

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Αρχές των Βιολογικών επιστημών – Η επιστημονική μέθοδος

Η βιολογία είναι η επιστήμη που μελετά τα φαινόμενα και τις διαδικασίες της ζωής. Ερευνά δηλαδή τους οργανισμούς στο περιβάλλον όπου ζουν ή στο εργαστήριο. Η μέθοδος που ακολουθούν οι βιολόγοι για να ερμηνεύσουν διάφορα βιολογικά φαινόμενα και διαδικασίες δεν απέχει πολύ από τα βήματα που ακολουθούμε για να λύσουμε απλά καθημερινά προβλήματα.

Ας υποθέσουμε ότι ανοίγουμε το στερεοφωνικό μας και διαπιστώνουμε ότι δεν λειτουργεί. Τι θα κάνουμε για να ανακαλύψουμε τι συμβαίνει; Στην αρχή κάνουμε μία υπόθεση για το ποια μπορεί να είναι η βλάβη. Μπορούμε, για παράδειγμα, να υποθέσουμε ότι οι μπαταρίες έχουν εξαντληθεί. Στη συνέχεια, κάνουμε μια απλή δοκιμή-πείραμα για να διαπιστώσουμε εάν η υπόθεσή μας είναι σωστή, βάζουμε δηλαδή καινούριες μπαταρίες. Αν η υπόθεσή μας ήταν σωστή, το αποτέλεσμα της δοκιμής θα είναι να λειτουργήσει το μηχανήμα. Εάν, αντίθετα, η υπόθεση δεν ήταν σωστή, το αποτέλεσμα της δοκιμής μας θα είναι αρνητικό και το μηχανήμα δεν θα λειτουργήσει. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να εγκαταλείψουμε την αρχική μας υπόθεση και να προσπαθήσουμε να υποθέσουμε κάτι άλλο.

Οι βιολόγοι εργάζονται με παρόμοιο τρόπο. Συλλέγουν δηλαδή πληροφορίες, κάνουν υποθέσεις, σχεδιάζουν πειράματα, τα πραγματοποιούν και αξιολογούν τα αποτελέσματα. Η διαδικασία αυτή αποτελεί την επιστημονική μέθοδο και ακολουθείται τόσο από τους βιολόγους όσο και από τους επιστήμονες των άλλων φυσικών επιστημών, όπως είναι η φυσική, η χημεία κτλ. Αν και το όνομα αυτό κάνει τη μέθοδο να ακούγεται μεγαλειώδης, εντούτοις αυτή ακριβώς τη διαδικασία ακολουθεί συνήθως κάθε άνθρωπος όταν θέλει να βρει λύση σε ένα απλό πρόβλημα. Για παράδειγμα, η ίδια διαδικασία ακολουθείται από τον γιατρό μας όταν θέλει να βρει την ασθένεια από την οποία πάσχουμε, από τον μηχανικό που θέλει να εντοπίσει τη βλάβη ενός αυτοκινήτου και από τον αστυνομικό που θέλει να διαλευκάνει ένα έγκλημα. Άρα στην πραγματικότητα η επιστημονική μέθοδος είναι απλά η κοινή λογική.

Έχοντας υπόψη μας τα παραπάνω, ας εξετάσουμε τα σημαντικότερα βήματα της μεθόδου αυτής.



Η **παρατήρηση**. Οι επιστήμονες συνεχώς παρατηρούν και διερωτώνται για τις μεταβολές του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, πώς σχηματίζονται τα σύννεφα, πώς κινούνται τα ζώα;

