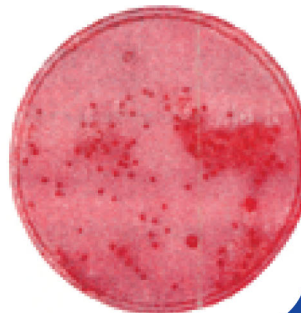
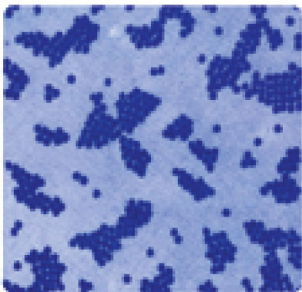
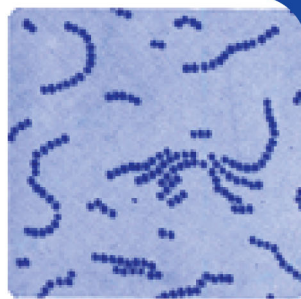
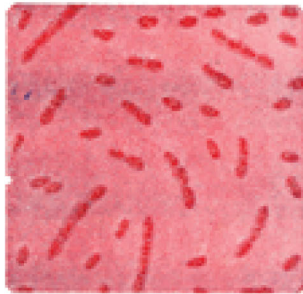




ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ Ι

Γεωργίου Οδ. Δημητρακόπουλου

ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΠΑΝΕΠ. ΠΑΤΡΩΝ





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως, απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοίμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθε-

ται σε φιλόλογους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέσει στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρέακος**.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, **Άγγελος Καλογεράς** (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιας** (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγιώτης Χατζηγιάννου** (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Αλέξανδρος Ι. Παππάς** (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, **Χρυσόστομος Καβουνίδης** (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Γεώργιος Ρούσσος** (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, **Δρ. Θεοδοσίος Παπαθεοδοσίου** (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταματίου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993), Φιλολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.



ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

I

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΟΔ. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

ΑΘΗΝΑ
1998



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1979



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο που έχεις στά χέρια σου θα σου δώσει βασικές έννοιες που χρειάζεσαι για να καταλάβεις καλύτερα το θαυμαστό κόσμο των μικροβίων που μας περιβάλλει. Τα μικρόβια, που αποτελούν το μικρόκοσμο, και δεν τα βλέπομε με γυμνό μάτι, παίζουν τεράστιο ρόλο στη ζωή του πλανήτη μας. Άλλα από αυτά μας προσφέρουν υπηρεσίες, ενώ άλλα μας δημιουργούν πολλά προβλήματα και μερικές φορές απειλούν την ίδια τη ζωή μας.

Η Μικροβιολογία, που μελετά τα μικρόβια, έχει να παρουσιάσει, σαν αυτοτελής επιστήμη, σημαντικές προόδους τα τελευταία χρόνια. Ειδικότερα, η Ιατρική Μικροβιολογία όχι μόνο έχει κατορθώσει να βρει τα αίτια πολλών ασθενειών, που παλαιότερα έσπειραν το θάνατο στην ανθρωπότητα, αλλά ταυτόχρονα έχει αναπτύξει αποτελεσματικούς τρόπους για την προφύλαξη και τη θεραπεία των μικροβιακών νοσημάτων.

Άλλοι κλάδοι της Μικροβιολογίας μας έχουν προσφέρει γνώσεις που βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής μας ή ακόμα έχουν συμβάλλει ουσιαστικά στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου της ζωής.

Είναι η πρώτη φορά που το μάθημα της Μικροβιολογίας διδάσκεται στα Λύκεια της χώρας μας, γεγονός που αυξάνει την ευθύνη του συγγραφέα να δώσει με τρόπο καταληπτό τις βασικές γνώσεις και συνάμα να κεντρίσει το ενδιαφέρον του μαθητή για το περιεχόμενο του μαθήματος. Έτσι, με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα που έχει εκπονήσει το Κ.Ε.Μ.Ε. η ύλη του μαθήματος χωρίσθηκε σε δύο βιβλία. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο για να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές να έλθουν πρώτα σε επαφή με τις πολλές καινούργιες έννοιες, που χρησιμοποιούνται στη Μικροβιολογία και που προέρχονται από διαφορετικές επιστήμες, όπως π.χ. τη Βιολογία, τη Γενετική, τη Βιοχημεία, τη Φυσική, την Ιατρική κλπ., και σε δεύτερη φάση να γνωρίσουν με λεπτομέρεια τις εργαστηριακές μεθόδους για την απομόνωση και την τυποποίηση των πιο συνηθισμένων παθογόνων μικροβίων, που αποτελεί βασικά και την εργασία ενός διαγνωστικού εργαστηρίου.

Το βιβλίο αυτό, που είναι το πρώτο, αποτελείται από τέσσερα εισαγωγικά κεφάλαια που αφορούν στη ταξινόμηση, στη βιολογία και στις εργαστηριακές μεθόδους ερεύνης των μικροβίων. Συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο του βιβλίου αναφέρονται η θέση που κατέχουν τα μικρόβια ανάμεσα στα ζωντανά όντα και η ταξινόμησή τους. Ακολουθεί η διαίρεση της Μικροβιολογίας σε κλάδους και δίνονται οι βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν κάθε μεγάλη ομάδα μικροβίων που προκαλούν νόσους στον άνθρωπο. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται με λεπτομέρεια τα σχετικά με τη μορφή, το μέγεθος, τη δομή, το μεταβολισμό, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή μιας ομάδας μικροβίων, των βακτηρίων, τα οποία είναι υπεύ-

θυνα για το μεγαλύτερο αριθμό νοσημάτων που οφείλονται σε μικρόβια. Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται βασικές έννοιες που σχετίζονται με τη δράση των μικροβίων, περιγράφονται οι τοξικές ουσίες που παράγουν τα μικρόβια και αναπτύσσονται τα σχετικά με την προέλαση των παθογόνων μικροβίων, τους τρόπους με τους οποίους μεταδίδονται στον άνθρωπο και την πύλη εισόδου τους στον οργανισμό, καθώς επίσης οι μηχανισμοί που διαθέτει ο ανθρώπινος οργανισμός για να αντιμετωπίσει την εισβολή των μικροβίων. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι εργαστηριακές μέθοδοι με τις οποίες μελετούμε τα μικρόβια.

Με αυτή τη διάταξη της ύλης δίνονται συνοπτικά όλες εκείνες οι γνώσεις που χρειάζονται για να αντιληφθεί ο μαθητής την οργάνωση και λειτουργία του μικροβιακού κυττάρου, τους μηχανισμούς με τους οποίους τα μικρόβια προκαλούν νόσο και τέλος τα μέσα που έχει αναπτύξει ο άνθρωπος για να απομονώσει και να μελετήσει τα μικρόβια.

Ελπίζω το βιβλίο αυτό να εκπληρώσει τον προορισμό του και με μεγάλη χαρά θα δεχθώ κάθε παρατήρηση που θα βοηθήσει σε μία καλύτερη μελλοντική του εμφάνιση.

Ο Συγγραφέας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μικροβιολογία αποτελεί κλάδο της Βιολογίας και έχει ως αντικείμενό της τη μελέτη των μικροοργανισμών ή μικροβίων. Τα μικρόβια είναι μονοκυττάριοι ζωντανοί οργανισμοί, οι οποίοι δεν φαίνονται με γυμνό μάτι. Με τη δημιουργία από τον Antony van Leeuwenhoek (1632 — 1723) ενός μικροσκοπίου με ικανοποιητική σχετικά μεγέθυνση, αρχίζει η μελέτη του μικροβιακού κόσμου και η ανάπτυξη της Μικροβιολογίας ως επιστήμης.

Στην αρχή επικρατούσε η γνώμη ότι τα μικρόβια ανήκουν στο ζωικό και το φυτικό βασίλειο. Η έρευνα έδειξε όμως ότι αποτελούν ένα εντελώς διαφορετικό κόσμο, στον οποίο περιλαμβάνονται όλοι οι μικροοργανισμοί, και ο οποίος ονομάστηκε «τα πρώτιστα».

Τα πρώτιστα, ανάλογα με την κυτταρική τους οργάνωση, υποδιαιρούνται σε δύο μεγάλες ομάδες, τα ανώτερα πρώτιστα ή ευκαρυωτικά κύτταρα και τα κατώτερα πρώτιστα ή προκαρυωτικά κύτταρα. Η βασική διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές ομάδες κυττάρων αφορά τη μορφή του πυρήνα τους. Τα ευκαρυωτικά κύτταρα περιέχουν πυρήνα ο οποίος περιβάλλεται από πυρηνική μεμβράνη, ενώ ο πυρήνας των προκαρυωτικών κυττάρων είναι μόριο δεοξυριβονουκλεϊνικού οξέος (DNA), χωρίς πυρηνική μεμβράνη.

Μικροοργανισμοί που ανήκουν στα ανώτερα και κατώτερα πρώτιστα:

1) Ανώτερα πρώτιστα ή ευκαρυωτικά κύτταρα.

Πρωτόζωα

Μύκητες

2) Κατώτερα πρώτιστα ή προκαρυωτικά κύτταρα.

Κυανοβακτήρια

Βακτήρια

Ρικέτσιες

Χλαμύδια

Μυκοπλάσματα

Ακτινομύκητες

Εκτός από τα ανώτερα και κατώτερα πρώτιστα υπάρχει και τρίτη ομάδα μικροοργανισμών, οι ιοί, οι οποίοι παρασιτούν σε άλλους οργανισμούς και αποτελούνται από ένα μόνο είδος νουκλεϊνικού οξέος, DNA ή RNA, που περιβάλλεται από πρωτεΐνη. Οι ιοί έχουν τόσο μικρό μέγεθος που δεν μπορούμε να τους δούμε με το κοινό μικροσκόπιο, παρά μόνο με το ηλεκτρονικό.

0.1 Διάρθρωση της Μικροβιολογίας.

Η συστηματική μελέτη των μικροβίων και ιδιαίτερα η εντυπωσιακή ανάπτυξη της Ιατρικής Μικροβιολογίας στα τελευταία 100 χρόνια έχουν συμβάλει σημαντικά στην επίλυση πολλών προβλημάτων που αντιμετώπιζε η ανθρωπότητα. Στο διάστημα αυτό βρέθηκαν τα μικροβιακά αίτια πολλών νοσημάτων και αναπτύχθηκαν τα κατάλληλα μέσα για την πρόληψη και τη θεραπεία τους. Νοσήματα, τα οποία στο παρελθόν αποτελούσαν πραγματική μάστιγα για την ανθρωπότητα, έχουν σήμερα σχεδόν εξαφανισθεί. Στο τομέα της Ιατρικής Μικροβιολογίας συνεχίζονται οι προσπάθειες για αποτελεσματική αντιμετώπιση και άλλων μικροβιακών νοσημάτων, ιδιαίτερα εκείνων που οφείλονται σε ιούς.

Οι σπουδαιότεροι κλάδοι της Ιατρικής Μικροβιολογίας είναι:

1) Η Ιατρική Παρασπολογία. Μελετά τη βιολογία των Πρωτοζώων και Μεταζώων* και τις νόσους που προκαλούνται από αυτά.

2) Η Ιατρική Μυκητολογία. Μελετά τους παθογόνους μύκητες και τις νόσους που προκαλούν.

3) Η Ιατρική Βακτηριολογία. Ασχολείται με τα βακτήρια και τα νοσήματα που προκαλούν στον ανθρώπινο οργανισμό.

4) Η Ιατρική Ιολογία. Αντικείμενο της Ιολογίας είναι οι ιοί και τα νοσήματα που οφείλονται σε αυτούς.

Η Μικροβιολογία εκτός από την Ιατρική, έχει στραφεί τα τελευταία χρόνια και σε άλλες περιοχές έρευνας. Η Μικροβιολογία μελετά σήμερα καθαρά θεωρητικά θέματα, όπως π. χ. το φαινόμενο της ζωής (έρευνα του γενετικού κώδικα), αλλά και θέματα πρακτικά, όπως π. χ. η βελτίωση των τροφίμων (Μικροβιολογία τροφίμων), η παραγωγή ουσιών από τα μικρόβια για την καταπολέμηση ασθενειών, η διατροφή των ζώων και του ανθρώπου (Βιομηχανική Μικροβιολογία), η μελέτη των μικροβίων του εδάφους και η σημασία τους για τον κύκλο των στοιχείων στη φύση (Μικροβιολογία εδάφους) ή, τέλος, η χρησιμοποίηση μικροβίων στα διαστημικά ταξίδια (Μικροβιολογία του Διαστήματος).

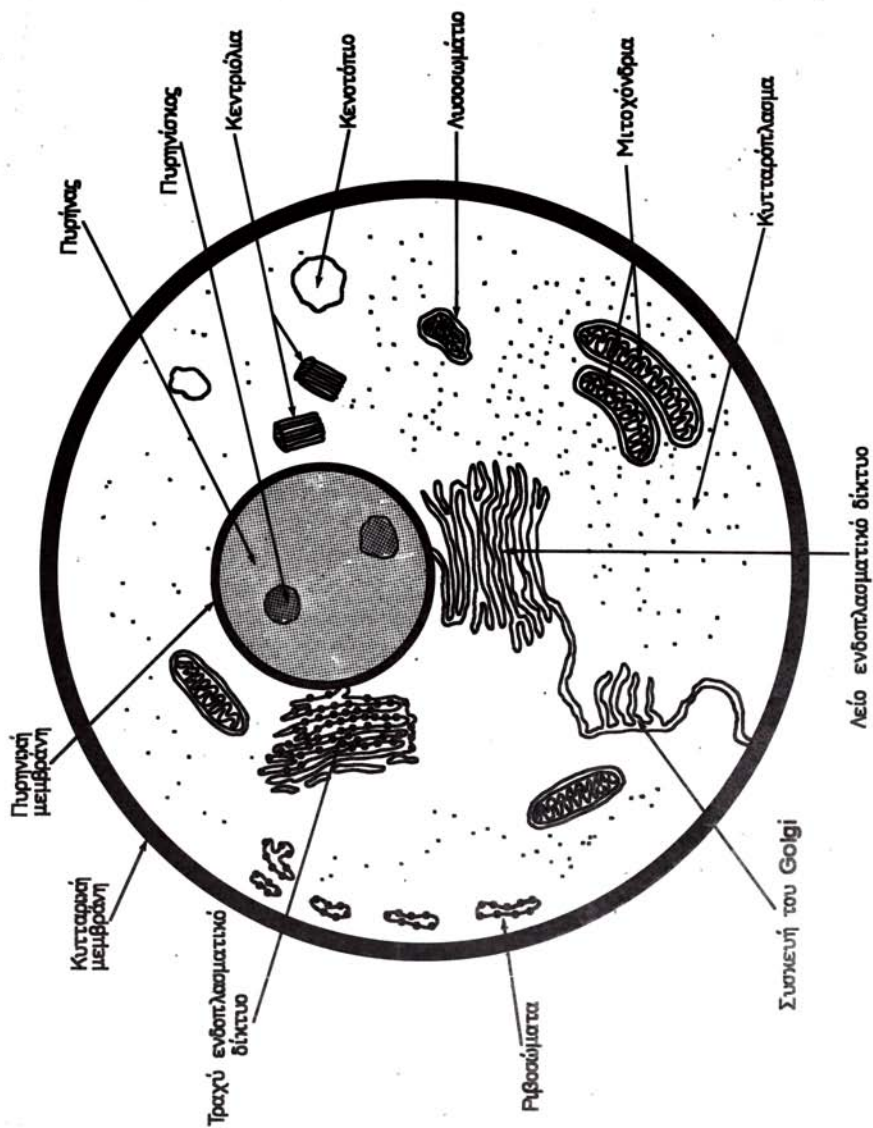
Στο βιβλίο αυτό θα ασχοληθούμε κυρίως με την Ιατρική Μικροβιολογία, με τις ιδιότητες δηλαδή των μικροβίων εκείνων, που είναι παθογόνα για τον άνθρωπο.

0.2 Γενικές ιδιότητες των ευκαρυωτικών και προκαρυωτικών κυττάρων.

α) Ευκαρυωτικό κύτταρο (σχ. 0.2α).

Βασικό χαρακτηριστικό του ευκαρυωτικού κυττάρου είναι η διαφοροποίηση που παρατηρείται στις λειτουργίες του οι οποίες επιτελούνται από διαφορετικούς και πολύπλοκους μεμβρανώδεις σχηματισμούς. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από πρωτεΐνες και λίπη, που περιέχουν στερόλες. Το ευκαρυωτικό κύτταρο αποτελείται από μία εξωτερική μεμβράνη, την κυτταρική μεμβράνη, η οποία περι-

* Τα Μετάζωα δεν ανήκουν στους μικροοργανισμούς, αλλά αναφέρονται εδώ επειδή προκαλούν νοσήματα στον άνθρωπο.



βάλλει το κυτταρόπλασμα. Η κυτταρική μεμβράνη είναι ημιδιαπερατή, δηλαδή άλλες ουσίες μπορούν να την διαπεράσουν και άλλες όχι, και επιτρέπει στο κύτταρο να διατηρεί τον εσωτερικό του χώρο ανεπηρέαστο από το εξωτερικό περιβάλλον.

Μέσα στο κυτταρόπλασμα βρίσκονται τα ακόλουθα οργανίδια ή σχηματισμοί:

1) Ο πυρήνας. Περιβάλλεται από την πυρηνική μεμβράνη. Στον πυρήνα βρίσκονται τα χρωματοσώματα, που αποτελούνται από αναδιπλωμένες έλικες DNA και βασικές πρωτεΐνες, τις ιστόνες, στις οποίες οφείλεται η αναδίπλωση του DNA. Ο πυρήνας περιέχει ένα ή περισσότερους πυρηνίσκους, που συμβάλλουν στη σύνθεση των ριβοσωμάτων, και το κεντρόμερο, που συμβάλλει στη διαίρεση των χρωματοσωμάτων (μίτωση, μείωση).

2) Το ενδοπλασματικό δίκτυο. Πρόκειται για ένα εκτεταμένο δίκτυο μεμβρανών, που συνδέει μεταξύ τους τα διάφορα οργανίδια του ευκαρυωτικού κυττάρου. Οι μεμβράνες του δικτύου καλύπτονται συνήθως από τα ριβοσώματα, που φαίνονται ως μικρά, πυκνά κοκκία.

3) Τα ριβοσώματα. Αποτελούνται από πρωτεΐνες και ριβονουκλεϊνικό οξύ (RNA) και μετέχουν στην πρωτεϊνοσύνθεση. Το μέγεθός τους, που είναι σχετικά μεγάλο, και η προσκόλλησή τους στο ενδοπλασματικό δίκτυο αποτελούν χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν από τα ριβοσώματα του προκαρυωτικού κυττάρου.

4) Τα κενότοπα. Περιβάλλονται από μία μεμβράνη και χρησιμεύουν για την αποθήκευση των θρεπτικών ουσιών.

5) Η συσκευή του Golgi. Σύμπλεγμα μεμβρανών που λειτουργεί ως εκκριτικό όργανο.

6) Τα μιτοχόνδρια. Αποτελούνται από μία διπλή μεμβράνη και περιέχουν ένζυμα για τις διάφορες χημικές αντιδράσεις, όπως π. χ. την οξειδωτική φωσφορυλίωση (αναπνευστική αλυσίδα). Τα μιτοχόνδρια έχουν δικό τους DNA, ανεξάρτητο από το πυρηνικό DNA, το οποίο και περιέχει τη γενετική πληροφορία για την αναπαραγωγή των μιτοχονδρίων.

7) Τα πλαστίδια. Σχηματισμοί που περιέχουν τις χρωστικές και ορισμένα από τα ένζυμα που μετέχουν στη φωτοσύνθεση. Και τα πλαστίδια έχουν πιθανώς το δικό τους DNA, που καθορίζει την αναπαραγωγή τους.

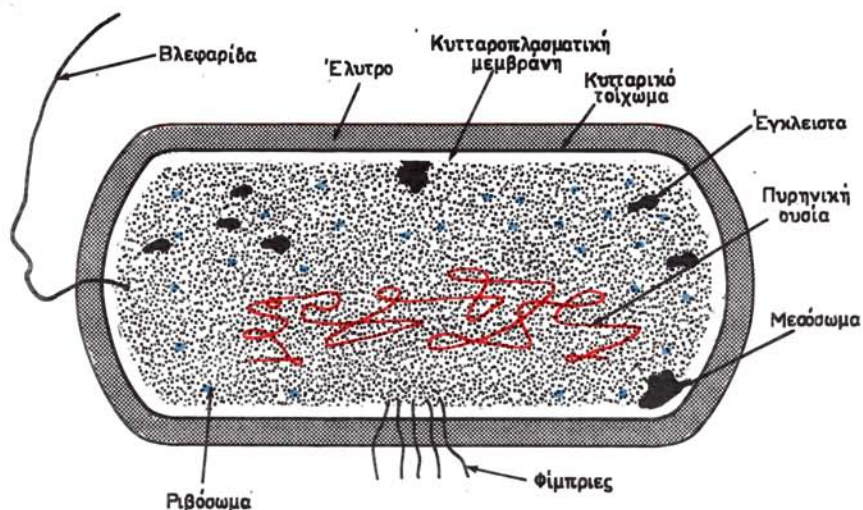
Σε μερικά είδη, έξω από την κυτταρική μεμβράνη, υπάρχει το κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο διατηρεί σταθερό το σχήμα του κυττάρου και είναι κυρίως πολυσακχαριδικής φύσεως.

β) Προκαρυωτικό κύτταρο (σχ. 0.2β).

Το τυπικό προκαρυωτικό κύτταρο έχει δύο μόνο μεμβρανώδεις σχηματισμούς, την **κυτταρική μεμβράνη** και τα **μεσοσώματα**, τα οποία αποτελούν συνέχεια της κυτταρικής μεμβράνης στο εσωτερικό του κυττάρου. Οι μεμβράνες του προκαρυωτικού κυττάρου, σε αντίθεση με τις μεμβράνες του ευκαρυωτικού κυττάρου, δεν περιέχουν στερόλες.

Τα αναπνευστικά ένζυμα του κυττάρου είναι προσηλωμένα στα μεσοσώματα, τα οποία πιθανώς χρησιμεύουν και για την κατανομή του DNA στα δύο θυγατρικά κύτταρα, κατά τη διάρκεια της διαιρέσεως του κυττάρου.

Η πυρηνική ουσία του κυττάρου αντιπροσωπεύεται από ένα χρωματόσωμα, δηλαδή ένα μόριο DNA με διπλή έλικα, που σχηματίζει ένα κλειστό κύκλο, δεν πε-



Σχ. 0.2β.

Σχηματική παράσταση προκαρυωτικού κυττάρου.

ριβάλλεται από πυρηνική μεμβράνη, και καταλαμβάνει μία περιοχή του κυτταροπλάσματος.

Στο προκαρυωτικό κύτταρο δεν υπάρχει ενδοπλασματικό δίκτυο· στο κυτταρόπλασμα όμως βρίσκονται διάσπαρτα άφθονα ριβοσώματα, μικρότερα σε μέγεθος από εκείνα του ευκαρυωτικού κυττάρου, τα οποία μετέχουν επίσης στην πρωτεϊνοσύνθεση.

Σχεδόν όλα τα προκαρυωτικά κύτταρα περιβάλλονται από **κυτταρικό τοίχωμα**, που βρίσκεται έξω από την κυτταρική μεμβράνη. Το συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος είναι ένα σύμπλοκο γλυκοπεπτίδιο, το οποίο αποτελείται από αμινοσάκχαρα και αμινοξέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΟΜΑΔΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ

Όπως είπαμε, οι μικροοργανισμοί ανήκουν στα ανώτερα ή κατώτερα πρώτιστα, ενώ μια τρίτη ομάδα μικροοργανισμών αποτελούν οι ιοί. Στο Κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τις βασικές ιδιότητες κάθε ομάδας μικροοργανισμών, ενώ σε ένα επόμενο κεφάλαιο θα περιγράψουμε τις ιδιότητες των βακτηρίων.

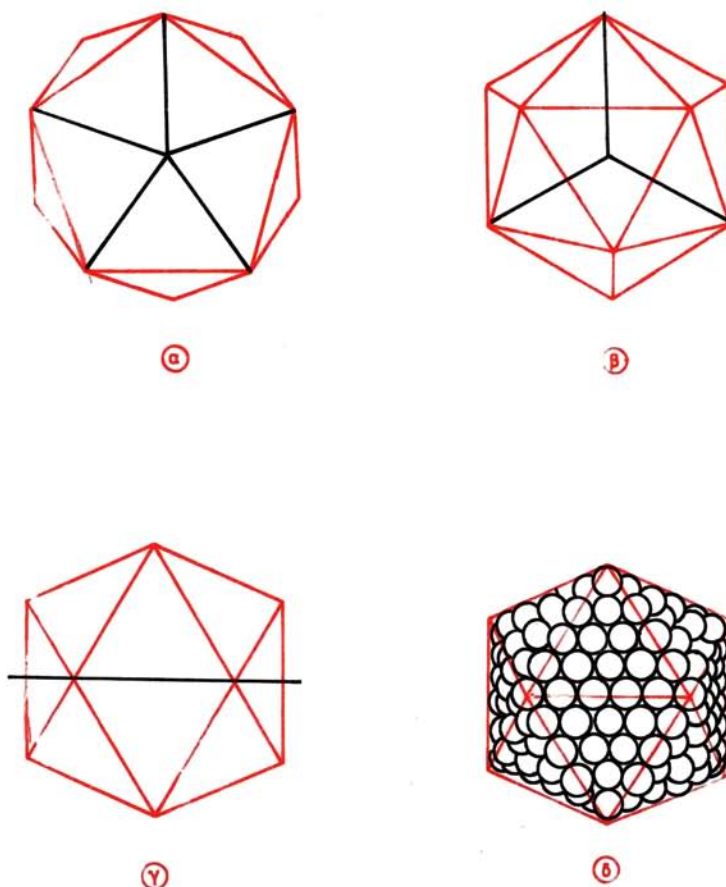
1.1 Ιοί.

Οι ιοί είναι υποχρεωτικώς ενδοκυττάρια παράσιτα. Όλοι οι ιοί αποτελούνται από ένα μόριο **νουκλεϊνικού οξέος** που περιβάλλεται από μία **πρωτεΐνη**. Το νουκλεϊνικό οξύ είναι DNA ή RNA (σε κανένα ιό δεν υπάρχουν μαζί και τα δύο είδη νουκλεϊνικού οξέος) και βρίσκεται με τη μορφή απλής ή διπλής έλικας. Η πρωτεΐνη του ιού ονομάζεται **καψίδιο** και μαζί με το νουκλεϊνικό οξύ σχηματίζει το **νουκλεοκαψίδιο**. Το καψίδιο αποτελείται από πολλές μονάδες, τα **καψομερίδια**, τα οποία είναι ένα ή περισσότερα πολυπεπτίδια. Τα καψομερίδια διατάσσονται συμμετρικά και σχηματίζουν εικοσάεδρο (σχ. 1.1α) ή εμφανίζουν ελικοειδή συμμετρία (σχ. 1.1β). Αντίστοιχη είναι και η συμμετρία των ιών. Ορισμένοι ιοί περιβάλλονται από μία μεμβράνη, το **έλυτρο**, το οποίο χημικώς είναι γλυκολιποπρωτεΐνη (σχ. 1.1γ).

Το μέγεθος των ιών είναι πολύ μικρό, από 20 - 300 nm και φαίνονται μόνο με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, με το οποίο επιτυγχάνονται πολύ μεγάλες μεγεθύνσεις.

Οι ιοί κατατάσσονται σε διάφορες ομάδες, ανάλογα με το μέγεθός τους, το είδος του νουκλεϊνικού οξέος, τη συμμετρία τους, την ύπαρξη ελύτρου, τον οργανισμό στον οποίο παρασιτούν (ζώα, φυτά, βακτήρια) κλπ. Οι ιοί, επειδή δεν έχουν δικό τους μεταβολισμό αναπαράγονται μόνο μέσα σε ζωντανά κύτταρα. Για πολλά χρόνια, ακόμα και σήμερα, αλλά σε περιορισμένη σχετικά έκταση, η ανάπτυξη των ιών γινόταν σε ζώα του εργαστηρίου ή σε εμβρυοφόρα αυγά όρνιθας. Σήμερα οι ιοί καλλιεργούνται κυρίως σε κυτταροκαλλιέργειες, δηλαδή σε ζωντανά κύτταρα, που προέρχονται από ιστούς ζώων και ανθρώπων. Τα κύτταρα αναπτύσσονται σε ειδικά θρεπτικά υλικά, που περιέχουν άλατα, γλυκόζη, αμινοξέα, βιταμίνες και ορό αίματος, και τοποθετούνται σε ατμόσφαιρα CO₂ 5%. Όταν τα κύτταρα αναπτυχθούν και σχηματίσουν στιβάδα, είναι εύκολη η παραλαβή τους και η ανακαλλιέργειά τους σε καινούργιο θρεπτικό υλικό. Με τον τρόπο αυτό διατηρούνται συνέχεια στο εργαστήριο σειρές κυττάρων, που έχουν αποδειχθεί χρήσιμες για τον πολλαπλασιασμό των ιών.

Η καλλιέργεια των ιών στις κυτταροκαλλιέργειες έχει προσφέρει πολλές γνώ-



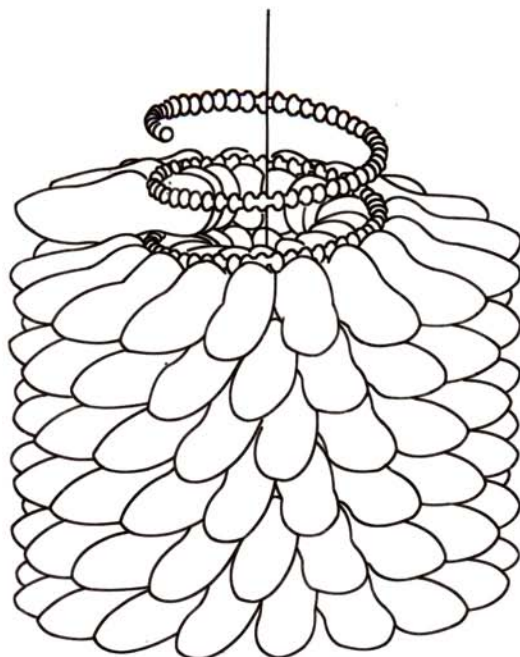
Σχ. 1.1α.

Σχηματική παράσταση ιού με εικοσάεδρο συμμετρία. Οι κύκλοι απεικονίζουν τα καψομερίδια.

σεις σχετικά με τη βιολογία των ιών και τις αντιδράσεις τους με τα κύτταρα στα οποία παρασιτούν. Επίσης, έχει βοηθήσει στη διάγνωση νοσημάτων που οφείλονται σε ιούς και στην ανάπτυξη μεθόδων για την προφύλαξη από αυτά τα νοσήματα.

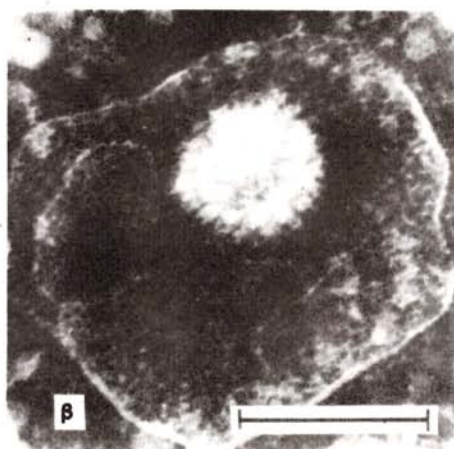
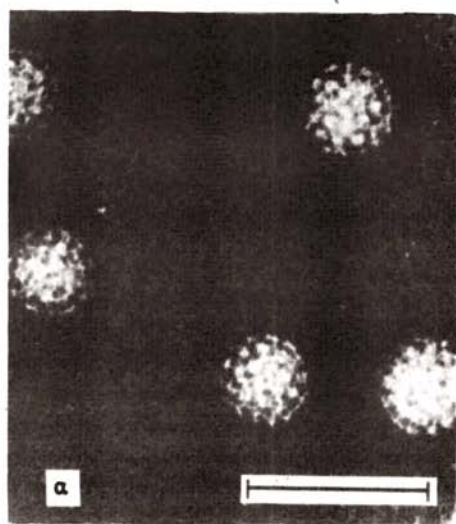
Συνήθη κύτταρα που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των ιών, είναι τα κύτταρα νεφρού πιθήκου, κύτταρα αμνίου υγιών γυναικών και καρκινικά κύτταρα, που προέρχονται από διάφορους ιστούς.

Η ανάπτυξη ενός ιού σε μία κυτταροκαλλιέργεια γίνεται αντιληπτή μικροσκοπικώς από την εμφάνιση εκφυλιστικών αλλοιώσεων και νεκρώσεως των κυττάρων. Μακροσκοπικώς η ανάπτυξη του ιού φαίνεται ως μία διαυγής περιοχή (πλάκα), η οποία σχηματίζεται στη θέση των κυττάρων τα οποία έχουν καταστραφεί. Στην πε-



Σχ. 1.1β.

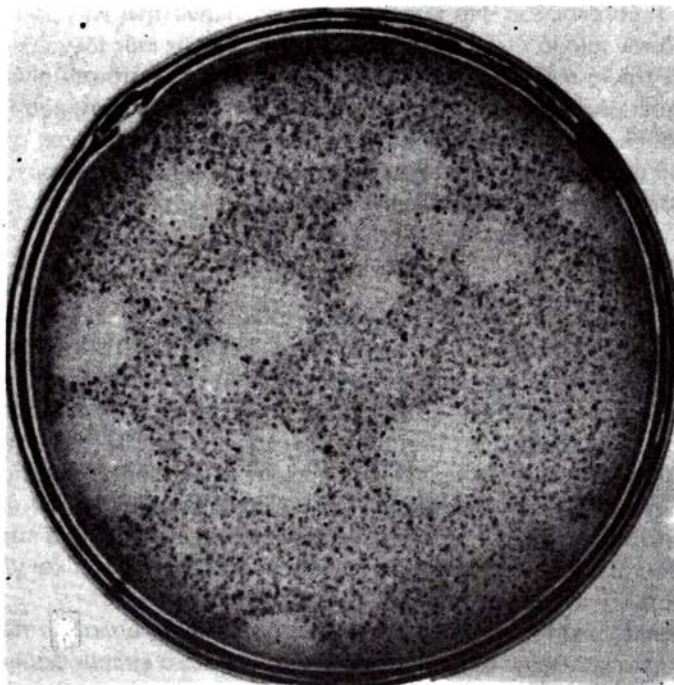
Σχηματική παράσταση ιού με ελικοειδή συμμετρία.



Σχ. 1.1γ.

α) Ηλεκτρονική μικροφωτογραφία εικοσάεδρου ιού. β) Ηλεκτρονική μικροφωτογραφία εικοσάεδρου ιού με έλυτρο.

ρίπτωση αυτή πρέπει να προστεθεί στο υλικό της καλλιέργειας άγαρ και μία χρωστική, το ουδέτερο ερυθρό. Η χρωστική χρωματίζει μόνο τα ζωντανά κύτταρα, ενώ εκείνα που έχουν νεκρωθεί από τον ιό δε χρωματίζονται και φαίνονται ως διαυγείς περιοχές (πλάκες) (σχ. 1.16).



Σχ. 1.16.

Κυτταροκαλλιέργεια ιού, στην οποία φαίνονται οι διαυγείς περιοχές (πλάκες) που αντιστοιχούν σε κύτταρα νεκρωμένα από την ανάπτυξη του ιού.

