργίας μιας μεγάλης ποικιλίας μορίων.

Από το υπόλοιπο 4% κ.β. των οργανισμών, το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνεται από τα στοιχεία φώσφορο (P), θείο (S), νάτριο (Na), κάλιο (K), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), Χλώριο (Cl) και ένα μικρό μέρος, περίπου το 0,01%, από μια σειρά χημικών στοιχείων, που ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Τα τελευταία, αν και σε μικρό ποσοστό, είναι απαραίτητα για σημαντικές λειτουργίες των οργανισμών.



↓
Ανθρώπινος οργανισμός

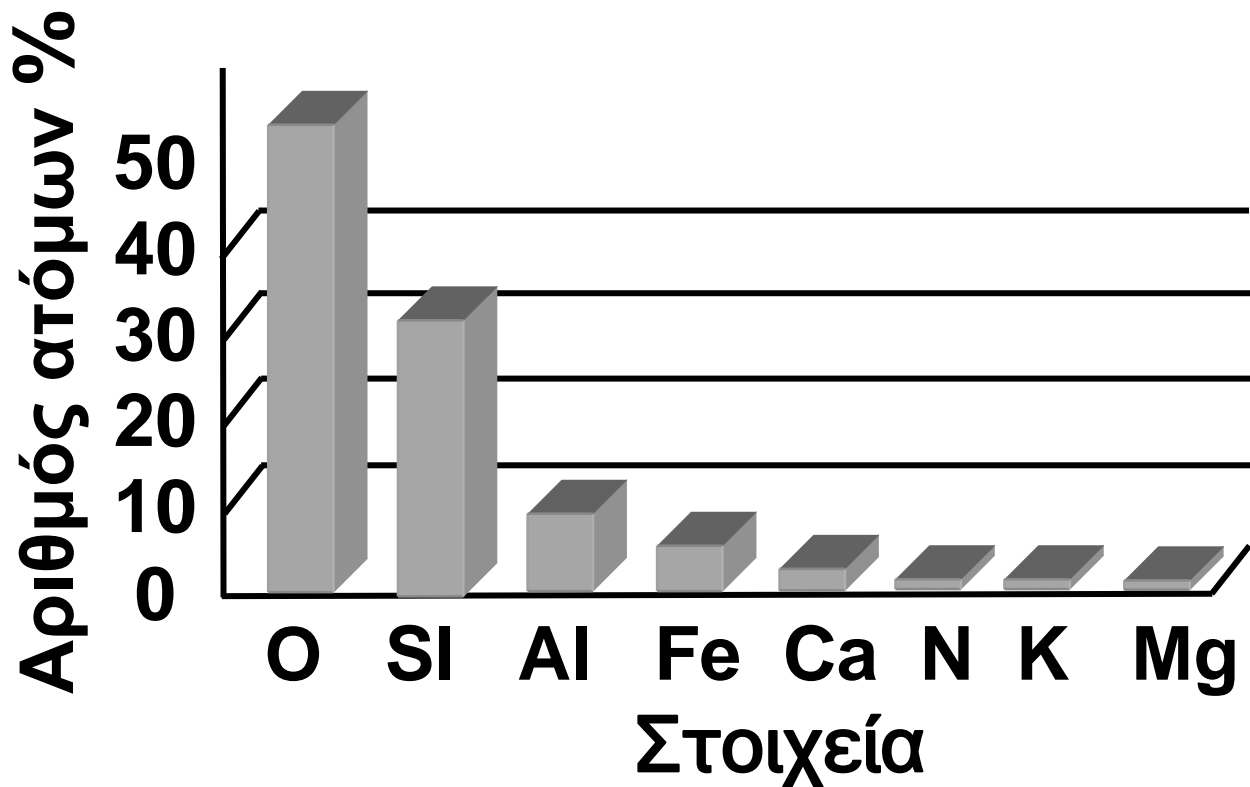


Χημικά στοιχεία που αποτελούν: (α) τους οργανισμούς και (β) το αβιοτικό περιβάλλον. Όπως φαίνεται, η σύσταση, σε επίπεδο χημικών στοιχείων του πλανήτη μας, είναι πολύ διαφορετική από εκείνη των οργανισμών που τον κατοικούν. Οι μοναδικές ιδιότητες των οργανισμών

απορρέουν από το συνδυασμό και τη διευθέτηση των στοιχείων αυτών στα βιομόρια.



Φλοιός της Γης



Πίνακας: Βιολογικός ρόλος ορισμένων χημικών στοιχείων

| ΣΤΟΙΧΕΙΟ | ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ |
|-----------------|--|
| Οξυγόνο | Συστατικό του νερού και όλων των μακρομορίων, απαραίτητο στην αερόβια αναπνοή |
| Άνθρακας | Συνιστά το σκελετό όλων των οργανικών ενώσεων |
| Υδρογόνο | Συστατικό του νερού και όλων των μακρομορίων |
| Άζωτο | Συστατικό των πρωτεϊνών και των νουκλεϊνικών οξέων |
| Ασβέστιο | Συστατικό των οστών, απαραίτητο στη μυϊκή σύσπαση και την πήξη του αίματος |

| | |
|-----------------|--|
| Φώσφορος | Συστατικό των νουκλεοτιδίων που συναντώνται στα νουκλεϊκά οξέα, καθώς και άλλων με ενεργειακό ενδιαφέρον. Συστατικό των οστών |
| Κάλιο | Απαραίτητο για τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων |
| Θείο | Συστατικό πολλών πρωτεϊνών |
| Νάτριο | Απαραίτητο για τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων |
| Μαγνήσιο | Συστατικό πολλών ενζύμων και της χλωροφύλλης |
| Χλώριο | Απαραίτητο στη ρύθμιση του ισοζυγίου νερού |

| | |
|----------------|--|
| Σίδηρος | Ιχνοστοιχείο. Συστατικό της αιμοσφαιρίνης, της μυοσφαιρίνης και ορισμένων ενζύμων όπως τα κυτοχρώματα |
| Ιώδιο | Ιχνοστοιχείο. Συστατικό ορμονών θυρεοειδούς |

Μικρά μόρια και μακρομόρια

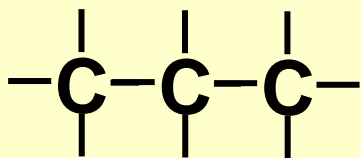
Η Χημεία της ζωής είναι «υγρή»

Αν μελετήσουμε προσεκτικά το κύτταρο ενός μονοκύτταρου οργανισμού, όπως είναι η αμοιβάδα, και ένα οποιοδήποτε κύτταρο του πιο σύνθετου οργανισμού, που είναι ο άνθρωπος, θα παρατηρήσουμε ότι έχουν στην πραγματικότητα πολύ περισσότερες ομοιότητες από διαφορές.

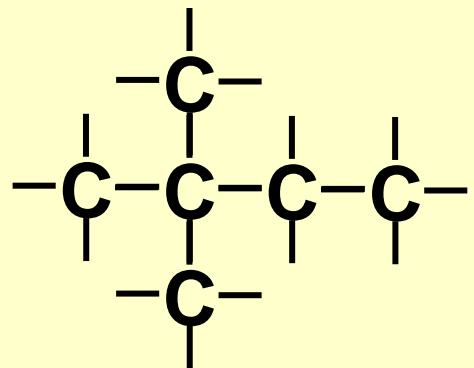
Το ανθρώπινο κύτταρο περιβάλλεται από ένα υδατικό διάλυμα, το

μεσοκυττάριο υγρό. Η αμοιβάδα ζει στο νερό. Συνεπώς και τα δύο αυτά είδη κυττάρων ζουν είτε άμεσα (αμοιβάδα) είτε έμμεσα (ανθρώπινο κύτταρο) σε υδατικό περιβάλλον. Από αυτό αντλούν όλα τα απαραίτητα συστατικά για την επιβίωση τους και σ' αυτό εκκρίνουν παράγωγα του μεταβολισμού τους. Και το εσωτερικό περιβάλλον τους όμως είναι επίσης υδατικό. Το 80% των συστατικών τους αποτελείται από νερό. Οι περισσότερες από τις χημικές ουσίες που υπάρχουν στο εσωτερικό του κυττάρου είναι ευδιάλυτες στο νερό. Αυτό τους επιτρέπει να μετακινούνται από ένα σημείο σε άλλο. Η μετακίνησή τους διευκολύνει την επαφή διαφορετικών ουσιών και αυτό επιτρέπει την πραγματοποίηση των αντιδράσεων που απαιτούν οι διάφορες

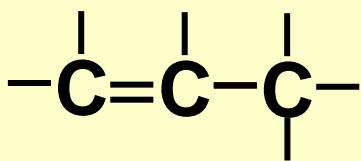
δραστηριότητες του κυττάρου. Το νερό εξάλλου, όπως θα δούμε στη συνέχεια, συμμετέχει και το ίδιο σε κάποιες βιολογικές αντιδράσεις.



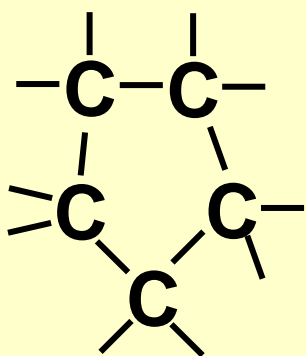
ευθεία αλυσίδα



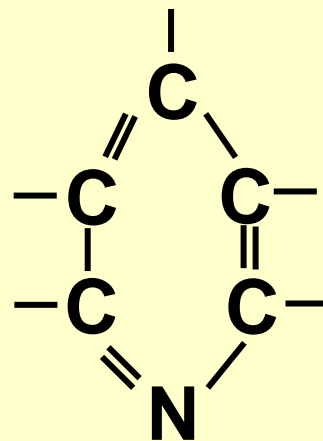
ευθεία αλυσίδα
με διακλάδωση



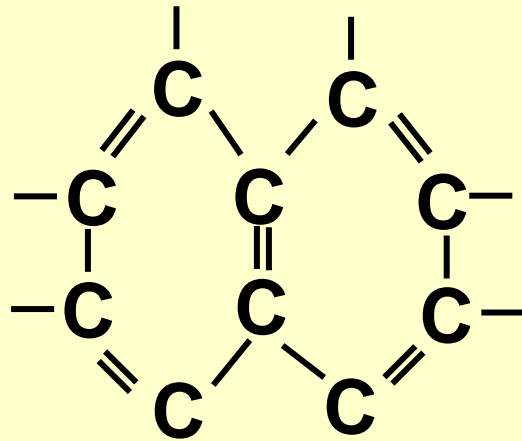
ευθεία αλυσίδα
με διπλό δεσμό



κυκλική
αλυσίδα



κυκλική αλυσίδα
που περιλαμβάνει
άτομα και άλλου
στοιχείου



ένα μόριο μπορεί να αποτελείται από δύο κυκλικές αλυσίδες

**Μορφές ανθρακικών αλυσίδων.
Το άτομο του άνθρακα μπορεί να συνδέεται με περισσότερα από ένα άτομα, ίδια ή διαφορετικά.**

Η ποικιλία των χημικών ενώσεων που συναντάμε μέσα στο κύτταρο είναι πολύ μεγάλη. Ξεκινούν από απλές χημικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους όπως οξέα, βάσεις και άλατα, μέχρι ενώσεις πολύ μεγάλου μοριακού βάρους (μακρομόρια) όπως οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα κ.α. που θα γνωρί-

σουμε στη συνέχεια. Τα οξέα, οι βάσεις και τα άλατα, παρά το ότι βρίσκονται σε μικρή συγκέντρωση μέσα στο κύτταρο, έχουν μοναδική σημασία για τη ζωή. Αυτό οφείλεται στο ότι διατηρούν σταθερό το pH στο εσωτερικό του κυττάρου και βοηθούν να γίνονται σωστά οι διάφορες κυτταρικές λειτουργίες (βλ. ένθετο).

1.2

ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΑ

Γενικά στοιχεία

Για μια πρώτη γνωριμία με τα μακρομόρια θα πρέπει να ξεκινήσουμε από τους δομικούς τους λίθους, δηλαδή από την πρώτη ύλη με την οποία αυτά οικοδομούνται. Οι πρωτεΐνες οικοδομούνται από αμινοξέα, τα νουκλεϊνικά οξέα από

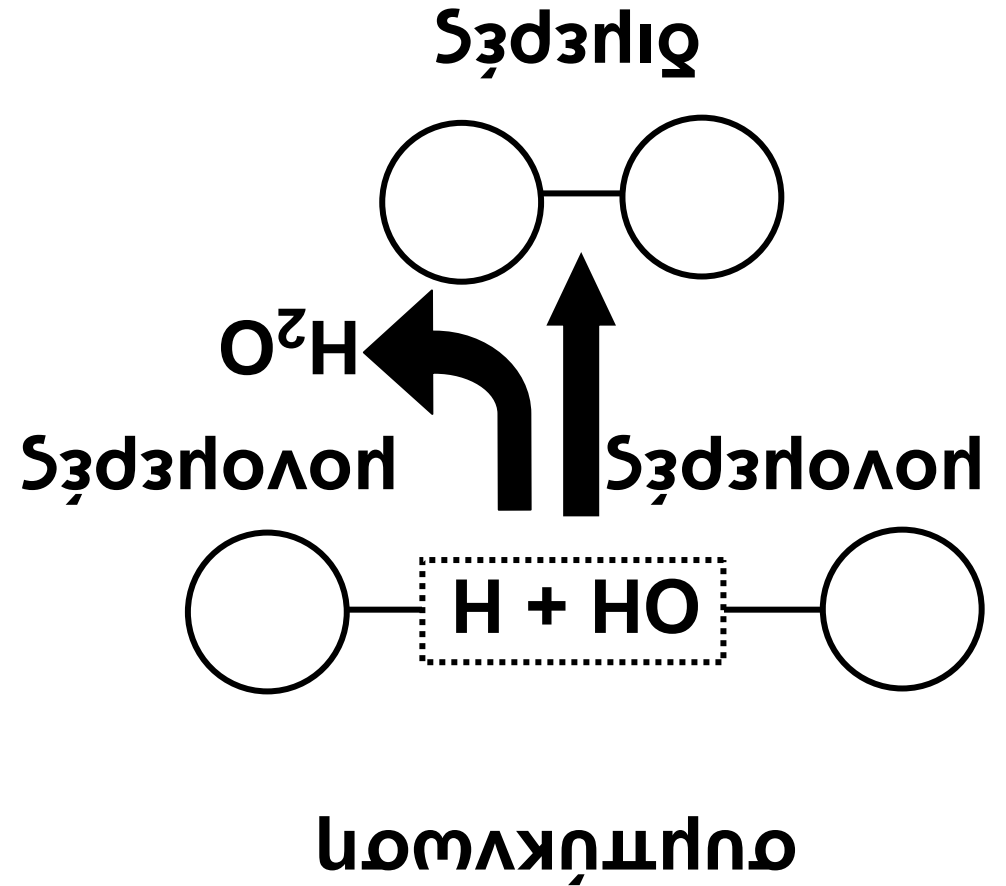
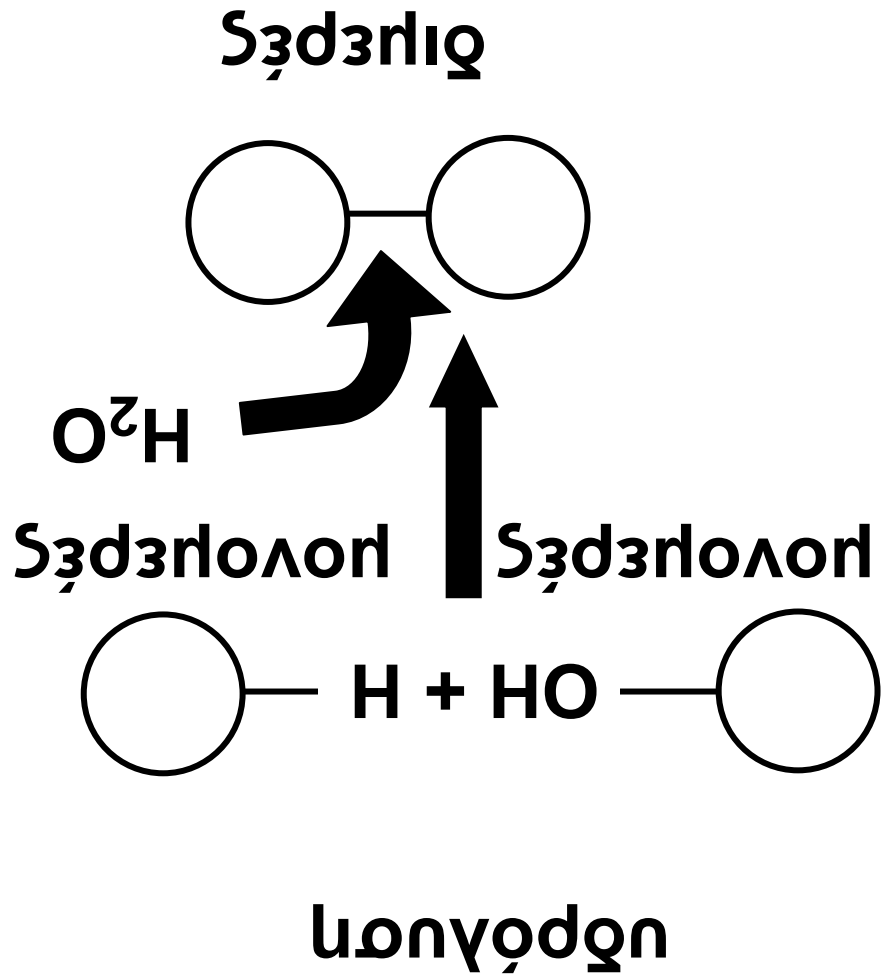
νουκλεοτίδια, οι πολυσακχαρίτες από μονοσακχαρίτες. Συνεπώς τα αμινοξέα, τα νουκλεοτίδια και οι μονοσακχαρίτες αποτελούν τις μονάδες (μονομερή), οι οποίες επαναλαμβάνόμενες πολλές φορές συνιστούν τα μακρομόρια (πολυμερή). Τα μονομερή των διάφορων ειδών μακρομορίων μπορεί να είναι ίδια (πρωτεΐνες) ή διαφορετικά (λιπίδια).

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι τα ίδια είδη δομικών λίθων χρησιμοποιούνται από όλους τους οργανισμούς του πλανήτη μας για την οικοδόμηση των διαφορετικών ειδών πολυμερών. Δημιουργείται έτσι εύλογα το ερώτημα: αφού όλοι ανεξαιρέτως οι οργανισμοί συντίθενται από τα ίδια είδη μονομερών, μήπως έχουν και κοινή καταγωγή;

Ωστόσο συνδέονται μεταξύ τους με τον ίδιο πάντοτε βασικό χημικό μηχανισμό, που ονομάζεται συμπίκνωση. Κατά τη συμπίκνωση το ένα μονομερές χάνει ένα άτομο υδρογόνου (H), ενώ το άλλο μια υδροξυλομάδα (OH). Αφαιρείται δηλαδή τελικά ένα μόριο νερού και τα δύο μονομερή συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό. Το γεγονός ότι έχει επικρατήσει ο ομοιοπολικός δεσμός για τη σύνδεση των μονομερών σε πολυμερή δεν είναι τυχαίο. Ο δεσμός αυτός (βλ. ένθετο) είναι ο πιο διαδεδομένος δεσμός στην έμβια ύλη, λόγω της σταθερότητάς του. Η διάσπαση των μακρομορίων στα μονομερή τους γίνεται με την προσθήκη νερού και ονομάζεται υδρόλυση. Σε ορισμένα μακρομόρια συναντώνται επίσης

και άλλοι δεσμοί οι οποίοι δεν είναι ομοιοπολικοί. Τέτοιοι είναι οι δεσμοί υδρογόνου, οι δυνάμεις Van der Waals και οι υδρόφοβοι δεσμοί. Οι δεσμοί αυτοί, παρ' όλο που δε συμμετέχουν στη συνένωση των μονομερών, παίζουν, όπως θα δούμε στη συνέχεια, σημαντικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση των μακρομορίων.

Σχηματική παράσταση των μηχανισμών συμπίκνωσης και υδρόλυσης.