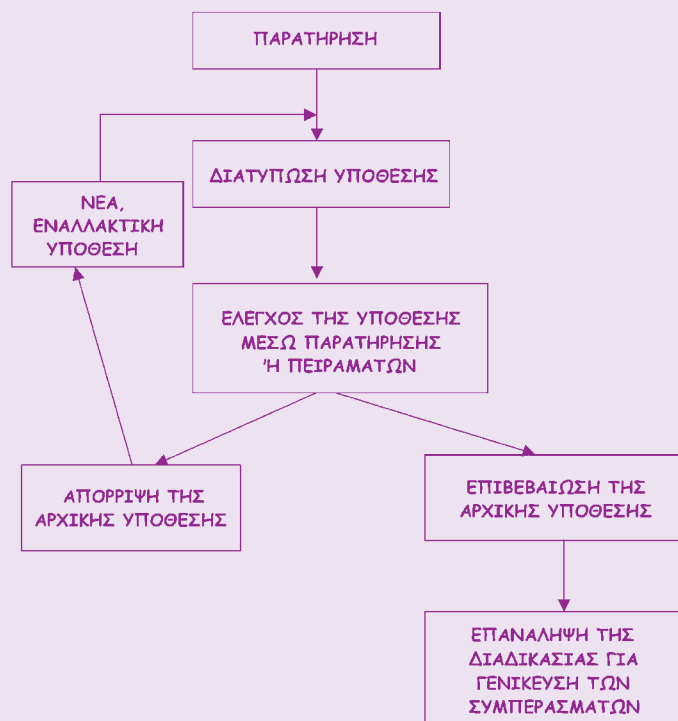
Η **υπόθεση**. Στα ερωτήματα που τίθενται πρέπει να δοθούν εξηγήσεις και αυτό προϋποθέτει συχνά τη χρησιμοποίηση της φαντασίας. Για τον λόγο αυτό οι επιστήμονες κάνουν υποθέσεις εργασίας (προβλέψεις). Οι υποθέσεις αυτές θα πρέπει να είναι μετρήσιμες. Να μπορούν δηλαδή να επιβεβαιωθούν ή να απορριφθούν με τη βοήθεια κατάλληλων πειραμάτων.

Το **πείραμα**. Ο σχεδιασμός του πειράματος θα πρέπει να επιτρέπει στους επιστήμονες να ελέγξουν στην πράξη την υπόθεση που διατύπωσαν. Στο βήμα αυτό μελετάται ένας παράγοντας, ενώ οι υπόλοιποι διατηρούνται σταθεροί.

Το **συμπέρασμα**. Αφού αναλύσουν και ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα, οι επιστήμονες θα πρέπει να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Το πείραμα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένο, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να οδηγούν σε συγκεκριμένα συμπεράσματα τα οποία θα επιβεβαιώνουν ή θα απορρίπτουν την αρχική υπόθεση.

Ας διεξαγάγουμε μία μικρή έρευνα εφαρμόζοντας την επιστημονική μέθοδο:

- Παρατηρούμε ότι ένα φυτό στο δωμάτιό μας μεγαλώνει με τέτοιο τρόπο, ώστε να στρέφεται προς το παράθυρο. (ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ)
- Αναρωτιόμαστε: «Γιατί το φυτό ακολουθεί αυτόν τον τρόπο ανάπτυξης;». (ΕΡΩΤΗΜΑ)
- Υποθέτουμε ότι αυτό συμβαίνει επειδή τα φυτά στρέφονται προς το φως. (ΥΠΟΘΕΣΗ)
- Κάνουμε την πρόβλεψη ότι, αν πάρουμε ένα φυτό με ίσιο βλαστό, αυτός θα στραφεί, μετά από λίγες ημέρες, προς το φως. (ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ)
- Τοποθετούμε μια γλάστρα κοντά σε μια λάμπα που το φωτίζει από μία μόνο μεριά. Στη συνέχεια, παρατηρούμε το φυτό για να επιβεβαιώσουμε αν θα στραφεί προς τη λάμπα. (ΠΕΙΡΑΜΑ)
- Μετά από λίγες ημέρες διαπιστώνουμε ότι πράγματι το φυτό στράφηκε προς τη λάμπα. Οδηγούμε στο συμπέρασμα ότι η υπόθεσή μας ήταν σωστή και ότι πράγματι τα φυτά στρέφονται προς το φως. (ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ)



Το αντικείμενο της μελέτης των Βιολογικών επιστημών

Η βιολογία είναι η επιστήμη που μελετά τη δομή και τις λειτουργίες των οργανισμών, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους με το περιβάλλον. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των μελετών αυτών, η βιολογία περιλαμβάνει διάφορους κλάδους, όπως:

