

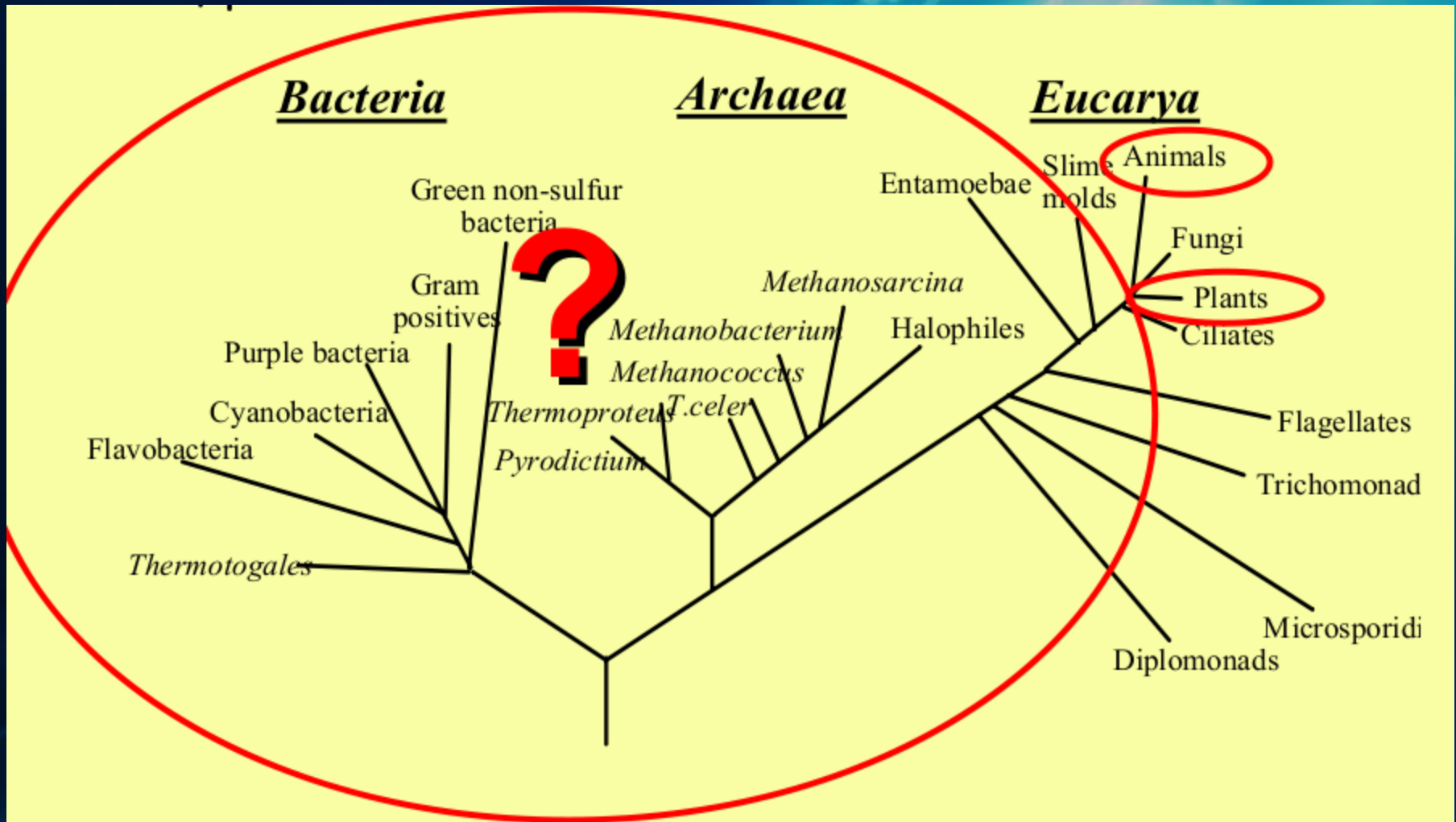
ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

Γιώργος Τσιάμης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Περιβαλλοντικής Μικροβιολογίας

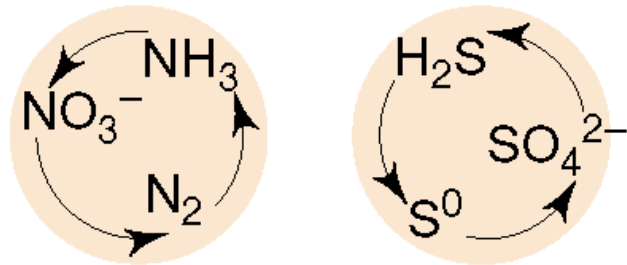
Μέχρι και σήμερα, ότι γνωρίζουμε για την προέλευση και κατανομή της βιοποικιλότητας προέρχεται από πτηνά, φυτά και έντομα



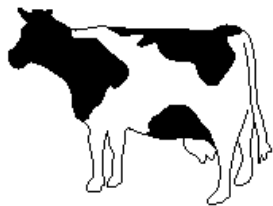
Γεωργία

Δέσμευση N_2 ($N_2 \rightarrow 2NH_3$)

Ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών



Κτηνοτροφία



Κυτταρίνη \rightarrow $CO_2 + CH_4 +$ ζωική πρωτεΐνη

Προσόμαχος

Τροφή

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

Τρόφιμα από ζυμώσεις



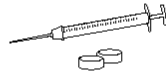
Πρόσθετα τροφίμων (γλουταμικό μονονάτριο, κιτρικό οξύ, μαγιά)

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) ()

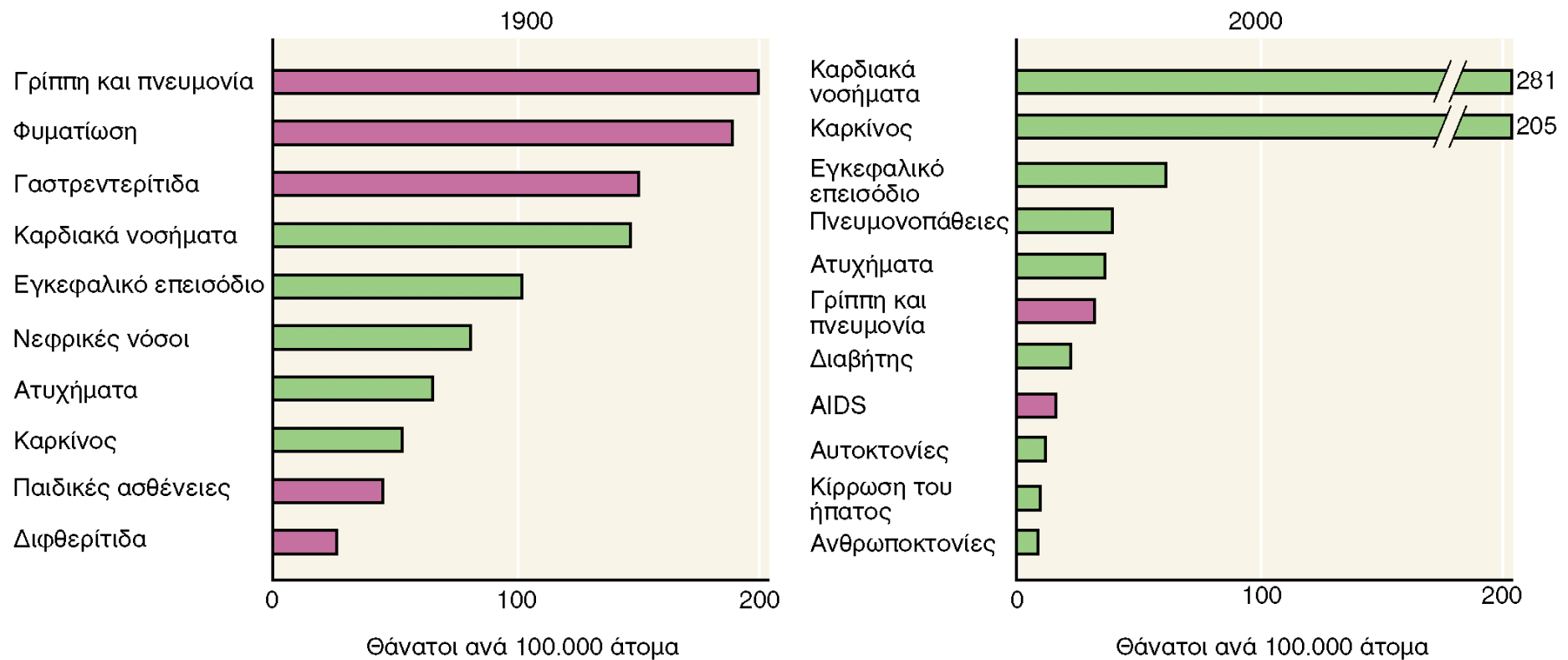
Γονιδιακή θεραπεία ορισμένων ασθενειών

(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.

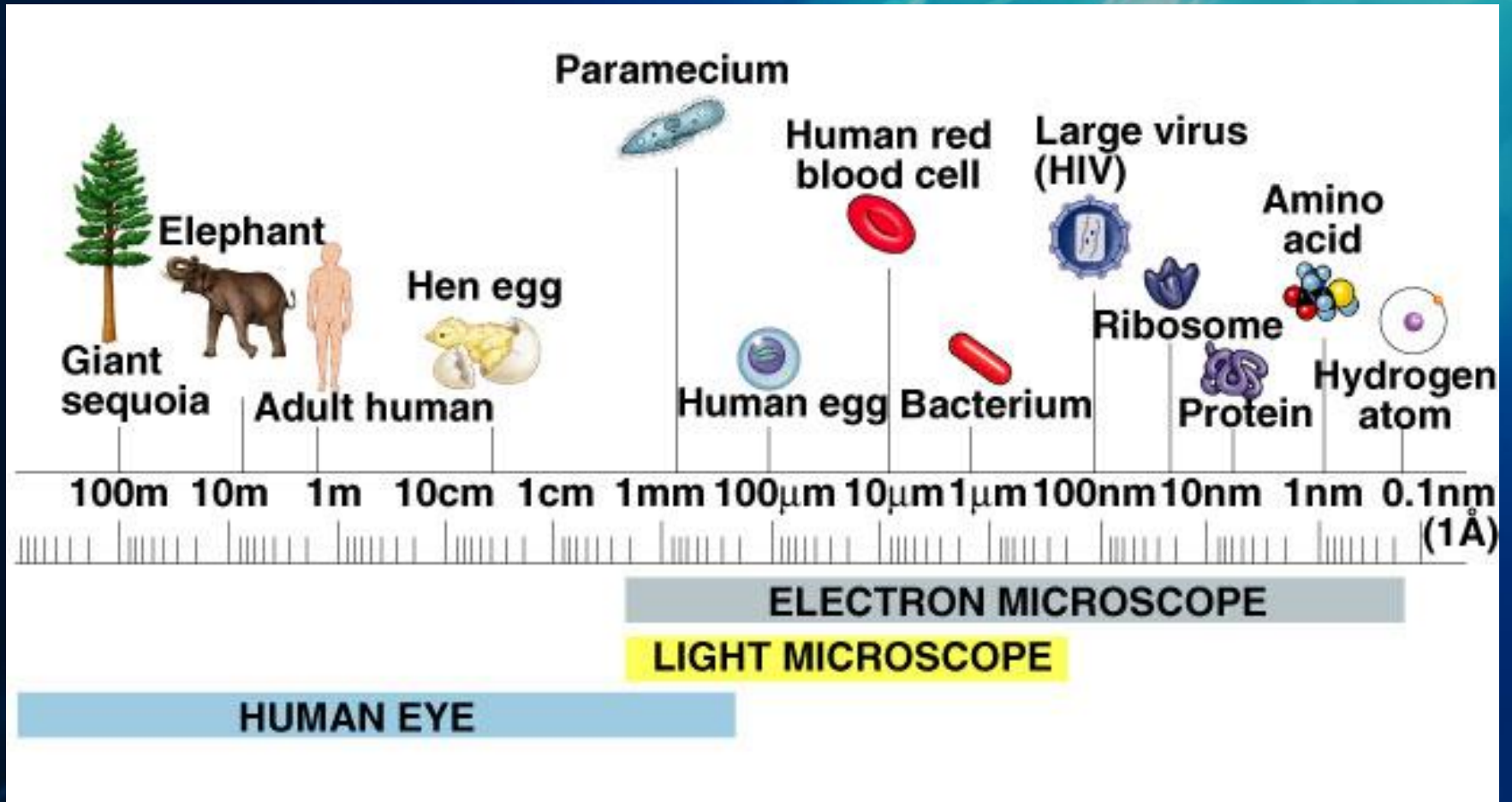
Η επίδραση των μικροοργανισμών στον άνθρωπο

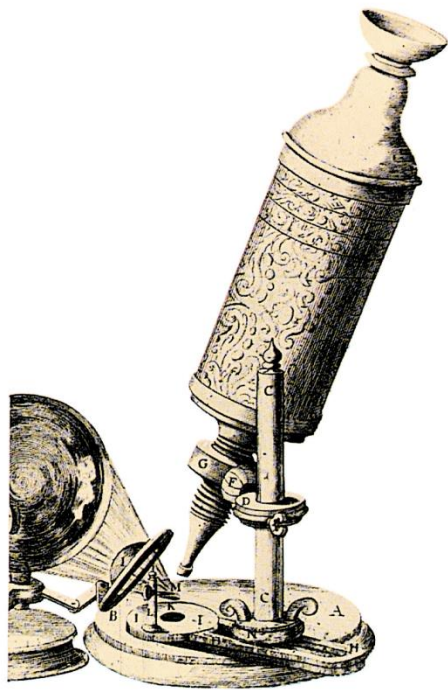


Εικόνα 1.7

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.

ΠΑΡΑΤΗΡΩΝΤΑΣ ΚΥΤΤΑΡΑ





(α)



(β)

Μικροοργανισμοί ως νοσογόνοι παράγοντες

Μικροοργανισμοί και γεωργία

Μικροοργανισμοί και τρόφιμα

Μικροοργανισμοί, ενέργεια και περιβάλλον

Βιοτεχνολογία και μικροοργανισμοί

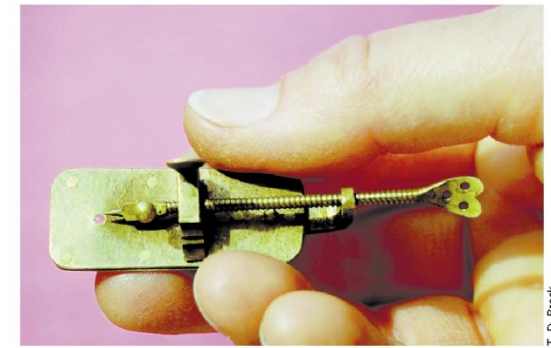
Εικόνα 1.8 (α) Το μικροσκόπιο που χρησιμοποίησε ο Robert Hooke. Ο αντικειμενικός φακός προσαρμόζεται στο άκρο του ρυθμιζόμενου φωσπίτηρα (G), ενώ ο φωτισμός εστιάζεται στο παρασκεύασμα με έναν μόνο φακό (I). (β) Σχέδιο του Robert Hooke που αναπροσωπεί την πρώτη περιγραφή μικροοργανισμών με μικροσκόπιο.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

Robert Hook

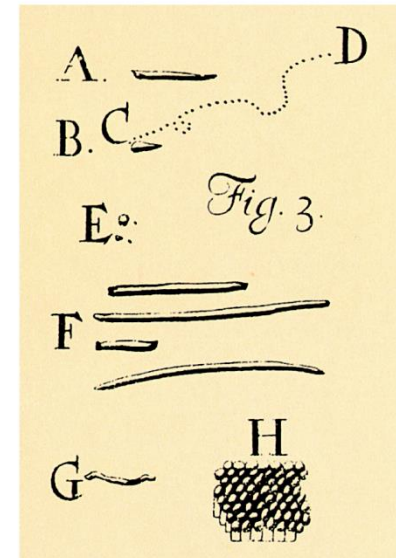
Antoni van Leeuwenhoek

Εικόνα 1.9

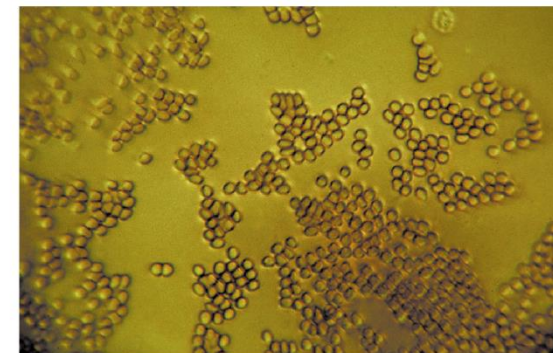
(α) Φωτογραφία ενός αντιγράφου του μικροσκοπίου του Leeuwenhoek. Ο φακός προσαρμόζεται στο μπρούτζινο εξάρτημα δίπλα στο άκρο του ρυθμιζόμενου κοχλία εστίασης. (β) Σχέδια βακτηρίων από τον Leeuwenhoek, δημοσιευμένα το 1684. Ακόμη και σε αυτά τα άτεχνα σκίτσα αναγνωρίζονται διάφοροι μορφολογικοί τύποι κοινών βακτηρίων. Τα A, C, F, και G είναι ραβδόμορφα, το E σφαιρικό ή κοκκώδες, και τα H κοκκοειδείς στιβάδες (Eικόνα 4.11). (γ) Μικροφωτογραφία από επίχρισμα ανθρώπινου αίματος, όπως φαίνεται με το μικροσκόπιο του van Leeuwenhoek. Διακρίνονται με σαφήνεια τα ερυθρά αιμοσφαίρια.



