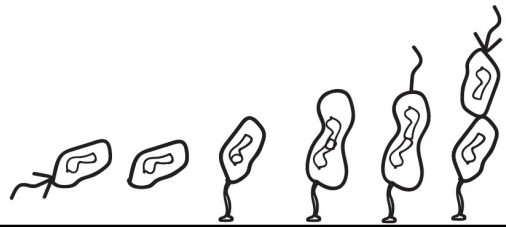


Biodiversità cellulare

Fondamenti di microbiologia e micros

Invisibile





Lezione 1

Composizione chimica della cellula

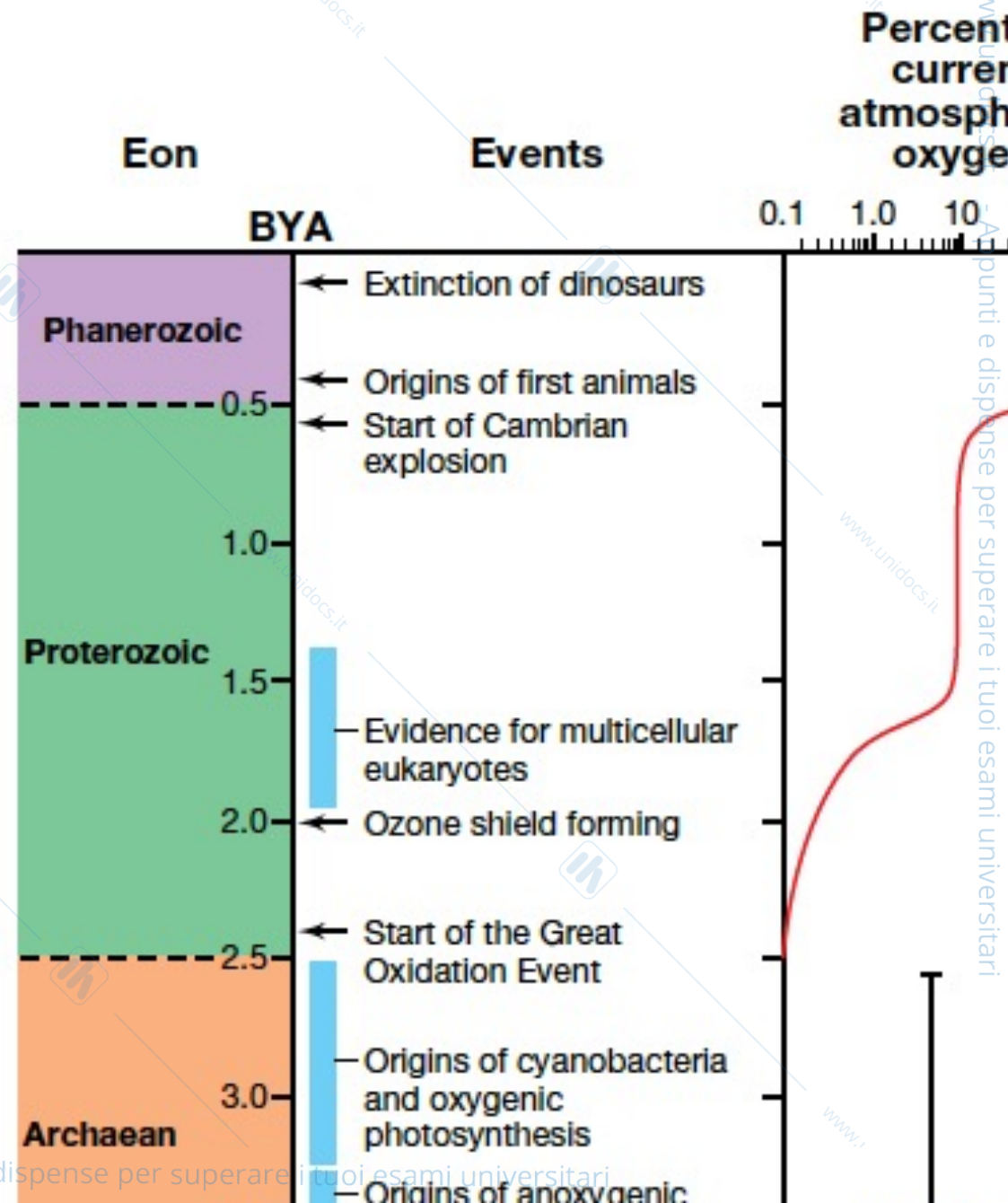
L'acqua

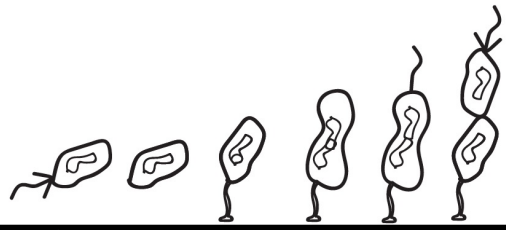
Carboidrati/Lipidi/Proteine/Acidi nucleici

