

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

Γιώργος Τσιάμης

Επίκουρος Καθηγητής

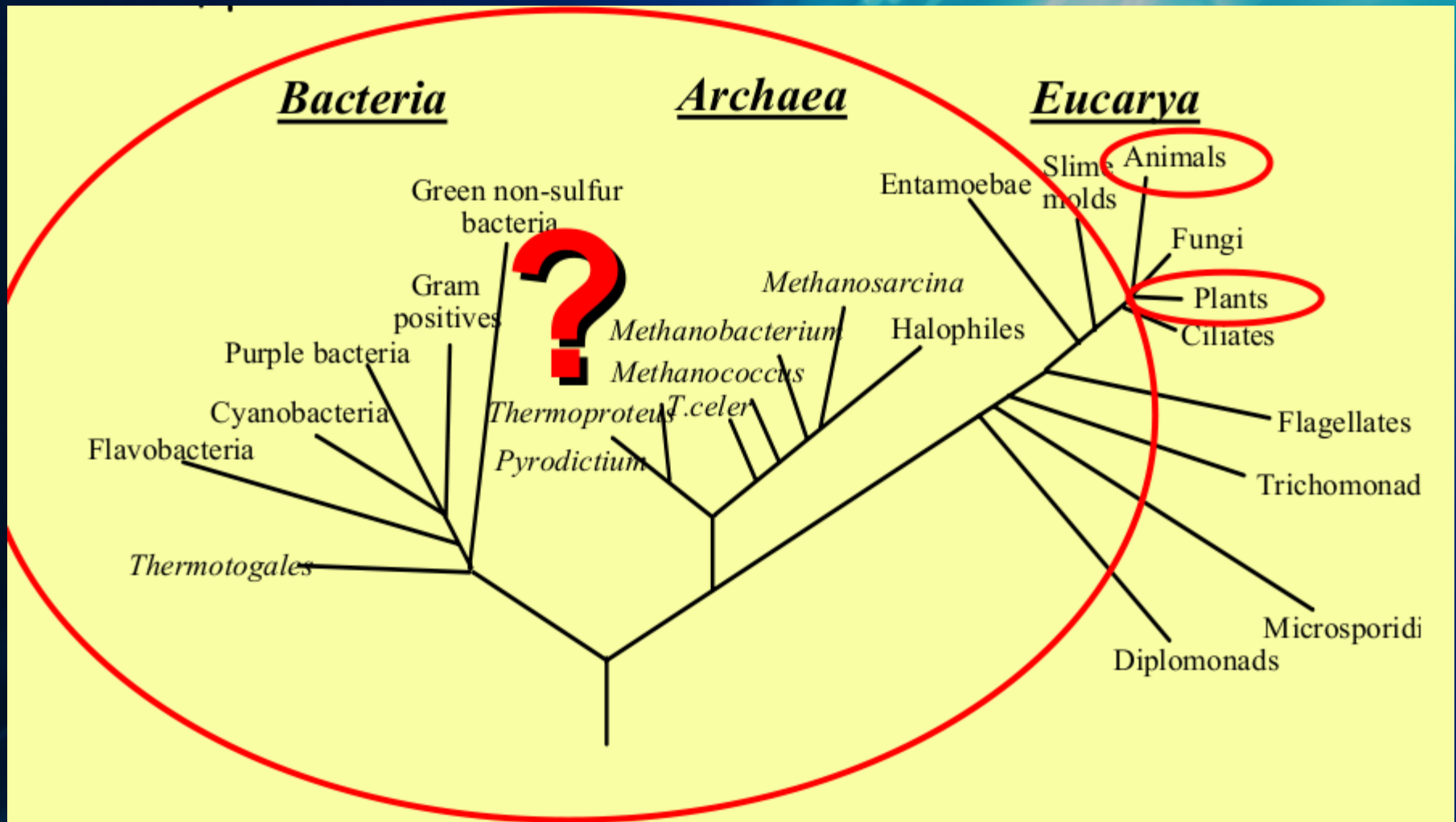
Περιβαλλοντικής Μικροβιολογίας

- Η Περιβαλλοντική Μικροβιολογία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις περιβαλλοντικές επιστήμες γιατί συμβάλλει στην
 - ✓ μελέτη - ανάδειξη της γενετικής, μοριακής και μεταβολικής ποικιλότητας των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια στο σχεδιασμό και εφαρμογή διαχειριστικών πρακτικών καθώς και στην ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών προστασίας περιβάλλοντος
 - ✓ κατανόηση της ζωής των μικροοργανισμών και των αλληλεπιδράσεων τους με άλλες μορφές ζωής (ζώα, φυτά, μικροοργανισμοί)

✓ Λύσεις σε σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα στηρίζονται στη Περιβαλλοντική Μικροβιολογία και τις σχετικές επιστήμες Μοριακή Βιολογία – Βιοχημεία και Βιοτεχνολογία:

- βιοαποικοδόμηση τοξικών και ρυπογόνων ουσιών, συνθετικών χημικών και πλαστικών
- βιοσυσσώρευση ρύπων και τοξικών μετάλλων
- επεξεργασία υγρών και στερεών αποβλήτων
- προστασία υδάτινων οικοσυστημάτων (ευτροφισμός, νιτρικά)
- βιογεωχημική ανακύκλωση στοιχείων
- γονιμότητα των εδαφών και εξασφάλιση αζωτούχων λιπασμάτων
- ανάκτηση μετάλλων από χαμηλής ποιότητας ορυχεία
- βιολογικό έλεγχο παρασίτων οικονομικής και ιατρικής σημασίας
- και τέλος στην παραγωγή τροφίμων και καυσίμων από δευτερεύοντα προϊόντα του μεταβολισμού και των αποβλήτων

Μέχρι και σήμερα, ότι γνωρίζουμε για την προέλευση και κατανομή της βιοποικιλότητας προέρχεται από πτηνά, φυτά και έντομα



Μικροβιολογία: η επιστήμη που μελετά μικροοργανισμούς, μια μεγάλη και πολυποίκιλη ομάδα μικροσκοπικών οργανισμών που διαβιούν είτε ως μονοκύτταροι μικροοργανισμοί, είτε ως ομάδες κυττάρων.



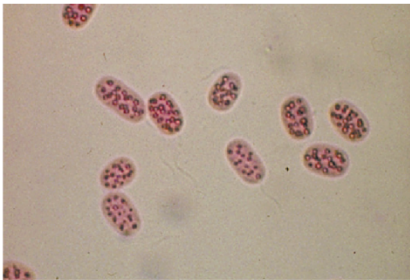
M. T. Madigan

(α)



M. T. Madigan

(β)



Norbert Pfennig

(γ)

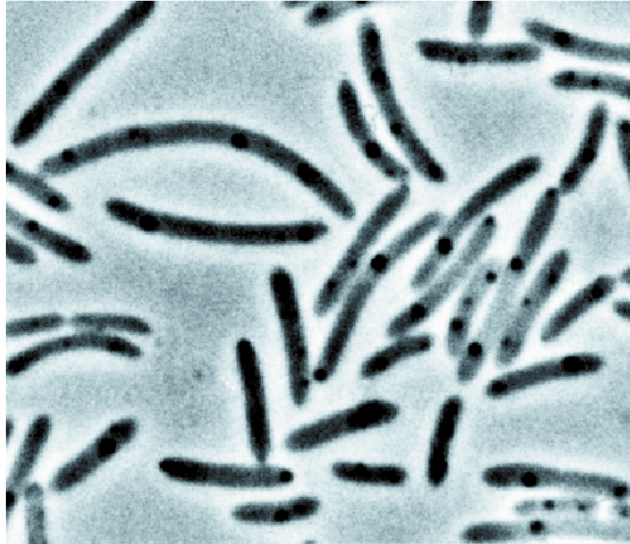


T. D. Brock

(δ)

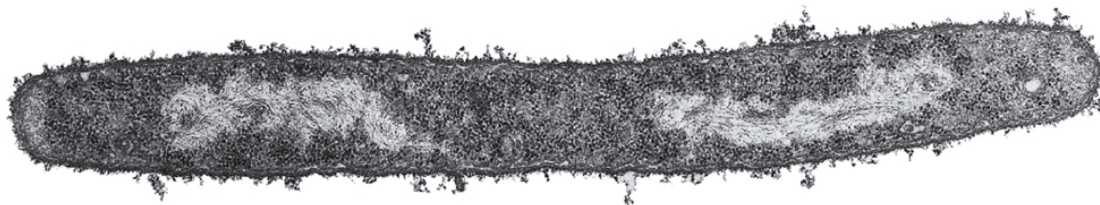
- Διευρέυνση των λειτουργιών της ζωής
- Πρακτικά προβλήματα της ιατρικής, γεωργίας και βιομηχανικής παραγωγής.

Πηγή: Brock Biology of Microorganisms. 13 edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2010.



L.K. Kimble and M.T. Madigan

(a)



Herbert Voelz

(β)

Κύτταρο θεμελιώδης μονάδα ζωής

Κυτταρική μεμβράνη

Πυρήνας ή πυρηνίσκος

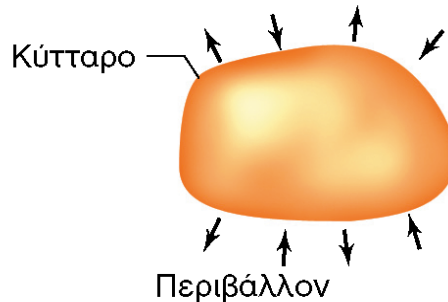
Πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα,
λιπίδια, πολυσακχαρίτες

Πως προήλθε το πρώτο κύτταρο??

Πηγή: Brock Biology of Microorganisms. 13 edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2010.

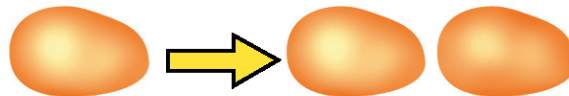
1. Μεταβολισμός

Πρόσληψη χημικών ουσιών από το περιβάλλον, μετασχηματισμός τους μέσα στο κύτταρο, και απόρριψη των άχρηστων υλικών στο περιβάλλον. Επομένως, ένα κύτταρο αποτελεί *ανοικτό* σύστημα.



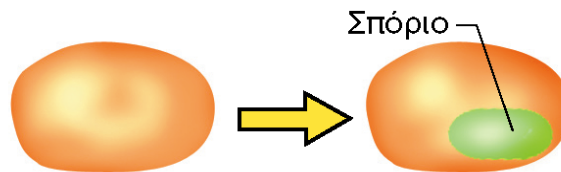
2. Αναπαραγωγή (αύξηση)

Οι χημικές ουσίες του περιβάλλοντος, υπό την καθοδήγηση προϋπαρχόντων κυττάρων, μετασχηματίζονται σε συστατικά των νέων κυττάρων.



3. Διαφοροποίηση

Σχηματισμός μιας νέας κυτταρικής δομής, όπως είναι το σπόριο, συνήθως ως τμήμα του κυτταρικού *κύκλου ζωής*.

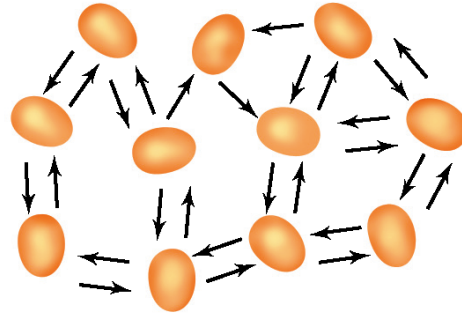


4. Επικοινωνία

Τα κύτταρα *επικοινωνούν* ή *αλληλεπιδρούν*, κυρίως μέσω ουσιών τις οποίες απελευθερώνουν ή δεσμεύουν.

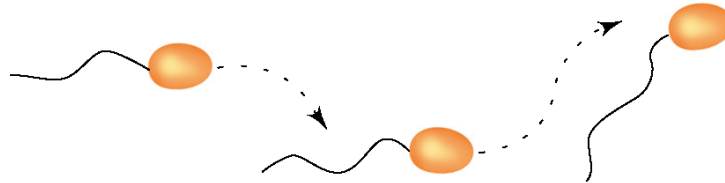
4. Επικοινωνία

Τα κύτταρα *επικοινωνούν* ή *αλληλεπιδρούν*, κυρίως μέσω ουσιών τις οποίες απελευθερώνουν ή δεσμεύουν.



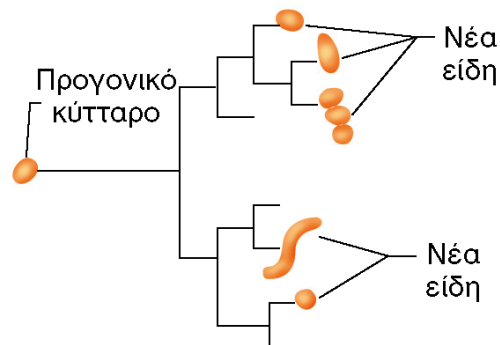
5. Κίνηση

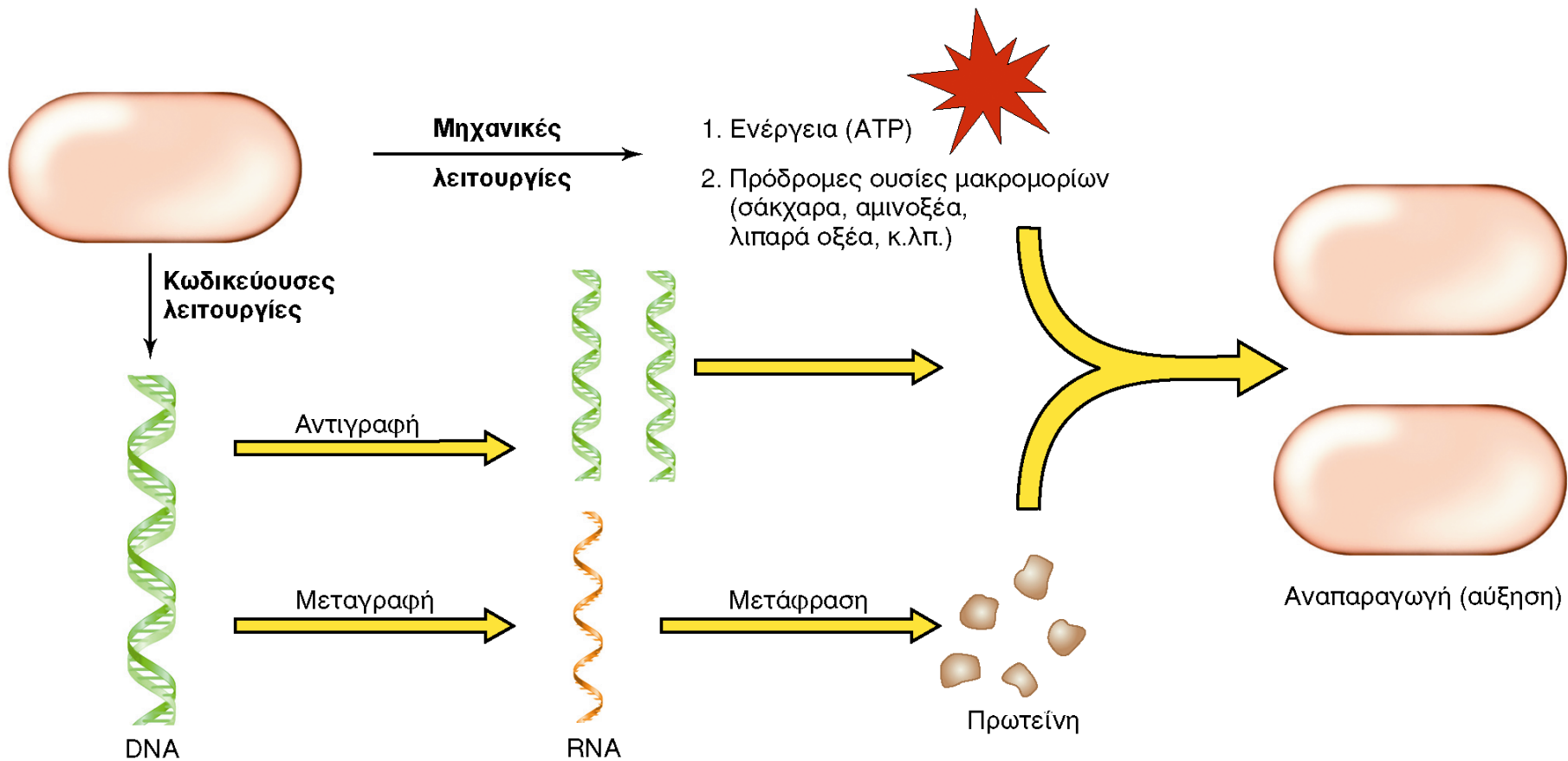
Πολλοί ζωντανοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα της αυτοκίνησας.