Ο πολλαπλασιασμός των ιών μέσα στα ζωντανά κύτταρα ακολουθεί διάφορα στάδια. Στην αρχή γίνεται η **προσρόφηση** του ιού στο κύτταρο και ακολουθεί η **διείσδυση** ολόκληρου του νουκλεοκαψιδίου ή ενός μεγάλου μέρους, που οπωσδήποτε πρέπει να περιλαμβάνει όλο το γενετικό υλικό (νουκλεϊνικό οξύ). Μέσα στο κύτταρο επιτελείται η **ελευθέρωση** του νουκλεϊνικού οξέος από την πρωτεΐνη που το περιβάλλει. Στη φάση αυτή ο μεταβολισμός του κυττάρου κατευθύνεται μόνο από το νουκλεϊνικό οξύ του ιού και χρησιμεύει για τη σύνθεση νέου νουκλεϊνικού οξέος και πρωτεΐνης του ιού. Κάθε νέο μόριο νουκλεϊνικού οξέος περιβάλλεται από πρωτεΐνη και έτσι από τον ένα ιό που αρχικά μπήκε στο κύτταρο σχηματίζονται πολλοί νέοι πλήρεις ιοί (νουκλεοκαψίδια).

Όταν σχηματισθούν αρκετοί νέοι ιοί, βγαίνουν έξω από το κύτταρο, το οποίο καταστρέφεται, και εισχωρούν σε άλλα γειτονικά ζωντανά κύτταρα, για να επαναλάβουν τον ίδιο κύκλο.

Η είσοδος ενός ιού στο κύτταρο έχει ως αποτέλεσμα τη διέγερση του κυττά-

ρου και την παραγωγή μιας ουσίας, της **ιντερφερόνης**. Η παραγωγή της ιντερφερόνης καθορίζεται από το γενετικό υλικό του κυττάρου. Η ιντερφερόνη είναι μία πρωτεΐνη που έχει μ.β. 26.000. Η ιντερφερόνη που παράγεται από τα κύτταρα ενός είδους ζώου, δεν μπορεί να προστατέψει άλλο είδος ζώου (είναι, δηλαδή, ειδική για το είδος ζώου που την παράγει). Αντιθέτως, η ιντερφερόνη που παράγεται μετά την είσοδο ενός ιού στο κύτταρο, έχει την ικανότητα να προστατεύει άλλα κύτταρα από τον ίδιο ιό ή και από άλλους διαφορετικούς ιούς (δεν έχει, δηλαδή, ειδικότητα για τον ιό που προκάλεσε την παραγωγή της). Αυτό σημαίνει ότι αν ένας ιός εισχωρήσει μέσα σε ένα κύτταρο ανθρώπου, η ιντερφερόνη που θα παραχθεί, θα παραληφθεί από τα γειτονικά κύτταρα και θα τα προστατεύσει από τη δράση του ίδιου ιού ή άλλων ιών, αλλά δεν θα έχει την ικανότητα να προστατεύει και τα κύτταρα ενός άλλου οργανισμού, π.χ. ποντικού.

1.2 Ρικέτσιες.

Οι ρικέτσιες είναι υποχρεωτικώς ενδοκυττάρια παράσιτα, έχουν μέγεθος $0,3 \times 0,5$ μm και πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση. Περιέχουν DNA, RNA και ριβοσώματα, και περιβάλλονται από κυτταρικό τοίχωμα. Δεν κινούνται, έχουν σχήμα κοκοβακτηριδίου και μοιάζουν με τα Gram-αρνητικά βακτήρια. Παρ' όλο ότι έχουν τα περισσότερα ενζυματικά συστήματα (π.χ. κύκλος του Krebs), δεν μπορούν να ζήσουν ελεύθερες στη φύση, επειδή η κυτταρική τους μεμβράνη είναι πολύ διαπερατή και γι' αυτό ευαίσθητη στο δυσμενές εξωτερικό περιβάλλον. Ο πολλαπλασιασμός τους εξαρτάται από το μεταβολισμό των κυττάρων στα οποία παρασιτούν. Τα κύτταρα προμηθεύουν στις ρικέτσιες τα απαραίτητα συνένζυμα και γλουταμικό οξύ, που αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας των ρικετσιών.

Οι πιο πολλές ρικέτσιες πολλαπλασιάζονται στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων. Στο εργαστήριο καλλιεργούνται μέσα στο λεκιθικό ασκό εμβρυοφόρων αυγών όρνιθας.

Στον άνθρωπο οι ρικέτσιες πολλαπλασιάζονται κυρίως στα κύτταρα του ενδοθηλίου των μικρών αιμοφόρων αγγείων, με αποτέλεσμα να προκαλούνται αλλοιώσεις στα αγγεία (ενδαγγείιτις) και να εμφανίζονται αιμορραγίες. Οι ρικέτσιες αναπτύσσονται στα αγγεία του δέρματος, του κεντρικού νευρικού συστήματος, του μυοκαρδίου, των νεφρών, των πνευμόνων, του ήπατος και του σπληνός. Οι ρικέτσιες είναι ευαίσθητες στα αντιβιοτικά, ιδιαίτερα στις τετρακυκλίνες και τη χλωραμφαινικόλη.

Οι ρικέτσιες είναι παράσιτα των αρθροπόδων και διαφόρων άλλων ζώων. Σε ορισμένα αρθρόποδα οι ρικέτσιες μεταδίδονται με τα ωάρια στους απογόνους του.

1.3 Χλαμύδια (Bedsonia).

Τα χλαμύδια είναι υποχρεωτικώς ενδοκυττάρια παράσιτα, έχουν μέγεθος $0,3 \times 0,4$ μm και πολλαπλασιάζονται με διχοτόμηση. Περιέχουν DNA, RNA και ριβοσώματα και περιβάλλονται από κυτταρικό τοίχωμα. Έχουν σχήμα σφαιρικό και μοιάζουν με τα Gram αρνητικά βακτήρια. Έχουν περιορισμένη μεταβολική δραστηριότητα και δεν μπορούν να ζήσουν έξω από ζωντανά κύτταρα, γιατί έχουν χάσει την ικανότητα να παράγουν ενέργεια.

Τα χλαμύδια καλλιεργούνται στο λεκιθικό ασκό των εμβρυοφόρων αυγών όρνιθας. Είναι ευαίσθητα στις τετρακυκλίνες και τη χλωραμφαινικόλη. Τα χλαμύδια παρασποιούν στα πτηνά και στον άνθρωπο. Στον άνθρωπο, τα χλαμύδια παρασποιούν κυρίως στα κύτταρα των διαφόρων βλεννογόνων.

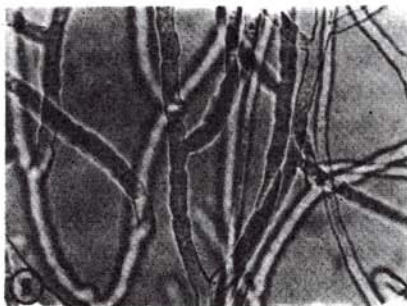
Τα χλαμύδια εισχωρούν στα κύτταρα όταν έχουν τη σφαιρική τους μορφή, η οποία ονομάζεται και στοιχειώδες σωμάτιο. Μετά από 8-10 ώρες το στοιχειώδες σωμάτιο αναδιοργανώνεται και σχηματίζει ένα μεγάλο κοκκιώδη σχηματισμό, το αρχικό σωμάτιο. Το αρχικό σωμάτιο διαιρείται και σχηματίζει κενοτόπια, από τα οποία προέρχονται τα στοιχειώδη σωμάτια. Τα στοιχειώδη σωμάτια περιβάλλονται από κυτταρικό τοίχωμα. Όταν το κυτταρόπλασμα γεμίσει από στοιχειώδη σωμάτια, το κύτταρο σπάζει, με αποτέλεσμα να ελευθερωθούν τα στοιχειώδη σωμάτια, τα οποία είναι πια ώριμα να εισχωρήσουν σε γειτονικά ζωντανά κύτταρα και να επαναλάβουν τον ίδιο κύκλο.

1.4 Μύκητες.

Οι μύκητες είναι ευκαρυωτικοί μονοκυττάριοι ή πολυκυττάριοι οργανισμοί, που βρίσκονται στον αέρα, στα τρόφιμα, στο χώμα, στα ζώα, στα φυτά και στο νερό. Δεν περιέχουν χλωροφύλλη, στην κυτταρική τους μεμβράνη βρίσκονται στερόλες, περιβάλλονται από κυτταρικό τοίχωμα και αναπαράγονται με την παραγωγή σπορίων.

Τα κύρια συστατικά του κυτταρικού τους τοιχώματος είναι εξόζες και εξοζαμίνες. Σε πολλούς μύκητες βασικό δομικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος είναι η χιτίνη, που αποτελείται από μόρια Ν-ακετυλογλυκοζαμίνης. Μερικοί μύκητες περιβάλλονται από ένα έλυτρο πολυσακχαριδικής φύσεως.

Στη φύση υπάρχουν πολλές χιλιάδες είδη μυκήτων, που κατατάσσονται σε διάφορες ομάδες. Ορισμένοι μύκητες είναι χρήσιμοι για τον άνθρωπο, όπως αυτοί οι οποίοι προκαλούν ζύμωση του κρασιού και του ψωμιού. Από άλλους πάλι λαμβάνονται διάφορα φάρμακα, όπως τα αντιβιοτικά, και διάφορες ουσίες, όπως ένζυμα, βιταμίνες, αμινοξέα κλπ. Υπάρχουν όμως μύκητες οι οποίοι προκαλούν νοσήματα στον άνθρωπο και στα ζώα. Αυτοί ονομάζονται παθογόνοι μύκητες.

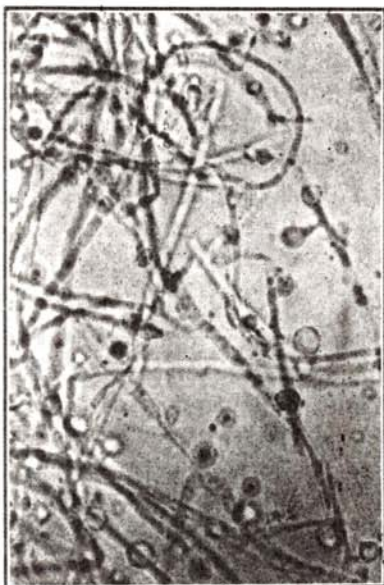


Σχ. 1.4α.

Οι υφές (νηματοειδή τμήματα) των πολυκυττάρων μυκήτων.

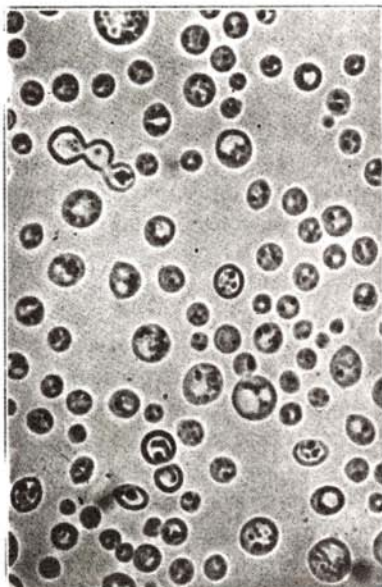
Οι πολυκυττάριοι μύκητες αποτελούνται από νηματοειδή τμήματα, τις υφές, που έχουν διάμετρο από 2 - 15 μm (σχ. 1.4α). Η ανάπτυξη των υφών γίνεται με επιμή-

κυνση των άκρων τους και σχηματισμό παραπλεύρων κλάδων. Έτσι δημιουργείται ένα δίκτυο υφών, που ονομάζεται μυκητόλλιο (σχ. 1.4β) και είναι ορατό με γυμνό μάτι. Σε πολλούς μύκητες οι υφές χωρίζονται μεταξύ τους με διαφράγματα που έχουν πόρους. Σε άλλους μύκητες δεν υπάρχουν διαφράγματα και ολόκληρο το μυκητόλλιο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα κύτταρο.



Σχ. 1.4β.

Μυκητόλλιο σε μικρή μεγέθυνση.



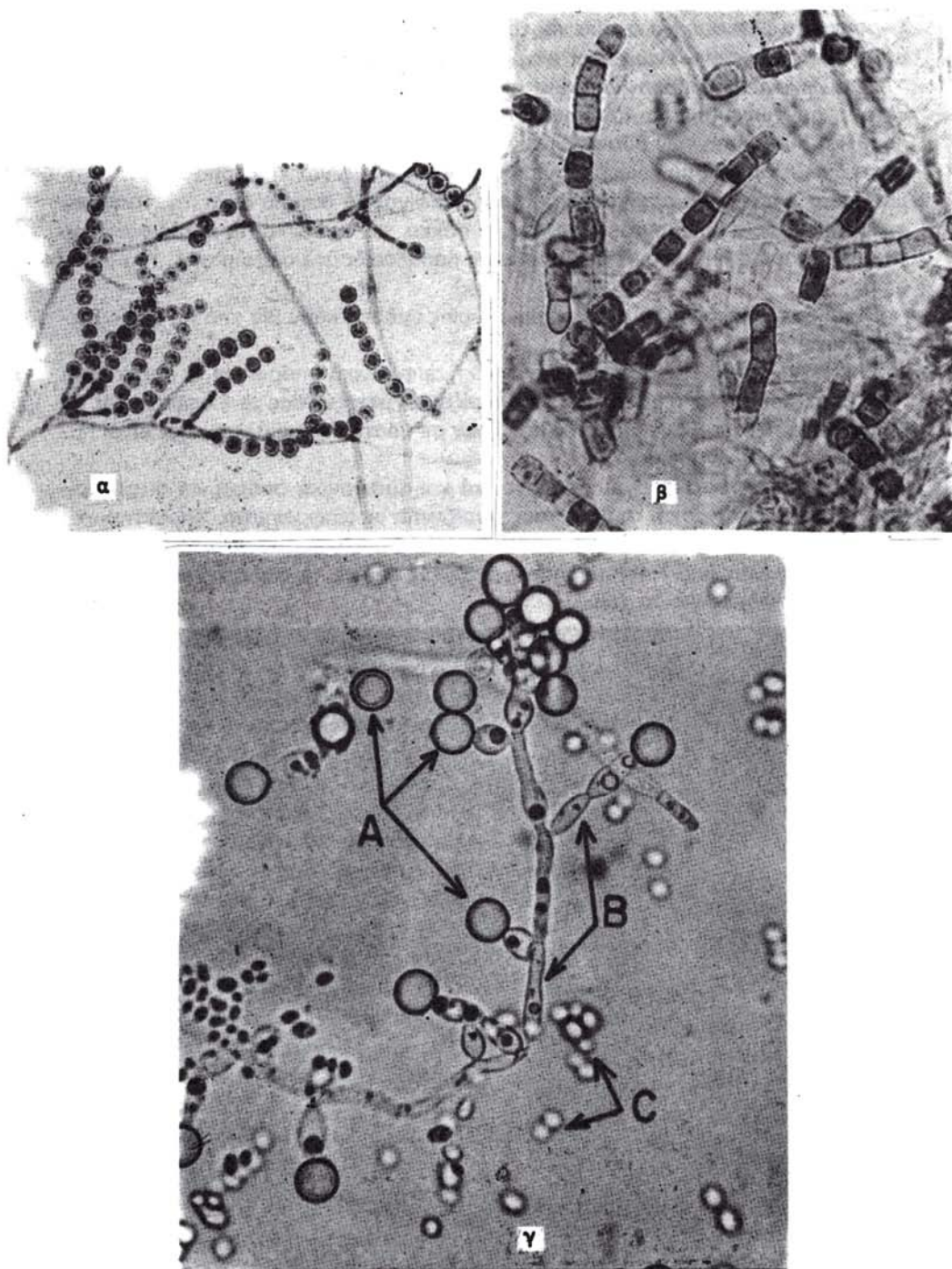
Σχ. 1.4γ.

Βλαστοκύτταρα.

Τα κύτταρα των μονοκυτταρίων μυκήτων είναι στρογγυλά ή ωοειδή, έχουν διάμετρο 3 - 5 μm και ονομάζονται **βλαστοκύτταρα** (σχ. 1.4γ). Η αναπαραγωγή τους γίνεται με το σχηματισμό εκβλαστωμάτων ή με τη διαίρεση του πυρήνα και στη συνέχεια του κυτταροπλάσμά τους σε δύο ίσα μέρη. Μερικές φορές τα εκβλαστώματα παραμένουν το ένα κοντά στο άλλο και σχηματίζουν μορφώματα, που ονομάζονται **ψευδομυκητόλλια**.

Πολλά είδη μυκήτων, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος αναπτύσσονται με τη μορφή βλαστοκυττάρων ή υφών. Η ιδιότητα αυτή των μυκήτων λέγεται **διμορφισμός**.

Οι μύκητες αναπαράγονται με μονογονικό ή αμφιγονικό τρόπο. Η μονογονική αναπαραγωγή των μυκήτων γίνεται με την παραγωγή των σπορίων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι σπορίων: Τα σποραγγειοσπόρια, που βρίσκονται μέσα σε ένα μόρφωμα, το σποράγγειο, στο οποίο καταλήγει η υφή. Τα **κονίδια**, τα οποία είναι σπόρια που συνήθως βρίσκονται πολλά μαζί στα πλάγια ή τα άκρα των υφών. Τα **σπυροσπόρια**, τα οποία είναι κυλινδρικά κύτταρα που προέρχονται από την κατάτμηση των υφών και τέλος τα **χλαμυδοσπόρια**, τα οποία περιβάλλονται από παχύ τοίχωμα και σχηματίζονται στο μέσο ή στο άκρο των υφών (σχ. 1.4δ). Τα σπόρια δια-



Σχ. 1.46.

α) Κονίδια. β) Αρθροσπόρια. γ) Χλαμυδοσπόρια.

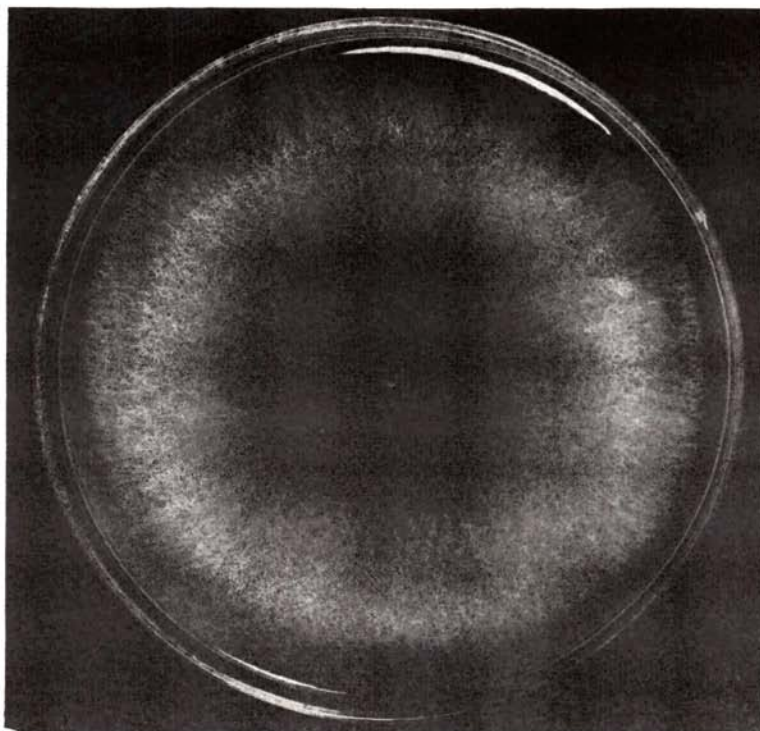
φέρουν στο μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα. Ορισμένοι μύκητες παράγουν ένα μόνο είδος σπορίων, ενώ άλλοι μέχρι και τέσσερα είδη σπορίων.

Η αμφιγονική αναπαραγωγή των μυκήτων γίνεται σε τρία στάδια: Στην αρχή γίνεται η συγχώνευση του κυτταροπλάσματος των δύο κυττάρων (γαμετών), ακολουθεί η συνένωση των δύο πυρήνων και τέλος, η διαίρεση (μείωση) του πυρήνα με το διπλοειδή αριθμό χρωματοσωμάτων. Με την αμφιγονική αναπαραγωγή σχηματίζονται σπόρια, τα **αμφιγονικά σπόρια**. Αμφιγονικά σπόρια είναι π.χ. τα **ασκοσπόρια**, τα οποία βρίσκονται μέσα σε ένα σάκκο, τον ασκό, και τα **βασιδιοσπόρια**, τα οποία παράγονται στην επιφάνεια ενός ροπαλοειδούς μορφώματος, του βασιδίου.

Οι μύκητες διακρίνονται σε τέσσερις κύριες ομάδες, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει πολλά είδη:

1) Φυκομύκητες. Παράγουν μονογονικά ή αμφιγονικά σπόρια και τα μυκητούλλιά τους αποτελούνται από υφές, που δεν χωρίζονται μεταξύ τους με διαφράγματα. Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει μύκητες που ζουν σε υδάτινο περιβάλλον. Δεν είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο.

2) Ασκομύκητες. Παράγουν μονογονικά και αμφιγονικά σπόρια, τα οποία βρίσκονται μέσα στον ασκό. Οι υφές τους χωρίζονται με διαφράγματα. Χαρακτηριστικά είδη ασκομυκήτων είναι το *Penicillium*, από το οποίο λαμβάνεται η πενικιλίνη, και ο ασπέργιλλος (σχ. 1.4ε) που παράγει τοξικές ουσίες. τις αφλατοξίνες οι οποίες είναι θανατηφόρες για τα ζώα.



Σχ. 1.4ε.

Ασπέργιλλος — χαρακτηριστικό είδος Ασκομύκητα.

3) Βασιδιομύκητες. Παράγουν μονογονικά και αμφιγονικά σπόρια, τα βασιδιοσπόρια. Οι υφές τους χωρίζονται με διαφράγματα. Στην ομάδα αυτή υπάγονται οι εδώδιμοι μύκητες (μανιτάρια), τα δηλητηριώδη μανιτάρια και μύκητες που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στα φυτά.

4) Δευτερομύκητες ή ατελείς μύκητες. Παράγουν μόνο μονογονικά σπόρια. Σε μερικούς μύκητες αυτής της ομάδας, όπως παρατηρήθηκε πρόσφατα, γίνεται και αμφιγονική αναπαραγωγή. Οι υφές τους χωρίζονται με διαφράγματα. Στην ομάδα αυτή υπάγονται οι περισσότεροι μύκητες που προκαλούν νόσους στον άνθρωπο, τις νηυστές μυκητιάσεις (σχ. 1.4στ).



Σχ. 1.4στ.

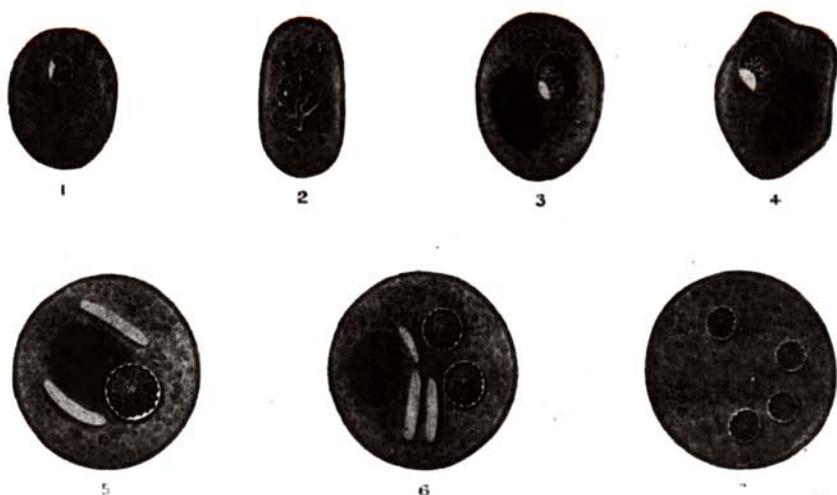
Candida albicans — χαρακτηριστικό είδος Δευτερομύκητα που προκαλεί πολλές μυκητιάσεις στον άνθρωπο.

1.5 Πρωτόζωα.

Τα πρωτόζωα είναι μονοκυττάριοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, χωρίς κυτταρικό τοίχωμα. Αναπαράγονται κυρίως με μονογονικό τρόπο, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και με αμφιγονικό. Τα περισσότερα πρωτόζωα κινούνται και ζουν ελεύθερα στη φύση. Ορισμένα από αυτά είναι υποχρεωτικώς παράσιτα και εξαρτώνται από τα κύτταρα στα οποία παρασιτούν. Το μέγεθός τους κυμαίνεται από λίγα έως 100 μm .

Στα πρωτόζωα παρατηρούνται τουλάχιστον δύο κύκλοι εξέλιξης. Τα παράσιτα των ανοικτών κοιλοτήτων του σώματος του ανθρώπου (οι αμοιβάδες π.χ.) εμφανίζονται με δύο μορφές, τη βλαστική μορφή ή τροφοζωίτη και την ώριμη μορφή ή κύστη (σχ. 1.5α). Ο τροφοζωίτης έχει μόνο ένα πυρήνα, κινείται με την προσεκβολή ψευδοποδίων ή με ειδικό όργανο κινήσεως, το μαστίγιο, πολλαπλασιάζεται με διχοτόμηση και μεταπίπτει στην κυστική μορφή. Η κύστη δεν κινείται, είναι πιο σφαιρική από τον τροφοζωίτη και πολύ ανθεκτική στις επιδράσεις του περιβάλλοντος. Οι κύστεις περιέχουν 2 ή περισσότερους πυρήνες και από αυτές προέρχονται οι τροφοζωίτες.

Τα παράσιτα του αίματος και των ιστών μεταδίδονται στον άνθρωπο με τα αρ-



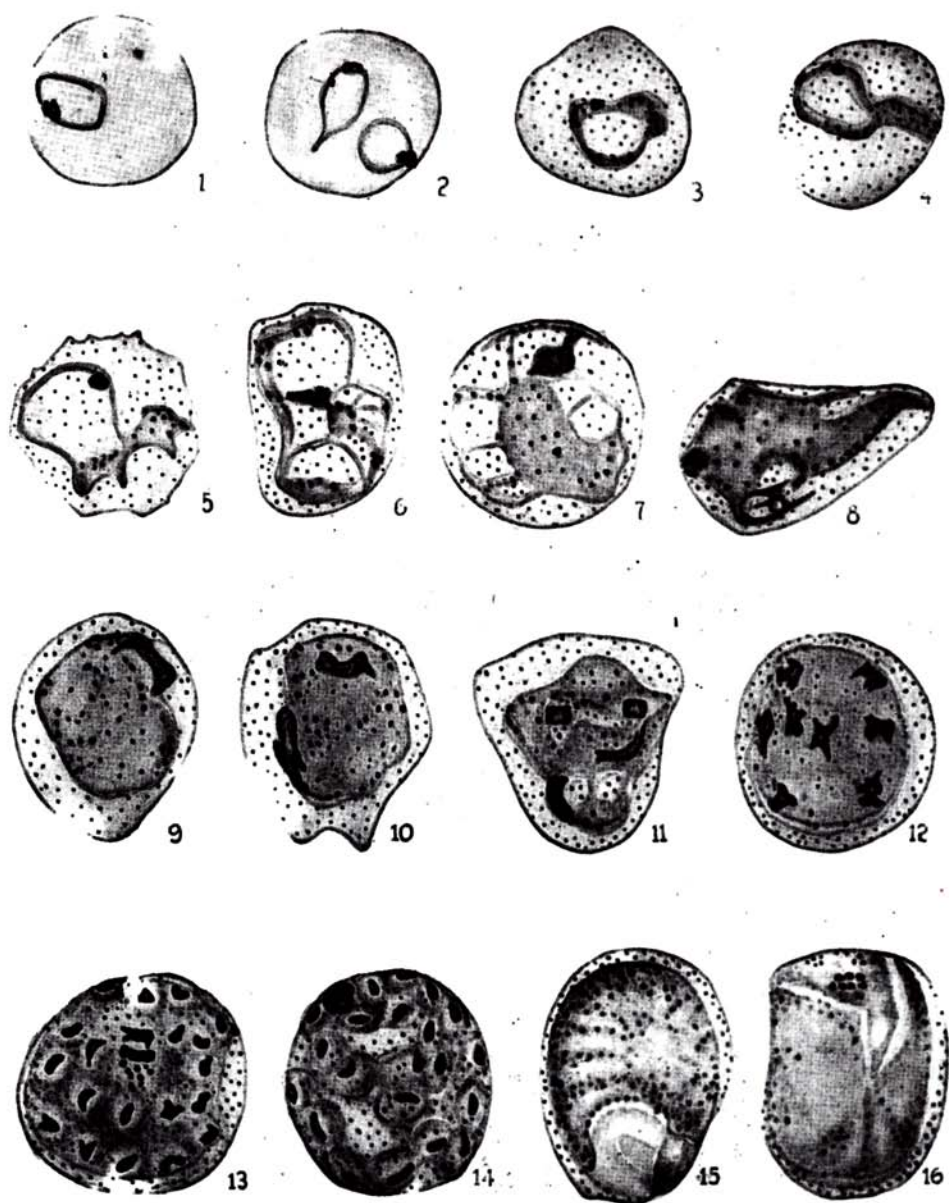
Σχ. 1.5α.

Κύστεις της αμοιβάδας της ιστολυτικής.

θρόποδα. Παρουσιάζουν ένα κύκλο εξελίξεως στα αρθρόποδα και ένα στον άνθρωπο.

Τέλος, το πλασμώδιο της ελονοσίας παρουσιάζει ένα κύκλο εξελίξεως στον άνθρωπο και ένα στον ανωφελή κώνωπα. Στον άνθρωπο το πλασμώδιο πολλαπλασιάζεται με μονογονικό τρόπο και από τη διαδικασία αυτή δημιουργούνται τα γαμετοκύτταρα, δηλαδή τα αρσενικά μικρογαμετοκύτταρα και τα θηλυκά μακρογαμετοκύτταρα. Ο κύκλος αυτός στον άνθρωπο ονομάζεται σχιζογονικός κύκλος. Στον κώνωπα τα γαμετοκύτταρα εξελίσσονται σε ώριμους μικρογαμέτες και μακρογαμέτες. Από την ένωση ενός μικρογαμέτη με ένα μακρογαμέτη δημιουργείται ο ζυγώτης, ο οποίος, αφού περάσει από διάφορα στάδια, παράγει τους σποροζώιτες. Ο κύκλος εξελίξεως του πλασμωδίου στον κώνωπα είναι αμφιγονικός, διαρκεί από 8 - 21 ημέρες και ονομάζεται σπορογονικός κύκλος (σχ. 1.5β).

Τα πρωτόζωα προκαλούν σοβαρά νοσήματα στον άνθρωπο (όπως η ελονοσία π.χ.), τα οποία μεταδίδονται με διάφορους τρόπους.



Σχ. 1.5β.

Διάφορες μορφές της εξέλιξης του πλασμιωδίου της ελονοσίας μέσα σε ερυθρά αιμοσφαίρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ

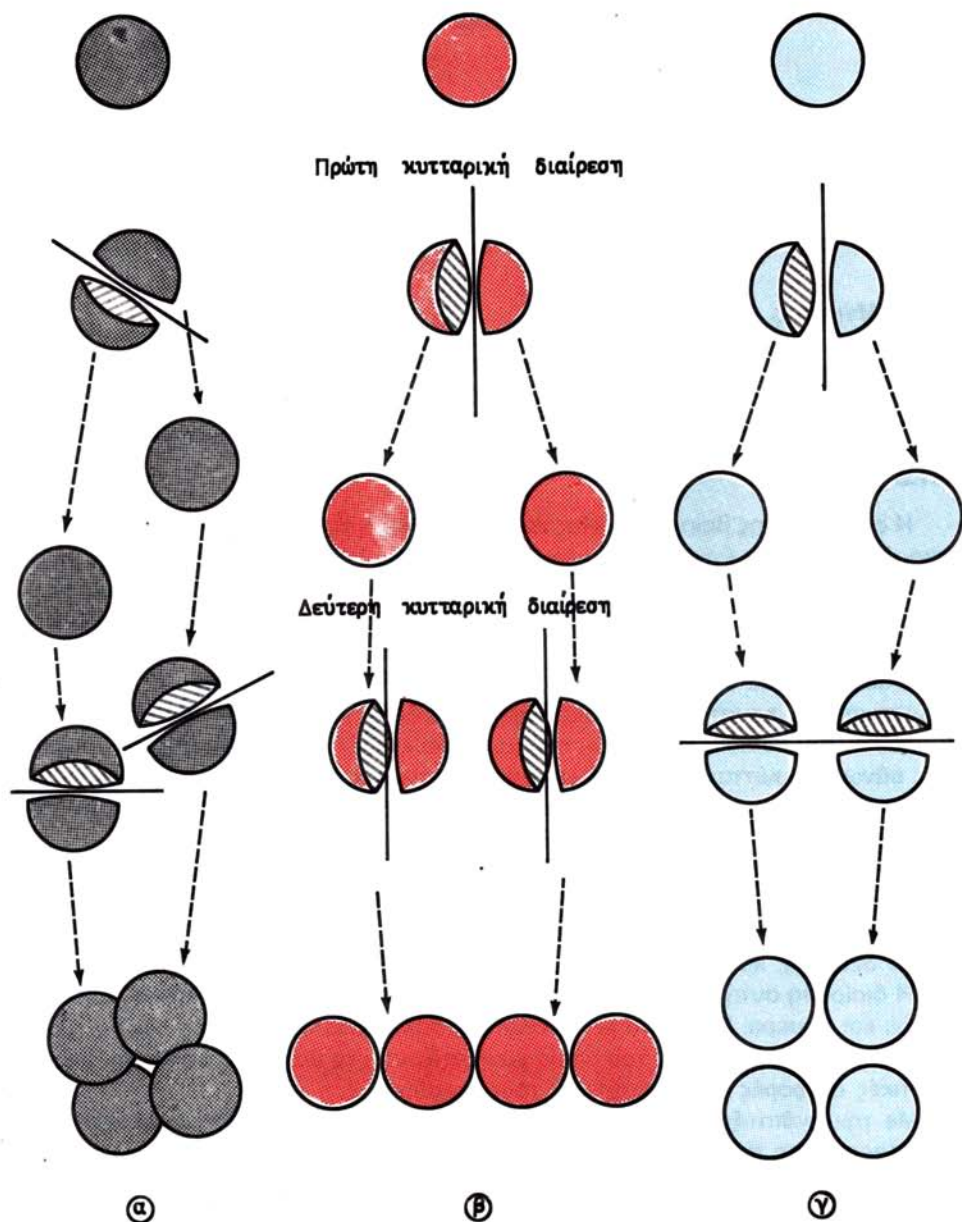
2.1 Κυτταρολογία των βακτηρίων.

2.1.1 Μορφή.

Στο κοινό μικροσκόπιο τα βακτήρια φαίνονται με δύο βασικές μορφές, τη μορφή των **κόκκων** και τη μορφή των **βακτηριδίων**. Οι κόκκοι είναι σφαιρικά ή ωοειδή κύτταρα. Η διάμετρός τους είναι ίση, ή σχεδόν ίση, σε όλα τα επίπεδα. Τα βακτηρίδια έχουν κυλινδρική μορφή, δηλαδή η μία διάμετρός τους είναι σαφώς μεγαλύτερη (μήκος) από την άλλη (πάχος).