Η ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΤΩΝ ΒΙΟΜΟΡΙΩΝ

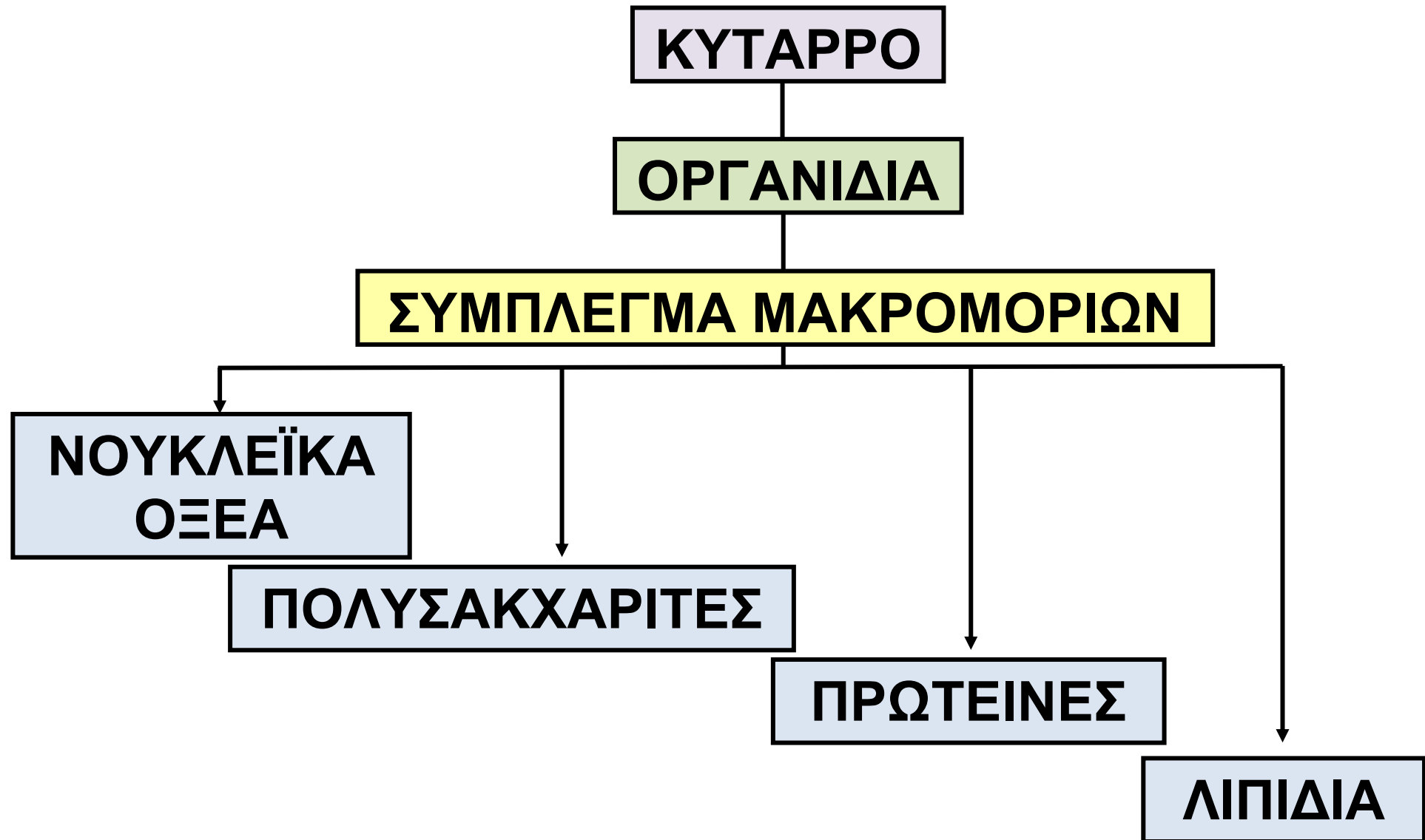
Το πιο εντυπωσιακό ίσως χαρακτηριστικό της ζωής είναι το γεγονός ότι αυτή είναι οργανωμένη σε επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας. Τα άτομα συνιστούν μόρια, τα μόρια, με τη σειρά τους, κυτταρικά οργανίδια, τα τελευταία σχηματίζουν κύτταρα κ.ο.κ. Εσωτερική οργάνωση συναντούμε και σε κάθε επιμέρους επίπεδο και φυσικά στο πιο στοιχειώδες από αυτά, δηλαδή το μοριακό επίπεδο.

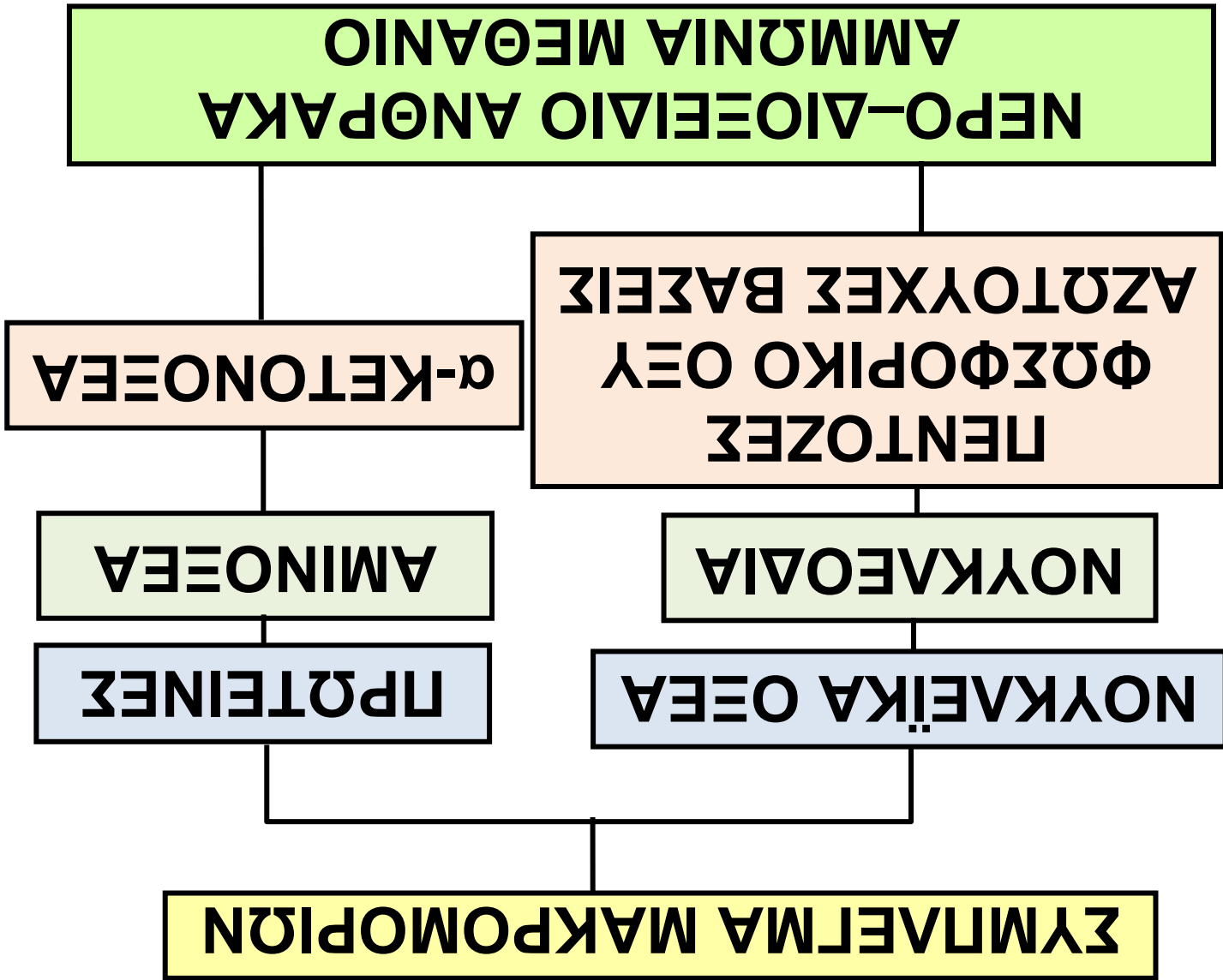
Οι χημικές ενώσεις οι οποίες συνθέτουν τους οργανισμούς μπορούν, ανάλογα με το μοριακό βάρος τους, να τοποθετηθούν σε μια ιεραρχική κλίμακα, στην οποία κάθε σκαλί προκύπτει από το προηγούμενο μέσω των αντιδράσεων του μεταβολισμού.

Στη βάση της κλίμακας

τοποθετούνται οι μικρότερου μοριακού βάρους ενώσεις, όπως οι H_2O , CO_2 , NH_3 (πρόδρομα μόρια), που οι οργανισμοί τις παραλαμβάνουν από το περιβάλλον τους. Στα επόμενα επίπεδα της κλίμακας συναντάμε ενώσεις αυξανόμενου μοριακού βάρους και πολυπλοκότητας, οι οποίες είναι κατά σειρά: τα ενδιάμεσα συστατικά (οξικό οξύ, πυροσταφυλικό οξύ, πεντόζες κ.ά.), οι δομικοί λίθοι ή μονομερή (αμινοξέα, νουκλεοτίδια κ.ά.), τα μακρομόρια ή πολυμερή (πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα κ.ά.) και τα συμπλέγματα των μακρομορίων (γλυκοπρωτεΐνες, νουκλεοπρωτεΐνες κ.ά.). Από το συνδυασμό των τελευταίων προκύπτουν τα οργανίδια του κυττάρου, οπότε προκύπτει το επόμενο επίπεδο οργάνωσης, το κυτταρικό.

Ιεραρχία ανάμεσα στα βιομόρια.





ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΑ
M.B. 10^3 - 10^9
ΔΟΜΙΚΟΙ
ΑΙΘΟΙ
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ
ΠΡΟΔΡΟΜΕΣ
ΕΝΩΣΕΙΣ

ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΩΝ

ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

ΛΙΠΙΔΙΑ

ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

ΓΛΥΚΕΡΙΝΗ
ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΥ

ΠΥΡΟΣΤΑΦΥΛΙΚΟ
ΟΞΥ

ΟΞΙΚΟ
ΟΞΥ

ΝΕΡΟ-ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΑΝΘΡΑΚΑ
ΑΜΜΩΝΙΑ ΜΕΘΑΝΙΟ

ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΑ
Μ.Β. $10^3 - 10^9$

ΔΟΜΙΚΟΙ
ΛΙΘΟΙ

ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

ΠΡΟΔΡΟΜΕΣ
ΕΝΩΣΕΙΣ

Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες

Αν μεταξύ των μακρομορίων αναζητούσαμε το πιο διαδεδομένο και πολυδιάστατο στη μορφή και στη λειτουργία του μόριο, αργά ή γρήγορα θα καταλήγαμε στις πρωτεΐνες. Είναι γεγονός ότι ακόμη και σε ένα απλό κύτταρο, όπως αυτό των βακτηρίων, υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικές πρωτεΐνες, καθεμιά από τις οποίες έχει έναν ιδιαίτερο ρόλο στη ζωή του κυττάρου. Αποτελεί είτε δομικό συστατικό του, είτε εξυπηρετεί κάποια συγκεκριμένη λειτουργία του. Παρά τις διαφορές τους όλες οι πρωτεΐνες, ανεξάρτητα από το πού ανήκουν (σε ιούς, βακτήρια ή σε ανώτερες μορφές ζωής), οικοδομούνται με βάση την ίδια πρώτη ύλη:

ένα σύνολο από 20 διαφορετικά αμινοξέα. Από τα 20 αυτά είδη αμινοξέων, ένας διαφορετικός αριθμός κάθε φορά, συνδεόμενα με διαφορετική αλληλουχία, δίνουν μια τεράστια ποικιλία πρωτεϊνικών μορίων. Ο αριθμός των αμινοξέων που είναι διαφορετικός για κάθε πρωτεΐνη μπορεί να ξεπερνά τα 1.000.

Για να αντιληφθούμε πώς είναι δυνατό να δημιουργούνται διαφορετικά είδη πρωτεϊνών, όταν η πρώτη ύλη, δηλαδή τα αμινοξέα, είναι κοινή για όλους τους οργανισμούς, φτάνει να σκεφτούμε τη γλώσσα μας. Τα 24 γράμματα του ελληνικού αλφάβητου, τοποθετούμενα σε διαφορετικούς συνδυασμούς, αρκούν για να σχηματίσουν χιλιάδες διαφορετικές λέξεις, που χρησιμοποιούμε για την επικοινωνία μας. Με παρόμοιο τρόπο τα 20

διαφορετικά αμινοξέα, τοποθετούμενα σε διαφορετικούς συνδυασμούς, μπορούν να σχηματίσουν έναν τεράστιο αριθμό διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων.

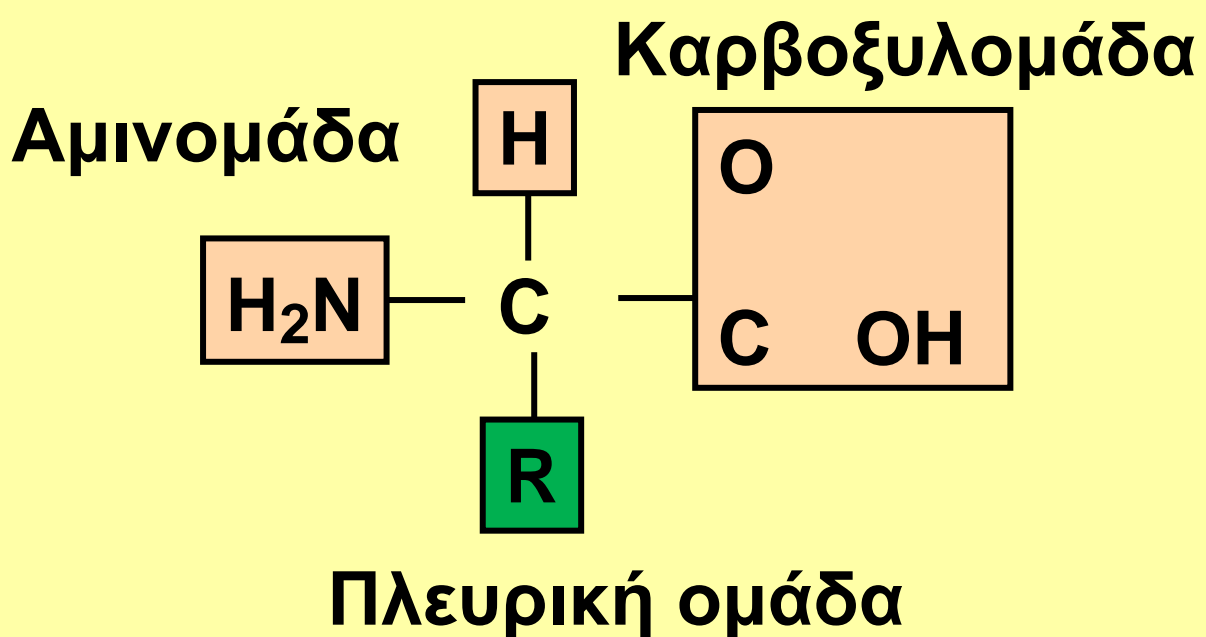
Αμινοξέα

Έχουν ανιχνευτεί πάνω από 170 διαφορετικά αμινοξέα από τα οποία 20 μόνο αποτελούν συστατικά πρωτεϊνών.

Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό. Το σταθερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομάδα και μια καρβοξυλομάδα, ενωμένα σε ένα κοινό άτομο άνθρακα, ενώ το μεταβλητό αποτελείται από την πλευρική ομάδα. Η ομάδα αυτή έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε αμινοξύ.

Συνεπώς, αν υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα, είναι γιατί υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες. Η ένωση δύο αμινοξέων γίνεται με μια αντίδραση συμπύκνωσης (αφαίρεση ενός μορίου νερού) μεταξύ της καρβοξυλομάδας του ενός και της αμινομάδας του άλλου. Αποτέλεσμα αυτής της ένωσης είναι ένα διπεπτίδιο.

- Σταθερό μέρος
- Μεταβλητό μέρος



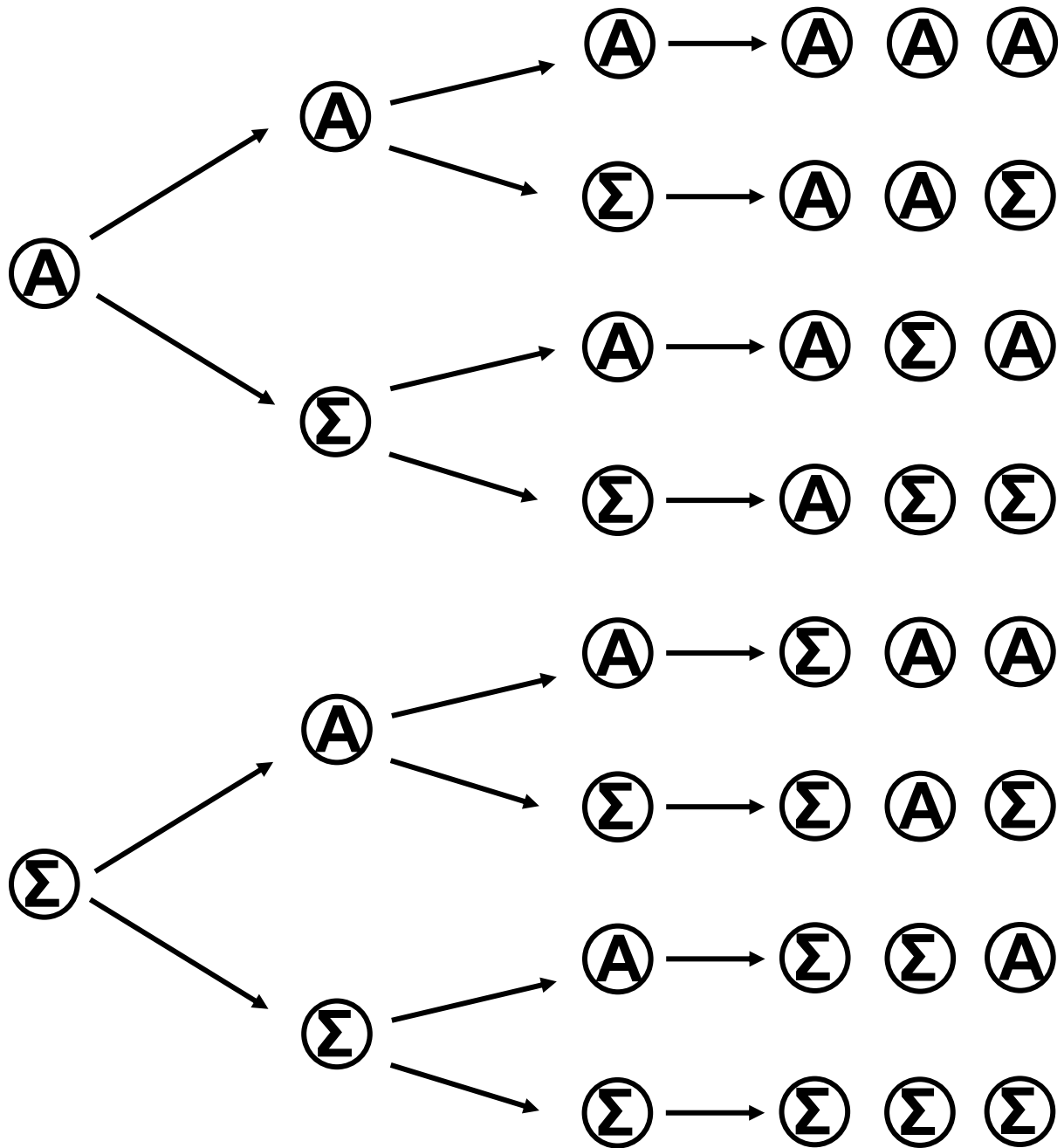
Αν στο 2ο αμινοξύ του διπεπτιδίου συνδεθεί με τον ίδιο τρόπο ένα 3ο αμινοξύ, δημιουργείται ένα τριπεπτίδιο κ.ο.κ. Τα πεπτίδια στα οποία ο αριθμός των αμινοξέων υπερβαίνει τα 50 ονομάζονται πολυπεπτίδια. Κάθε φορά μπορεί να προστίθεται στην πεπτιδική αλυσίδα οποιοδήποτε από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που απαντώνται στις πρωτεΐνες.

Οργάνωση των πρωτεϊνικών μορίων

Ένα πολυπεπτίδιο, αμέσως μετά τη σύνθεσή του, δεν είναι συνήθως ικανό να εκδηλώσει το βιολογικό του ρόλο. Η ικανότητα αυτή αποκτάται, όταν η πολυπεπτιδική αλυσίδα πάρει την τελική διαμόρφωσή της στο χώρο.

ΑΠΟ ΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΣΤΑ ΠΕΠΤΙΔΙΑ

1ο 2ο 3ο τριπε-
αμινοξύ αμινοξύ αμινοξύ πτίδιο



Αν μας δώσουν, όσες φορές χρεια-
στούμε, δυο είδη αμινοξέων, την
αλανίνη (Α) και τη σέρινη (Σ), και μας
θέσουν το ερώτημα: πόσα διαφορε-
τικά τριπεπτίδια μπορούμε να
φτιάξουμε χρησιμοποιώντας κάθε
είδος αμινοξέος από καμιά ως τρεις
φορές; Πώς θα το υπολογίσουμε;
Ένας απλός τρόπος να απαντήσουμε
στο ερώτημα, χωρίς να μπερδευτού-
με από τους ποικίλους συνδυασμούς,
είναι να σκεφτούμε ότι κάθε θέση
τριπεπτιδίου (1η, 2η, 3η) μπορεί να
καταλαμβάνεται από οποιοδήποτε
από τα 2 είδη αμινοξέων. Έτσι
μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα
σύστημα διακλάδωσης, από το οποίο
να προκύπτουν όλοι οι πιθανοί
συνδυασμοί. Παρατηρούμε ότι
προκύπτουν 8, δηλαδή 2^3
διαφορετικοί συνδυασμοί. Συνεπώς,

αν αντί για 2 είχες 20 διαφορετικά αμινοξέα που μετέχουν στις πρωτεΐνες και το πολυπεπτίδιο είχε, για παράδειγμα, 100 αμινοξέα, οι πιθανοί συνδυασμοί θα ήταν 20^{100} .

Όπως φαίνεται και στην εικόνα, στα πρωτεϊνικά μόρια διακρίνουμε τέσσερα επίπεδα οργάνωσης. Το πρώτο επίπεδο είναι η πρωτοταγής δομή, δηλαδή η αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα.