- Τη ζωολογία (μελέτη της βιολογίας των ζώων).
- Τη βοτανική (μελέτη της βιολογίας των φυτών).
- Την ανατομία (μελέτη της μορφολογίας των οργανισμών).
- Τη φυσιολογία (μελέτη των λειτουργιών των οργανισμών).
- Την ανθρωπολογία (μελέτη της δομής και των λειτουργιών των συστημάτων του ανθρώπου).
- Την οικολογία (μελέτη των οργανισμών σε σχέση με το περιβάλλον τους).
- Τη γενετική (μελέτη του γενετικού υλικού και των νόμων της κληρονομικότητας).
- Τη μικροβιολογία (μελέτη των μικροοργανισμών).
- Την κυτταρική βιολογία (μελέτη της δομής και της λειτουργίας του κυττάρου).
- Τη μοριακή βιολογία (μελέτη των μορίων που συμμετέχουν στο φαινόμενο της ζωής).
- Την εξέλιξη (μελέτη των μεταβολών των οργανισμών από την εμφάνιση της ζωής στη Γη).
- Τη βιοτεχνολογία (μελέτη της αξιοποίησης των οργανισμών προς όφελος του ανθρώπου).



Οι επιδράσεις των εφαρμογών της βιολογίας στην ποιότητα της ζωής του ανθρώπου

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου έχει αυξηθεί ιδιαίτερα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπιστούν σημαντικά κοινωνικά προβλήματα, όπως αυτά της υγείας, της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, του υποσιτισμού, του υπερπληθυσμού κ.ά. Χάρη στην πρόοδο που σημειώθηκε σε όλους τους τομείς της βιολογίας, και κυρίως στη μοριακή βιολογία και στη γενετική μηχανική, έχουν επιτευχθεί μεγάλα βήματα στις μελέτες που αφορούν άμεσα ή έμμεσα τον άνθρωπο. Οι έρευνες αυτές έχουν συμβάλει σημαντικά στη διάγνωση, στην πρόληψη και στη θεραπεία των ασθενειών, καθώς και στην παραγωγή τροφίμων και άλλων προϊόντων (αντιβιοτικών, ορμονών κ.ά.). Οι ερευνητές βιολόγοι έχουν δημιουργήσει ποικιλίες φυτικών και ζωι-



κών οργανισμών με στόχο τη βελτίωση της εξασφάλισης μεγαλύτερης ποσότητας προϊόντων. Με τον τρόπο αυτό προσφέρονται λύσεις σε πολλά κοινωνικά προβλήματα, όπως αυτά του υποσιτισμού, της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της βελτίωσης της υγείας του ανθρώπου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι ποικιλίες καλαμποκιού και σιταριού που είναι ανθεκτικές σε διάφορα έντομα και μικροοργανισμούς, με αποτέλεσμα οι καλλιέργειες να έχουν μεγαλύτερη απόδοση.

Επίσης, έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες οικόσιτων ζώων (πουλερικών, αγελάδων και χοίρων), με σημαντικότερη απόδοση σε σχέση με την παραγωγή παλαιότερων χρόνων. Σήμερα, οι αγελάδες που εκτρέφονται για το κρέας τους αναπτύσσονται γρηγορότερα, οι γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες παράγουν πολύ περισσότερο γάλα ημερησίως και τα πουλερικά γεννούν περισσότερα αυγά.

Ουσιαστική είναι επίσης η συνεισφορά της βιολογίας στα θέματα της υγείας. Ασθένειες όπως η ευλογιά ή η πολιομυελίτιδα έχουν σχεδόν εξαλειφθεί. Πολλές ασθένειες, που κάποτε ήταν η κύρια αιτία της παιδικής θνησιμότητας, σήμερα ελέγχονται με τα εμβόλια. Η έρευνα συνεχίζεται και η γνώση του τρόπου λειτουργίας του ανθρώπινου και των άλλων οργανισμών δίνει ελπίδες και για άλλα επιτεύγματα στο μέλλον, όπως είναι η θεραπεία του καρκίνου και η παρασκευή εμβολίου για το AIDS.



Ο Τ. Σαλκ (Jonas Salk) παρασκεύασε το εμβόλιο κατά της πολιομυελίτιδας στις αρχές της δεκαετίας του '50.