6. Εξέλιξη

Τα κύτταρα *εξελίσσονται* και εκδηλώνουν νέες βιολογικές ιδιότητες. Τα φυλογενετικά δέντρα δείχνουν τις εξελικτικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων κυττάρων.



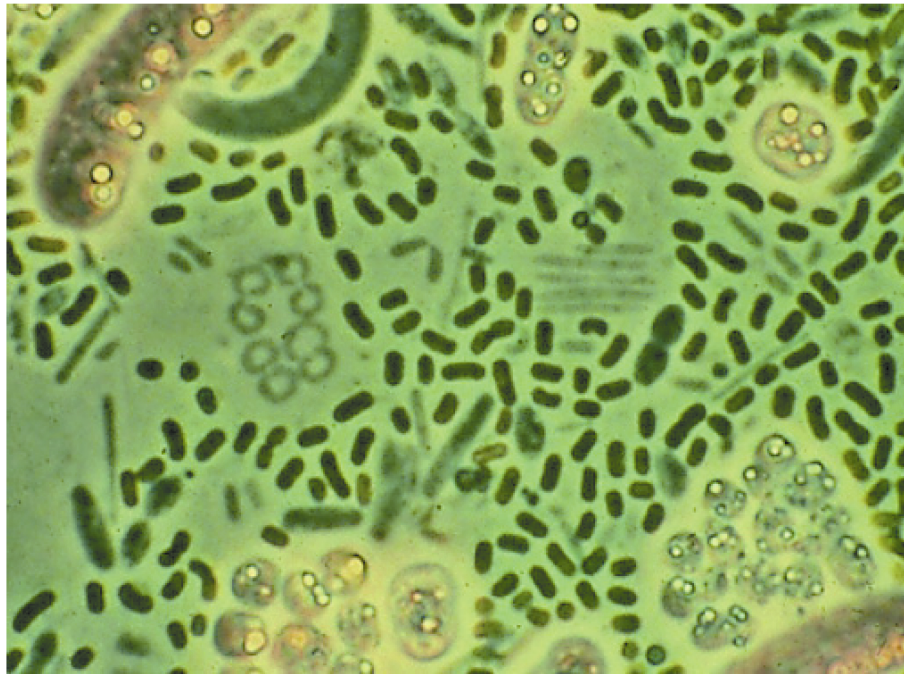


Πηγή: Brock Biology of Microorganisms. 13 edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2010.

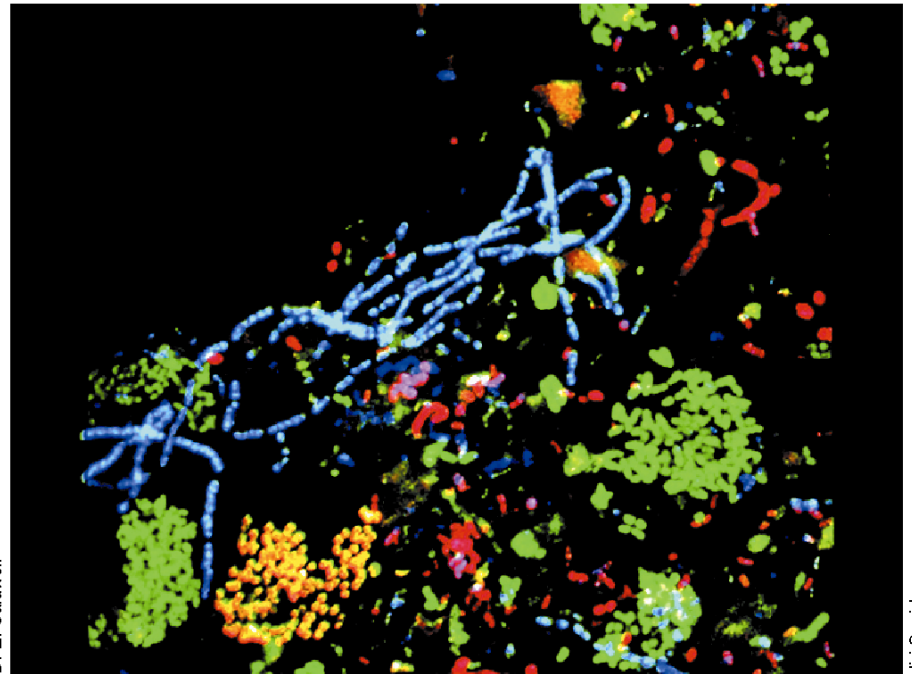
Πληθυσμοί: συναθροίσεις κυττάρων. Μικροβιακές κοινότητες
συναθροίσεις πληθυσμών.

Η ακριβής περιβαλλοντική θέση στην οποία διαβιεί ένας μικροβιακός
πληθυσμός καλείται ενδιαίτημα.

Οικοσύστημα: το σύνολο των ζωντανών οργανισμών μαζί με το
περιβάλλον στο οποίο ζουν.



D. E. Caldwell



Jiri Snaidr

Table 1 Estimating the magnitude of microbial diversity

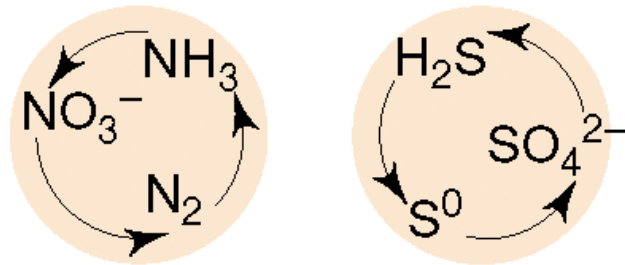
Number of bacteriophages on Earth	10^{31}
Number of microbes on Earth	5×10^{30}
Number of stars in the universe	7×10^{21}
Number of microbes in all humans	6×10^{23}
Number of humans	6×10^9
Number of microbial cells in one human gut	10^{14}
Number of human cells in one human	10^{13}
Number of microbial genes in one human gut	3×10^6
Number of genes in the human genome	2.5×10^4
Combined length of all bacteriophages on Earth	10^8 Ly
Diameter of the Milky Way	10^5 Ly

Kyrpides NC. Fifteen years of microbial genomics: meeting the challenges and fulfilling the dream. *Nature biotechnology*. 2009;27(7):627-32. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19587669>.

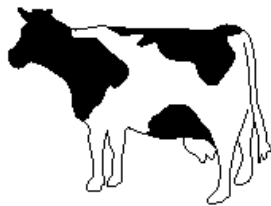
Γεωργία

Δέσμευση N_2 ($N_2 \rightarrow 2NH_3$)

Ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών



Κτηνοτροφία



Κυτταρίνη \rightarrow $CO_2 + CH_4 +$ ζωική πρωτεΐνη

Προστόμαχος

Τροφή

Συντήρηση τροφής (θερμότητα, ψύξη, ακτινοβολία, χημικές ουσίες)

Τρόφιμα από ζυμώσεις



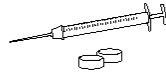
Πρόσθετα τροφίμων (γλουταμικό μονονάτριο, κιτρικό οξύ, μαγιά)

Ασθένειες

Ταυτοποίηση νέων ασθενειών



Αντιμετώπιση, θεραπεία, και πρόληψη



Ενέργεια και περιβάλλον

Βιοκαύσιμα (CH_4)

(Καλαμπόκι $\xrightarrow{\text{Ζύμωση}}$ αιθανόλη)




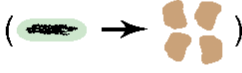
Βιοαποκατάσταση (κηλίδες πετρελαίου $\xrightarrow{\text{O}_2}$ CO_2)
(οργανικοί ρύποι \rightarrow CO_2)

Μικροβιακή απόληψη μετάλλων ($\text{CuS} \rightarrow \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^0$)




Βιοτεχνολογία

Γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί ()

Παραγωγή φαρμάκων (ινσουλίνη και άλλες πρωτεΐνες του ανθρώπου) ()

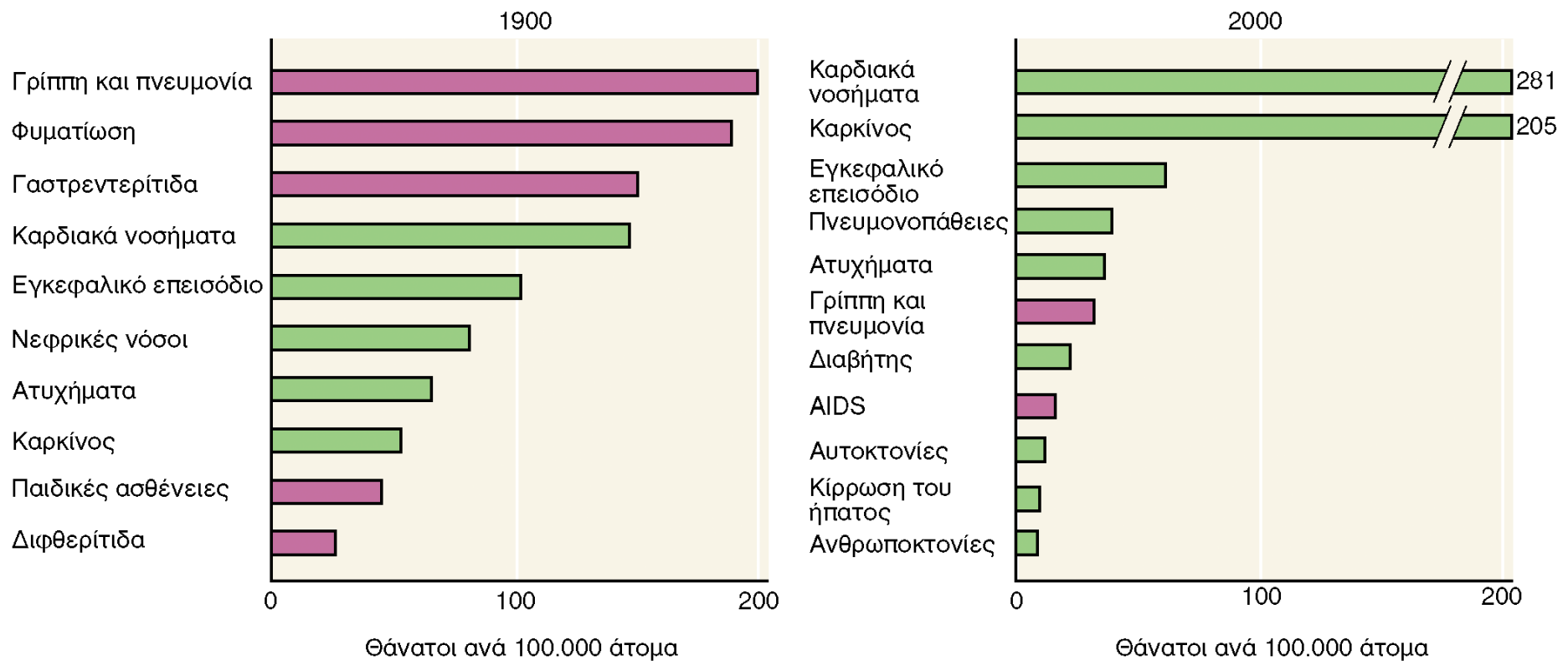
Γονιδιακή θεραπεία ορισμένων ασθενειών

(άτομο με νόσο \rightarrow διορθωμένο γενετικό χαρακτηριστικό) 

Εικόνα 1.6

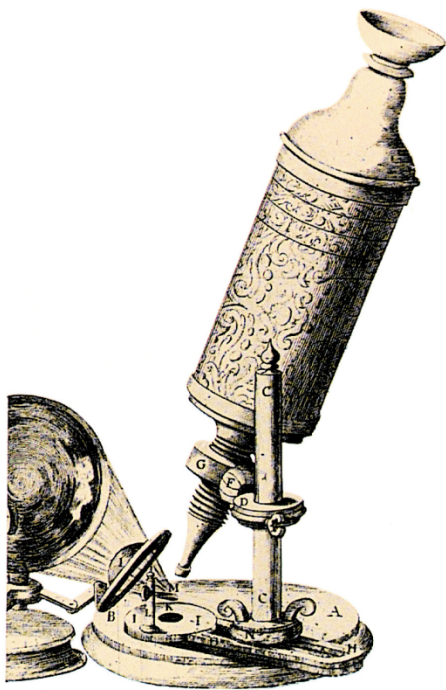
Η επίδραση των μικροοργανισμών στη ζωή του ανθρώπου. Αν και πολλοί άνθρωποι συνδέουν τους μικροοργανισμούς με τις λοιμώξεις, στην πραγματικότητα λίγοι μικροοργανισμοί είναι πράγματι νοσογόνοι. Οι μικροοργανισμοί, εκτός από τον ρόλο τους στην πρόκληση νόσων, επηρεάζουν ποικίλες πλευρές της ζωής μας.