Στο δεύτερο επίπεδο, που αποτελεί τη δευτεροταγή δομή της πρωτεΐνης, η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται και αποκτά είτε ελικοειδή είτε πτυχωτή μορφή.

Στο τρίτο επίπεδο η πολυπεπτιδική αλυσίδα, πτυχωτή ή ελικοειδής, αναδιπλώνεται στο χώρο, ώστε να

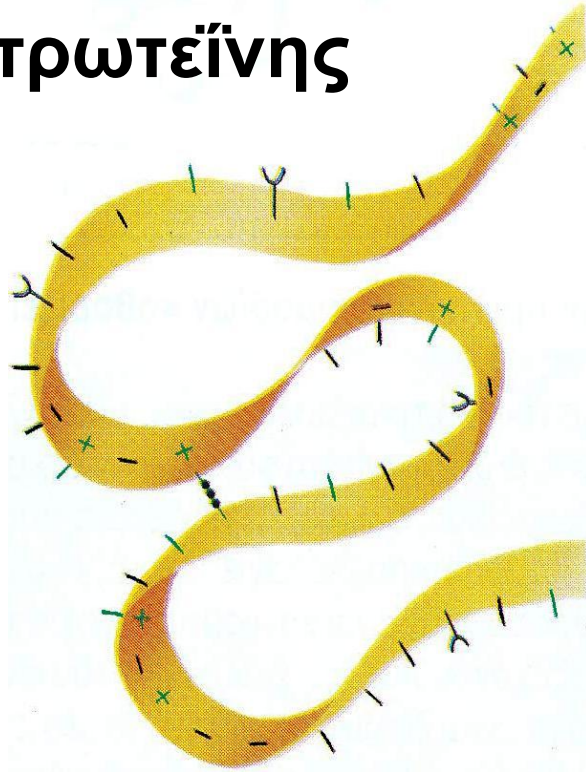
αποκτήσει μια καθορισμένη μορφή την τριτοταγή δομή.

Αν η πρωτεΐνη αποτελείται από μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα, το τελικό στάδιο της διαμόρφωσής της είναι η τριτοταγής δομή. Αν όμως αποτελείται από περισσότερες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, το τελικό στάδιο είναι η τεταρτοταγής δομή, δηλαδή ο συνδυασμός των επιμέρους πολυπεπτιδικών αλυσίδων σε ένα ενιαίο πρωτεϊνικό μόριο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αιμοσφαιρίνη, η οποία συντίθεται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες ανά δύο ίδιες.

Η διαμόρφωση του πρωτεϊνικού μορίου στον χώρο, καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα και σταθεροποιείται από τους δεσμούς

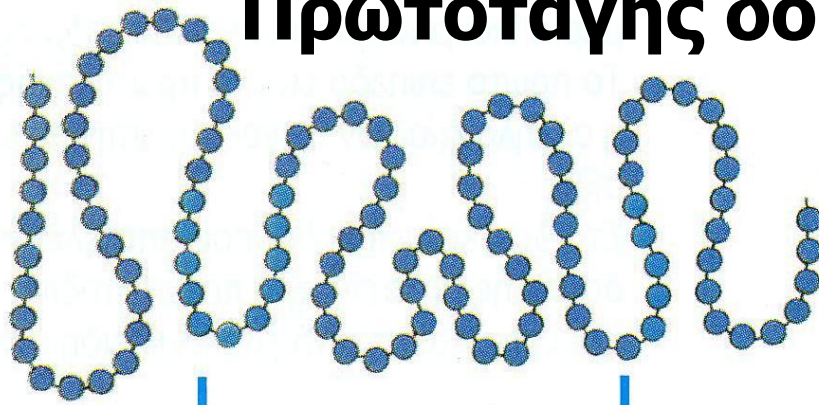
που σχηματίζονται ανάμεσα στις ομάδες R των αμινοξέων.

Μόριο πρωτεΐνης

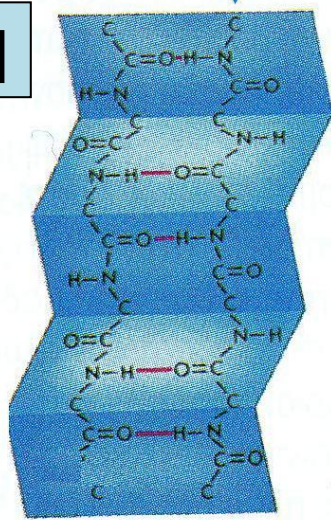


Η ταινία απεικονίζει μια πεπτιδική αλυσίδα. Τα σύμβολα κατά μήκος της απεικονίζουν τις πλευρικές ομάδες των αμινοξέων. Κατά την αναδίπλωση του μορίου αναπτύσσονται χημικοί δεσμοί ανάμεσα σε συγκεκριμένες πλευρικές ομάδες αμινοξέων. Οι δεσμοί αυτοί σταθεροποιούν το μόριο στο χώρο.

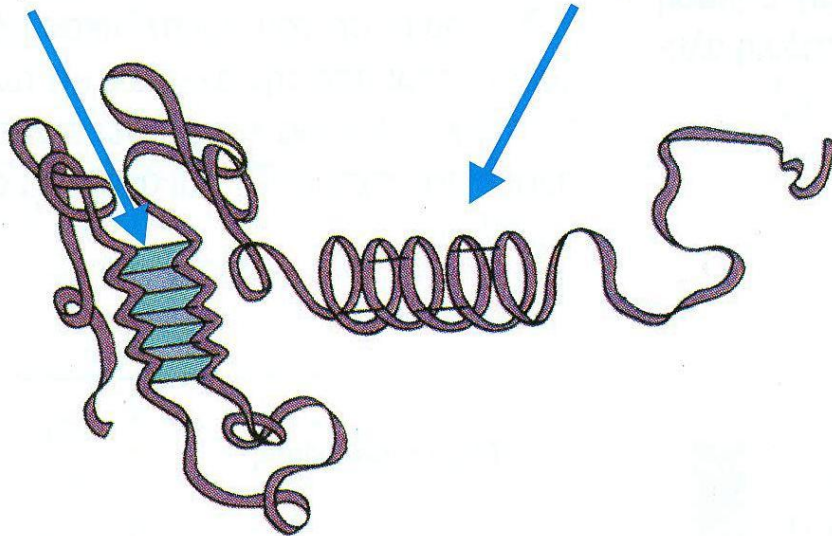
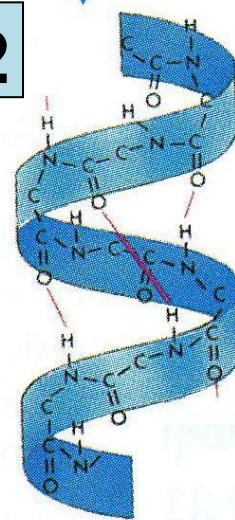
Πρωτοταγής δομή



1



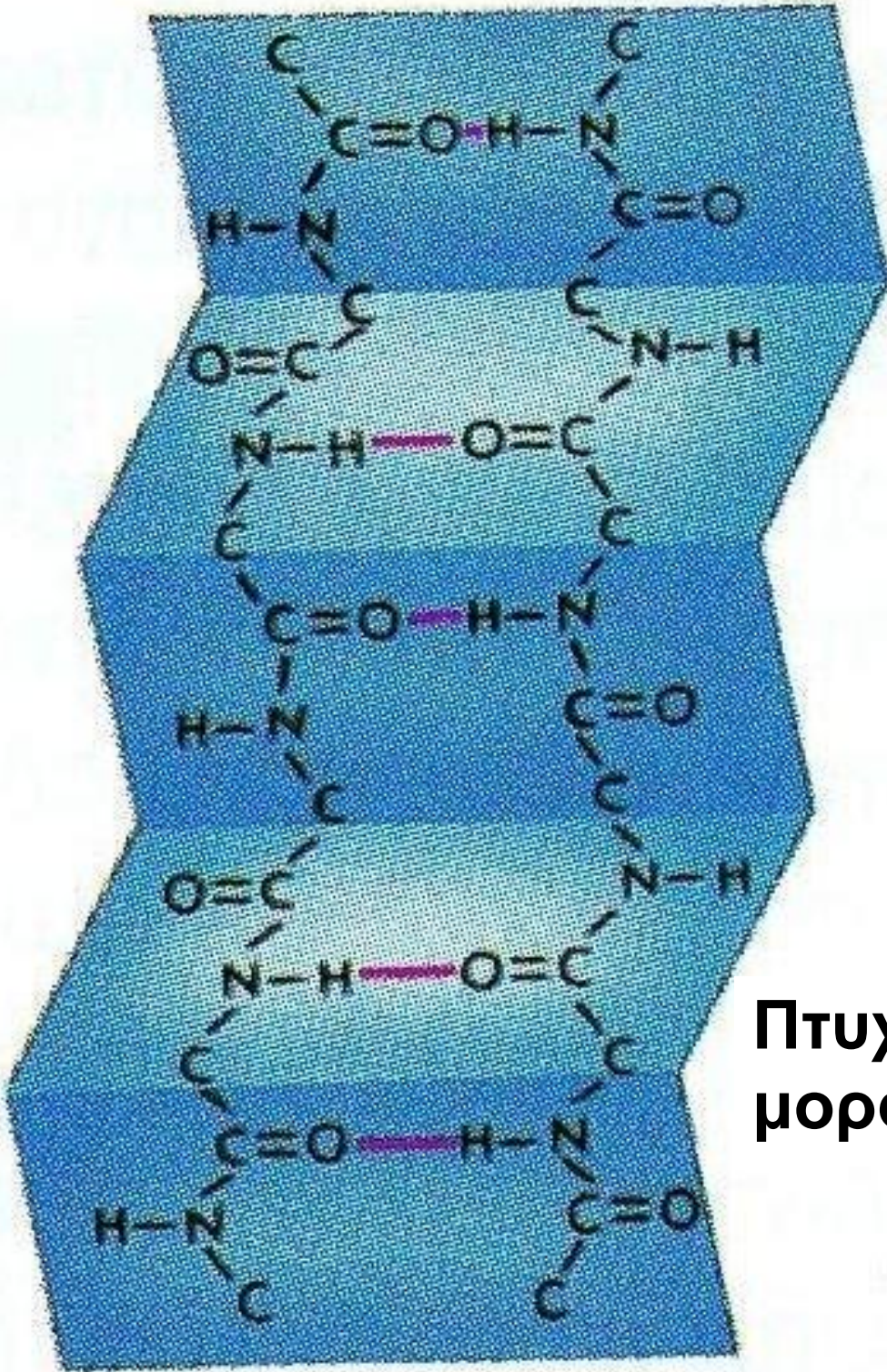
2



Η πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης καθορίζει την τελική διαμόρφωση της στο χώρο.

1

Δευτεροταγής δομή

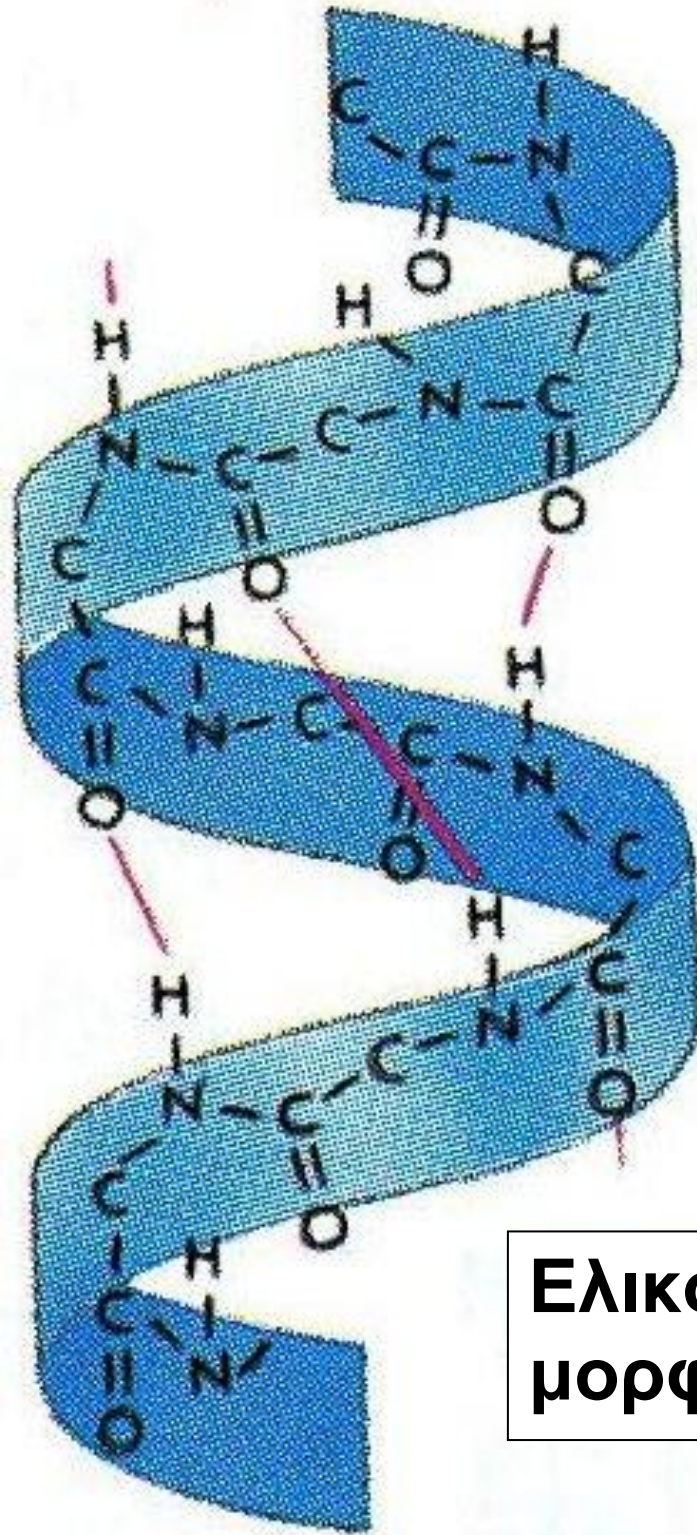


Πτυχωτή
μορφή



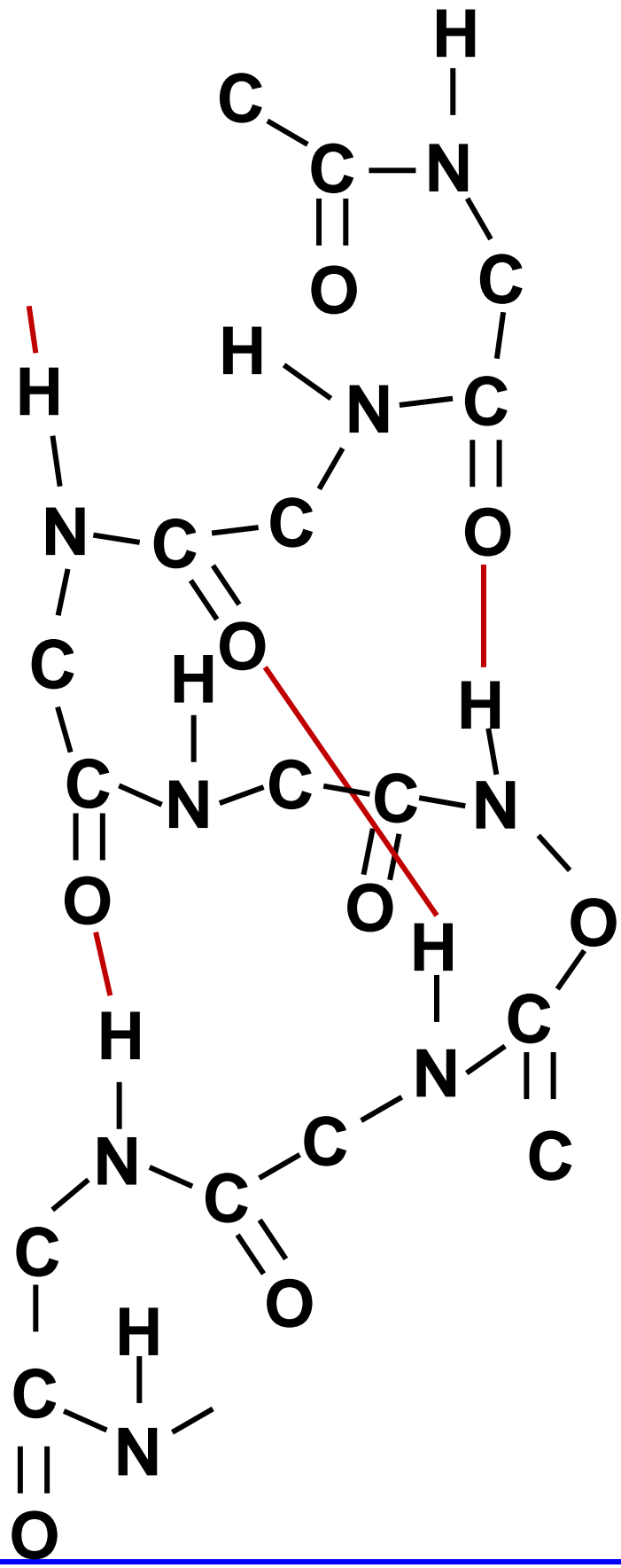
2

Δευτεροταγής δομή

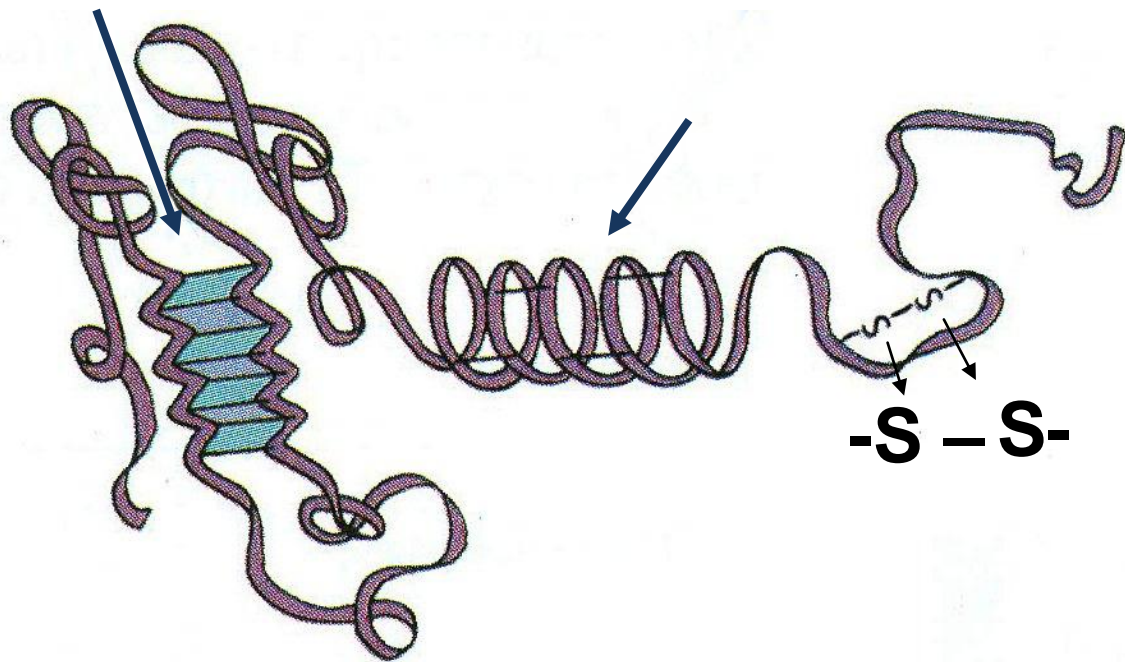


Ελικοειδής
μορφή

2



Τριτοταγής δομή



Η δομή των πρωτεϊνικών μορίων καθορίζει τη λειτουργία τους

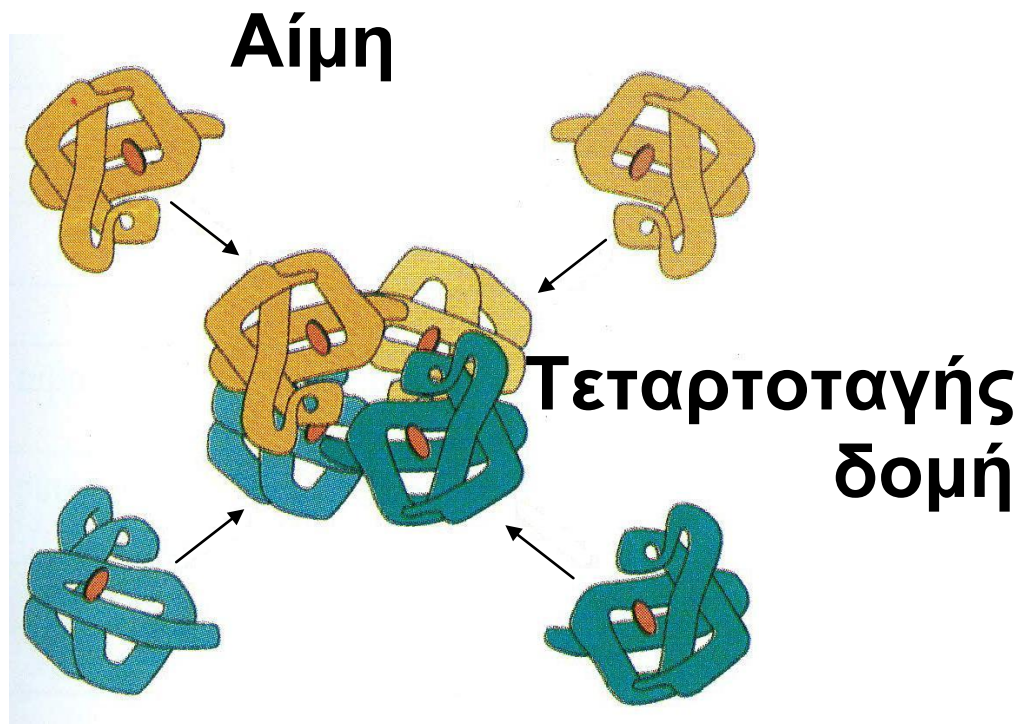
Σύμφωνα με τους μετριοπαθέστερους υπολογισμούς, στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν περισσότερες από 30.000 διαφορετικές πρωτεΐνες. Καθεμιά από αυτές εμφανίζει έναν ιδιαίτερο βιολογικό ρόλο. Η αιμοσφαιρίνη, για παράδειγμα, είναι επιφορτισμένη με τη μετα-

φορά του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Το κολλαγόνο είναι δομική πρωτεΐνη ιστών (π.χ. του συνδετικού ιστού), ενώ τα ένζυμα επιταχύνουν τις αντιδράσεις που γίνονται μέσα στο κύτταρο. Από την ποικιλία των διαφορετικών λειτουργιών που κάνουν οι πρωτεΐνες μπορούμε να αντιληφθούμε τη μεγάλη σημασία τους για τα βιολογικά φαινόμενα. Ο μεταβολισμός, ο πολλαπλασιασμός και όλες οι άλλες λειτουργίες των κυττάρων, και κατ' επέκταση των οργανισμών, στηρίζονται στη δράση των εκπληκτικών αυτών «μοριακών εργαλείων».

