

Τα βιβλία των Εκδόσεων Πουκαμισάς συμπυκνώνουν την πολύχρονη διδακτική εμπειρία των συγγραφέων μας και αποτελούν το βασικό εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές των φροντιστηρίων μας. Μέσα από τη διαρκή τους αξιοποίηση στις τάξεις μας διασφαλίζουμε τον εμπλουτισμό τους, τη συνεχή τους βελτίωση και την επιστημονική τους αρτιότητα, καθιστώντας τα βιβλία των Εκδόσεών μας εγγύηση για την επιτυχία των μαθητών.



εκδόσεις

ΠΟΥΚΑΜΙΣΑΣ

ΤΑ **ΒΙΒΛΙΑ** ΤΩΝ **ΕΠΙΤΥΧΙΩΝ**

ΝΟΤΑ ΛΑΖΑΡΑΚΗ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ



εκδόσεις

ΠΟΥΚΑΜΙΣΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1ο: Χημική σύσταση του κυττάρου

Θεωρία	11
Ερωτήσεις κρίσεως – συνδυαστικές με απάντηση	38
Ερωτήσεις κλειστού τύπου	41
Μεθοδολογία ασκήσεων	50
Ερωτήσεις – ασκήσεις για λύση	57

Κεφάλαιο 2ο: Κύτταρο: Η θεμελιώδης μονάδα της ζωής

Θεωρία	65
Ερωτήσεις κρίσεως – συνδυαστικές με απάντηση	92
Ερωτήσεις κλειστού τύπου	98
Ερωτήσεις – ασκήσεις για λύση	106

Κεφάλαιο 3ο: Μεταβολισμός

Θεωρία	113
Ερωτήσεις κρίσεως – συνδυαστικές με απάντηση	144
Ερωτήσεις κλειστού τύπου	148
Ερωτήσεις – ασκήσεις για λύση	159

Κεφάλαιο 4ο: Γενετική

Θεωρία	167
Ερωτήσεις κρίσεως – συνδυαστικές με απάντηση	208
Ερωτήσεις κλειστού τύπου	213
Μεθοδολογία ασκήσεων	226
Ερωτήσεις – ασκήσεις για λύση	231

Απαντήσεις ασκήσεων	239
---------------------------	-----

Εκφωνήσεις & απαντήσεις ασκήσεων σχολικού βιβλίου	275
---	-----

Κεφάλαιο 1ο

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

1.1 Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Χημικά στοιχεία που συνθέτουν τους οργανισμούς

Στο φλοιό της Γης απαντούν 92 χημικά στοιχεία, από τα οποία μόνο τα 27 είναι απαραίτητα για τη ζωή.

Το 96% κ.β. των οργανισμών είναι C, H, O, N

Τέσσερα από τα 27 στοιχεία των οργανισμών, ο άνθρακας, το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο, είναι τα επικρατέστερα στους οργανισμούς, σε ποσοστό 96% κ.β. Ο άνθρακας (C), το υδρογόνο (H), το οξυγόνο (O) και το άζωτο (N) έχουν τη δυνατότητα να σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς. Οι δεσμοί αυτοί δημιουργούνται τόσο μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου όσο και μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων από αυτά τα τέσσερα.

Παράδειγμα: $-C-C-C-$, $-C-O-C-C-H$, $-C-C-N-H$

Οι δεσμοί αυτοί είναι ισχυροί, γεγονός που εξασφαλίζει τη σταθερότητα των μορίων.

Τα άτομα του C, O και N συνδέονται επιπλέον με απλούς ή και πολλαπλούς δεσμούς, με περισσότερα από ένα άτομα του ίδιου ή διαφορετικών στοιχείων. Όπως ήδη γνωρίζετε ο C 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 μεγάλης ποικιλίας μορίων.

Το 4% κ.β. των οργανισμών είναι P, S, Na, K, Ca, Mg και Cl

Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για τη σύνθεση βιολογικών μορίων.

Περίπου το 0,01% των οργανισμών αποτελούν τα ιχνοστοιχεία

Ορισμένα στοιχεία, όπως Fe, I, Zn, Cu και ορισμένα ακόμη, υπάρχουν σε ελάχιστες ποσότητες στους οργανισμούς, όμως είναι απαραίτητα για σημαντικές λειτουργίες.