Ας σκεφτούμε



Οι εφαρμογές της βιολογικής έρευνας έχουν μόνο ευεργετικές επιδράσεις; Τα ΜΜΕ συχνά προβάλλουν προβληματισμούς που απορρέουν από τη ραγδαία ανάπτυξη της βιολογίας. Πολλά ερωτήματα σχετίζονται με την προστασία των καταναλωτών και των αγροτών, την ασφάλεια και την υγεία του ανθρώπου και των άλλων οργανισμών της Γης, την ισορροπία του περιβάλλοντος κτλ. Μπορείτε να σκεφτείτε ηθικά, νομικά και ανθρωπιστικά προβλήματα που έχουν σχέση με την τεχνητή γονιμοποίηση, την ευθανασία, τη χρήση των πειραματόζων, την έκτρωση, τα εμβόλια, τη διαχείριση των φυσικών πόρων και του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα;

Τι προτείνετε προκειμένου να προστατευτούν η ζωή και η υγεία όλων των οργανισμών του πλανήτη μέσα σε ένα όσο γίνεται πιο ισορροπημένο περιβάλλον;



ΠΕΡΙΛΗΨΗ



Τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου είναι η παρατήρηση, η υπόθεση, το πείραμα και το συμπέρασμα. Η επιστημονική μέθοδος εφαρμόζεται κατά κόρον από τους βιολόγους, οι οποίοι μπορεί να εργάζονται σε διάφορους τομείς και να έχουν εξειδικευτεί σε κλάδους όπως η ζωολογία, η βοτανική, η μικροβιολογία και η οικολογία. Οι εφαρμογές της βιολογίας είναι ευρύτατες και ποικίλες τα τελευταία χρόνια και κύριος στόχος τους είναι η βελτίωση της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου.



ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: παρατήρηση, υπόθεση, πείραμα, συμπέρασμα, επιστημονική μέθοδος.



1. Όταν εφαρμόζουμε την επιστημονική μέθοδο, υπάρχουν μερικοί «χρυσοί» κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τρεις από αυτούς. Να προσπαθήσετε να τους ανακαλύψετε κάνοντας τη σωστή αντιστοίχιση.

ΚΑΝΟΝΑΣ	ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ
1. Μόνο ένας παράγοντας πρέπει να εξετάζεται κάθε φορά και οι άλλοι να μένουν σταθεροί.	A. Εάν τα αποτελέσματα δεν επαναλαμβάνονται, μπορεί να είναι τυχαία και συνεπώς να μην υποστηρίζουν την υπόθεση.
2. Πρέπει να χρησιμοποιείται σχετικά μεγάλος αριθμός οργανισμών ή κυττάρων κ.ά.	B. Εάν εξετάζονται περισσότεροι παράγοντες, τότε δεν θα είναι εύκολο να συμπεράνουμε ποιος από όλους είναι υπεύθυνος για τα αποτελέσματα στα οποία καταλήξαμε.
3. Θα πρέπει να παίρνουμε τα ίδια αποτελέσματα όποτε επαναλάβουμε το ίδιο πείραμα.	Γ. Εάν χρησιμοποιείται σχετικά μικρός αριθμός οργανισμών ή κυττάρων, ίσως τα συμπεράσματα να μην μπορούν να γενικευτούν.

2. Κάποιοι άνθρωποι υποστηρίζουν ότι οι αγελάδες μπορούν να παράγουν περισσότερο γάλα εάν βρίσκονται σε περιβάλλον όπου ακούν μουσική. Πώς μπορείτε να ελέγξετε αυτή την υπόθεση;

3. Στη μέση ενός κήπου υπάρχει ένα μεγάλο πεύκο. Παρατηρούμε ότι, αν και στον υπόλοιπο κήπο έχουν φυτρώσει πολλές μαργαρίτες, δεν υπάρχει καμία κάτω από το πεύκο.