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ...



Ένα τετραπεπτίδιο αποτελείται από τα αμινοξέα αλανίνη (Α), βαλίνη (Β), ισολευκίνη (Ι) και γλυκίνη (Γ). Πόσες και ποιες είναι οι δυνατές πρωτοταγείς δομές του;



Δομή αιμοσφαιρίνης.

Είναι δικαιολογημένο να αναρωτιόμαστε πώς είναι δυνατό μόρια τα οποία είναι φτιαγμένα από τα ίδια είδη αμινοξέων να παρουσιάζουν

τόσο διαφορετικές λειτουργίες. Την απάντηση θα τη βρούμε, αν προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε εκείνο το στοιχείο που διαφοροποιεί τις πρωτεΐνες μεταξύ τους. Αυτό είναι η διαφορετική αλληλουχία των αμινοξέων, δηλαδή η διαφορετική πρωτοταγής δομή σε συνδυασμό με τις διαφορετικές ομάδες R. Όταν η σειρά των αμινοξέων είναι διαφορετική, η δυνατότητα να σχηματιστούν δεσμοί ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες αμινοξέων βρίσκεται σε διαφορετικά σημεία της πεπτιδικής αλυσίδας. Αυτό οδηγεί σε διαφορετική αναδίπλωση του μορίου, που συνεπάγεται διαφορετική δευτεροταγή και τριτοταγή δομή, επομένως σε διαφορετική διαμόρφωση στο χώρο.

Η τρισδιάστατη δομή μιας πρωτεΐνης καθορίζει τη λειτουργία που αυτή εκτελεί. Αυτό φαίνεται από τις συνέπειες της έκθεσής της σε ακραίες τιμές θερμοκρασίας ή pH. Τότε η πρωτεΐνη υφίσταται αυτό που ονομάζουμε μετουσίωση. Σπάζουν δηλαδή οι δεσμοί που έχουν αναπτυχθεί μεταξύ των πλευρικών ομάδων, καταστρέφεται η τρισδιάστατη δομή της και η πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αλλαγή της υφής του ασπράδιού του αυγού κατά τη θέρμανση. Από διαυγές διάλυμα πρωτεϊνικών μορίων, γίνεται λευκό, αδιαφανές και συμπαγές. Αυτό οφείλεται στο ότι η πρωτεΐνη που περιέχει (αλβουμίνη) μετουσιώνεται. Σ' αυτή την κατάσταση είναι εμφανές ότι δεν μπορεί να επιτελέσει

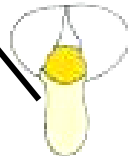
πλέον τη λειτουργία για την οποία υπάρχει ως συστατικό του αβγού. Οι πρωτεΐνες, με κριτήριο τη λειτουργία τους, διακρίνονται σε δύο ευρύτερες κατηγορίες. Τις δομικές, που αποτελούν δομικά συστατικά των κυττάρων και κατ' επέκταση των οργανισμών, και τις λειτουργικές, που συμβάλλουν στις διάφορες λειτουργίες.



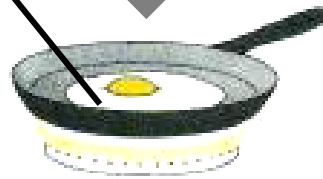
Ο ιστός αυτής της αράχνης είναι φτιαγμένος από πρωτεΐνη.

**Η πρωτεΐνη αλβουμίνη είναι
παχύρρευστη και διαφανής**

**Λευκή και
συμπαγής**



Μετατρέπεται



Πηγή θερμότητας

**Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά το
τηγάνισμα του αβγού έχει «ορατά»
αποτελέσματα.**

**Πίνακας: Διάκριση των πρωτεϊνών
και λειτουργίες που αυτές
επιτελούν.**

| ΕΙΔΟΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ | ΠΑΡΑ-ΔΕΙΓΜΑ | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
|------------------------|---------------------|--|
| A. ΔΟΜΙΚΕΣ | | |
| | Κολλαγόνο | Συστατικό του συνδετικού ιστού (οστά, χόνδροι, τένοντες) |
| | Ελαστίνη | Συστατικό των συνδέσμων των οστών |
| B. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ | | |
| ΜΕΤΑΦΕΡΟΥΣΕΣ | Αιμοσφαιρίνη | Μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα σπονδυλωτών |
| | Μυοσφαιρίνη | Μεταφορά οξυγόνου και προσωρινή αποθήκευση στους μύς σπονδυλωτών |

| ΑΙΤΟΥΡΓΙΑ | ΠΑΡΑ-ΔΕΙΓΜΑ | ΕΙΔΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΝ |
|--|--------------|-----------------|
| Σύνδεση με κάθε ζένο για τον οργάνισμό «σώμα» και εξουδετέρωση του | Αντισώμα-τα | ΑΜΥΝΤΙΚΕΣ |
| Συμμετοχή στη διαδικασία πήξης του αίματος | Ινσουλινό-νο | |
| Συστατικό των μυϊκών κυττάρων | Μυοσίνη | ΣΥΣΤΑΤΕΣ |
| Συστατικό των μυϊκών κυττάρων | Ακτίνη | |
| Αποθήκη ασβαστίου στο γάλα | Καζεΐνη | ΑΠΟΘΗΚΕΥ-ΤΙΚΕΣ |

| ΕΙΔΟΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ | ΠΑΡΑ-ΔΕΙΓΜΑ | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
|------------------------|-----------------------|---|
| | Αλβουμίνη | Πηγή αμινοξέων για το αναπτυσσόμενο έμβρυο (στο ασπράδι των αβγών) |
| ΟΡΜΟΝΙΚΕΣ | Ινσουλίνη | Ρύθμιση του σακχάρου του αίματος. Εκκρίνεται από το πάγκρεας |
| | Γλυκαγόνη | Ρύθμιση του σακχάρου του αίματος. Εκκρίνεται από το πάγκρεας |
| ΕΝΖΥΜΙΚΕΣ | Εξοκινάση | Ένζυμο της γλυκόλυσης |
| | RNA πολυμεράση | Ένζυμο της μεταγραφής του DNA σε RNA |

ΤΟ ΚΟΜΜΩΤΗΡΙΟ ΚΑΙ ΟΙ... ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ

Τα μαλλιά του ανθρώπου αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό από πρωτεϊνικά μόρια, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου. Οι δεσμοί αυτοί δεν είναι ισχυροί και σπάνε εύκολα, όταν τα μόρια θερμανθούν. Αν λοιπόν τα μαλλιά τυλιχτούν γύρω από μια θερμαινόμενη βούρτσα κομμωτηρίου, εξαιτίας της θερμότητας σπάζουν οι δεσμοί υδρογόνου, οι οποίοι συνδέουν τα πρωτεϊνικά μόρια που αποτελούν την τρίχα. Αν στη συνέχεια οι τρίχες κρυώσουν με αυτό το σχήμα, δημιουργούνται νέοι δεσμοί υδρογόνου, οι οποίοι συνδέουν μεταξύ τους διαφορετικά τα πρωτεϊνικά μόρια,

σταθεροποιώντας το νέο αυτό σχήμα.

Δυστυχώς οι νέοι δεσμοί σιγά σιγά σπάζουν, κυρίως λόγω της υγρασίας της ατμόσφαιρας, και τα μαλλιά επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση.



Οι δεσμοί υδρογόνου και οι «μπούκλες» στα μαλλιά.

Το πρωτεϊνικά μόρια, που αποτελούν το κυριότερο συστατικό των μαλλιών μας, περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό στο μόριο τους το αμινοξύ κυστεΐνη. Ανάμεσα σε μόρια κυστεΐνης, που βρίσκονται σε

διαφορετικά σημεία των πεπτιδικών αλυσίδων, σχηματίζονται δισουλφιδικοί δεσμοί. Αυτοί οι δεσμοί είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνοι για το σχήμα των τριχών. Οι τρίχες των μαλλιών είναι ίσιες ή κατσαρές εξαιτίας των δισουλφιδικών δεσμών που περιέχουν τα πρωτεϊνικά μόρια, και αυτοί οι δεσμοί τα βοηθούν να διατηρούν το ιδιαίτερο σχήμα τους. Όταν κάνουμε «περμανάντ» στα μαλλιά μας, αρχικά αυτά υφίστανται επεξεργασία με μια χημική ουσία (αναγωγική), η οποία σπάει μερικούς από τους -S-S- δεσμούς.

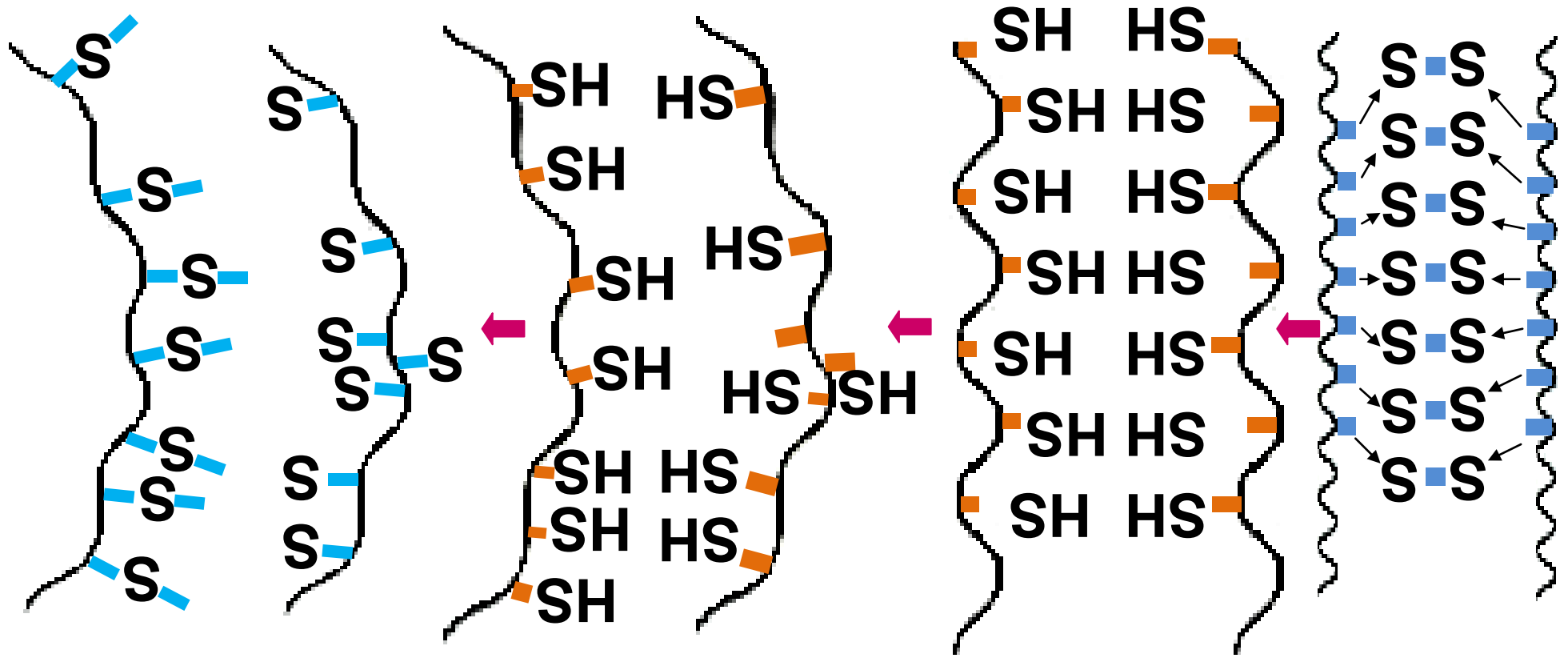
Μετά από αυτό τα μόρια γίνονται πιο «ελαστικά» και τα μαλλιά μπορούν να πάρουν το επιθυμητό σχήμα. Χρησιμοποιώντας τα «ρόλεϊ» του κομμωτηρίου, τους

δίνουμε το επιθυμητό σχήμα. Στη συνέχεια προστίθεται μια άλλη ουσία (οξειδωτική), η οποία αναστρέφει την προηγούμενη αντίδραση, οδηγώντας στο σχηματισμό νέων δισουλφιδικών δεσμών, που συγκρατούν τώρα τα μόρια στις νέες τους θέσεις. Με τον ίδιο τρόπο γίνεται και το ίσιωμα των σγουρών μαλλιών.

Η «περμανάντ» (permanent = μόνιμος) δεν μπορεί φυσικά να είναι πραγματικά μόνιμη. Τα μαλλιά σιγά σιγά μακραίνουν και πάλι, και τα πρωτεϊνικά μόρια του καινούριου μέρους της τρίχας έχουν τους ίδιους δισουλφιδικούς δεσμούς με τα αρχικά...

Συστολή

Ο αναγωγικός παράγοντας σπάζει τους διασουλφικούς δεσμούς



Νουκλεϊκά οξέα: νήματα και αγγελιαφόροι της ζωής

Οι λειτουργίες των οργανισμών πραγματοποιούνται χάρη στις πρωτεΐνες, ενώ ο βιολογικός ρόλος των πρωτεϊνών καθορίζεται από τη μορφή τους. Αν η μορφή τους είναι αποτέλεσμα της πρωτοταγούς δομής τους, εύλογα γεννιέται απορία για το ποιος καθορίζει αυτή την πρωτοταγή δομή.

Η απάντηση στο ερώτημα δε δόθηκε με μιάς. Χρειάστηκε να περάσουν περισσότερα από 50 χρόνια, από τότε που ο Ελβετός γιατρός Φ. Μίσερ απομόνωσε νουκλεϊκά οξέα από πυρήνες κυττάρων, ώσπου να μελετηθεί πλήρως η δομή τους. Αποκαλύφτηκε με τις μελέτες αυτές η ικανότητα των νουκλεϊκών οξέων να καθορίζουν

την παραγωγή των πρωτεϊνών και έτσι να ελέγχουν όλες τις λειτουργίες και τα κληρονομικά γνωρίσματα των οργανισμών. Υπάρχουν δύο είδη νουκλεϊκών οξέων, το δεσοξυριβονουκλεϊκό και το ριβονουκλεϊκό, που είναι γνωστότερα με τις συντομογραφίες **DNA** και **RNA** αντίστοιχα. Πρώτο βήμα για τη μελέτη των νουκλεϊκών οξέων είναι η μελέτη των δομικών τους λίθων, των **νουκλεοτιδίων**.

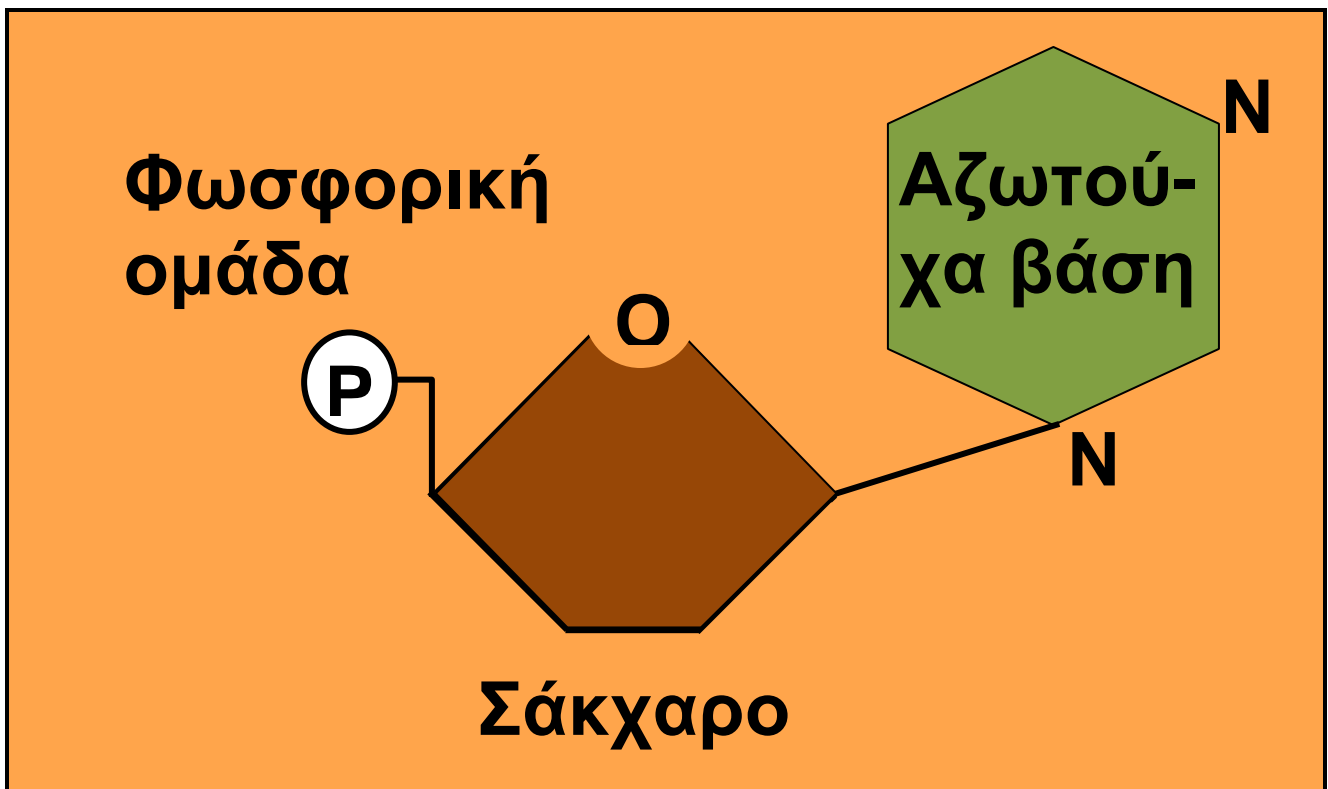
Νουκλεοτίδια

Τα νουκλεοτίδια προέρχονται από τη σύνδεση, με ομοιοπολικό δεσμό, τριών διαφορετικών μορίων. Μιας πεντόζης (σάκχαρο με πέντε άτομα άνθρακα), ενός μορίου

φωσφορικού οξέος και μιας οργανικής αζωτούχας βάσης. Τα νουκλεοτίδια του DNA περιέχουν την πεντόζη δεσοξυριβόζη (δεσοξυριβονουκλεοτίδια), ενώ τα νουκλεοτίδια του RNA περιέχουν την πεντόζη ριβόζη (ριβονουκλεοτίδια). Οι αζωτούχες βάσεις των νουκλεοτιδίων είναι η αδενίνη (A), η γουανίνη (G), η θυμίνη (T), η κυτοσίνη (C) και η ουρακίλη (U). Η αδενίνη, η γουανίνη και η κυτοσίνη συναντώνται και στα δύο είδη νουκλεϊκών οξέων. Η θυμίνη υπάρχει μόνο στο DNA, ενώ η ουρακίλη μόνο στο RNA.

Δύο μονοφωσφορικά νουκλεοτίδια ενώνονται με ομοιοπολικό δεσμό, για να αποτελέσουν ένα δινουκλεοτίδιο. Αν στο δινουκλεοτίδιο

προστεθεί ένα ακόμη νουκλεοτίδιο, τότε δημιουργείται ένα τρινουκλεοτίδιο. Αν προστεθεί ένα ακόμη, τότε δημιουργείται ένα τετρανουκλεοτίδιο κ.ο.κ. Αν η διαδικασία αυτή επαναληφθεί χιλιάδες φορές, τότε δημιουργείται ένα πολυνουκλεοτίδιο.



Σχηματική απεικόνιση ενός τύπου νουκλεοτιδίου.