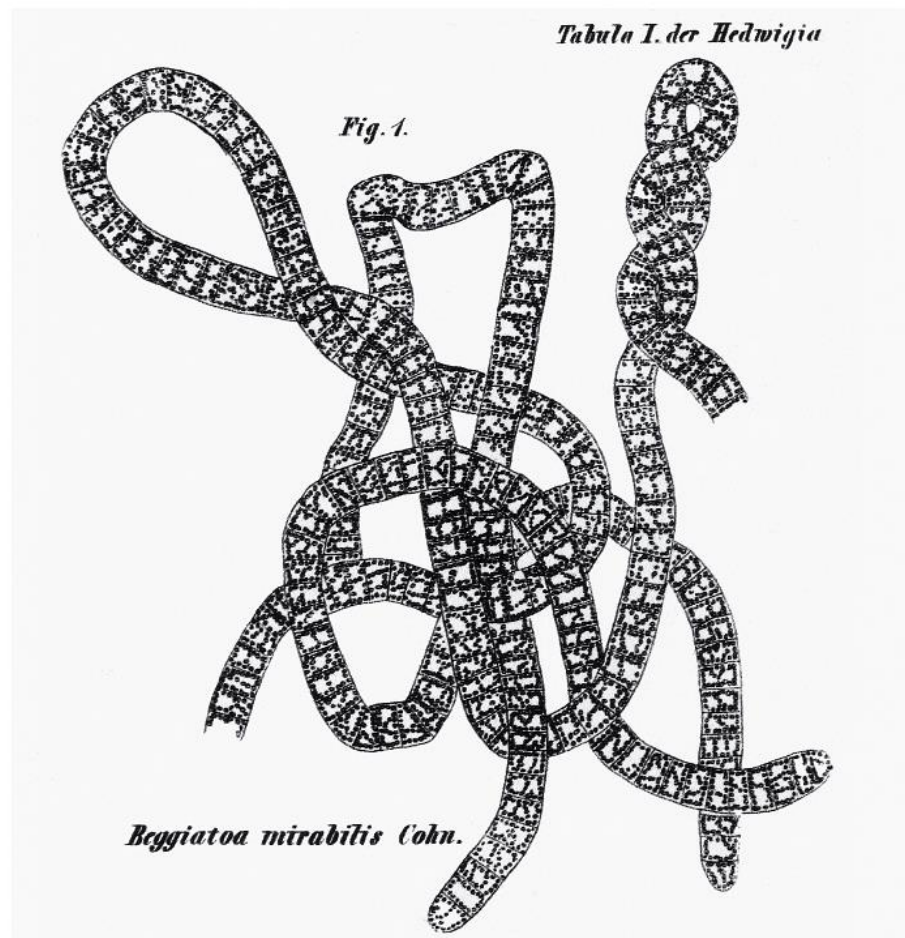
(α)



(β)

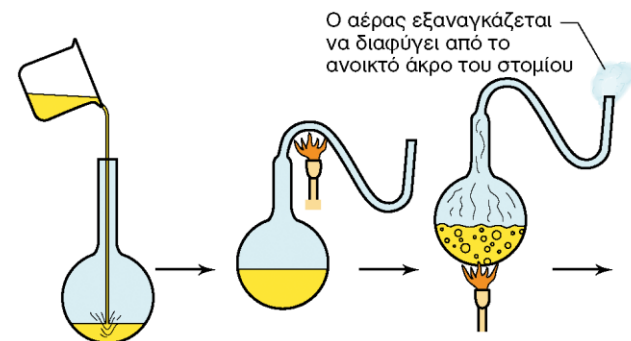


(γ)

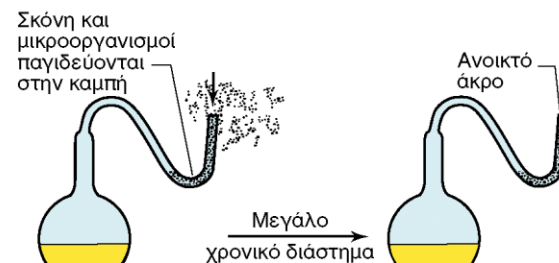


Εικόνα 1.10 Σχέδιο του Ferdinand Cohn (1866) για το νηματοειδές θειοοξειδωτικό βακτήριο *Beggiatoa mirabilis*. Τα μικρά κοκκία στο εσωτερικό του κυττάρου αποτελούνται από θείο σε στοιχειακή μορφή, που παράγεται από την οξείδωση του υδροθείου (H_2S). Ο Cohn ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε το θείο ως συστατικό αυτών των κοκκίων.

Pasteur και η κατάρριψη της αυθόρμητης γένεσης.



(α) Μη αποστειρωμένο υγρό εισάγεται στη φιάλη
Το στόμιο της φιάλης αποστειρώνεται στη φωτιά
Το υγρό της φιάλης αποστειρώνεται με θέρμανση



(β) Το υγρό ψύχεται αργά
Το υγρό παραμένει αποστειρωμένο για πολλά χρόνια



(γ) Η φιάλη γέρνει έτσι ώστε το αποστειρωμένο υγρό να έλθει σε επαφή με τους μικροοργανισμούς
Στο υγρό αναπτύσσονται μικροοργανισμοί

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.

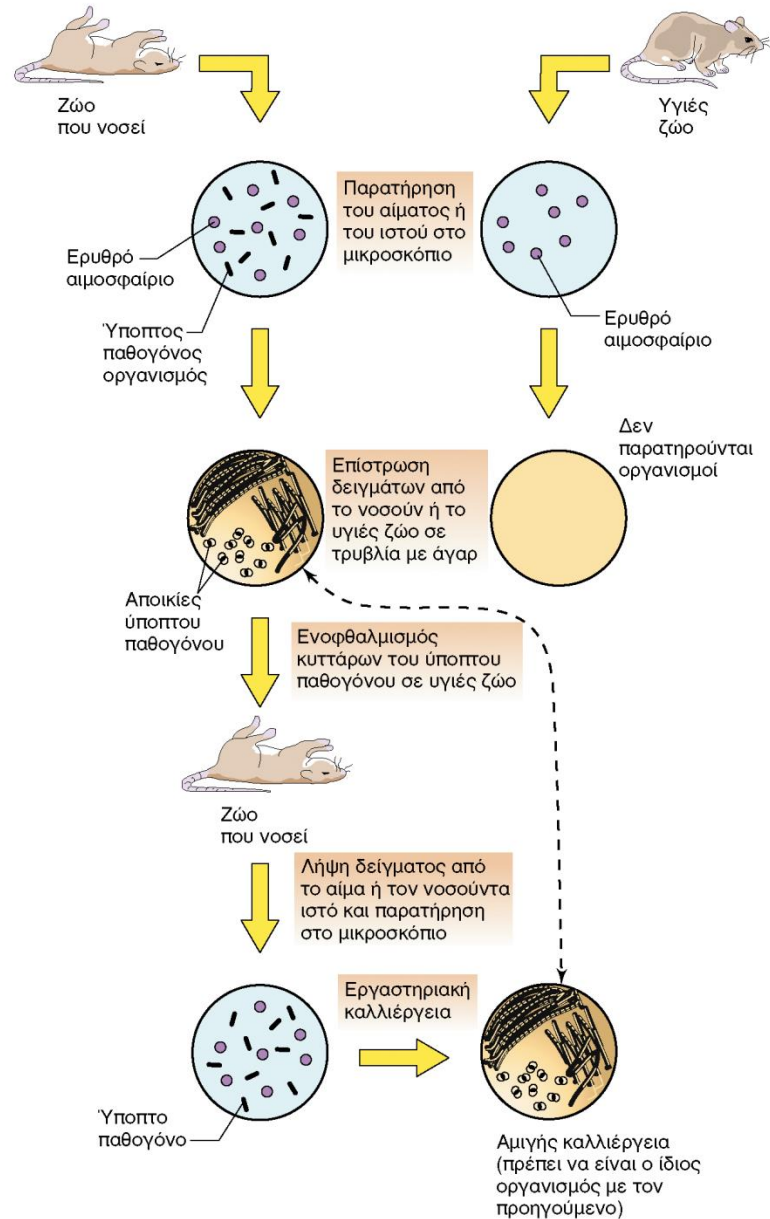
ΤΑ ΑΞΙΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΟΧΗ:

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.

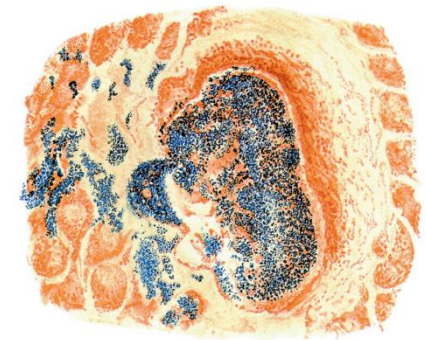
4. Ο οργανισμός πρέπει να απομονώνεται εκ νέου και να αποδεικνύεται ότι είναι όμοιος με τον αρχικό.



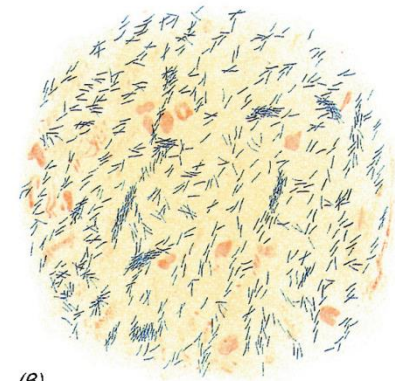
Εικόνα 1.12 Τα αξιώματα του Koch για να αποδειχθεί ότι δεδομένη ασθένεια προκαλείται από δεδομένο μικροοργανισμό. Παρατηρήστε ότι δεν αρκεί να απομονωθεί ο ύποπτος παθογόνος μικροοργανισμός σε αμιγή καλλιέργεια. Πρέπει επίσης να αποδειχθεί ότι εργαστηριακή καλλιέργεια του συγκεκριμένου μικροοργανισμού θα πρέπει να προκαλεί την ασθένεια, αλλά και να απομονώνεται εν συνεχεία από το ζώο που νοσεί. Ο προσδιορισμός των κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης του παθογόνου μικροοργανισμού είναι επομένως σημαντικότατος, αφού διαφορετικά μπορεί αυτός να περάσει απαρατήρητος.

Εικόνα 1.13

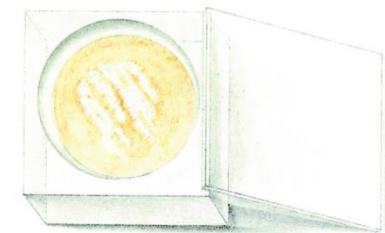
Σχέδια του Robert Koch από κύτταρα του *Mycobacterium tuberculosis* σε ιστούς και σε εργαστηριακή καλλιέργεια. (α) Τομή ενός φυματίου από πνευμονικό ιστό. Τα κύτταρα του *M. tuberculosis* αποκτούν κυανό χρώμα, ενώ τα κύτταρα του πνευμονικού ιστού καστανό. (β) Κύτταρα του *M. tuberculosis* από δείγματα πτυέλων φυματικού ασθενούς. (γ, δ) Ανάπτυξη του *M. tuberculosis* σε αμιγή καλλιέργεια. (γ) Ανάπτυξη σε γυάλινο τρυβλίο με ορό πηγμένου αίματος μέσα σε μικρό γυάλινο κουτί (με ανοιχτό το κάλυμμα). (δ) Αποικία κυττάρων του *M. tuberculosis* από το τρυβλίο του (γ), όπως φαίνεται στο μικροσκόπιο, σε μεγέθυνση 700x. Τα κύτταρα εμφανίζονται ως «χορδοειδείς» μορφές (συγκρίνετε με την Εικόνα 12.70β). Τα πρωτότυπα σχέδια εμφανίσθηκαν στη δημοσίευση Koch R. 1884. "Die Aetiologie der Tuberkulose." *Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte*. 2:1-88.



(α)



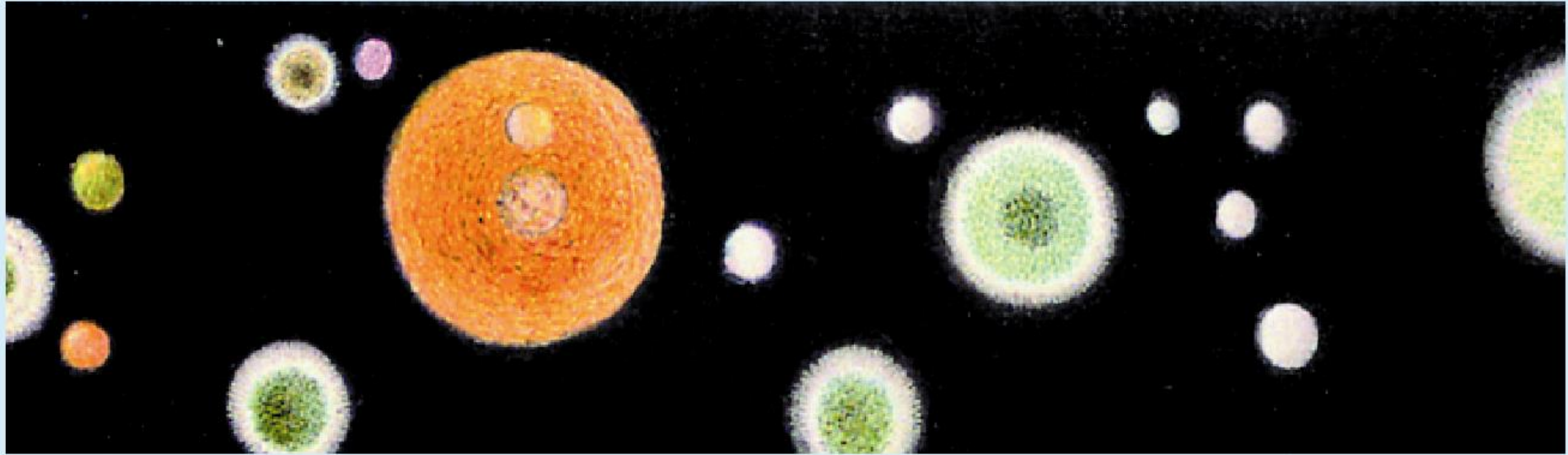
(β)



(γ)

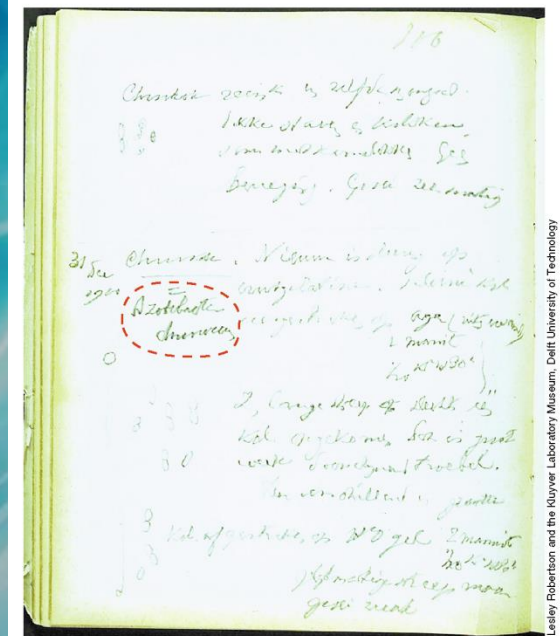


(δ)



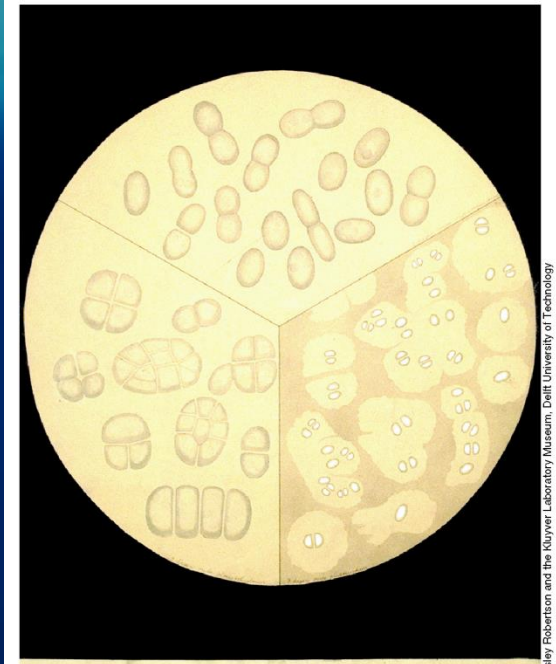
Εικόνα 1 Χρωματισμένη με το χέρι φωτογραφία αποικιών που σχηματίζονται στο άγαρ. Η φωτογραφία ελήφθη από τον Walter Hesse, βοηθό του Robert Koch. Οι αποικίες περιλαμβάνουν μύκητες (μούχλες) και βακτήρια και εμφανίσθηκαν κατά τη διάρκεια των μελετών του Hesse σχετικά με το μικροβιολογικό περιεχόμενο του ατμοσφαιρικού αέρα του Βερολίνου, το 1882. Από Hesse, W. 1884. "Ueber quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen", στο Struck (επιμ.), *Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte*. August Hirschwald.

Καλλιέργεια εμπλουτισμού



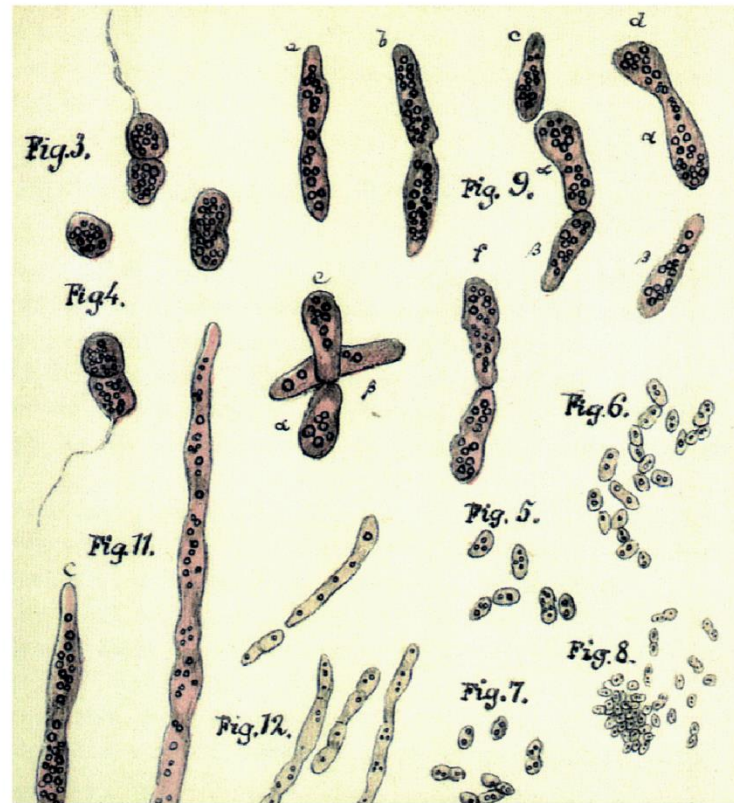
(a)

Εικόνα 1.14 Martinus Beijerinck και *Azotobacter*. (a) Σελίδα από το εργαστηριακό σημειωματάριο του M. Beijerinck, με ημερομηνία 31 Δεκεμβρίου 1900, στο οποίο περιγράφονται οι παρατηρήσεις του για το αερόβιο αζωτοδεσμευτικό βακτήριο *Azotobacter chroococcum* (η ονομασία που περικλείεται από τη στικτή κόκκινη γραμμή). Η συγκεκριμένη ονομασία αναφέρεται για πρώτη φορά σε αυτή τη σελίδα. Συγκρίνετε τα σχέδια του Beijerinck για τα ζεύγη κυττάρων των *A. chroococcum* με τη μικροφωτογραφία των *Azotobacter* της Εικόνας 12.19a. (β) Επιχρωματισμένο σχέδιο της αδελφής του M. Beijerinck, Henriette Beijerinck, στο οποίο φαίνονται τα κύτταρα του *Azotobacter chroococcum*. Ο Beijerinck χρησιμοποίησε στις διαλέξεις του παρόμοια επιχρωματισμένα σχεδιαγράμματα, καθώς εκείνη την εποχή δεν υπήρχαν οι σημερινές συσκευές προβολής διαφανειών.