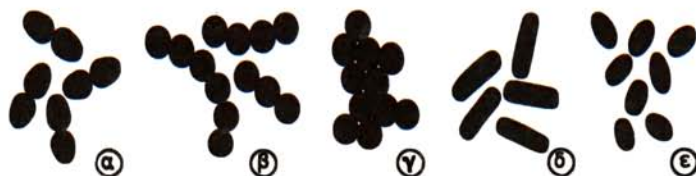
Τα κύτταρα ενός βακτηρίου εμφανίζονται σε χαρακτηριστική διάταξη, ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η διαίρεσή τους. Έτσι π.χ. αν η διαίρεση των κυττάρων γίνεται σε διαφορετικά επίπεδα και τα κύτταρα παραμένουν το ένα κοντά στο άλλο, εμφανίζονται σχηματισμοί από κύτταρα, που μοιάζουν με τσαμπιά από σταφύλια. Τέτοιο παράδειγμα είναι ο μικροοργανισμός σταφυλόκοκκος. Εάν η διαίρεση των κυττάρων γίνεται στο ίδιο επίπεδο, σχηματίζεται μία αλυσίδα από κύτταρα, που μοιάζει με περιδέραιο (στρεπτό), όπως συμβαίνει στην περίπτωση του μικροοργανισμού που ονομάζεται στρεπτόκοκκος. Όταν τα κύτταρα διαιρούνται σε δύο κάθετα επίπεδα και παραμένουν το ένα κοντά στο άλλο, ο μικροοργανισμός εμφανίζεται στο μικροσκόπιο με τη μορφή ενός τετραδικού κόκκου (σχ. 2.1α). Σε άλλα βακτήρια οι κόκκοι διατάσσονται χαρακτηριστικά σε ζεύγη και οι μικροοργανισμοί αυτοί ονομάζονται τότε διπλόκοκκοι.

Τα κύτταρα ορισμένων βακτηριδίων έχουν μικρό μήκος, το οποίο δεν διαφέρει πολύ από το πάχος τους. Μικροοργανισμοί με κύτταρα αυτής της μορφής ονομάζονται **κοκκοβακτηρίδια**. Όταν τα κύτταρα με μορφή βακτηριδίου στενεύουν προς τα δύο άκρα τους, ονομάζονται **στρακτόμορφα βακτηρίδια**. Βακτηρίδια, τα οποία διατάσσονται το ένα πίσω από το άλλο σαν αλυσίδα, ονομάζονται **στρεπτοβακτηρίδια**. Τα κύτταρα ορισμένων βακτηριοειδών μικροβίων κάμπτονται και εμφανίζουν τη μορφή **κόμματος**, ενώ τα κύτταρα άλλων μικροοργανισμών εμφανίζουν **ελικοειδή περιστροφή**. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν μικροοργανισμοί που ονομάζονται **δονάκια**, ενώ οι μικροοργανισμοί της δεύτερης ομάδας ονομάζονται **σπειρύλλια** (σχ. 2.1β).



Σχ. 21α.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η κυτταρική διαίρεση διαφόρων βακτηρίων και η χαρακτηριστική διάταξη του καθενός: α = Σταφυλόκοκκος, β = Στρεπτόκοκκος, γ = Τετραδικός κόκκος



Σχ. 2.1β.

Μορφές κυττάρων βακτηρίων (σχηματική παράσταση). α) Διπλόκοκκοι. β) Στρεπτόκοκκοι. γ) Σταφυλόκοκκοι. δ) Βακτηρίδια. ε) Κοκκοβακτηρίδια.

2.1.2 Μέγεθος.

Το μέγεθος των περισσότερων βακτηρίων κυμαίνεται από 0,5 - 5 μm. Όταν αναφέρεται το μέγεθος των βακτηριδίων, χρησιμοποιούνται δύο αριθμοί, ένας για το πάχος και ένας για το μήκος, π.χ. 0,5 × 1,2 μm.

2.1.3 Δομή.

Η ανάπτυξη της βακτηριολογίας και η ταξινόμηση των βακτηρίων βασίστηκε σε παρατηρήσεις που έγιναν με το κοινό μικροσκόπιο. Τα βακτήρια κατατάσσονται με βάση τη μορφή, το μέγεθος και τον τρόπο που χρωματίζονται. Ο Δανός Μικροβιολόγος *Christian Gram* ανέπτυξε το 1884 μία εμπειρική μέθοδο για τη χρώση των βακτηρίων και το διαχωρισμό τους: Τα κύτταρα μονιμοποιούνται πρώτα με θερμότητα πάνω σε μια αντικειμενοφόρο πλάκα και μετά χρωματίζονται με μία βασική χρωστική (π.χ. κρυσταλλικό ιώδες - χρώμα ιώδες). Ακολούθως προστίθεται μίγμα ιωδίου και ιωδιούχου καλίου, που χρησιμεύει για την προσήλωση της χρωστικής πάνω στα κύτταρα. Οι αντικειμενοφόρες πλάκες ξεπλένονται με αλκοόλη και στη συνέχεια χρωματίζονται πάλι με μία χρωστική, που έχει κόκκινο χρώμα (π.χ. σαφρανίνη).

Με τη μικροσκόπηση διαπιστώνεται ότι, άλλα βακτήρια χρωματίζονται ιώδη και άλλα κόκκινα. Τα βακτήρια που χρωματίζονται ιώδη ονομάζονται Gram θετικά, ενώ εκείνα που αποχρωματίζονται με τον οργανικό διαλύτη (αλκοόλη) και βάφονται με τη δεύτερη, κόκκινη χρωστική, ονομάζονται Gram αρνητικά βακτήρια.

Η διαίρεση αυτή των βακτηρίων σε Gram θετικά και Gram αρνητικά βακτήρια, ισχύει και σήμερα. Σύμφωνα με τα νεώτερα πορίσματα της βακτηριολογίας, η διαφορά αυτή στον τρόπο με τον οποίο χρωματίζονται τα βακτήρια οφείλεται σε σημαντικές διαφορές του κυτταρικού τους τοιχώματος.

Με την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, μπόρεσαν να μελετηθούν λεπτομερώς και τα διάφορα συστατικά των κυττάρων, με αποτέλεσμα να γνωρίζουμε σήμερα με μεγάλη ακρίβεια τη λεπτή υφή του βακτηριακού κυττάρου.

Το βακτηριακό κύτταρο αποτελείται, από μέσα προς τα έξω, από το κυτταρόπλασμα, την κυτταροπλασματική μεμβράνη και το κυτταρικό τοίχωμα. Σε πολλά βακτήρια, έξω από το κυτταρικό τοίχωμα, υπάρχει μία ακόμα βλεννώδης στιβάδα, ή ένα έλυτρο, ενώ στα κινητά βακτήρια παρατηρούνται επιμήκη εξαρτήματα, οι βλεφαρίδες, που ξεκινούν από το κυτταρόπλασμα και βγαίνουν έξω από το κύτταρο. Σε ορι-

σμένα Gram αρνητικά βακτήρια υπάρχουν επίσης άλλα, μικρότερα σε μήκος από τις βλεφαρίδες εξαρτήματα, οι φίμπριες.

Στη συνέχεια εξετάζονται λεπτομερώς τα διάφορα μέρη του βακτηριακού κυττάρου.

α) Κυτταρόπλασμα.

Μέσα στο κυτταρόπλασμα υπάρχουν:

— Τα **μεσοσώματα**. Πρόκειται για αναδιπλώσεις της κυτταροπλασματικής μεμβράνης μέσα στο κυτταρόπλασμα. Τα μεσοσώματα αποτελούν το σημείο προσκόλλησης του χρωματοσώματος του κυττάρου στην κυτταροπλασματική μεμβράνη. Χρησιμοποιούν για την κατανομή του DNA στα δύο θυγατρικά κύτταρα, όταν γίνεται η διαίρεση του κυττάρου. Συντείνουν στην έκκριση ενζύμων και μετέχουν στο μηχανισμό μεταφοράς ηλεκτρονίων για την αναπνευστική λειτουργία των κυττάρων.

— Η **πυρηνική περιοχή**. Πρόκειται για την περιοχή του κυτταροπλάσματος, στην οποία βρίσκεται το χρωματόσωμα του βακτηρίου. Στα βακτήρια δεν υπάρχει πραγματικός πυρήνας, όπως στα ευκαρυωτικά κύτταρα, που να περιβάλλεται από πυρηνική μεμβράνη και να περιέχει ιστόνες και πυρηνίσκους. Το χρωματόσωμα του βακτηρίου αποτελείται από ένα μόριο DNA με διπλή έλικα, που σχηματίζει κλειστό κύκλο. Το μήκος του DNA είναι χίλιες φορές περίπου μεγαλύτερο από το μέγεθος του κυττάρου.

— Τα **ριβοσώματα**. Μέσα στο κυτταρόπλασμα υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός (χιλιάδες) μικρών κοκκίων, τα ριβοσώματα, τα οποία του προσδίδουν κοκκιώδη όψη. Όταν η μικροσκοπηση γίνεται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, τα ριβοσώματα διατάσσονται σε ομάδες που σχηματίζουν αλυσίδες, τα πολυσώματα. Στα ριβοσώματα γίνεται η λειτουργία της πρωτεϊνοσυνθέσεως.

— Τα **κυτταροπλασματικά έγκλειστα**. Είναι κοκκία που αποτελούνται από διάφορες ουσίες, όπως π.χ. γλυκογόνο, άμυλο και ανόργανο φωσφορικό οξύ (κοκκία βολουτίνης). Οι ουσίες αυτές αποτελούν υλικό εναποθηκεύσεως των κυττάρων. Τα κοκκία της βολουτίνης λέγονται και μεταχρωματικά κοκκία, επειδή χρωματίζονται ερυθρά όταν χρησιμοποιείται ιώδης χρωστική, όπως π.χ. το κυανούν του μεθυλενίου.

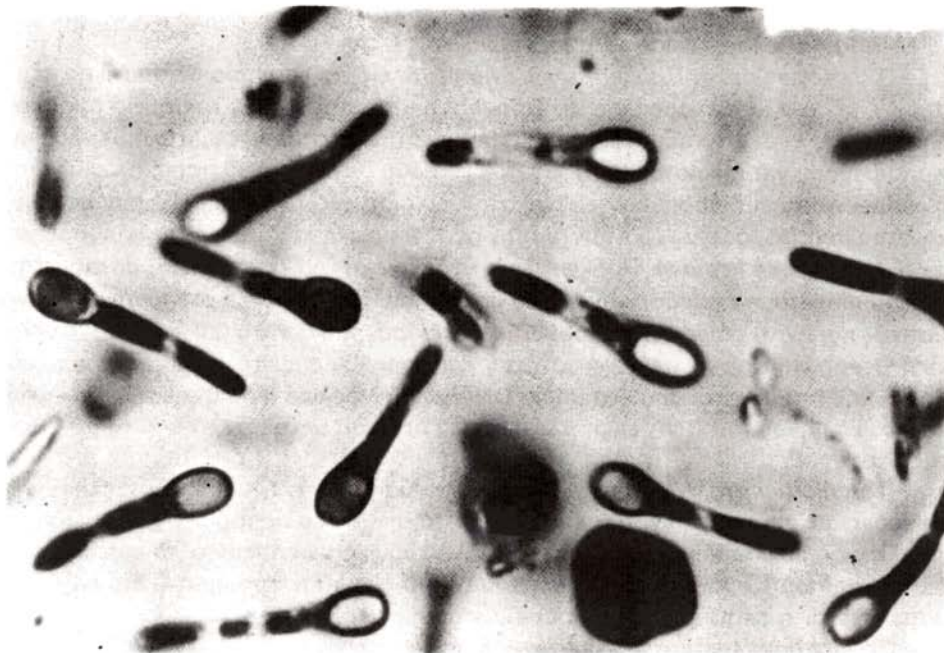
— Οι **σπόροι**. Μέσα στο κυτταρόπλασμα ορισμένων Gram θετικών βακτηριδίων βρίσκεται ένας σχηματισμός, ο οποίος καλείται σπόρος. Σπορογόνα βακτήρια είναι τα Βακίλλοειδή, στα οποία υπάγονται οι αερόβιοι Βάκιλλοι και τα αναερόβια Κλωστηρίδια.

Οι σπόροι δεν εμφανίζουν μεταβολική δραστηριότητα και θεωρούνται μορφές αντοχής των βακτηρίων, επειδή ακριβώς είναι πολύ ανθεκτικοί στη θερμότητα, στην ξηρασία, στις ακτινοβολίες και στις διάφορες χημικές ουσίες. Δεν χρωματίζονται με τις συνηθισμένες χρωστικές και φαίνονται στη μικροσκοπηση ως κενοί χώροι μέσα στο χρωματισμένο κύτταρο.

Στο κυτταρόπλασμα ενός σπορογόνου κυττάρου υπάρχει βασικά μόνον ένας σπόρος, του οποίου η θέση μπορεί να βρίσκεται στο άκρο του κυττάρου (τελικός), να απέχει λίγο από το άκρο του κυττάρου (υποτελικός) ή να βρίσκεται στο κέντρο του κυτταροπλάσματος (κεντρικός).

Όταν το μέγεθος του σπόρου είναι μεγαλύτερο από το πάχος του κυττάρου, το

κύτταρο παραμορφώνεται στο σημείο ακριβώς που βρίσκεται ο σπόρος. Βακτήρια που περιέχουν τελικό σπόρο, ο οποίος έχει μέγεθος μεγαλύτερο από το πάχος του κυττάρου, παίρνουν τη μορφή πλήκτρου τυμπάνου και ονομάζονται πληκτρίδια (σχ. 2.1γ).



Σχ. 2.1γ.
Φωτογραφία βακτηριδίου με τελικό σπόρο.

Το τοίχωμα των σπόρων είναι παχύ και αποτελείται από στιβάδες γλυκοπεπτιδίων και πρωτεϊνών. Η σπορογονία γίνεται όταν τα κύτταρα δεν βρίσκονται σε άριστες συνθήκες ανάπτυξης. Ο σχηματισμός των σπόρων γίνεται με πολύπλοκες βιοχημικές διεργασίες μέσα στο κύτταρο. Αυτές περιλαμβάνουν και τη σύνθεση μίας ουσίας, του διπικολινικού οξέος, το οποίο στη φύση υπάρχει σχεδόν αποκλειστικά στους σπόρους των βακτηρίων. Το διπικολινικό οξύ αποτελεί το 15% του ξηρού βάρους του μικροβίου και μαζί με τα ιόντα Ca^{++} συμβάλλει στη μεγάλη ανθεκτικότητα που εμφανίζουν οι σπόροι στις υψηλές θερμοκρασίες. Η βλάστηση των σπόρων στη φυτική μορφή του βακτηρίου διευκολύνεται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. 75° C).

β) Κυτταροπλασματική μεμβράνη.

Η κυτταροπλασματική μεμβράνη περιβάλλει το κυτταρόπλασμα και καλύπτεται από το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων.

Από χημική άποψη η κυτταροπλασματική μεμβράνη αποτελείται από πρωτεΐνες (60 - 70%), από λιπίδια, κυρίως φωσφολιπίδια (20 - 30%) και από μικρές ποσότητες σακχάρων. Δεν περιέχει στερόλες, οι οποίες χαρακτηρίζουν τα ευκαρυωτικά κύτταρα.

Η κυτταροπλασματική μεμβράνη είναι ημιδιαπερατή και χρησιμεύει στο να διατηρείται σταθερός ο εσωτερικός χώρος του κυττάρου. Στη μεμβράνη περιέχονται διάφορα ένζυμα (όπως π.χ. κυττοχρώματα) της κυτταρικής αναπνοής, ένζυμα για τη βιοσύνθεση των λιποειδών και ένζυμα που μετέχουν στη βιοσύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος. Τέλος, στην εξωτερική πλευρά της μεμβράνης υπάρχουν ειδικές πρωτεΐνες, που συμβάλλουν στη χημειοταξία, στην κατεύθυνση δηλαδή της κίνησης των κινητών βακτηρίων προς ορισμένες ουσίες.

γ) Κυτταρικό τοίχωμα.

Τα βακτήρια, όπως αναφέραμε ήδη, ανάλογα με το χρώμα που παίρνουν όταν βάφονται με την Gram χρώση, διακρίνονται σε δύο μεγάλες ομάδες, τα Gram θετικά και τα Gram αρνητικά βακτήρια. Η διαφορά αυτή οφείλεται σε διαφορές των κυτταρικών τοιχωμάτων τους.

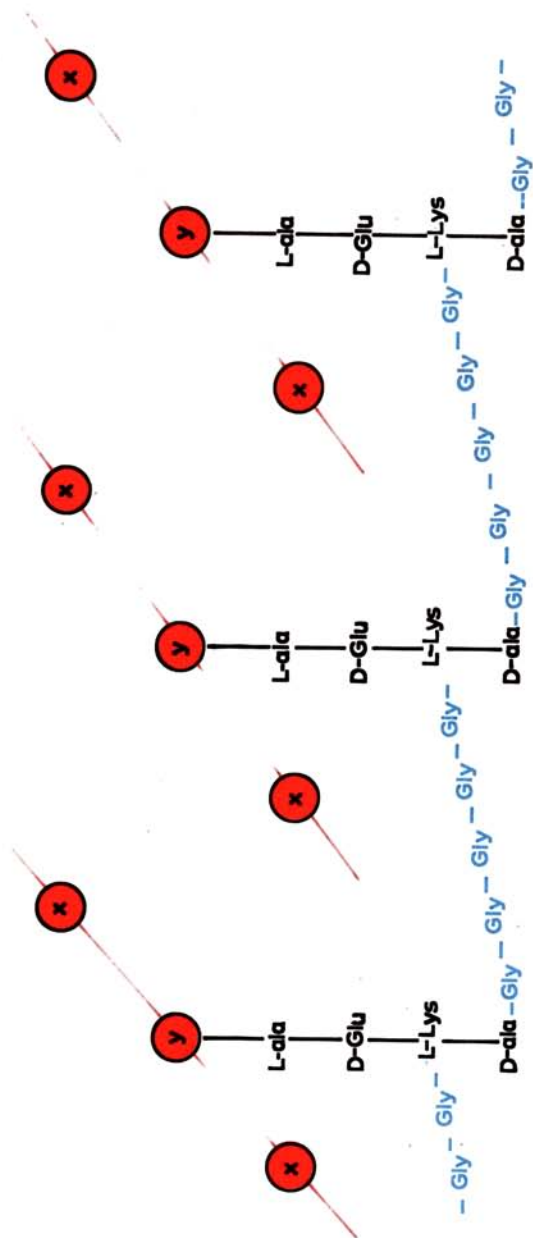
Το συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος, το οποίο συναντάμε και στις δύο ομάδες των βακτηρίων, είναι ένα μουκοπεπτιδίο (γλυκοπεπτιδίο ή πεπτιδογλυκάνη ή μουρείνη). Η δομή του μουκοπεπτιδίου παρουσιάζεται στο σχήμα 2.1δ. Το μουκοπεπτιδίο αποτελείται από ένα σκελετό εναλλασσομένων μονάδων Ν-ακετυλογλυκοζαμίνης και Ν-ακετυλομουραμικού οξέος, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικό δεσμό. Το κάθε μόριο Ν-ακετυλομουραμικού οξέος φέρει ένα τετραπεπτιδίο, που αποτελείται από τα αμινοξέα L-αλανίνη, D-γλουταμινικό οξύ, L-λυσίνη ή μεσο-διαμινοπιμελικό οξύ και D-αλανίνη. Τα τετραπεπτιδία ενώνονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό. Στα Gram θετικά βακτήρια το τρίτο αμινοξύ του ενός τετραπεπτιδίου ενώνεται με το τέταρτο αμινοξύ του γειτονικού τετραπεπτιδίου, με μία πενταπεπτιδική γέφυρα από γλυκίνη. Στα Gram αρνητικά βακτήρια η ένωση γίνεται με άμεσο πεπτιδικό δεσμό, μεταξύ ενός αμινοξέος από ένα τετραπεπτιδίο με ένα αμινοξύ γειτονικού τετραπεπτιδίου.

Στο σημείο αυτό είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι στη φύση D-αμινοξέα απαντούν σχεδόν αποκλειστικά στο κυτταρικό τοίχωμα των προκαρυωτικών κυττάρων.

Το κυτταρικό τοίχωμα των Gram θετικών βακτηρίων αποτελείται από μία παχιά στιβάδα μουκοπεπτιδίου. Σε πολλά Gram θετικά βακτήρια υπάρχουν επίσης και τειχοϊκά οξέα. Αυτά είναι πολυμερείς ουσίες που αποτελούνται από ριβιτόλη ή από γλυκερίνη και συνδέονται με το μουκοπεπτιδίο.

Το κυτταρικό τοίχωμα των Gram αρνητικών βακτηρίων είναι περισσότερο πολύπλοκο. Αποτελείται και αυτό από μία λεπτή στιβάδα μουκοπεπτιδίου, η οποία σχηματίζει σύμπλεγμα με λιποπρωτεΐνες. Η εξωτερική στιβάδα του κυτταρικού τοιχώματος αποτελείται από φωσφολιπίδια, πρωτεΐνες, και ένα λιποπολυσακχαρίτη.

Μεταξύ της εξωτερικής στιβάδας και της κυτταροπλασματικής μεμβράνης ορίζεται χώρος, η περιπλασματική ζώνη, η οποία περιέχει ένζυμα, απαραίτητα για τη βιοσύνθεση διαφόρων συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. Η περιπλασματι-

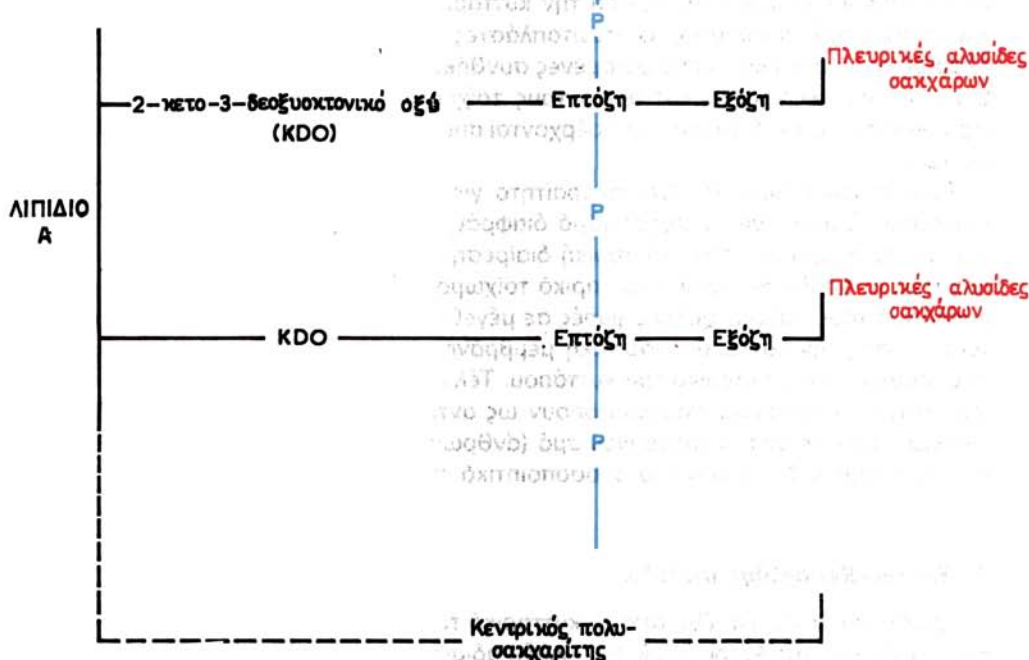


Σχ. 2.1δ.

Σχηματική παράσταση του τρόπου με τον οποίο διαπλέκονται οι αλυσίδες της πεπτιδογλυκάνης ή μουρεΐνης του κυτταρικού τοιχώματος των βακτηρίων: X = N - ακετυλογλυκοζαμίνη, Y = N - ακετυλοουραμικό οξύ, L - ala = L - αλανίνη, D - Glu = D - γλουταμινικό οξύ, L - Lys = L - λυσίνη, D - ala = D - αλανίνη, Gly = γλυκίνη.

κή ζώνη καταλαμβάνει τον ίδιο χώρο με το σύμπλεγμα μουκοπεπτιδίου-λιποπρωτεΐνης.

Ο λιποπολυσακχαρίτης αποτελείται από ένα κεντρικό πολυσακχαρίτη, ο οποίος συνδέεται με το λιπίδιο Α και τις ειδικές πλευρικές αλυσίδες από επαναλαμβανόμενες μονάδες ολιγοσακχαριτών. Ο κεντρικός πολυσακχαρίτης αποτελείται από τρία τμήματα, τις εξόζες, τις επιτόζες και το 2-κετο-3-δεοξυοκτονικό οξύ (ΚΔΟ). Οι πλευρικές αλυσίδες αποτελούνται από διάφορα σάκχαρα, σε διαφορετική διάταξη για κάθε μικρόβιο. Το λιπίδιο Α αποτελείται από ένα σκελετό γλυκοζαμίνης, από φωσφορικό οξύ και από αλυσίδες λιπαρών οξέων. Το λιπίδιο Α συνδέεται προς τον κεντρικό πολυσακχαρίτη με το ΚΔΟ (σχ. 2.1ε).



Σχ. 2.1ε.

Η βασική δομή του λιποπολυσακχαρίτη (ΛΠΣ) του κυτταρικού τοιχώματος των Gram - αρνητικών βακτηρίων.

Ο λιποπολυσακχαρίτης των Gram αρνητικών βακτηρίων καλείται και ενδοτοξίνη ή σωματικό αντιγόνο Ο και έχει διάφορες βιολογικές ιδιότητες, με τις οποίες θα ασχοληθούμε σε άλλο κεφάλαιο. Ο κεντρικός πολυσακχαρίτης μαζί με τις πλευρικές αλυσίδες αποτελούν το σωματικό πολυσακχαρίτη Ο. Οι πλευρικές αλυσίδες από σάκχαρα καλούνται Ο ειδικές πλευρικές αλυσίδες.

Η επίδραση του ενζύμου λυσοζύμη σε Gram θετικά βακτήρια προκαλεί υδρόλυση του πολυσακχαριδικού σκελετού του μουκοπεπτιδίου. Αυτό επιφέρει την καταστροφή του κυτταρικού τοιχώματος και τη λύση του κυττάρου, του οποίου η

κυτταροπλασματική μεμβράνη σπάζει από την ωσμωτική πίεση του κυτταροπλασματικού χώρου. Ο λιποπολυσακχαρίτης προστατεύει τα Gram αρνητικά βακτήρια από την επίδραση της λυσοζύμης, επειδή καλύπτει το μουκοπεπτίδιο. Αν απομακρυνθεί η στιβάδα του λιποπολυσακχαρίτη και στη συνέχεια επιδράσει η λυσοζύμη, το αποτέλεσμα θα είναι πάλι η λύση του κυττάρου.

Όταν η λυσοζύμη επιδρά σε Gram θετικά βακτήρια, τα οποία βρίσκονται σε υπέρτονο διάλυμα σακχάρου, το κύτταρο δεν σπάζει, γιατί η ωσμωτική πίεση του αντισταθείται από την ωσμωτική πίεση του διαλύματος. Στην περίπτωση αυτή σχηματίζονται οι **πρωτοπλάστες**, κύτταρα δηλαδή που δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα, αλλά περιβάλλονται μόνον από την κυτταροπλασματική μεμβράνη. Από τα Gram αρνητικά βακτήρια σχηματίζονται με ανάλογες συνθήκες οι **σφαιροπλάστες**, στους οποίους υπάρχει, εκτός από την κυτταροπλασματική μεμβράνη, και μέρος του κυτταρικού τοιχώματος. Οι πρωτοπλάστες και οι σφαιροπλάστες δεν πολλαπλασιάζονται, αλλά κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατό να μεταπέσουν σε βακτήρια με ακέραιο το κυτταρικό τους τοίχωμα. Τέλος, οι πρωτοπλάστες και σφαιροπλάστες, ανεξάρτητα αν προέρχονται από κόκκο ή βακτηρίδιο, έχουν σχήμα σφαιρικό.

Το κυτταρικό τοίχωμα είναι απαραίτητο για τη διατήρηση του σχήματος του κυττάρου. Επίσης, με το σχηματισμό διαφράγματος, που χωρίζει το κύτταρο σε δύο μέρη, συμβάλλει στην κυτταρική διαίρεση. Οι πρωτοπλάστες και οι σφαιροπλάστες, οι οποίοι δεν έχουν κυτταρικό τοίχωμα, δε διαιρούνται, αν και το κυτταρόπλασμά τους αυξάνει πολλές φορές σε μέγεθος. Το κυτταρικό τοίχωμα προστατεύει επίσης την κυτταροπλασματική μεμβράνη από τη μεγάλη ωσμωτική πίεση, που υπάρχει στο εσωτερικό του κυττάρου. Τέλος, οι διάφορες χημικές ουσίες που συνιστούν το κυτταρικό τοίχωμα δρουν ως αντιγόνα. Όταν δηλαδή τα μικρόβια εισχωρήσουν σε ένα μεγαλοοργανισμό (άνθρωπο - ζώο), οι ουσίες του κυτταρικού τοιχώματος διεγείρουν το ανοσοποιητικό σύστημά του.

δ) Έλυτρο-Βλεννώδης στιβάδα.

Ορισμένα βακτήρια, έξω από το κυτταρικό τοίχωμά τους, φέρουν ένα βλεννώδες περίβλημα, το έλυτρο, ή μία βλεννώδη αδιαφοροποίητη στιβάδα, τη βλεννώδη στιβάδα. Το έλυτρο αποτελείται από πολυσακχαρίτες ή μερικές φορές από πολυπεπτίδια. Η βλεννώδης στιβάδα, σε μερικά βακτήρια, αποτελείται από πολυσακχαρίτες, πολυπεπτίδια και λίπη.

Όταν τα κύτταρα χρωματίζονται με τις συνηθισμένες χρωστικές, το έλυτρο φαίνεται ως μία άχρη περιοχή γύρω από το κύτταρο (σχ. 2.1στ).

Το έλυτρο και η βλεννώδης στιβάδα συμβάλλουν στην παθογόνο δράση των μικροβίων και τα προστατεύουν από τη φαγοκυττάρωση.

ε) Βλεφαρίδες.

Τα βακτήρια κινούνται με ειδικά νηματοειδή εξαρτήματα. Αυτά είναι πολύ λεπτά, κυματοειδούς σχήματος, έχουν μήκος 3 - 12 μm , πάχος 120 - 150 $\text{\AA}$ και καλούνται βλεφαρίδες.

Οι βλεφαρίδες εκπορεύονται από το βασικό σωματίο, το οποίο βρίσκεται στο



Εχ. 2.1στ.

Φωτογραφία βακτηριδίων με τελικό σπόρο και έλυτρο.

κυτταρόπλασμα, προσηλωμένο στην κυτταροπλασματική μεμβράνη. Χημικώς οι βλεφαρίδες αποτελούνται από μία πρωτεΐνη, την φλαντζελίνη, που έχει μ.β. 40.000. Οι βλεφαρίδες έχουν αντιγονική δράση και καλούνται βλεφαριδικό αντιγόνο Η. Όσα Gram αρνητικά βακτήρια είναι κινητά έχουν δύο αντιγόνα, το σωματικό αντιγόνο Ο (λιποπολυσακχαρίτης) και το βλεφαριδικό αντιγόνο Η (βλεφαρίδες), ενώ τα ακίνητα έχουν μόνο το σωματικό αντιγόνο Ο.

Ανάλογα με τον αριθμό και τη διάταξη των βλεφαρίδων σε σχέση με το μικροβιακό σώμα, τα κινητά βακτήρια διακρίνονται στις ακόλουθες ομάδες (σχ. 2.1ζ):

Μονότριχα: Έχουν μία βλεφαρίδα στον ένα πόλο του κυττάρου.

Αμφίτριχα: Έχουν από μία βλεφαρίδα στον κάθε πόλο του κυττάρου.

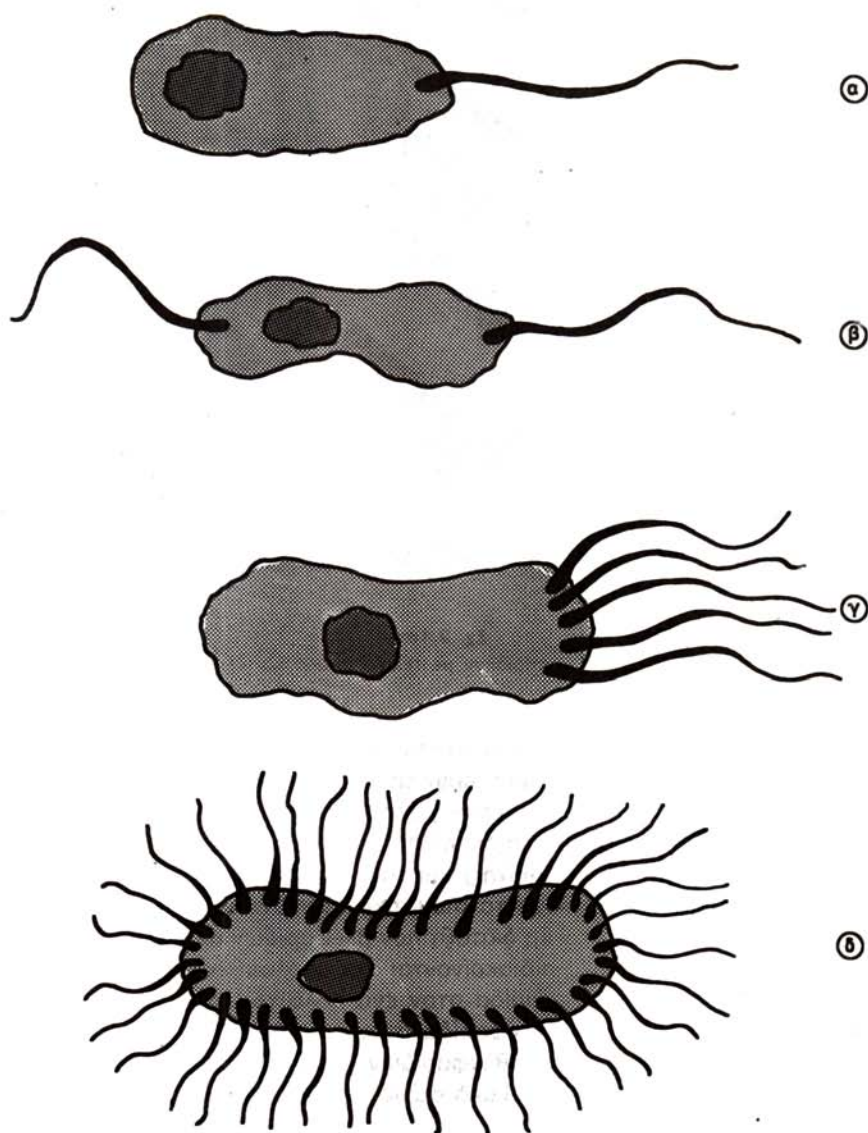
Λοφίοτριχα: Έχουν μία δέσμη βλεφαρίδων στον κυτταρικό πόλο.

Περίτριχα: Ολόκληρο το μικροβιακό σώμα περιβάλλεται από βλεφαρίδες (σχ. 2.1η).

Η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα βακτήρια είναι ανάλογη με τον αριθμό των βλεφαρίδων τους. Έτσι π.χ. τα περίτριχα βακτήρια είναι ταχύτερα από τα μονότριχα.