Οι αλυσίδες των νουκλεϊκών οξέων

έχουν συνήθως μεγάλο μήκος. Σ' αυτό οφείλεται και το μεγάλο μοριακό τους βάρος. Το μεγάλο μήκος δικαιολογεί επίσης τη μοναδική ιδιότητα του DNA, να είναι ο φορέας όλων των πληροφοριών που χρειάζεται ένας οργανισμός, για να οικοδομηθεί και να λειτουργήσει. Επειδή κάθε νουκλεοτίδιο του DNA μπορεί να περιέχει οποιαδήποτε από τις βάσεις A, T, G, C, υπάρχει, όπως και στις πρωτεΐνες με τα αμινοξέα, ένας απεριόριστος αριθμός διαφορετικών αλληλουχιών νουκλεοτιδίων, που καθεμιά αντιπροσωπεύει και μια διαφορετική πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, δηλαδή ένα διαφορετικό συνδυασμό πληροφοριών. Με 1.000, για παράδειγμα, νουκλεοτίδια μπορούν να προκύψουν 4^{1000} διαφορετικές πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες,

καθεμιά από τις οποίες έχει τη δική της αλληλουχία νουκλεοτιδίων.

Δομή και βιολογικός ρόλος του DNA

Τα πολυνουκλεοτίδια, όπως και οι πρωτεΐνες, εκτός από την πρωτοταγή δομή τους, διαθέτουν και διάταξη στο χώρο (στερεοδιάταξη). Το 1953 οι Τ. Γουάτσον και Φ. Κρικ παρουσίασαν ένα μοντέλο για τη δομή του DNA, που ονομάστηκε μοντέλο της διπλής έλικας. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, που σήμερα είναι αποδεκτό από ολόκληρη την επιστημονική κοινότητα, το μόριο του DNA έχει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

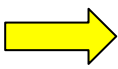
- Αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, τους κλώνους, που σχηματίζουν διπλή έλικα.**

- Οι αζωτούχες βάσεις σε κάθε κλώνο είναι κάθετες στον κύριο άξονα του μορίου και προεξέχουν προς το εσωτερικό του.
- Οι δύο κλώνοι συγκρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου, που σχηματίζονται μεταξύ των αζωτούχων βάσεων τους. Τα ζευγάρια των αζωτούχων βάσεων, ανάμεσα στις οποίες μπορούν να σχηματιστούν δεσμοί υδρογόνου, είναι καθορισμένα: η αδερίνη με τη θυμίνη και η γουανίνη με την κυτοσίνη. Αυτό σημαίνει δηλαδή ότι απέναντι σε κάθε αδερίνη βρίσκεται πάντοτε μια θυμίνη και αντίστροφα, ενώ απέναντι σε κάθε γουανίνη βρίσκεται μια κυτοσίνη και αντίστροφα. Οι βάσεις αδερίνη / θυμίνη και γουανίνη / κυτοσίνη, μεταξύ των οποίων σχηματίζονται δεσμοί υδρογόνου, χαρακτηρίζονται ως

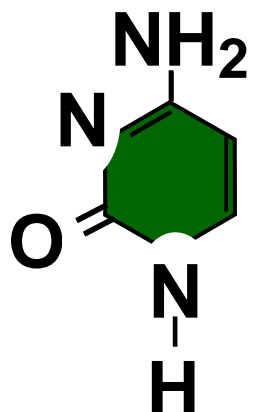
συμπληρωματικές. Όπως θα διαπιστώσουμε σε επόμενο κεφάλαιο, χάρη στη συμπληρωματικότητα αυτή το μόριο μπορεί να αντιγράφεται με ακρίβεια, αλλά και να ασκεί τον κατευθυντήριο ρόλο του σε όλες τις δραστηριότητες του κυττάρου. Μεταξύ των βάσεων Α και Τ σχηματίζονται δύο δεσμοί υδρογόνου, ενώ μεταξύ των βάσεων G και C σχηματίζονται τρεις.

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ... 

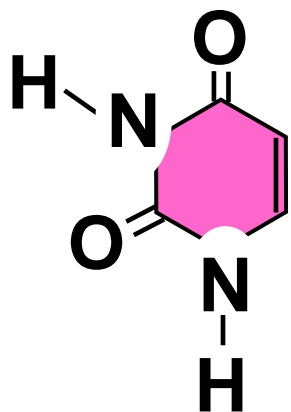
Πόσα μόρια νερού αποσπάστηκαν, ώστε να σχηματιστεί το μόριο ενός νουκλεϊϊκού οξέος που αποτελείται από 60 νουκλεοτίδια;

Δομικά συστατικά των νουκλεοτιδίων: πεντόζες, αζωτούχες βάσεις, φωσφορική ομάδα. 

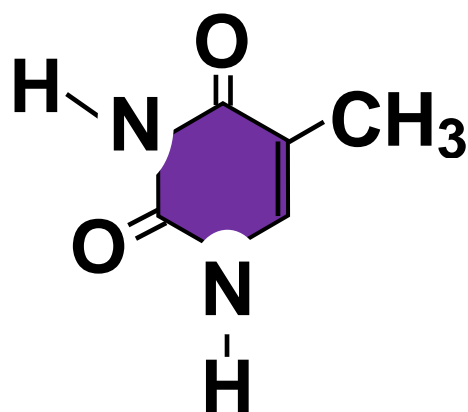
Αζωτούχες βάσεις



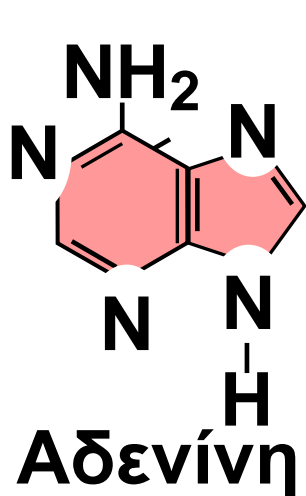
Κυτοσίνη



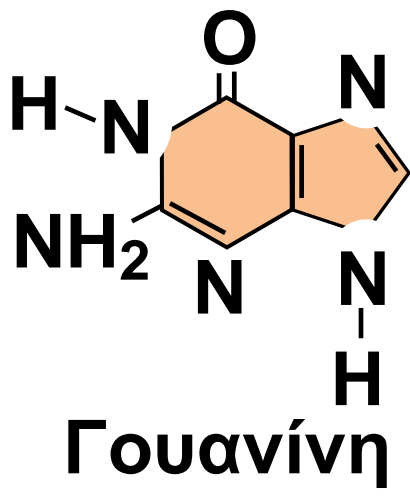
Ουρακίλη



Θυμίνη

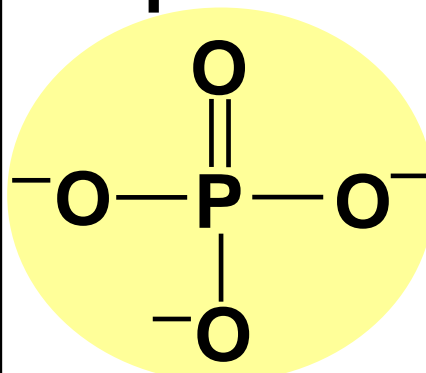


Αδενίνη



Γουανίνη

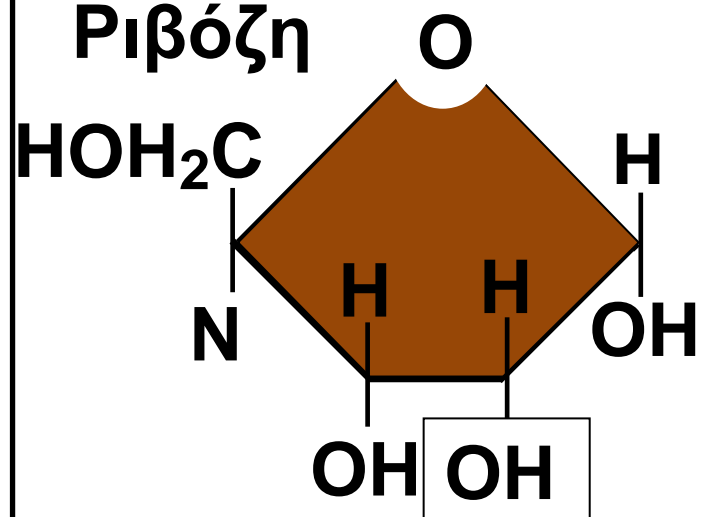
Φωσφορική
ομάδα



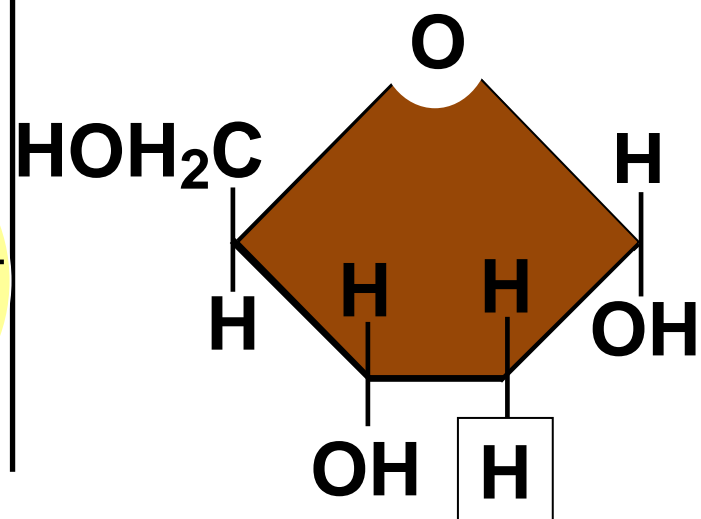
101 / 29

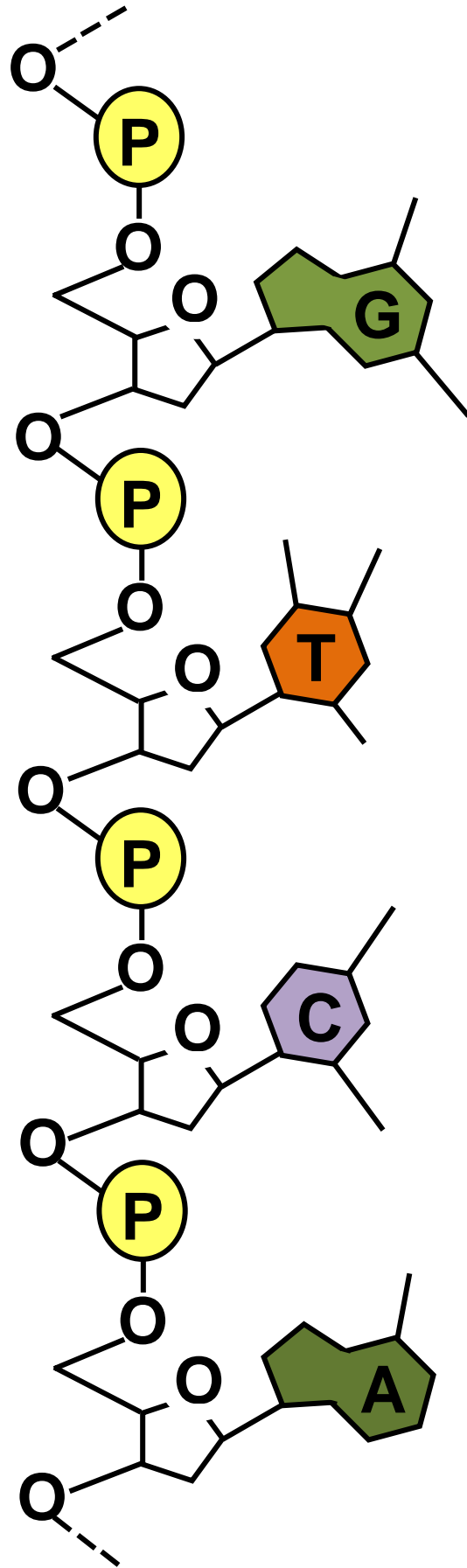
Σάκχαρα (πεντόζες)

Ριβόζη

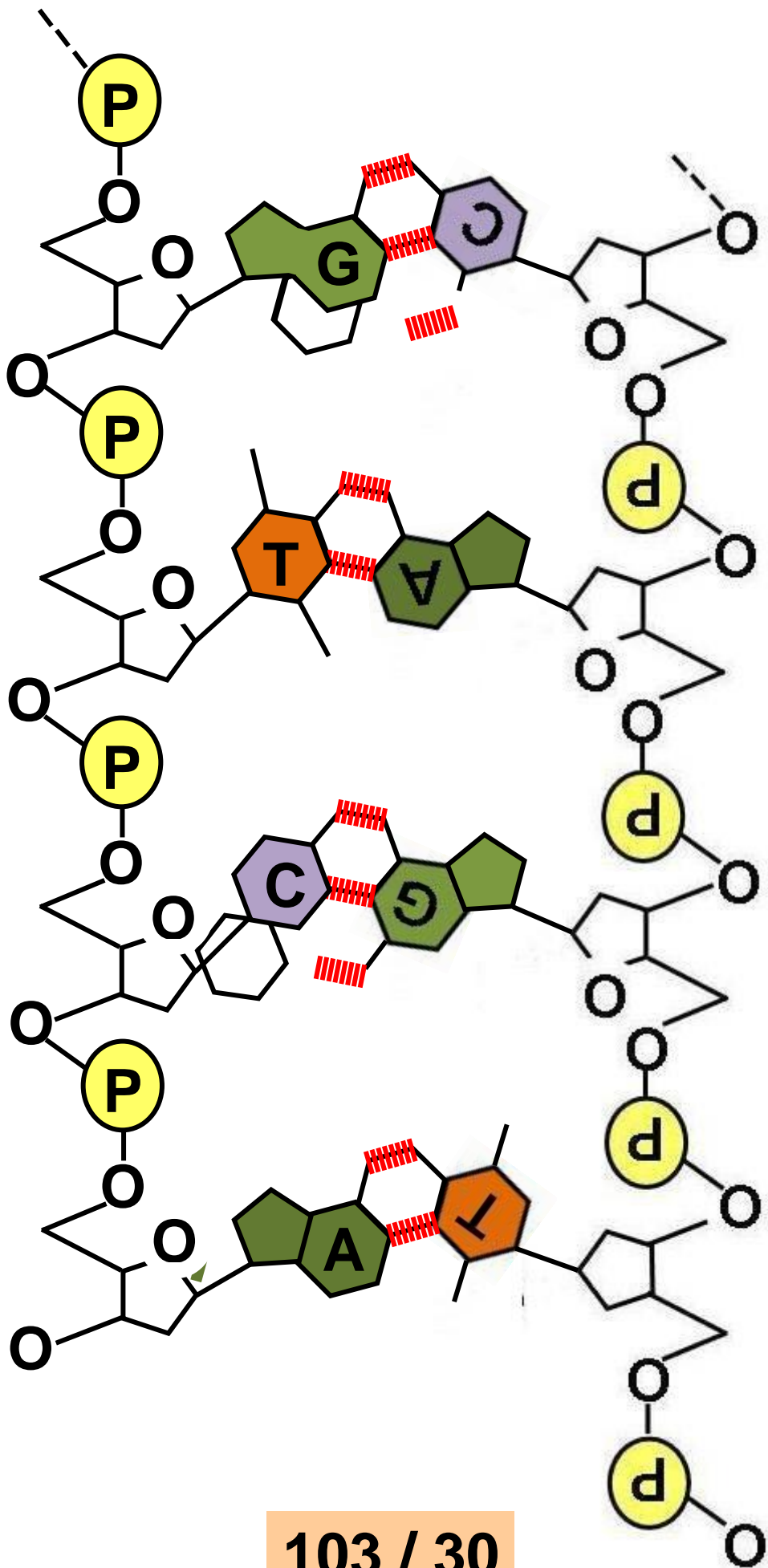


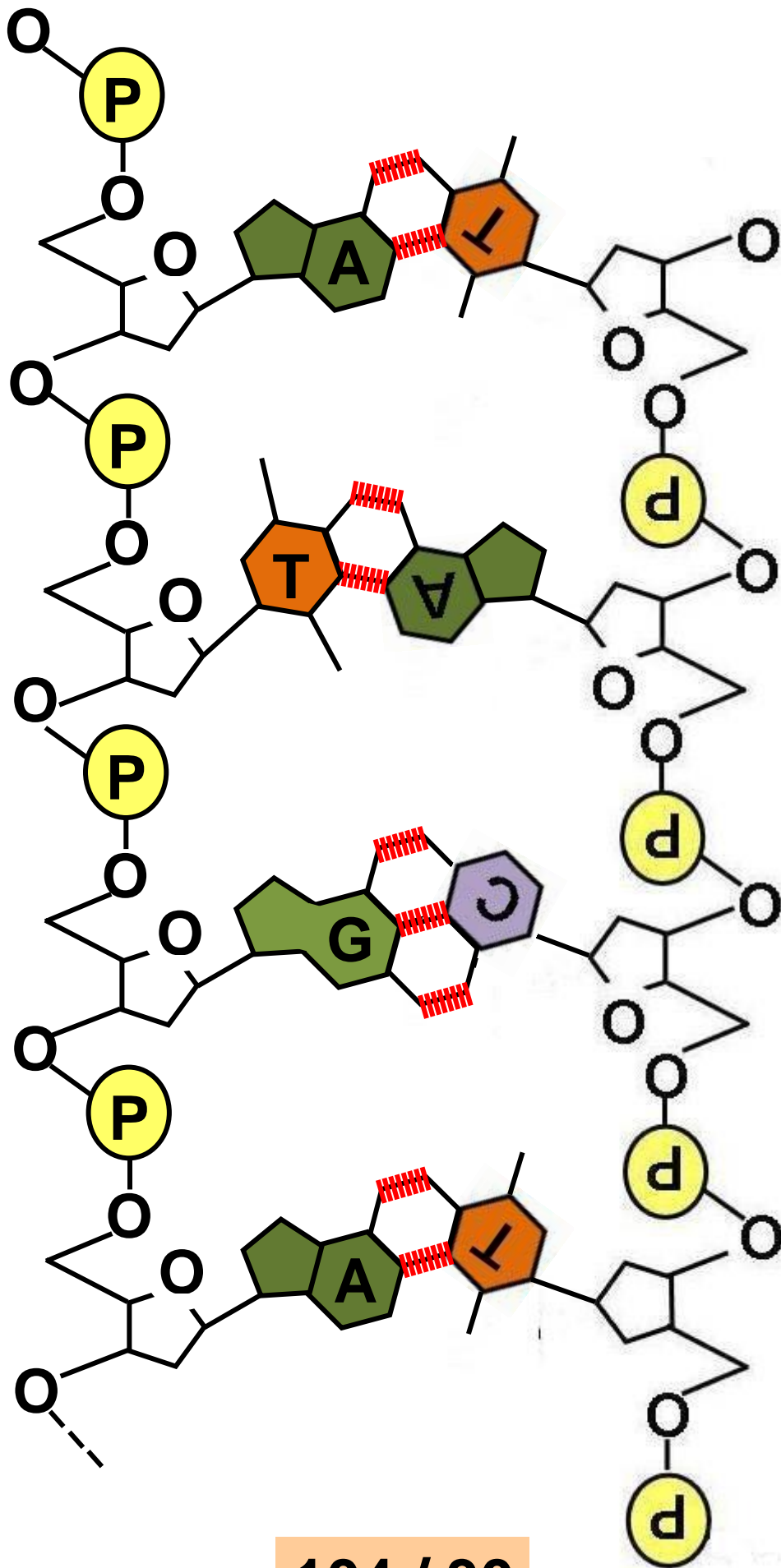
Δεσοξυριβόζη





Τμήμα πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας.





Τα μόρια του DNA φέρουν τις πληροφορίες για το σύνολο των χαρακτηριστικών που εκφράζονται σε ένα κύτταρο και, κατ' επέκταση, σε έναν οργανισμό. Σε επόμενο κεφάλαιο θα διαπιστώσουμε τον τρόπο με τον οποίο το μόριο του DNA είναι ικανό:

- Να φέρει τις γενετικές πληροφορίες.**
- Να ελέγχει μέσω αυτών κάθε κυτταρική δραστηριότητα.**
- Να μεταβιβάζει τις πληροφορίες αναλλοίωτες από γενιά σε γενιά.**
- Να επιτρέπει τη δημιουργία γενετικής ποικιλομορφίας.**

Το σύνολο των μορίων του DNA ενός κυττάρου αποτελεί το γενετικό του υλικό. Στα ευκαρυωτικά κύτταρα, τα κύτταρα δηλαδή που έχουν πυρήνα, το DNA βρίσκεται μέσα σ' αυτόν (πυρήνα) ως

συστατικό των χρωμοσωμάτων.
Ένα μικρό ποσοστό υπάρχει και
στα μιτοχόνδρια και στους χλωρο-
πλάστες. Τα οργανίδια αυτά έχουν
τη δυνατότητα να πολλαπλασιάζο-
νται ανάλογα με τις ανάγκες του
κυττάρου και ανεξάρτητα από αυτό.
Μπορούν επίσης και να συνθέτουν
τα ίδια κάποιες από τις πρωτεΐνες
τους.