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ, ΟΛΟΙ ΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ ΜΑΣ ΑΠΟΤΕΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ:

C, H, O και N
(σε ποσοστό 96% κ.β.)

Συνδέονται με ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς τόσο μεταξύ τους, όσο και με άτομα του ίδιου στοιχείου και συμμετέχουν στη σύνθεση των μορίων που αποτελούν δομικά ή λειτουργικά συστατικά των οργανισμών.

P, S, Na, K, Ca, Mg και Cl (σε ποσοστό 4% κ.β.)	Αποτελούν απαραίτητα συστατικά διάφορων βιομορίων.
Ιχνοστοιχεία (σε ποσοστό 0,01% κ.β.)	Ανιχνεύονται σε μικρό ποσοστό στους οργανισμούς αλλά είναι απαραίτητα για σημαντικές λειτουργίες.

ΕΠΙΣΗΣ, ΤΑ ΜΟΡΙΑ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ:

Σταθερότητα	Ποικιλομορφία
Η σταθερότητα οφείλεται στους ομοιοπολικούς δεσμούς, οι οποίοι είναι ισχυροί και προσδίδουν σταθερότητα στα μόρια.	Η μεγάλη ποικιλία στη μορφή και τη λειτουργία των μορίων των οργανισμών οφείλεται στη σύνδεση των στοιχείων με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους.
Ομοιοπολικούς δεσμούς σχηματίζουν τα άτομα των κύριων στοιχείων (C, H, O και N) • τόσο μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου (C–C, O–O, N–N), • όσο και μεταξύ τους (όπως: C–H, C–O, C–N).	Τα στοιχεία C, O και N συνδέονται με απλούς ή πολλαπλούς δεσμούς, με περισσότερα από ένα άτομα του ίδιου ή διαφορετικών στοιχείων. Κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται αλυσίδες απλές ή με διακλαδώσεις. $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \\ \quad \\ =\text{C} - \text{C} = \text{O} \end{array}$

Μικρά μόρια και μακρομόρια

Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ ΕΙΝΑΙ ΥΓΡΗ

Το κύτταρο ενός μονοκύτταρου οργανισμού, όπως είναι η αμοιβάδα, και το ανθρώπινο κύτταρο παρουσιάζουν πολύ περισσότερες ομοιότητες από διαφορές. Σημαντική ομοιότητα αποτελεί ότι η επιβίωση των κυττάρων αυτών στηρίζεται στο **νερό**.

Το υδάτινο περιβάλλον των κυττάρων

Το ανθρώπινο κύτταρο περιβάλλεται από ένα υδατικό διάλυμα, που ονομάζεται μεσοκυττάριο υγρό. Η αμοιβάδα ζει στο νερό. Συνεπώς και τα δύο είδη κυττάρων ζουν είτε άμεσα (αμοιβάδα) είτε έμμεσα (ανθρώπινο κύτταρο) σε υδατικό περιβάλλον. Από αυτό αντλούν όλα τα απαραίτητα συστατικά για την επιβίωσή τους και σε αυτό εκκρίνουν παράγωγα του μεταβολισμού τους.

Το εσωτερικό των κυττάρων

Το εσωτερικό περιβάλλον τους είναι επίσης υδατικό. Το 80% των συστατικών τους αποτελείται από νερό. Επιπλέον, οι περισσότερες από τις χημικές ουσίες που υπάρχουν στο εσωτερικό του κυττάρου είναι ευδιάλυτες στο νερό, γεγονός που τους επιτρέπει να μετακινούνται από ένα σημείο σε άλλο. Η μετακίνηση διευκολύνει και την επαφή των μορίων, ώστε να επιτελούνται οι διάφορες αντιδράσεις.

Το νερό είναι **συστατικό** πολλών αντιδράσεων.

Το νερό συμμετέχει επίσης σε πολλές βιοχημικές αντιδράσεις.

Ποικιλία των ενώσεων στο κύτταρο

Η ποικιλία των χημικών ενώσεων στο κύτταρο είναι πολύ μεγάλη. Στο εσωτερικό ενός κυττάρου υπάρχουν από απλές χημικές ενώσεις (με μικρό μοριακό βάρος όπως οξέα, βάσεις και άλατα), μέχρι ενώσεις πολύ μεγάλου μοριακού βάρους (που ονομάζονται μακρομόρια), όπως οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα κ.ά.