Η επίδραση των μικροοργανισμών στον άνθρωπο



Εικόνα 1.7

Θνησιμότητα από τα 10 κυριότερα αίτια θανάτου στις ΗΠΑ, το 1900 και το 2000. Οι λοιμώξεις ήταν η κυριότερη αιτία θανάτου το 1900, ενώ σήμερα έχουν πολύ μικρότερη σημασία. Οι μικροβιακές νόσοι αναπαρίστανται με κόκκινο χρώμα, οι μη μικροβιακές με πράσινο. Τα στοιχεία προέρχονται από το Εθνικό Κέντρο Στατιστικών Υγείας των ΗΠΑ.



(α)



(β)

Μικροοργανισμοί ως νοσογόνοι παράγοντες

Μικροοργανισμοί και γεωργία

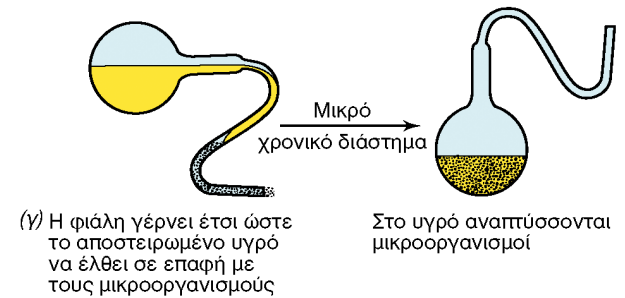
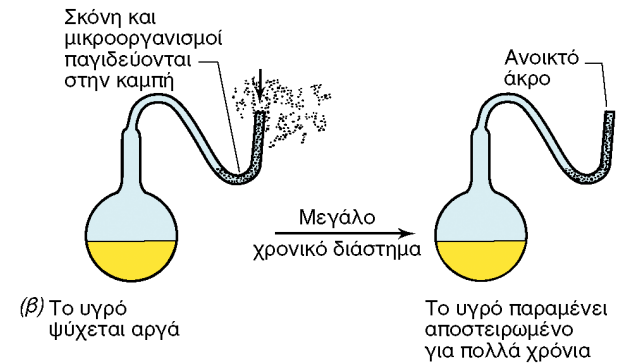
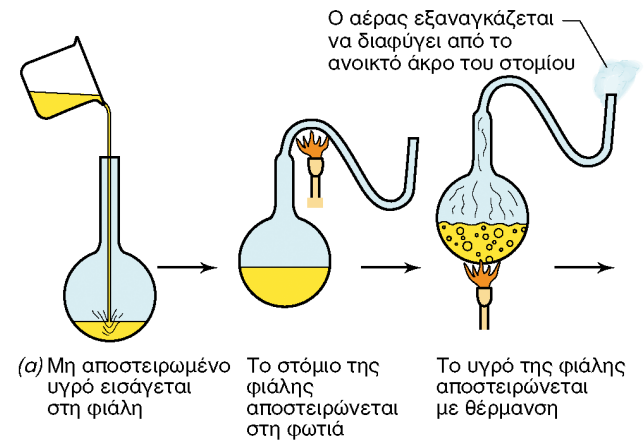
Μικροοργανισμοί και τρόφιμα

Μικροοργανισμοί, ενέργεια και περιβάλλον

Βιοτεχνολογία και μικροοργανισμοί

Εικόνα 1.8 (α) Το μικροσκόπιο που χρησιμοποίησε ο Robert Hooke. Ο αντικειμενικός φακός προσαρμόζεται στο άκρο του ρυθμιζόμενου φωσπίτηρα (G), ενώ ο φωτισμός εστιάζεται στο παρασκεύασμα με έναν μόνο φακό (I). (β) Σχέδιο του Robert Hooke που αναπροσωπεί την πρώτη περιγραφή μικροοργανισμών με μικροσκόπιο. Πρόκειται για έναν κyanόχρωμο μύκητα (μούχλα) που αναπτύσσεται στην επιφάνεια δερμάτων· οι σφαιρικές δομές περιέχουν τα σπόρια του μύκητα.

Pasteur και η κατάρριψη της αυθόρμητης γένεσης.



Εικόνα 1.11 Το πείραμα του Pasteur με τη φιάλη που είχε κεκαμμένο στόμιο. (α) Αποστείρωση του περιεχομένου της φιάλης. (β) Αν η φιάλη παραμείνει σε όρθια θέση, δεν εμφανίζεται μικροβιακή αύξηση. (γ) Αν οι παγιδευμένοι μικροοργανισμοί από τον κεκαμμένο σωλήνα φθάσουν στο αποστειρωμένο υγρό, τότε παρατηρείται ανάπτυξη μικροβίων.

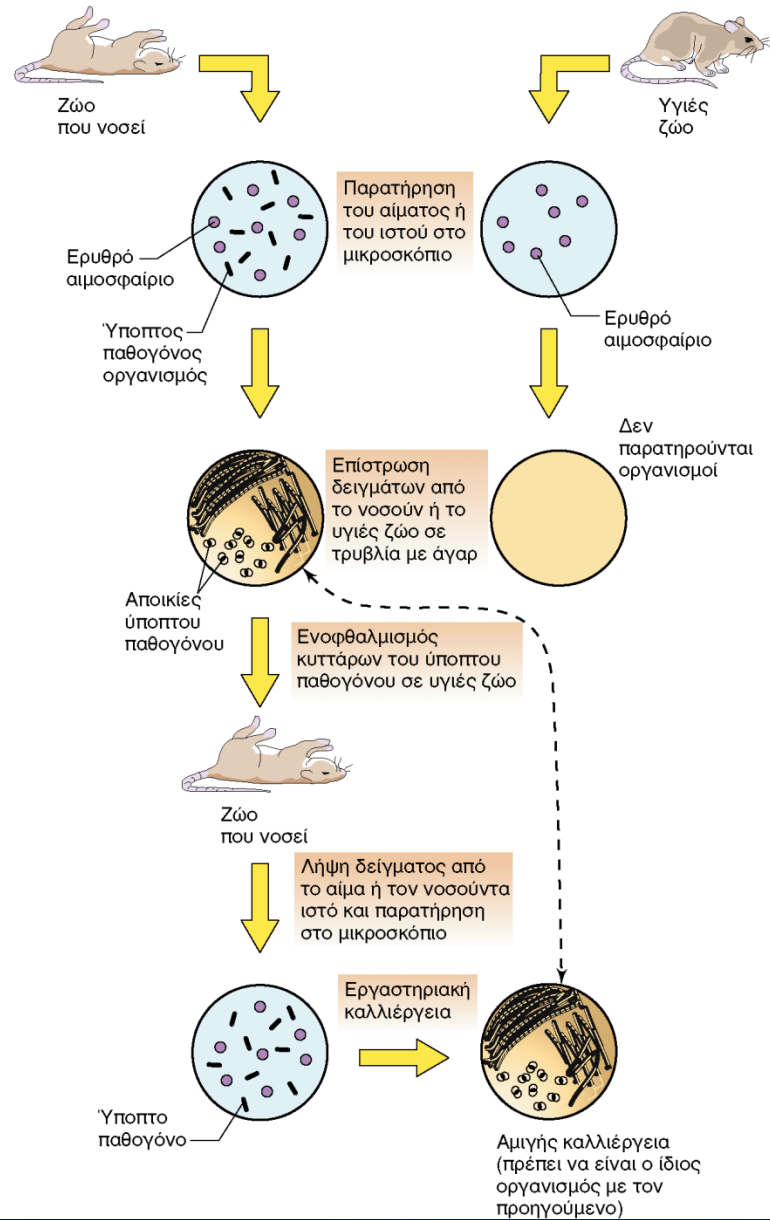
ΤΑ ΑΞΙΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΟΧΗ:

1. Ο ύποπτος παθογόνος μικροοργανισμός πρέπει να υπάρχει σε *κάθε* άρρωστο ζώο, αλλά να απουσιάζει από τα υγιή ζώα.

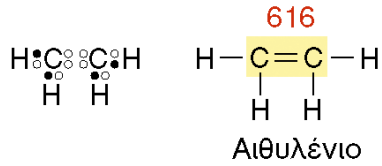
2. Ο ύποπτος οργανισμός πρέπει να μπορεί να απομονωθεί και εν συνεχεία να αναπτυχθεί σε αμιγή καλλιέργεια.

3. Κύτταρα από την αμιγή καλλιέργεια του ύποπτου οργανισμού πρέπει να προκαλούν την ασθένεια σε υγιή ζώα.

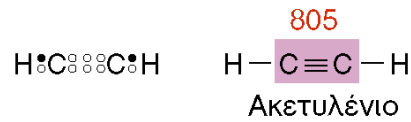
4. Ο οργανισμός πρέπει να απομονώνεται εκ νέου και να αποδεικνύεται ότι είναι όμοιος με τον αρχικό.



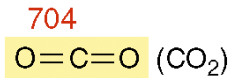
ΜΑΚΡΟΜΟΡΙΑ



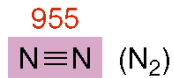
Αιθυλένιο, μια οργανική ένωση με διπλό δεσμό



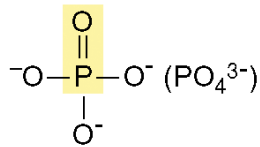
Ακετυλένιο, μια οργανική ένωση με τριπλό δεσμό



Διοξείδιο του άνθρακα

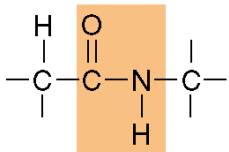


Άζωτο

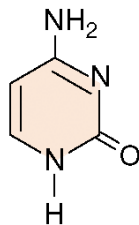


Φωσφορική ρίζα

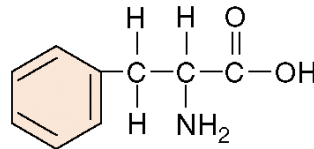
Ορισμένες ανόργανες ενώσεις με διπλό ή τριπλό δεσμό



Πεπτιδικός δεσμός πρωτεϊνών



Κυτοσίνη (αζωτούχος βάση του DNA και του RNA)



Φαινυλαλανίνη (αμινοξύ πρωτεϊνών)

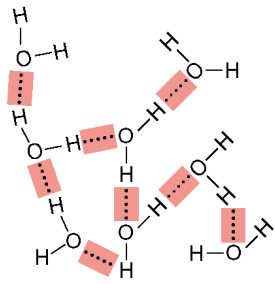
Οργανικές ενώσεις με διπλούς δεσμούς

Ομοιοπολικοί δεσμοί

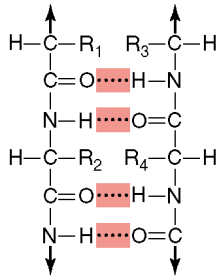
Δεσμοί υδρογόνου

Δυνάμεις van der Waals

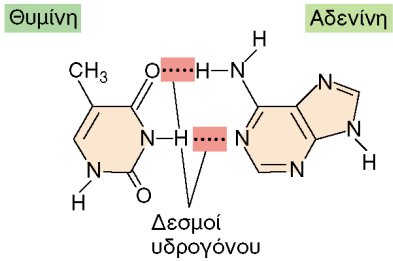
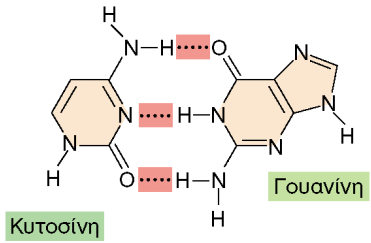
Υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις



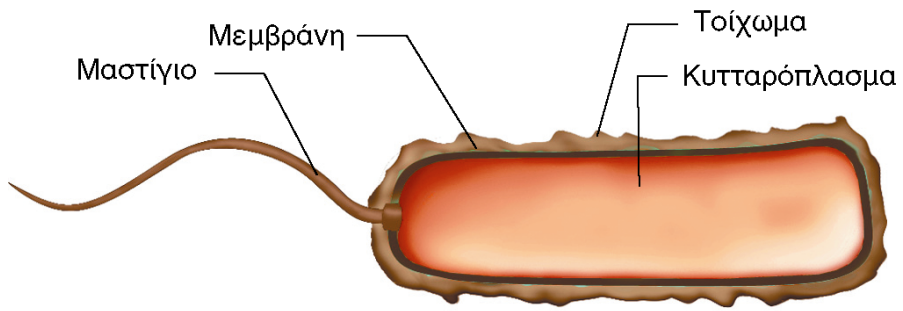
(α) Νερό



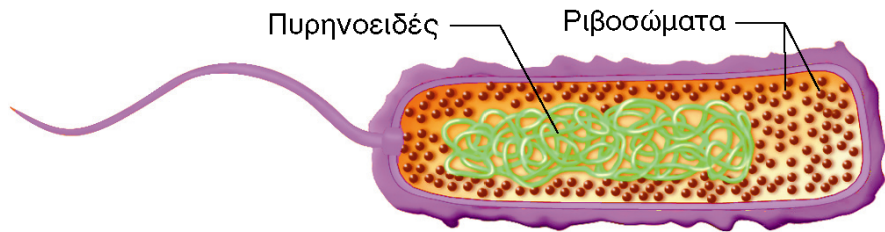
(β) Αμινοξέα σε πρωτεϊνική αλυσίδα. R είναι η πλευρική αλυσίδα κάθε αμινοξέος.