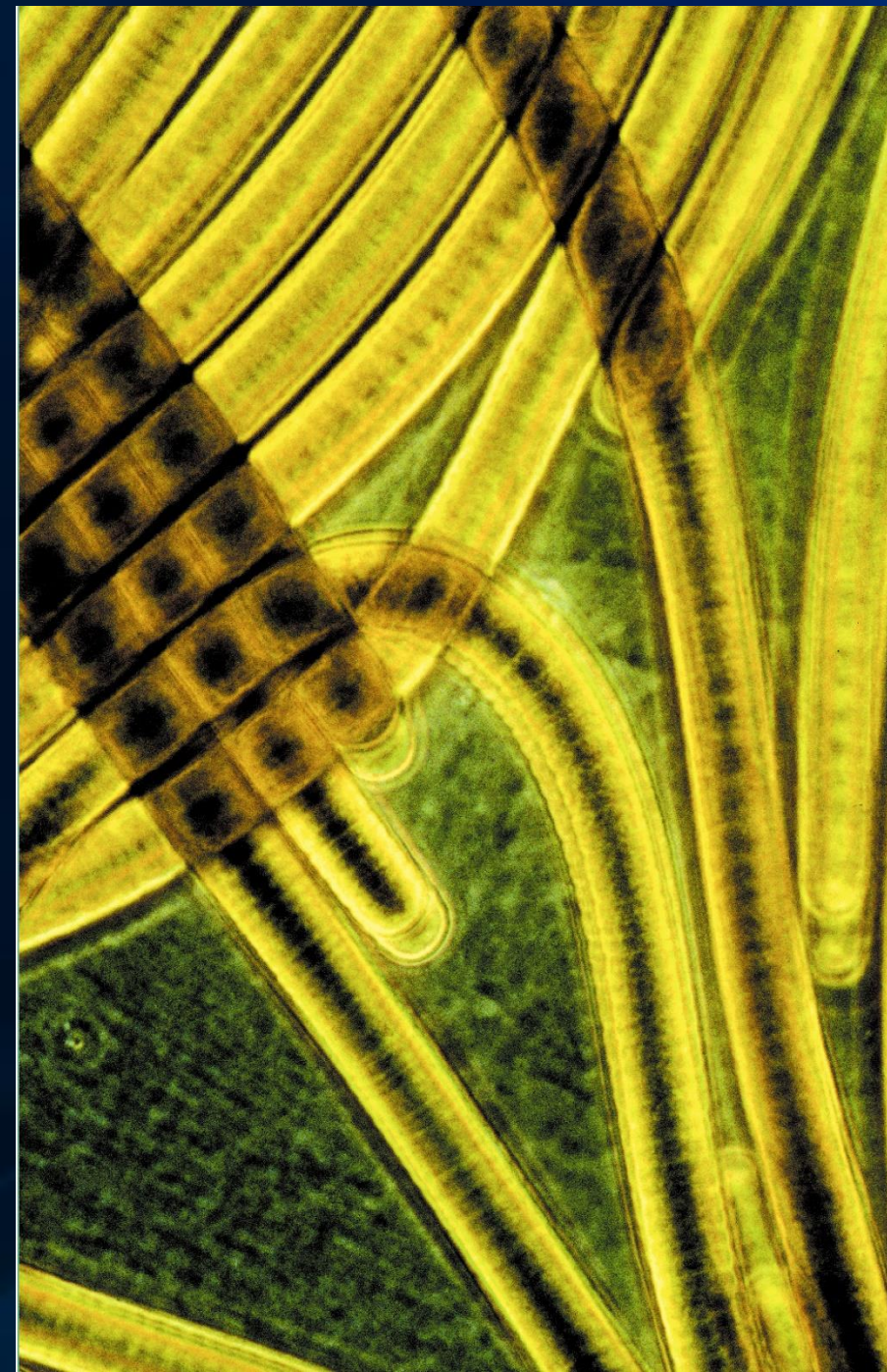
AZOTOBACTER CHROOCOCCUM BEIJERINCK

(β)



From *Microbiologie du Sol*, used with permission

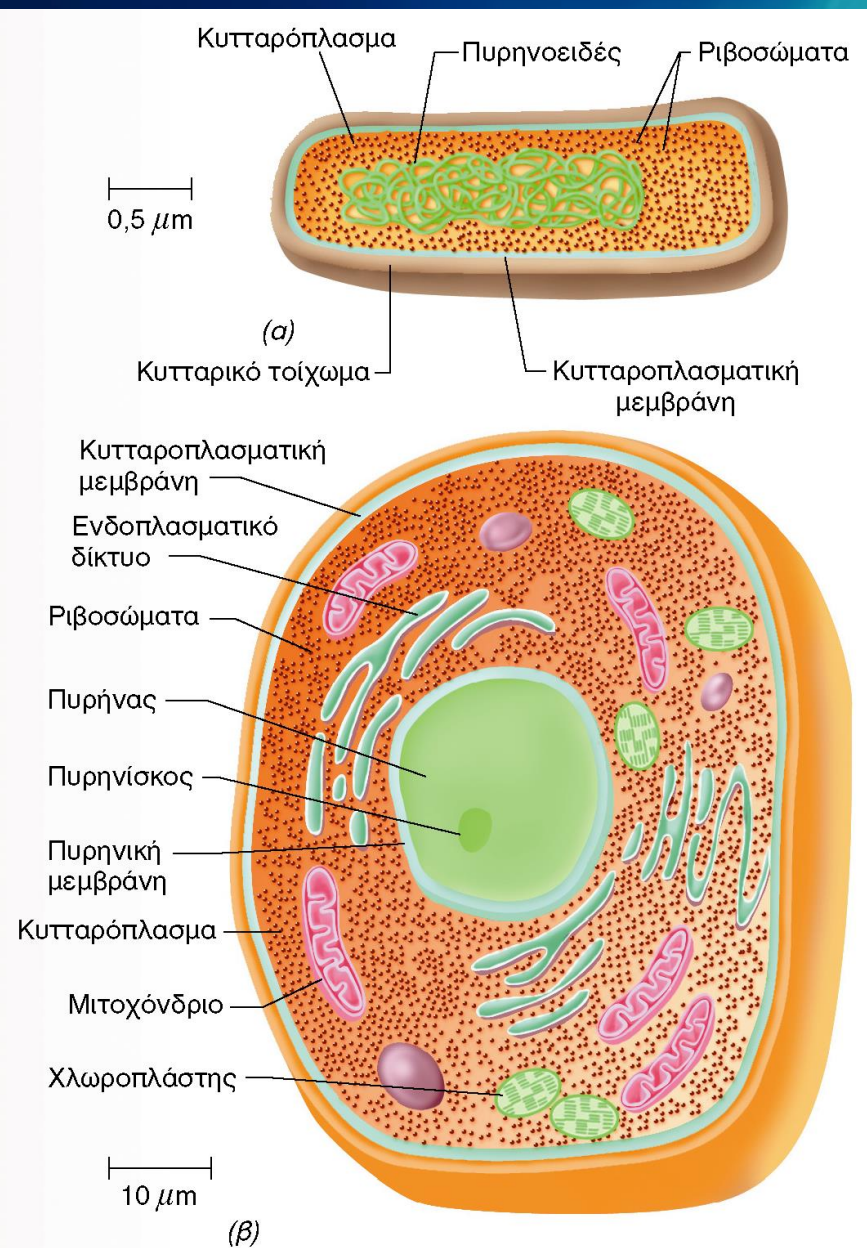
Εικόνα 1.15 Σχέδια κυττάρων πορφύρων φωτοτροφικών θειοβακτηρίων, χρωματισμένα με το χέρι, που περιλαμβάνονται στη μονογραφία *Microbiologie du Sol* του Sergei Winogradsky. Τα πρωτότυπα σχέδια έγιναν από τον S. Winogradsky γύρω στο 1887 και στη συνέχεια αντιγράφηκαν και χρωματίστηκαν με το χέρι από τη σύζυγό του Héléne για τη δημοσίευση της μονογραφίας. Αυτά τα σχέδια περιλαμβάνουν κύτταρα του γένους *Chromatium*, όπως το *C. okeni* (Fig. 3 και 4) και *C. vinosum* (Fig. 5-8). Τα συγκεκριμένα είδη εξακολουθούν να αναγνωρίζονται και σήμερα. Σημειώστε τα εμφανή μαστίγια των κυττάρων του *C. okeni*. Συγκρίνετε τις Fig. 3 και Fig. 4 με τη μικροφωτογραφία των ζωντανών κυττάρων του *C. okeni* στην Εικόνα 12.4a του παρόντος βιβλίου. (Από Sergei Winogradsky, *Microbiologie du Sol*, τμήμα του διαγράμματος IV. Paris, France: Masson et Cie Editeurs, 1949. Αναπαραγωγή με την άδεια του οίκου Dunod, Paris, France.)



ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΖΩΗΣ

2

Τα κυανοβακτήρια, όπως και το μεγάλο γένος νηματώδων, *Oscillatoria*, της παρούσας σελίδας, είναι φωτοτροφικά βακτήρια που με τον οξυγονικό μεταβολισμό τους άνοιξαν τον δρόμο για την εμφάνιση ανώτερων μορφών ζωής στη Γη. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα κυανοβακτήρια ανήκουν σε μια από εκείνες τις εξελικτικές γενεαλογικές γραμμές που καταλήγουν τελικά στους χλωροπλάστες των φωτοτροφικών ευκαρυωτών, όπως είναι τα φύκη και οι βελανιδιές. Με τη χρήση μοριακών μεθόδων έγινε δυνατή η μελέτη της μικροβιακής ποικιλότητας και οι μικροβιολόγοι μπόρεσαν να συνθέσουν το οικογενικό δέντρο της ζωής και να φέρουν στο φως πολλές από τις «κρυφές» σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ αυτών των ιδιαίτερα ποικιλόμορφων οργανισμών.

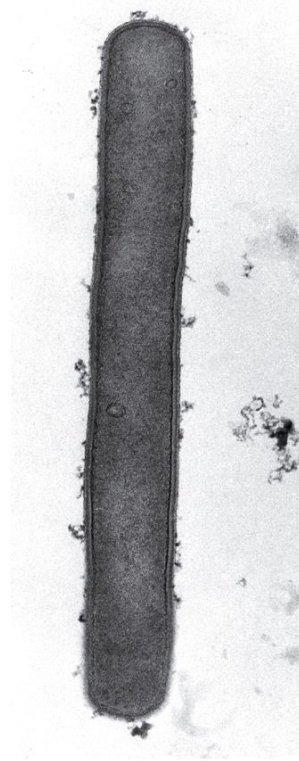


Εικόνα 2.1 Εσωτερική δομή των μικροβιακών κυττάρων. (α) Διαγραμματική απεικόνιση ενός προκαρυώτη. (β) Διαγραμματική απεικόνιση ενός ευκαρυώτη.



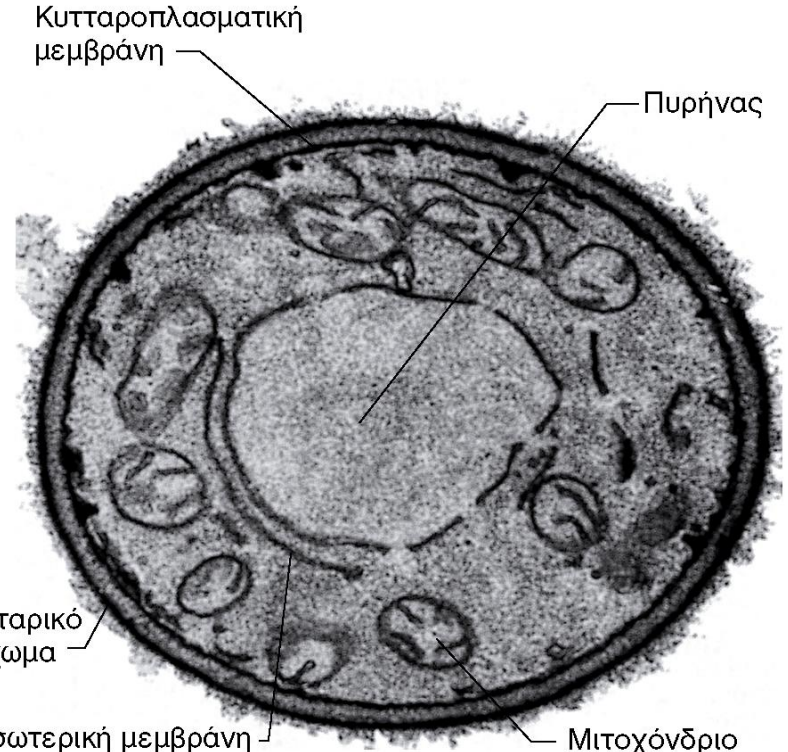
John Bozzola and M. T. Madigan

(α)



R. Rachel and K. O. Stetter

(β)



S. F. Conti and T. D. Brock

(γ)

Εικόνα 2.2 Ηλεκτρονικά μικρογραφήματα κυτταρικών τομών από τους τρεις «χώρους» των ζωντανών οργανισμών. (α) *Heliobacterium modesticaldum* (Βακτήρια): οι διαστάσεις του κυττάρου είναι $1 \times 3 \mu\text{m}$. (β) *Methanopyrus kandleri* (Αρχαία): οι διαστάσεις του κυττάρου είναι $0,5 \times 4 \mu\text{m}$. [Reinhold Rachel & Karl O. Stetter, 1981. *Archives of Microbiology* 128:288-293. © 1981 Springer-Verlag GmbH & Co. KG.] (γ) *Saccharomyces cerevisiae* (Ευκάρυα): η διάμετρος του κυττάρου είναι $8 \mu\text{m}$.

Πυρήνας

Χώρος αποθήκευσης γενετικού υλικού

Κατευθύνει όλες τις δραστηριότητες του κυττάρου

Συνήθως ένας σε μερικά κύτταρα υπάρχουν περισσότεροι

- Πυρηνίσκος ή νουκλεόλιο – περιοχή με έντονη σύνθεση ριβοσωμικού RNA

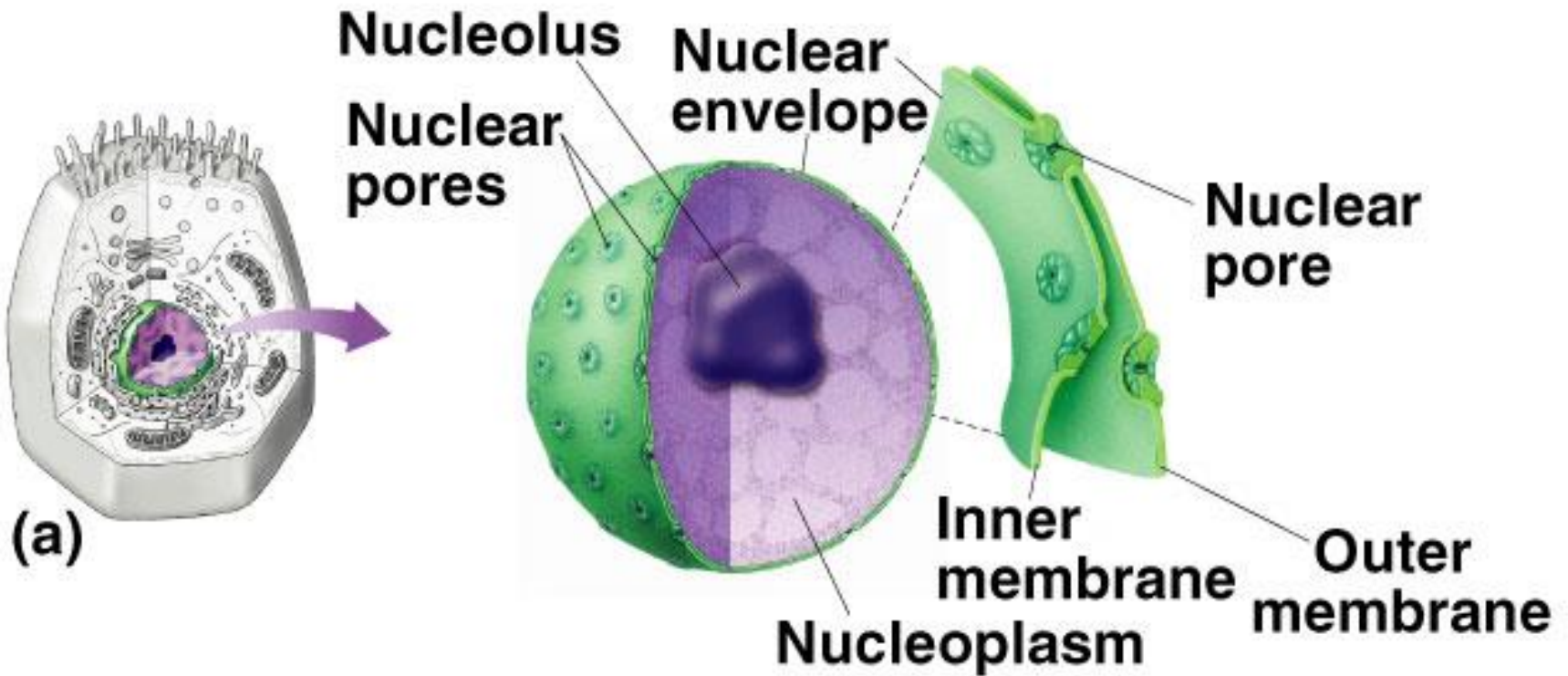
Η επιφάνεια του πυρήνα καθορίζεται από δύο φωσφολιπιδικές μεμβράνες