Oparin e l'esperimento di Miller

RNA world e comparsa delle prime forme cellulari

Fotosintesi e ossidazione del pianeta





Louis Pasteur (1822-1895)

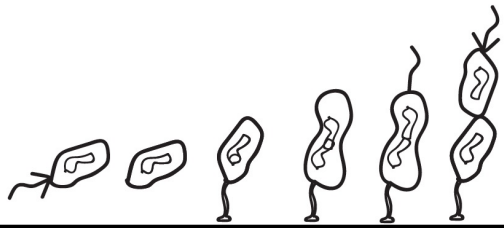


Dimostrò che i microrganismi sono responsabili della fermentazione e del deterioramento

Dimostrò che **la generazione spontanea** dei microrganismi è un concetto errato

Sviluppò la **pastorizzazione**

Dimostrò ciò che è conosciuto come **Teoria dei germi**



Louis Pasteur (1822-1895)

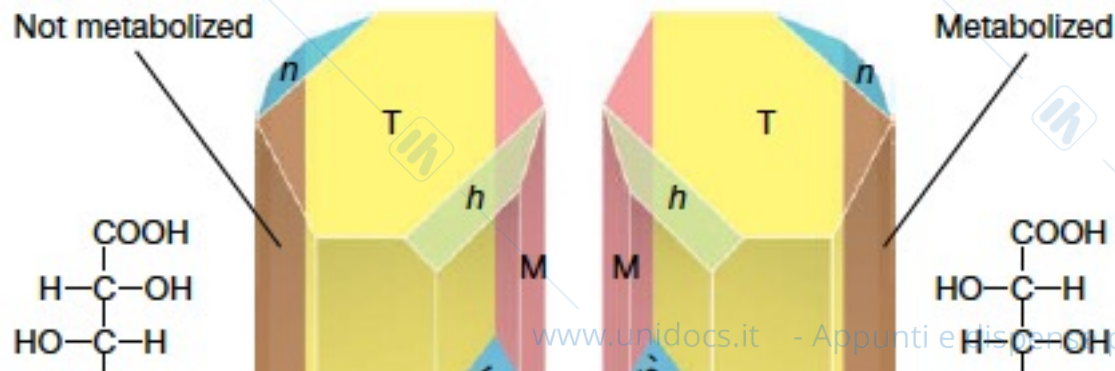
Dimostrò che i microrganismi sono alla base della fermentazione

Osservazioni al microscopio di cristalli di acido tartarico nel vino. Due tipi di cristalli con una **struttura a specchio** sono osservabili.

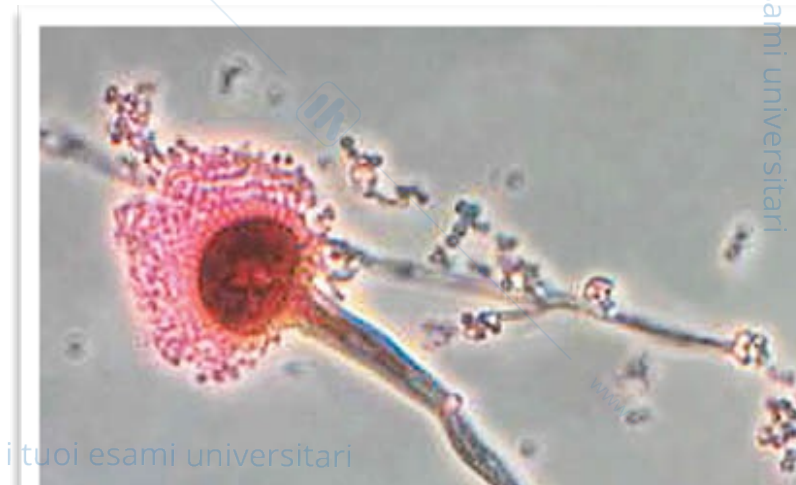
I microrganismi sono in grado di discriminare tra gli isomeri ottici