- α. Να διατυπώσετε δύο υποθέσεις για να αιτιολογήσετε γιατί δεν υπάρχουν μαργαρίτες κάτω από το πεύκο.
- β. Να επιλέξετε μία από τις δύο υποθέσεις και να κάνετε μία υπόθεση εργασίας (πρόβλεψη) η οποία θα μπορεί να ελεγχθεί με ένα πείραμα.
- γ. Να περιγράψετε ένα πείραμα με το οποίο θα αποδεικνύεται ότι η υπόθεση είναι σωστή.



Μικρές έρευνες και εργασίες

Πολλοί επιστήμονες εφαρμόζουν τις βιολογικές τους γνώσεις σε άλλα γνωστικά αντικείμενα. Γιατροί, νοσοκόμες, κτηνίατροι, γεωπόνοι και δασολόγοι, είναι όλοι τους «βιολόγοι» με διαφορετικούς τρόπους. Έχουν όλοι γνώσεις βιολογίας, που απέκτησαν κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Να κάνετε μία μικρή έρευνα και να συντάξετε έναν κατάλογο με επαγγέλματα που σχετίζονται με τους κλάδους της βιολογίας.

ΘΕΜΗΣ ΜΥΛΩΣΣΗΣ - Νεκρά πράγματα



οργάνωση της ζωής - βιολογικά
συστήματα

1

Προηγούμενες γνώσεις που θα χρειαστώ...



Στο περιβάλλον που ζούμε συναντάμε άβια αντικείμενα...



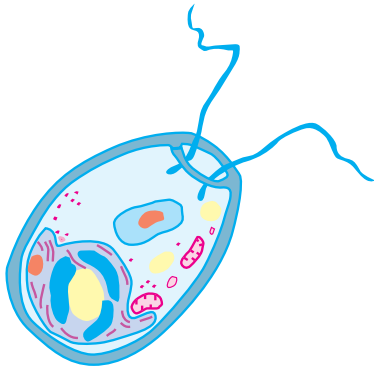
...και οργανισμούς.



Οι οργανισμοί εμφανίζουν χαρακτηριστικές ιδιότητες της ζωής...



...και αποτελούνται από κύτταρα...



...ένα κύτταρο, αν είναι μονοκύτταροι,...



...ή περισσότερα, αν είναι πολυκύτταροι...



...φυτικά, αν είναι φυτικοί,...



...ζωικά, αν είναι ζωικοί.

...καινούριες γνώσεις που θα αποκτήσω

- Ποια μόρια συμμετέχουν στη δομή και στις λειτουργίες των κυττάρων.
- Ποια είναι η σημασία του νερού για τη ζωή στον πλανήτη μας.
- Ποια είναι η μορφή και οι λειτουργίες των οργανιδίων του ευκαρυωτικού κυττάρου.
- Ποιες είναι οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ φυτικού και ζωικού κυττάρου.
- Ποιες είναι οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ ευκαρυωτικού και προκαρυωτικού κυττάρου.
- Ποια η σχέση μεταξύ της μορφολογίας και της λειτουργίας του κυττάρου.
- Πώς οργανώνεται η ζωή από το κύτταρο ως το οικοσύστημα.