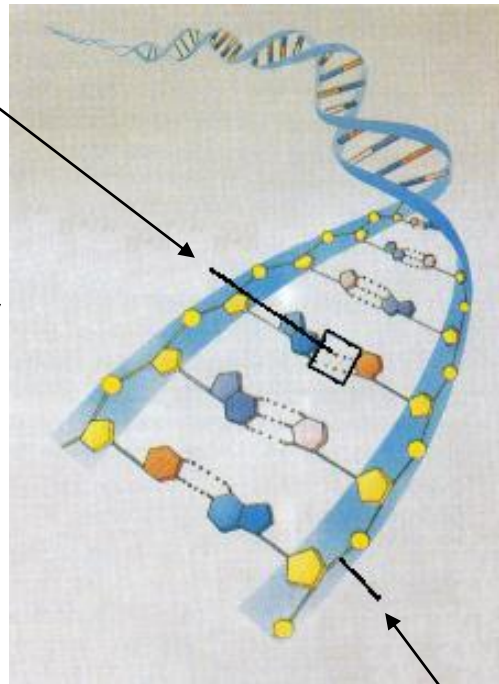
2.0 mm



Τμήμα μορίου DNA. Το DNA είναι
ένα δίκλωνο μόριο με τη μορφή
έλικας. Σχηματίζεται από 4 διαφορε-
τικά είδη νουκλεοτιδίων καθένα, από

τα οποία περιέχει μια από τις βάσεις A, T, G, C. Ανάμεσα στις συμπληρωματικές βάσεις των απέναντι κλώνων σχηματίζονται δεσμοί υδρογόνου.

**Δεσμοί υδρογόνου
μεταξύ συμπληρω-
ματικών
αζωτούχων βάσεων
των νουκλεοτιδίων**



**Φωσφοδιεστε-
ρικός δεσμός
(Ομοιοπολικός)**

Οι δεσμοί υδρογόνου που αναπτύσσονται μεταξύ των συμπληρωματικών αζωτούχων βάσεων στο δίκλωνο μόριο του DNA σταθεροποιούν τη χωροδιάταξη του μορίου.

Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ DNA

Στις αρχές του 1950 ένας νεαρός Αμερικανός επιστήμονας, ο Τ. Γουάτσον, πήγε στο Πανεπιστήμιο του Καίμπριτζ, στην Αγγλία, προκειμένου να μελετήσει προβλήματα μοριακής (κρυσταλλογραφικής) δομής του DNA. Στο εργαστήριο του Καβέντις συνάντησε έναν Άγγλο φυσικό, το Φ. Κρικ, που, όπως και ο ίδιος, ενδιαφερόταν για τη μελέτη του DNA. Γρήγορα άρχισαν να δουλεύουν μαζί για την ανακάλυψη της δομής του μορίου αυτού. Αν και δεν προχώρησαν οι ίδιοι σε πειράματα, κατάφεραν να συνδυάσουν και να συνθέσουν τα ως τότε δεδομένα σε ένα ενιαίο μοντέλο. Από προγενέστερες έρευνες άλλων ερευνητών γνώριζαν ότι

το μόριο περιέχει νουκλεοτίδια, που αποτελούνται από το σάκχαρο δεσοξυριβόζη, μια φωσφορική ομάδα και μια αζωτούχα βάση, που είναι πουρίνη ή πυριμιδίνη. Οι μελέτες με ακτίνες Χ είχαν στο μεταξύ αποδείξει ότι και το DNA, όπως και μερικές πρωτεΐνες, παρουσιάζει μορφή έλικας.

Ο Λ. Πάουλινγκ, ένας ήδη αναγνωρισμένος επιστήμονας, είχε καταλήξει στο ότι, όπως και στις πρωτεΐνες, η ελικοειδής δομή του DNA συγκρατείται λόγω δεσμών υδρογόνου, που αναπτύσσονται μεταξύ διαδοχικών στροφών του μορίου. Τα δεδομένα εξάλλου της εργασίας ενός άλλου επιστήμονα, του Ε. Χάργκαφ, έδειχναν ότι η αναλογία αδενινών – θυμινών είναι 1:1, όπως επίσης ότι 1:1 είναι και η αναλογία γουανινών – κυτοσινών, που

υπάρχουν στο μόριο.

Από το ισάριθμο των αδερινών με τις θυμίνες και των γουανινών με τις κυτοσίνες οι Τ. Γουάτσον και Φ. Κρικ οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι τα μέλη κάθε ζευγαριού είναι συμπληρωματικά ή, με άλλα λόγια, ότι οι δύο κλώνοι συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου, που αναπτύσσονται μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων.

Για την εργασία τους αυτή τιμήθηκαν το 1962 με βραβείο Νόμπελ. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Φ. Κρικ, έγραφε κάποτε: «θυμάμαι μια τραγουδίστρια σε ένα νυκτερινό κέντρο στη Χονολουλού, που μου έλεγε πως, όταν ήταν μαθήτρια, καταράστηκε το Γουάτσον κι εμένα για τα δύσκολα πράγματα που έπρεπε να μάθει για το DNA. Στην πραγματικότητα, «οι ιδέες που

χρειάζονται, για να καταλάβει κανείς τη δομή, όταν αυτή παρουσιάζεται σωστά, είναι πολύ εύκολες, αφού δεν παραβιάζουν την κοινή λογική, πράγμα που συμβαίνει με την κβαντομηχανική ή τη σχετικότητα».



Δομή και βιολογικός ρόλος του RNA

Το δεύτερο είδος νουκλεϊκού οξέος, το RNA, εκτός από τις διαφορές που έχει από το DNA στη σύσταση (η πεντόζη είναι ριβόζη αντί δεσοξυριβόζη και η μία αζωτούχα βάση είναι ουρακίλη αντί θυμίνη), διαφέρει και στη δομή. Ενώ το DNA είναι ένα δίκλωνο μόριο, το RNA είναι κατά βάση μονόκλωνο. Αποτελείται δηλαδή από μια απλή πολυριβονουκλεοτιδική αλυσίδα. Ωστόσο, μερικές φορές, αυτό το μονόκλωνο μόριο αναδιπλώνεται σε ορισμένα σημεία. Η διαμόρφωση αυτή μπορεί να σταθεροποιηθεί με δεσμούς υδρογόνου, που σχηματίζονται ανάμεσα σε βάσεις που είναι συμπληρωματικές μεταξύ τους

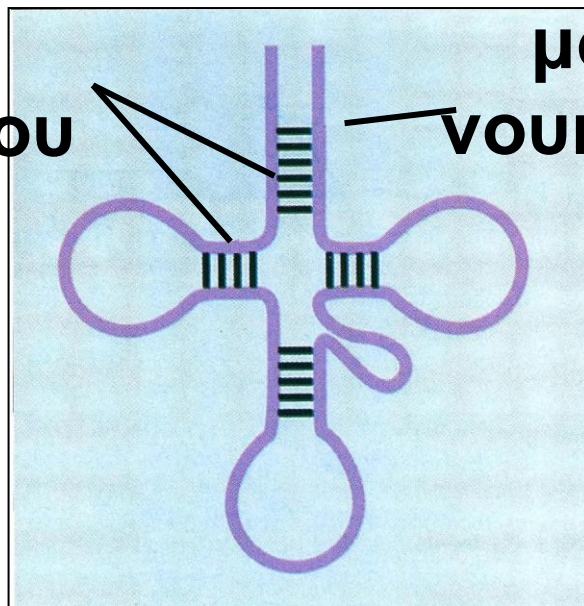
(G-C, A-U), παρά το ότι στην περίπτωση αυτή ανήκουν στην ίδια αλυσίδα (κλώνο).

Το RNA εμφανίζεται με τρεις διαφορετικούς τύπους. Το αγγελιαφόρο RNA (mRNA), το μεταφορικό RNA (tRNA) και το ριβοσωμικό RNA (rRNA). Καθένας από τους τύπους αυτούς έχει έναν ιδιαίτερο βιολογικό ρόλο. Το αγγελιαφόρο RNA μεταφέρει τη γενετική πληροφορία από το DNA, όπου είναι κωδικοποιημένη, στα ριβοσώματα, όπου γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών. Το μεταφορικό RNA μεταφέρει στα ριβοσώματα τα αμινοξέα, προκειμένου αυτά να χρησιμοποιηθούν στη σύνθεση των πρωτεϊνών. Τέλος το ριβοσωμικό RNA, μαζί με πρωτεΐνες, αποτελεί δομικό συστατικό των ριβοσωμάτων.

Το RNA βρίσκεται τόσο στον πυρήνα όσο και στο κυτταρόπλασμα, είτε ως συστατικό των ριβοσωμάτων (rRNA) είτε ελεύθερο (mRNA, tRNA). Υπάρχει βέβαια και στα μιτοχόνδρια και στους χλωροπλάστες.

Πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι το γενετικό υλικό των πρώτων οργανισμών ήταν το RNA. Το DNA θα πρέπει, κατά την άποψή τους, να εμφανίστηκε αργότερα, ως μηχανισμός προστασίας της γενετικής πληροφορίας από την καθημερινή χρήση για τις ανάγκες του κυττάρου. Σήμερα γνωρίζουμε ότι υπάρχουν ιοί που έχουν RNA για γενετικό υλικό (RNA ιοί).

δεσμοί
υδρογόνου



μονόκλωνη
νουκλεοτιδική
αλυσίδα

Σχηματική παράσταση ενός tRNA.

Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούν πηγή ενέργειας για το κύτταρο. Σημαντικότεροι από αυτούς είναι η γλυκόζη, το άμυλο και το γλυκογόνο.

Κάποιοι υδατάνθρακες είναι δομικά συστατικά κυττάρων. Ο πιο διαδεδομένος από τους δομικούς υδατάνθρακες είναι η κυτταρίνη, που αποτελεί το βασικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών κυττάρων. Οι υδατάνθρακες

διακρίνονται σε μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες και πολυσακχαρίτες.

Μονοσακχαρίτες

Διακρίνονται σε τριόζες (με 3 άτομα C), πεντόζες (με 5 άτομα C) και εξόζες (με 6 άτομα C). Από τους μονοσακχαρίτες πιο διαδεδομένες είναι οι πεντόζες και οι εξόζες (βλ, πίνακα). Γενικώς, εκτός του ότι αποτελούν πηγή ενέργειας για τα κύτταρα, συμμετέχουν και στη σύνθεση δι- και πολυσακχαριτών. Ειδικά οι πεντόζες ριβόζη και δεσοξυριβόζη συμμετέχουν στη σύνθεση του RNA και DNA αντίστοιχα.

Δισακχαρίτες

Προκύπτουν από τη συνένωση δύο μονοσακχαριτών. Οι κυριότεροι δισακχαρίτες είναι η μαλτόζη,

η σακχαρόζη και η λακτόζη.
Η μαλτόζη προκύπτει από τη διάσπαση του αμύλου, κατά τη διαδικασία της πέψης. Η σακχαρόζη είναι συστατικό των φρούτων και αποτελεί την κύρια πηγή γλυκόζης για τους ζωικούς οργανισμούς. Η λακτόζη είναι το σάκχαρο του γάλακτος.

Πίνακας: Είδη μονοσακχαριτών και η λειτουργία που αυτοί επιτελούν.

| ΕΙΔΟΣ ΜΟΝΟΣΑΚΧΑΡΙΤΗ | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
|---|---|
| Τριόζες Γλυκεριναλδεΰδη, διυδροξυκετόνη | Λειτουργούν ως ενδιάμεσα προϊόντα της φωτοσύνθεσης και της κυτταρικής αναπνοής. |

| | |
|---|---|
| <p>Πεντόζες Ριβόζη, δεσοξυριβόζη</p> | <p>Συστατικά των νουκλεοτιδίων.</p> |
| <p>Εξόζες Γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη.</p> | <p>Η γλυκόζη, που είναι ο πιο διαδεδομένος μονο- σακχαρίτης αποτελεί την πιο άμεση πηγή ενέργειας κατά την κυτταρική αναπνοή. Αποτελεί το δομικό λίθο των δι- και πολυσακχα- ριτών. Παράγεται κατά τη φωτοσύνθεση από τα πράσινα μέρη των φυτών. Η φρουκτόζη και η γαλακτόζη, που είναι ισομερείς ενώσεις της γλυκόζης, αποτε- λούν και αυτές πηγές ενέργειας και συστατικά των δισακχαριτών και των πολυσακχαριτών.</p> |

Πίνακας: Οι κυριότεροι δισακχαρίτες και η σύστασή τους.

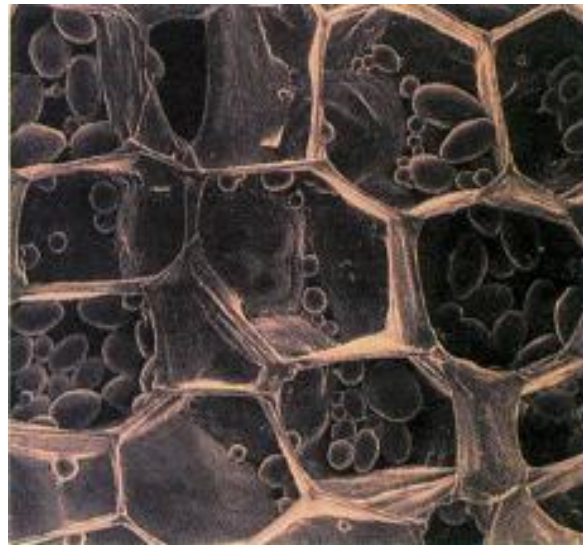
| ΔΙΣΑΚΧΑΡΙΤΗΣ | ΣΥΣΤΑΣΗ |
|--------------|---------------------|
| Μαλτόζη | Γλυκόζη + Γλυκόζη |
| Σακχαρόζη | Γλυκόζη + Φρουκτόζη |
| Λακτόζη | Γλυκόζη + Γαλακτόζη |



Σε ειδικά κύτταρα της ρίζας του σακχαρότευτλου αποταμιεύονται μεγάλες ποσότητες σακχαρόζης. Η εκτεταμένη καλλιέργεια των φυτών αυτών σε πολλές χώρες, καλύπτει τις ανάγκες των καταναλωτών σε ζάχαρη.

Πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες προκύπτουν από τη συνένωση πολλών μορίων μονοσακχαριτών. Οι κύριοι πολυσακχαρίτες είναι η κυτταρίνη, το άμυλο και το γλυκογόνο. Παρά το ότι και οι τρεις αυτοί πολυσακχαρίτες οικοδομούνται από το ίδιο μονομερές, το μόριο της γλυκόζης, διαφέρουν ως προς το μέγεθος, τη μορφή που παίρνει το μόριό τους στο χώρο και το βιολογικό τους ρόλο. Η κυτταρίνη και το άμυλο συναντώνται στα φυτικά κύτταρα, η πρώτη ως συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος (δομικός πολυσακχαρίτης) και το δεύτερο ως αποταμιευτική ουσία. Το γλυκογόνο υπάρχει στα ζωικά κύτταρα και στα κύτταρα των μυκήτων ως αποταμιευτική ουσία.



Κόκκοι αμύλου στο εσωτερικό φυτικών κυττάρων.

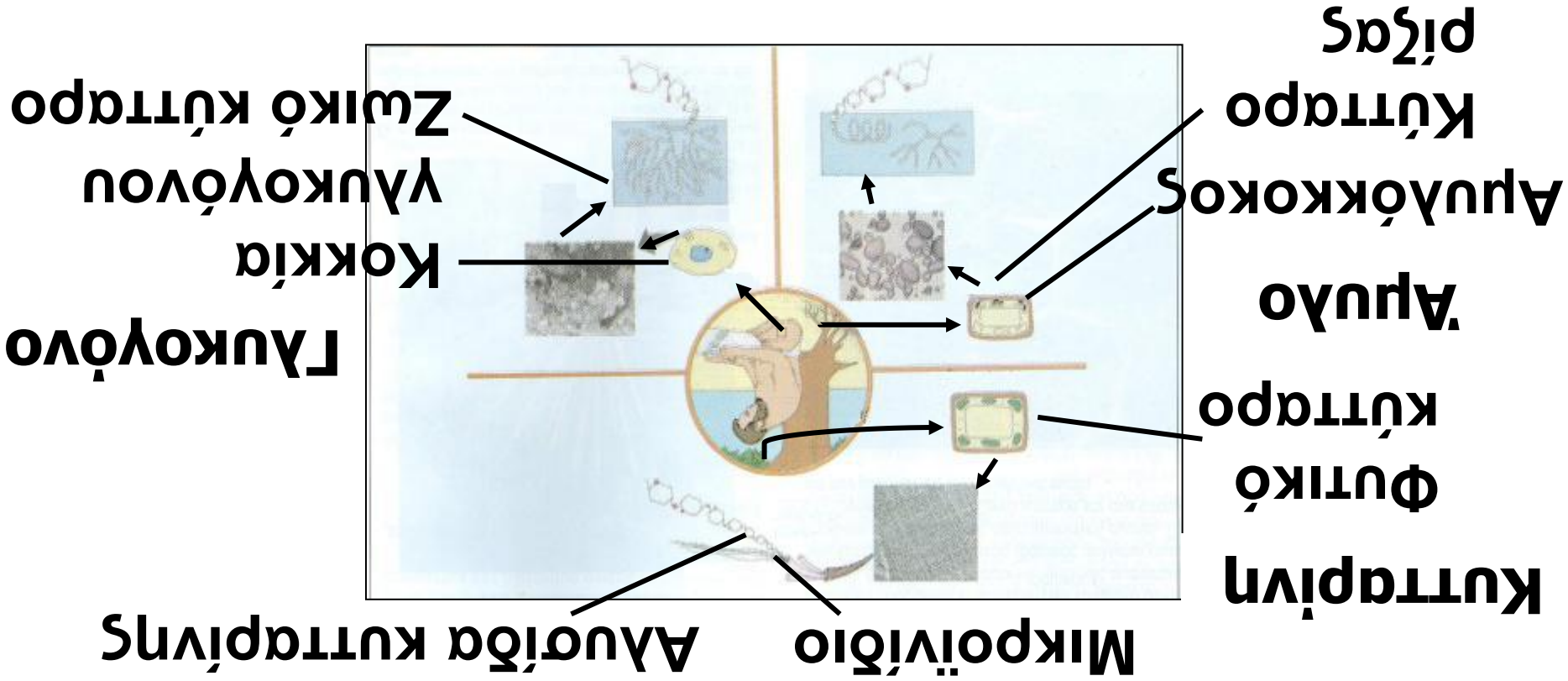
Πίνακας: Κύριοι πολυσακχαρίτες και η λειτουργία που αυτοί επιτελούν.

| ΠΟΛΥΣΑΚ-ΧΑΡΙΤΕΣ | ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
|--|--|
| Κυτταρίνη: αποτελείται από περισσότερα από 10.000 μόρια γλυκόζης, που | Η πιο διαδεδομένη οργανική ένωση στον κόσμο. Είναι ο δομικός πολυσακχαρίτης των φυτών, καθώς αποτελεί το κύριο συστατικό του |

**ενώνονται
και σχημα-
τίζουν
ευθείες
αλυσίδες.**

**κυτταρικού τοιχώμα-
τος των φυτικών
κυττάρων. Οι μακρές
αλυσίδες του συνδέ-
ονται μεταξύ τους με
δεσμούς Η. Έτσι
σχηματίζονται δε-
σμες, που διαπλέκο-
νται σε ισχυρότατα
πλέγματα. Μόνο
μερικοί μικροοργα-
νισμοί διαθέτουν το
κατάλληλο ένζυμο για
την υδρόλυση του.
Ορισμένοι από
αυτούς συμβιώνουν
φυσιολογικά στο πε-
πτικό σύστημα φυτο-
φάγων ζώων, δίνον-
τας τους τη δυνατό-
τητα να πέπτουν την
κυτταρίνη.**

| | |
|---|---|
| <p>Άμυλο: αποτελείται από δεκάδες χιλιάδες μόρια γλυκόζης, που ενώνονται και σχηματίζουν σπειροειδή και διακλαδισμένη αλυσίδα.</p> | <p>Αποταμιευτικός πολυσακχαρίτης των φυτών. Διασπώμενο, αποδίδει τα μόρια γλυκόζης από τα οποία αποτελείται και έτσι προμηθεύει την πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας.</p> |
| <p>Γλυκογόνο: αποτελείται από μόρια γλυκόζης, που σχηματίζουν διακλαδισμένες αλυσίδες.</p> | <p>Αποταμιευτικός πολυσακχαρίτης των ζώων και των μυκήτων. Στα σπονδυλωτά αποθηκεύεται στο ήπαρ και στους μυς. Διασπώμενο, αποδίδει μόρια γλυκόζης που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας.</p> |



Η ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ ΚΑΙ ΤΑ ΒΙΒΛΙΑ ΣΟΥ



Μικροσκοπική δομή της κυτταρίνης. Κάθε μικροϊνίδιο κυτταρίνης συντίθεται από αλυσίδες κυτταρίνης, οι οποίες με τη σειρά τους είναι φτιαγμένες από μόρια γλυκόζης.

Η κυτταρίνη είναι ένας πολυσακχαρίτης. Το μόριό του αποτελείται από αρκετές χιλιάδες μόρια γλυκόζης. Ως πρώτη ύλη θεωρείται διαδεδομένη, πρόσφορη και ανανεώσιμη, μια και αποτελεί το κυριότερο συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών κυττάρων. Το βαμβάκι, του οποίου όλοι γνωρίζουμε τις χρήσεις, αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από κυτταρίνη. Το ίδιο ισχύει και για το λινάρι.