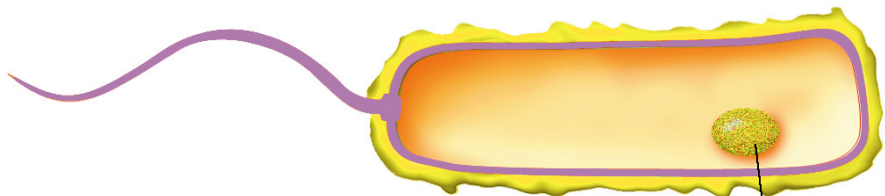
(γ) Αζωτούχες βάσεις στο DNA



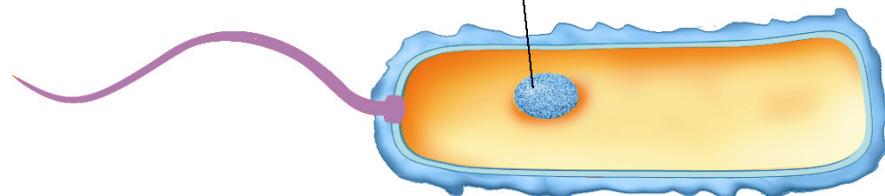
(α) Πρωτεΐνες



(β) Νουκλεϊκά οξέα



(γ) Πολυσακχαρίτες



(δ) Λιπίδια

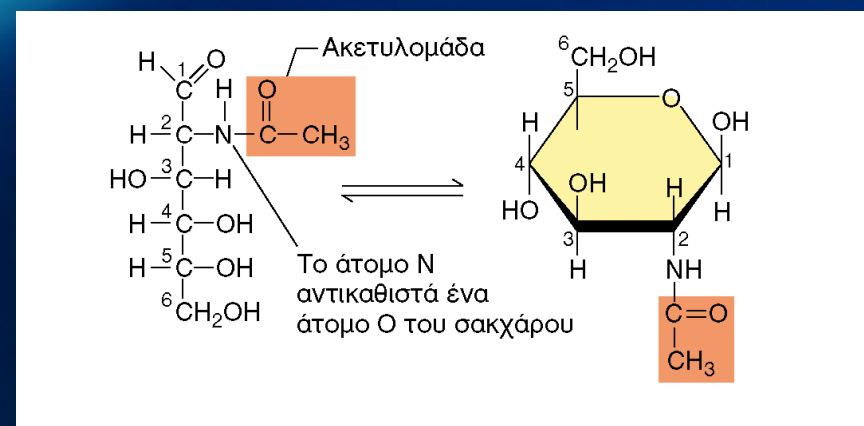
Πρωτεΐνες
RNA
Λιπίδια
Πολυσακχαρίτες
DNA

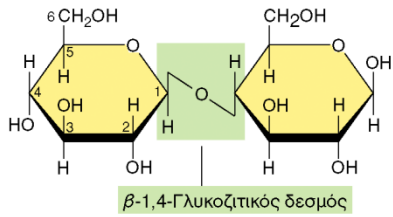
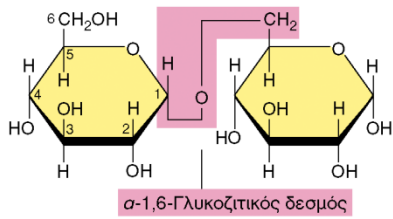
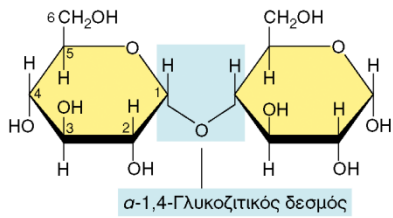
Σάκχαρο	Ανοικτή αλυσίδα	Δακτύλιος	Ρόλος
Πεντόζες	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $		Δομικός σκελετός RNA
Ριβόζη	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $		Δομικός σκελετός DNA
Εξόζες	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $		Πηγή ενέργειας, κυτταρικά τοιχώματα
Γλυκόζη	$ \begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $		Πηγή ενέργειας, σάκχαρο φρούτων
Φρουκτόζη	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $		Πηγή ενέργειας, σάκχαρο φρούτων

Οι υδατάνθρακες είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν C, H και O σε αναλογία 1:2:1.

Γλυκόζη = εξόζη = $C_6H_{12}O_6$

C_4 , C_5 , C_6 και C_7 οι πιο σημαντικοί



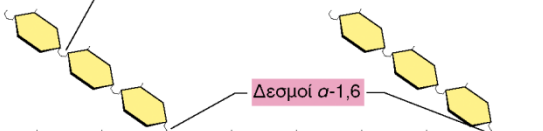


(α)



Άμυλο

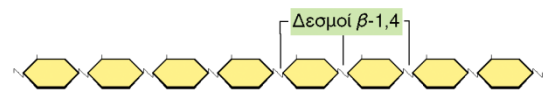
Δεσμοί α -1,4



Γλυκογόνο

Δεσμοί α -1,6

Δεσμοί α -1,4

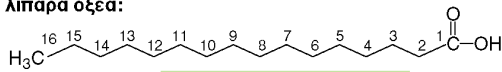


Κυτταρίνη

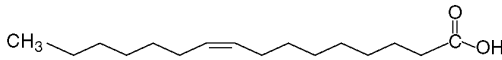
Δεσμοί β -1,4

(β)

Κοινά λιπαρά οξέα:



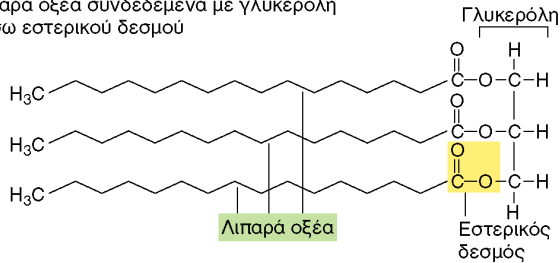
Κορεσμένο C₁₆ (παλμιτικό)



Μονοακόρεστο C₁₆ (παλμιτελαϊκό)

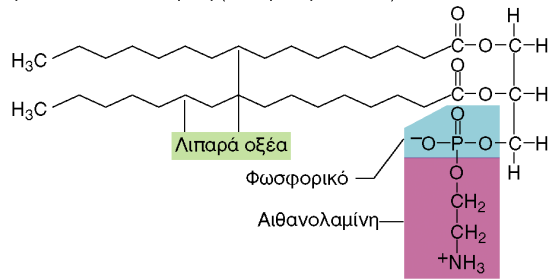
Απλά λιπίδια (τριγλυκερίδια):

Λιπαρά οξέα συνδεδεμένα με γλυκερόλη μέσω εστερικού δεσμού



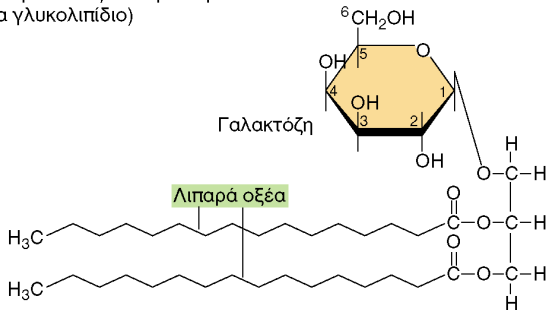
Σύνθετο λιπίδιο:

Φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη (ένα φωσφολιπίδιο)



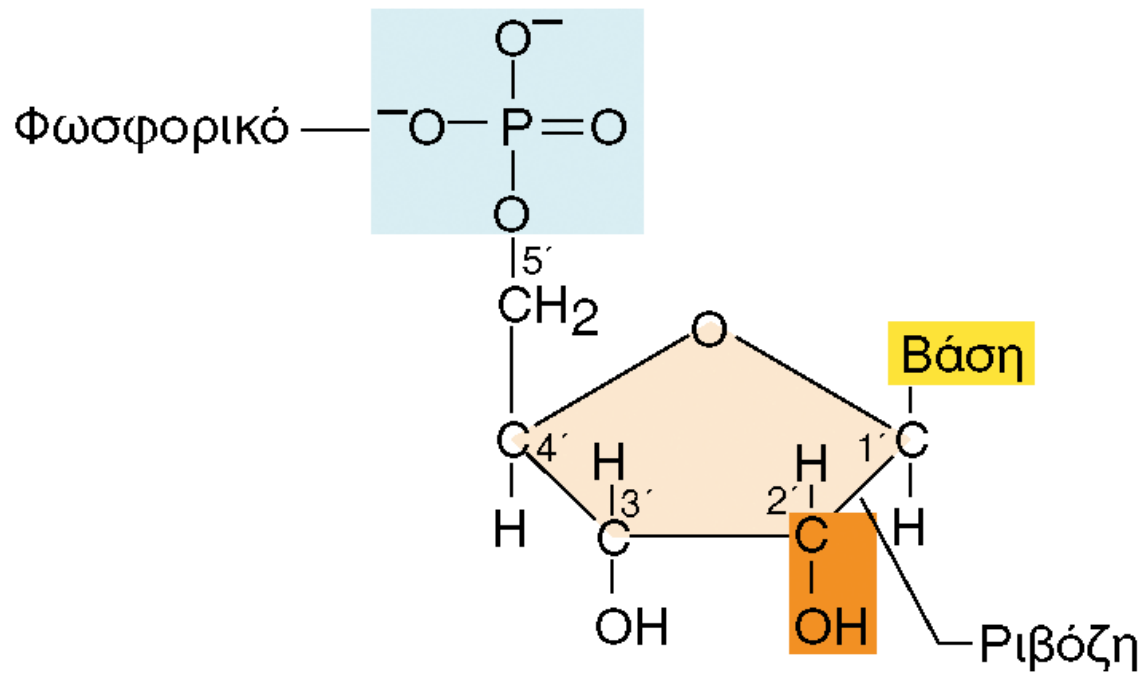
Σύνθετο λιπίδιο:

Μονογαλακτοζυλοδιγλυκερίδιο (ένα γλυκολιπίδιο)

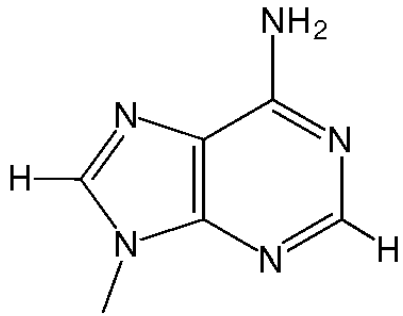


Οι χημικές ιδιότητες των λιπιδίων τα καθιστούν ιδεώδη δομικά συστατικά των μεμβρανών.

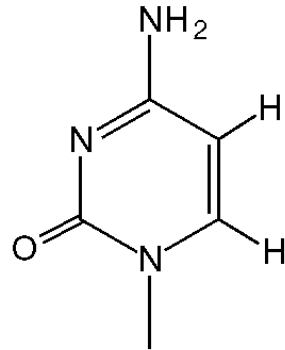
Είναι αμφιπαθικά δηλαδή παρουσιάζουν τόσο υδρόφοβες όσο και υδρόφιλες ιδιότητες.



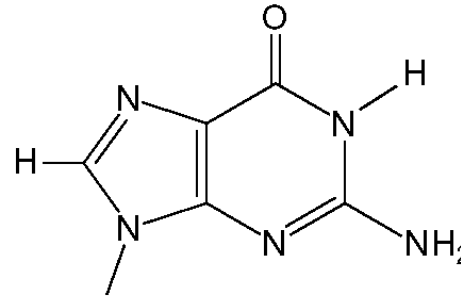
Το DNA είναι ένα γραμμικό πολυμερές το οποίο αποτελείται από διαφορετικά μονομερή.



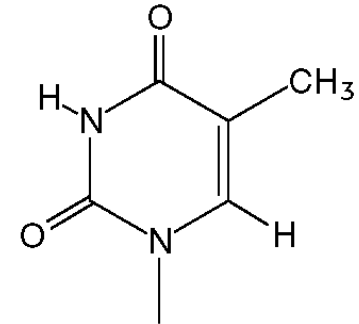
Αδενίνη (A)



Κυτοσίνη (C)

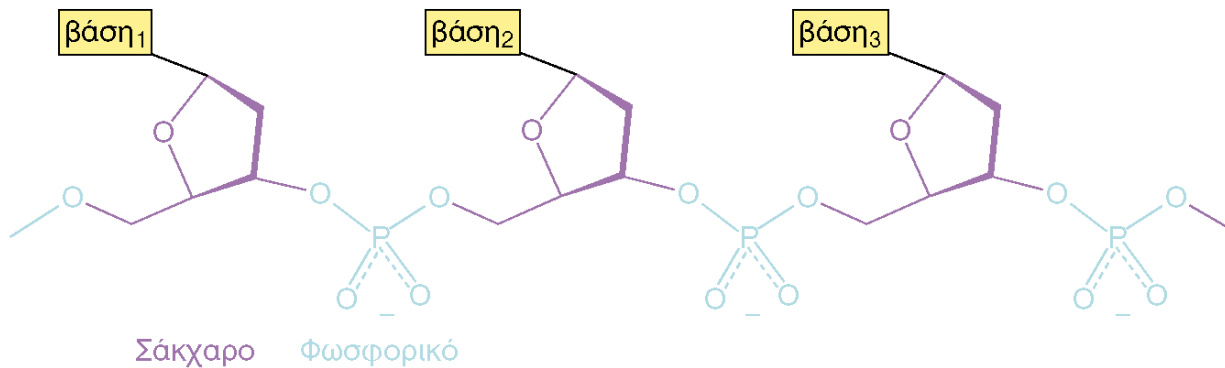


Γουανίνη (G)



Θυμίνη (T)

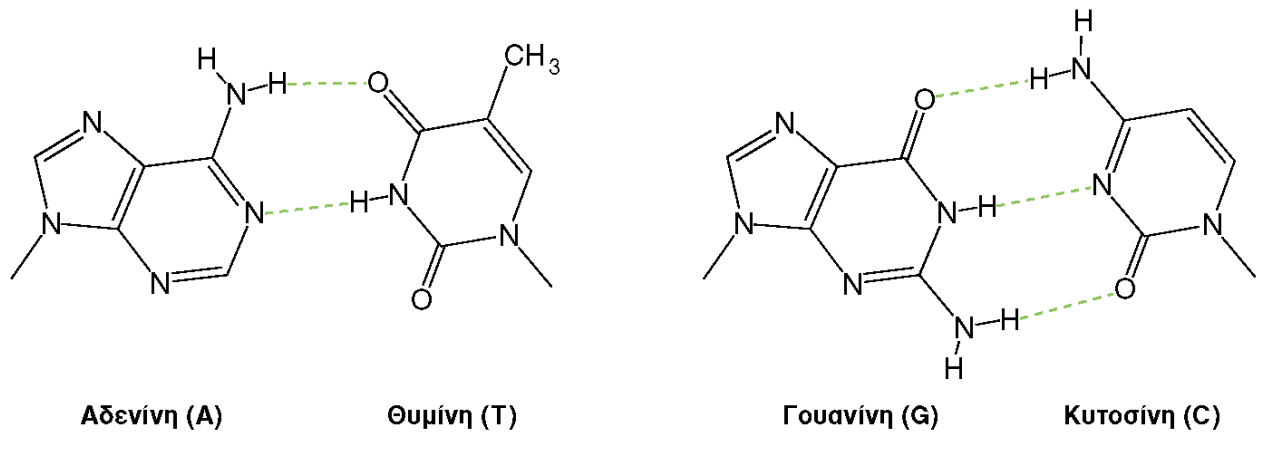
Έχει ένα βασικό κορμό με διαφορετικούς υποκαταστάτες. Ο κορμός δομείται από επαναλαμβανόμενες μονάδες σακχάρου – φωσφορικού. Κάθε μόριο δεοξυριβόζης είναι ομοιοπολικά συνδεδεμένο με μια από τις τέσσερις πιθανές βάσεις: αδενίνη (A), γουανίνη (G), κυτοσίνη (C) και θυμίνη (T).



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Ομοιοπολική δομή του DNA.

Κάθε μονάδα του πολυμερούς αποτελείται από ένα σάκχαρο (δεοξυριβόζη), ένα φωσφορικό ανιόν και μια μεταβλητή βάση που προβάλλει από τον κορμό σακχάρου-φωσφορικού.