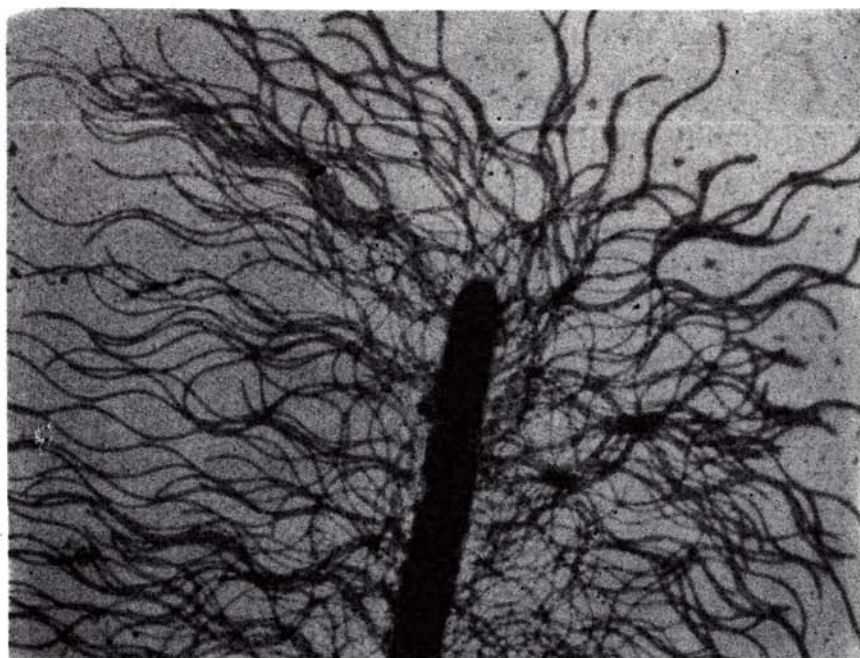
στ) Φίμπριες.

Είναι πολύ λεπτά, νηματοειδή, ευθύγραμμα εξαρτήματα. Το μήκος τους είναι πολύ μικρότερο από το μήκος των βλεφαρίδων (σχ. 2.1θ). Είναι ορατές μόνο με το η-



Σχ. 2.1ζ.

Οι ομάδες των βλεφαριδοφόρων βακτηρίων α = μονότριχα, β = αμφίτριχα, γ = λοφιδότριχα, δ = περίτριχα.



Σχ. 2.1η.
Φωτογραφία περίτριχου βακτηριδίου.

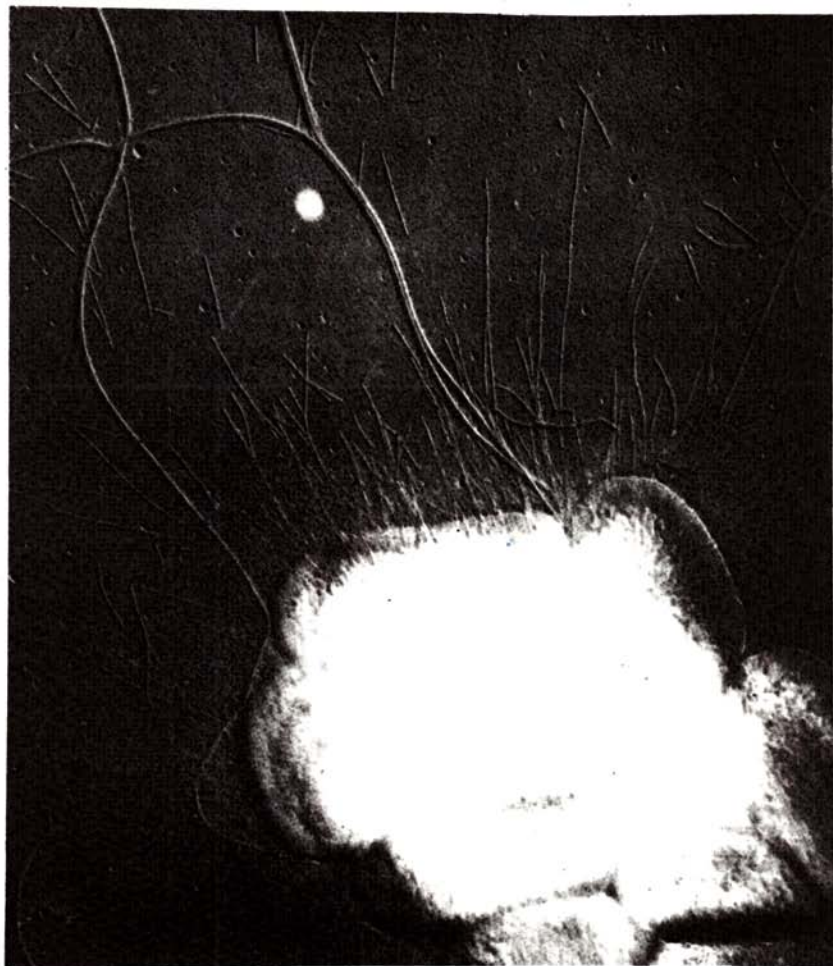
λεκτρονικό μικροσκόπιο και εκπορεύονται από τα βασικά σωμάτια που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα. Από κάθε κύτταρο εκπορεύονται εκατοντάδες φίμπριες. Αποτελούνται από πρωτεΐνες Μικρόβια που έχουν χάσει την ιδιότητα να παράγουν φίμπριες δεν μπορούν να προσκολληθούν στα ερυθρά αιμοσφαίρια.

2.2 Μεταβολισμός των βακτηρίων.

Κάθε ζωντανό κύτταρο είναι ένα πραγματικό βιοχημικό εργοστάσιο που δουλεύει ακατάπαυστα — πολλές φορές κάτω από αντίξοες συνθήκες — για να διατηρήσει την απαραίτητη ισορροπία «ύλης - ενέργειας». Η ισορροπία αυτή - κοινό γνώρισμα τόσο των μικροοργανισμών, όσο και των μεγαλοοργανισμών — είναι αδιάσπαστα συνυφασμένη με την εκδήλωση του φαινομένου της ζωής. Το σύνολο των χημικών και ενεργειακών μεταβολών που γίνονται μέσα σε ένα κύτταρο ή οργανισμό και η ποικιλία και ο συντονισμός των οποίων φθάνει σε εκπληκτικά επίπεδα αποδόσεως, καλείται με μία λέξη, **μεταβολισμός**.

Ο μεταβολισμός, ανάλογα με τα αποτελέσματά του, διακρίνεται σε **καταβολισμό** και **αναβολισμό**.

Όταν οι μεγαλομοριακές ουσίες που εισέρχονται στο κύτταρο διασπώνται σε άλλες απλούστερες, με ταυτόχρονη απελευθέρωση της ενέργειας που εγκλείουν στο μόριό τους, τότε μιλάμε για **καταβολισμό** ή **αποικοδόμηση** των ουσιών αυτών.



Σχ. 2.10.

Φωτογραφία μέρους βακτηριδίου, στο οποίο διακρίνονται οι φήμπριες και οι δύο βλεφαρίδες.

Όταν το κύτταρο με ταυτόχρονη κατανάλωση δικής του ενέργειας συνθέτει ουσίες, τότε μιλάμε για **αναβολισμό** ή **βιοσύνθεση** των ουσιών αυτών.

Το σύνολο των διαδοχικών χημικών αντιδράσεων, που γίνονται κατά τη διάρκεια του μεταβολισμού μιας ουσίας, καλείται **μεταβολικός δρόμος** ή **μεταβολικό μονοπάτι**. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι οι περισσότεροι μεταβολικοί δρόμοι δεν είναι αποκλειστικά αναβολικοί ή καταβολικοί. Έτσι συμβαίνει πολλές φορές, ένα ενδιάμεσο προϊόν καταβολισμού μιας ουσίας να χρησιμεύει σαν πρόδρομος (αρχική) ένωση για τη βιοσύνθεση μιας άλλης ουσίας. Οι μεταβολικοί δρόμοι αυτού του είδους καλούνται **αμφιβολικοί**. Εξίσου σημαντικό επίσης, είναι το γεγονός, ότι ο υ δ έ π ο τ ε καταβολικός δρόμος μιας ουσίας συμπίπτει με τον αναβολικό της δρόμο: πρέπει να διαφέρουν τουλάχιστον σε μία αντίδραση. Με τον τρόπο αυτό το κύτταρο όχι μόνο ελέγχει καλύτερα τους μεταβολικούς δρόμους, αλλά και εξοικονομεί πολύτιμη ενέργεια.

Όλες οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται μέσα στο κύτταρο καταλύονται από **ένζυμα**. Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες, συχνά μεγάλου μοριακού βάρους, κατάλληλα τοποθετημένες στον ενδοκυττάριο χώρο και τα αντίστοιχα οργανίδια, ώστε να ελέγχουν απόλυτα την ταχύτητα, την απόδοση και την κατεύθυνση των αντιδράσεων. Τις περισσότερες φορές η δράση των ενζύμων ενισχύεται και από μη πρωτεϊνικά μόρια (συνένζυμα). Το σύμπλοκο ενζύμου - συνενζύμου καλείται ολοένζυμο.

— Βιοχημική ενεργητική.

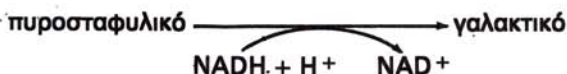
Κάθε οργανική ένωση κρύβει μέσα στο μόριό της ένα απόθεμα ενέργειας. Το ποσό της ενέργειας το οποίο απελευθερώνει η οργανική ένωση όταν καίγεται κάτω από κανονικές συνθήκες, καλείται **κανονική ελεύθερη ενέργεια** και συμβολίζεται με ΔG° . Έτσι, αν ένα μόλο υδατάνθρακα καεί κάτω από κανονικές συνθήκες, θα αποδώσει 4,1 kcal/μόλο, το λεύκωμα 5,3 kcal/μόλο και τα λίπη 9,3 kcal/μόλο. Κατά τον καταβολισμό των ουσιών μέσα στο κύτταρο γίνεται καύση οργανικών ενώσεων, η οποία καλείται **βιολογική οξείδωση**. Η βιολογική οξείδωση διαφέρει από την απλή καύση στον αέρα, μόνο από πλευράς ρυθμού (γίνεται με πολύ αργό ρυθμό, αφού, όπως είπαμε, είναι μία ενζυμικά καταλυόμενη αντίδραση) και όχι από πλευράς αποδόσεως σε θερμίδες. Επίσης, πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι στον όρο «βιολογική οξείδωση» κρύβεται μία σειρά από ανεξάρτητες, αλλά διαδοχικές οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, για κάθε μία από τις οποίες είναι δυνατό να υπολογισθεί το ΔG° .

Τα ένζυμα που καταλύουν τις βιολογικές οξειδώσεις είναι πάντοτε εφοδιασμένα με τα μη πρωτεϊνικά συνένζυμα NAD^+ (οξειδωμένο νικοτιναμίδο - αδενίνο - δινουκλεοτίδιο), $NADP^+$ (οξειδωμένο νικοτινάμίδο - αδενίνο - φωσφοδινουκλεοτίδιο) και FAD^+ (οξειδωμένο φλαβίνο - αδενίνο - δινουκλεοτίδιο) που έχουν τη μοναδική ιδιότητα μεταφοράς αναγωγικών ισοδυνάμων με τη μορφή υδρογονοκατιόντων (H^+). Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει πώς είναι δυνατό το ηλεκτρικό οξύ να οξειδωθεί βιολογικά σε μια ενζυματικά καταλυόμενη αντίδραση, δίνοντας φουμαρικό οξύ:

για την έναρξη μιας σειράς από ενζυμικά καταλυόμενες αντιδράσεις που θα οδηγήσουν στον καταβολισμό του μονοσακχαρίτη.

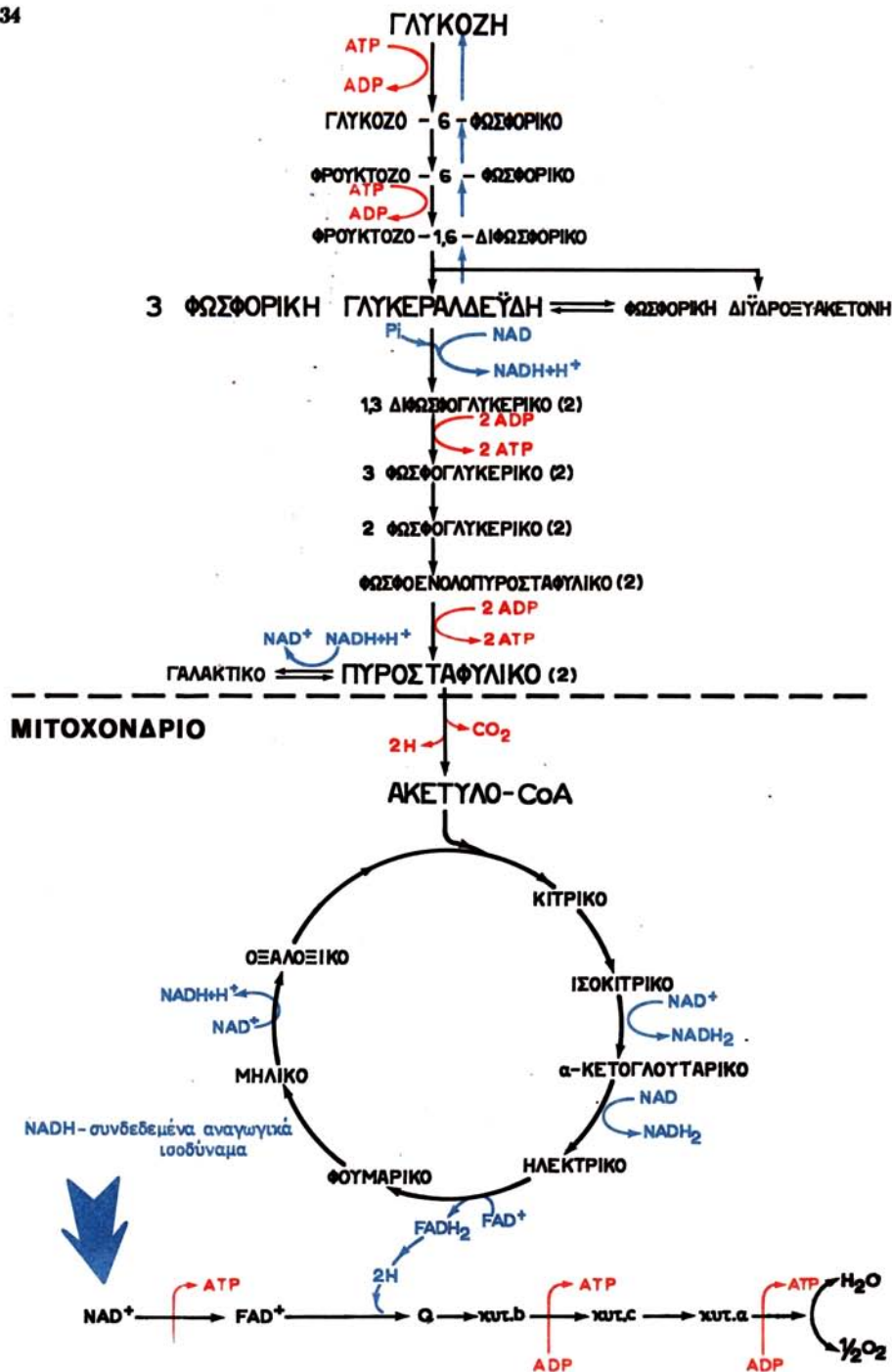
α) **Γλυκόλυση.** Καταβολικός δρόμος που αποτελείται από 9 διαδοχικές, ενζυμικά καταλυόμενες αντιδράσεις. Από ενεργειακή άποψη είναι δυνατό να χωρίσουμε το γενικό γλυκολυτικό μηχανισμό σε 2 στάδια: Στο πρώτο στάδιο, που περιλαμβάνει το σχηματισμό των φωσφορικών τριοζών (φωσφορική γλυκεραλδεύδη και φωσφορική διυδροξυακετόνη) από το μόριο της φωσφορικής εξόξης (γλυκοζο - 6 - φωσφορικό), 2 μόρια ATP καταναλώνονται για κάθε μόριο φωσφορικής εξόξης που διασπάται. Αντίθετα, στο δεύτερο στάδιο, που περιλαμβάνει το σχηματισμό του πυροσταφυλικού από το μόριο της φωσφορικής τριόξης, 2 μόρια ATP παράγονται για κάθε μόριο φωσφορικής τριόξης που διασπάται (συνεπώς για τα 2 μόρια φωσφ. τριοζών η παραγωγή σε ATP είναι: $2 \times 2 \text{ ATP} = 4 \text{ ATP}$). Εξάλλου, εκτός από την παραγωγή ενέργειας με την μορφή φωσφορυλομάδας (ATP) στο 2ο στάδιο της γλυκόλυσεως έχουμε και την παραγωγή ενέργειας οξειδοαναγωγής με τη μορφή αναγωγικών ισοδυνάμων. Έτσι για κάθε μόριο φωσφορικής τριόξης που διασπάται, παράνεται και ένα ζεύγος αναγωγικών ισοδυνάμων (2H^+), που εμφανίζονται συνδεδεμένα με το συνένζυμο NAD^+ , δηλαδή είναι **$\text{NADH} + \text{H}^+$** συνδεδεμένα. Η τύχη που θα έχει το πυροσταφυλικό στη συνέχεια, θα καθορίσει αν η γλυκόλυση είναι **αναερόβια** ή **αερόβια**.

— Η **αναερόβια γλυκόλυση** παρατηρείται σε καταστάσεις που το μοριακό οξυγόνο εμφανίζει χαμηλή ενδοκυττάρια συγκέντρωση. Σε μία τέτοια περίπτωση το πυροσταφυλικό ανάγεται προς γαλακτικό, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση, που καταλύεται από το ενζυμο γαλακτική δεϋδρογονάση.



Αντιδράσεις σαν και αυτή είναι γνωστές με το γενικό όνομα **ζυμώσεις** και αποβλέπουν στη γρήγορη, αλλά σε μικρά ποσά, παραγωγή ενέργειας (έτσι, με αναερόβια γλυκόλυση το κέρδος σε ATP είναι μόνο: $4 - 2 = 2 \text{ ATP}$ για κάθε μόριο γλυκόζης που διασπάται). Στα βακτήρια, οι ζυμώσεις ταξινομούνται ανάλογα με το τελικό προϊόν τους, π.χ. ομογαλακτική, ετερογαλακτική, βουτυρική, κλπ. και έχουν πολύ μεγάλη σημασία για την ταξινόμηση αυτών των ίδιων των βακτηρίων.

— Η **αερόβια γλυκόλυση** (σχ. 2.2α) παρατηρείται σε καταστάσεις που το μοριακό οξυγόνο εμφανίζει υψηλή ενδοκυττάρια συγκέντρωση. Σε μια τέτοια περίπτωση το πυροσταφυλικό: α) μπαίνει στο μιτοχόνδριο, β) αποκαρβοξυλιώνεται και αφυδρογονώνεται για να σχηματίσει ακέτυλο - συνένζυμο **A (ακέτυλο - CoA)**. Το ακέτυλο - CoA συμπυκνώνεται με το οξαλοξικό και μπαίνει στον **κύκλο του Krebs** (σχ. 2.2α). Ο κύκλος του Krebs, ή κύκλος των τρικαρβοξυλικών οξέων, είναι ίσως ο σπουδαιότερος μεταβολικός κύκλος και αποτελείται από 8 διαδοχικές, κυκλικά διατεταγμένες και ενζυμικά καταλυόμενες αντιδράσεις, που σκοπό τους έχουν την απομάκρυνση του CO_2 από τό κύτταρο και την τροφοδότηση της αναπνευστικής αλυσίδας με αναγωγικά ισοδύναμα της μορφής $\text{NADH} + \text{H}^+$ και FADH_2 . Η **αναπνευστική αλυσίδα** (σχ.2.2α) αντιπροσωπεύει ένα πολύπλοκο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων που περιλαμβάνει και τα **κυττοχρώματα** (σιδηρο - πρωτεΐνες). Για κάθε ζεύγος αναγωγικών ισοδυνάμων $\text{NADH} + \text{H}^+$ που μπαίνουν στην



Σχ. 2.2α.

Οι αντιδράσεις της *γλυκολύσεως* (οδός Embden - Mayerhof), του *κύκλου του Krebs* (κύκλος των τρι-καρβωλυξικών οξέων) και της *οξειδωτικής φωσφορυλίωσης* (αναπνευστικής αλυσίδας). Φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι τρεις αυτοί μεταβολικοί δρόμοι.

αναπνευστική αλυσίδα, 3 μόρια ATP παράγονται με οξειδωτική φωσφορυλίωση και 1 μόριο νερού με αναγωγή του μοριακού οξυγόνου. Στην αερόβια γλυκόλυση η παρατηρούμενη απόδοση σε ενέργεια είναι 36 ή 38 μόρια ATP για κάθε μόριο γλυκόζης που διασπάται. Διαπιστώνουμε, δηλαδή, ότι από ενεργειακή άποψη υπέρχει κατά πολύ της αναερόβιας γλυκολύσεως.

β) **Παρακύκλωμα των πεντόζων.** Καταβολικός δρόμος που αρχίζει με την αντίδραση αφυδρογονώσεως του γλυκοζο - 6 - φωσφορικού προς 6 - φωσφογλυκονολακτόνη. Αν και ο δρόμος αυτός είναι ενεργειακά ασύμφορος για το κύτταρο εντούτοις είναι μεγάλης μεταβολικής σημασίας, κυρίως για τις διάφορες βιοσυνθετικές εργασίες αφού παρέχει τις πεντόζες (βιοσύνθεση νουκλεοτιδίων) και τα αναγωγικά ισοδύναμα $\text{NADPH} + \text{H}^+$ (βιοσύνθεση λιπαρών οξέων). Τα προϊόντα του κύκλου αυτού ποικίλλουν ανάλογα με τις βιολογικές ανάγκες του κυττάρου.

Β) Αναβολισμός.

Τις αντιδράσεις βιοσυνθέσεως των σακχάρων μπορούμε να τις χωρίσουμε σε δύο κατηγορίες:

— Τη **βιοσύνθεση των πολυσακχαριτών.** Ιδιαίτερης σημασίας είναι η βιοσύνθεση του **γλυκογόνου**, πολυσακχαρίτη που αποτελεί την κυριότερη αποθήκη ενέργειας για το κύτταρο. Πρόδρομος ουσία του γλυκογόνου είναι η UDP - γλυκόζη, δηλαδή το μόριο της γλυκόζης που είναι συνδεδεμένο με ουρίδυλο - διφωσφορικό νουκλεοτίδιο· η αντίδραση καταλύεται από το ένζυμο γλυκογόνο - συνθετάση. Η UDP - γλυκόζη (νουκλεοτίδιο - σάκχαρο) αποτελεί επίσης την πρόδρομο ουσία των δύο βασικών συστατικών του βακτηριακού κυτταρικού τοιχώματος, δηλαδή του N - ακέτυλο - μπουραμικού οξέος και της N - ακέτυλο - γλυκοζαμίνης.

— Τη **γλυκονογένεση.** Πρόκειται για τη βιοσύνθεση της γλυκόζης από γαλακτικό και από άλλες μη υδατανθρακικές πηγές π.χ. αμινοξέα. Από πλευράς μηχανισμού αντιδράσεων, η γλυκονογένεση αποτελείται από τις αντίστροφες αντιδράσεις της γλυκολύσεως πλην τριών, οι οποίες στη γλυκόλυση χαρακτηρίζονται σαν «αντιδράσεις απαραίτητα μη αντιστρεπτές».

2.2.2 Ο μεταβολισμός των λιπιδίων.

Στη γενική έννοια «λιπίδια» περιλαμβάνονται τα **ελεύθερα λιπαρά οξέα**, τα **τριγλυκερίδια** (οι εστέρες της γλυκερόλης με ελεύθερα λιπαρά οξέα), τα **φωσφολιπίδια** (διγλυκερίδια στα οποία ο τρίτος άνθρακας της γλυκερόλης είναι εστεροποιημένος δια μέσου γέφυρας φωσφόρου με σερίνη ή αιθανολαμίνη) κ.ά.

Ο **καταβολισμός** των κεκορεσμένων λιπαρών οξέων καλείται και **B - οξείδωση**. B - οξείδωση είναι η οξειδωτική απομάκρυνση μονάδων ακέτυλο - CoA από τις μακριές αλυσίδες των κεκορεσμένων λιπαρών οξέων.

Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι για να μπορέσει ένα λιπαρό οξύ να οξειδωθεί με αυτό τον τρόπο, πρέπει πρώτα να ενεργοποιηθεί εστεροποιούμενο με το συνένζυμο A (HSCoA) σε λιπαρό άκυλο - CoA. Τα ακέτυλο - CoA που απομακρύνονται με τις 4 διαδοχικές, ενζυμικά καταλυόμενες αντιδράσεις της B - οξειδώσεως, μπαίνουν συνήθως στον κύκλο του *Krebs*. Αν, τέλος, αναλογισθούμε ότι ο μικρότερος αριθμός ακέτυλο - CoA που αποδίδει οξειδούμενο ένα λιπαρό οξύ είναι 6, αντιλαμβανόμαστε τη μεγάλη θερμιδική αξία των λιπών για το κύτταρο.

Η **βιοσύνθεση** των κεκορεσμένων λιπαρών οξέων γίνεται στο κυτταρόπλασμα

και καταλύεται από ένα πολύπλοκο ένζυμο, το «σύστημα της συνθετάσης των λιπαρών οξέων». Πρόδρομος ουσία όλων των λιπαρών οξέων είναι το ακέτυλο - CoA, η δε συνθετάση των λιπαρών οξέων λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, ώστε ενώνοντας μόρια ακέτυλο - CoA, να δίνει γένεση σε μία μακριά κεκορεσμένη αλυσίδα λιπαρού οξέος.

Σχετικά με τα βακτήρια, έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

Τα *Mycobacterium*, *Corynebacterium* και *Nocardia* βιοσυνθέτουν τα μυκολικά οξέα, καθώς και ένα πληθος άλλων συγγενών ουσιών (λιπαρά οξέα με 66 - 88 άτομα άνθρακα).

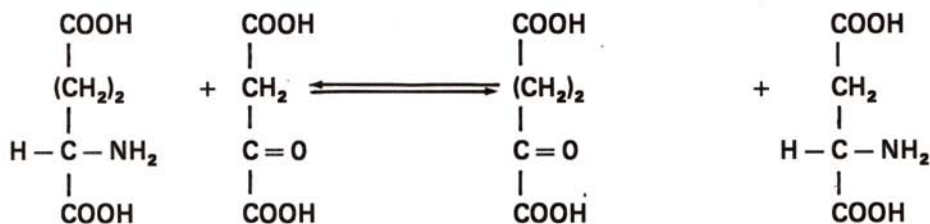
Εμφανίζουν μία ιδιαίτερη ικανότητα βιοσυνθέσεως φωσφολιπιδίων.

2.2.3 Ο μεταβολισμός των αμινοξέων.

Τα αμινοξέα, επειδή αποτελούν τους δομικούς λίθους των πρωτεϊνών είναι απαραίτητα για τη λειτουργική μακροβιότητα του κυττάρου. Με αυτό το πνεύμα, το κύτταρο όχι μόνο πρέπει να είναι σε θέση να βιοσυνθέτει εκείνα από τα αμινοξέα που δεν υπάρχουν στο περιβάλλον του, αλλά και να ελέγχει σχολαστικά και με πολλούς τρόπους το μεταβολισμό τους.

Ο **καταβολισμός** των αμινοξέων περιλαμβάνει 2 φάσεις:

α) **Απομάκρυνση της αμινομάδας** ($-NH_2$): Αυτό πετυχαίνεται με διάφορες αντιδράσεις, σπουδαιότερη από τις οποίες είναι η τρανσαμίνωση:



γλουταμικό + οξαλοξικό $\longrightarrow$ α - κετογλουταρικό + άσπαρτικό

β) **Καταβολισμός του ανθρακικού σκελετού**: τις περισσότερες φορές μπαίνει στον κύκλο του *Krebs* όπου και μεταβολίζεται (η θερμιδική αξία των αμινοξέων είναι μικρή).

Ο **αναβολισμός** των αμινοξέων έρχεται ως συνέπεια αναστροφής των φάσεων του καταβολισμού· οι ανθρακικοί σκελετοί προερχόμενοι από τον κύκλο του *Krebs*, το γλυκολυτικό μηχανισμό και το παρακύκλωμα των πεντοζών, εναμινώνονται ή τρανσαμινώνονται και αποδίδονται ως ελεύθερα αμινοξέα.

2.2.4 Ο μεταβολισμός των νουκλεοτιδίων.

Με το γενικό όρο νουκλεοτίδια καλείται ένα σύμπλοκο από «βάσεις + σάκχαρα + φωσφορικές ρίζες».

Ανάλογα με τον **αριθμό των φωσφορικών ριζών** που περιέχουν, διακρίνονται σε:

- α) τριφωσφορικά νουκλεοτίδια, π.χ. ATP, UTP, CTP
- β) διφωσφορικά νουκλεοτίδια, π.χ. ADP, UDP, CDP
- γ) μονοφωσφορικά νουκλεοτίδια, π.χ. AMP, UMP, CMP

Ανάλογα με το **είδος του σακχάρου** που περιέχουν, διακρίνονται σε:

- α) ριβοζο - νουκλεοτίδια, π.χ. ATP, GTP
- β) δεσοξυριβοζο - νουκλεοτίδια, π.χ. dATP, dGTP

Ανάλογα με το **είδος της βάσεως** που περιέχουν, διακρίνονται σε:

- α) πούρινο - νουκλεοτίδια, π.χ. ATP, GTP
- β) πυριμιδίνο - νουκλεοτίδια: UTP, CTP, dTTP.

Τα νουκλεοτίδια αποτελούν τις πρόδρομες ουσίες των νουκλεϊνικών οξέων (RNA, DNA) και επομένως ο καταβολισμός τους και η βιόσύνθεσή τους διατηρούνται σε χαμηλά πλαίσια, αντίθετα με τις αντιδράσεις διασώσεώς τους, που είναι αρκετά αυξημένες. Πάντως, όταν παρατηρείται στα κύτταρα η «εξ απαρχής» (de novo) βιόσυνθεση των νουκλεοτιδίων, δότης πεντοζών (ριβόζης - δεσοξυριβόζης) είναι το παρακύκλωμα των πεντοζών, ενώ δότης αμινομάδων είναι διάφορα αμινοξέα, όπως το γλουταμικό, η γλυκίνη και το ασπαρτικό.

Τέλος, πρέπει να έχουμε υπόψη μας την τεράστια σημασία των νουκλεοτιδίων ως αποθηκών και φορέων ενέργειας. Όπως είπαμε, σημαντικότερη θέση ανάμεσά τους κατέχει το ATP καθώς και το νουκλεοτιδο - συνένζυμο (NAD, συνένζυμο Α και NADP).

2.2.5 Τα νουκλεϊνικά οξέα – ανηγραφή, μεταγραφή, μετάφραση.

Α) Τό DNA.

Αποτελείται από δύο πολυνουκλεοτιδικές αλυσίδες, που είναι περιπεπλεγμένες γύρω από ένα νοητό κατακόρυφο άξονα κατά ελικοειδή και αντιπαράλληλο τρόπο. Οι αλυσίδες αυτές συγκρατώνται μεταξύ τους χάρη σε δεσμούς υδρογόνου, που σχηματίζονται μεταξύ των βάσεων πουρίνης και πυριμιδίνης, με ζευγάρωμα απόλυτα εξειδικευμένο. Έτσι, η Αδενίνη (Α) ζευγαρώνεται πάντοτε με τη Θυμίνη (Τ) με τρεις δεσμούς υδρογόνου ($A \equiv T$) και η Κυτοσίνη (C) ζευγαρώνεται πάντοτε με τη Γουανίνη (G) με δύο δεσμούς υδρογόνου ($C = G$). Η αλληλοδιαδοχή αυτών των ζευγών αποτελεί και το γενετικό κώδικα του μικροοργανισμού, παραμένοντας σταθερή σε όλη του τη ζωή, εκτός αν αλλάξει με φυσικά ή τεχνητά μέσα (μεταλλάξεις).

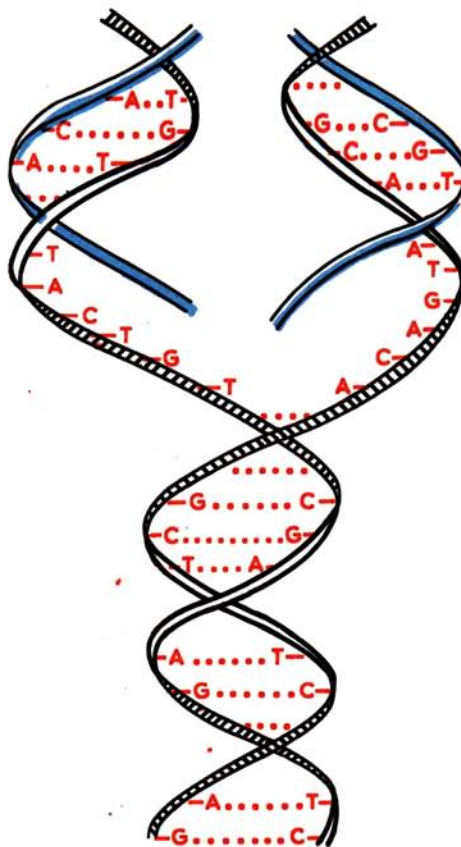
Η **ανηγραφή** του DNA είναι μία διεργασία που ακόμη δεν έχει κατανοηθεί απόλυτα. Φαίνεται όμως, από πειράματα που έγιναν, ότι αυτή γίνεται με τρόπο ημισυντηρητικό (δηλαδή τα θυγατρικά DNA έχουν ένα κλώνο μητρικό και ένα κλώνο θυγατρικό), κατά κατεύθυνση $5' \rightarrow 3'$ και αφορά και τους δύο κλώνους του DNA, οι οποίοι αντιγράφονται ταυτόχρονα και αυτόματα. Το ένζυμο που καταλύει όλο αυτό το μηχανισμό καλείται DNA - πολυμεράση. Φαίνεται όμως, ότι υπάρχουν και άλλα ένζυμα (π.χ. αποσπαιρετικές πρωτεΐνες) που διευκολύνουν τη δράση του. Το αποτέλεσμα κάθε ανηγραφής μορίου DNA, είναι η παραγωγή 2 θυγατρικών μορίων DNA, ακριβώς ομοίων με το μητρικό (σχ. 2.2β).

Β) Τό RNA.

Το μόριο του RNA διαφέρει από το μόριο του DNA σε δύο βασικά σημεία:

- α) περιέχει ριβόζη αντί για δεσοξυριβόζη και
- β) είναι μονόκλωνο.

Στη φύση συναντάμε 3 είδη RNA που διαφέρουν μεταξύ τους τόσο στο Μ. Β. όσο και στη λειτουργική εξειδίκευση. Υπάρχει το mRNA (αγγελιαφόρο) που μετα-



Σχ. 2.2β.

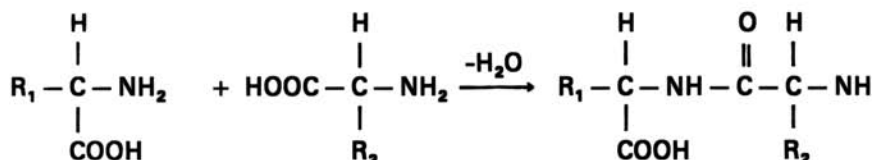
Η δομή του DNA και ο ημισυντηρητικός τρόπος αντιγραφής του: η αρχική διπλή έλικα αποπεριελίσσεται και δύο νέες συμπληρωματικές αλυσίδες συνθέτονται χρησιμοποιώντας τις αρχικές σαν κατευθυντήριο κώδικα.

φέρει το μήνυμα για τη βιοσύνθεση των πρωτεϊνών, υπάρχει το tRNA (μεταφορέας) το οποίο μεταφέρει τα αμινοξέα που θα χρησιμοποιηθούν στη βιοσύνθεση των πρωτεϊνών (*σημ.* υπάρχουν τόσα tRNA όσα είναι και τα αντίστοιχα αμινοξέα). Υπάρχει τέλος, το rRNA (ριβοσωματικό) που εγκαθίσταται στα ριβοσώματα κατά την πρωτεϊνολογική σύνθεση. Κοινό χαρακτηριστικό αυτών των 3 RNA είναι ο τρόπος της παραγωγής τους: προκύπτουν από **μεταγραφή** του DNA, τα δεσσοξυριβονουκλεοτίδια ενός κλώνου του οποίου καθορίζουν και τα ριβονουκλεοτίδια του μορίου του RNA.