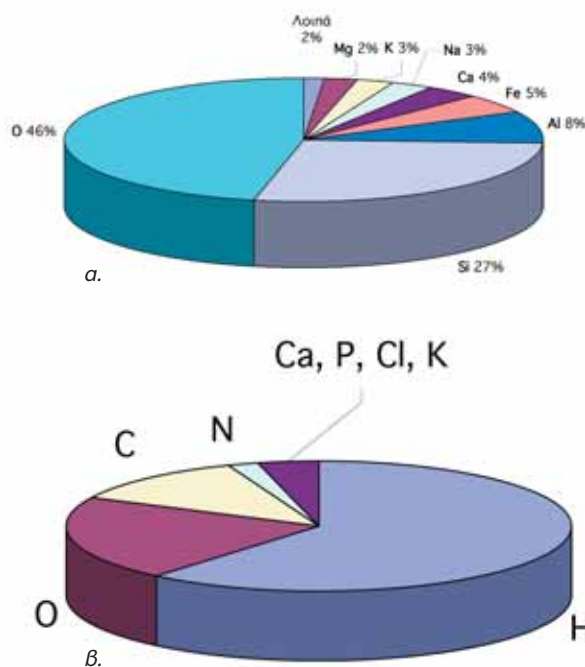
1.1 Τα μόρια της ζωής

Οι οργανισμοί, όπως και τα άβια αντικείμενα, είναι υλικά σώματα που δομούνται από τα ίδια χημικά στοιχεία και υπακούουν στους ίδιους νόμους της φύσης. Στον πλανήτη μας απαντώνται 92 χημικά στοιχεία ελεύθερα στο περιβάλλον. Από αυτά, 27 είναι απαραίτητα για τη σύσταση των οργανισμών. Χημικά στοιχεία όπως το κάλιο, το νάτριο, το μαγνήσιο απαντώνται σε μικρή ποσότητα στους οργανισμούς και ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Άλλα στοιχεία όπως ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο συμμετέχουν στο σχηματισμό των χημικών μορίων των οργανισμών σε ποσοστό 96% w/w.

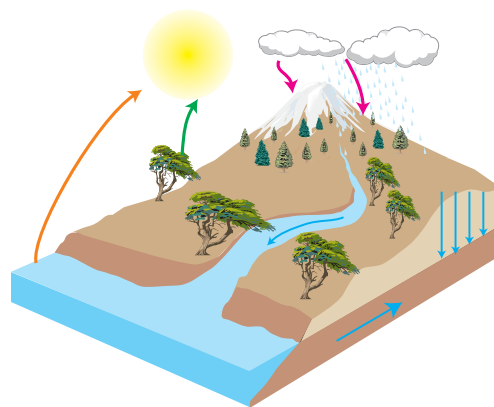
Ανόργανες ενώσεις

Το νερό είναι ένα από τα πιο απλά χημικά μόρια που συναντάμε σε μεγάλες ποσότητες στο περιβάλλον μας αλλά και ως συστατικό των οργανισμών. Ωκεανοί, θάλασσες, ποτάμια, λίμνες και υπόγεια νερά καλύπτουν περισσότερο από το 70% της επιφάνειας του πλανήτη μας και αποτελούν το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται και αναπαράγονται πολλοί οργανισμοί. Με τη βροχή, το χιόνι ή το χαλάζι το νερό πέφτει στο έδαφος και στις θάλασσες και επιστρέφει με την εξάτμιση στην ατμόσφαιρα. Επίσης, οι οργανισμοί, μονοκύτταροι και πολυκύτταροι, φυτικοί και ζωικοί, προσλαμβάνουν νερό από το περιβάλλον και στη συνέχεια το αποδίδουν σε αυτό. Για παράδειγμα, τα χερσαία φυτά προσλαμβάνουν νερό από το έδαφος με τις ρίζες τους και ελευθερώνουν νερό από τα στόματα των φύλλων με τη διαδικασία της διαπνοής. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες επαναλαμβάνονται συνεχώς και αναγκάζουν το νερό να κυκλοφορεί αδιάκοπα στη φύση. Ο κύκλος του νερού είναι απαραίτητος για τη διατήρηση της ζωής στη Γη.

Όμως το νερό είναι και το κυριότερο συστατικό των οργανισμών. Το 70% περίπου του ανθρώπινου σώματος είναι νερό και από αυτό περισσότερο από το μισό βρίσκεται στο εσωτερικό των κυττάρων. Η παρουσία του εκεί βοηθάει την ομαλή λειτουργία του κυττάρου. Αυτό συμβαίνει επειδή το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Πολλές δηλαδή χημικές ουσίες μπορούν να διαλυθούν στο νερό και έτσι να έρθουν σε επαφή και να αντιδράσουν εύκολα μεταξύ τους. Επιπλέον, το νερό



Εικ. 1.1 Η κατανομή των στοιχείων: (α) στο φλοιό της Γης και (β) στον άνθρωπο.



Εικ. 1.2 Στον κύκλο του νερού που πραγματοποιείται στη φύση συμμετέχουν και οι τρεις καταστάσεις του: η στερεή (πάγος), η αέρια (υδρατμοί) και η υγρή.

είναι απαραίτητο και για τη μεταφορά ουσιών σε όλους τους οργανισμούς, ζωικούς ή φυτικούς.