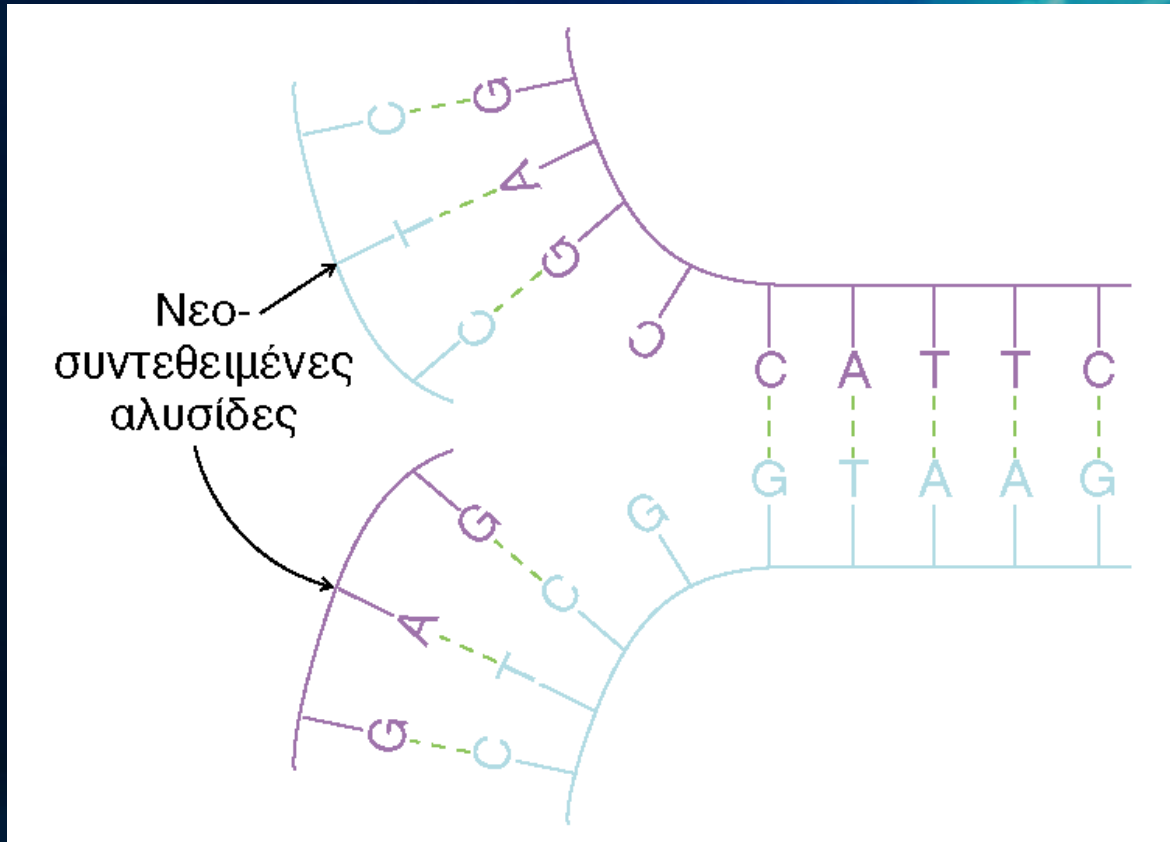
Κάθε μονάδα του πολυμερούς αποτελείται από ένα σάκχαρο, ένα φωσφορικό ανιόν και μια μεταβλητή βάση

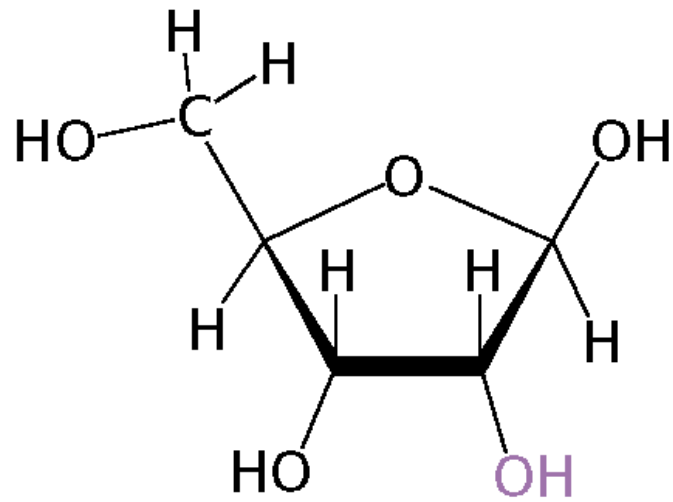


Διπλή έλικα του DNA αποτελείται από 2 διαπλεκόμενες αλυσίδες σε μια τέτοια διάταξη ώστε ο κορμός σακχαρού-φωσφορικού να βρίσκονται στο εξωτερικό και οι βάσεις στο εσωτερικό. Το κλειδί στη δομή αυτή είναι ότι οι βάσεις σχηματίζουν συγκεκριμένα ζεύγη βάσεων (bp) τα οποία συγκρατούνται μέσω δεσμών υδρογόνου.

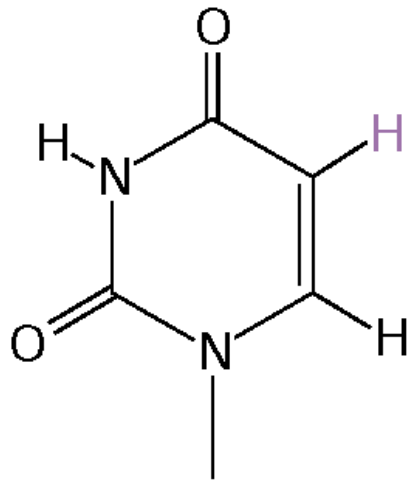
1. Η δομή είναι συμβατή με την οποιαδήποτε αλληλουχία βάσεων
2. Η αλληλουχία των βάσεων στη μία αλυσίδα καθορίζει απόλυτα την αλληλουχία των βάσεων στην άλλη αλυσίδα.

“...Ο συγκεκριμένος σχηματισμός ζευγών βάσεων που έχουμε προτείνει, αυτόματα εισηγείται και ένα πιθανό μηχανισμό αντιγραφής του γενετικού υλικού...” Watson and Crick





Ριβόζη



Ουρακίλη (U)

Ένα σημαντικό νουκλεϊκό οξύ εκτός από το DNA είναι το RNA.

Ιοί

Όλοι οι οργανισμοί πρέπει να μετατρέψουν το DNA σε RNA για να είναι λειτουργικό.

Πολλές ομοιότητες με το DNA:

-Γραμμικό πολυμερές, σάκχαρο, φωσφορική ομάδα, βάση

Σάκχαρο: �ιβόζη αντί δεοξυριβόζη

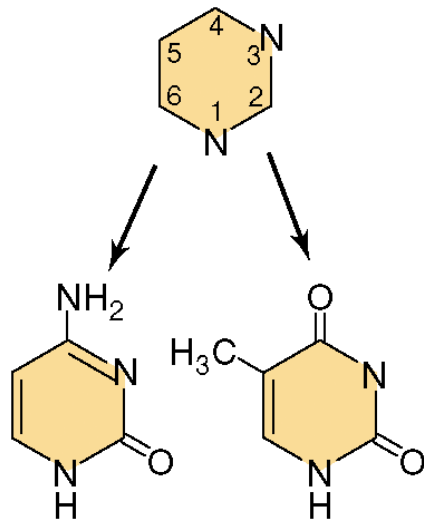
Ουρακίλη αντί Θυμίνη

Μονόκλωνο, αλλά μπορεί να δημιουργήσει και δίκλωνες περιοχές.

ΡΟΛΟΙ RNA ΣΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

- Λειτουργεί ως ενδιάμεσο στη ροή των γενετικών πληροφοριών. Το DNA αντιγράφεται σε αγγελιοφόρο RNA (mRNA) και το mRNA μεταφράζεται σε πρωτεΐνη.
- Μόρια RNA λειτουργούν ως προσαρμοστές, μεταφράζοντας τις πληροφορίες στην αλληλουχία νουκλεοτιδίων του mRNA σε πληροφορίες οι οποίες καθορίζουν την αλληλουχία των συστατικών των πρωτεϊνών.
- Σημαντικό ρόλο στην πρωτεϊνοσύνθεση – ριβοσώματα.

Βάσεις πυριμιδίνης



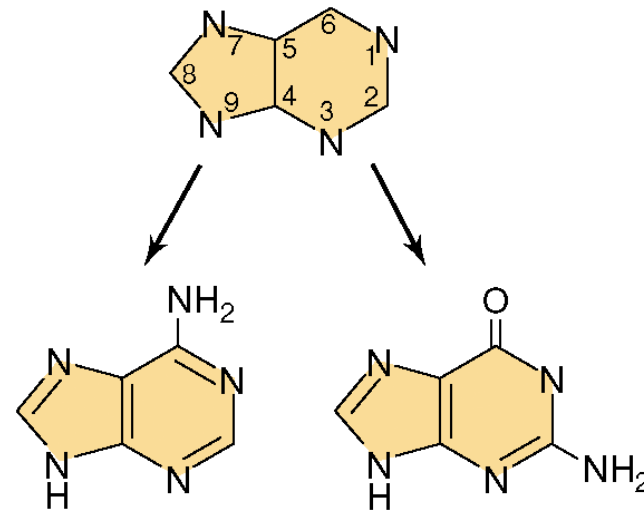
**Κυτοσίνη
(C)**

DNA
RNA

**Θυμίνη
(T)**

Μόνο
DNA

Βάσεις πουρίνης

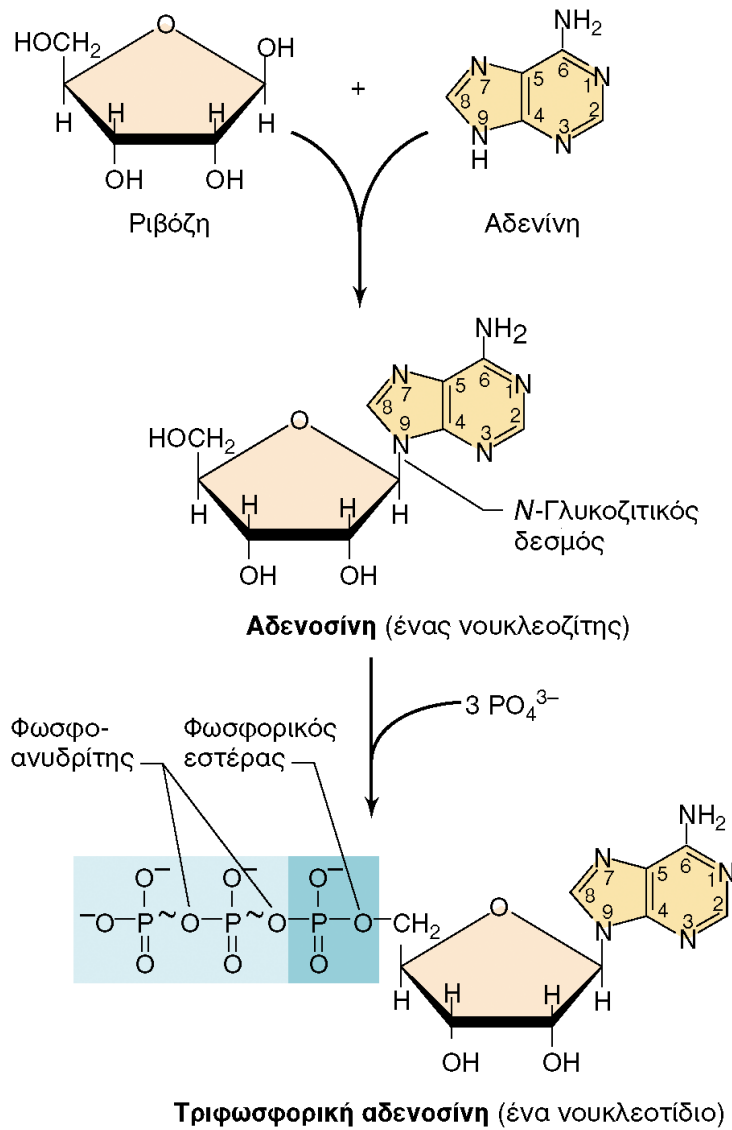


**Αδενίνη
(A)**

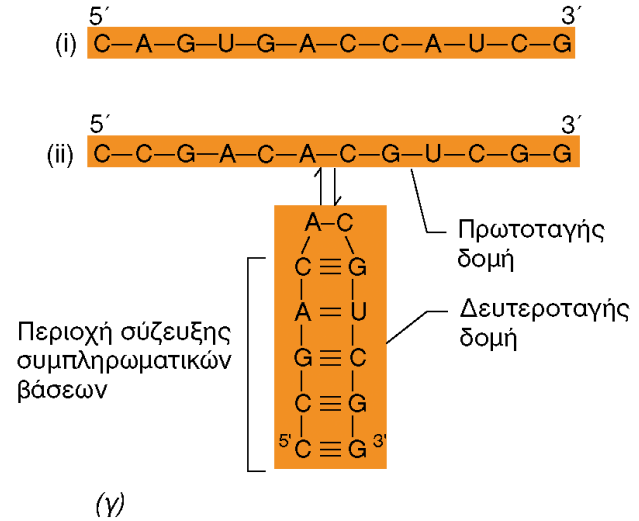
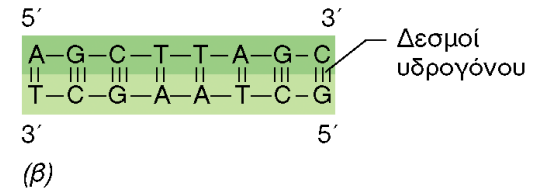
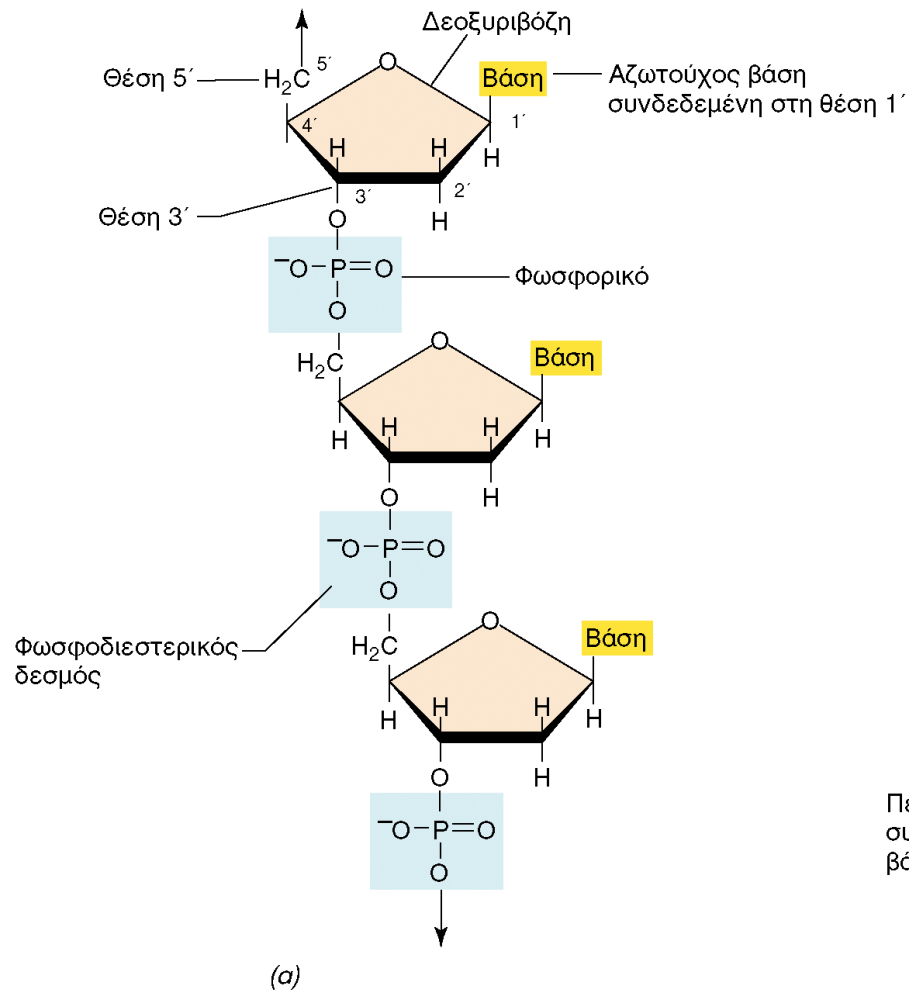
DNA
RNA