Οξέα, Βάσεις και άλατα: παρότι βρίσκονται σε μικρή συγκέντρωση μέσα στο κύτταρο, έχουν μοναδική σημασία για τη ζωή, διότι διατηρούν σταθερό το pH στο εσωτερικό του κυττάρου και συμβάλλουν σε διάφορες κυτταρικές λειτουργίες.

Το εξωτερικό περιβάλλον των κυττάρων είναι υδατικό. Τα κύτταρα ζουν (άμεσα ή έμμεσα) σε υδατικό περιβάλλον:

- Από αυτό αντλούν όλα τα απαραίτητα συστατικά για την επιβίωσή τους.
- Σε αυτό εκκρίνουν παράγωγα του μεταβολισμού τους.

Το εσωτερικό των κυττάρων είναι επίσης υδατικό (περίπου 80%):

- Επιτρέπεται η μετακίνηση των περισσότερων χημικών ουσιών, οι οποίες είναι ευδιάλυτες στο νερό.
- Κατ' αυτόν τον τρόπο οι ουσίες έρχονται σε επαφή και πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις.

Το νερό συμμετέχει το ίδιο σε κάποιες αντιδράσεις.

Ανόργανες ουσίες στα κύτταρα.

Στα κύτταρα περιέχονται σε μικρή συγκέντρωση διάφορες χημικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους όπως οξέα, βάσεις και άλατα, οι οποίες:

- Διατηρούν σταθερό το pH στο εσωτερικό του κυττάρου.
- Συμβάλλουν σε κυτταρικές λειτουργίες.

12 ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΑ

Όλα τα κύτταρα, όλων των οργανισμών στον πλανήτη μας, περιέχουν 4 μόνο κατηγορίες μακρομορίων!

• Πρωτεΐνες,

• Νουκλεϊκά οξέα,

• Πολυσακχαρίτες,

• Λιπίδια.

Γενικά στοιχεία

Για να κατανοήσουμε τα μακρομόρια πρέπει να ξεκινήσουμε από τους δομικούς τους λίθους.

- Οι πρωτεΐνες σχηματίζονται από τη συνένωση αμινοξέων.
- Τα νουκλεϊκά οξέα από νουκλεοτίδια.
- Οι πολυσακχαρίτες από μονοσακχαρίτες.

Τα αμινοξέα, τα νουκλεοτίδια και οι μονοσακχαρίτες αποτελούν τα **μονομερή**. Πολλά μονομερή συνδέονται μεταξύ τους πολλές φορές και δημιουργούν τα **μακρομόρια** (δηλαδή τα πολυμερή).

Τα μονομερή των μακρομορίων μπορεί να είναι ίδια (όπως συμβαίνει με τις πρωτεΐνες) ή διαφορετικά (όπως στα λιπίδια). Όλα όμως τα μονομερή συνδέονται μεταξύ τους με τον ίδιο χημικό μηχανισμό, που ονομάζεται **συμπύκνωση**.

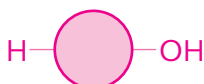
Κατά τη συμπύκνωση πάντα το ένα μονομερές χάνει ένα άτομο υδρογόνου (H), ενώ το άλλο μια υδροξυλομάδα (OH). Κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ένα μόριο νερού, το οποίο αφαιρείται και τα δύο μονομερή συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό. Η διάσπαση των μακρομορίων στα μονομερή τους γίνεται με την προσθήκη νερού και ονομάζεται **υδρόλυση**.

Το γεγονός ότι έχει επικρατήσει ο ομοιοπολικός δεσμός για τη σύνδεση των μονομερών σε πολυμερή δεν είναι τυχαίο. Ο δεσμός αυτός είναι ο πιο διαδεδομένος δεσμός στην έμβια ύλη, λόγω της σταθερότητάς του.

Και άλλοι δεσμοί...

Σε ορισμένα μακρομόρια συναντώνται επιπλέον δεσμοί οι οποίοι δεν είναι ομοιοπολικοί, όπως οι δεσμοί υδρογόνου, οι δυνάμεις Van der Waals και οι υδρόφοβοι δεσμοί. Οι δεσμοί αυτοί, παρότι δεν συμμετέχουν στη σύνδεση των μονομερών, είναι πολύ σημαντικοί για την τελική διαμόρφωση των μακρομορίων.