πυρηνική μεμβράνη

Πόροι πυρηνικής μεμβράνης - “φύλακες”

- Συνήθως πρωτεΐνες μεταφέρονται στον πυρήνα και RNA πηγαίνει στο κυτταρόπλασμα

Πυρήνας



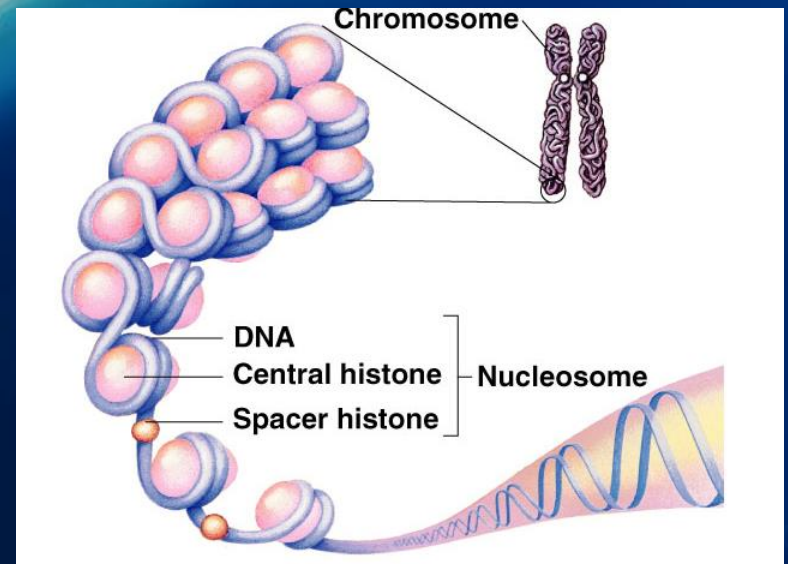
Χρωμοσώματα

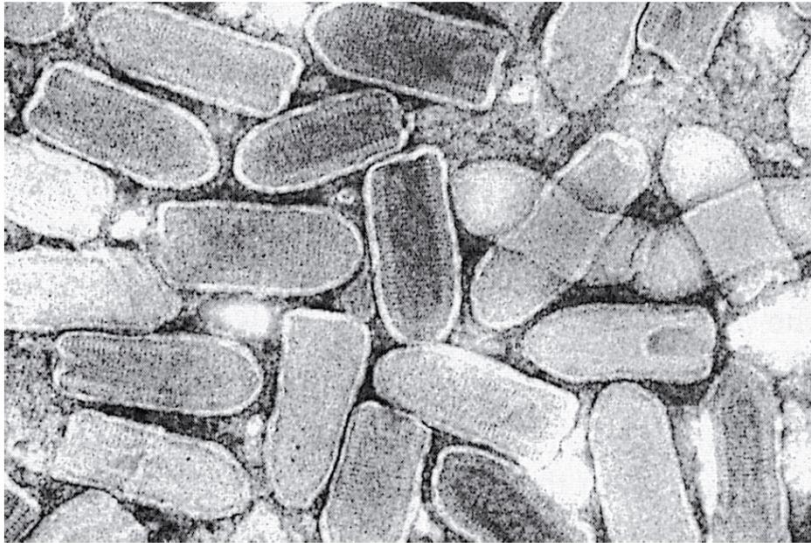
DNA των ευκαρυωτικών είναι οργανωμένο σε γραμμικά χρωμοσώματα

υφίσταται ως χρωματίνες, εκτός όταν υπάρχει κυτταρική διαίρεση

ιστόνες είναι πρωτεΐνες που σχετίζονται με το “πακετάρισμα” του DNA σε χρωμοσώματα

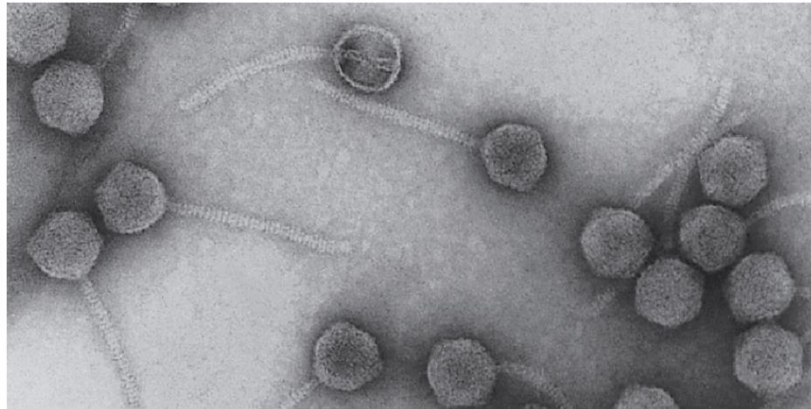
- nucleosomes





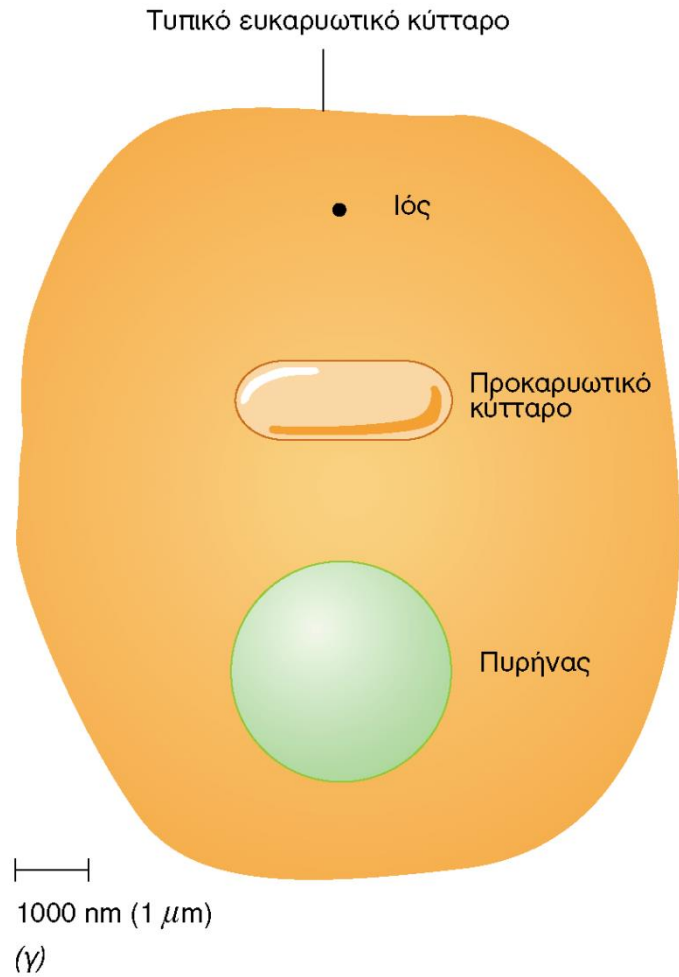
Erskine Caldwell

(α)



D. Kaiser

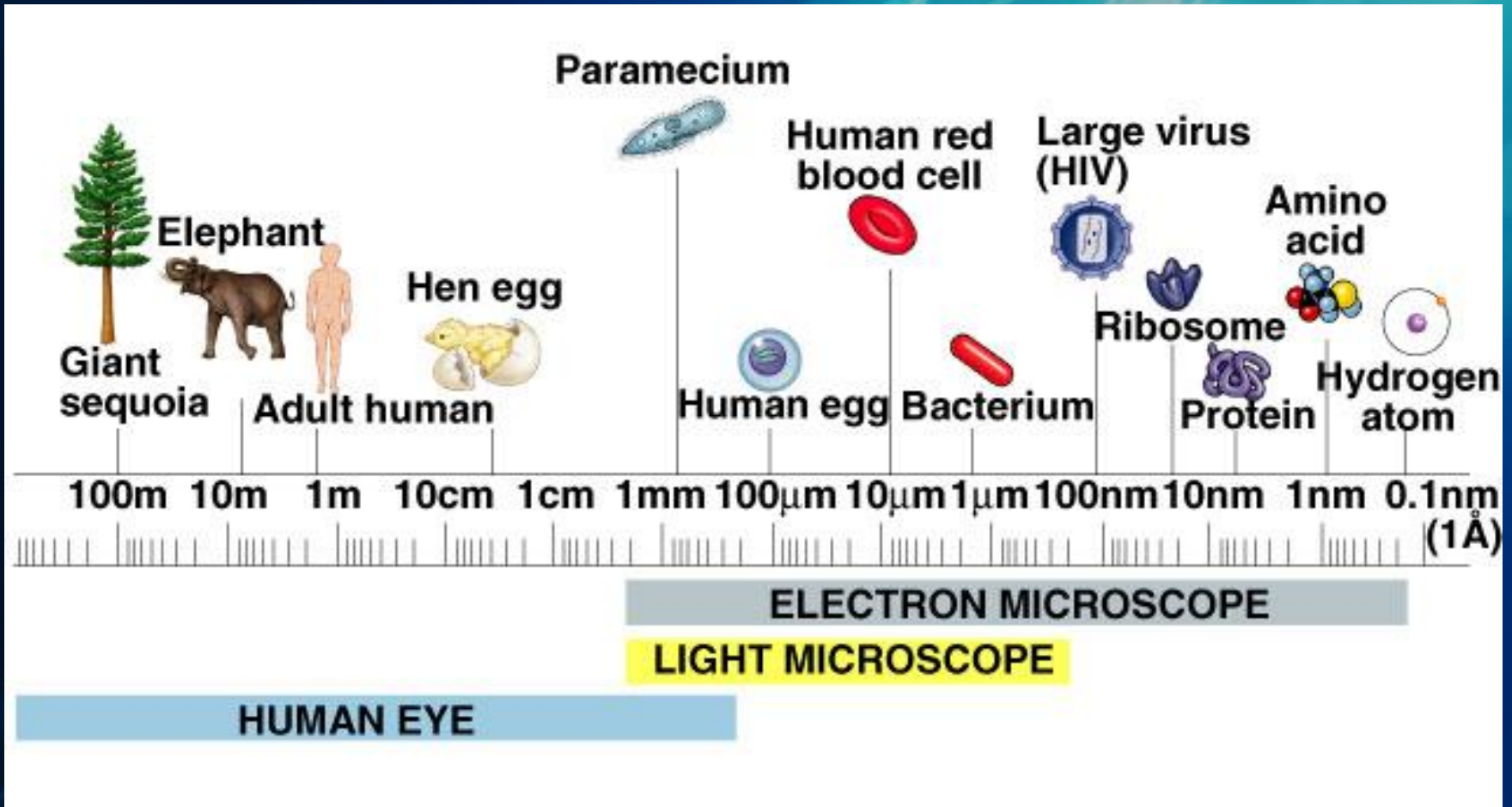
(β)

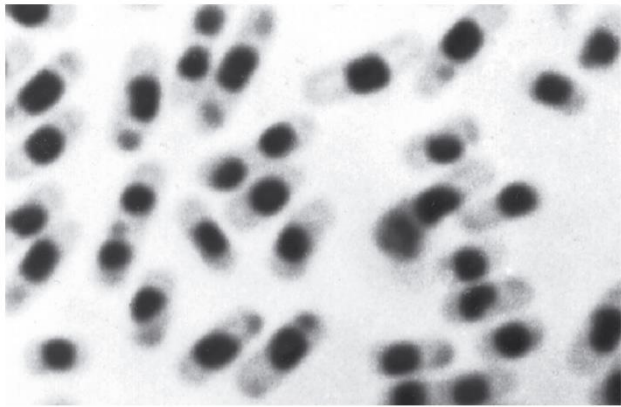


Εικόνα 2.3

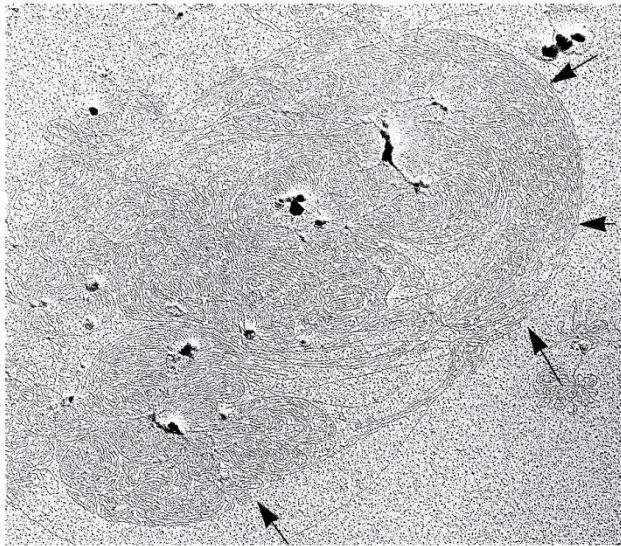
Δομή των ιών και σχετικά μεγέθη ιών και κυττάρων (α) Σωματίδια ραβδοϊού (ιού των ευκαρυωτών). Ένα μεμονωμένο ιόσωμα έχει διάμετρο περίπου 65 nm (0,065 μm). (β) Ο ιός λάμδα των Βακτηρίων (Βακτηριοφάγος). Η κεφαλή του ιόσωματος έχει διάμετρο περίπου 65 nm. (γ) Το μέγεθος των ιών στα (α) και (β) σε σχέση με ένα Βακτηριακό και ένα ευκαρυωτικό κύτταρο.

ΠΑΡΑΤΗΡΩΝΤΑΣ ΚΥΤΤΑΡΑ





(α)



(β)

Εικόνα 2.4 Το πυρηνοειδές. (α) Μικροφωτογραφία οπτικού μικροσκοπίου κυττάρων της *Escherichia coli*, που έχουν υποστεί κατεργασία με ειδικό τρόπο ώστε να διακρίνεται το πυρηνοειδές. (β) Ηλεκτρονικό μικρογράφημα μεμονωμένου πυρηνοειδούς που έχει απελευθερωθεί από ένα κύτταρο *E. coli*. Το κυτταρικό τοίχωμα έχει υποστεί ήπια λύση προκειμένου να παραμείνει ακέραιο το συμπυκνωμένο πυρηνοειδές. Τα βέλη υποδεικνύουν το περίγραμμα των κλώνων του DNA. Το πυρηνοειδές των περισσότερων βακτηρίων αποτελείται από ένα κυκλικό μόριο (το βακτηριακό χρωμόσωμα), αν και υπάρχουν ορισμένα είδη με γραμμικό χρωμόσωμα (🧬 Τμήμα 7.4).

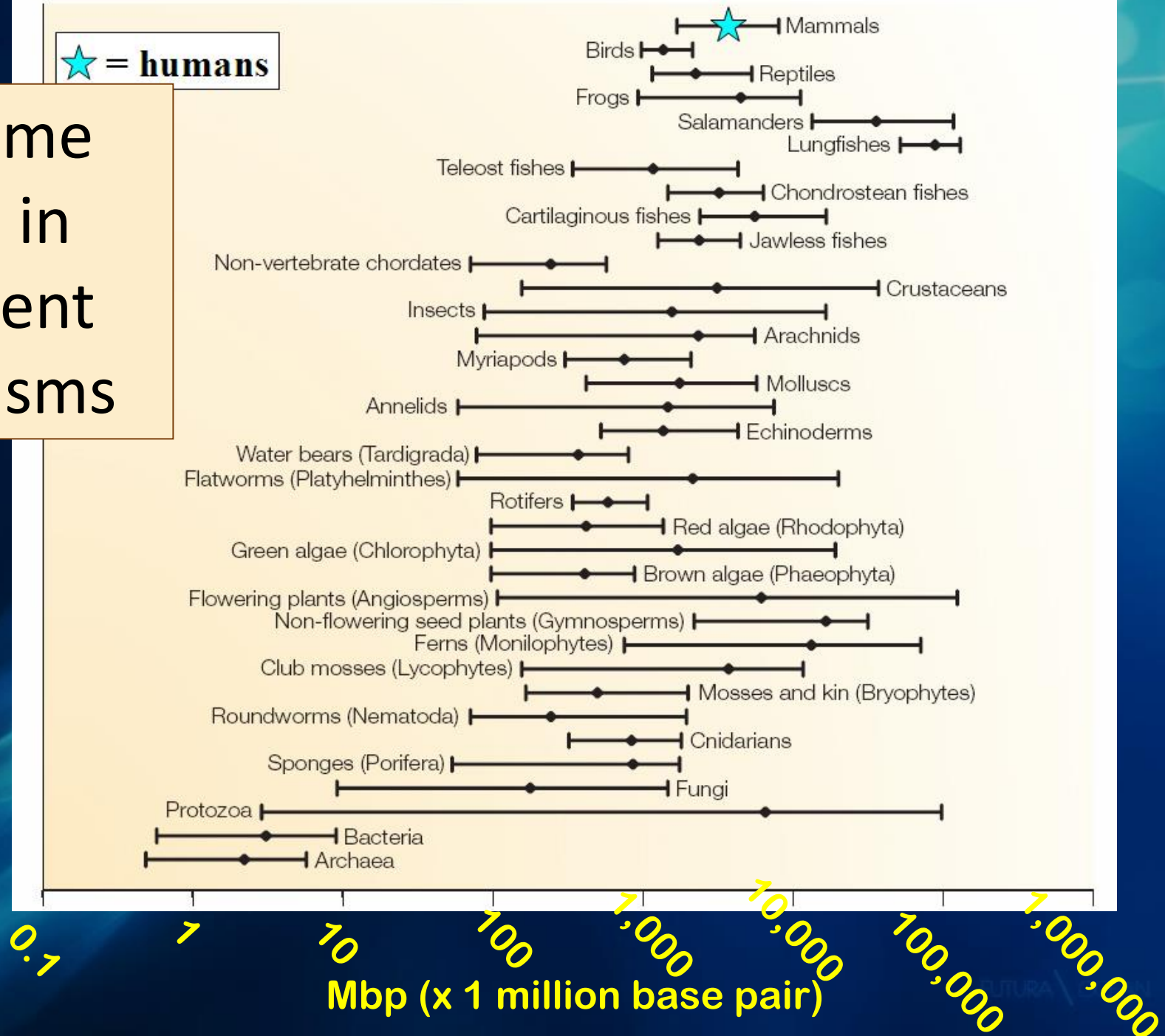
Γονιδίωμα

Πλασμίδια

Γονίδια

★ = humans

Genome sizes in different organisms





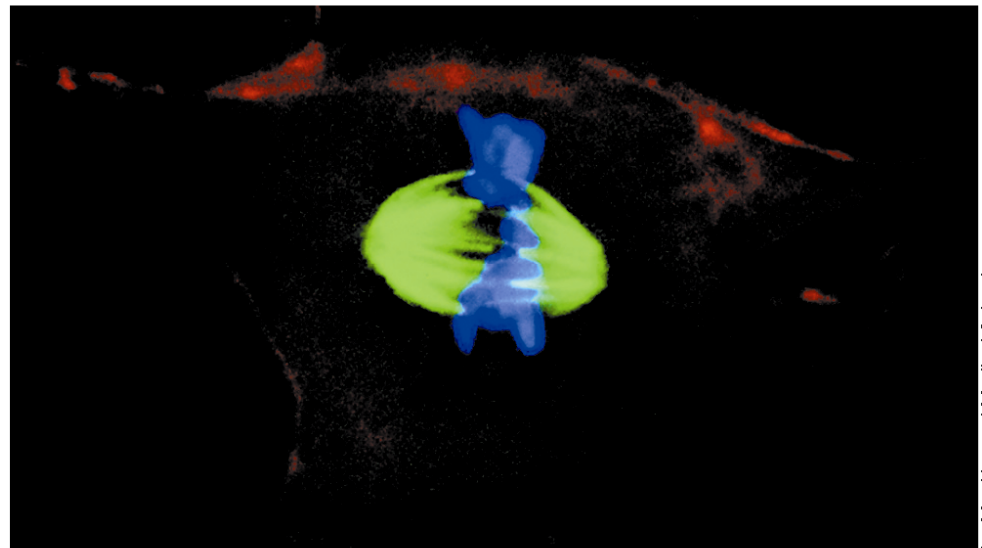
Μέγεθος
γονιδιώματος σε
διαφορετικούς
οργανισμούς