**Γουανίνη
(G)**

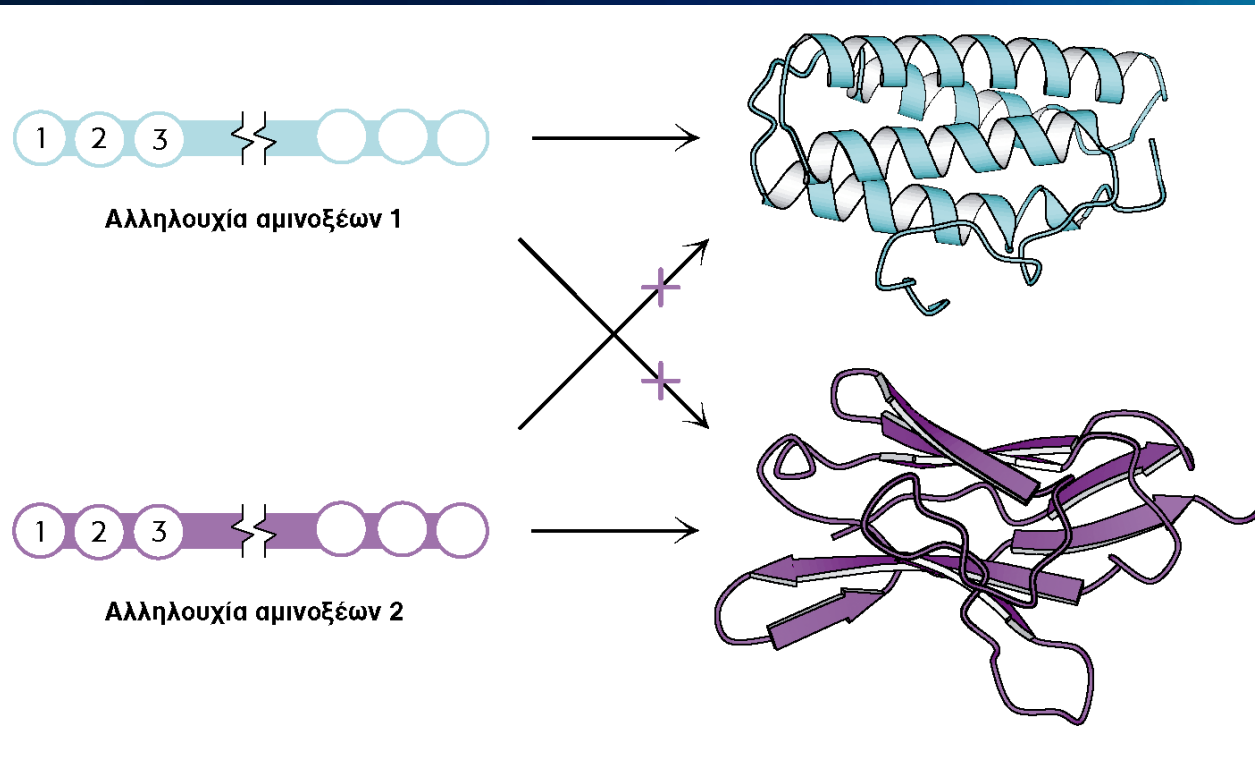
Πηγή: Brock Biology of Microorganisms. 13 edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2010.



Πηγή: Brock Biology of Microorganisms. 13 edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2010.



Πηγή: Brock Biology of Microorganisms. 13 edition. San Francisco: Benjamin Cummings, 2010.



Όπως το DNA και το RNA οι πρωτεΐνες είναι γραμμικά πολυμερή. Είναι όμως πιο πολύπλοκα αφού αποτελούνται από είκοσι (αντί για 4) διαφορετικούς δομικούς λίθους που ονομάζονται αμινοξέα.

Οι πρωτεΐνες έχουν μια πολύ σημαντική ιδιότητα: μια πρωτεΐνη αναδιπλώνεται αυθόρμητα σε μια πολύπλοκη και καλά καθορισμένη τρισδιάστατη δομή, η οποία υπαγορεύεται απόλυτα από την αλληλουχία αμινοξέων στην αλυσίδα της.

Τρεις βάσεις κατά μήκος της αλυσίδας DNA/RNA κωδικεύουν ένα αμινοξύ.

Η συγκεκριμένη αντιστοιχία μεταξύ ενός συνδυασμού τριών βάσεων και κάποιου από τα 20 αμινοξέα ονομάζεται γενετικός κώδικας.

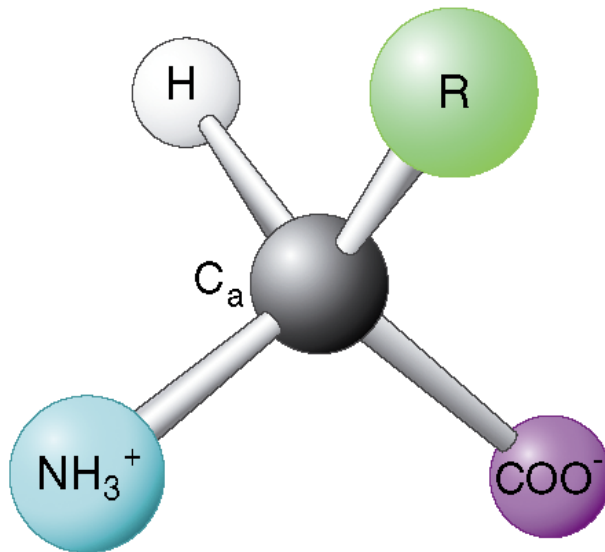
Όπως η χρήση του DNA ως γενετικού υλικού είναι καθολική, έτσι και ο γενετικός κώδικας: οι ίδιες αλληλουχίες τριών βάσεων κωδικεύουν τα ίδια αμινοξέα σε όλες τις μορφές της ζωής, από τους μικροοργανισμούς μέχρι τους πολύπλοκους οργανισμούς, όπως είναι ο άνθρωπος.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΡΩΤΕΙΝΩΝ

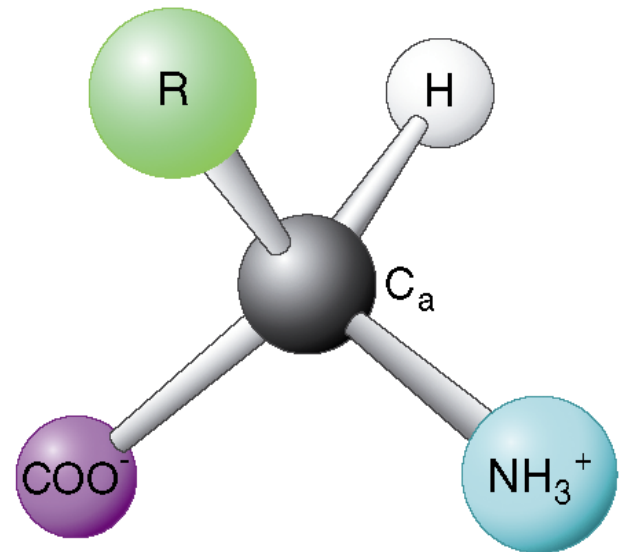
1. Οι πρωτεΐνες είναι γραμμικά πολυμερή δομημένα από μονομερή αμινοξέων. Οι πρωτεΐνες αντιπροσωπεύουν τη μετάβαση από τον μονοδιάστατο κόσμο των αλληλουχιών στον τρισδιάστατο κόσμο που παρουσιάζουν μεγάλο εύρος αλληλουχιών.
2. Οι πρωτεΐνες περιέχουν μια μεγάλη σειρά λειτουργικών ομάδων όπως αλκοόλες, θειόλες, θειοαιθέρες, καρβοξυλικές ομάδες, καρβαμίδια και ποικιλία βασικών ομάδων.
3. Οι πρωτεΐνες μπορούν να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και με άλλα βιολογικά μακρομόρια, για να δημιουργήσουν πολύπλοκα συσσωματώματα (ακριβή αντιγραφή DNA, μεταγωγή σήματος μέσα στο κύτταρο)
4. Μερικές πρωτεΐνες είναι σχεδόν άκαμπτες, ενώ υπάρχουν άλλες που εμφανίζουν μια σχετική ακαμψία.
 - Άκαμπτα = δομικά στοιχεία του κυτταρικού σκελετού
 - Ευκαμψία = ελατήρια ή μοχλοί απαραίτητα για την πρωτεϊνική λειτουργία

Ένα αμινοξύ αποτελείται από ένα κεντρικό άτομο άνθρακα που λέγεται α-άνθρακας, συνδεδεμένο με μια αμινική ομάδα, μια καρβοξυλική ομάδα, ένα άτομο υδρογόνου και μια χαρακτηριστική ομάδα R. Η ομάδα R ονομάζεται και *πλευρική αλυσίδα*.

Τα αμινοξέα σε διάλυμα που έχει ουδέτερο pH συμπεριφέρονται σαν δίπολα ιόντα (αμφοτερικά ιόντα).



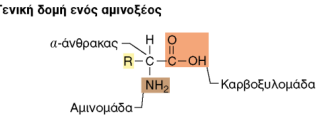
Ισομερές L







Ισομερές D

Στη διπολική μορφή η αμινική ομάδα είναι πρωτονιωμένη (NH_3^+) και η καρβοξυλική ομάδα είναι αποπρωτονιωμένη ($-\text{COO}^-$). Ο βαθμός ιοντισμού ενός αμινοξέου ποικίλλει ανάλογα με το pH. Σε όξινο διάλυμα η αμινική ομάδα είναι πρωτονιωμένη (NH_3^+) και η καρβοξυλική είναι ανέπαφη ($-\text{COOH}$). Η διπολική μορφή συνεχίζει μέχρι το pH 9.

Γενική δομή ενός αμινοξέου



Δομή των αμινοξικών ομάδων

$\text{H}-$	Gly Γλυκίνη (G)
CH_3-	Ala Αλανίνη (A)
$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{matrix}-$	Val Βαλίνη (V)
$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{matrix}-$	Leu Λευκίνη (L)
$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{matrix}-$	Ile Ισολευκίνη (I)
$\text{OH}-\text{CH}_2-$	Ser Σερίνη (S)
$\begin{matrix} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{OH} \end{matrix}-$	Thr Θρεονίνη (T)
$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_2- \end{matrix}-$	Asp Ασπαρτικό (D)
$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{NH}_2-\text{C}-\text{CH}_2- \end{matrix}-$	Asn Ασπαραγίνη (N)
$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \end{matrix}-$	Glu Γλουταμικό (E)
$\begin{matrix} \text{O} \\ \\ \text{NH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \end{matrix}-$	Gln Γλουταμίνη (Q)
$\text{HS}-\text{CH}_2-$	Cys Κυστεΐνη (C)
$\text{HSe}-\text{CH}_2-$	Sec Σεληνοκυστεΐνη (U)
$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Met Μεθειονίνη (M)
 - CH_2-	Phe Φαινυλαλανίνη (F)
 - CH_2-	Tyr Τυροσίνη (Y)
 - CH_2-	Trp Τρυπτοφάνη (W)
$^+\text{NH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Lys Λυσίνη (K)
$^+\text{NH}_2=\text{C}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Arg Αργινίνη (R)
$\begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \\ \text{+HN} \\ \\ \text{CH}_2- \end{matrix}-$	His Ιστιδίνη (H)
	Pro Προλίνη (P)

Κλειδα:

- Ιοντιζόμενο-όξινο
- Ιοντιζόμενο-αλκαλικό
- Πολικό μη ιοντιζόμενο
- Μη πολικό (υδροφοβό)

(Σημείωση: Στην περίπτωση της προλίνης απεικονίζεται ολόκληρη η δομή, όχι μόνον η ομάδα R. Η προλίνη δεν είναι ακριβώς αμινοξύ, διότι στερείται ελεύθερης αμινομάδας.)

Berg, Jeremy M., John L. Tymoczko, Lubert Stryer, Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko, and Lubert Stryer. Biochemistry. 5th ed. W H Freeman, 2002.

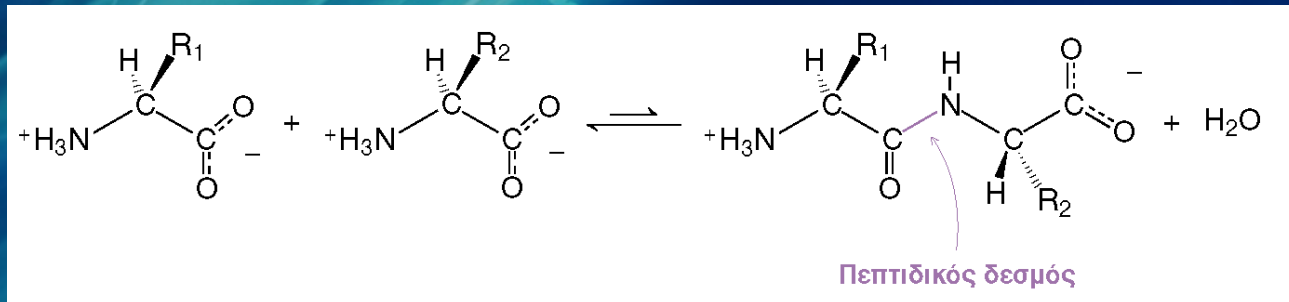
ΠΡΩΤΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ: ΤΑ ΑΜΙΝΟΞΕΑ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΕΠΤΙΔΙΚΟΥΣ ΔΕΣΜΟΥΣ ΓΙΑ ΝΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΟΥΝ ΠΟΛΥΠΕΠΤΙΔΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ

Οι πρωτεΐνες είναι γραμμικά πολυμερή που δημιουργούνται δεσμεύοντας την α-καρβοξυλική ομάδα ενός αμινοξέος στην α-αμινική ομάδα ενός άλλου αμινοξέος με έναν πεπτιδικό δεσμό που ονομάζεται και αμιδικός δεσμός.