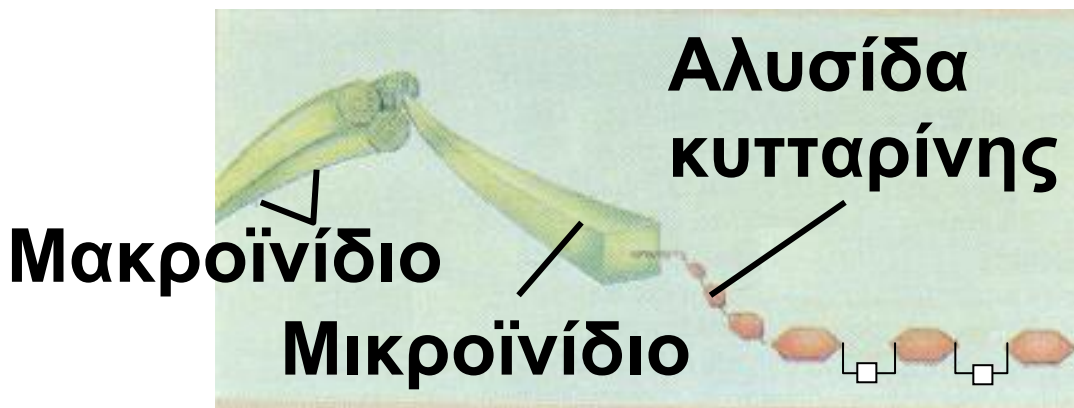
Η κυτταρίνη χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή χαρτιού, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν έχει και άλλες χρήσεις, που αφορούν κυρίως προϊόντα για τη συμπύκνωση χρωμάτων, τη σταθεροποίηση τροφίμων, καλλυντικών κ.ά. Το ξύλο, βασικό συστατικό του οποίου είναι η κυτταρίνη, άρχισε να χρησιμοποιείται για την παραγωγή χαρτιού κατά το 18ο αιώνα και από τότε έως σήμερα οι τεχνικές έχουν εξελιχτεί σε απίστευτο βαθμό. Σήμερα έχουμε στη διάθεσή μας πολλές ποιότητες χαρτιού, με ιδιότητες που μπορούν να καλύψουν κάθε ανάγκη μας, ακόμη και ένδυσης. Οι ιδιότητες του χαρτιού εξαρτώνται από τις ίνες του φυτού από το οποίο προέρχεται, όπως επίσης και από την τεχνική που ακολουθείται. Η κυτταρίνη δίνει στο

**χαρτί τα απαραίτητα χαρακτηρι-
στικά σε ό,τι αφορά τη σταθερό-
τητα, την ελαστικότητα, τη
στιλπνότητα κτλ.**

**Για να φτιαχτεί το χαρτί, το ξύλο
πολτοποιείται με φυσικές και χημι-
κές διαδικασίες. Με χημική επεξερ-
γασία απομακρύνονται διάφορα
υλικά, με αποτέλεσμα να έχουμε
χαρτί καλύτερης ποιότητας. Πολτός
πολύ καλής ποιότητας, όπως αυτός
που φτιάχνεται από βαμβάκι,
χρησιμοποιείται για χαρτί μακράς
διάρκειας, το οποίο χρειάζονται οι
τράπεζες, ή για ειδικό χαρτί, όπως
αυτό από το οποίο φτιάχνονται τα
διάφορα φίλτρα. Είναι περίπου 7 ή
8 φορές πιο ακριβό από το κοινό
χαρτί καλής ποιότητας.**

**Τα τελευταία χρόνια γίνεται προ-
σπάθεια να ανακυκλώνεται ένα
μεγάλο ποσοστό από το χαρτί που**

ξοδεύουμε. Γίνεται ακόμη προσπάθεια να αξιοποιούνται σωστά τα δάση, τα οποία ανανεώνονται συστηματικά. Τα τελευταία χρόνια οι τεχνικές έχουν εξελιχθεί και είναι δυνατό να πάρουμε χαρτί σχεδόν οποιασδήποτε ποιότητας με ανακύκλωση. Παραμένει όμως δύσκολο να απομακρύνουμε τα μελάνια και να έχουμε λευκό χαρτί χωρίς τη χρήση επικίνδυνων χημικών. Επιπλέον ανακύκλωση του προερχόμενου από ανακύκλωση χαρτιού μπορεί να βοηθήσει να αποφύγουμε τη ρύπανση από το κάψιμο (αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας) ή την ταφή σε ήδη κορεσμένες από απορρίμματα περιοχές.



ΑΠΟΤΑΜΙΕΥΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΩΑ

Για τα φυτά, που γενικώς είναι ακίνητα, δεν αποτελεί μεγάλο κόστος το να αποθηκεύουν την περίσσεια χημικής ενέργειας με τη μορφή αμύλου. Αντίθετα τα ζώα, που μετακινούνται, την περίσσεια χημικής ενέργειας από τις τροφές, την αποθηκεύουν με τη μορφή λιπών. Το μικρό βάρος των λιπών, σε σχέση με τη μεγάλη εσωτερική ενέργεια που εγκλείουν, τα καθιστά μια ευκολομεταφερόμενη και συμπυκνωμένη αποθήκη ενέργειας. Τα μεταναστευτικά πουλιά της

πατρίδας μας (π.χ. χελιδόνια) αποθηκεύουν χημική ενέργεια από τις τροφές που καταναλώνουν το καλοκαίρι στο λίπος που συσσωρεύουν στο σώμα τους. Έτσι, όταν το φθινόπωρο ξεκινούν το ταξίδι τους για το Νότο, έχουν μαζί τους ένα ελαφρύ και αποδοτικό καύσιμο για την πτήση τους.



Λιπίδια

Τα λιπίδια αποτελούν είτε δομικά συστατικά των κυττάρων (π.χ.

συστατικά των μεμβρανών) είτε λειτουργικά (π.χ. αποταμιευτικές ουσίες). Κοινό χαρακτηριστικό όλων των λιπιδίων είναι ότι δε διαλύονται στο νερό. Από τις σημαντικότερες κατηγορίες λιπιδίων είναι τα ουδέτερα λίπη, τα φωσφολιπίδια και τα στεροειδή.

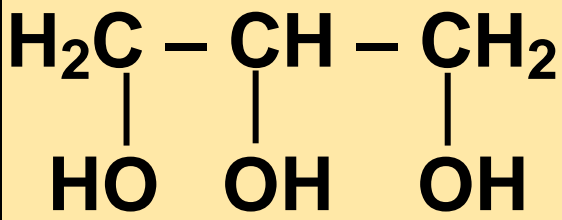
Ουδέτερα λίπη (τριγλυκερίδια)

Ένα μόριο ουδέτερου λίπους αποτελείται από τρία μόρια λιπαρών οξέων που έχουν ενωθεί με ένα μόριο γλυκερόλης.

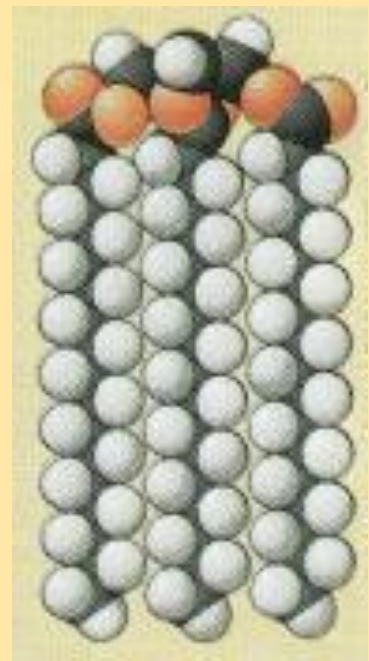
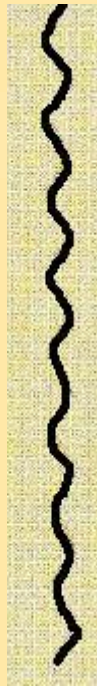
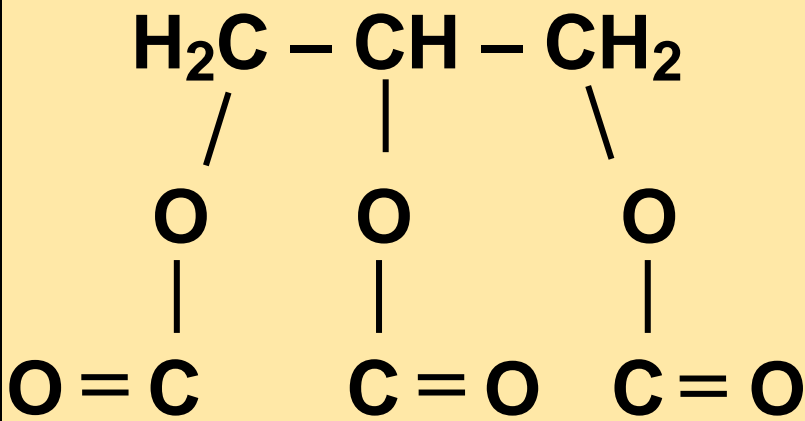
Ένας τρόπος διάκρισης των ουδέτερων λιπών βασίζεται στο αν τα λιπαρά οξέα που περιέχουν είναι κορεσμένα (περιέχουν μόνο απλούς δεσμούς) ή ακόρεστα (περιέχουν και διπλούς δεσμούς). Τα ακόρεστα λίπη, που είναι συχνότερα στα φυτά παρά στα

ζώα, τείνουν, στις συνήθεις συνθήκες, να παραμένουν υγρά (ελαιόλαδο, αραβοσιτέλαιο κ.ά.). Αντίθετα τα κορεσμένα λίπη, που είναι συχνότερα στα ζώα παρά στα φυτά, στερεοποιούνται (βούτυρο κ.ά.). Τα λίπη αποτελούν για τους οργανισμούς σπουδαίες αποθηκευτικές ουσίες, καθώς, για το ίδιο βάρος με τους υδατάνθρακες, περικλείουν διπλάσιο ποσό ενέργειας. Σε ορισμένα ζώα τα λίπη που συσσωρεύονται στον υποδόριο ιστό, εκτός από το ότι είναι αποθήκες ενέργειας, παίζουν και θερμομονωτικό ρόλο.

Το απλό τριγλυκερίδιο αποτελείται από ένα μόριο γλυκερόλης ενωμένο με τρία μόρια λιπαρών οξέων.→



Γλυκερόλη



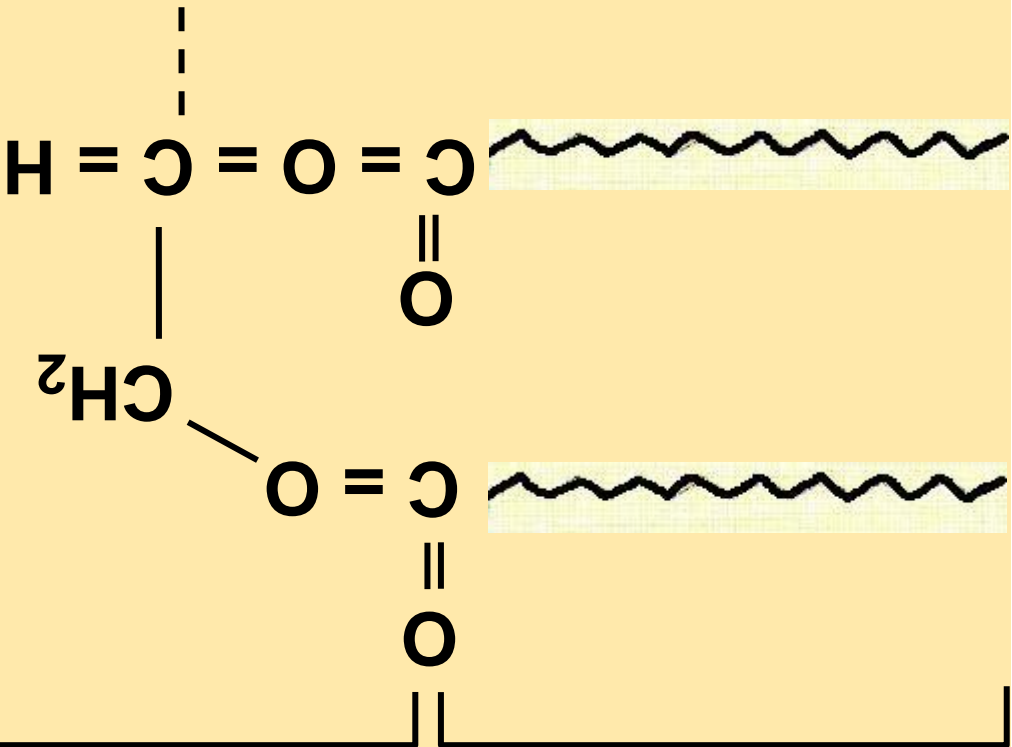
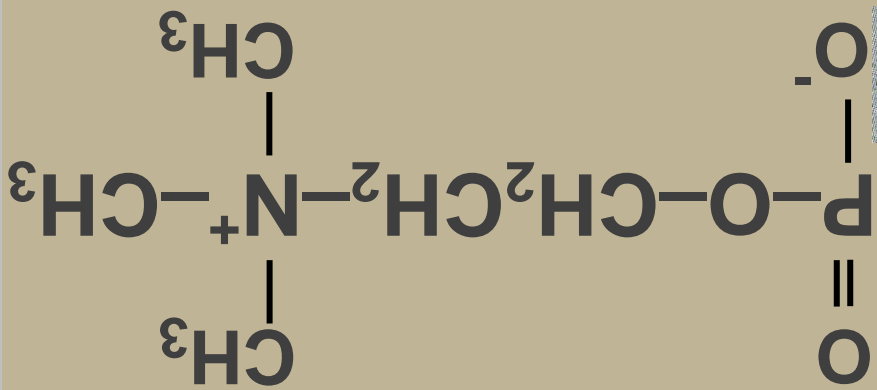
Μόριο
τριγλυκεριδίου

Φωσφολιπίδια

Τα περισσότερο διαδεδομένα φωσφολιπίδια είναι αυτά που αποτελούνται από ένα μόριο γλυκερόλης συνδεδεμένο με δύο μόρια λιπαρών οξέων, ένα μόριο φωσφορικού οξέος και ένα μικρότερο πολικό μόριο. Τα φωσφολιπίδια εμφανίζουν ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό σε σχέση με το νερό. Η κεφαλή του μορίου τους είναι υδρόφιλη, ενώ αντίθετα η ουρά του μορίου τους είναι υδρόφοβη. Για το λόγο αυτό, όταν τα φωσφολιπίδια τοποθετηθούν πάνω στο νερό, τείνουν να σχηματίσουν ένα λεπτό στρώμα, στο οποίο οι υδρόφιλες κεφαλές βρίσκονται μέσα στο νερό, ενώ οι υδρόφοβες ουρές προβάλλουν έξω από την ελεύθερη επιφάνεια.

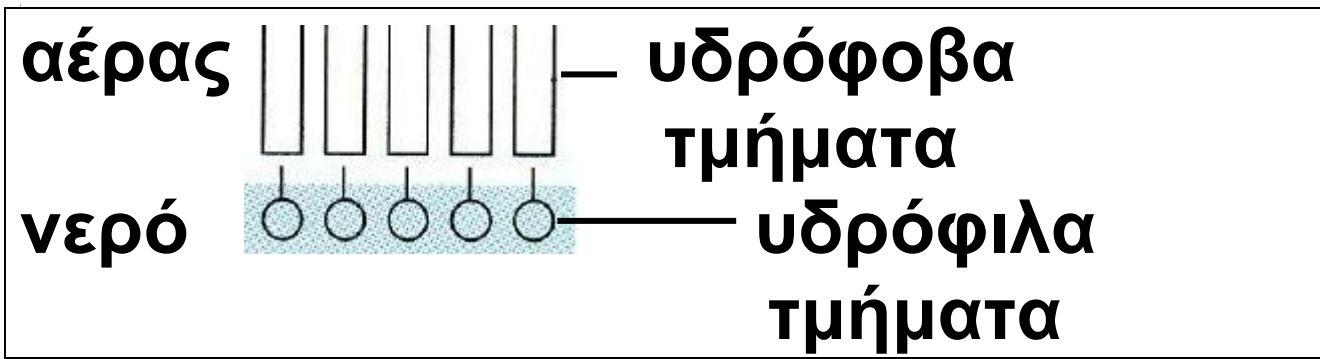
Στα κύτταρα, επειδή και το εξωτερικό και το εσωτερικό τους περιβάλλον είναι υδατικό, τα φωσφολιπίδια αυθόρμητα συγκροτούν διπλοστιβάδα. Οι υδρόφιλες κεφαλές τους στρέφονται προς το υδατικό εξωκυττάριο και ενδοκυττάριο περιβάλλον, ενώ οι υδρόφοβες ουρές τους «κρύβονται» στο εσωτερικό της διπλοστιβάδας. Η «επιθυμία» του υδρόφοβου μέρους των φωσφολιπιδίων να αποφεύγει οπωσδήποτε το νερό κάνει τα μόρια αυτά να έλκονται και να προσεγγίζουν στενά το ένα με το άλλο. Δημιουργείται έτσι μια σταθερή δομή. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για τη συγκρότηση και τη λειτουργικότητα των μεμβρανών του κυττάρου, των οποίων κύριο δομικό συστατικό είναι τα φωσφολιπίδια.

Δομή φωσφολιπίου (φωσφατιδυλοχολίνη).



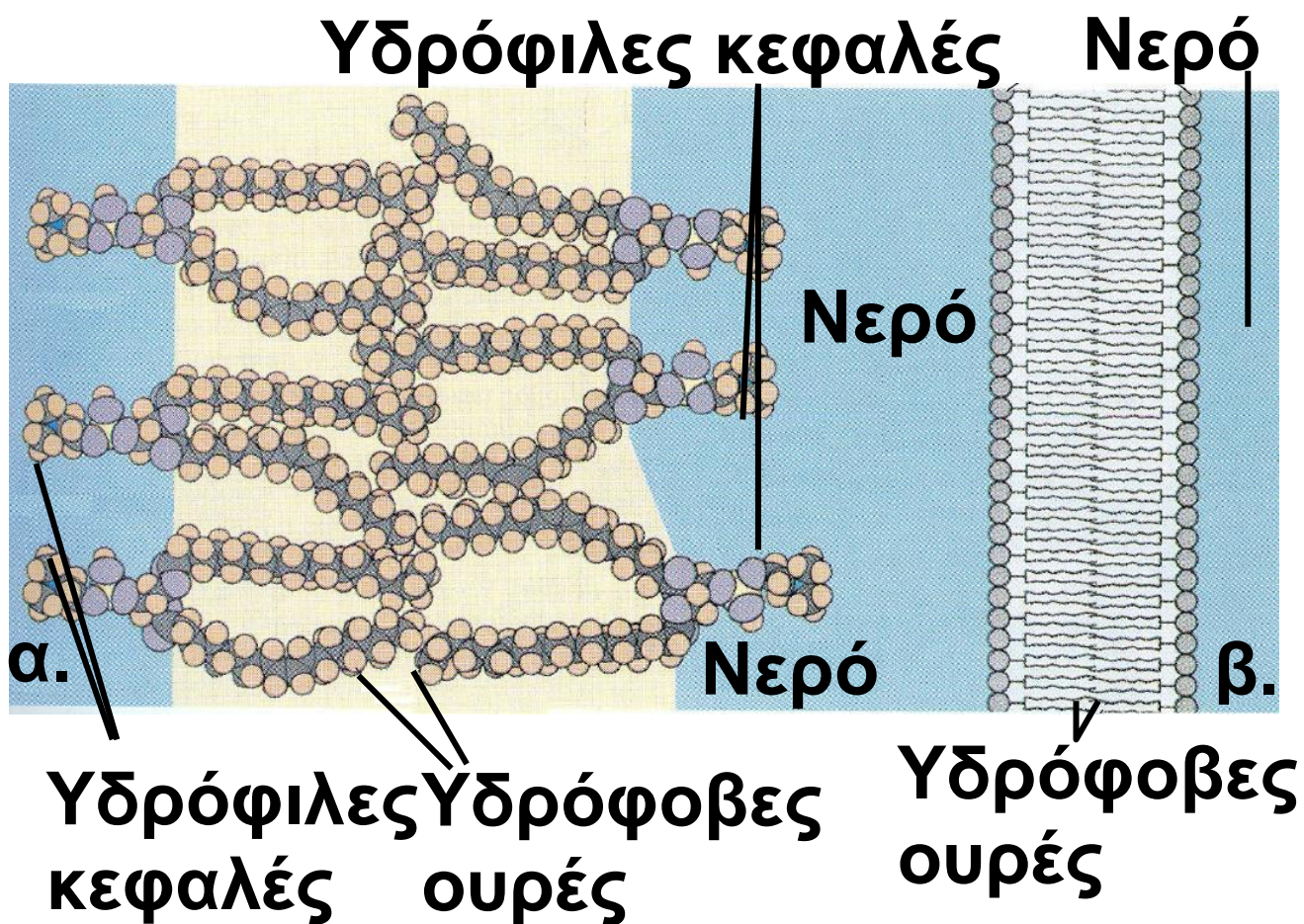
Υδροφιλή κεφαλή

Υδροφοβή ουρά



Συμπεριφορά λιπιδίων στο νερό.
Σχηματίζουν στην επιφάνεια του νερού απλές στιβάδες με το υδρόφιλο τμήμα σε επαφή με το νερό και το υδρόφοβο να παραμένει στον αέρα.