Another view
Includes info
about gene #,
gene density,
chromosome #

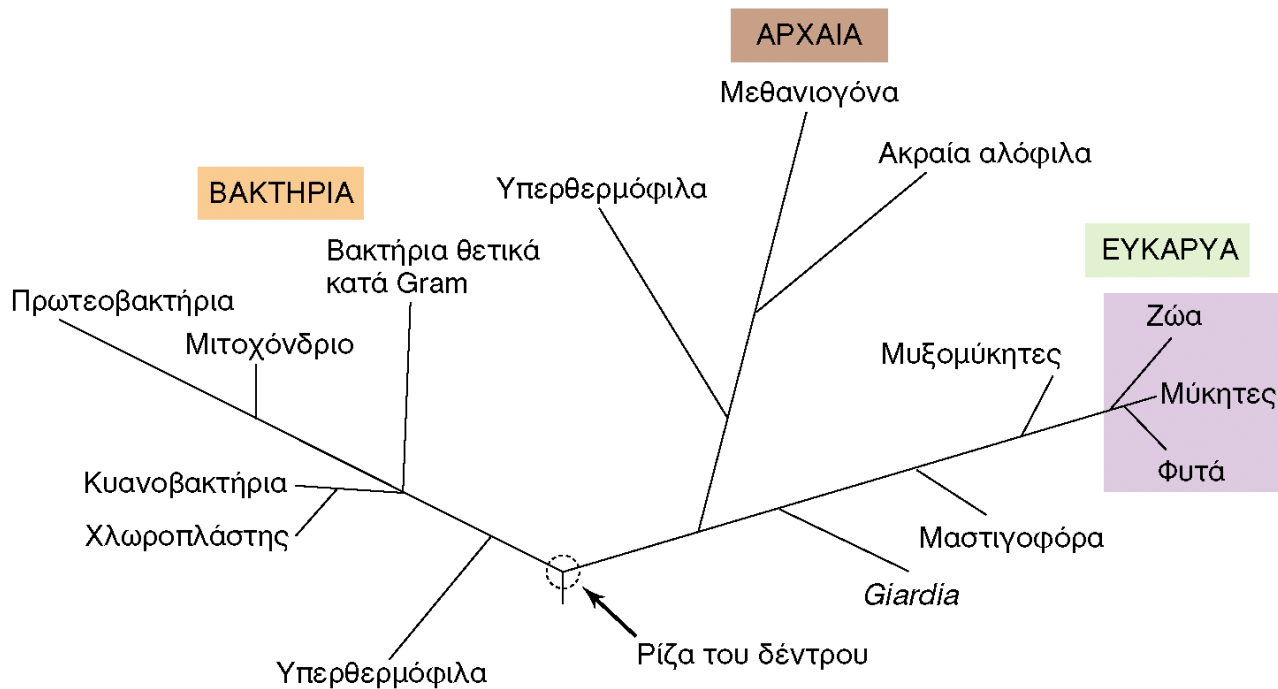
| organism | estimated size | estimated gene number | average gene density | chromosome number |
|---|---------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| <i>Homo sapiens</i> (human) | 2900 million bases | ~30,000 | 1 gene per 100,000 bases | 46 |
| <i>Rattus norvegicus</i> (rat) | 2,750 million bases | ~30,000 | 1 gene per 100,000 bases | 42 |
| <i>Mus musculus</i> (mouse) | 2500 million bases | ~30,000 | 1 gene per 100,000 bases | 40 |
| <i>Drosophila melanogaster</i> (fruit fly) | 180 million bases | 13,600 | 1 gene per 9,000 bases | 8 |
| <i>Arabidopsis thaliana</i> (plant) | 125 million bases | 25,500 | 1 gene per 4000 bases | 10 |
| <i>Caenorhabditis elegans</i> (roundworm) | 97 million bases | 19,100 | 1 gene per 5000 bases | 12 |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (yeast) | 12 million bases | 6300 | 1 gene per 2000 bases | 32 |
| <i>Escherichia coli</i> (bacteria) | 4.7 million bases | 3200 | 1 gene per 1400 bases | 1 |
| <i>H. influenzae</i> (bacteria) | 1.8 million bases | 1700 | 1 gene per 1000 bases | 1 |

Εικόνα 2.5

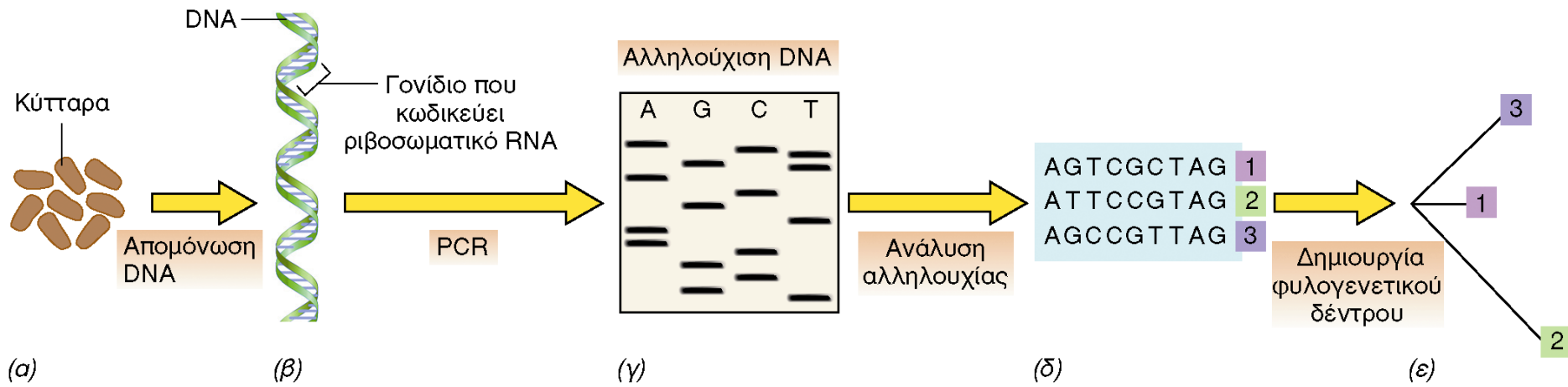
Μίτωση σε χρωσμένα κύτταρα μαρσιποφόρου επίμουσ. Η φωτογράφιση έγινε ενώ το κύτταρο βρισκόταν στη *μετάφαση* της μιτωτικής διαίρεσης. Με την πράσινη χρωστική διακρίνεται η *τουμπουλίνη*, μια πρωτεΐνη απαραίτητη στον διαχωρισμό των χρωμοσωμάτων (🔗 Τμήμα 14.5). Η κυανή χρωστική είναι μια δεοξυριβονουκλεόφιλη ουσία που υποδεικνύει τα χρωμοσώματα. Η μίτωση, αν και αποτελεί ουσιώδες τμήμα του ευκαρυωτικού κυτταρικού κύκλου, δεν λαμβάνει χώρα στα προκαρυωτικά κύτταρα.





Le Ma - Harvard Medical School

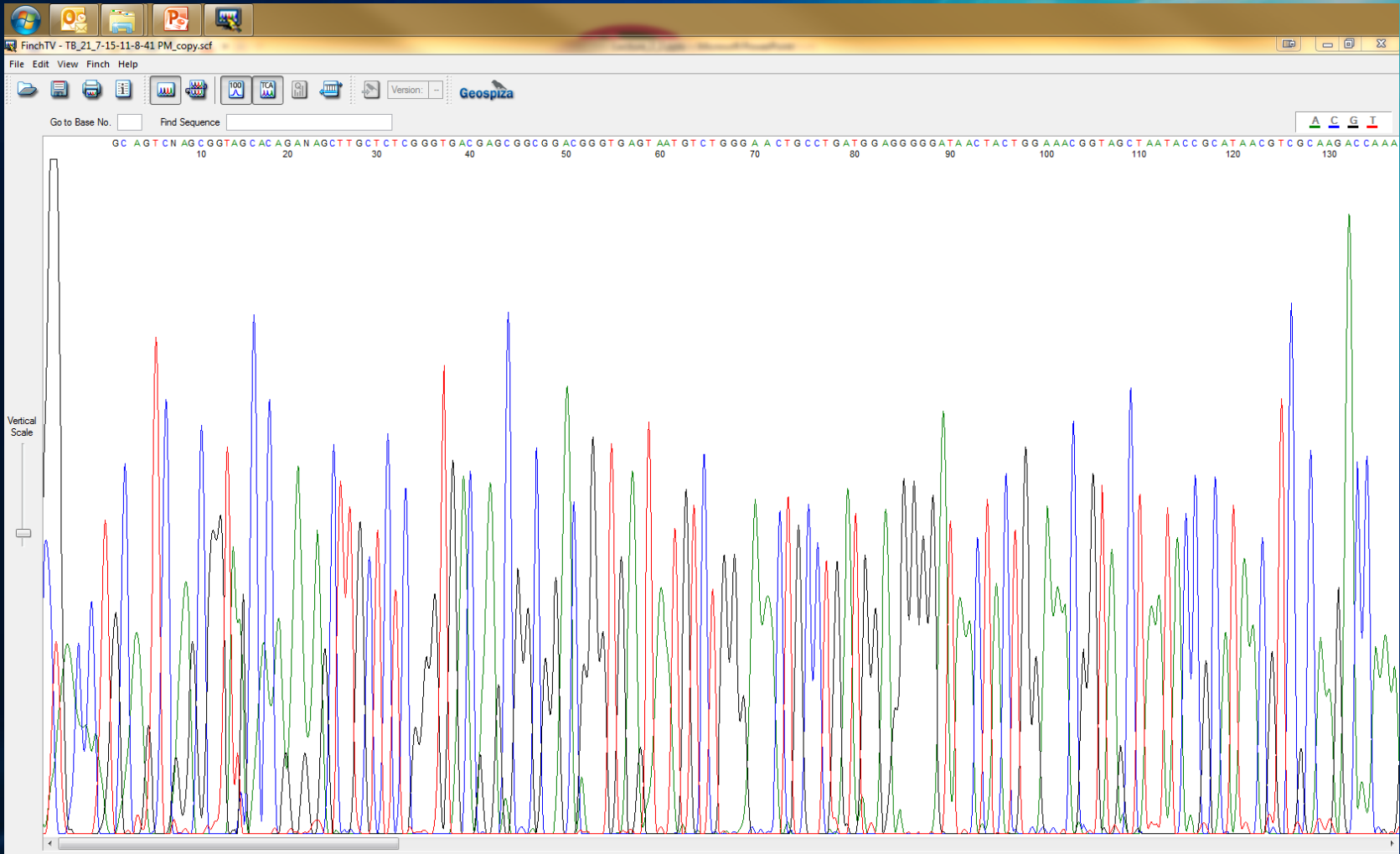


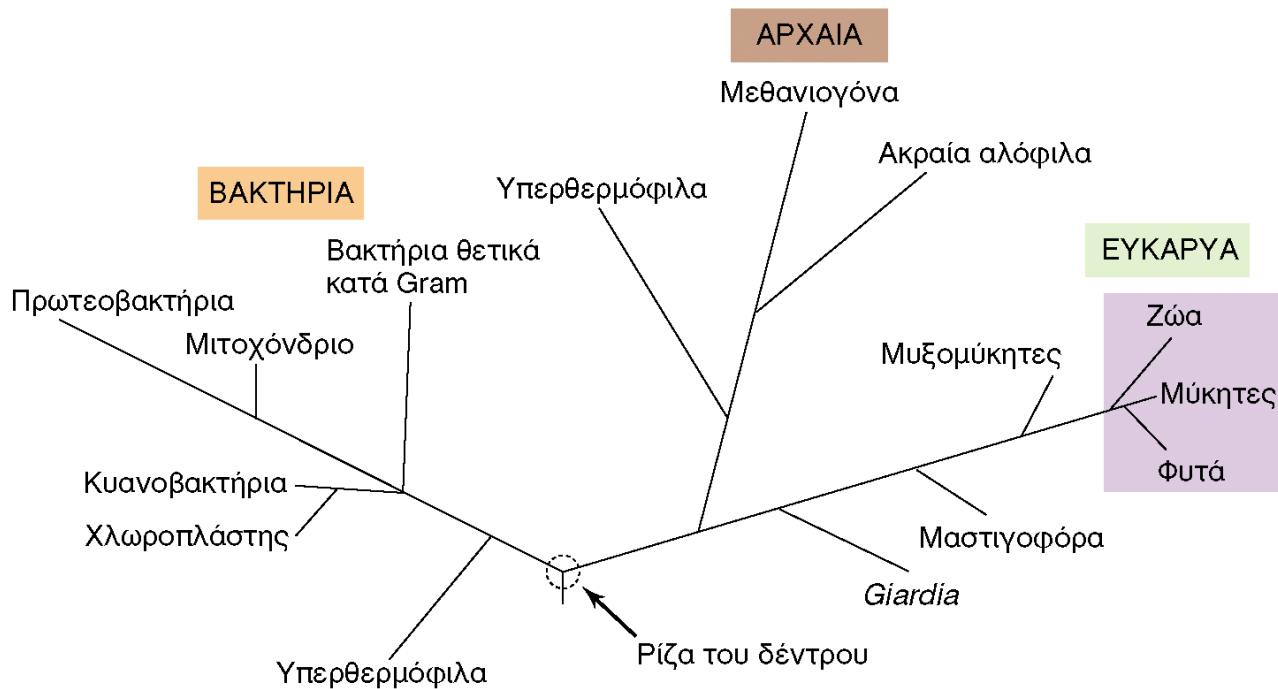
Εικόνα 2.7 Το φυλογενετικό δέντρο της ζωής, όπως προκύπτει από τη σύγκριση της αλληλουχίας του ριβοσωματικού RNA. Το δέντρο αποτελείται από τρεις «χώρους»: δύο στους οποίους περιλαμβάνονται μόνο προκαρυωτικά κύτταρα (τα *Βακτήρια* και τα *Αρχαία*), και τα *Ευκάρυα* (ευκαρυώτες). Στην Εικόνα παρουσιάζονται ελάχιστες ομάδες οργανισμών από κάθε «χώρο». Για περισσότερες λεπτομέρειες ως προς τους «χώρους» του δέντρου, βλ. Εικόνες 2.9, 2.18, και 2.22, καθώς και τα φυλογενετικά δέντρα των Κεφαλαίων 11-14. Τα υπερθερμόφιλα είναι προκαρυώτες που αναπτύσσονται άριστα σε θερμοκρασίες ίσες ή μεγαλύτερες των 80°C. Η ομάδα οργανισμών στην περιοχή με την κόκκινη σκίαση είναι οι *μακροοργανισμοί*. Όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί στο δέντρο της ζωής είναι *μικροοργανισμοί*.