Η δημιουργία ενός διπεπτιδίου συνοδεύεται από την απώλεια ενός μορίου νερού.

Μια σειρά αμινοξέων που ενώνονται με πεπτιδικούς δεσμούς δημιουργούν μια πολυπεπτιδική αλυσίδα.

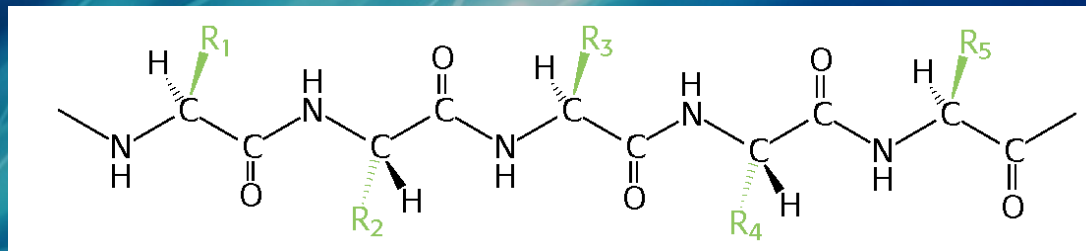
Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα έχει πολικότητα διότι τα δύο άκρα της είναι διαφορετικά: αμινική ομάδα και καρβοξυλική ομάδα



Οι περισσότερες φυσικές πολυπεπτιδικές αλυσίδες περιέχουν από 50 έως 2000 κατάλοιπα αμινοξέων και ονομάζονται πρωτεΐνες. Τα πεπτίδια που έχουν μικρότερο αριθμό αμινοξέων ονομάζονται ολιγοπεπτίδια ή απλώς πεπτίδια.

Μάζα μιας πρωτεΐνης εκφράζεται σε μονάδες dalton ισούται με τη μονάδα ατομικής μάζας.

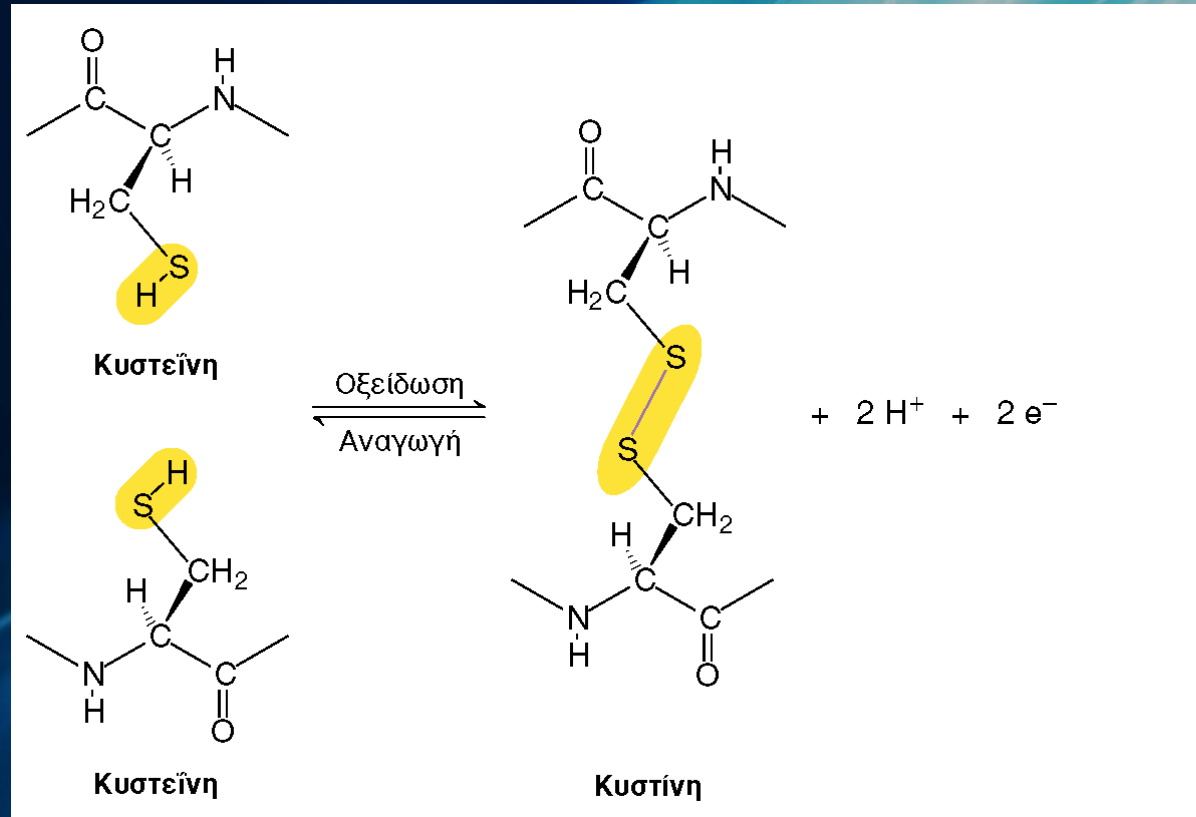
Μια πρωτεΐνη μοριακού βάρους 50,000 έχει μάζα 50,000 daltons ή 50 kd.



ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Οι πιο κοινές διασυνδέσεις είναι οι δισουλφιδικοί δεσμοί που σχηματίζονται από την οξείδωση ενός ζεύγους καταλοίπων κυστεΐνης.

Οι εξωκυτταρικές πρωτεΐνες είναι πλούσιες σε δισουλφιδικούς δεσμούς όχι όμως οι ενδοκυτταρικές.

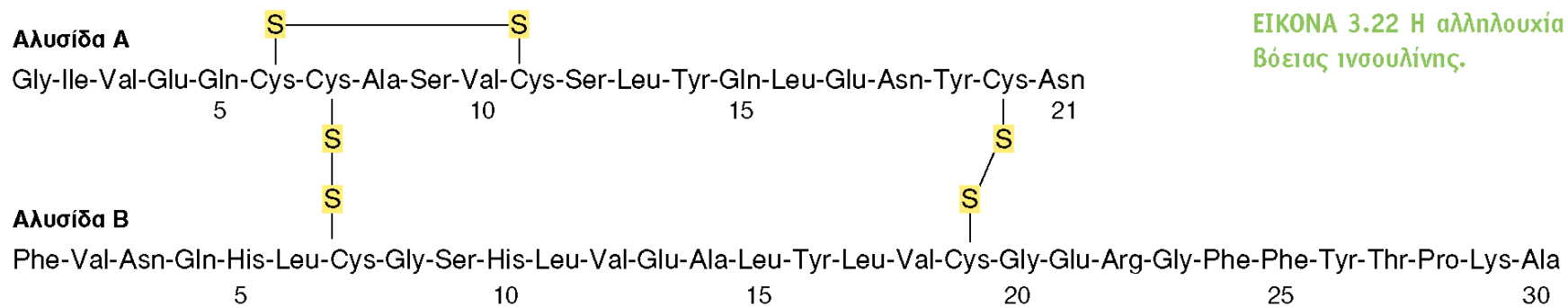


Το 1953 ο Frederick Sanger προσδιόρισε την αλληλουχία αμινοξέων της ινσουλίνης, που είναι μια πρωτεϊνική ορμόνη.

Το επίτευγμα αυτό αποτελεί ορόσημο για τη βιοχημεία διότι απέδειξε για πρώτη φορά ότι μια πρωτεΐνη έχει μια απόλυτα καθορισμένη αλληλουχία αμινοξέων.

Σήμερα γνωρίζουμε ολόκληρη την αλληλουχία για περισσότερες από 100,000.

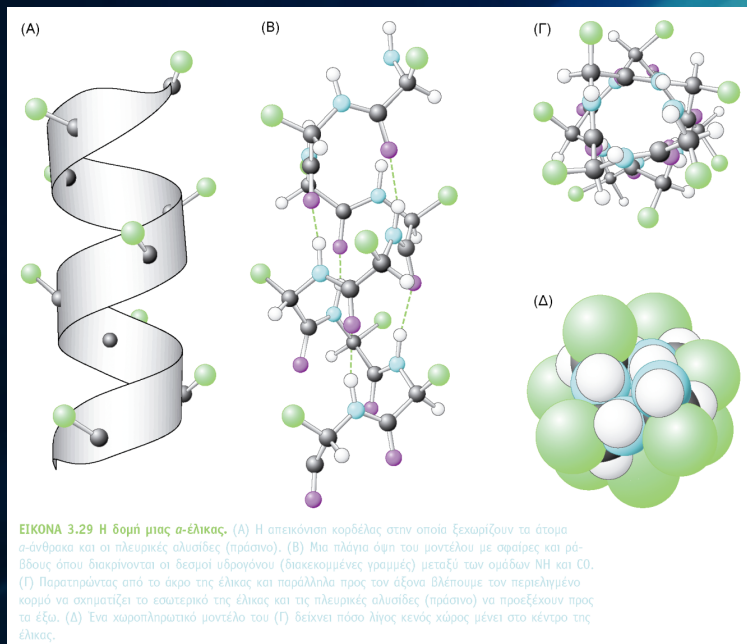
Η αλληλουχία αμινοξέων της πρωτεΐνης συχνά ονομάζεται πρωτοταγής δομή.



ΕΙΚΟΝΑ 3.22 Η αλληλουχία αμινοξέων βόειας ινσουλίνης.

ΔΕΥΤΕΡΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ

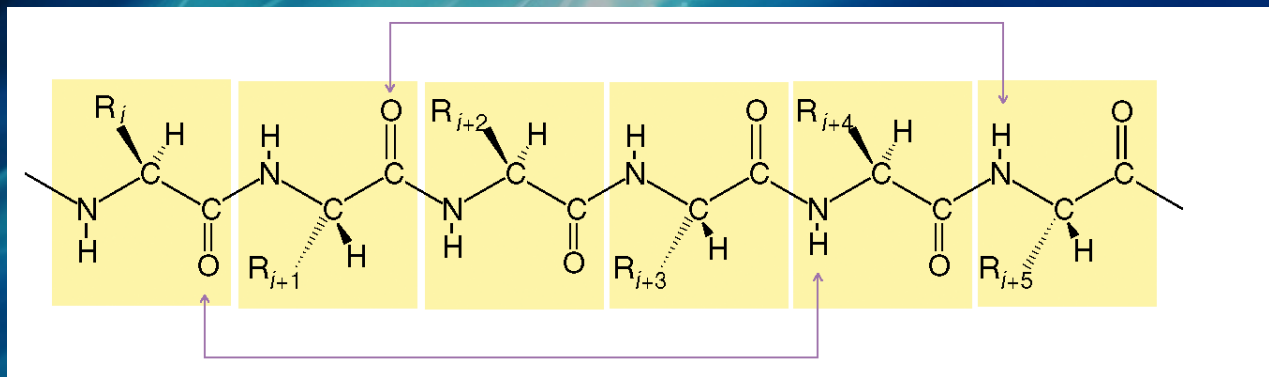
Το 1951 οι Linus Pauling και Robert Corey πρότειναν δύο περιοδικές δομές που τις ονόμασαν α -έλικα και β -πτυχωτή επιφάνεια. Κατόπιν καθορίστηκαν και οι δομές β -στροφή και Ω -θηλιά.



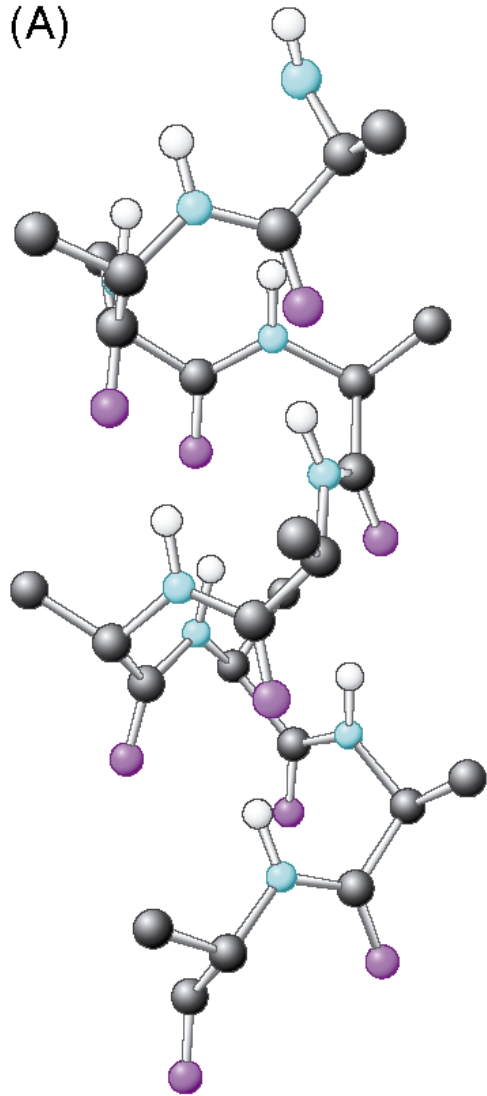
ΔΕΥΤΕΡΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ

α-έλικα ραβδόμορφη δομή σταθεροποιείται από δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των ομάδων NH και CO της κύριας αλυσίδας.

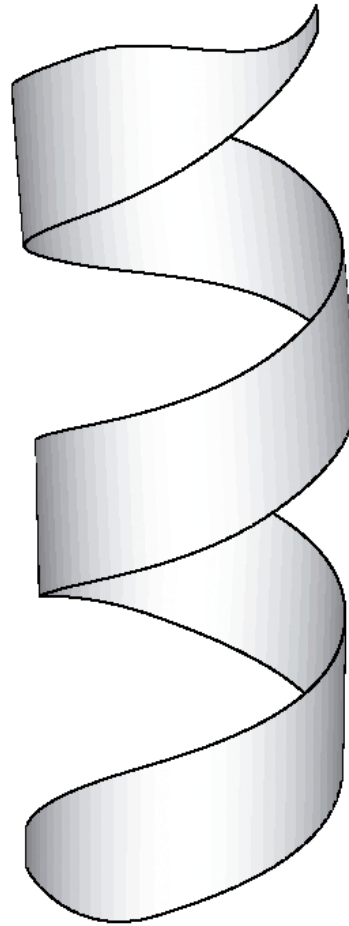
Συγκεκριμένα, η ομάδα CO κάθε αμινοξέος σχηματίζει έναν δεσμό υδρογόνου με την ομάδα NH του αμινοξέος που βρίσκεται τέσσερα κατάλοιπα μπροστά στην αλληλουχία.