Προσανατολισμός των φωσφολιπιδίων σε υδατικό περιβάλλον: (α) Μέσα στο νερό τα μόρια των λιπιδίων προσανατολίζονται με τις υδρόφιλες κεφαλές προς την πλευρά του νερού και τις υδρόφοβες ουρές τους να συγκλίνουν σε μια προσπάθεια να «αποφύγουν» το νερό. (β) Μια διπλοστιβάδα λιπιδίων, όπως αυτή εμφανίζεται στις κυτταρικές μεμβράνες. (η εικόνα στην επόμενη σελίδα →)



Στεροειδή

Τα στεροειδή διαφέρουν από τα υπόλοιπα λιπίδια ως προς τη δομή τους. Ένα στεροειδές, που είναι γνωστό περισσότερο για τις αρνητικές συνέπειες του, στην υγεία μας, αφού προκαλεί αρτηριοσκλήρυνση, είναι η χοληστερόλη. Θα πρέπει να σημειώσουμε ωστόσο ότι η χολη-

στερόλη αποτελεί παράλληλα συστατικό των μεμβρανών των ζωικών κυττάρων.

ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ...

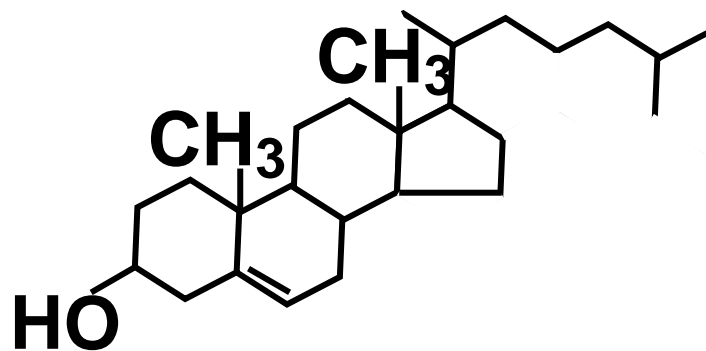


Ένα άτομο βρίσκεται εδώ και πολύ καιρό σε δίαιτα με χαμηλά λιπαρά, μετά από σύσταση γιατρού του. Τελευταία τον άκουσες να λέει γεμάτος ενθουσιασμό: «Θα κατεβάσω τη χοληστερίνη μου στο μηδέν». Πώς θα του εξηγούσες γιατί αυτό είναι όχι μόνο ένας ανέφικτος αλλά και ανεπιθύμητος στόχος;

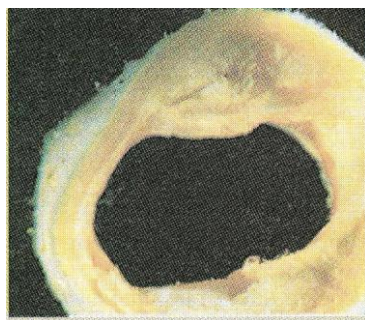
Η «ΧΟΛΗΣΤΕΡΙΝΗ» ΣΤΗ ΖΩΗ ΜΑΣ

Η χοληστερόλη (συνήθως αναφέρεται ως χοληστερίνη) είναι ένα στεροειδές κοινό στους ζωικούς οργανισμούς και φυσικά στον άνθρωπο, μια και αποτελεί συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών τους. Συχνά όμως η εναπόθεση χοληστερόλης, σε συνδυασμό με άλλες ουσίες, στα τοιχώματα των αγγείων περιορίζει τη διατομή τους (αρτηριοσκλήρυνση). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ελαττώνεται ή και να διακόπτεται τελείως η ροή του αίματος. Ανάλογα με την έκταση του φαινομένου και την περιοχή στην οποία συμβαίνει προκαλούνται πολλές ανεπιθύμητες καταστάσεις. Σε ό,τι αφορά τον άνθρωπο, σ' αυτές περιλαμβάνεται ο εκφυλισμός των ιστών ή και ο θάνατός τους εξαιτίας

διακοπής στην παροχή αίματος, η δημιουργία θρόμβων, που μεταφερόμενοι με την κυκλοφορία του αίματος αποφράζουν τα αγγεία και η επιβάρυνση της λειτουργίας της καρδιάς, που εργάζεται εντονότερα, ώστε να στείλει σε ολόκληρο τον οργανισμό την απαραίτητη ποσότητα αίματος.



Δομή του μορίου της χοληστερόλης.



Τμήμα της αρτηρίας του ανθρώπου με εναποθέσεις λιπαρών και άλλων ουσιών στα τοιχώματά της.

Σοβαρότερες περιπτώσεις είναι τα εγκεφαλικά επεισόδια από την απόφραξη ή τη ρήξη των αρτηριών του εγκεφάλου και τα εμφράγματα της καρδιάς από την απόφραξη των στεφανιαίων αρτηριών.

Το κάπνισμα, η καθιστική ζωή, η διατροφή με τροφές που περιέχουν σε υπερβολική ποσότητα ζωικά λίπη, το άγχος και κληρονομικοί παράγοντες ευνοούν την εναπόθεση λιπαρών ουσιών στις αρτηρίες.
144

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

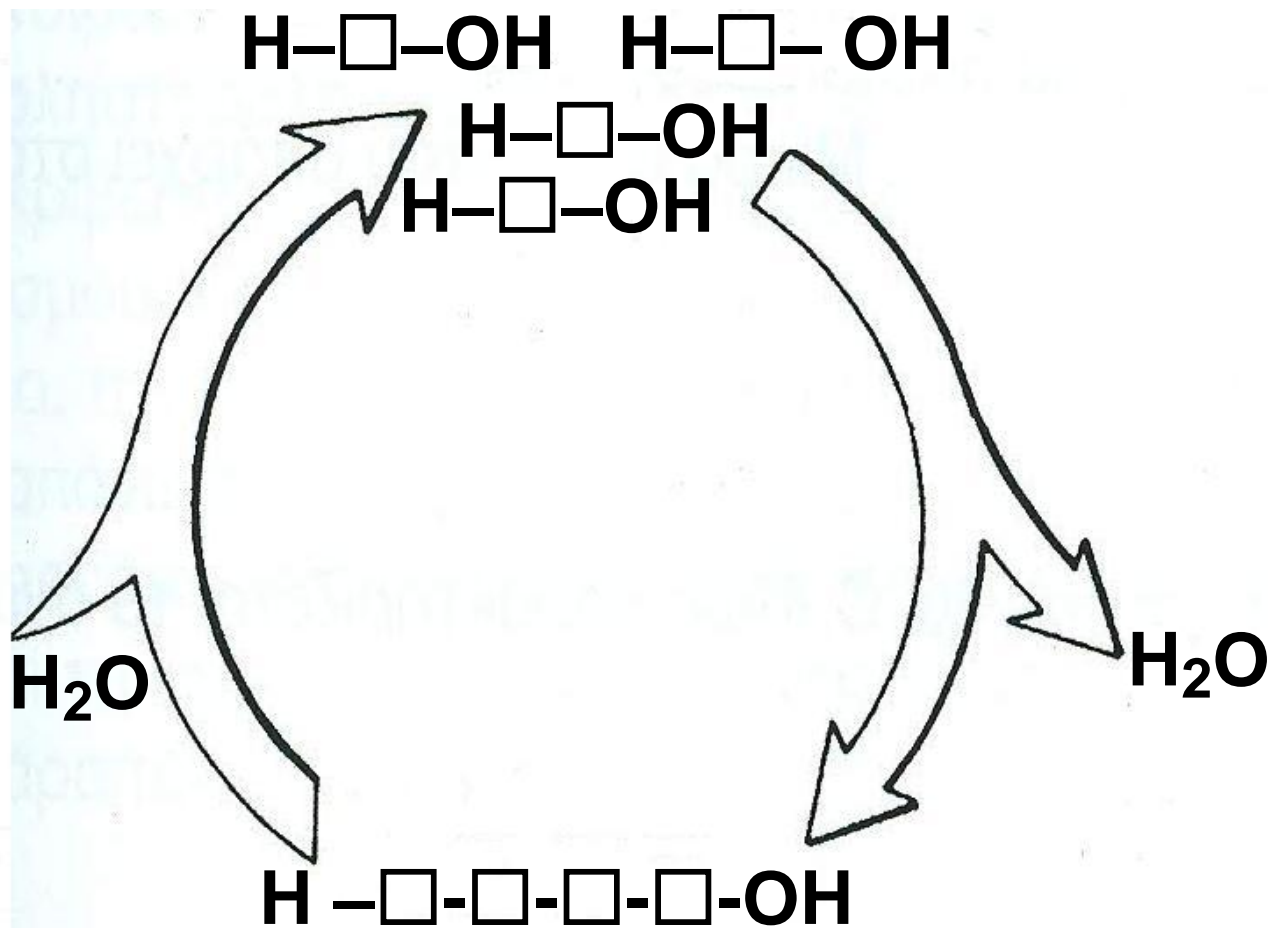
Στους οργανισμούς επικρατούν τα στοιχεία άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο, γιατί αυτά εξασφαλίζουν τη σταθερότητα και ποικιλομορφία στα βιομόρια.

Μέσα στα κύτταρα οι δομικοί λίθοι ενώνονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς σχηματίζοντας τα μακρομόρια. Τα αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό σχηματίζοντας τις πρωτεΐνες, που έχουν δομικό και λειτουργικό ρόλο. Τα νουκλεοτίδια ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας τα νουκλεϊκά οξέα (DNA και RNA). Το DNA δομείται από δεσοξυριβονουκλεοτίδια, ενώ το RNA δομείται από ριβονουκλεοτίδια και εμφανίζεται ως αγγελιαφόρο RNA (mRNA), ως μεταφορικό RNA (tRNA) και ως ριβοσωμικό RNA (rRNA). Τα μόρια της γλυκόζης ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας πολυσακχαρίτες. Οι πολυσακχαρίτες άμυλο και γλυκογόνο έχουν αποταμιευτικό ρόλο, ενώ η κυτταρίνη δομικό ρόλο.

Μια άλλη κατηγορία οργανικών ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους είναι τα λιπίδια, που διακρίνονται σε ουδέτερα λίπη, σε φωσφολιπίδια και σε στεροειδή. Τα ουδέτερα λίπη είναι αποθήκες ενέργειας. Τα φωσφολιπίδια έχουν δομικό ρόλο και από τα στεροειδή η χοληστερόλη αποτελεί συστατικό των μεμβρανών των ζωικών κυττάρων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τοποθετήστε στο διάγραμμα που ακολουθεί τους όρους: σύνθεση, υδρόλυση, μακρομόριο, μονομερή. Ερμηνεύστε το διάγραμμα.



2. Σημειώστε την ένδειξη Σ ή Λ δίπλα σε κάθε πρόταση, ανάλογα εάν το νόημά της είναι αντίστοιχα σωστό ή λάθος.

α) Το μόριο του RNA διαφέρει από το μόριο του DNA, γιατί το RNA είναι κατά βάση μονόκλωνο.

β) Το μόριο του DNA περιέχει την αζωτούχο βάση ουρακίλη (U).

- γ) Το μόριο του DNA περιέχει την πεντόζη ριβόζη.
- δ) Το μόριο του DNA αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες που σχηματίζουν διπλή έλικα,
- ε) Το μόριο του RNA περιέχει την αζωτούχο βάση θυμίνη (T),
- στ) Τα μονομερή των πρωτεϊνών είναι τα νουκλεϊκά οξέα.
- θ) Μία από τις ιδιότητες του DNA είναι να μεταφέρει τις γενετικές πληροφορίες αλλοιωμένες και τροποποιημένες στις δύο επόμενες γενιές.

3. Σημειώστε την ένδειξη Σ ή Λ δίπλα σε κάθε πρόταση, ανάλογα εάν το νόημα της είναι αντίστοιχα σωστό ή λάθος.

- α) Το DNA είναι πρωτεΐνη.

- β) Τα νουκλεοτίδια είναι τα μονομερή των πρωτεϊνών.
- γ) Η δομή των πρωτεϊνικών μορίων καθορίζει τη λειτουργία τους.
- δ) Το μονομερές των πρωτεϊνών είναι ένα σάκχαρο.
- ε) Κάθε αμινοξύ περιέχει στο μόριό του ένα σταθερό τμήμα που ονομάζεται πλευρική ομάδα,
- στ) Η έκθεση της πρωτεΐνης σε ακραίες τιμές ΡΗ ονομάζεται μετουσίωση,
- ζ) Η κατάταξη των πρωτεϊνών σε δομικές και λειτουργικές γίνεται με κριτήριο τη δομή τους.
- η) Οι υδατάνθρακες διακρίνονται μόνο σε μονοσακχαρίτες και δισακχαρίτες.
- θ) Οι δισακχαρίτες προκύπτουν από την συνένωση δύο νουκλεοτιδίων της αδενίνης.

ι) Οι πολυσακχαρίτες προκύπτουν από την συνένωση πολλών αμινοξέων.

4. Συμπληρώστε τα κενά ώστε οι προτάσεις να αποδίδουν το σωστό νόημα.

Αν μία πρωτεΐνη αποτελείται μόνο από μια ΤΟ τελικό στάδιο της διαμόρφωσής της μπορεί να είναι μέχρι και η τριτοταγής δομή. Τα φωσφολιπίδια εμφανίζουν ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό σε σχέση με το νερό. Η κεφαλή του μορίου τους είναι ενώ αντίθετα η ουρά του μορίου τους είναι.....Τα στεροειδή ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία μακρομορίων των Η χοληστερίνη αποτελεί συστατικό των

ΤΩΝ.....

Οι κύριοι πολυσακχαρίτες είναι η.....ΤΟ....., και το Οι μονοσακχαρίτες διακρίνονται σε και Η μαλτόζη προκύπτει από τη διάσπαση του με τη διαδικασία της Η λακτόζη είναι το σάκχαρο του..... . Τα μονομερή των διαφορετικών ειδών μακρομορίων συνδέονται μεταξύ τους με τον ίδιο πάντοτε βασικό μηχανισμό, που ονομάζεται Κατά τη διαδικασία αυτή το ένα μονομερές χάνει ένα, ενώ το άλλο Αν μεταξύ των μακρομορίων αναζητούσες το πιο διαδεδομένο και πολυδιάστατο στη μορφή και τη λειτουργία μόριο, αργά ή γρήγορα θα κατέληγες στις

Οι δύο κλώνοι του DNA συγκρατούνται μεταξύ τους με
..... .Το μόριο του DNA φέρει τιςΤο σύνολο των μορίων του DNA ενός κυττάρου αποτελεί το
..... .Το DNA του ευκαρυωτικού κυττάρου βρίσκεται κυρίως μέσα στο..... .Μικρό μέρος του υπάρχει στα μιτοχόνδρια και στους.....

5. Περιγράψτε τα τέσσερα επίπεδα οργάνωσης των πρωτεϊνών.

6. Μια πρωτεΐνη χάνει τη λειτουργικότητά της ύστερα από θέρμανση στους 80°C Πώς χαρακτηρίζεται το σχετικό φαινόμενο και πού οφείλεται;

7. Το RNA διαφέρει από το DNA, γιατί το RNA: α. είναι συνήθως μονόκλωνο

β. περιέχει το σάκχαρο ριβόζη

γ. περιέχει ουρακίλη

δ. για όλα τα παραπάνω

Επιλέξτε τη σωστή απάντηση

8. Περιγράψτε τη δομή των νουκλεϊνικών οξέων (DNA, RNA).

Αναφέρατε τις διαφορές των δύο μορίων σε ό,τι αφορά τη δομή, τη λειτουργία τους και τις περιοχές του κυττάρου όπου συναντώνται.

9. Αναφέρατε τους κυριότερους πολυσακχαρίτες και το βιολογικό ρόλο του καθενός.

10. Η υπάλληλος του κυλικείου του σχολείου σας, σας προτείνει ένα επιδόρπιο, διαβεβαιώνοντάς σας,

ότι δεν περιέχει υδατάνθρακες. Η ετικέτα του προϊόντος αναφέρει ότι περιέχει σακχαρόζη. Σας είπε την αλήθεια η υπάλληλος; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

11. Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί:

| Μακρομό- ριο | Μονομερές | Λειτουργία |
|-------------------------|------------------|-------------------|
| DNA | | |
| Γλυκογόνο | | |
| Ένζυμο | | |

12. Δικαιολογήστε γιατί είναι σημαντικός ο ρόλος της πλευρικής ομάδας (R) των αμινοξέων.

13. Αιτιολογήστε το γεγονός ότι το πλήθος των διαφορετικών πρωτεϊνών που υπάρχουν σε ένα κύτταρο καθορίζει το πλήθος των

διαφορετικών λειτουργιών και δομικών χαρακτηριστικών του.

14. Μια πρωτεΐνη έχει μοριακό βάρος 34.000 και αποτελείται από τέσσερις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, που είναι ανά δύο όμοιες. Αν η μία από αυτές έχει μοριακό βάρος 9.000 και το μέσο μοριακό βάρος των αμινοξέων είναι 100, να βρείτε τον αριθμό των αμινοξέων κάθε πολυπεπτιδικής αλυσίδας. ΣΗΜ: Να μην ληφθεί υπόψη η αφαίρεση μορίων νερού κατά το σχηματισμάτων πεπτιδικών δεσμών.

ΑΣ ΕΡΕΥΝΗΣΟΥΜΕ...

1. Ετοιμάστε ένα ενημερωτικό φυλλάδιο για τους υπόλοιπους μαθητές του σχολείου σας, με το οποίο θα τους ενημερώνετε για τις επιπτώσεις της έλλειψης των στοιχείων Na, K, I, P, Fe, Ca, Mg, Zn, Co από τη διαίτά μας. Αναφέρατε επίσης ποια είναι τα κυριότερα τρόφιμα – πηγές αυτών των στοιχείων.

2. Ετοίμασε μόνος ή σε συνεργασία με άλλους συμμαθητές σου ένα άρθρο για την τοπική εφημερίδα σχετικό με τη χοληστερόλη (χοληστερίνη). Θα πρέπει μ' αυτό να ενημερώνετε με απλό τρόπο, και παράλληλα με επιστημονική ακρίβεια, για το είδος του μορίου αυτού και το ρόλο του στη λειτουργία του κυττάρου και γενικότερα του οργα-

νισμού. Ποια είναι η σχέση του μορίου αυτού με την αρτηριοσκλήρυνση, τα καρδιακά και τα εγκεφαλικά επεισόδια, την παρεμπόδιση της κυκλοφορίας στα άκρα; Πώς μπορεί να εμπλέκεται η υψηλή αρτηριακή πίεση με τα παραπάνω φαινόμενα; Θα ήταν επίσης ενδιαφέρον να διερευνήσετε, αξιοποιώντας ως πηγές πληροφόρησης τις υπηρεσίες υγείας και ειδικούς επιστήμονες της περιοχής σας, το ποσοστό των ατόμων με σχετικά προβλήματα και τη σχέση του τρόπου ζωής τους (είδος διατροφής, κάπνισμα, σωματική άσκηση κ.ά.) με την εμφάνιση των παραπάνω προβλημάτων.

3. Διερευνήστε το ρόλο της κυτταρίνης ως συστατικού των τροφών στον ανθρώπινο οργανισμό, λαμ-

βάνοντας υπόψη ότι δε διασπάται κατά την πέψη.

4. Διερευνήστε τους λόγους για τους οποίους ορισμένες μονάδες επεξεργασίας τροφίμων «υδρογονώνουν» τα φυτικά έλαια πριν τα διαθέσουν στα καταστήματα τροφίμων. Από την άποψη της υγείας, τι είναι προτιμότερο να καταναλώνουμε, τα υδρογονωμένα φυτικά έλαια ή τα μη υδρογονωμένα; Προσπαθήστε να τεκμηριώσετε την άποψή σας και ενημερώστε για τα αποτελέσματα της έρευνάς σας και τους υπόλοιπους μαθητές του σχολείου σας, με ένα άρθρο στη σχολική εφημερίδα ή ένα ενημερωτικό φυλλάδιο που θα ετοιμάσετε σχετικά με το θέμα και θα τους το μοιράσετε.

5. Υποθέστε ότι έχετε την ευθύνη της προετοιμασίας του φαγητού για μια κατασκήνωση και θέλετε το φαγητό να είναι υγιεινό για τους κατασκηνωτές, θα χρησιμοποιούσατε φυτικό λάδι (π.χ. ελιάς) ή ζωικό βούτυρο; Απαντήστε, αφού ερευνήσετε το θέμα. Εξηγήστε και στους συμμαθητές σας για ποιο λόγο θα παίρνατε τη συγκεκριμένη απόφαση.

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

| | |
|--|----|
| Πρόλογος | 7 |
| Η Βιολογία στη ζωή μας – Επιστημονική μέθοδος | 14 |

Κεφάλαιο 1

Χημική σύσταση του κυττάρου

| | |
|--|-----|
| 1.1 Η χημεία της ζωής | 40 |
| Μικρά μόρια και μακρομόρια | 48 |
| 1.2 Μακρομόρια | 52 |
| Γενικά στοιχεία | 52 |
| Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύ- πλοκες και εύθραυστες..... | 62 |
| Νουκλεϊκά οξέα: νήματα και αγγελιοφόροι της ζωής..... | 93 |
| Υδατάνθρακες..... | 115 |
| Λιπίδια..... | 130 |
| Ερωτήσεις -Ασκήσεις - Προβλήματα | 144 |
| Ας ερευνήσουμε | 154 |

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.