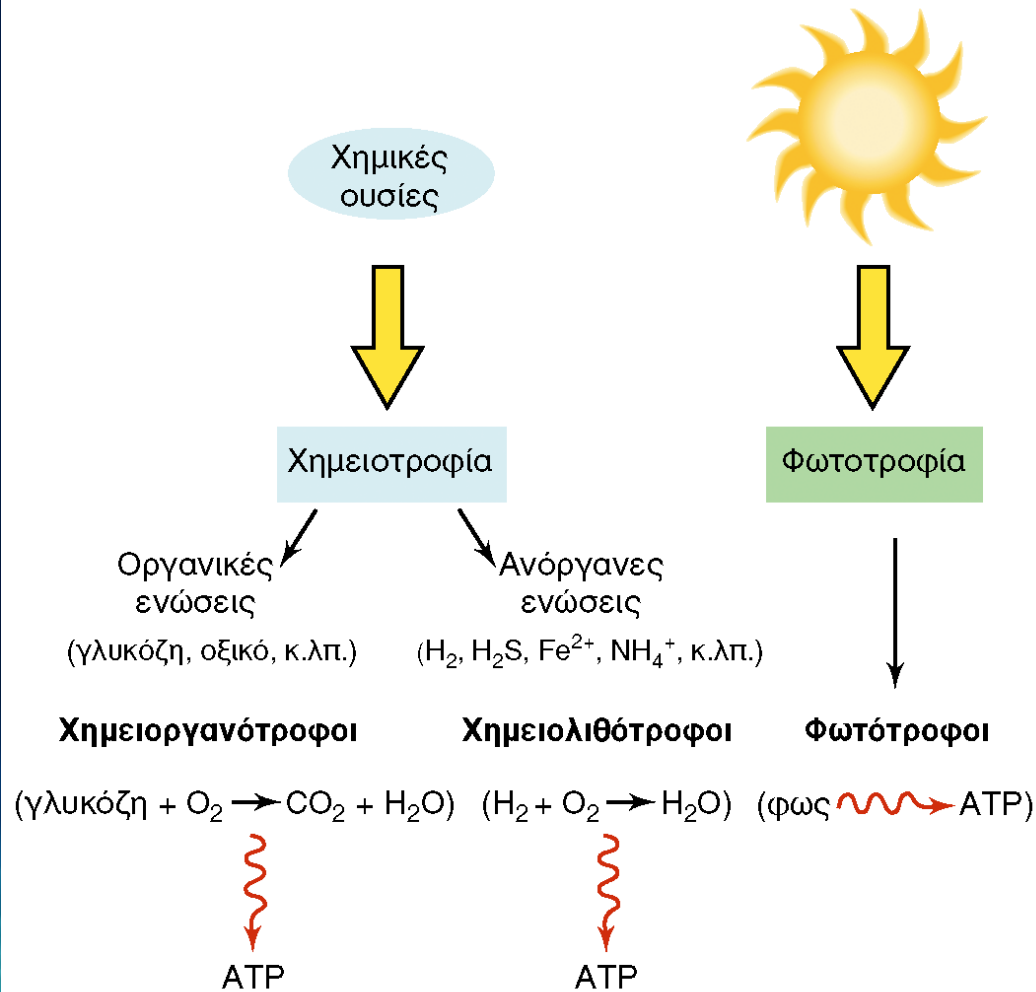
Εικόνα 2.6

Προσδιορισμός των γονιδίων του ριβοσωματικού RNA και φυλογενετική. (α) Λύση κυττάρων μιας αμιγούς καλλιέργειας ή ενός φυσικού δείγματος. (β) Απομόνωση των γονιδίων που κωδικεύουν το ριβοσωματικό RNA και παραγωγή πολλών αντιγράφων τους με την τεχνική της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (PCR)·  Τμήμα 10.17. (γ) Ανάλυση της αλληλουχίας των γονιδίων ( Τμήμα 10.13), και (δ) τροφοδότηση ενός Η/Υ με τα δεδομένα αυτά. Με βάση έναν αλγόριθμο, οι αλληλουχίες συγκρίνονται ανά ζεύγη και κατασκευάζεται ένα δέντρο (ε) το οποίο καταγράφει τις διαφορές ανάμεσα στο ριβοσωματικό RNA των αναλυόμενων οργανισμών. Όταν χρησιμοποιείται φυσικό δείγμα, τα γονίδια του ριβοσωματικού RNA που απομονώνονται από τους διάφορους μικροοργανισμούς του δείγματος πρέπει πρώτα να επιλεγούν και να κλωνοποιηθούν, πριν πολλαπλασιαστούν με την PCR και αρχίσει ο προσδιορισμός της αλληλουχίας τους. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη μέθοδο, βλ. Τμήματα 11.5 και 18.5.

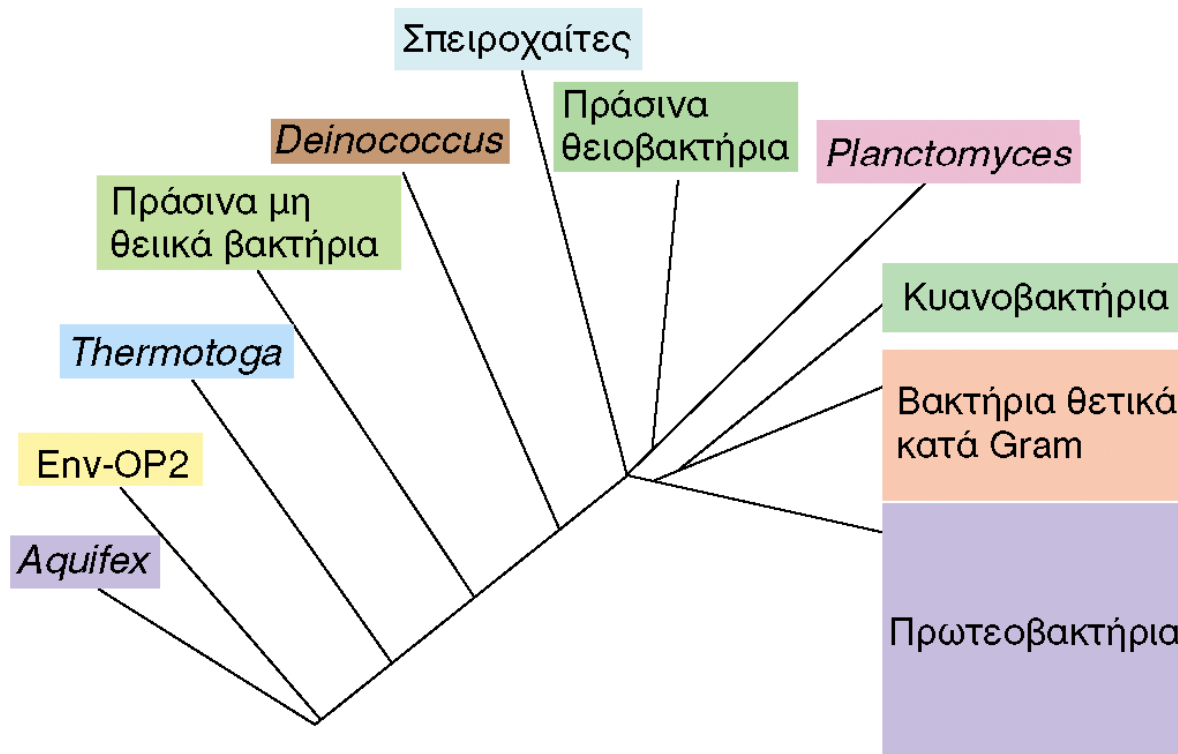




Εικόνα 2.7 Το φυλογενετικό δέντρο της ζωής, όπως προκύπτει από τη σύγκριση της αλληλουχίας του ριβοσωματικού RNA. Το δέντρο αποτελείται από τρεις «χώρους»: δύο στους οποίους περιλαμβάνονται μόνο προκαρυωτικά κύτταρα (τα *Βακτήρια* και τα *Αρχαία*), και τα *Ευκάρυα* (ευκαρυώτες). Στην Εικόνα παρουσιάζονται ελάχιστες ομάδες οργανισμών από κάθε «χώρο». Για περισσότερες λεπτομέρειες ως προς τους «χώρους» του δέντρου, βλ. Εικόνες 2.9, 2.18, και 2.22, καθώς και τα φυλογενετικά δέντρα των Κεφαλαίων 11-14. Τα υπερθερμόφιλα είναι προκαρυώτες που αναπτύσσονται άριστα σε θερμοκρασίες ίσες ή μεγαλύτερες των 80°C. Η ομάδα οργανισμών στην περιοχή με την κόκκινη σκίαση είναι οι *μακροοργανισμοί*. Όλοι οι υπόλοιποι οργανισμοί στο δέντρο της ζωής είναι *μικροοργανισμοί*.

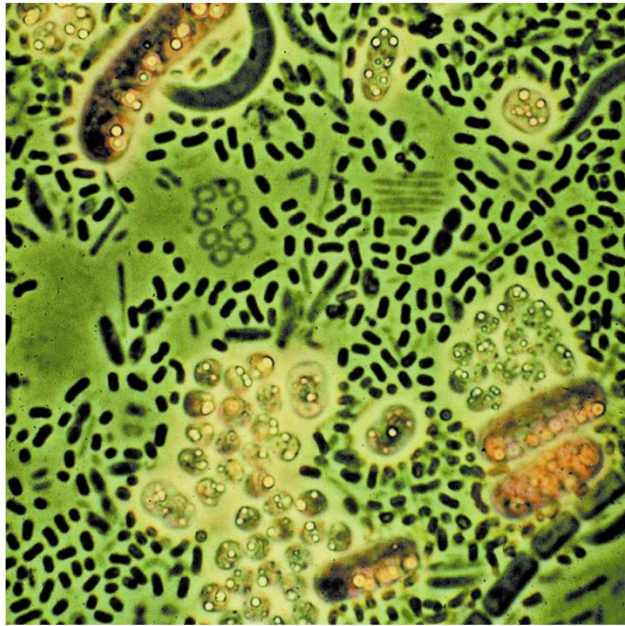


Εικόνα 2.8 Εναλλακτικές μεταβολικές οδοί για την πρόσληψη ενέργειας. Οι οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες που αναφέρονται εδώ είναι λίγες μόνο από την πληθώρα χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούν οι διάφοροι χημειοτροφικοί οργανισμοί. Στους χημειοτροφικούς οργανισμούς, η παραγωγή του ATP οφείλεται στην οξείδωση των οργανικών και ανόργανων ενώσεων, ενώ στους φωτοτροφικούς γίνεται μετατροπή της φωτεινής σε χημική ενέργεια (πάλι υπό τη μορφή ATP).



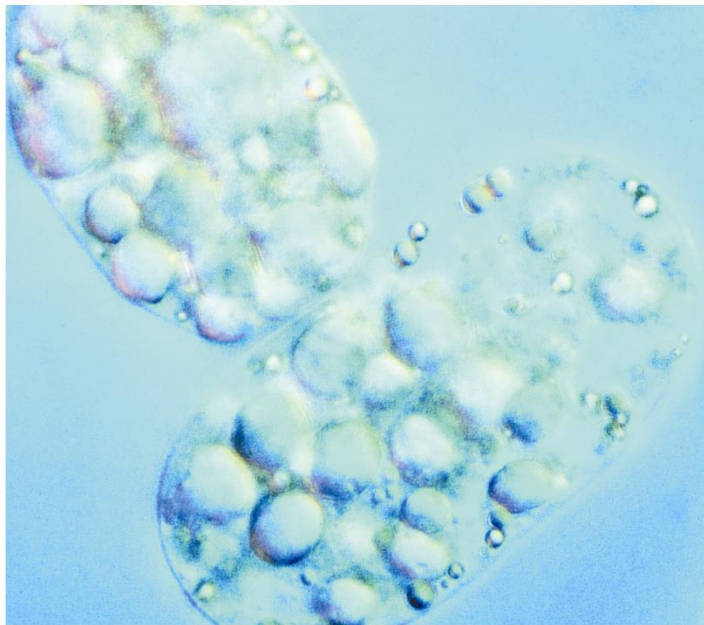
Εικόνα 2.9

Λεπτομέρειες από το φυλογενετικό δέντρο των *Βακτηρίων* (δεν παρουσιάζονται όλες οι ομάδες). Το διαφορετικό μέγεθος των έγχρωμων επιφανειών αντιπροσωπεύει τις διαφορές στον σχετικό αριθμό γενών και ειδών της κάθε ομάδας. Τα πρωτεοβακτήρια είναι προς το παρόν η μεγαλύτερη γνωστή ομάδα *Βακτηρίων*. Ο κλάδος του δέντρου με την ένδειξη «Env» (από τη λέξη environmental, περιβαλλοντικός) δεν αναπαριστά κάποιον γνωστό οργανισμό που έχει απομονωθεί σε καλλιέργεια, αλλά δηλώνει την ύπαρξη γονιδίων ριβοσωματικού RNA που έχουν απομονωθεί από οργανισμούς φυσικών δειγμάτων (βλ. κείμενο). Αν και δεν συνάγεται από την Εικόνα, τέτοιοι κλάδοι «Env» έχουν βρεθεί σε όλη την έκταση του δέντρου.



D. E. Caldwell

(α)



Hans-Dietrich Babenzien

(β)

Εικόνα 2.10

Φωτοτροφικά και χημειολιθοτροφικά πρωτεοβακτήρια. (α) Το φωτοτροφικό πορφυρό θειοβακτήριο *Chromatium* (μεγάλα, ερυθρά, ραβδόμορφα κύτταρα). Η μικροφωτογραφία έχει ληφθεί από φυσική μικροβιακή κοινότητα. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο περίπου 10 μm . (β) Το μεγάλο χημειολιθοτροφικό θειοοξειδωτικό βακτήριο *Achromatium*. Κάθε κύτταρο έχει διάμετρο περίπου 20 μm . Διακρίνονται σφαιρίδια στοιχειακού θείου και στα δύο κύτταρα. Τόσο το *Chromatium* όσο και το *Achromatium* οξειδώνουν το υδροθείο (H_2S) που παράγεται από τα θειοαναγωγικά βακτήρια. Τα τελευταία είναι χημειοργανοτροφικοί οργανισμοί που συνδυάζουν την οξείδωση οργανικών ενώσεων ή H_2 με την αναγωγή της θειικής ρίζας (SO_4^{2-}) προς H_2S , κλείνοντας έτσι τον κύκλο του θείου (🔗 Τμήμα 19.13).



Tiffany Full and M. T. Madigan

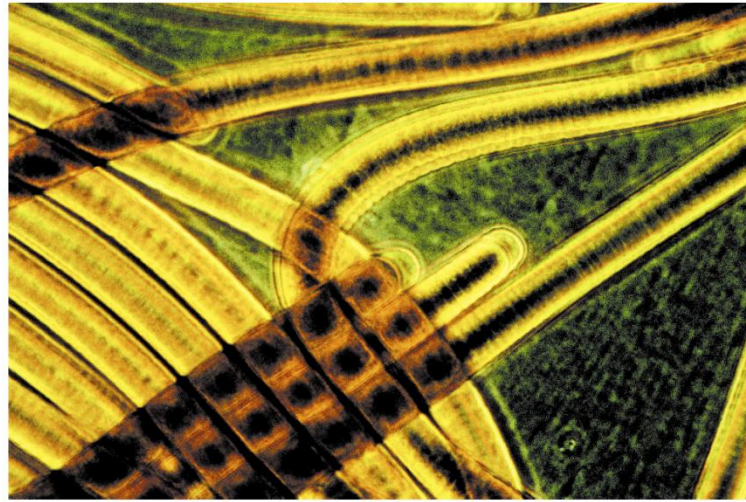
(a)



T. D. Brock

(β)

Εικόνα 2.11 Θετικά κατά Gram βακτήρια. (α) Ραβδόμορφα ενδοσποριογονικά βακτήρια του γένους *Bacillus*, που φαίνονται ως μέλη μιας αλυσίδας. Παρατηρήστε την παρουσία των ενδοσπορίων (φωτεινές διαθλαστικές δομές) στο εσωτερικό των κυττάρων. Τα ενδοσπόρια είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στη θερμότητα, την ακτινοβολία, και σε διάφορους χημικούς παράγοντες. (β) Ο *Streptococcus* είναι ένα σφαιρικό κύτταρο που σχηματίζει αλυσίδες. Στρεπτόκοκκοι υπάρχουν σε πολλά είδη της καθημερινής διατροφής μας. Μερικοί από αυτούς είναι ισχυρότατα παθογόνα.



R. W. Castenholz

(α)

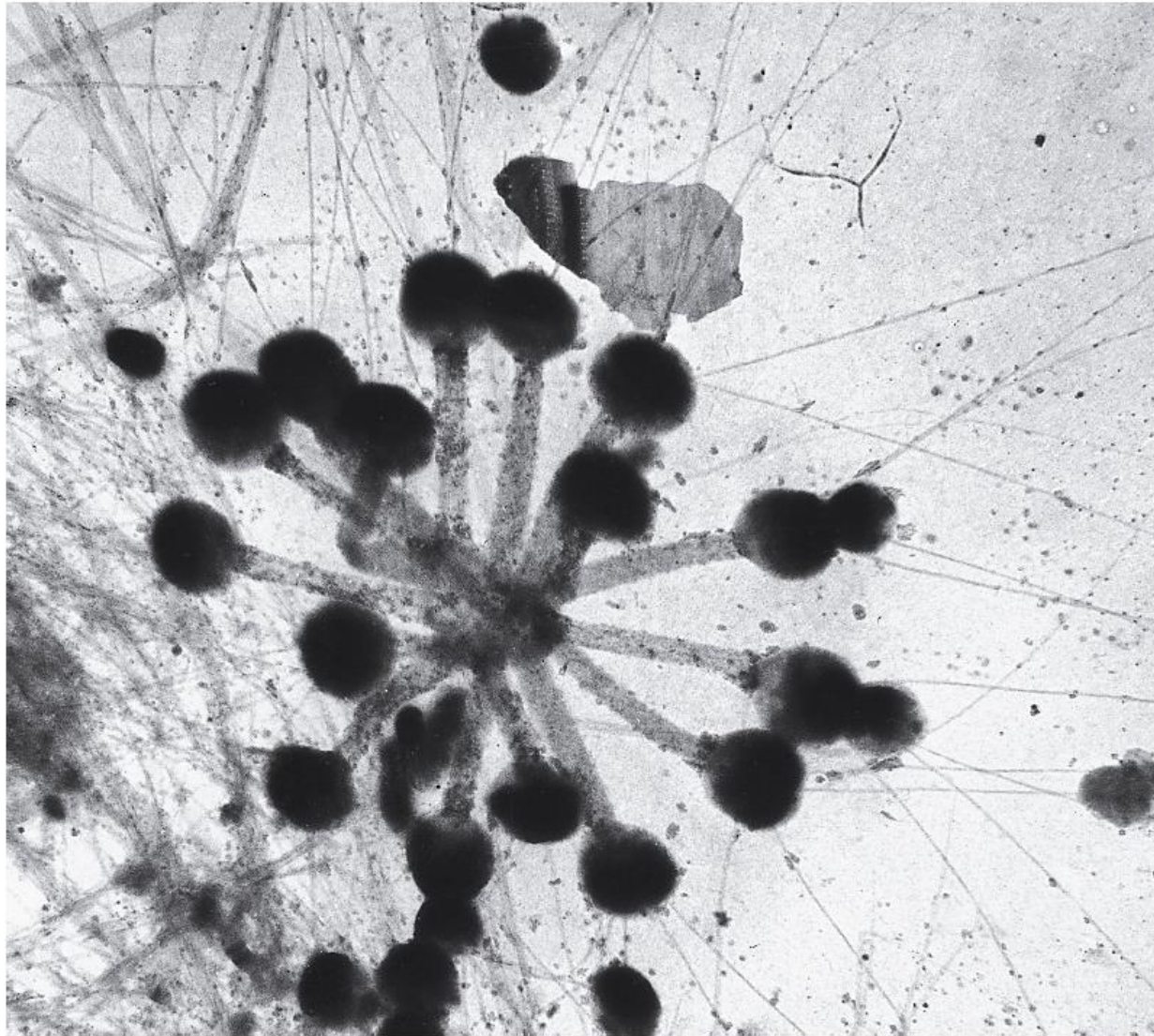


R. W. Castenholz

(β)

Εικόνα 2.12 Νηματοειδή κυανοβακτήρια. (α) *Oscillatoria*, (β) *Spirulina*.