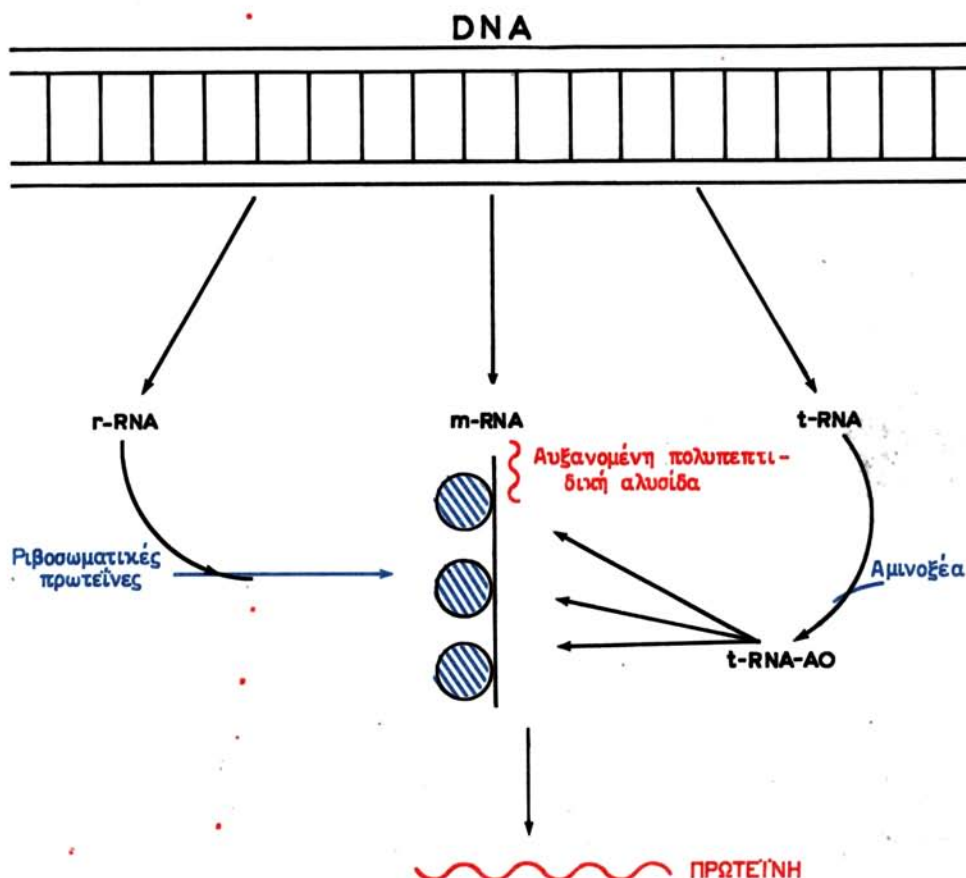
Είναι χαρακτηριστικό ότι η αλληλοδιαδοχή 3 βάσεων καλείται κωδικίο (π.χ. ACT), υπάρχει δε αμφοιμονοσήμαντη αντιστοιχία μεταξύ κωδικίων και αντιστοιχών αμινοξέων (π.χ. το κωδικίο GCU ανήκει στο αμινοξύ αλανίνη). Το ένζυμο που καταλύει το μηχανισμό της μεταγραφής καλείται DNA - εξαρτώμενη RNA πολυμεράση, όνομα που δόθηκε για να υπογραμμίσει το γεγονός ότι, από κάθε κλώνο DNA προκύπτει ένας συμπληρωματικός κλώνος RNA.

Μετάφραση ή Πρωτεϊνολογική σύνθεση. Η αλληλοδιαδοχή των αμινοξέων στο μόριο μιας πρωτεΐνης καθορίζεται από τη σειρά των ριβονουκλεοτιδίων του μορίου του mRNA (ή διαφορετικά από τα κωδικία του mRNA). Με τον τρόπο αυτό το κυτταρικό DNA προκαθορίζει έμμεσα τη δομή κάθε πρωτεΐνης, αφού από μεταγραφή άλλου κάθε φορά τμήματος του δικού του μορίου, προκύπτει το mRNA.

Οι **πρωτεΐνες** αποτελούνται από μία αλυσίδα αμινοξέων, ενωμένων μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό, που σχηματίζεται με τον παρακάτω τρόπο:



Ο μηχανισμός της μεταφράσεως είναι με λίγα λόγια, ο ακόλουθος (σχ. 2.2γ): Το μόριο του mRNA



Σχ. 2.2γ.

Η σύνθεση του RNA και των πρωτεϊνών: δια μεταγραφής του κυτταρικού DNA, σχηματίζονται τα 3 είδη του RNA, δηλαδή το rRNA (ριβοσωματικό), το mRNA (αγγελιοφόρο), το tRNA (μεταφορέας). Το rRNA συνδέεται με τις ριβοσωματικές πρωτεΐνες για να σχηματισθούν τα λειτουργικά ριβοσώματα. Αυτά συνδέονται με το mRNA για να σχηματισθούν πολυριβοσωματικά σύμπλοκα. Το mRNA φέρνει το μήνυμα για την πρωτεΐνη που θα συντεθεί. Το tRNA αναγνωρίζει τον κώδικα του mRNA και φέρνει τα κατάλληλα αμινοξέα. Όταν το πολυπεπτιδίο συμπληρωθεί, τότε απελευθερώνεται σαν πρωτεΐνη.

έρχεται και συνδέεται με το ριβόσωμα (ο ρόλος του ριβοσώματος είναι να χρησιμεύει ως τραπέζι πάνω στο οποίο γίνεται η πρωτεϊνσύνθεση). Τότε τα μόρια των tRNA, που μεταφέρουν τα ενεργοποιημένα αμινοξέα, αναγνωρίζουν τα κωδικία του mRNA και το κατάλληλο «tRNA - αμινοξύ» που φέρει το αντισπικωτικό, έρχεται και ενώνεται με το mRNA. Ακολουθεί ο σχηματισμός του πεπτιδικού δεσμού και η προσθήκη του αμινοξέος στην αυξανόμενη πολυπεπτιδική αλυσίδα. Όταν η πρωτεΐνη σχηματισθεί, ελευθερώνεται στην πρωτοταγή της δομή και στη συνέχεια παίρνει τη λειτουργικά κατάλληλη δομή της στο χώρο.

2.2.6 Η ρύθμιση του μεταβολισμού.

Η ρύθμιση του μεταβολισμού ενός κυττάρου είναι πολύ σημαντική λειτουργία και άμεσα εξαρτημένη από τις βιολογικές του ανάγκες. Συνήθως γίνεται σε δύο επίπεδα: σε **επίπεδο υποστρώματος**, όπου ουσίες είναι δυνατό να εμποδίζουν ή να διευκολύνουν τον καταβολισμό ή τη βιοσύνθεση άλλων ουσιών, επηρεάζοντας θετικά ή αρνητικά τα ένζυμα που καταλύουν τους αντίστοιχους μεταβολικούς δρόμους (π.χ. αλλοστερική αναστολή), και σε **επίπεδο γενετικών πληροφοριών**, όπου ουσίες είναι δυνατό να επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά τη σύνθεση των ενζύμων που καταλύουν ένα συγκεκριμένο μεταβολικό δρόμο (π.χ. επαγωγή). Ο μεταβολισμός τέλος, μπορεί να ρυθμισθεί με τεχνητά μέσα και σήμερα είναι γνωστές διάφορες ουσίες που έχουν την ικανότητα αυτή (π.χ. κολχικίνη). Έτσι ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να καταστρέψει μικροοργανισμούς παρεμποδίζοντας τη φυσιολογική τους ανάπτυξη, εφαρμόζοντας δηλαδή θεραπευτική αγωγή σε μοριακό επίπεδο.

2.3 Ανάπτυξη των βακτηρίων.

Τα βακτήρια για να αναπτυχθούν χρειάζονται νερό, μέταλλα, άνθρακα, άζωτο και μια πηγή ενέργειας. Πολλά μικρόβια χρειάζονται επίσης αμινοξέα, βιταμίνες και άλλες πολύπλοκες ουσίες, που δεν μπορούν τα ίδια να συνθέσουν.

Για τη σύνθεση των πολύπλοκων οργανικών συστατικών τους τα βακτήρια χρειάζονται μία πηγή ενέργειας και μία πηγή άνθρακα. Βακτήρια που χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα οργανικές προσχηματισμένες ουσίες, τις οποίες παίρνουν από το εξωτερικό περιβάλλον, καλούνται **ετερότροφοι μικροοργανισμοί**. Τα βακτήρια που μπορούν να συνθέσουν τα δικά τους οργανικά συστατικά χρησιμοποιώντας ως πηγή άνθρακα (CO_2), ανόργανες ουσίες καλούνται **αυτότροφοι μικροοργανισμοί**.

Στα ετερότροφα βακτήρια η πηγή άνθρακα είναι συνήθως η ίδια με την πηγή ενέργειας, και ο αριθμός των οργανικών ουσιών τις οποίες χρησιμοποιούν είναι πολύ μεγάλος. Ορισμένα βακτήρια χρησιμοποιούν μόνο απλά σάκχαρα, ενώ άλλα χρησιμοποιούν πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λίπη. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν νεκρές οργανικές ύλες για την ανάπτυξή τους καλούνται **σαπροφυτικοί μικροοργανισμοί** ή **σαπρόφυτα μικρόβια**. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούν τα ζωντανά κύτταρα για την ανάπτυξή τους καλούνται **παράσιτα**.

Τα περισσότερα ετερότροφα βακτήρια αναπτύσσονται σε ένα θρεπτικό υλικό, υγρό ή στερεό, το οποίο περιέχει ανόργανα άλατα (NH_4Cl , MgSO_4 , KH_2PO_4 , Na_2PO_4) και μία μόνο οργανική ουσία, που χρησιμεύει ως πηγή άνθρακα και ενέργειας, τη γλυκόζη. Αυτοί οι μικροοργανισμοί καλούνται **πρωτότροφοι**. Από τους

πρωτότροφους μικροοργανισμούς προκύπτουν οι **αυξότροφοι** μικροοργανισμοί, δηλαδή κύτταρα που έχουν πάθει μία μετάλλαξη και δεν είναι πλέον ικανά να συνθέσουν μία ή περισσότερες οργανικές ουσίες, που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξή τους. Αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αναπτυχθούν μέσα στο υλικό που περιέχει άλατα και γλυκόζη, παρά μόνο αν προστεθεί σε αυτό και η οργανική ουσία ή οι οργανικές ουσίες, που δεν μπορούν να συνθέσουν. Αυτές οι οργανικές ουσίες καλούνται **παράγοντες ανάπτυξεως** και μπορεί να είναι π.χ. αμινοξέα, πουρίνες, πυριμιδίνες και βιταμίνες. Πολλά είδη βακτηρίων που προκαλούν νόσο στον άνθρωπο είναι αυξότροφοι μικροοργανισμοί.

Οι αυτότροφοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν σαν πηγή ενέργειας το ηλιακό φως (φωτοσυνθετικοί αυτότροφοι μικροοργανισμοί) ή την ενέργεια που προκύπτει από την οξείδωση ανόργανων ουσιών, π.χ. της αμμωνίας (χημειοσυνθετικοί αυτότροφοι μικροοργανισμοί).

Άζωτα. Πολλά βακτήρια χρησιμοποιούν ως πηγή αζώτου τα αμμωνιακά και νιτρικά άλατα, ενώ ορισμένα είδη βακτηρίων χρησιμοποιούν οργανικές ουσίες, όπως είναι τα αμινοξέα.

Μέταλλα. Τα μικρόβια για να συνθέσουν τα συστατικά τους χρειάζονται διάφορα μέταλλα. Ο Φωσφόρος, το Κάλιο, το Μαγνήσιο, το Θείο, ο Σίδηρος είναι απαραίτητα, και σε σχετικά μεγάλες ποσότητες. Άλλα μέταλλα τους χρειάζονται σε πολύ μικρές ποσότητες, όπως π.χ. το Μαγγάνιο, το Ασβέστιο, ο Χαλκός, ο Ψευδάργυρος και το Κοβάλτιο.

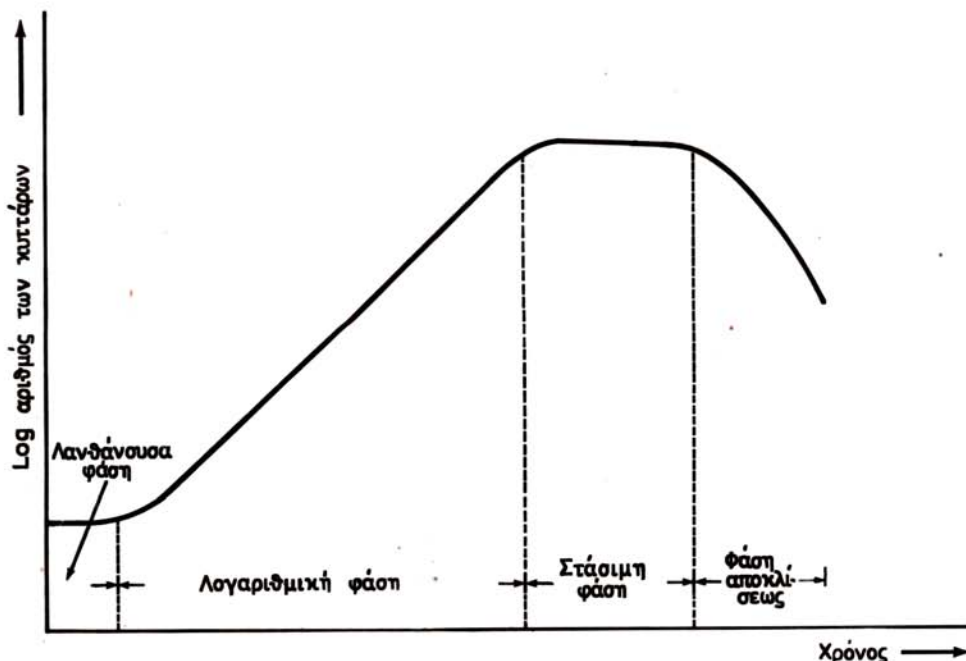
Βιταμίνες. Για τη λειτουργία των ενζύμων είναι απαραίτητη η παρουσία βιταμινών, η σύνθεση των οποίων γίνεται από τα ίδια τα μικρόβια. Ορισμένα βακτήρια προμηθεύονται μία ή περισσότερες βιταμίνες από το εξωτερικό περιβάλλον, επειδή τα ίδια δεν μπορούν να τις συνθέσουν.

Παράγοντες περιβάλλοντος για την ανάπτυξη των βακτηρίων. Εκτός από τις χημικές ουσίες είναι απαραίτητοι και ορισμένοι παράγοντες του περιβάλλοντος. Στους παράγοντες αυτούς ανήκουν η θερμοκρασία, η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου (pH) και το οξυγόνο.

Θερμοκρασία. Τα βακτήρια αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -5° έως 80°C . Για κάθε είδος μικροβίου υπάρχει μια άριστη θερμοκρασία ανάπτυξεως, στην οποία επιτυγχάνεται η πιο πλούσια ανάπτυξή του. Η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξεως είναι τα ακραία όρια στα οποία μπορεί να αναπτυχθεί κάθε είδος βακτηρίου. Τα περισσότερα βακτήρια αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες από 5 έως 45° και καλούνται **μεσόφιλοι μικροοργανισμοί**. Στους μικροοργανισμούς αυτούς ανήκουν τα βακτήρια εκείνα που προκαλούν νοσήματα στον άνθρωπο και έχουν άριστη θερμοκρασία ανάπτυξεως τους 37°C . Μερικά είδη βακτηρίων αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες από $40 - 80^{\circ}\text{C}$, με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξεως τους $55 - 60^{\circ}$, και καλούνται **θερμόφιλοι μικροοργανισμοί**. Μία τρίτη κατηγορία μικροβίων έχουν άριστη θερμοκρασία ανάπτυξεως τους 5 έως 10°C , αναπτύσσονται από -5° έως 20°C και καλούνται **ψυχρόφιλοι μικροοργανισμοί**.

Συγκέντρωση των ιόντων του υδρογόνου (pH). Τα περισσότερα βακτήρια αναπτύσσονται σε ουδέτερο ή ελαφρώς αλκαλικό pH ($7.2 - 7.5$). Υπάρχουν και ορισμένες εξαιρέσεις, βακτήρια δηλαδή που αναπτύσσονται σε αλκαλικό pH, ή σε όξινο pH.

Οξυγόνο. Η παρουσία μοριακού οξυγόνου είναι εντελώς απαραίτητη για να μπορέσουν να αναπτυχθούν ορισμένα βακτήρια, τα **υποχρεωτικά αερόβια βακτήρια**. Άλλα βακτήρια τα **υποχρεωτικά αναερόβια βακτήρια** δεν αναπτύσσονται όταν υπάρχει οξυγόνο. Σε μία τρίτη κατηγορία βακτηρίων τα **προαιρετικά αναερόβια βακτήρια** ανήκουν εκείνα τα οποία αναπτύσσονται με την παρουσία ή και χωρίς την παρουσία οξυγόνου. Ορισμένα βακτήρια, τέλος, αναπτύσσονται σε ατμόσφαιρα με ελαττωμένη τάση οξυγόνου και καλούνται **μικροαερόφιλοι μικροοργανισμοί**.



Σχ. 2.3.

Η καμπύλη ανάπτυξεως ενός μονοκυττάριου μικροοργανισμού.

Καμπύλη ανάπτυξεως βακτηρίων σε υγρά θρεπτικά υλικά. Η ανάπτυξη ενός βακτηρίου σε υγρό θρεπτικό υλικό περνά διάφορες φάσεις, οι οποίες είναι δυνατό να παρασταθούν γραφικά με μία καμπύλη, την καμπύλη ανάπτυξεως (σχ. 2.3). Οι φάσεις της καμπύλης ανάπτυξεως είναι οι ακόλουθες:

1) Λανθάνουσα φάση. Είναι το μικρό σχετικά χρονικό διάστημα που χρειάζονται τα κύτταρα για να προσαρμοσθούν στις νέες συνθήκες περιβάλλοντος του υγρού θρεπτικού υλικού. Στο διάστημα αυτό τα κύτταρα δε διαιρούνται, αλλά συνθέτουν τα ένζυμα, που θα χρειασθούν για τη χρησιμοποίηση των θρεπτικών συστατικών του υλικού.

2) Λογαριθμική φάση ανάπτυξεως. Στη φάση αυτή γίνεται ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων. Για κάθε είδος βακτηρίου ο χρόνος που απαιτείται για τη διαίρεση

των κυττάρων κάτω από τις ίδιες συνθήκες, είναι σταθερός και καλείται **χρόνος γενεάς**. Σε κάθε χρόνο γενεάς ο αριθμός των κυττάρων διπλασιάζεται. Ας υποθέσουμε ότι τοποθετούμε σε ένα υγρό υλικό 1×10^5 κύτταρα/ml ενός βακτηρίου, το οποίο έχει χρόνο γενεάς 20 min. Μετά τα πρώτα 20 min ο αριθμός των κυττάρων θα γίνει 2×10^5 /ml και θα δημιουργηθεί έτσι η πρώτη γενεά κυττάρων. Στα επόμενα 20 min τα κύτταρα θα γίνουν 4×10^5 /ml (δεύτερη γενεά), σε άλλα 20 min τα κύτταρα θα γίνουν 8×10^5 /ml κλπ. Από το παράδειγμα αυτό διαπιστώνουμε ότι ενώ ο αριθμός των γενεών (1,2,3,4, 5...) αυξάνει αριθμητικά, ο αριθμός των κυττάρων κάθε γενεάς αυξάνει γεωμετρικά (1,2,4,8,16...), δηλαδή ο ολικός πληθυσμός των κυττάρων αυξάνει λογαριθμικά και είναι δυνατό να παρασταθεί με μία ευθεία γραμμή επάνω σε ημιλογαριθμικό χαρτί.

3) Στάσιμη φάση. Η λογαριθμική φάση αναπτύξεως φθάνει μέχρι ένα σημείο και μετά σταματά. Οι παράγοντες που την αναστέλλουν είναι η εξάντληση των θρεπτικών συστατικών του υλικού και η συσσώρευση τοξικών ουσιών από το μεταβολισμό των κυττάρων. Στους παράγοντες αυτούς οφείλεται το γεγονός ότι ορισμένα κύτταρα δε διαιρούνται και τελικά πεθαίνουν. Όταν ο αριθμός των ζωντανών κυττάρων που διαιρούνται είναι ίσος με τον αριθμό των κυττάρων που πεθαίνουν, η καμπύλη αναπτύξεως παίρνει τη μορφή ευθείας γραμμής και η φάση καλείται στάσιμη φάση.

4) Φάση αποκλίσεως. Στη φάση αυτή ο αριθμός των κυττάρων που καταστρέφονται από τα τοξικά προϊόντα του μεταβολισμού αυξάνεται συνέχεια, ενώ αντίστοιχα ελαττώνεται ο αριθμός των ζωντανών κυττάρων. Ένας μικρός αριθμός ζωντανών κυττάρων μπορεί να παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, ανάλογα με το είδος του βακτηρίου.

Η καμπύλη που περιγράψαμε παρατηρείται όταν κύτταρα, τα οποία βρίσκονται στη στάσιμη φάση μέσα σε ένα υγρό θρεπτικό υλικό, φέρονται σε καινούριο υγρό θρεπτικό υλικό, που έχει τα ίδια συστατικά με το αρχικό. Η ίδια καμπύλη παρατηρείται επίσης όταν εξετάζονται κύτταρα τα οποία βρίσκονται στη λογαριθμική φάση και φέρονται σε υγρό θρεπτικό υλικό, που έχει διαφορετικά θρεπτικά συστατικά από το αρχικό. Όταν τα κύτταρα φέρονται από τη λογαριθμική φάση σε υλικό με τα ίδια συστατικά, δεν παρατηρείται η λανθάνουσα φάση στην καμπύλη, επειδή τα κύτταρα έχουν ήδη προσαρμοσθεί στα συστατικά αυτά.

2.4 Αναπαραγωγή των βακτηρίων.

Βασικός τρόπος αναπαραγωγής των βακτηρίων είναι η **απλή διχοτόμηση**, δηλαδή η διαίρεση του κυττάρου σε δύο ίσα μέρη, χωρίς να γίνεται ένωση αρσενικού και θηλυκού κυττάρου (**αγενής αναπαραγωγή**). Τα βακτηρίδια διαιρούνται στον άξονα που είναι κάθετος στο μήκος τους, ενώ οι κόκκοι, ανάλογα με το είδος του βακτηρίου, διαιρούνται σε ένα ή περισσότερα επίπεδα.

Ο όγκος του βακτηρίου αυξάνει σημαντικά πριν από τη διχοτόμηση του κυττάρου. Ακολουθεί η διαδικασία της διαιρέσεως, που γίνεται σε τρία στάδια: Η κυτταροπλασματική μεμβράνη σχηματίζει ένα κάθετο διάφραγμα, που καλύπτεται από μία στιβάδα του κυτταρικού τοιχώματος. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται ένα πλήρες διάφραγμα κυτταροπλασματικής μεμβράνης και κυτταρικού τοιχώματος.

Ακολουθεί η διχοτόμηση του κυτταροπλάσματος και του χρωματοσώματος και τέλος, ο διαχωρισμός των δύο νέων θυγατρικών κυττάρων (σχ. 2.4α).

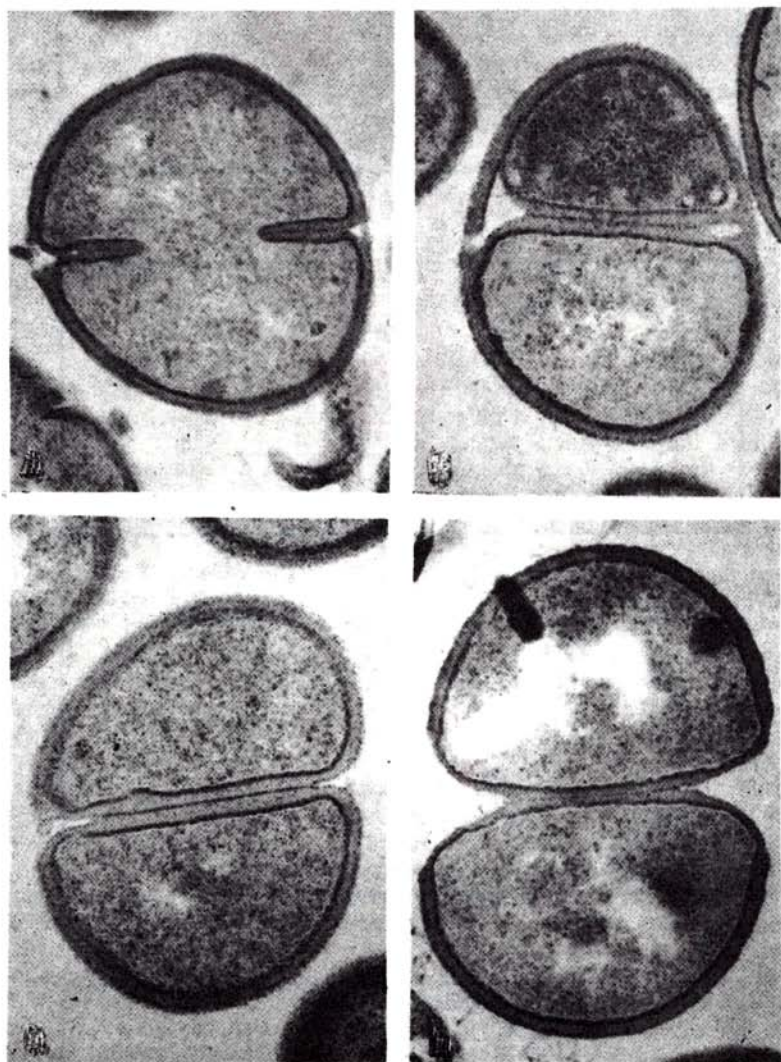
Σε ορισμένες περιπτώσεις τα βακτήρια διαιρούνται σε δύο κύτταρα, το ένα μεγαλύτερο από το άλλο (*άτυπη διχοτόμηση*).

Στο εργαστήριο μπορεί να γίνει μεταβίβαση γενετικής ουσίας από ένα κύτταρο σε άλλο και να δημιουργηθεί έτσι ένα νέο κύτταρο, το οποίο να έχει χαρακτηριστικές ιδιότητες και των δύο κυττάρων από τα οποία προήλθε. Για τη διαδικασία αυτή χρειάζονται δύο κύτταρα, ένα αρσενικό F^+ (fertility = γονιμότητα) και ένα θηλυκό F^- . Το κυτταρόπλασμα του F^+ κυττάρου περιέχει έξω από την πυρηνική περιοχή, ένα μικρό μόριο DNA (εξωχρωματοσωματικό .γενετικό υλικό), που καλείται *πλασμίδιο*. Το πλασμίδιο δεν είναι απαραίτητο για τη ζωή του βακτηρίου, αναπαράγεται αυτόνομα, αλλά συγχρόνως με το χρωματόσωμα του κυττάρου και μεταβιβάζεται στους απογόνους, όταν γίνεται η διαίρεση του κυττάρου. Καθορίζει επίσης διάφορα ιδιαίτερα γνωρίσματα των κυττάρων· τα F^+ κύτταρα π.χ., περιβάλλονται από πολύ μικρά νηματοειδή εξαρτήματα, τα συζευκτικά ινίδια, τα οποία διαφέρουν από τις φίμπριες. Σε μερικές περιπτώσεις ο κλειστός κύκλος του χρωματοσώματος του κυττάρου ανοίγει σε κάποιο σημείο με αποτέλεσμα το πλασμίδιο να ενσωματώνεται στο χρωματόσωμα και να αποτελεί πλέον μέρος του χρωματοσωματικού DNA. Όταν το εξωχρωματοσωματικό γενετικό υλικό (το πλασμίδιο δηλαδή) ενσωματωθεί στο χρωματόσωμα του κυττάρου καλείται *επίσωμα* (σχ. 2.4β).

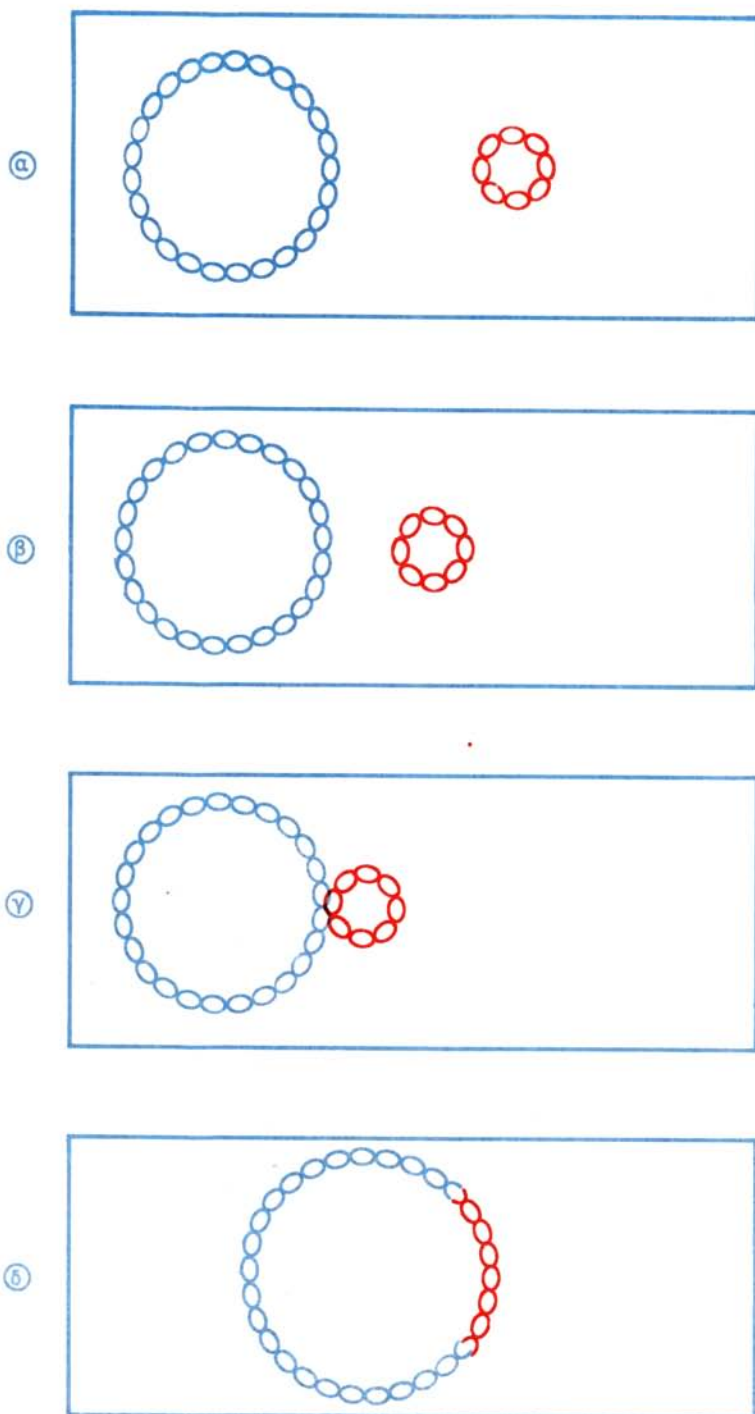
Όταν έλθουν σε επαφή δύο κύτταρα, το ένα F^+ και το άλλο F^- τα ινίδια του F^+ προσκολλώνται στην επιφάνεια του F^- και το πλασμίδιο αρχίζει να μεταβιβάζεται από το F^+ στο F^- κύτταρο, μέσω των κοίλων συζευκτικών ινιδίων. Με αυτό τον τρόπο το F^- κύτταρο γίνεται F^+ αποκτά δηλαδή και αυτό ένα πλασμίδιο και μαζί όλα τα γνωρίσματα που καθορίζονται από το πλασμίδιο, όπως π.χ. το να φέρει συζευκτικά ινίδια. Το πλασμίδιο, φυσικά, πριν αρχίσει η μεταβίβασή του στο F^- κύτταρο αναδιπλασιάζεται και έτσι το κύτταρο F^+ που το έφερε παραμένει F^+ και μετά τη σύζευξη (σχ. 2.4γ).

Όταν γίνεται ένωση ενός κυττάρου F^+ που περιέχει πλασμίδιο ενσωματωμένο στο χρωματόσωμά του, επίσωμα δηλαδή, με ένα άλλο κύτταρο, το χρωματόσωμα του F^+ κυττάρου ανοίγει και από κυκλικό γίνεται ευθύγραμμο. Το ευθύγραμμο αυτό χρωματόσωμα αρχίζει τότε να περνά στο F^- κύτταρο. Επειδή όμως το χρωματόσωμα σπα κάθε φορά σε διαφορετικά σημεία, δεν περνά συνήθως, ολόκληρο, αλλά μόνο ένα τμήμα του. Το επίσωμα, το οποίο βρίσκεται στο τέλος του ευθυγράμμου χρωματοσώματος δεν περνά σχεδόν ποτέ.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αναπαραγωγή των βακτηρίων είναι δυνατή τουλάχιστον στο εργαστήριο, με το μηχανισμό της συζεύξεως, ένα τρόπο δηλαδή αμφιγονικής αναπαραγωγής.



Σχ. 2.4α.
Φάσεις διαιρέσεως ενός βακτηρίου.



Σχ. 2.4β.

Στα σχήματα α, β, γ διακρίνεται το βακτηριακό χρωματόσωμα (μπλε χρώμα) και το πλασμίδιο (κόκκινο χρώμα). Στο σχήμα δ το πλασμίδιο έχει ενσωματωθεί στο βακτηριακό χρωματόσωμα και αποτελώντας πλέον καθαρή λειτουργική μονάδα αυτού, καλείται επίσωμα.



Σχ. 2.4γ.

Ηλεκτρονική μικροφωτογραφία συζεύξεως ενός F^+ με ένα F^- κύτταρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ

3.1 Μόλυνση και λοίμωξη.

Ορισμοί. Στη φύση υπάρχουν πολλές χιλιάδες είδη μικροβίων. Από αυτά λίγα σχετικά προκαλούν νόσο στους μεγαλοοργανισμούς, δηλαδή στους ανθρώπους, τα ζώα και τα φυτά:

Παθογόνα καλούνται τα μικρόβια τα οποία προκαλούν νόσο.

Μη παθογόνα καλούνται τα μικρόβια τα οποία δεν προκαλούν νόσο, ακόμα και όταν πολλά εκατομμύρια κυττάρων τους εισχωρήσουν σε ένα μεγαλοοργανισμό.

Δυνητικώς παθογόνα είναι τα μικρόβια, τα οποία άλλοτε συμπεριφέρονται σαν παθογόνα και άλλοτε σαν μη παθογόνα. Παράδειγμα τέτοιου μικροβίου είναι το κολοβακτηρίδιο, που βρίσκεται στο έντερο χωρίς να προκαλεί νόσο. Όταν όμως αυτό το μικρόβιο βρεθεί σε άλλους ιστούς του σώματος, δρα σαν παθογόνο και προκαλεί νόσο.

Ευκαιριακά μικρόβια είναι τα μικρόβια που βρίσκονται σε διάφορες κοιλότητες του οργανισμού και αποτελούν τη φυσιολογική χλωρίδα του ανθρώπου, χωρίς να προκαλούν νόσο. Μερικές φορές τα μικρόβια αυτά προκαλούν νόσο σε άτομα που έχουν ελαττωμένη αντίσταση, είτε γιατί υποφέρουν από ένα άλλο νόσημα (π.χ. καρκίνο), είτε γιατί παίρνουν διάφορα φάρμακα.