Για να κατανοήσετε τον μηχανισμό συμπύκνωσης και υδρόλυσης πρέπει να γνωρίζετε ότι όλα τα μονομερή των μακρομορίων διαθέτουν ένα ελεύθερο άτομο υδρογόνου και μία υδροξυλομάδα, δηλαδή είναι της μορφής:



ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

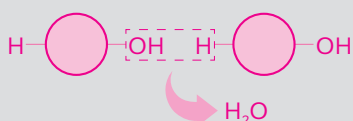
Είναι ο χημικός μηχανισμός σύνδεσης των μονομερών μεταξύ τους προκειμένου να σχηματιστεί ένα μακρομόριο.

Μηχανισμός

Δύο μονομερή έρχονται σε επαφή:



Το πρώτο μονομερές χάνει την υδροξυλομάδα (OH) και το επόμενο μονομερές χάνει ένα άτομο υδρογόνου (H):

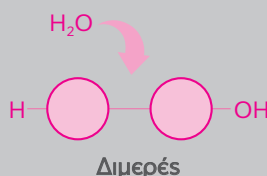


ΥΔΡΟΛΥΣΗ

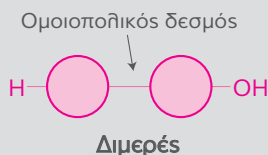
Είναι ο μηχανισμός διάσπασης των μακρομορίων στα μονομερή τους.

Μηχανισμός

Η διάσπαση των μακρομορίων στα μονομερή τους γίνεται με την προσθήκη νερού. Αν για παράδειγμα προσθέσουμε νερό σε ένα διμερές...



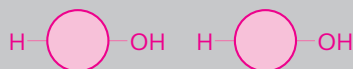
Τελικά αφαιρείται ένα μόριο νερού και τα δύο μονομερή συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό δημιουργώντας ένα διμερές:



Με τη διαδοχική σύνδεση μονομερών σχηματίζονται οι πολυμερείς ενώσεις, δηλαδή τα μακρομόρια:



... θα σπάσει ο ομοιοπολικός δεσμός και θα προκύψουν δύο μονομερή:



Είναι σημαντικό να κατανοήσετε ότι για τη σύνδεση του τρίτου μονομερούς θα επαναληφθεί η ίδια διαδικασία... Το 2ο μονομερές θα χάσει το $-OH$ και το 3ο θα χάσει ένα $-H$, ώστε πάλι θα παραχθεί και θα αφαιρεθεί ένα μόριο H_2O .

Όσα μονομερή και να ενωθούν μεταξύ τους μπορούμε να καταλάβουμε ποιο είναι το τελευταίο! Το τελευταίο έχει πάντα ελεύθερη την υδροξυλομάδα του ($-OH$).

Κατά το σχηματισμό ενός διμερούς με μηχανισμό συμπύκνωσης παράγεται 1 μόριο H_2O . Όταν σχηματιστεί ένα τριμερές θα παραχθούν 2 μόρια H_2O ... Όταν ενωθούν n μονομερή για το σχηματισμό ενός πολυμερούς θα παραχθούν $n-1$ μόρια H_2O .

Πρωτεΐνες: Διαδεδομένες, πολύπλοκες και εύθραυστες

Οι πρωτεΐνες είναι το πιο διαδεδομένο και πολυδιάστατο στη μορφή και στη λειτουργία μακρομόριο. Ακόμη και σε ένα βακτήριο, δηλαδή ένα απλό κύτταρο, υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικές πρωτεΐνες, καθεμιά από τις οποίες έχει ιδιαίτερο ρόλο στη ζωή του κυττάρου, καθώς αποτελεί είτε δομικό συστατικό του, είτε εξυπηρετεί κάποια συγκεκριμένη λειτουργία του.

Τα είδη των πρωτεϊνών που διαθέτει ένα κύτταρο καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του και τον τρόπο ζωής του. Κάθε τύπος κυττάρου έχει χαρακτηριστικά είδη και ποσότητες πρωτεϊνών, από τις οποίες εξαρτάται η δομή και η λειτουργία του.

Παρά τις διαφορές τους όλες οι πρωτεΐνες σχηματίζονται από την ίδια πρώτη ύλη: από 20 είδη αμινοξέων!