Το νερό που ρέει στην κοίτη ενός ποταμού παρασύρει άλατα από το έδαφος και τα γύρω πετρώματα και τα οδηγεί στη θάλασσα. Αποτέλεσμα αυτού είναι το νερό της θάλασσας να είναι αλμυρό (περιέχει περίπου 4% διαλυμένα άλατα). Όταν στη συνέχεια το νερό αυτό εξατμίζεται, τα άλατα παραμένουν στη θάλασσα. Η βροχή που σχηματίζεται και πέφτει εμπλουτίζοντας τις λίμνες και τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα δεν περιέχει άλατα. Αυτή η διαφορά σε περιεκτικότητα αλάτων καθιστά τη θάλασσα διαφορετικό περιβάλλον ανάπτυξης οργανισμών από τη λίμνη και τον ποταμό. Άλλοι οργανισμοί έχουν προσαρμοστεί και ζουν στα γλυκά νερά των ποταμών και των λιμνών και άλλοι στα αλμυρά νερά των θαλασσών.

Άλατα όπως το χλωριούχο νάτριο ή τα άλατα του ασβεστίου (κύριο συστατικό των οστών) παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ομαλή ανάπτυξη και λειτουργία των οργανισμών.

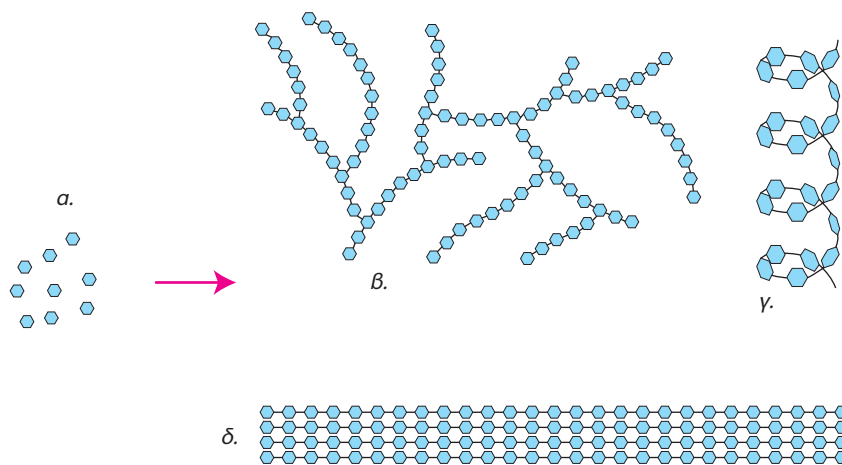


Οργανικές ενώσεις

Οι οργανισμοί δομούνται κυρίως από ενώσεις του άνθρακα με το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο, οι οποίες ονομάζονται **οργανικές**. Οργανικές ενώσεις που συναντάμε στα κύτταρα όλων των οργανισμών είναι οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα και τα λιπίδια.

Οι **υδατάνθρακες** (σάκχαρα) αποτελούν πηγή ενέργειας για τους οργανισμούς. Αυτό συμβαίνει επειδή κατά τη διάσπασή τους απελευθερώνεται μεγάλο ποσό ενέργειας. Ορισμένοι από αυτούς αποτελούν δομικά συστατικά των κυττάρων. Οι υδατάνθρακες μπορεί να είναι απλοί, όπως η γλυκόζη (μονοσακχαρίτης), ή σύνθετοι, όπως το άμυλο, η κυτταρίνη κ.ά. (πολυσακχαρίτες). Οι πολυσακχαρίτες είναι αποτέλεσμα της συνένωσης μονοσακχαριτών.

Οι **πρωτεΐνες** αποτελούν δομικά ή λειτουργικά συστατικά των κυττάρων και δομούνται από απλούστερες ενώσεις, τα αμινοξέα. Στη φύση υπάρχουν περισσότερα από 170 διαφορετικά αμινοξέα, αλλά στη δημιουργία των πρωτεϊνών συμμετέχουν



Εικ. 1.3 Πολλά μόρια γλυκόζης (α) ενώνονται με χημικούς δεσμούς και σχηματίζουν: γλυκογόνο (β), άμυλο (γ) και κυτταρίνη (δ).