Λοιμογόνος δύναμη ενός μικροβίου καλείται η ικανότητά του να προκαλεί νόσο και θάνατο ενός μεγαλοοργανισμού. Τα μικρόβια δεν έχουν όλα την ίδια λοιμογόνου δύναμη·άλλα έχουν μεγαλύτερη και άλλα μικρότερη. Για να υπολογίσουμε τη λοιμογόνου δύναμη ενός μικροβίου, χορηγούμε κύτταρά του σε πειραματόζωα και μετράμε μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα τον αριθμό των πειραματόζωων που θα πεθάνουν. Μέτρο της λοιμογόνου δυνάμεως ενός μικροβίου είναι ο αριθμός των κυττάρων του, που μπορεί να προκαλέσει το θάνατο σε 50% από τα πειραματόζωα και καλείται μέση θανατηφόρος δόση.

Παράδειγμα. Ας υποθέσουμε ότι η μέση θανατηφόρος δόση ενός μικροβίου είναι 5×10^8 κύτταρα· αν χορηγηθεί δηλαδή αυτός ο αριθμός κυττάρων σε καθένα από 100 ποντίκια, θα προκαλέσει το θάνατο των 50. Αν βρεθεί ότι άλλο είδος μικροβίου έχει μέση θανατηφόρο δόση 9×10^7 κύτταρα, τότε λέμε ότι το δεύτερο αυτό μικρόβιο έχει μεγαλύτερη λοιμογόνου δύναμη από το πρώτο, αφού μικρότερος αριθμός κυττάρων του προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα.

Μεταδοτικότητα καλείται η ικανότητα ενός μικροβίου να μεταδίδεται από ένα μεγαλοοργανισμό στον άλλο, με τις συνθήκες περιβάλλοντος.

Διεισδυτικότητα καλείται η ικανότητα ενός μικροοργανισμού να εισχωρεί στους ιστούς του μεγαλοοργανισμού.

Μόλυνση καλείται η είσοδος μικροβίου σε ένα μεγαλοοργανισμό ή η απλή εναπόθεσή του στο δέρμα και τους βλεννογόνους του χωρίς να παρουσιάζονται νοσηρές διαταραχές. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται και για τα άψυχα αντικείμενα, τα οποία θεωρούνται μολυσμένα, όταν φέρουν μικρόβια (όπως π.χ. μολυσμένα τρόφιμα, ποτά, τραπέζι κλπ.).

Λοίμωξη καλείται η εγκατάσταση και ο πολλαπλασιασμός ενός μικροβίου στο μεγαλοοργανισμό που επιφέρει νοσηρές διαταραχές. Η εμφάνιση λοιμώξεως σε ένα μεγαλοοργανισμό προϋποθέτει τη μόλυνση.

Η λοίμωξη εμφανίζεται με τις ακόλουθες μορφές:

- α) **Ατυπονοσήματα**: Είναι νόσοι άτυπες, δεν παρουσιάζουν δηλαδή τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της νόσου.
- β) **Αλλοιοφανείς νοσήσεις**: Τα συμπτώματα εμφανίζονται μόνο σε ένα σύστημα ή όργανο, ενώ στην τυπική νόσο προσβάλλονται περισσότερα όργανα ή συστήματα.
- γ) **Εκτρωτικές μορφές**: Παρατηρούνται τα τυπικά συμπτώματα της νόσου, τα οποία όμως δεν διαρκούν πολύ και είναι ελαφράς μορφής.
- δ) **Τυπικές νοσήσεις**: Παρατηρούνται όλα τα τυπικά συμπτώματα που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη νόσο.
- ε) **Κεραυνοβόλες μορφές**: Τα συμπτώματα είναι πολύ βαριά και οι ασθενείς καταλήγουν στο θάνατο πολύ γρήγορα.

Βιολογικό εύρος της νόσου είναι το σύνολο των ατυπονοσημάτων, των αλλοιοφανών νοσησεων, των εκτρωτικών μορφών, των τυπικών νοσησεων και των κεραυνοβόλων μορφών, με τις οποίες μπορεί να εμφανισθεί μια λοίμωξη. Άλλα νοσήματα έχουν μεγάλο βιολογικό εύρος, δηλαδή εμφανίζονται με όλες τις παραπάνω μορφές, και άλλα έχουν μικρό βιολογικό εύρος, η νόσος δηλαδή εμφανίζεται στα περισσότερα άτομα με την τυπική της μορφή.

Λοιμώδεις νόσοι καλούνται εκείνες που οφείλονται σε μικρόβια.

Μεταδοτική λοιμώδης νόσος είναι εκείνη που μεταδίδεται από άτομο σε άτομο.

Επιδημική είναι η μεταδοτική λοιμώδης νόσος που προκαλεί επιδημίες.

Επιδημία καλείται η εμφάνιση μιας μεταδοτικής λοιμώδους νόσου, η οποία προσβάλλει συγχρόνως πολλά άτομα που κατοικούν στον ίδιο τόπο.

Επιζωτία είναι η επιδημία μεταδοτικής λοιμώδους νόσου, που εμφανίζεται στάζωα.

Πανδημία καλείται η επιδημία εκείνη που προσβάλλει το μεγαλύτερο αριθμό των κατοίκων μιας περιοχής ή μιας χώρας και μεταδίδεται με μεγάλη ταχύτητα στους κατοίκους μιας άλλης περιοχής ή μιας γειτονικής χώρας. Αντίστοιχος όρος για τα ζώα είναι η πανζωτία.

Ενδημία καλείται η εμφάνιση μιας λοιμώδους νόσου σε περιορισμένο αριθμό κατοίκων μιας χώρας, ο οποίος δε διαφέρει πολύ από χρόνο σε χρόνο.

Σποραδικές νόσοι καλούνται οι λοιμώδεις νόσοι που παρουσιάζουν μολυσμένα άτομα, οι οποίες όμως δεν είναι μεταδοτικές.

3.2 Τα αιτήματα του Koch.

Ο Koch, για να αποδείξει το 1882, ότι η φυματίωση οφείλεται σε μικρόβιο, δια-

τύπωσε ορισμένες προϋποθέσεις οι οποίες πρέπει να υπάρχουν σε κάθε περίπτωση, για να βγει το συμπέρασμα ότι ένα μικρόβιο αποτελεί το αίτιο μιας συγκεκριμένης νόσου. Αυτές οι προϋποθέσεις καλούνται *αιτήματα του Koch* και είναι οι εξής:

- 1) Το μικρόβιο πρέπει να βρεθεί στους ιστούς ή τους χυμούς του ασθενούς ή στα πτώματα ατόμων, που πέθαναν από την ίδια νόσο.
- 2) Το μικρόβιο πρέπει να απομονωθεί από την περιοχή της λοιμώξεως (π.χ. από το αυτί, τα ούρα, το αίμα κλπ.) και να αναπτυχθεί μέσα σε κατάλληλα θρεπτικά υλικά.
- 3) Το μικρόβιο το οποίο θα απομονωθεί από την εστία της λοιμώξεως, πρέπει να προκαλέσει την ίδια νόσο, αν χορηγηθεί σε ένα πειραματόζωο.
- 4) Το μικρόβιο που χορηγήθηκε στα πειραματόζωα και προκάλεσε νόσο, θα πρέπει πάλι να απομονωθεί από το πειραματόζωο, μέσα σε κατάλληλα θρεπτικά υλικά.

Αν εκπληρωθούν όλα αυτά τα αιτήματα, τότε μπορούμε να πούμε ότι μία νόσος είναι λοιμώδης και οφείλεται σε ένα συγκεκριμένο μικρόβιο. Με τον τρόπο αυτό έχει αποδειχθεί ποια νοσήματα είναι λοιμώδη και σε ποιο είδος μικροβίου οφείλεται καθένα από αυτά.

3.3 Ουσίες μικροβίων που έχουν σχέση με την παθογόνο δράση τους.

Διάφορες ουσίες που παράγουν τα μικρόβια προκαλούν βλάβες στους μεγαλοοργανισμούς και έτσι συμβάλλουν στο μηχανισμό της παθογόνου δράσεως. Τέτοιες ουσίες είναι:

- α) *Τοξίνες*. Ορισμένα μικρόβια προκαλούν νόσο με την παραγωγή μιας πολύ τοξικής ουσίας, της εξωτοξίνης. Κάθε εξωτοξίνη, ανάλογα με το είδος μικροβίου που την παράγει, προσβάλλει διαφορετικά όργανα και προκαλεί διαφορετικά συμπτώματα. Τα Gram αρνητικά μικρόβια έχουν στο κυτταρικό τους τοίχωμα μία στιβάδα, το λιποπολυσακχαρίτη, η οποία καλείται και ενδοτοξίνη. Αυτή η ενδοτοξίνη μπορεί να προκαλέσει διάφορα συμπτώματα, όπως π.χ. πυρετό και πτώση της πίεσης.
 - β) *Λευκοκτονίνες*. Οι λευκοκτονίνες έχουν την ιδιότητα να αδρανοποιούν τα λευκά αιμοσφαίρια του αίματος.
 - γ) *Αιμολυσίνες*. Είναι ουσίες που προκαλούν λύση ή καταστροφή των ερυθρών αιμοσφαιρίων.
 - δ) *Πηκτάσες*. Προκαλούν πήξη του αίματος ή του πλάσματος, με αποτέλεσμα τα κύτταρα του μικροβίου να περιχαρακώνονται από το πήγμα και να μη καταστρέφονται από τις αμυντικές δυνάμεις του μεγαλοοργανισμού.
 - ε) *Ινωδολυσίνες*. Είναι ένζυμα που διασπούν το ινώδες και έτσι το μικρόβιο εισχωρεί στο μεγαλοοργανισμό.
 - στ) *Υαλουρονιδάση*. Είναι ένζυμο που διασπά το διάμεσο συνεκτικό ιστό και διευκολύνει την εξάπλωση του μικροβίου, άρα και της λοιμώξεως, στους γειτονικούς ιστούς.
 - θ) *Το Έλυτρο - Βλεννώδης στιβάδα*. Έχουν παθογόνο δράση και εμποδίζουν τα λευκά αιμοσφαίρια να φαγοκυτταρώσουν τα κύτταρα του μικροβίου.
- Εκτός από τις παραπάνω ουσίες τα παθογόνα μικρόβια παράγουν και πολλά άλ-

λα ένζυμα, που ενισχύουν την ικανότητά τους να προκαλούν νοσήματα στους ανθρώπους και στα ζώα.

3.4 Προέλευση των παθογόνων μικροβίων.

Τα παθογόνα μικρόβια είναι δυνατό να προέρχονται από τις ακόλουθες πηγές:

- α) Μεγαλοοργανισμούς (ανθρώπους ή ζώα) που πάσχουν από λοιμώδες νόσημα.
- β) Μεγαλοοργανισμούς που βρίσκονται στο στάδιο της αναρρώσεως από λοιμώδες νόσημα.
- γ) Μεγαλοοργανισμούς που είναι υγιείς φορείς παθογόνων μικροβίων.
Αυτές οι τρεις πηγές παθογόνων μικροβίων όταν πρόκειται για ανθρώπους καλούνται **μικροβιοφόροι** (ή **μικροβιοφορείς**).
- δ) Το μολυσμένο περιβάλλον, δηλαδή τον αέρα, το νερό, τα ποτά, τα τρόφιμα, το χώμα.
- ε) Τα μολυσμένα αντικείμενα, που μπορεί να είναι αντικείμενα κοινής χρήσεως και αντικείμενα ατομικής χρήσεως.
- στ) Τους διάμεσους ξενιστές, τα αρθρόποδα δηλαδή, που χρησιμεύουν σαν μεταβιβαστές των μικροβίων από μολυσμένα αντικείμενα ή ασθενείς, σε υγιή άτομα.

3.5 Τρόποι μόλυνσεως και μετάδοσεως των παθογόνων μικροβίων.

Από τις πηγές μόλυνσεως τα μικρόβια μεταδίδονται στους μεγαλοοργανισμούς με τους ακόλουθους τρόπους:

α) Με **άμεση επαφή**. Η μόλυνση με άμεση επαφή γίνεται:

- 1) Με μολυσμένα χέρια στο δέρμα, στο στόμα και σε άλλους βλεννογόνους (επιπεφυκότα, μύτη).
- 2) Με το φιλί, από το βλεννογόνο του στόματος ενός ατόμου στο βλεννογόνο του στόματος ενός άλλου.
- 3) Με τη συνουσία (αφροδίσια νοσήματα).
- 4) Με την επαφή του δέρματος ή των τριχών ενός υγιούς ατόμου προς το δέρμα ή τις τρίχες ενός ασθενούς.

5) Μετά από λύση του δέρματος. Η συνέχεια του δέρματος μπορεί να λυθεί μετά από τραυματισμό ή από μία απλή εκδορά, που δε γίνεται ορατή. Η μόλυνση του δέρματος μπορεί να προέλθει τότε από την επαφή με μολυσμένα αντικείμενα, με χώμα π.χ., οπότε μιλάμε για ετερογενείς μόλυνσεις, ή από την επαφή με μικρόβια που βρίσκονται στο δέρμα του ίδιου του μεγαλοοργανισμού, οπότε πρόκειται για αυτομόλυνση.

β) Με **έμμεση επαφή**. Μόλυνση με έμμεση επαφή γίνεται, όταν ο μεγαλοοργανισμός έλθει σε επαφή με αντικείμενα ατομικής χρήσεως (μαντήλια, κουβέρτες, παιχνίδια, πετσέτες κλπ.) ή με αντικείμενα κοινής χρήσεως (καθίσματα κινηματογράφου, συσκευές τηλεφώνου, σκεύη φαγητού κλπ.).

γ) Με τον **αέρα**. Με τον αέρα μεταδίδονται οι **αερογενείς λοιμώξεις**, οι λοιμώξεις δηλαδή του αναπνευστικού συστήματος. Η μετάδοση των μικροβίων μέσω του μολυσμένου αέρα γίνεται με τα σταγονίδια ή με τη σκόνη. Σταγονίδια παράγονται

με το βήχα, το πύρρισμα ή την ομιλία. Η σκόνη μολύνεται με διάφορα φυσιολογικά ή παθολογικά εκκρίματα των ασθενών, όπως π.χ. τα πτύελα, τα δάκρυα, τα λέπια ή ακόμα τα ούρα και τα κόπρανα.

δ) Με το **νερό**, τα **ποτά**, τα **τρόφιμα**. Με το νερό και τα τρόφιμα μεταδίδονται λοιμώξεις του πεπτικού συστήματος, οι **εντερολοιμώξεις**. Εκτός από τις εντερολοιμώξεις μεταδίδονται μερικές φορές και άλλα λοιμώδη νοσήματα με τα τρόφιμα.

ε) Με τους **διάμεσους ξενιστές**. Ορισμένα επιδημικά νοσήματα μεταδίδονται με τους διάμεσους ξενιστές (π.χ. κουνούπια, μύγες, ψείρες κλπ.). Όσα από τα νοσήματα αυτά μεταδίδονται με διάμεσους ξενιστές από άνθρωπο σε άνθρωπο καλούνται **ομόλογες νόσοι**, ενώ όσα μεταδίδονται με διάμεσους ξενιστές από κάποιο ζώο στον άνθρωπο καλούνται **ετερόλογες νόσοι**.

στ) Με τον **πλακούντα**. Με τον πλακούντα είναι δυνατό να περάσουν ορισμένα μικρόβια από τη μητέρα στο έμβρυο, όπως π.χ. το μικρόβιο της σύφιλης.

ζ) Με **μολυσμένη σύριγγα**. Με μολυσμένη σύριγγα ενέσεων μεταδίδεται ο ιός που προκαλεί την ηπατίτιδα και σπανίως η ελονοσία.

3.6 Πύλη εισόδου των μικροβίων στον οργανισμό.

Τα μικρόβια εισχωρούν στον οργανισμό από το καλυπτήριο σύστημα και τους βλεννογόνους.

α) Το **καλυπτήριο σύστημα**. Όταν το δέρμα είναι υγιές και δεν υπάρχει λύση της συνέχειάς του, τα μικρόβια δεν μπορούν να εισχωρήσουν στον οργανισμό. Η παραρμική όμως λύση του δέρματος, ακόμα και αν δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι, επιτρέπει στα μικρόβια να εισέλθουν και να δημιουργήσουν μόλυνση και λοίμωξη.

Ορισμένα μικρόβια προκαλούν βλάβες ακριβώς στο σημείο εισόδου τους, στον οργανισμό, άλλα μεταφέρονται με το αίμα σε άλλους ιστούς, μακριά από την πύλη εισόδου, ενώ μία άλλη ομάδα μικροβίων παραμένει στην πύλη εισόδου και παράγει εξωτοξίνες, που δρουν σε απομακρυσμένα όργανα.

β) Οι **βλεννογόνοι**. Οι βλεννογόνοι από τους οποίους εισχωρούν τα μικρόβια στον οργανισμό είναι οι ακόλουθοι:

- 1) Ο **επιπεφυκότας**. Αποτελεί την πύλη εισόδου για τα μικρόβια, που προκαλούν νόσους των οφθαλμών (Οφθαλμίες).
- 2) Ο **βλεννογόνος της μύτης**.
- 3) Ο **βλεννογόνος του φάρυγγα και των ανωτέρων αναπνευστικών οδών**. Αποτελεί πύλη εισόδου για πολλά παθογόνα μικρόβια.
- 4) Ο **βλεννογόνος των κυψελίδων του πνεύμονα**. Είναι η πύλη εισόδου των μικροβίων που προκαλούν τις αερογενείς λοιμώξεις.
- 5) Ο **βλεννογόνος του στόματος και του εντέρου**. Από το στόμα εισχωρούν μικρόβια που υπάρχουν στον αέρα και στα τρόφιμα και μεταφέρονται στις αμυγδαλές ή στο έντερο, όπου προκαλούν τις εντερολοιμώξεις.
- 6) Ο **βλεννογόνος της ουρήθρας και των γεννητικών οργάνων**. Είναι πύλη εισόδου για τα μικρόβια που προκαλούν τα αφροδίσια νοσήματα.
- 7) Ο **βλεννογόνος του απευουσμένου**. Αποτελεί σπάνια πύλη εισόδου.

Μερικά μικρόβια παρουσιάζουν τροπισμό όσον αφορά την πύλη εισόδου τους. Θα προκαλέσουν, δηλαδή, λοίμωξη, μόνον αν εισχωρήσουν από μία ορισμένη πύλη. Θα προκαλέσουν λοίμωξη αν εισχωρήσουν από το δέρμα π.χ.,

ενώ δεν θα προκαλέσουν αν εισχωρήσουν από ένα βλεννογόνο. Άλλα μικρόβια πάλι εμφανίζουν τροπισμό για ένα ορισμένο βλεννογόνο, και δεν προκαλούν λοίμωξη αν εισχωρήσουν στον οργανισμό από άλλο βλεννογόνο ή από το δέρμα. Τέλος, μία άλλη ομάδα μικροβίων δεν παρουσιάζει τροπισμό όσον αφορά την πύλη εισόδου. Τα μικρόβια αυτά προκαλούν λοίμωξη ανεξάρτητα από ποια πύλη θα εισχωρήσουν στον οργανισμό.

Μετά την είσοδο του μικροβίου στον οργανισμό, παρατηρούνται τα εξής:

α) Τα μικρόβια αναπτύσσονται τοπικά και προκαλούν βλάβες στο σημείο της εισόδου.

β) Τα μικρόβια αναπτύσσονται τοπικά, αλλά παράγουν τοξικές ουσίες, που μπορεί να προκαλέσουν βλάβες σε άλλα σημεία του οργανισμού, μακριά από το σημείο εισόδου.

γ) Τα μικρόβια αναπτύσσονται τοπικά, προκαλούν βλάβες στη πύλη εισόδου, και στη συνέχεια μεταφέρονται με το αίμα σε άλλους ιστούς, όπου πολλαπλασιάζονται και προκαλούν βλάβες.

Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να διευκρινισθούν ορισμένες έννοιες:

Μικροβιαιμία είναι η κατάσταση κατά την οποία παθογόνα ή μη παθογόνα μικρόβια κυκλοφορούν στο αίμα.

Σηψαιμία είναι μικροβιαιμία και ταυτόχρονη εμφάνιση τοξικών φαινομένων, δηλαδή πυρετού και ρίγους.

Πυαιμία είναι σηψαιμία και εμφάνιση συμπτωμάτων από βλάβες που γίνονται στους ιστούς (αποστήματα).

δ) Τα μικρόβια προκαλούν βλάβες στην πύλη εισόδου και μετά προχωρούν στους γειτονικούς ιστούς, τους οποίους επίσης προσβάλλουν.

ε) Τα μικρόβια δεν προκαλούν βλάβες στην πύλη εισόδου, αλλά μεταφέρονται σε άλλους ιστούς μακριά από αυτήν, όπου και προκαλούν βλάβες.

3.7 Άνοσία για τις λοιμώξεις.

Η άνοσία αποτελεί κατάσταση κατά την οποία ο οργανισμός εμφανίζει δυσπάθεια (αντίθετο της ευπάθειας) για τα μικρόβια και τα τοξικά τους προϊόντα. Όταν δηλαδή ένα μικρόβιο εισχωρήσει στον οργανισμό δεν προκαλεί νόσο. Η άνοσία μπορεί να είναι φυσική ή επίκτητη, μόνιμη ή παροδική, μερική ή ολική.

Ο άνθρωπος παρουσιάζει άνοσία για τα πιο πολλά είδη μικροβίων που υπάρχουν στη φύση και τα οποία ορίσαμε σαν μη παθογόνα, ενώ αντίθετα δεν παρουσιάζει άνοσία για τα μικρόβια που χαρακτηρίσαμε σαν παθογόνα.

Κάθε οργανισμός γεννιέται με δυσπάθεια σε ορισμένα ή περισσότερα μικρόβια, την οποία καλούμε *φυσική άνοσία*. Η φυσική άνοσία καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και διακρίνεται στην άνοσία ειδών, άνοσία φυλών και στην άνοσία ατόμων.

Άνοσία ειδών. Ο άνθρωπος και τα ζώα δεν προσβάλλονται, εκτός από λίγες περιπτώσεις, από τα ίδια είδη μικροβίων. Ορισμένα μικρόβια τα οποία είναι παθογόνα για τα ζώα, δεν είναι παθογόνα για τον άνθρωπο. Και αντίθετως, μικρόβια παθογόνα για τον άνθρωπο, δεν προκαλούν νόσο στα ζώα.

Άνοσία φυλών. Οι άνθρωποι παρουσιάζουν διαφορές όσον αφορά την ευαι-

σθησία τους σε ορισμένα μικρόβια. Οι μαύροι π.χ., αντέχουν στη μόλυνση που προέρχεται από ένα είδος μικροβίου, στο οποίο οι λευκοί παρουσιάζουν μεγάλη ευπάθεια, και αντιθέτως.

Ανοσία απόμων. Κατά τη διάρκεια μιας επιδημίας προσβάλλονται από τη νόσο τα περισσότερα άτομα αλλά υπάρχουν και ορισμένα τα οποία παραμένουν υγιή.

Η επίκτητη ανοσία δεν καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες και την αποκτούν οι οργανισμοί κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Διακρίνεται σε ενεργητική, παθητική, συγγενή και στην ανοσία που αποκτούν τα βρέφη με το γάλα της μητέρας τους.

Ένα άτομο ανοσοποιείται ενεργητικά για μία νόσο με δύο τρόπους: Αν περάσει τη νόσο (π.χ. άτομα που πέρασαν την ιλαρά δεν την παθαίνουν πάλι), οπότε η ενεργητική αυτή ανοσία καλείται αυτόματη, ή μετά από εμβολιασμό (π.χ. άτομο που εμβολιάζεται με το εμβόλιο εναντίον του κοκκύτη δεν παθαίνει αυτή την αρρώστια) και καλείται τεχνητή.

Παθητική ανοσία αποκτά ένα άτομο με τη χορήγηση ορού (π.χ. αντιτετανικός ορός).

Συγγενής είναι η ανοσία που μεταβιβάζεται από τη μητέρα στο έμβρυο με τον πλακούντα.

Τα βρέφη αποκτούν ανοσία για πολλές λοιμώξεις με το γάλα της μητέρας, πράγμα που τα προστατεύει στα πρώτα βήματα της ζωής τους.

3.8 Παράγοντες που συμβάλλουν στη φυσική ανοσία.

Στη φυσική ανοσία του οργανισμού συμβάλλουν διάφοροι παράγοντες όπως:

1) Το **υγιές δέρμα και οι υγιείς βλεννογόνοι**. Τα μικρόβια δεν μπορούν να εισχωρήσουν στον οργανισμό όταν το δέρμα είναι άθικτο και δεν εμφανίζει λύση της συνέχειάς του. Η συνεχής απόπτωση των στιβάδων του επιθηλίου του δέρματος βοηθεί επίσης στο να αποβάλλονται τα μικρόβια που βρίσκονται επάνω στο δέρμα.

Η συνεχής ροή υγρών, όπως π.χ. των δακρύων και των ούρων, βοηθεί στην απομάκρυνση των μικροβίων από τους βλεννογόνους. Η βλέννη, που παράγεται στους βλεννογόνους του αναπνευστικού συστήματος, συμβάλλει στην κατακράτηση και αποβολή προς τα έξω των μικροβίων.

2) **Αντιμικροβιακές ουσίες των ιστών και υγρών**. Στους ιστούς και τα υγρά του σώματος υπάρχουν πολλές ουσίες με μικροβιοκτόνο δράση, οι οποίες δηλαδή σκοτώνουν τα μικρόβια. Τέτοιες ουσίες είναι:

Η **προπερδίνη** του ορού του αίματος, που αδρανοποιεί διάφορους ιούς και προκαλεί λύση των βακτηρίων, οι **βλεννοπρωτεΐνες** των ούρων και η **λυσοςζύμη** που βρίσκεται στο σάλιο, στα δάκρυα και μέσα στα πολυμορφοπύρρηνα λευκά αιμοσφαίρια και προκαλεί διάλυση του τοιχώματος των βακτηρίων και θάνατο των κυττάρων τους. Άλλες αντιμικροβιακές ουσίες είναι οι πρωταμίνες του σπέρματος, η **σπερμίνη** που βρίσκεται στο πάγκρεας, η **σπερμιδίνη** που λαμβάνεται από τον προστάτη, η **β-λυσίνη** που προέρχεται από τα αιμοπετάλια και τρεις διαφορετικές ουσίες που λαμβάνονται από τα λευκά αιμοσφαίρια, η **λευκίνη**, η **μονοκυτταρίνη** και η **φαγοκυτταρίνη**.

3) Η **θερμοκρασία**. Η φυσιολογική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος είναι 37°C. Τα μικρόβια που έχουν άριστη θερμοκρασία αναπτύξεως μικρότερη ή με-

γαλύτερη από τους 37°C δεν μπορούν συνήθως να αναπτυχθούν στον ανθρώπινο οργανισμό και να προκαλέσουν νόσο. Από τις τρεις ομάδες μικροβίων, ψυχρόφιλα, θερμόφιλα και μεσόφιλα, μόνο τα μεσόφιλα μικρόβια είναι παθογόνα για τον άνθρωπο και ιδιαίτερα εκείνα που έχουν άριστη θερμοκρασία ανάπτυξής τους 37°C. Έτσι ο άνθρωπος παρουσιάζει ανοσία για τα ψυχρόφιλα και θερμόφιλα μικρόβια.

4) **Η τάση του οξυγόνου στους ιστούς.** Ο άνθρωπος κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, έχει ανοσία για τα υποχρεωτικώς αναερόβια μικρόβια. Όταν όμως για οποιοδήποτε λόγο, π.χ. τραυματισμός, ένας ιστός που δέχεται ανεπαρκές ποσό οξυγόνου μολυνθεί με αναερόβια μικρόβια, δημιουργείται λοίμωξη. Η λοίμωξη αυτή οφείλεται στην ανάπτυξη των αναερόβιων μικροβίων στο συγκεκριμένο ιστό, επειδή εκεί έχουν δημιουργηθεί οι κατάλληλες συνθήκες αναερόβιωσης.

5) **Ορμόνες.** Οι ορμόνες συμβάλλουν στην αντίσταση του οργανισμού στις λοιμώξεις. Σε περίπτωση ανεπάρκειας ή δυσλειτουργίας των ενδοκρινών αδένων είναι γνωστό ότι ελαττώνεται και η ικανότητα του οργανισμού να αντιμετωπίζει τις λοιμώξεις.

6) **Βιταμίνες.** Οι βιταμίνες συμβάλλουν στη φυσική ανοσία του οργανισμού.

Αν και οι γνώσεις μας για τους παράγοντες που συμβάλλουν στη φυσική ανοσία έναντι των λοιμώξεων είναι σημαντικές, δεν είναι γνωστές όλες οι λεπτομέρειες για το μηχανισμό της, που φαίνεται να είναι πολύπλοκος.

3.9 Μικροβιακές Τοξίνες.

Οι τοξίνες των βακτηρίων διακρίνονται σε δύο ομάδες, τις εξωτοξίνες και τις ενδοτοξίνες. Οι εξωτοξίνες είναι προϊόντα μεταβολισμού και βγαίνουν έξω από το κύτταρο, ενώ οι ενδοτοξίνες αποτελούν μέρος του κυτταρικού τοιχώματος των Gram αρνητικών βακτηρίων και ελευθερώνονται από το μικροβιακό σώμα μετά το θάνατο του κυττάρου.

3.9.1 Ιδιότητες των Εξωτοξινών.

Οι γενικές ιδιότητες των εξωτοξινών είναι οι ακόλουθες:

- 1) Παράγονται κυρίως από Gram θετικά βακτήρια. Ορισμένα όμως είδη Gram αρνητικών βακτηρίων παράγουν επίσης εξωτοξίνες.
- 2) Από χημική άποψη είναι πρωτεΐνες.
- 3) Είναι πολύ τοξικές ουσίες.
- 4) Είναι θερμοευαίσθητες. Με την επίδραση θερμότητας ελαττώνεται σημαντικά η τοξική τους δράση.
- 5) Είναι ισχυρά αντιγόνα· όταν δηλαδή εισχωρήσουν στον οργανισμό διεγείρουν ειδικά κύτταρα τα οποία παράγουν ουσίες, τα αντισώματα (αντιτοξίνες), που έχουν την ιδιότητα να εξουδετερώνουν την τοξική δράση των εξωτοξινών.
- 6) Όταν επιδράσει φορμόλη οι εξωτοξίνες χάνουν την τοξική τους δράση και μετατρέπονται σε μη τοξικές ουσίες, τις ατοξίνες. Οι ατοξίνες όμως εξακολουθούν να έχουν την ίδια αντιγονική ικανότητα με τις εξωτοξίνες και να διεγείρουν τον οργανισμό για την παραγωγή αντιτοξινών.

- 7) Οι εξωτοξίνες που παράγονται από διαφορετικά είδη βακτηρίων δεν προκαλούν τα ίδια συμπτώματα και την ίδια νόσο. Κάθε εξωτοξίνη δρα δηλαδή με διαφορετικό τρόπο και προκαλεί διαφορετικά συμπτώματα.

3.9.2 Ενδοτοξίνες.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέραμε ότι η εξωτερική στιβάδα του κυτταρικού τοιχώματος των Gram αρνητικών βακτηρίων αποτελείται από ένα λιποπολυσακχαρίτη. Ο λιποπολυσακχαρίτης αυτός καλείται και σωματικό αντιγόνο O ή ενδοτοξίνη.

Οι ενδοτοξίνες ανεξάρτητα από ποιο είδος Gram αρνητικού βακτηρίου προέρχονται, παρουσιάζουν τις ίδιες ιδιότητες. Μερικές από τις ιδιότητές τους είναι οι ακόλουθες:

- 1) Είναι καλά αντιγόνα.
- 2) Είναι θερμοανθεκτικές.
- 3) Αυξάνουν τη μη ειδική αντίσταση του οργανισμού στις λοιμώξεις από βακτήρια, ιούς, μύκητες και πρωτόζωα.
- 4) Προκαλούν στην αρχή λευκοπενία και στη συνέχεια λευκοκυττάρωση.
- 5) Προκαλούν πυρετό.
- 6) Προκαλούν πτώση της πίεσεως και σε μεγάλες δόσεις το θάνατο.

3.9.3 Εξωτοξίνες των Μυκήτων.

Ορισμένα είδη μυκήτων παράγουν μικρομοριακές ουσίες, τις αφλατοξίνες, οι οποίες είναι πολύ τοξικές. Οι αφλατοξίνες μολύνουν διάφορα προϊόντα, όπως π.χ. το ρύζι, τα φασόλια, τα φυστίκια κλπ. Ζωοτροφές μολυσμένες με αφλατοξίνες προκαλούν το θάνατο των ζώων, ενώ όσα ζώα επιζούν από τη μόλυνση αναπτύσσουν καρκίνο του ήπατος. Στους ανθρώπους φαίνεται ότι υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της καταναλώσεως τροφίμων που έχουν μολυνθεί με αφλατοξίνες και της αναπτύξεως κίρρωσεως ή καρκίνου του ήπατος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ

4.1 Μικροσκόπιο.

Το μικροσκόπιο είναι ένα οπτικό όργανο κατάλληλο για την παρατήρηση πολύ μικρών αντικειμένων, που είναι αόρατα ή δυσδιάκριτα με το γυμνό μάτι. Από το 1673 που ο Antony Van Leeuwenhoek παρουσίασε στη Βασιλική Ακαδημία του Λονδίνου μια εργασία για «μικροσκόπια», μέχρι τη σημερινή τεχνολογικά εξελιγμένη εποχή μας, πολλά πράγματα έχουν αλλάξει σχετικά με τον τρόπο που γίνεται αυτή η παρατήρηση. Πάντως, η βασική αρχή λειτουργίας του μικροσκοπίου παραμένει η ίδια: πρόκειται για ένα σύστημα φακών διαρθρωμένων έτσι, ώστε να παρέχουν στον παρατηρητή μία εξαιρετικά ισχυρή μεγέθυνση του αντικειμένου του. Στον αιώνα μας, η ανακάλυψη της διπλής φύσεως του φωτός, καθώς επίσης και η τελειοποίηση πολλών από τις τεχνικές που σχετίζονται με την εφαρμογή αυτής της ιδιότητας πάνω στα οπτικά όργανα, επέτρεψαν την προσέγγιση καταπληκτικών μεγεθύνσεων - ακόμη και στερεοσκοπικών - αντικειμένων, που το πραγματικό τους μέγεθος δεν ξεπερνά το ένα εκατομμυριοστό του μεγέθους μιας κεφαλής καρφίτσας.

Μονάδες για μικρές αποστάσεις.

Είναι ευνόητο ότι η ενασχόληση με αντικείμενα τόσο μικρού μεγέθους, απαιτεί και την ύπαρξη καταλλήλων μονάδων μετρήσεως. Χωρίς να αλλάξει η βασική μονάδα μήκους, που είναι το μέτρο, χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό, μετά από παγκόσμια συμφωνία, τα υποπολλαπλάσιά του· συγκεκριμένα:

$\frac{1}{100}$ μέτρου	ή 10^{-2} μέτρα = 1 εκατοστόμετρο, 1cm
$\frac{1}{1000}$ μέτρου	ή 10^{-3} μέτρα = 1 χιλιοστόμετρο, 1mm
$\frac{1}{1000}$ χιλιοστόμετρου	ή 10^{-6} μέτρα = 1 μικρόμετρο, 1μm
$\frac{1}{1000}$ μικρομέτρου	ή 10^{-9} μέτρα = 1 νανόμετρο, 1nm
$\frac{1}{1000}$ νανομέτρου	ή 10^{-12} μέτρα = 1 πικόμετρο, 1pm

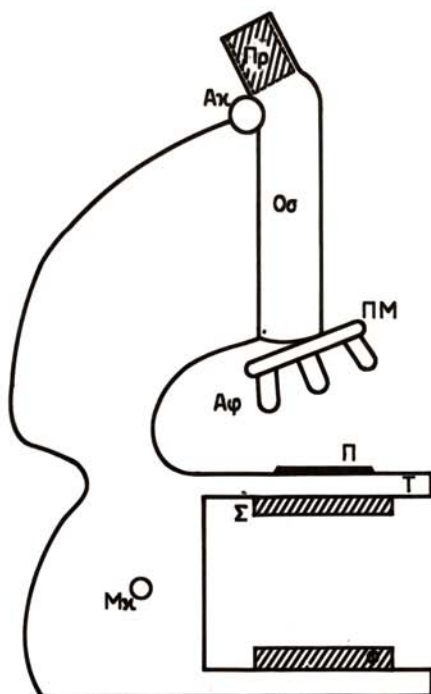
Μία άλλη μονάδα που χρησιμοποιείται πολλές φορές είναι η μονάδα Ångstrom.