Κατά το σχηματισμό ενός είδους πρωτεΐνης συνδέεται ένας διαφορετικός αριθμός από τα 20 αυτά είδη αμινοξέων. Για κάθε είδος πρωτεΐνης η σύνδεση των αμινοξέων γίνεται με διαφορετική σειρά, δηλαδή αλληλουχία. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να προκύψει μια τεράστια ποικιλία πρωτεϊνών! Μία πρωτεΐνη μπορεί να περιέχει εκατοντάδες αμινοξέα συνδεδεμένα σε συγκεκριμένη αλληλουχία.

Για να αντιληφθούμε πώς είναι δυνατό να δημιουργούνται διαφορετικά είδη πρωτεϊνών, όταν όλες αποτελούνται μόνο από 20 είδη αμινοξέων, αρκεί να σκεφτούμε τη γλώσσα μας. Τα 24 γράμματα του ελληνικού αλφάβητου, τοποθετούμενα σε διαφορετικούς συνδυασμούς, αρκούν για να σχηματίσουν χιλιάδες διαφορετικές λέξεις. Με ανάλογο τρόπο τα 20 διαφορετικά αμινοξέα, συνδεδεμένα με διαφορετική αλληλουχία, σχηματίζουν έναν τεράστιο αριθμό διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων.

Οι πρωτεΐνες επιτελούν σημαντικούς δομικούς και λειτουργικούς ρόλους:

- ❖ Η αιμοσφαιρίνη μεταφέρει το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα.
- ❖ Η ακτίνη και η μυοσίνη είναι συστατικές πρωτεΐνες των μυϊκών κυττάρων, που εξασφαλίζουν την κίνηση.
- ❖ Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες που επιταχύνουν τις αντιδράσεις στα κύτταρα.

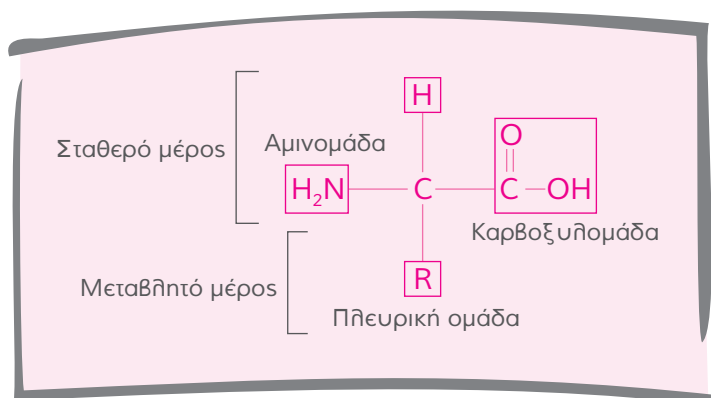
ΑΜΙΝΟΞΕΑ

Παρότι έχουν ανιχνευτεί πάνω από 170 διαφορετικά αμινοξέα, μόνο τα 20 αποτελούν συστατικά πρωτεϊνών.

Το μόριο των αμινοξέων αποτελείται από δύο τμήματα, ένα σταθερό και ένα μεταβλητό. Το σταθερό αποτελείται από ένα άτομο υδρογόνου, μια αμινομά-

δα 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, υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα διότι υπάρχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες.

ΚΑΘΕ ΑΜΙΝΟΞΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΔΥΟ ΤΜΗΜΑΤΑ:	
Το σταθερό μέρος	Το μεταβλητό μέρος
Αποτελείται από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα (C) ενωμένο με: - ένα άτομο υδρογόνου (H) - μία αμινομάδα (NH_2) και - μία καρβοξυλομάδα (COOH)	Αποτελείται από μία πλευρική ομάδα (R), η οποία έχει διαφορετική χημική δομή για κάθε αμινοξύ. Στη σύνθεση ενός αμινοξέος μπορεί να συμμετέχουν 20 διαφορετικές πλευρικές ομάδες. Για το λόγο αυτό υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα.