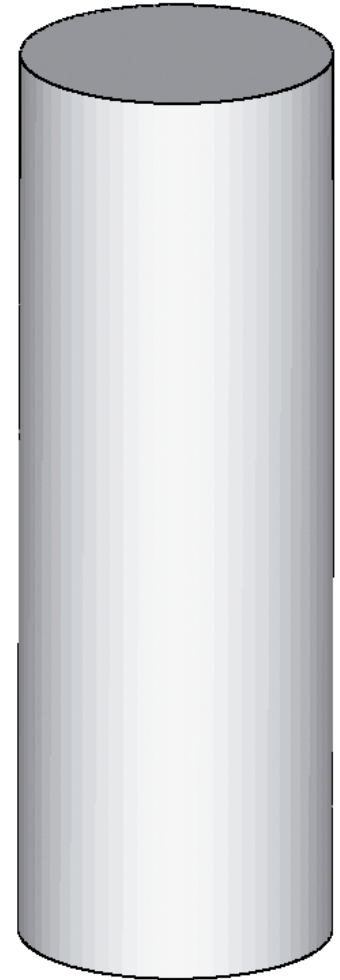
(Α)



(Β)

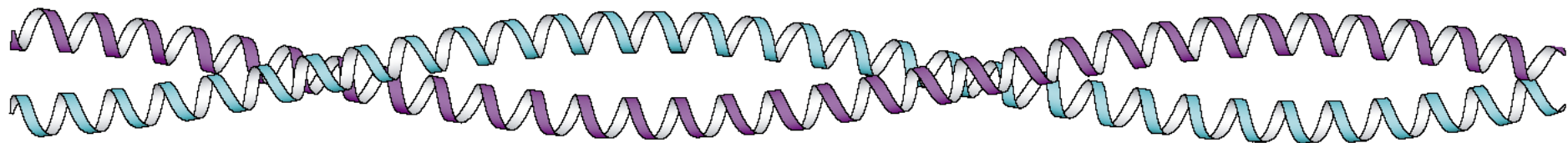
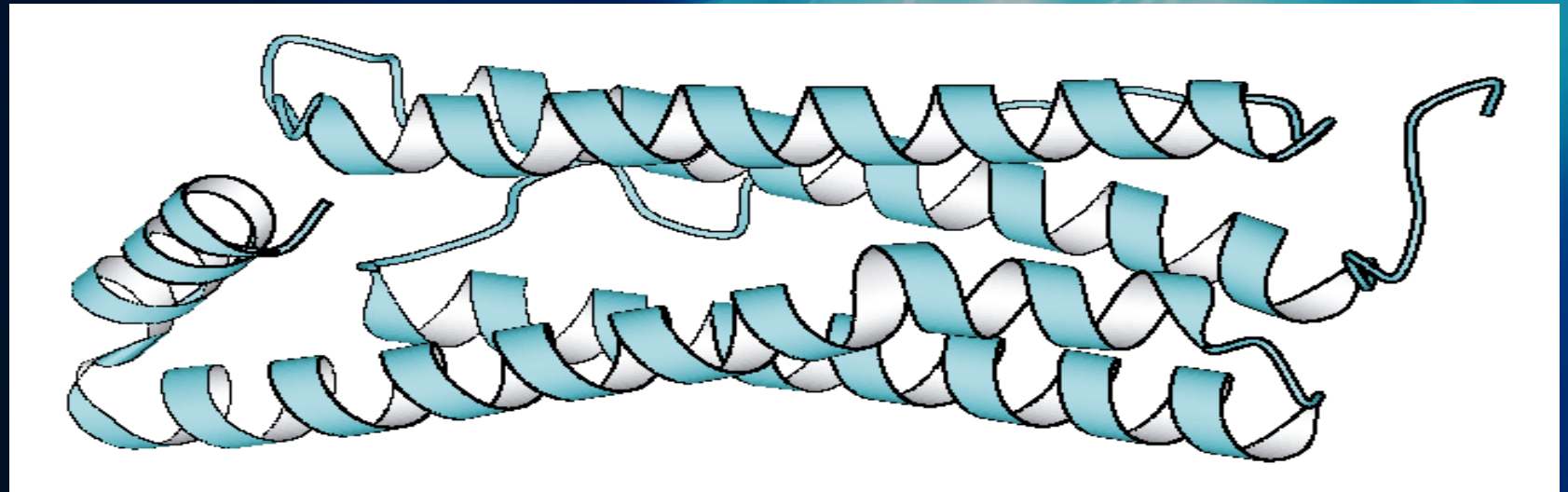


(Γ)



Οι Paulin και Corey προέβλεψαν τη δομή της α -έλικας έξι χρόνια πριν αποκαλυφθεί για πρώτη φορά στη δομή της μυοσφαιρίνης με τη χρήση των ακτίνων Χ.

Το ποσοστό της α -έλικας των πρωτεϊνών ποικίλλει από 0-100%. Το 75% της φερριτίνης, της πρωτεΐνης που βοηθά στην αποθήκευση του σιδήρου, βρίσκονται σε μορφή α -έλικα.

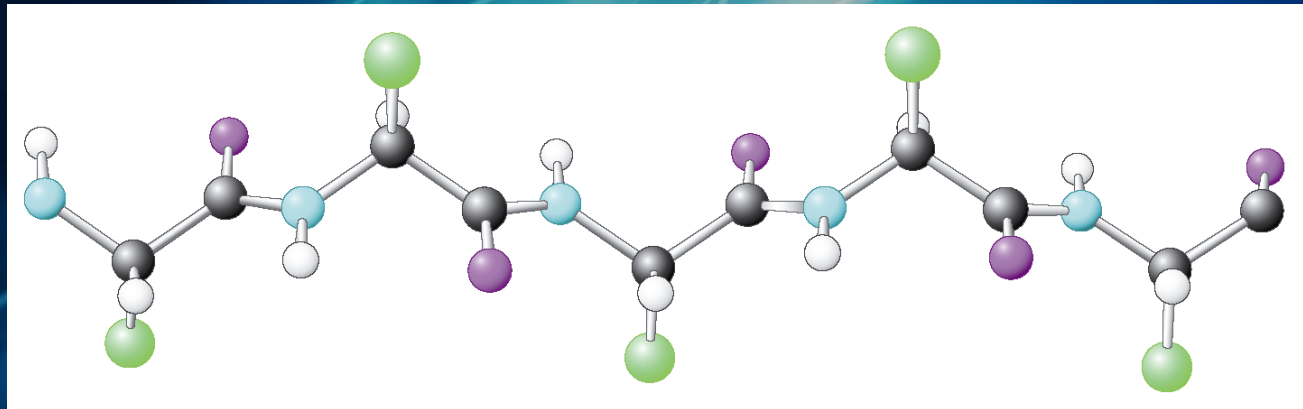


20 Å

Οι Pauling και Corey ανακάλυψαν άλλο ένα περιοδικό δομικό μοτίβο το οποίο ονόμασαν β-πτυχωτή επιφάνεια.

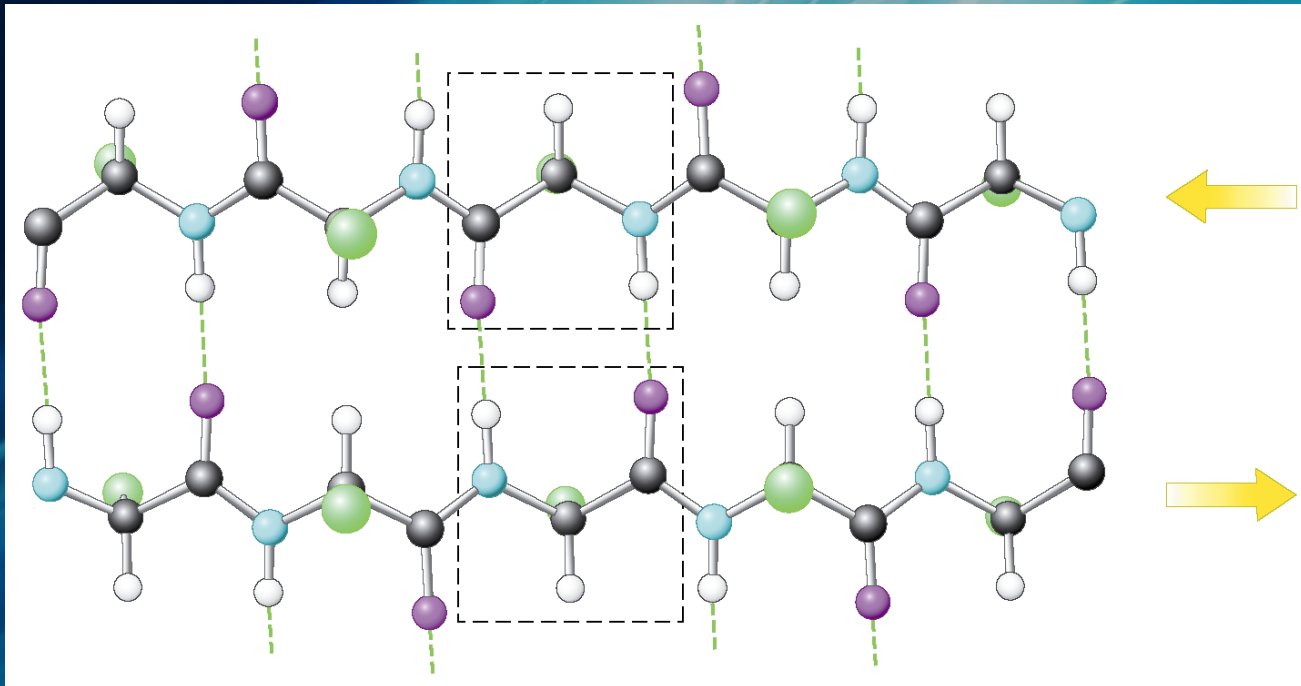
Μια πολυπεπτιδική αλυσίδα που ονομάζεται β-πτυχώση, σε μια β-επιφάνεια είναι σχεδόν απόλυτα απλωμένη, αντίθετα από το σφιχτό σπείραμα της α-έλικας.

Η απόσταση μεταξύ γειτονικών αμινοξέων σε μια β-πτυχώση είναι περίπου 3.5\AA , ενώ στην α-έλικα είναι 1.5\AA .

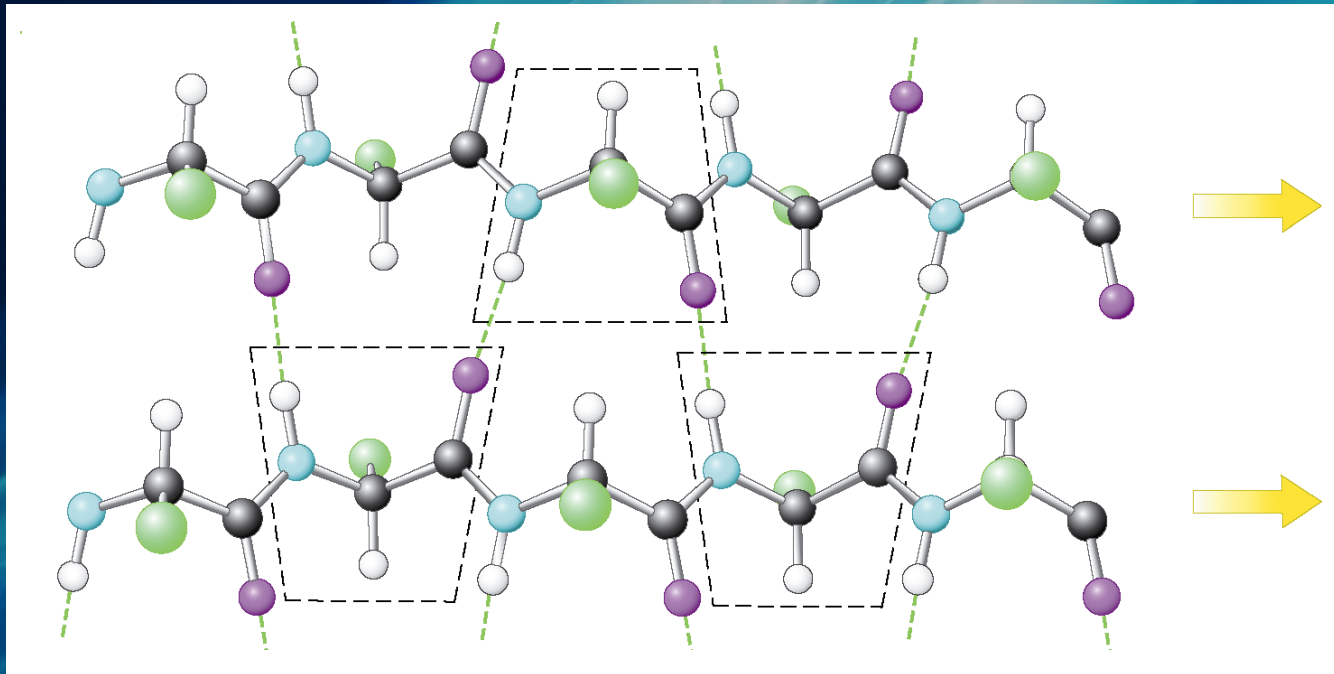


Οι διαδοχικές β-πτυχώσεις στη β-επιφάνεια μπορεί να έχουν την ίδια κατεύθυνση ή να έχουν αντίθετη κατεύθυνση (αντιπαράλληλη).

Στην αντιπαράλληλη β-επιφάνεια οι ομάδες NH και CO ενός αμινοξέος συνδέονται αντίστοιχα με δεσμούς υδρογόνου με τις ομάδες CO και NH του αμινοξέος της γειτονικής πτύχωσης.



Στην παράλληλη διάταξη για κάθε αμινοξύ η ομάδα NH συνδέεται στο CO του αμινοξέος της γειτονικής β-πύκνωσης, ενώ η ομάδα CO συνδέεται στο NH του αμινοξέος που βρίσκεται δύο κατάλοιπα που βρίσκεται πιο κάτω στην αλυσίδα.



ΤΡΙΤΟΤΑΓΗΣ ΔΟΜΗ

Η τριδιάστατη δομή χιλιάδων πρωτεϊνών είναι σήμερα γνωστή με μεγάλη λεπτομέρεια, κρυσταλλογραφία με ακτίνες X και του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού.

Η διαδρομή που ακολουθεί η πολυπεπτιδική αλυσίδα μιας πρωτεΐνης στον χώρο ονομάζεται τριτοταγής δομή.

Παράδειγμα η μυοσφαιρίνη (ο φορέας οξυγόνου στους μυς). Στις τριτοταγείς δομές, παρότι ασύμμετρες, τα μη πολικά μόρια όπως είναι η λευκίνη, βαλίνη, μεθειονίνη, και η φαινυλαλανίνη, βρίσκονται στο εσωτερικό της δομής.

Τα μόνα φορτισμένα κατάλοιπα είναι δύο κατάλοιπα ιστιδίνης με ιδιαίτερο ρόλο στη λειτουργία της δέσμευσης σιδήρου και οξυγόνου.

Η πολυπεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται έτσι ώστε οι υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες να θάβονται στο εσωτερικό της ενώ συγχρόνως οι φορτισμένες να βρίσκονται εκτεθειμένες στην επιφάνεια.