Τα κυανοβακτήρια είναι αυτά που παρήγαγαν πριν από χιλιάδες αιώνες το οξυγόνο που υπάρχει σήμερα στη Γη. Γνωρίζουμε πολλές μορφολογικές ποικιλίες των κυανοβακτηρίων, όπως είναι τα μονοκύτταρα, τα αποικιακά, και τα ετεροκυστικά. Τα τελευταία περιέχουν ειδικές δομές που λέγονται *ετεροκύστες* και επιτελούν τη δέσμευση του αζώτου (🦋 Τμήματα 12.25 και 17.28).



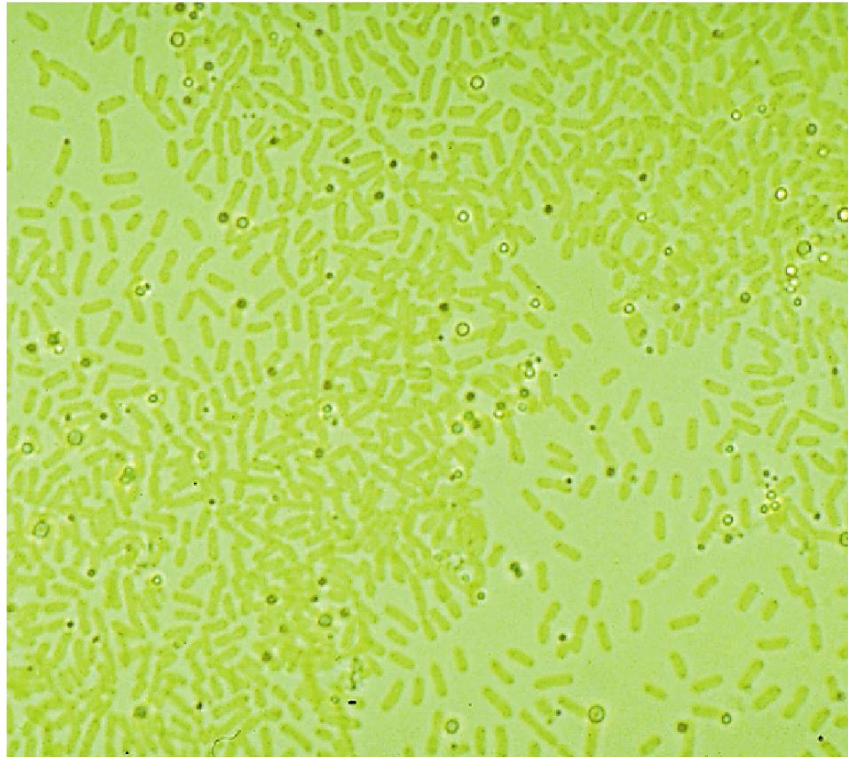
James T. Staley

Εικόνα 2.13 Η μορφολογία του έμμοσχου βακτηρίου *Planctomyces*. Αρκετά κύτταρα συνδέονται μέσω των μίσχων, σχηματίζοντας ροζέτα.



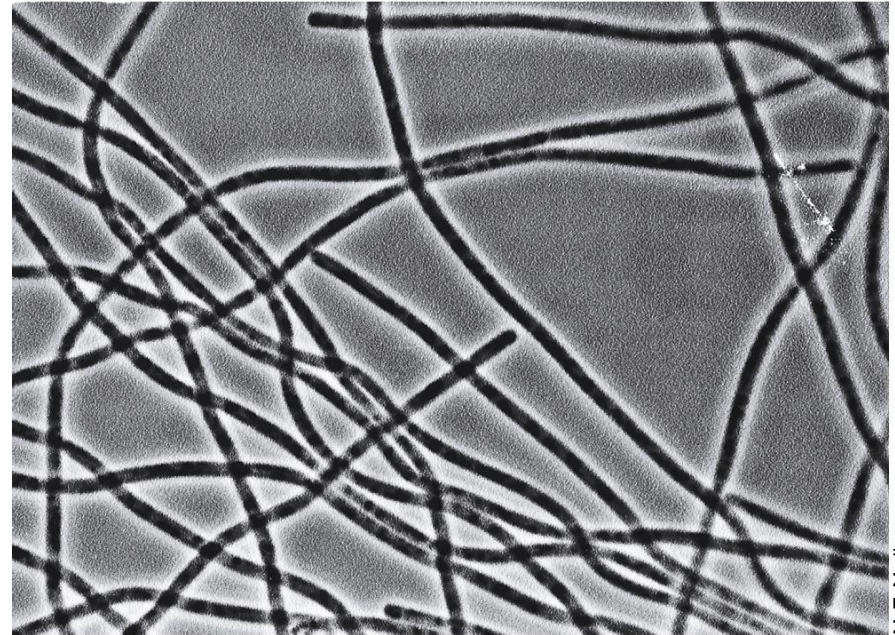
John Breznak

Εικόνα 2.14 Σπειροχαίτες. Κύτταρο της *Spirochaeta zuelzerae*. Αυτοί οι προκαρυώτες δεν διαφέρουν από τους υπόλοιπους μόνο μορφολογικά, αλλά και φυλογενετικά (βλ. Εικόνα 2.9). Οι σπειροχαίτες είναι πολύ διαδεδομένες στη φύση και μερικές προκαλούν ασθένειες, όπως τη σύφιλη και τη νόσο του Lyme. Δημοσιεύεται από το J. A. Breznak, 1973. *CRC Critical Reviews of Microbiology* 2:457-489. Πρωτότυπο μικρογράφημα των R. Joseph & E. Canale-Parola, 1972. *Archives of Microbiology* 81:146-168.



Norbert Pfennig

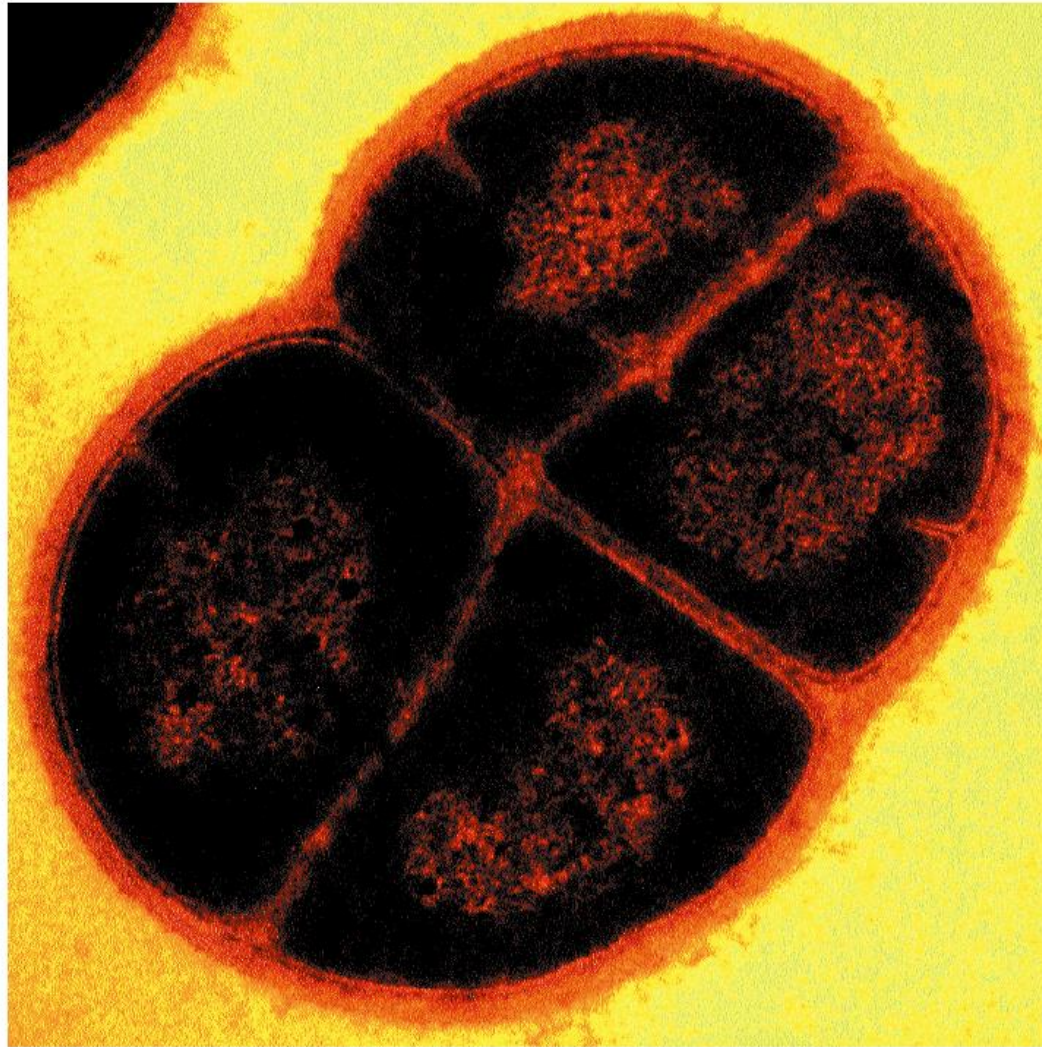
(a)



M. T. Madigan

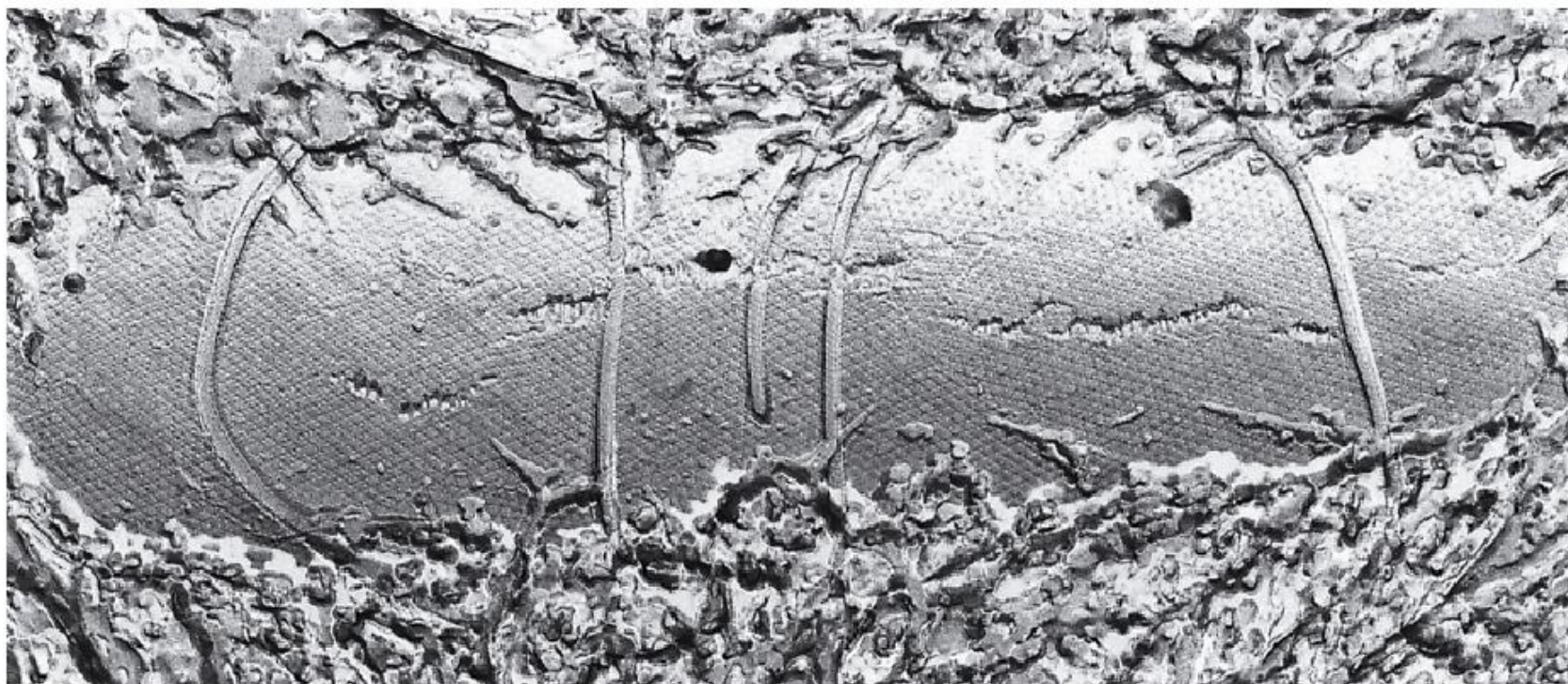
(β)

Εικόνα 2.15 Φωτοτροφικά πράσινα βακτήρια (α) *Chlorobium* (πράσινα θειοβακτήρια)· (β) *Chloroflexus* (πράσινα μη θειικά βακτήρια). Παρά τα πολλά κοινά χαρακτηριστικά τους, όπως ορισμένες μεμβρανικές δομές και χρωστικές ( Τμήμα 17.2), οι δύο αυτοί οργανισμοί διαφέρουν αρκετά από φυλογενετικής απόψεως (βλ. Εικόνα 2.9).



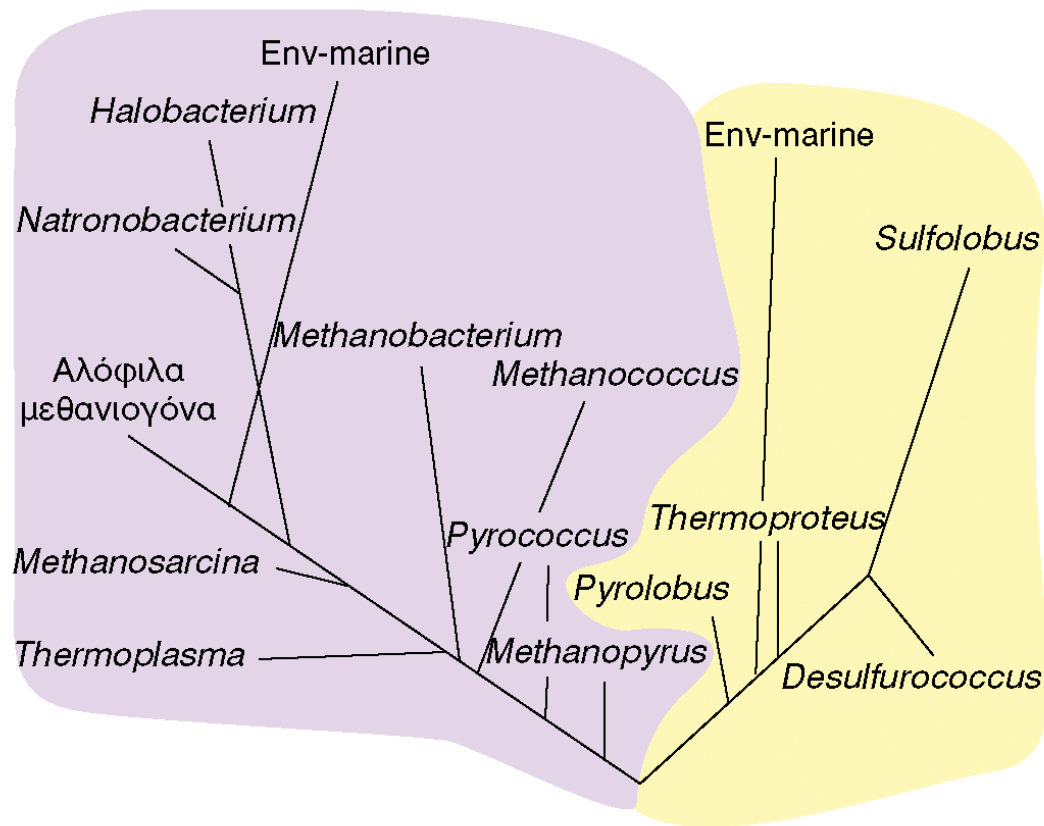
Michael J. Daly

Εικόνα 2.16 Το βακτήριο *Deinococcus radiodurans* παρουσιάζει εξαιρετική αντοχή στην ακτινοβολία. Ο οργανισμός αυτός αντέχει σε επίπεδα ακτινοβολίας πολύ υψηλότερα απ' όσο θα άντεχε ο ανθρώπινος οργανισμός.