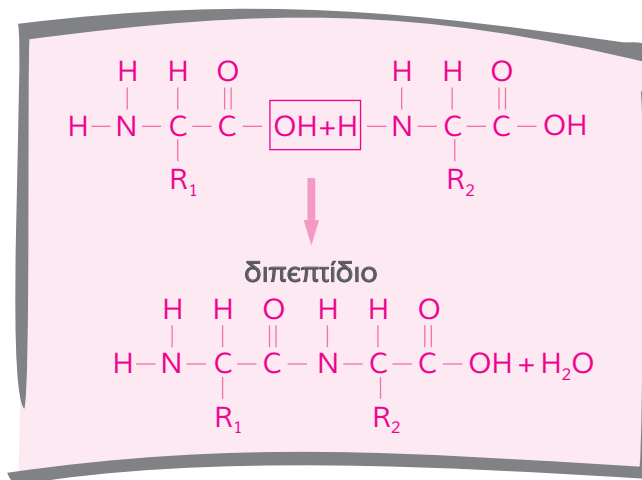
Η ένωση δύο αμινοξέων γίνεται με αντίδραση συμπύκνωσης μεταξύ της καρβοξυλομάδας του ενός και της αμινομάδας του άλλου. Αποβάλλεται ένα μόριο νερού και ανάμεσα στα δύο αμινοξέα σχηματίζεται ένας ομοιοπολικός δεσμός, που ονομάζεται **πεπτιδικός δεσμός** και τελικά σχηματίζεται ένα διπεπτίδιο:

Στο 2ο αμινοξύ του διπεπτιδίου συνδέεται με τον ίδιο τρόπο ένα 3ο αμινοξύ, οπότε δημιουργείται ένα **τριπεπτίδιο** κ.ο.κ.

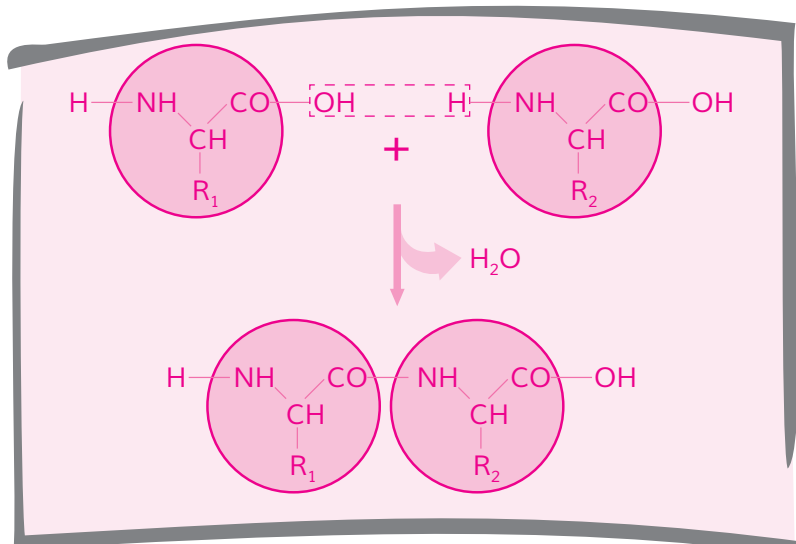
Τα πεπτίδια στα οποία ο αριθμός των αμινοξέων υπερβαίνει τα 50 ονομάζονται **πολυπεπτίδια**.

Κάθε φορά μπορεί να προστίθεται στην πεπτιδική αλυσίδα οποιοδήποτε από τα 20 διαφορετικά αμινοξέα που απαντούν στις πρωτεΐνες.

Στην πραγματικότητα η αλληλουχία των αμινοξέων που συνδέονται για το σχηματισμό μίας πρωτεΐνης δεν είναι τυχαία. Αντίθετα, η αλληλουχία των αμινοξέων και συνεπώς η δομή και η λειτουργία της πρωτεΐνης καθορίζεται από το γενετικό υλικό του κυττάρου, δηλαδή το DNA του.



ή πιο απλά:



Παρατηρήστε ότι καθώς συνδέονται τα αμινοξέα για να δημιουργήσουν πεπτιδία, το πρώτο αμινοξύ που συνδέθηκε έχει ελεύθερη την αμινομάδα του ($-NH_2$), ενώ το τελευταίο την καρβοξυλομάδα του ($-CO-OH$). Συνεπώς, όταν θα προσδιορίσουμε ποιο αμινοξύ έχει ελεύθερη αμινομάδα και ποιο έχει ελεύθερη καρβοξυλομάδα, έχουμε κατανοήσει ποιο συνδέθηκε πρώτο και ποιο τελευταίο...

Εάν υποθέσουμε ότι οι 100 αμινοξέα συνδέονται για να σχηματίσουν μία πολυπεπτιδική αλυσίδα, οι διαφορετικές αλληλουχίες αμινοξέων που μπορεί να σχηματιστούν είναι 20^{100} !