1 Ångstrom ή 1 Å = 10^{-10} μέτρα ή $\frac{1}{10}$ του nm.

Το μικρόμετρο είναι η μονάδα που χρησιμοποιείται για να εκφράσει τις διαστάσεις των βακτηρίων, των αιμοσφαιρίων κλπ. Το νανόμετρο χρησιμοποιείται συχνά για να εκφράσει τις διαστάσεις των εσωτερικών δομών των κυττάρων, όπως φαίνονται με ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Για τον ίδιο σκοπό, όπως επίσης και για την μέτρηση του μήκους κύματος των φωτεινών κυμάτων, χρησιμοποιείται η μονάδα Ångstrom.

4.1.1 Το σύνθετο μικροσκόπιο (σχ. 4.1α).

Είναι το είδος εκείνο του μικροσκοπίου που χρησιμοποιείται στην καθημερινή ιατρική πράξη, όχι τόσο γιατί οι μεγεθύνσεις που παρέχει είναι αρκετά μεγάλες για να πλουτίσουν τις γνώσεις του παρατηρητή, όσο γιατί είναι πολύ εύχρηστο και ανταποκρίνεται σε υψηλό βαθμό στις καθημερινές πρακτικές ανάγκες του γιατρού, όπως, π.χ. στην ανάγνωση ενός λευκοκυτταρικού τύπου ή στον προσδιορισμό της παθολογικής καταστάσεως ενός ιστού κλπ. Το σύνθετο μικροσκόπιο (σε αντιδιαστολή προς το «απλό μικροσκόπιο» που χρησιμοποιούσαν οι πρώτοι ερευνητές) αναφέρεται και από πολλούς συγγραφείς και ως «κοινό μικροσκόπιο» ή «οπτικό μικροσκόπιο» ή «φωτομικροσκόπιο».



Σχ. 4.1α.

Σχηματική παράσταση του συνθέτου μικροσκοπίου. $\Pi\rho$ = προσοφθάλμιος φακός, Ακ = αδρός κοχλίας, Οσ = οπτικός σωλήνας, ΠΜ = περιστρεφόμενο μηχανήμα, Αφ = αντικειμενικοί φακοί, Π = παρασκεύασμα, T = αντικειμενοφόρος τράπεζα, Σ = συγκεντρωτήρας, Φ = φωτεινή πηγή, Μκ = μικρομετρικός κοχλίας.

Μέρη του συνθέτου μικροσκοπίου.

Το σύνθετο μικροσκόπιο αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά τμήματα:

α) **Αντικειμενοφόρος τράπεζα.** Είναι επίπεδη και επάνω της τοποθετείται η αντικειμενοφόρος πλάκα με το δείγμα που πρόκειται να παρατηρηθεί (παρασκεύασμα). Το παρασκεύασμα συγκρατείται με ειδικά άγκιστρα επάνω στην **κινητή τράπεζα**, ένα μηχανισμό με τον οποίο το παρασκεύασμα κινείται προς όλες τις κατευ-

θύνσεις, ώστε να είναι δυνατή η πλήρης επόπτευσή του. Σε περίπτωση που η φωτεινή πηγή είναι ανεξάρτητη, η τράπεζα έχει στο κέντρο της περίπου μία στρογγυλή τρύπα, μέσα από την οποία περνά η φωτεινή δέσμη. Με τον αδρό και τον μικρομετρικό κοχλία είναι δυνατή η προς τα επάνω ή κάτω κίνηση της τράπεζας (άλλες φορές, η τράπεζα παραμένει ακίνητη, ενώ κινείται προς ή από αυτήν ο οπτικός σωλήνας).

β) **Φωτεινή πηγή.** Μπορεί να είναι ηλεκτρική φωτεινή πηγή προσαρμοσμένη στο μικροσκόπιο ή ανεξάρτητη από αυτό. Στην περίπτωση που είναι ανεξάρτητη, τότε το μικροσκόπιο είναι εφοδιασμένο με ένα κόλλο καθρέφτη, ο οποίος κατευθύνει τη φωτεινή δέσμη επάνω στο εξεταζόμενο δείγμα.

γ) **Συγκεντρωτήρας ή Πυκνωτήρας.** Βρίσκεται κάτω από την αντικειμενοφόρο τράπεζα και ο ρόλος του είναι να συγκεντρώνει τις ακτίνες της φωτεινής πηγής επάνω στην αντικειμενοφόρο πλάκα με το δείγμα. Ενισχύεται συχνά με ένα διάφραγμα ίριδας, έτσι ώστε να μπορεί να αυξομειώνεται το πάχος της φωτεινής δέσμης. Η σωστή χρήση του συγκεντρωτήρα δεν επηρεάζει τη μεγεθυντική ισχύ του μικροσκοπίου, αλλά την όλη ποιότητα της εικόνας. Η συμβολή του είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η μεγέθυνση και η διακριτική ικανότητα που επιδιώκομε.

δ) **Σύστημα φακών.** Αποτελείται από τους:

- i) αντικειμενικούς φακούς
- ii) προσοφθάλμιους φακούς.

i) **Αντικειμενικοί φακοί.** Είναι προσαρμοσμένοι σε περιστρεφόμενο μηχανήμα, έτσι ώστε να τοποθετούνται διαδοχικά επάνω στο δείγμα αντικειμενικοί φακοί με αυξανόμενη μεγεθυντική ισχύ. Η εστιακή τους απόσταση είναι πολύ μικρή και το είδωλό τους είναι πραγματικό και μεγεθυμένο σε μεγεθύνσεις που κυμαίνονται από $2\times$ ως $100\times$.

Οι κατασκευαστές φακών θέλοντας να εξαλείψουν τις εκτροπές (σφαιρική, καμπυλότητα πεδίου, χρωματική, αστιγματική κλπ), στο μέτρο που αυτό είναι δυνατό, κατασκευάζουν σήμερα 3 ειδών αντικειμενικούς φακούς: τους *αχρωματικούς*, τους *ημισαποχρωματικούς* και τους *αποχρωματικούς*. Οι πρώτοι έχουν διόρθωση της χρωματικής εκτροπής για δύο μήκη κύματος: μία για το ερυθρό και μία για το κυανό. Μπορούν επίσης να διορθώσουν και άλλες εκτροπές, η διόρθωση, όμως, δεν είναι ολική. Στους ημισαποχρωματικούς και αποχρωματικούς φακούς χρησιμοποιούνται φακοί από φλουορίτη, που έχουν μεγάλη διαφάνεια, χαμηλό δείκτη διαθλάσεως και ασθενή διάχυση και έτσι διορθώνεται με αυτούς η χρωματική εκτροπή σε τρία μήκη κύματος: ερυθρό, πράσινο, κυανό. Τις υπόλοιπες εκτροπές τις διορθώνουν σε υψηλό ποσοστό.

ii) **Προσοφθάλμιοι φακοί.** Ο αριθμός τους κυμαίνεται από ένα μέχρι τρεις: όταν υπάρχουν δύο προσοφθάλμιοι φακοί (ανεξάρτητη παρατήρηση) η φωτεινή δέσμη που προέρχεται από το αντικείμενο διαιρείται με ένα σύστημα πρισμάτων. Όταν υπάρχουν τρεις, ο τρίτος προσοφθάλμιος φακός προορίζεται για την προσαρμογή φωτογραφικής μηχανής. Όλοι οι φακοί αυτοί είναι συγκλίνοντες, δίνουν φανταστικό είδωλο και εμφανίζουν μεγεθυντική ισχύ, που κυμαίνεται από $5\times$ ως $25\times$, έτσι ώστε σε συνδυασμό με τους αντικειμενικούς φακούς να λαμβάνεται μια τελική μεγέθυνση του αντικειμένου, που κυμαίνεται από $10\times$ ως $2.500\times$.

Ανάλογα με τις οπτικές τους λειτουργίες, οι προσοφθάλμιοι διακρίνονται σε δύο διαφορετικούς τύπους: Λέγονται *θετικοί* όταν συλλέγουν τις ακτίνες που προέρχονται από ένα είδωλο, το οποίο σχηματίζεται στο πρώτο εστιακό τους επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή, είναι κατάλληλοι για την απ'

ευθείας παρατήρηση. Λέγονται **αρνητικοί** όταν συλλέγουν τις ακτίνες που προέρχονται από τον αντικειμενικό, προτού αυτές σχηματίσουν είδωλο: χρησιμοποιούνται σε όργανα που προορίζονται για φωτογραφίες και επιτρέπουν τον καλύτερο έλεγχο του σφάλματος καμπυλώσεως των ειδώλων του συστήματος.

Μεγέθυνση – Διακριτική ικανότητα.

Είναι γνωστό ότι οι φαινομενικές διαστάσεις ενός αντικειμένου, που παρατηρούμε με γυμνό μάτι, αυξάνονται όταν το αντικείμενο έρχεται κοντύτερα. Υπάρχει, όμως, ένα ελάχιστο όριο για την απόσταση μεταξύ αντικειμένου και ματιού, κάτω από την οποία το μάτι δεν είναι σε θέση να σχηματίσει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ένα καθαρό είδωλο του αντικειμένου. Η απόσταση αυτή καλείται **«ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως»** και μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την ηλικία του ατόμου (συμβατικά καθορίζεται στα 25 cm για το μέσο νέο άτομο), εφ' όσον βέβαια δεν υπόκειται σε παθολογικές αλλοιώσεις. Αυτή η οπτική αδυναμία του ματιού είναι δυνατό να καταπολεμηθεί με την χρήση φακών μεγεθύνσεως, πράγμα που συμβαίνει και στο απλό και στο σύνθετο μικροσκόπιο.

Γωνία οράσεως ή φαινόμενη διάμετρος του αντικειμένου.

Ο φακός μεγεθύνσεως είναι ένας συγκλίνων φακός που τοποθετείται μεταξύ του ματιού και του αντικειμένου το οποίο πρόκειται να παρατηρηθεί, με τέτοιο τρόπο ώστε το αντικείμενο να βρίσκεται σε ενδιαμέση θέση μεταξύ του πρώτου εστιακού επιπέδου και του φακού. Με τις συνθήκες αυτές ο φακός δίνει ένα είδωλο ορθό, φανταστικό και μεγεθυμένο του αντικειμένου· το μάτι, τοποθετημένο στη δεύτερη εστία του φακού, μπορεί να παρατηρήσει αυτό το είδωλο, αρκεί η απόσταση μεταξύ του ματιού και του αντικειμένου να είναι μικρότερη από την «ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως». Από τη γεωμετρική οπτική προκύπτει ότι η γωνία ϕ με την οποία το μάτι βλέπει το φανταστικό είδωλο του αντικειμένου (**γωνία οράσεως ενός αντικειμένου δι' ενός οργάνου**), δίνεται από τον τύπο:

$$\boxed{\phi = \frac{y}{f}} \quad (1)$$

όπου: $\phi \cong \epsilon\phi\phi$ και η μέτρησή του γίνεται σε rad,
 y = μικρή εγκάρσια διάσταση του αντικειμένου,
 f = εστιακή απόσταση του φακού.

Για να υπάρχει ένας όρος πρότυπης συγκρίσεως, που θα εκφράζει ακριβώς την **ισχύ του φακού**, η τιμή της γωνίας ϕ συγκρίνεται με την τιμή της γωνίας ϕ' με την οποία το μάτι βλέπει το ίδιο το αντικείμενο, όταν αυτό βρίσκεται τοποθετημένο στην απόσταση της ευκρινούς οράσεως

$$\boxed{\phi' = \frac{y}{d_o}} \quad (2)$$

όπου: $\phi' \cong \epsilon\phi\phi$ και η μέτρησή του γίνεται σε rad,
 y = μικρή εγκάρσια διάσταση αντικειμένου,
 d_o = ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως = 25 cm.

Ο λόγος ϕ/ϕ' καλείται **μεγεθυντική ισχύς** ή **μεγέθυνση του φακού** και η μέτρησή της γίνεται σε διαμέτρους (σύμβολο x).

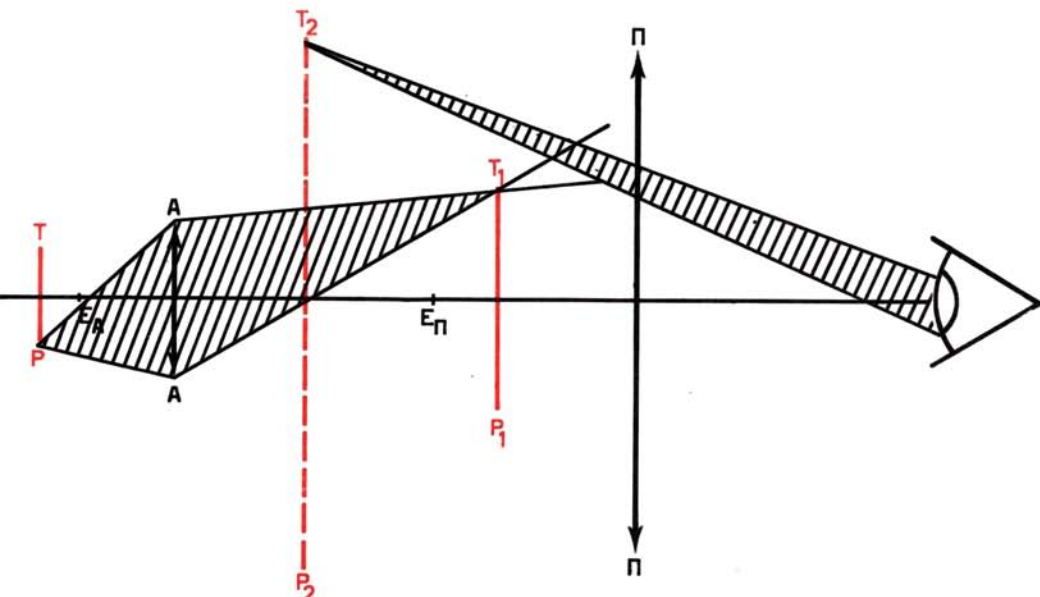
$$\text{Άρα:} \quad \frac{(1)}{(2)} = M = \frac{\phi}{\phi'} = \frac{d_o}{f} = \frac{25}{f} \quad (3)$$

ή	$M = \frac{\text{γωνία οράσεως ενός αντικειμένου με ένα όργανο.}}{\text{γωνία οράσεως του αντικειμένου με γυμνό μάτι σε απόσταση ευκρινούς οράσεως.}}$
---	--

Από τον τύπο (3) προκύπτει – η εστιακή απόσταση f του φακού μετράται σε cm – ότι η μεγέθυνση του φακού είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι η f . Στην πράξη η f δεν μπορεί να γίνει μικρότερη των 3 cm και συνεπώς η μέγιστη δυνατή μεγέθυνση δεν ξεπερνά τα 8x.

Όλα όσα έχουν περιγραφεί παραπάνω οδηγούν στην κατασκευή ενός απλού μικροσκοπίου. Μεγαλύτερες μεγεθύνσεις μπορούμε να πετύχουμε με το σύνθετο μικροσκόπιο, που σχηματικά αποτελείται από δύο διαφορετικά μέρη, καθένα από τα οποία απαρτίζεται από μία ομάδα φακών: τον αντικειμενικό και τον προσοφθάλμιο.

Ο αντικειμενικός είναι ένα σύστημα συγκλινόντων φακών με μικρές εγκάρσιες διαστάσεις γ και δίνει το είδωλο ενός αντικειμένου, που είναι τοποθετημένο κοντά στο πρώτο εστιακό επίπεδο, *πραγματικό, ανεστραμμένο και μεγεθυμένο*, κοντά στο πρώτο εστιακό επίπεδο του προσοφθάλμιου. Ο προσοφθάλμιος είναι ένα νέο σύστημα φακών που προορίζεται για την παρατήρηση *αυτού του ειδώλου* και λειτουργεί με άμεση όραση, κατά τρόπο τελείως ανάλογο με εκείνο ενός φακού μεγεθύνσεως (*προσοφθάλμιος θετικός*) (σχ. 4.1β).



Σχ. 4.1β.

Σχηματική παράσταση του τρόπου σχηματισμού της εικόνας στο οπτικό μικροσκόπιο: AA = αντικειμενικός φακός, E_A = κύρια εστία αντικειμενικού φακού, ΠΠ = προσοφθάλμιος φακός, E_Π = κύρια εστία προσοφθάλμιου φακού, TP = αντικείμενο, T₁P₁ = πραγματικό είδωλο, T₂P₂ = φανταστικό είδωλο.

Η απόσταση l μεταξύ των πλησιέστερων εστιακών επιπέδων του προσοφθάλμιου και του αντικειμένου διατηρείται σταθερή και καλείται *οπτικό μήκος του σωλήνα*. Η συνολική μεγέθυνση του οργάνου δίνεται από τον τύπο:

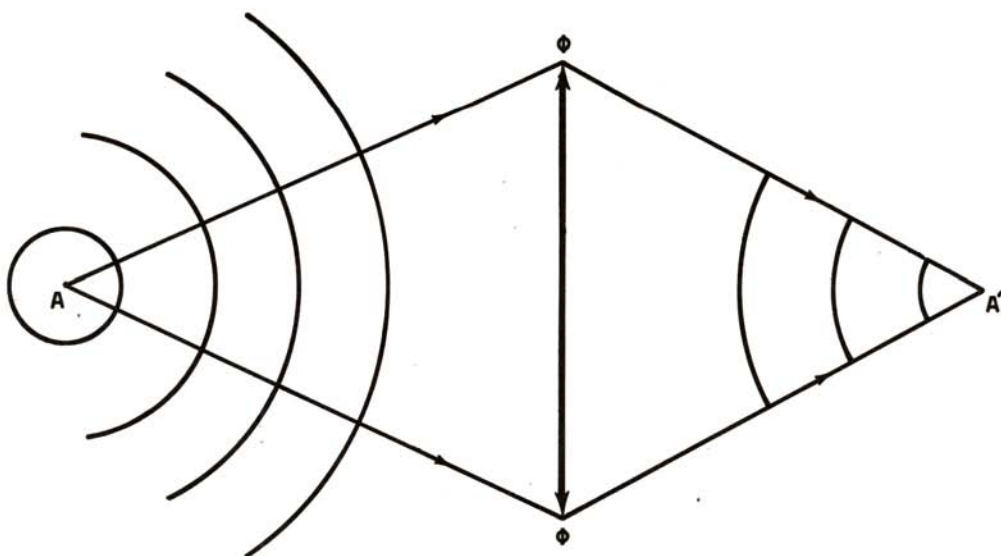
$$M = \frac{l}{f_A} \cdot \frac{d_0}{f_\Pi} \quad (4)$$

όπου: f_A = η εστιακή απόσταση του αντικειμενικού
 f_Π = η εστιακή απόσταση του προσοφθάλμιου
 l = οπτικό μήκος του σωλήνα
 d_0 = ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως.

Ο τύπος (4) παριστάνει:

$$M_{\Sigma M} = \frac{\text{μεγέθυνση}}{\text{αντικειμενικού}} \times \frac{\text{μεγέθυνση}}{\text{προσοφθάλμιου}}$$

Σύμφωνα με τη γεωμετρική οπτική θα ήταν δυνατό, διορθώνοντας καταλληλα τις εκτροπές των φακών, να αυξήσουμε στο άπειρο τη μεγέθυνση ενός μικροσκοπίου. Δεν μας ενδιαφέρει όμως, μόνον η μεγάλη μεγέθυνση αλλά ταυτόχρονα η πλήρης και διαιυγής απεικόνιση του αντικειμένου που μικροσκοπείται. Και σε αυτό ακριβώς το σημείο μπαίνει σαν εμπόδιο το φαινόμενο της **περιθλάσεως του φωτός** (σχ. 4.1γ) φαινόμενο που αφορά αποκλειστικά την κυματική φύση του φωτός. Εμφανίζεται με μεγάλες μεγεθύνσεις και από φακούς που είναι απαλλαγμένοι από ατέλειες κατασκευής. Εξαιτίας της περιθλάσεως, το είδωλο ενός σημείου, που δίνεται από το μικροσκόπιο και γενικά από οποιοδήποτε οπτικό όργανο, δεν έχει μηδενικές διαστάσεις (σημείο), αλλά μian ορισμένη διάμετρο (**περιθλαστικός δίσκος** ή **δίσκος του Airy**), τόσο μικρότερη όσο μικρότερος είναι ο λόγος μεταξύ του μήκους κύματος του χρησιμοποιούμενου φωτός και των εγκαρσίων διαστάσεων του αντικειμενικού. Αν d είναι η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σημείων του παρατηρουμένου αντικειμένου, τα οποία μπορούν να παρατηρηθούν ξεχωριστά, $1/d$ καλείται η **διακριτική** ή **διαχωριστική ικανότητα του μικροσκοπίου**.



Σχ. 4.1γ.

Σχηματική παράσταση του φαινομένου της περιθλάσεως: το σημείο A εκπέμπει σφαιρικά κύματα που πέφτουν πάνω στο φακό Φ. Από το μέτωπο των κυμάτων αυτών μόνον ένα μικρό τμήμα μπορεί να περάσει από το άνοιγμα του φακού· έτσι στο σημείο A' δεν φτάνει ολόκληρο το αρχικό κύμα και συνεπώς το A' δεν είναι η τέλεια απεικόνιση του A.

Ουσιαστικά αυτή παριστάνει ένα όριο στη μεγεθυντική ισχύ του αντικειμενικού, το οποίον αν ξεπεραστεί για οποιοδήποτε λόγο λαμβάνεται η λεγόμενη **κενή μεγέθυνση**, που φυσικά είναι άχρηστη. Αποδεικνύεται ότι η απόσταση d δίνεται από τον τύπο:

$$d = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{1}{n \cdot \eta \cdot \mu \phi}$$

(5)

όπου: λ = το μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου φωτός

n = δείκτης διαθλάσεως του μέσου που παρεμβάλλεται μεταξύ του αντικειμενικού και του προσοφθάλμιου.

ϕ = η μέγιστη γωνία που σχηματίζει ο οπτικός άξονας του αντικειμενικού με φωτεινή ακτίνα, που προέρχεται από το αντικείμενο και συλλέγεται από αυτόν.

Η ποσότητα $n \cdot \eta\mu\phi$ καλείται **αριθμητικό άνοιγμα (A.A)** του αντικειμενικού.

Πώς, όμως, είναι δυνατό να βελτιωθεί η διακριτική ικανότητα, δηλαδή να ελαττωθεί, και έτσι να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση μεγαλύτερων μεγεθύνσεων; Μία αναφορά στον τύπο (5) δίνει την απάντηση, που συνοψίζεται σε τρεις κατευθύνσεις:

α) **Ελάττωση του λ** , δηλαδή να γίνει η παρατήρηση με το αντικείμενο που να φωτίζεται από ιώδες φως, το οποίο εμφανίζει το μικρότερο μήκος κύματος του ορατού φάσματος του φωτός.

β) **Αύξηση της ϕ** , δηλαδή αύξηση του ανοίγματος του αντικειμενικού από ένα περίπλοκο σύστημα φακών, για να ελαττωθούν οι εκτροπές, που σε τέτοια περίπτωση είναι εμφανέστερες.

γ) **Αύξηση του n** , παρεμβάλλοντας μεταξύ του αντικειμενικού και του προσοφθάλμιου, και σε επαφή με αυτούς, ένα μέσο με δείκτη διαθλάσεως μεγαλύτερο της μονάδας: σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται οι **αντικειμενικοί καταδυτικοί φακοί**. Το μέσο που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ένα ειδικό λάδι (κεδρέλαιο).

Χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως οι παραπάνω, είναι δυνατόν η τιμή του αριθμητικού ανοίγματος (A.A) του φακού να φθάσει γύρω στο 1,80. Η τιμή της γωνίας ϕ σε μία τέτοια περίπτωση και με κανονικό φως είναι 0,15 μτ.

Τέλος, με τη βοήθεια του μικροσκοπίου είναι δυνατό να εστιάσουμε ένα μικρό πάχος του παρασκευάσματος. Αυτό το πάχος, που καλείται **βάθος εστίασεως**, εξαρτάται από τον αντικειμενικό που χρησιμοποιείται και συνήθως είναι ανάλογο προς το αντίστροφο της τετραγωνικής ρίζας του A.A. Έτσι για A.A = 1,40 και με κανονικό φως, το βάθος εστίασεως είναι 0,25 μτ.

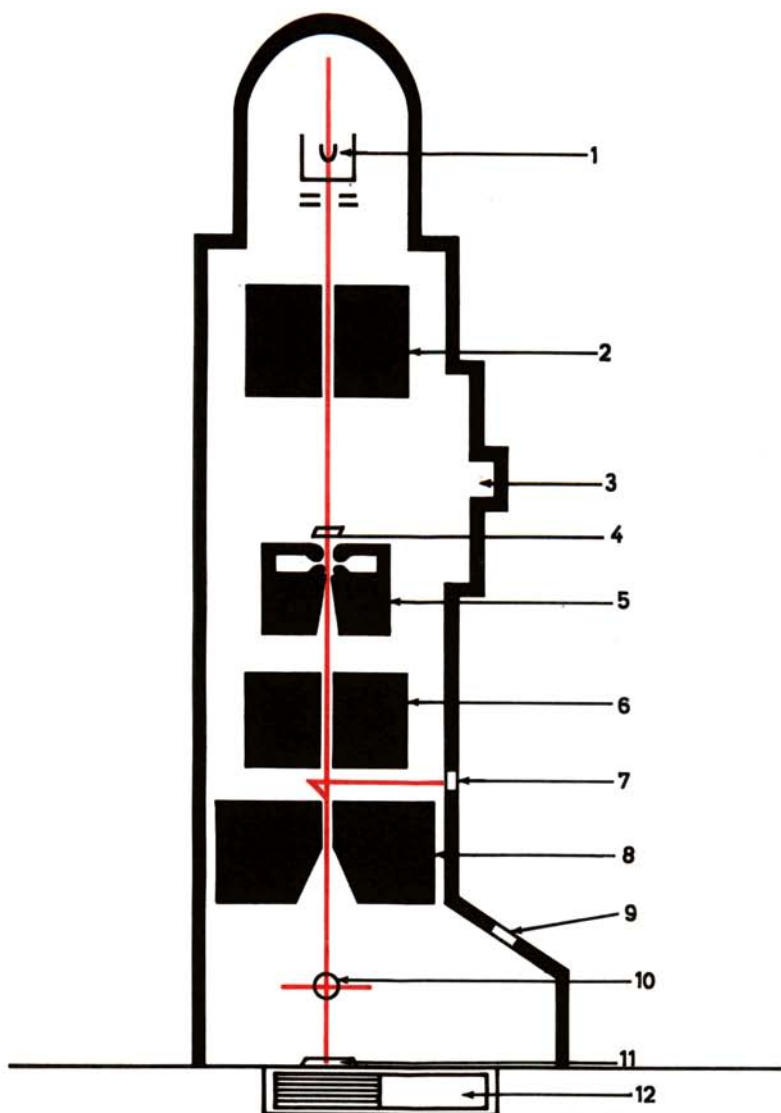
4.1.2 Παραλλαγές του συνθέτου μικροσκοπίου.

Ι Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (σχ. 4.1δ).

Το αξεπέραστο όριο της διακριτικής ικανότητας του σύνθετου μικροσκοπίου είναι, όπως διατυπώθηκε ήδη, στενά συνδεδεμένο με το μήκος κύματος του φωτός που χρησιμοποιείται. Επειδή η διακριτική ικανότητα αυξάνεται ανάλογα προς την ελάττωση του μήκους κύματος της χρησιμοποιούμενης ακτινοβολίας, η ανακάλυψη του γεγονότος ότι τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται ως ακτινοβολία πάρα πολύ μικρού μήκους κύματος, υπέδειξε την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν δέσμες ηλεκτρονίων, για να επιτευχθούν διακριτικές ικανότητες (και τελικά χρήσιμες μεγεθύνσεις) αρκετά υψηλές.

Ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο λειτουργεί όπως ένα κανονικό οπτικό μικροσκόπιο, στο οποίο χρησιμοποιείται φως πάρα πολύ μικρού μήκους κύματος. Επειδή όμως οι κανονικές οπτικές διατάξεις δεν κάνουν τα ηλεκτρόνια να αποκλίνουν, καταφεύγουμε σε ηλεκτροστατικούς φακούς (**ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ηλεκτροστατικό μικροσκόπιο**) ή σε μαγνητικούς φακούς (**μαγνητικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο**) οι οποίοι, δρώντας πάνω στο ηλεκτρικό φορτίο των ηλεκτρονίων, προκαλούν την αποκλίση τους.

Διάταξη – Λειτουργία. Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο αποτελείται βασικά από μία ηλεκτρονική πηγή με κατάλληλη ένταση (συνήθως ένα πυρωμένο νήμα, που εκπέμπει ηλεκτρόνια εξαιτίας του θερμοηλεκτρικού φαινομένου) και μία διάταξη που επιταχύνει τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια, εφαρμόζοντάς τους μία υψηλή τάση (από 20 - 100.000 V). Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το μήκος κύματος των ηλεκτρονίων κυμαίνεται από 0,1 - 0,05 Å, μήκος, που είναι αρκετές δεκάδες χιλιάδες φο-



Σχ. 4.16.

Σχηματική παράσταση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. 1) = πηγή ηλεκτρονίων, 2) = μαγνητικό σύστημα, 3) = άνοιγμα για την εισαγωγή του αντικειμένου, 4) = αντικειμενοφόρος πλάκα, 5) = μαγνητικός αντικειμενικός, 6) = προσοφθάλμιος, 7) = άνοιγμα για την παρατήρηση του ειδώλου του προσοφθαλμίου, 8) = μαγνητικός φακός προβολής, 9) = άνοιγμα για την παρατήρηση του πετάσματος, 10) = λήψη για τις αντλίες κενού, 11) = φοθρίζον πέτασμα, 12) = βάση πλακών.

ρές μικρότερο από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Έτσι, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, αν και δεν φθάνει τα όρια της θεωρητικής μεγεθύνσεως, δίνει μεγεθύνσεις ως 150.000 - 200.000x και διακριτική ικανότητα της τάξης του νανομέτρου (μιλιομέτρων).

Η δέσμη των επιταχυμένων ηλεκτρονίων περνά μέσα από ένα «συναγωγό σύστημα» (ηλεκτροστατικό ή μαγνητικό), πέφτει πάνω στο αντικείμενο, συλλέγεται από έναν αντικειμενικό (ηλεκτροστατικό ή μαγνητικό) και καθώς διέρχεται μέσα από τον προσοφθάλμιο πέφτει σε ένα πέτασμα φθορίζον, σχηματίζοντας το είδωλο για την απευθείας όραση (η δέσμη μπορεί να πέσει και επάνω σε μια κατάλληλη φωτογραφική πλάκα). Για να είναι δυνατή η διάδοση των ηλεκτρονίων πρέπει όλες οι συσκευές να βρίσκονται *σε υψηλό κενό*, πράγμα που εξασφαλίζεται με ένα σύστημα αντλίων. Έτσι αποφεύγεται η απόκλιση των ηλεκτρονίων, λόγω συγκρούσεως με τα μόρια του αέρα.

Μειονέκτημα του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου είναι το γεγονός ότι δεν είναι δυνατόν με αυτό να παρατηρηθούν ζώντες οργανισμοί πράγματι, από τη μία μεριά η ύπαρξη του υψηλού κενού, που είναι απαραίτητο για την διάδοση της δέσμης των ηλεκτρονίων, και από την άλλη η υψηλή ενέργειά τους, κάνουν αδύνατη την παρατήρηση παρασκευασμάτων, τα οποία δεν θα μπορούσαν να αντισταθούν στον ισχυρό ηλεκτρονικό βομβαρδισμό. Τέλος, υπάρχουν κι άλλα προβλήματα, καθαρά τεχνικής φύσεως, τα οποία όμως, με την πρόοδο της τεχνολογίας φαίνεται ότι ξεπερνιούνται, όπως π.χ. η χρησιμοποίηση αντικειμενοφόρων πλακών με σημαντική αντίσταση.

Ανακεφαλαιώνοντας θα μπορούσαμε να πούμε ότι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο από πλευράς δομής μοιάζει πάρα πολύ με ένα ανεστραμμένο οπτικό μικροσκόπιο, διαφέρει όμως από το τελευταίο και από λειτουργική άποψη στα εξής βασικά σημεία:

1) Η μεγέθυνση που δίνει ο «αντικειμενικός» φακός του Η/Μ είναι σταθερή και αλλάζει μόνο με μεταβολή στο μαγνητικό πεδίο του φακού προβολής. Αντιθέτως, στο Ο/Μ αλλάζοντας τον αντικειμενικό έχουμε διαδοχικά μεγαλύτερες μεγεθύνσεις.

2) Η παραγωγή και η διάδοση των ηλεκτρονίων χρειάζονται υψηλό κενό και λεπτές τομές των παρασκευασμάτων. Το κενό, η υψηλή ενέργεια των ηλεκτρονίων και οι λεπτές τομές αποκλείουν την παρατήρηση ζωντανού υλικού.

3) Η παρατήρηση στο Η/Μ γίνεται με τη βοήθεια φθορίζοντος διαφράγματος, επάνω στο οποίο προβάλλεται *η πάντοτε μαυρόασπρη εικόνα*.

II Το μικροσκόπιο αντιθέτων φάσεων.

Χρησιμοποιείται για την παρατήρηση ζωντανού υλικού, χωρίς χρώση και προηγούμενη επεξεργασία.

Το μικροσκόπιο αυτό στηρίζεται στην ιδιότητα της ζωντανής ύλης, που αποτελείται από υλικό με διαφορετικούς δείκτες διαθλάσεως, να προκαλεί ελάττωση της ταχύτητας του φωτός με αποτέλεσμα να αλλάζει η φορά των ακτίνων που περνούν μέσα από αυτήν. Στη συνέχεια ένα ειδικό οπτικό σύστημα μετατρέπει την ένταση του φωτός σε ένταση ορατή από το μάτι.

Το μικροσκόπιο αντιθέτων φάσεων διαφέρει βασικά από το φωτομικροσκόπιο στους αντικειμενικούς φακούς και τον συγκεντρωτήρα.

III Το πολωτικό μικροσκόπιο.

Χρησιμοποιείται για να αποκαλύπτει περιοχές σε βιολογικά συστήματα, που έχουν την ιδιότητα να στρέφουν το επίπεδο του πολωμένου φωτός. Όπως είναι

γνωστό, στη φύση υπάρχουν ουσίες με ειδική μοριακή κατασκευή που στρέφουν το επίπεδο, επάνω στο οποίο ταλαντώνεται το πολωμένο φως. Έτσι, αν ένα βιολογικό παρασκεύασμα, που περιέχει ουσίες με αυτή την ιδιότητα, τοποθετηθεί ανάμεσα στον πολωτή και τον αναλυτή, το επίπεδο πολώσεως των ακτίνων του φωτός που διέρχονται μέσα από τις ουσίες θα στραφεί με αποτέλεσμα οι ουσίες να εμφανίζονται σαν φωτεινές περιοχές και το υπόλοιπο περιβάλλον σκοτεινό.