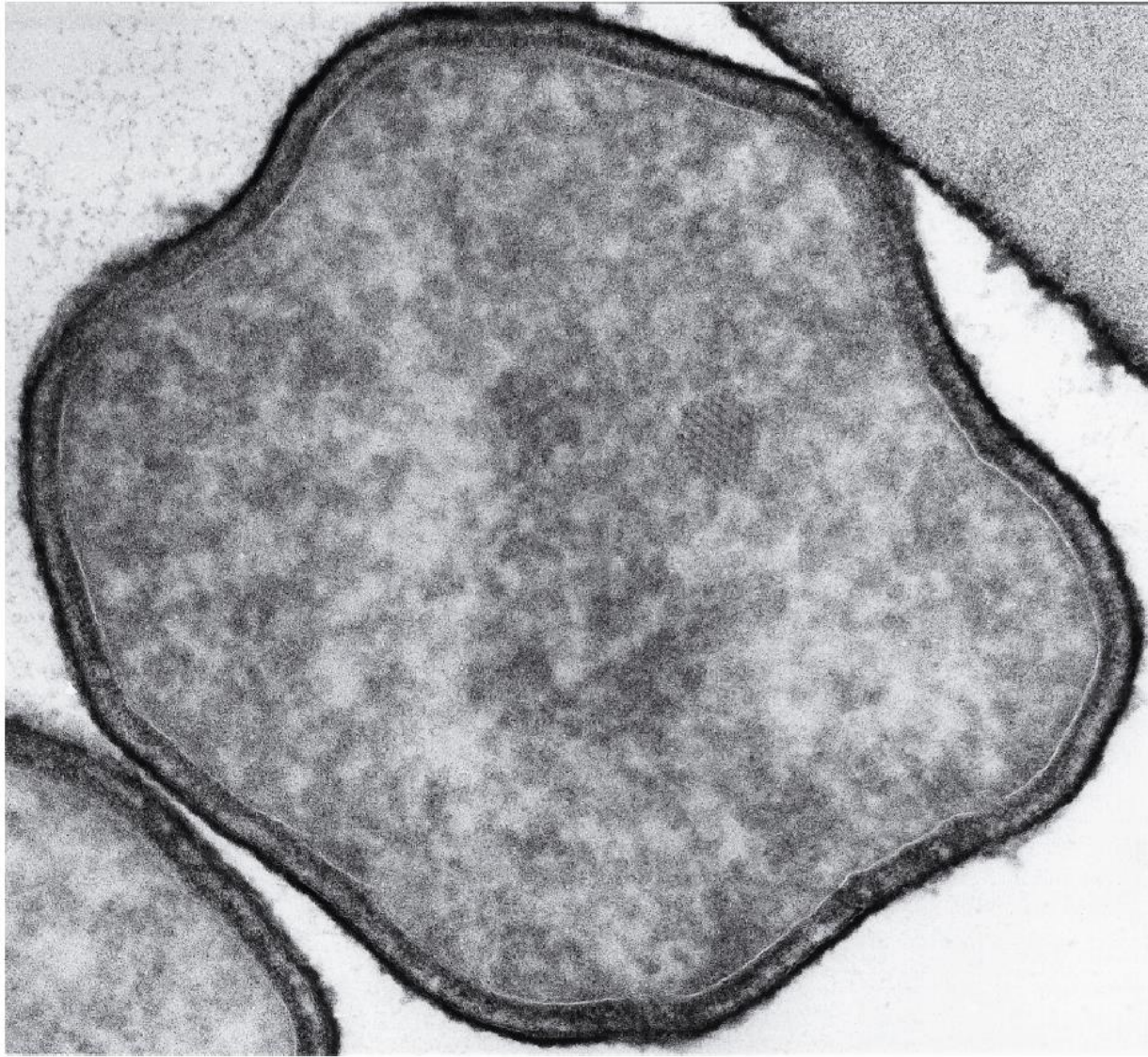


R. Rachel and K. O. Stetter

Εικόνα 2.17 *Aquiflex*. Αυτό το βακτηριακό είδος των πρώιμων κλάδων του προκαρυωτικού δέντρου (βλ. Εικόνα 2.9) είναι ένας υπερθερμόφιλος οργανισμός που αναπτύσσεται άριστα σε θερμοκρασίες άνω των 80°C.



Εικόνα 2.18 Λεπτομέρειες από το φυλογενετικό δέντρο των *Αρχαίων*. Δεν αναπαρίστανται όλες οι γνωστές γενεαλογικές γραμμές των *Αρχαίων*. Στα *Αρχαία* υπάρχουν δύο κύριες υποενότητες. Οι οργανισμοί στην κίτρινη περιοχή είναι κυρίως υπερθερμόφιλοι, άρα αναπτύσσονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Στην κοκκινωπή περιοχή ανήκουν τα μεθανιογόνα, τα ακραία αλόφιλα, και τα οξεόφιλα. Κάθε κύρια ομάδα διαθέτει επίσης τη δική της γενεαλογική γραμμή Env (βλ. λεζάντα της Εικόνας 2.9 και κείμενο), ενώ τα περισσότερα είδη είναι θαλάσσια. Και οι δύο υποομάδες των *Αρχαίων* έχουν τον ίδιο περίπου αριθμό ειδών, αλλά ο συνολικός αριθμός ειδών που έχουν αναπτυχθεί σε καλλιέργειες είναι πολύ μικρότερος από τον αντίστοιχο των *Βακτηρίων*.



R. Rachel and K. O. Stetter

Εικόνα 2.19 *Pyrolobus*. Υπερθερμόφιλο Αρχαίο με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης υψηλότερη από το σημείο βρασμού του νερού!



B.

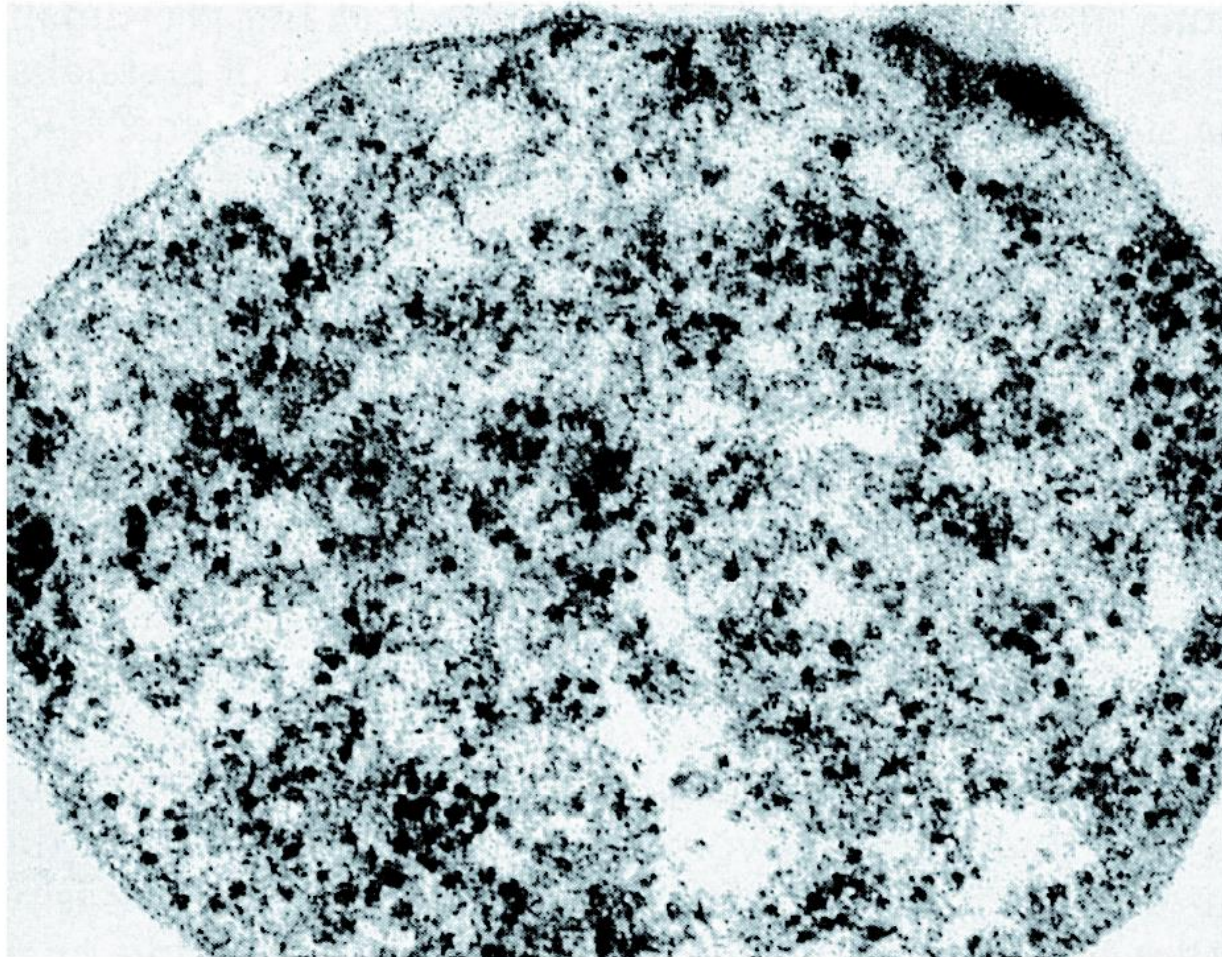
Γ.

William D. Grant



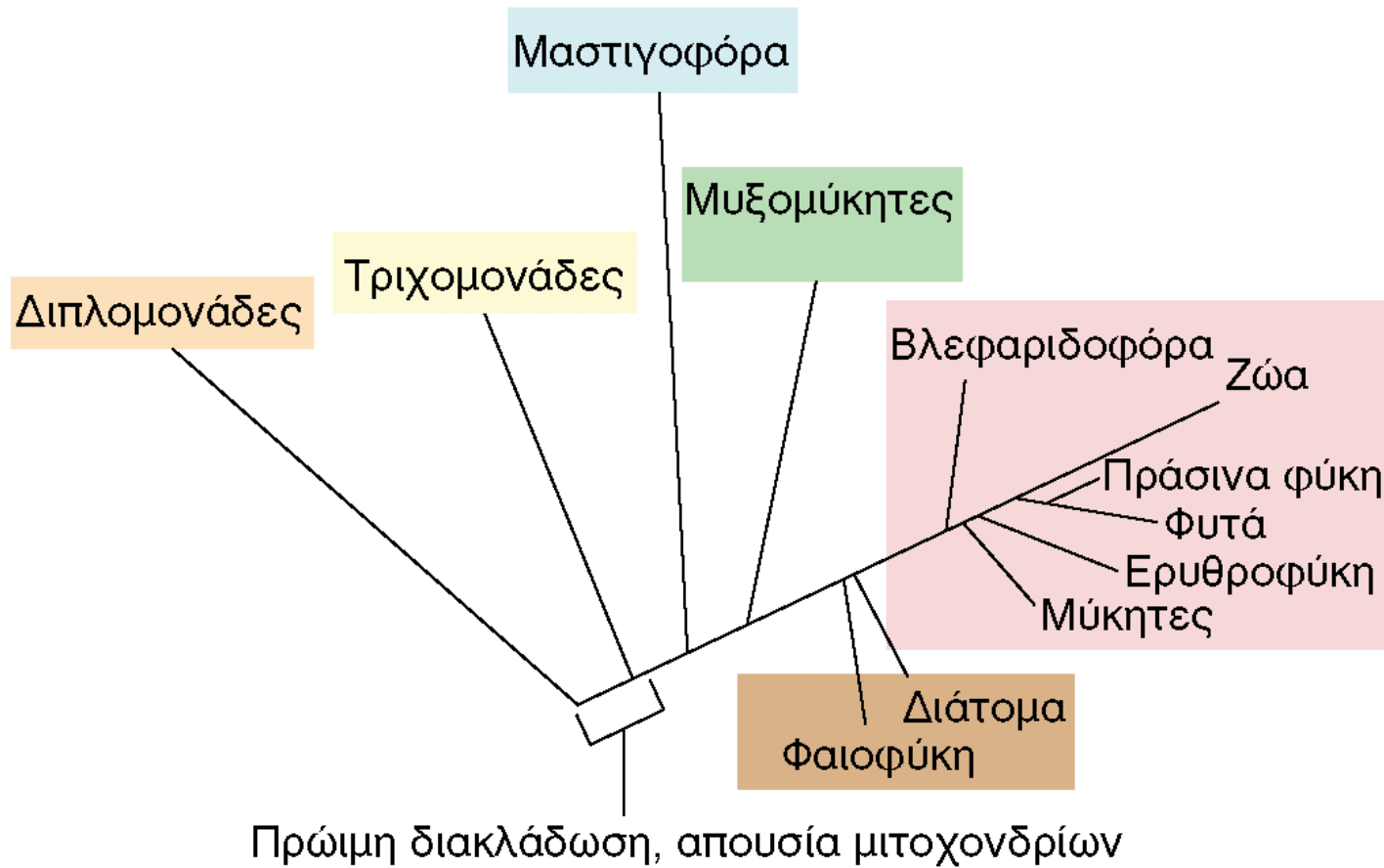
Εικόνα 2.20

Ακραία αλόφιλα Αρχαία. Το φιαλίδιο περιέχει κορεσμένο διάλυμα NaCl και κύτταρα του ακραίου αλόφιλου *Halobacterium*. Στον οργανισμό αυτό υπάρχουν χρωστικές που δεσμεύουν το φως και οδηγούν στην παραγωγή ATP. Τα κύτταρα του *Halobacterium* μπορούν να επιβιώσουν ακόμη και μέσα σε κρυστάλλους αλατιού (🔗 ένθετο Κεφαλαίου 4 Πόσο χρόνο μπορεί να επιβιώσει ένα ενδοσπόριο;).



T. D. Brock

Εικόνα 2.21 Το Αρχαίο *Thermoplasma* της Εικόνας, όπως και ο στενός συγγενής του *Picrophilus* (βλ. Πίνακα 2.1) είναι ατοικωματικά και αναπτύσσονται σε μέτρια υψηλές θερμοκρασίες και εξαιρετικά χαμηλό pH. Ατοικωματικά είδη συναντούμε επίσης στο βακτηριακό γένος *Mycoplasma*. Οι ατοικωματικοί προκαρυώτες περιγράφονται στα Τμήματα 12.21 και 13.5.

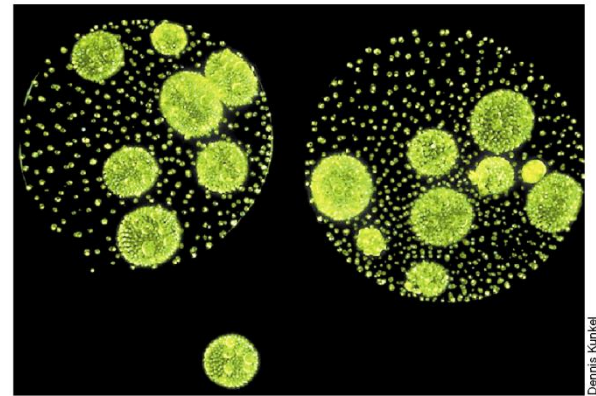


Εικόνα 2.22

Λεπτομέρειες από το φυλογενετικό δέντρο των *Ευκαρύων*. Δεν αναπαρίστανται όλες οι γνωστές γενεαλογικές γραμμές των *Ευκαρύων*. Σε μερικά από τα είδη των πρώιμων ευκαρυωτικών διακλαδώσεων, το μόνο ενδοκυτταρικό οργανίδιο είναι ο πυρήνας. Παρατηρήστε ότι οι «ανώτεροι οργανισμοί» (δηλαδή τα φυτά και τα ζώα) εμφανίζονται στις κορυφαίες διακλαδώσεις του δέντρου.

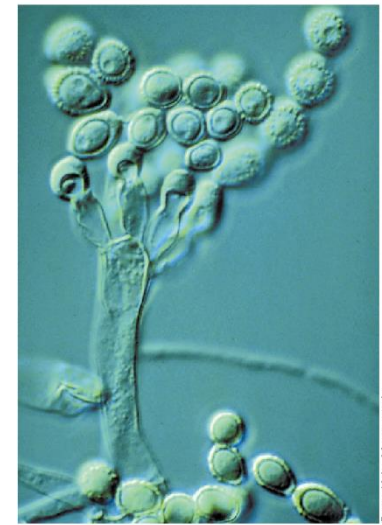
Εικόνα 2.23

Μικροφωτογραφίες μικροβιακών *Ευκαρύων*. (α) Φύκη· αποικιακό πράσινο φύκος του γένους *Volvox* (🔗 Τμήμα 14.11). Κάθε σφαιρικό κύτταρο περιέχει έναν μικρό αριθμό χλωροπλαστών (φωτοσυνθετικών οργανιδίων των φωτοτροφικών ευκαρυωτών). (β) Μύκητες· οι σποριογονικές δομές ενός τυπικού μύκητα. Από κάθε σπόριο μπορεί να προκύψει ένας μυκηλιακός μύκητας (🔗 Τμήμα 14.9). (γ) Πρωτόζωα· το βλεφαριδοφόρο πρωτόζωο *Paramecium* (🔗 Τμήμα 14.8). Οι βλεφαρίδες λειτουργούν όπως τα κουπιά της βάρκας, προσδίδοντας αυτοκινησία στο κύτταρο.



Dennis Kunkel

(α)



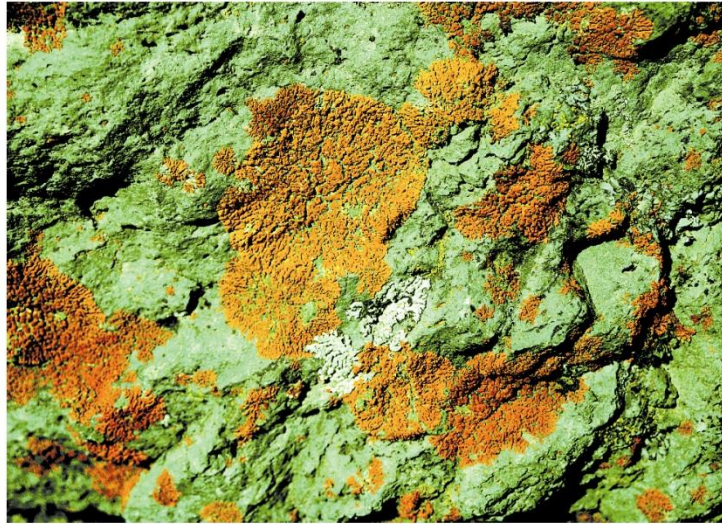
Barry Katz, Mycosearch

(β)



Sydney Tamm

(γ)



M. T. Madigan

(α)



M. T. Madigan

(β)

Εικόνα 2.24 Λειχήνες. (α) Ένας πορτοκαλόχρωμος λειχήνας που αναπτύσσεται σε βράχο, και (β) ένας κιτρινόχρωμος λειχήνας που αναπτύσσεται σε νεκρό κορμό δέντρου, στο Εθνικό Πάρκο Yellowstone των ΗΠΑ. Το χρώμα οφείλεται στα έγχρωμα συστατικά (φύκη) της δομής των λειχηνών.