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΩΝ ΜΟΡΙΩΝ

Ένα πολυπεπτιδίο, 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.

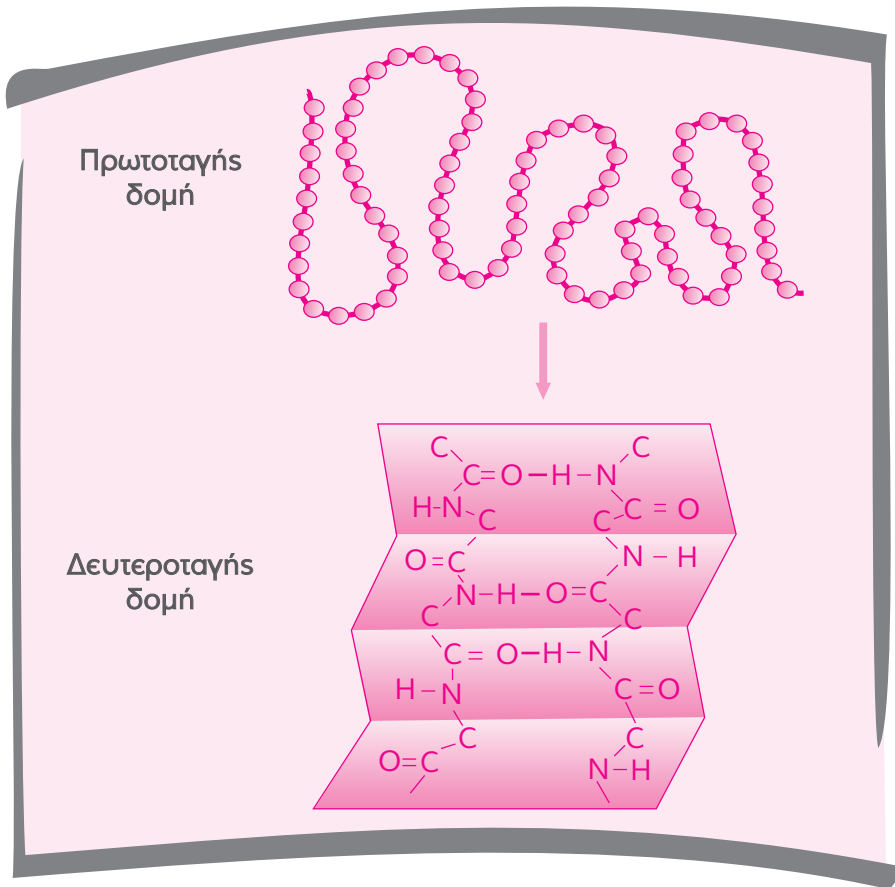
Το πρώτο επίπεδο είναι η **πρωτοταγής δομή**, δηλαδή η αλληλουχία των αμινοξέων στην πολυπεπτιδική αλυσίδα.

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.

Τελικά, η διαμόρφωση του πρωτεϊνικού μορίου στο χώρο καθορίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα και σταθεροποιείται από τους δεσμούς που σχηματίζονται ανάμεσα στις πλευρικές ομάδες R των αμινοξέων.



Η κύρια αιμοσφαιρίνη συμβολίζεται διεθνώς HbA (Haemoglobin A). Η αιμοσφαιρίνη A αποτελείται από δύο αλυσίδες τύπου α και δύο αλυσίδες τύπου β. Με καθεμιά αλυσίδα συνδέεται επίσης ένα μόριο αίμης, που δεν αποτελείται από αμινοξέα και φέρει το σίδηρο, με τον οποίο και συνδέεται το οξυγόνο.

Οι πολυπεπτιδικές αλυσίδες αποτελούν τη γραμμική αλληλουχία των αμινοξέων. Μετά τη σύνθεση μίας πολυπεπτιδικής αλυσίδας, οι πλευρικές ομάδες των αμινοξέων αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με αποτέλεσμα την αναδίπλωση της. Η τελική αναδίπλωση της αλυσίδας στο χώρο προσδίδει σε αυτή συγκεκριμένη βιολογική λειτουργικότητα. Οι λειτουργικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες ονομάζονται πρωτεΐνες.

Συνεπώς, πρωτεΐνη ονομάζεται το λειτουργικό μόριο που προκύπτει από την κατάλληλη αναδίπλωση μίας ή περισσότερων πολυπεπτιδικών αλυσίδων.