Το πολωτικό μικροσκόπιο διαφέρει βασικά από το φωτομικροσκόπιο στην τράπεζα — έχει ειδική τράπεζα — και στο ότι έχει δύο πρίσματα *Nicols* ή δύο πλακίδια πολαρόιντ.

IV Το μικροσκόπιο σκοτεινού πεδίου.

Χρησιμοποιείται για την παρατήρηση σωματιδίων που είναι αόρατα από το οπτικό μικροσκόπιο εξαιτίας της περιορισμένης διακριτικής του ικανότητας.

Το παρασκεύασμα φωτίζεται υπό γωνία, έτσι ώστε όλες ακτίνες συναντούν μικρά ή μεγάλα σωματίδια να *σκεδάζονται* και να περνούν στον αντικειμενικό φακό. Εκείνες που δεν σκεδάζονται χάνονται στο περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό παρατηρούμε, χωρίς λεπτομέρειες, μικρά οργανίδια π.χ. μαστίγια, τμήματα βλεφαρίδας κ.ά.

V Το μικροσκόπιο φθορισμού.

Χρησιμοποιείται για να αποκαλύπτει ουσίες που έχουν την ιδιότητα να φθορίζουν. Ο φθορισμός είναι ιδιότητα ορισμένων μορίων και για να εκδηλωθεί πρέπει το μόριο να φωτισθεί με ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος, π.χ. υπεριώδη (2.000 — 2.500 Å). Τότε το μόριο διεγείρεται και ένα μέρος της ενέργειας που απορροφά το αποδίδει με μεγαλύτερο μήκος κύματος, που, συνήθως, αντιστοιχεί στο ορατό φάσμα ακτινοβολίας.

Χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο του *αυτοφθορισμού*, δηλαδή η ιδιότητα μερικών βιολογικών συστημάτων να φθορίζουν από μόνα τους, όπως π.χ. οι βιταμίνες ή τα μιτοχόνδρια των ηπατικών κυττάρων.

Το μικροσκόπιο φθορισμού διαφέρει βασικά από το φωτομικροσκόπιο στο ότι χρησιμοποιεί *υπεριώδη ακτινοβολία* αντί για λευκό φως και έχει ειδικούς αντικειμενικούς φακούς, που δεν απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία. Ανάμεσα στις υπόλοιπες διαφορές σπουδαιότερη είναι και η χρήση ορισμένων φίλτρων.

Η πιο σύγχρονη εφαρμογή του μικροσκοπίου φθορισμού είναι η εντόπιση ξένων ουσιών που φθορίζουν μέσα σε ένα βιολογικό σύστημα (*ετεροφθορισμός*). Έτσι δίνοντας στο κύτταρο μίαν ουσία που φθορίζει (φλουορεσκίνη), βλέπουμε που έχει δεσμευθεί.

VI Το στερεοσκόπιο.

Σε όλα τα προηγούμενα μικροσκόπια παρατηρούμε τα αντικείμενα σε δύο διαστάσεις — επίπεδες τομές. Με το στερεοσκόπιο είναι δυνατή η *τριδιάστατη* παρατήρηση.

Διαφέρει από το οπτικό μικροσκόπιο στο ότι αντί για ένα αντικειμενικό φακό, χρησιμοποιούνται δύο αντικειμενικοί φακοί ταυτοχρόνως. Το μόνο του ελάττωμα είναι η μικρή του μεγέθυνση, μόνον 300x.

4.2 Καλλιέργεια Βακτηρίων.

Τα βακτήρια για να τραφούν, να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιασθούν χρειάζονται διάφορες θρεπτικές ουσίες και παράγοντες αναπύξεως. Τα τεχνητά υλικά που περιέχουν αυτές τις ουσίες και τους παράγοντες καλούνται **θρεπτικά υλικά**.

Για να γίνει η μελέτη των βακτηρίων στο εργαστήριο πρέπει πρώτα να τα σπείρομε και να τα καλλιιεργήσουμε σε κατάλληλα θρεπτικά υποστρώματα, ώστε να αναπτυχθούν. Επίσης πρέπει να απομονώσουμε τα βακτήρια τα οποία μας ενδιαφέρουν, από άλλα με τα οποία συνυπάρχουν. Η καλλιέργεια και η απομόνωση των βακτηρίων γίνεται στα τεχνητά θρεπτικά υλικά.

Τα θρεπτικά υλικά, ανάλογα με τη σύσταση και τη σύνθεσή τους, διαιρούνται σε διάφορες ομάδες. Ανάλογα με τη σύστασή τους διακρίνονται σε στερεά, υγρά και ημίρρευστα. Ανάλογα με τη σύνθεσή τους τα θρεπτικά υλικά διακρίνονται σε κοινά ή συνήθη, εμπλουτισμένα, εκλεκτικά, διαχωριστικά ή διαφοροποιητικά και συνθετικά.

Υγρά θρεπτικά υλικά. Περιέχουν τα θρεπτικά συστατικά τους διαλυμένα σε απεσταγμένο νερό.

Στερεά θρεπτικά υλικά. Αποτελούνται από θρεπτικά συστατικά διαλυμένα σε απεσταγμένο νερό και από άγαρ σε αναλογία 1.5 - 2 gr %.

Το άγαρ είναι ένας άξινος πολυσακχαρίτης. Αποτελείται κυρίως από γαλακτόζη, λαμβάνεται από ορισμένα φύκη της θάλασσας, τα ροδοφύκη, και δεν είναι τοξικός για τα βακτήρια. Το άγαρ φέρεται στο εμπόριο με τη μορφή σκόνης και έχει την ιδιότητα να υγροποιείται σε μεγάλες θερμοκρασίες και να στερεοποιείται σε θερμοκρασίες κάτω από 40°C. Η ιδιότητά του αυτή το κάνει κατάλληλο μέσο για την παρασκευή στερεών θρεπτικών υλικών.

Ημίρρευστα θρεπτικά υλικά. Αποτελούνται από θρεπτικά συστατικά διαλυμένα σε απεσταγμένο νερό και από άγαρ σε αναλογία 0.5 gr %.

Κοινά ή συνήθη θρεπτικά υλικά. Σε αυτά ανήκουν ο θρεπτικός ζωμός, το θρεπτικό άγαρ και το πεπτονούχο ύδωρ.

- 1) **Θρεπτικός ζωμός.** Παρασκευάζεται από εκχύλισμα κρέατος μοσχარიού, πεπτόνη και χλωριούχο νάτριο, που διαλύονται σε απεσταγμένο νερό.
- 2) **Θρεπτικό άγαρ.** Περιέχει τα ίδια συστατικά με το ζωμό και άγαρ σε αναλογία 1.5 - 2 gr %.
- 3) **Πεπτονούχο ύδωρ.** Περιέχει πεπτόνη και χλωριούχο νάτριο, διαλυμένα σε απεσταγμένο νερό. Οι πεπτόνες είναι προϊόντα υδrolύσεως πρωτεϊνικών ουσιών με πρωτεολυτικά ένζυμα και λαμβάνονται κυρίως από το κρέας, τα ψάρια, το γάλα καθώς και εκχυλίσματα ζυμομυκήτων.

Εμπλουτισμένα θρεπτικά υλικά. Περιέχουν τα συστατικά των κοινών θρεπτικών υλικών, εμπλουτισμένα με αίμα, ορό αίματος, λευκώματα, αμινοξέα ή σάκχα-ρα. Παραδείγματα εμπλουτισμένων θρεπτικών υλικών:

- 1) **Αιματούχο άγαρ.** Παρασκευάζεται από την ανάμιξη θρεπτικού άγαρ με 5 - 10% αίματος.
- 2) **Σακχαρούχα θρεπτικά υλικά.** Παρασκευάζονται από την ανάμιξη πεπτονούχου ύδατος με ένα σάκχαρο, π.χ. γλυκόζη, σε αναλογία 0.5 - 1 gr %.

Εκλεκτικά θρεπτικά υλικά. Περιέχουν ουσίες που επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός είδους βακτηρίου, ενώ συγχρόνως αυτές οι ίδιες ουσίες αναστέλλουν την ανά-

πτυξη άλλων ειδών βακτηρίων. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η απομόνωση ενός βακτηρίου και αποφεύγεται η ανάπτυξη άλλων βακτηρίων με τα οποία αυτό συνυπάρχει στην ύλη, που σπείρεται στα εκλεκτικά θρεπτικά υλικά.

Διαχωριστικά ή διαφοροποιητικά θρεπτικά υλικά. Τις περισσότερες φορές είναι συγχρόνως και εκλεκτικά και επιτρέπουν το διαχωρισμό των βακτηρίων που αναπτύσσονται. Το υλικό *Mac Conkey agar* αποτελεί παράδειγμα διαχωριστικού και συνάμα εκλεκτικού υλικού. Το υλικό αυτό περιέχει χολικά άλατα, τα οποία επιτρέπουν την ανάπτυξη των Gram αρνητικών βακτηριδίων, αλλά αναστέλλουν την ανάπτυξη των Gram θετικών κόκκων. Επίσης περιέχει το σάκχαρο λακτόζη, το οποίο διασπάται από ορισμένα μόνο Gram αρνητικά βακτηρίδια, και ένα δείκτη του pH, το ουδέτερο ερυθρό.

Η σπορά ενός μίγματος Gram θετικών κόκκων και Gram αρνητικών βακτηριδίων θα έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη των αρνητικών μόνο βακτηριδίων, επειδή το υλικό περιέχει τα χολικά άλατα, που το κάνουν εκλεκτικό για την ανάπτυξη αυτών των βακτηρίων. Τα Gram αρνητικά βακτηρίδια που θα αναπτυχθούν διαχωρίζονται αυτόματα μεταξύ τους σε αυτά που διασπούν τη λακτόζη και σε εκείνα που δεν τη διασπούν. Η λακτόζη δηλαδή είναι το συστατικό που κάνει το υλικό διαχωριστικό. Τα Gram αρνητικά βακτηρίδια που διασπούν τη λακτόζη εμφανίζονται με χρώμα κόκκινο, επειδή ο δείκτης του pH αλλάζει χρώμα στο σημείο της αναπτύξεώς τους από τα όξινα προϊόντα της διασπάσεως του σακχάρου. Τα Gram αρνητικά βακτηρίδια που δεν διασπούν τη λακτόζη, δεν προκαλούν μεταβολή του χρώματος του δείκτη και παραμένουν άχρωα.

Συνθετικά θρεπτικά υλικά. Περιέχουν διάφορες ουσίες όπως π.χ. άλατα, αμινοξέα, βιταμίνες κλπ., η αναλογία των οποίων είναι αυστηρά καθορισμένη. Χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των συστατικών, που είναι απαραίτητα για τη διατροφή και ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου είδους βακτηρίου.

Τα πιο πολλά από τα συστατικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των θρεπτικών υλικών φέρονται έτοιμα στο εμπόριο. Ένα θρεπτικό υλικό θεωρείται κατάλληλο για χρήση, όταν συγκεντρώνει ορισμένες προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι:

α) Το υλικό πρέπει να περιέχει τις κατάλληλες θρεπτικές ουσίες σε καθορισμένη αναλογία.

β) Το υλικό πρέπει να έχει κατάλληλη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH), που για τα πιο πολλά βακτήρια είναι συνήθως 7,2 - 7,5.

γ) Το υλικό πριν χρησιμοποιηθεί για σπορά, πρέπει να είναι στείρο από μικρόβια.

Η παρασκευή ενός υλικού ακολουθεί ορισμένη διαδικασία. Στην αρχή γίνεται με ακρίβεια η ζύγιση των συστατικών σε ζυγό ακριβείας, ακολουθεί η διάλυσή τους σε απεσταγμένο νερό που θερμαίνεται, διορθώνεται το pH στο 7,2 - 7,5 με αραιά διαλύματα NaOH και HCl, και τέλος γίνεται η αποστείρωση του υλικού, δηλαδή η καταστροφή ή η απομάκρυνση των μικροβίων που περιέχονται στα συστατικά ή στα γιάλινα δοχεία, στα οποία τοποθετούνται.

4.2.1 Αποστείρωση των θρεπτικών υλικών.

Καλείται η καταστροφή ή η απομάκρυνση των παθογόνων, των μη παθογόνων

μικροβίων και των σπόρων, με φυσικά, χημικά ή μηχανικά μέσα.

Φυσικά μέσα είναι η θερμότητα και η υπεριώδης ακτινοβολία, χημικά είναι η φορμαλδεΐδη και το οξείδιο του αιθυλενίου και τέλος μηχανικά μέσα είναι οι υπέρηχοι και η διήθηση μέσα από πορώδη τοιχώματα ή διηθητικές μεμβράνες.

Η αποστείρωση των θρεπτικών υλικών γίνεται κυρίως με θερμότητα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και η διήθηση.

Τρόποι αποστείρωσης με θερμότητα.

1) Ατμοί υπό πίεση. Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος αποστείρωσης των θρεπτικών υλικών. Από τη Φυσική είναι γνωστό ότι σε ατμοσφαιρική πίεση μιας ατμόσφαιρας (1 atm) το νερό βράζει και παράγει ατμούς στους 100°C. Σε πιέσεις μικρότερες ή μεγαλύτερες από 1 atm το νερό βράζει αντίστοιχα σε μικρότερες ή μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

Η αποστείρωση με ατμούς υπό πίεση γίνεται στον κλίβανο υγρής αποστείρωσης, που καλείται αυτόκλειστο. Το αυτόκλειστο είναι μία χύτρα με ισχυρά μεταλλικά τοιχώματα και κάλυμμα το οποίο κλείνει ερμητικά (αεροστεγώς). Το κάλυμμα φέρει στρόφιγγα, θερμόμετρο και μανόμετρο. Το θερμόμετρο και το μανόμετρο χρησιμεύουν αντίστοιχα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της πίεσεως στο εσωτερικό του κλιβάνου. Στον πυθμένα του αυτόκλειστου τοποθετείται νερό. Επάνω από το νερό βρίσκεται τρυπητή εσχάρα για την τοποθέτηση των θρεπτικών υλικών που πρόκειται να αποστειρωθούν. Για να αρχίσει η λειτουργία του κλιβάνου, κλείνουμε τον κλίβανο με το κάλυμμα και χορηγούμε θερμότητα. Στην αρχή της λειτουργίας η στρόφιγγα του καλύμματος παραμένει ανοικτή, για να φύγει ο ατμοσφαιρικός αέρας και να αντικατασταθεί από τους ατμούς του νερού που βράζει. Όταν από τη στρόφιγγα αρχίζει να βγαίνει καθαρός ατμός, χωρίς ανάμειξη αέρα, κλείνουμε τη στρόφιγγα και ρυθμίζουμε τη θερμοκρασία στους 121°C. Όταν κλείσει η στρόφιγγα, οι ατμοί που παράγονται δε μπορούν να διαφύγουν, παραμένουν μέσα στον κλίβανο και αυξάνουν την πίεση και κατά συνέπεια το σημείο βρασμού του νερού. Όταν το μανόμετρο δείξει πίεση 2 atm το νερό θα βράζει στους 121°C. Στο σημείο αυτό διακόπτουμε τη χορήγηση θερμότητας, και έτσι σταματά η εξαέρωση, ενώ το μανόμετρο δείχνει συνέχεια την ίδια πίεση των 2 atm. Από αυτή τη φάση αρχίζει η αποστείρωση των θρεπτικών υλικών. Τα υλικά αποστειρώνονται δηλαδή με τον ατμό που έχει θερμοκρασία 121° και βρίσκεται υπό πίεση 2 atm. Η αποστείρωση διαρκεί 15 - 20 λεπτά. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για να καταστραφούν όλοι οι μικροοργανισμοί και οι σπόροι των βακτηρίων στους 121°C.

2) Κλασματική αποστείρωση. Χρησιμοποιείται για την αποστείρωση θρεπτικών υλικών τα οποία περιέχουν λευκώματα, όπως π.χ. υλικά με ορό αίματος. Το υλικό που πρόκειται να αποστειρωθεί τοποθετείται στους 56 - 60°C, για μία ώρα κάθε ημέρα, και για τρεις συνεχείς ημέρες. Με τον τρόπο αυτό καταστρέφονται οι φυτικές μορφές των βακτηρίων και οι σπόροι τους. Υπάρχουν δύο απόψεις σχετικά με την καταστροφή των σπόρων σε αυτή τη χαμηλή σχετικά θερμοκρασία. Η μία άποψη υποστηρίζει ότι οι σπόροι που υπάρχουν στα μεσοδιαστήματα των θερμάνσεων του υλικού εξελίσσονται στις φυτικές μορφές των βακτηρίων, οι οποίες καταστρέφονται στην επόμενη θέρμανση. Σύμφωνα με την άλλη άποψη, ο μηχανισμός είναι πιο πολύπλοκος και η καταστροφή των σπόρων οφείλεται σε μεταβολές που υφίσταται η μεμβράνη τους από τις αλλαγές της θερμοκρασίας.

Τρόποι αποστείρωσης με διήθηση.

Η αποστείρωση υγρών θρεπτικών υλικών, των οποίων τα συστατικά κατά-στρέφονται ή αλλοιώνονται όταν θερμανθούν, γίνεται με διήθηση μέσα από πορώδη τοιχώματα ή διηθητικές μεμβράνες, που συγκρατούν τα κύτταρα των βακτηρίων. Με τον τρόπο αυτόν τα υγρά υλικά, όταν περάσουν τα πορώδη τοιχώματα ή τις μεμβράνες, είναι ελεύθερα από βακτήρια.

Υλικά με πορώδη τοιχώματα, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των καλουμένων διηθητικών κηρίων, είναι η πορσελάνη, η γη των διατόμων, ο αμίαντος κλπ. Οι πόροι των υλικών αυτών έχουν διάμετρο λίγων μικρών. Τα βακτήρια δεν περνούν μέσα από τα υλικά αυτά, όχι μόνο επειδή η διάμετρός τους είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο του πόρου, αλλά κυρίως επειδή προσκολλώνται στα τοιχώματα των πόρων.

Οι διηθητικές μεμβράνες αποτελούνται από οξεική κυτταρίνη, η διάμετρος των πόρων της οποίας είναι μικρότερη από τη διάμετρο των κυττάρων των βακτηρίων (π.χ. 0,22 μ - 0,45 μ.). Στην περίπτωση αυτή τα βακτήρια κατακρατούνται στην επιφάνεια των μεμβρανών, αφού δεν μπορούν να περάσουν μέσα από τους πόρους.

Τα διηθητικά κηρία και οι διηθητικές μεμβράνες αποστειρώνονται πριν από τη χρήση στους 121°C για 15 - 20 λεπτά. Τα κηρία χρησιμοποιούνται πολλές φορές, ενώ οι μεμβράνες είναι μιας χρήσεως.

4.2.2 Ανάπτυξη των βακτηρίων στα θρεπτικά υλικά.

Μετά την αποστείρωση τα θρεπτικά υλικά μοιράζονται σε αποστειρωμένα γιάλινα ή πλαστικά σκεύη. Τα υγρά θρεπτικά υλικά φέρονται στα σωληνάρια, ενώ τα στερεά θρεπτικά υλικά φέρονται στα τρυβλία Petri. Η ανάπτυξη των βακτηρίων προκαλεί στα υγρά θρεπτικά υλικά θόλωση. Η θόλωση μπορεί να είναι ομοιογενής ή να περιορίζεται μόνο στον πυθμένα ή στην επιφάνεια του υλικού και να σχηματίζει ένα υμένιο.

Στα στερεά θρεπτικά υλικά τα βακτήρια εμφανίζονται με τη μορφή αποικιών (σχ4.2.2). Κάθε αποικία προέρχεται από ένα αρχικό κύτταρο, αόρατο με το μάτι. Οι επανειλημμένες διαιρέσεις του κυττάρου αυτού δημιουργούν εκατομμύρια κυττάρων, τα οποία παραμένουν στο σημείο σποράς του αρχικού κυττάρου. Τα κύτταρα που παράγονται από κάθε διαίρεση δεν μπορούν να διαχυθούν σε άλλα σημεία του υλικού, αφού το υλικό είναι στερεό από την παρουσία του άγαρ. Με τον τρόπο αυτό, από ένα κύτταρο που έχει μέγεθος 0.5 - 5 μ. και δε φαίνεται με το μάτι, παράγεται μια μακροσκοπική αποικία. Η μορφολογία των αποικιών προσφέρει μεγάλη βοήθεια για ένα πρώτο διαχωρισμό των βακτηρίων. Χαρακτηριστικά μιας αποικίας είναι το μέγεθος, το σχήμα, το ύψος, τα άκρα, το χρώμα, η όψη της επιφάνειας και η σύσταση.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα υγρά και στερεά θρεπτικά υλικά χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια των βακτηρίων. Τα στερεά χρησιμοποιούνται επίσης και για την απομόνωση των βακτηρίων. Έτσι αν εμβολιάσουμε π.χ. δύο είδη μικροβίων σε ένα υγρό θρεπτικό υλικό, θα παρατηρήσουμε σε αυτό μόνο θόλωση, από την ανάπτυξη των βακτηρίων. Αν τα ίδια μικρόβια τα εμβολιάσουμε σε ένα στερεό θρεπτικό υλικό, θα μπορέσουμε να απομονώσουμε το ένα από το άλλο, επειδή το καθένα θα δώσει χαρακτηριστικές αποικίες.



Σχ. 4.2.2.

Ανάπτυξη βακτηρίων σε στερεό θρεπτικό υλικό με τη μορφή αποικιών· παρατηρήσατε τα δύο διαφορετικά είδη αποικιών.

4.3 Χρωστικές — Χρώσεις.

Τα κύτταρα των βακτηρίων, οι σπόροι, οι βλεφαρίδες και το έλυτρο χρωματίζονται με διάφορες χρωστικές. Τις πιο πολλές φορές η χρώση των βακτηρίων με τις χρωστικές είναι απαραίτητη προϋπόθεση, για να μπορέσουν να μελετηθούν με το μικροσκόπιο.

Η σημασία της χρώσεως των βακτηρίων φαίνεται και από το γεγονός ότι διαιρούνται σε δύο μεγάλες ομάδες, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά στη δομή και τη σύσταση του κυτταρικού τους τοιχώματος, ανάλογα με τον τρόπο που χρωματίζονται με τη χρώση Gram. Με ειδικές χρώσεις μελετάται επίσης η παρουσία και ο αριθμός των βλεφαρίδων ενός βακτηρίου, η παρουσία ελύτρου, η παρουσία και η θέση των σπόρων μέσα στο κυτταρόπλασμα.

Χρωστικές. Οι χρωστικές φερονται με τη μορφή σκόνης ή κρυστάλλων και διακρίνονται σε φυσικές και τεχνητές.

Οι φυσικές χρωστικές μπορεί να είναι ζωικής ή φυτικής προελεύσεως, όπως π.χ. η αιματοξυλίνη και το καρμίνιο, και χρησιμοποιούνται ελάχιστα στη Μικροβιολογία.

Οι τεχνητές χρωστικές χρησιμοποιούνται με τη μορφή αλάτων και διακρίνονται σε βασικές, όξινες και ουδέτερες. Στη Μικροβιολογία χρησιμοποιούνται κυρίως οι βασικές χρωστικές, επειδή το κυτταρόπλασμα των βακτηρίων είναι όξινο από το μεγάλο ποσό ριβονουκλεϊνικού οξέος που περιέχει.

Βασικές χρωστικές είναι το κυανούν του μεθυλενίου, η θειονίνη, το κυανούν της τολουιδίνης, η βασική φουξίνη, το κρυσταλλικό ιώδες, το ιώδες της γεντιανής, το πράσινο του μαλαχίτη, η χρυσοϊδίνη και η σαφρανίνη.

Όξινες χρωστικές είναι η ηωσίνη και η όξινη φουξίνη.

Οι ουδέτερες χρωστικές προέρχονται από ανάμιξη, σε κατάλληλες αναλογίες, διαλυμάτων βασικής και όξινης χρωστικής. Ουδέτερες χρωστικές είναι η *Romanowsky* (ηωσίνη και κυανού του μεθυλενίου) και η *Giemsa* (ηωσίνη και κρυσταλλικό ιώδες). Οι ουδέτερες χρωστικές χρησιμοποιούνται για τη χρώση των παρυσίτων και του αίματος.

Χρωστικά διαλύματα. Οι χρωστικές χρησιμοποιούνται με τη μορφή διαλυμάτων. Προηγείται η παρασκευή των μητρικών διαλυμάτων από τα οποία προέρχονται τα υδατικά διαλύματα. Τα μητρικά διαλύματα είναι κεκορεσμένα διαλύματα των χρωστικών σε απόλυτη αιθυλική αλκοόλη (95%). Από την αραίωση των μητρικών διαλυμάτων με απεσταγμένο νερό παρασκευάζονται τα υδατικά διαλύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη χρώση των βακτηρίων.

Χρώσεις. Οι χρώσεις διακρίνονται σε αρνητικές και θετικές.

Αρνητικές είναι οι χρώσεις στις οποίες χρωματίζεται το περιβάλλον του βακτηρίου, ενώ το κύτταρο παραμένει άχροο. Για τις αρνητικές χρώσεις χρησιμοποιούνται διαλύματα σινικής μελάνης και νιγροσίνης. Η εφαρμογή τους είναι περιορισμένη.

Θετικές είναι οι χρώσεις στις οποίες χρωματίζονται τα κύτταρα των βακτηρίων. Διακρίνονται σε απλές και σύνθετες. Οι απλές χρώσεις γίνονται με μία χρωστική, ενώ στις σύνθετες χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερες χρωστικές.

Χρώση παρασκευασμάτων. Για να γίνει η χρώση των βακτηρίων αυτά πρέπει να τοποθετηθούν πρώτα επάνω σε γιάλινη αντικειμενοφόρο πλάκα, πρέπει να γίνει δηλαδή ένα παρασκεύασμα του μικροβίου επάνω σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Αν πρόκειται να γίνει η χρώση καλλιέργειας βακτηρίου σε υγρό θρεπτικό υλικό, παραλαμβάνεται μια σταγόνα του υλικού με αποστειρωμένο σιφώνιο και επιστρώνεται στην αντικειμενοφόρο πλάκα. Αν πρόκειται να γίνει η χρώση καλλιέργειας βακτηρίου σε στερεό θρεπτικό υλικό, παραλαμβάνεται μία αποικία με σιφώνιο, αναμιγνύεται με μία σταγόνα νερού, που τοποθετείται επάνω στην πλάκα, και επιστρώνεται.

Μετά την επιστροφή αφήνουμε το παρασκεύασμα να στεγνώσει στη θερμοκρασία δωματίου (αποξήρανση). Ακολουθεί η μονιμοποίηση του παρασκευάσματος, δηλαδή η προσκόλληση των κυττάρων επάνω στην αντικειμενοφόρο πλάκα. Η μονιμοποίηση γίνεται με ελαφρά θέρμανση της πλάκας επάνω από φλόγα. Στη φάση αυτή το παρασκεύασμα είναι έτοιμο για χρώση.

4.3.1 Χρώση Gram.

Η αρχική μέθοδος της χρώσεως Gram έχει υποστεί με την πάροδο του χρόνου

πολλές τροποποιήσεις σχετικά με τις χρωστικές ουσίες, τα χρωστικά διαλύματα, την ουσία που χρησιμοποιείται για τον αποχρωματισμό κλπ.

Η Gram χρώση είναι μία σύνθετη θετική χρώση, που χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλη στη Βακτηριολογία. Η περιγραφή κάθε είδους βακτηρίου αρχίζει πάντοτε με τον τρόπο που χρωματίζεται με τη χρώση Gram, δηλαδή αναφέρεται αν πρόκειται για Gram θετικό ή αρνητικό βακτήριο.

Χρωστικές και Διαλύματα.

1) Διάλυμα Α

Κρυσταλλικό ιώδες 2 gr

Αιθυλική αλκοόλη, 95° 20 ml

Διάλυμα Β

Οξαλικό αμμώνιο 0,8 gr

Απεσταγμένο νερό 80 ml

Το διάλυμα Α (20 ml) αναμιγνύεται με το διάλυμα Β (80 ml) και το μίγμα τους αφήνεται για 24 ώρες στη θερμοκρασία δωματίου. Την επομένη, διηθείται μέσα από διηθητικό χαρτί και φυλάσσεται σε φιάλη, έτοιμο για χρήση.

2) Διάλυμα Lugol

Ιώδιο 1 gr

Ιωδιούχο κάλιο 2 gr

Απεσταγμένο νερό 300 ml

3) Μίγμα αιθυλικής αλκοόλης, 95°, (100 ml) και ακετόνης (100 ml)

4. Σαφρανίνη 2,5 gr

Αιθυλική αλκοόλη, 95°, 100 ml

Από το μητρικό διάλυμα λαμβάνονται 10 ml. Αυτά αναμιγνύονται με 90 ml απεσταγμένου νερού και παρασκευάζεται υδατικό διάλυμα της σαφρανίνης, το οποίο και χρησιμοποιείται.

Τεχνική. Μετά την ετοιμασία του παρασκευάσματος και τη μονιμοποίησή του ακολουθεί η χρώση.

α) Το παρασκεύασμα καλύπτεται με το διάλυμα του κρυσταλλικού ιώδους και αφήνεται για 1 λεπτό.

β) Εκπλύνεται με νερό από τη βρύση.

γ) Ακολουθεί η προσθήκη του διαλύματος *Lugol*. Αφήνεται πάλι για ένα λεπτό.

Το *Lugol* δρα σαν πρόστυμμα, δηλαδή βοηθά στη καθήλωση της χρωστικής στα κύτταρα.

δ) Το παρασκεύασμα εκπλύνεται με νερό από τη βρύση.

ε) Αποχρωματίζεται με μίγμα αιθυλικής αλκοόλης και ακετόνης.

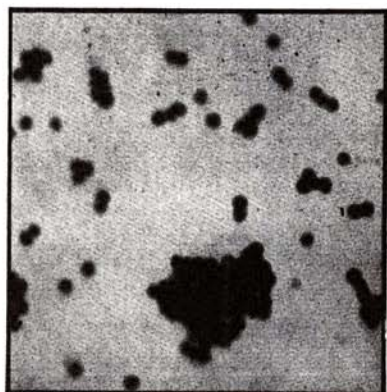
στ) Εκπλύνεται με νερό από τη βρύση.

ζ) Μεταχρωματίζεται με διάλυμα σαφρανίνης, το οποίο αφήνεται να δράσει για 10 δευτερόλεπτα.

η) Εκπλύνεται με νερό από τη βρύση, ξηραίνεται μεταξύ φύλλων διηθητικού χαρτιού και είναι έτοιμο για μικροσκόπηση.

Τα Gram θετικά βακτήρια κατακρατούν την πρώτη χρωστική και εμφανίζονται με χρώμα κυανούν, ενώ τα Gram αρνητικά βακτήρια αποχρωματίζονται με τον οργανικό διαλύτη και χρωματίζονται κόκκινα με τη σαφρανίνη.

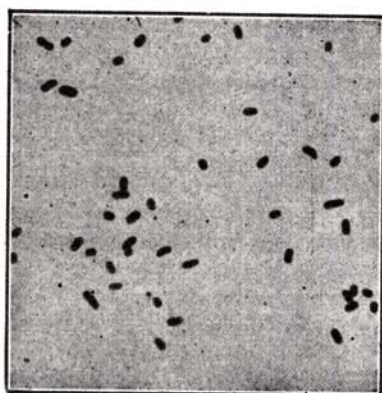
Μηχανισμός της χρώσεως Gram. Από τις διάφορες απόψεις που έχουν διατυπωθεί για να εξηγήσουν τη διαφορά χρώσης των Gram θετικών βακτηρίων από τα Gram αρνητικά, επικρατέστερη είναι η εξής: το κυτταρικό τοίχωμα (μουκοπεπτίδιο) των Gram θετικών βακτηρίων αποτελεί φραγμό και δεν επιτρέπει στον οργανικό διαλύτη να δράσει στο σύμπλεγμα χρωστικής — ιωδίου και έτσι κατακρατείται η πρώτη χρωστική από τα κύτταρα (σχ. 4.3).



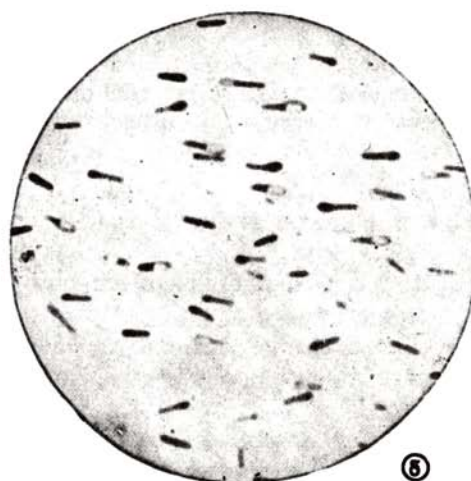
α



β



γ



δ



ε

Σχ. 4.3.

Παρασκευάσματα: α) Σταφυλόκοκκου. β) Στρεπτόκοκκου. γ) Βακτηριδίου. δ) Σπορογόνου βακτηρίου. ε) Σπειριλλίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή	1
0.1 Διαίρεση της μικροβιολογίας	2
0.2 Γενικές ιδιότητες των ευκαρυωτικών και προκαρυωτικών κυττάρων.	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Γενικές ιδιότητες ομάδων παθογόνων

Μικροβίων

1.1 Ιοί	6
1.2 Ρικέτσιες	10
1.3 Χλαμύδια (Bedsonia)	10
1.4 Μύκητες	11
1.5 Πρωτόζωα	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Το βακτηριακό κύτταρο

2.1 Κυτταρολογία των βακτηρίων	18
2.1.1 Μορφή	18
2.1.2 Μέγεθος	20
2.1.3 Δομή	20
2.2 Μεταβολισμός των βακτηρίων	
2.2.1 Ο μεταβολισμός των σακχάρων	32
2.2.2 Ο μεταβολισμός των λιπιδίων	35
2.2.3 Ο μεταβολισμός των αμινοξέων	36
2.2.4 Ο μεταβολισμός των νουκλεοτιδίων	36
2.2.5 Τα νουκλεϊνικά οξέα - αντιγραφή, μεταγραφή, μετάφραση	37
2.2.6 Η ρύθμιση του μεταβολισμού	40
2.3 Ανάπτυξη των βακτηρίων	40
2.4 Αναπαραγωγή των βακτηρίων	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η δράση των μικροβίων

3.1 Μόλυνση και λοίμωξη	48
3.2 Τα αιτήματα του Koch	49
3.3 Ουσίες μικροβίων που έχουν σχέση με την παθογόνο δράση τους	50
3.4 Προέλευση των παθογόνων μικροβίων	51
3.5 Τρόποι μόλυνσης και μεταδόσεως των παθογόνων μικροβίων	51

3.6 Πύλη εισόδου των μικροβίων στον οργανισμό	52
3.7 Ανοσία για τις λοιμώξεις	53
3.8 Παράγοντες που συμβάλλουν στη φυσική ανοσία	54
3.9 Μικροβιακές τοξίνες	55
3.9.1 Ιδιότητες των Εξωτοξινών	55
3.9.2 Ενδοτοξίνες	56
3.9.3 Εξωτοξίνες των Μυκήτων	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Αναζήτηση των μικροβίων

4.1 Μικροσκόπιο	57
4.1.1 Το σύνθετο μικροσκόπιο	58
4.1.2 Παραλλαγές του συνθέτου μικροσκοπίου	63
4.2 Καλλιέργεια βακτηρίων	67
4.2.1 Αποστείρωση των θρεπτικών υλικών	68
4.2.2 Ανάπτυξη των βακτηρίων στα θρεπτικά υλικά	70
4.3 Χρωστικές — Χρώσεις	71
4.3.1 Χρώση Gram	72