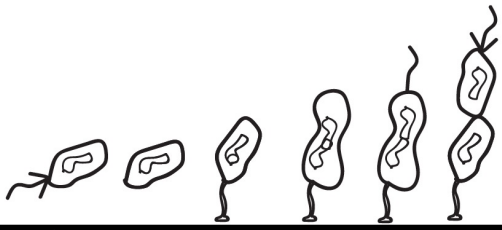
Molte reazioni sono catalizzate da microrganismi

Optical isomer



Aspergillus niger





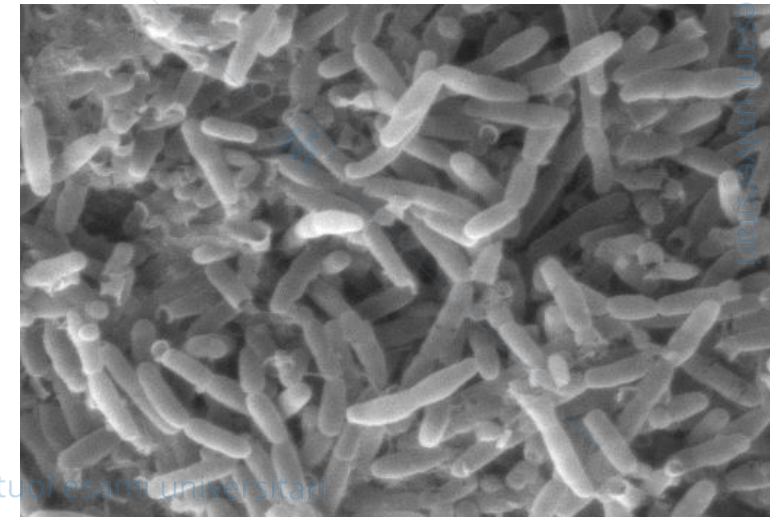
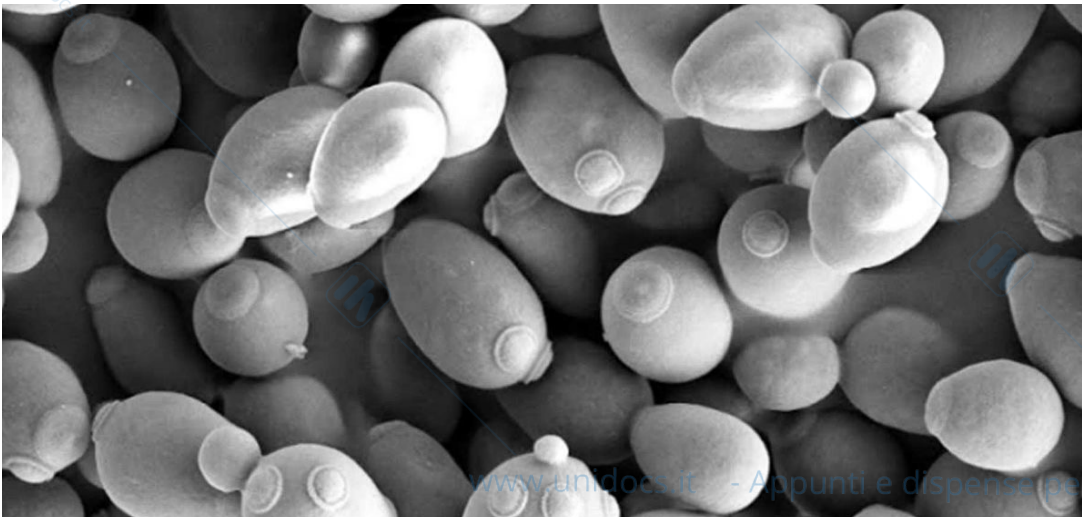
Louis Pasteur (1822-1895)

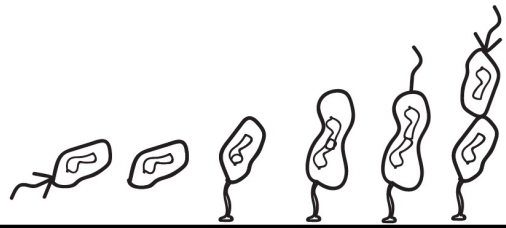
Dimostrò che i microrganismi sono alla base della fermentazione

Osservazioni al microscopio di cristalli di acido tartarico nel vino. Due tipi di cristalli con una **struttura a specchio** sono osservabili.

I microrganismi sono in grado di discriminare tra gli isomeri ottici

Molte reazioni sono catalizzate da microrganismi

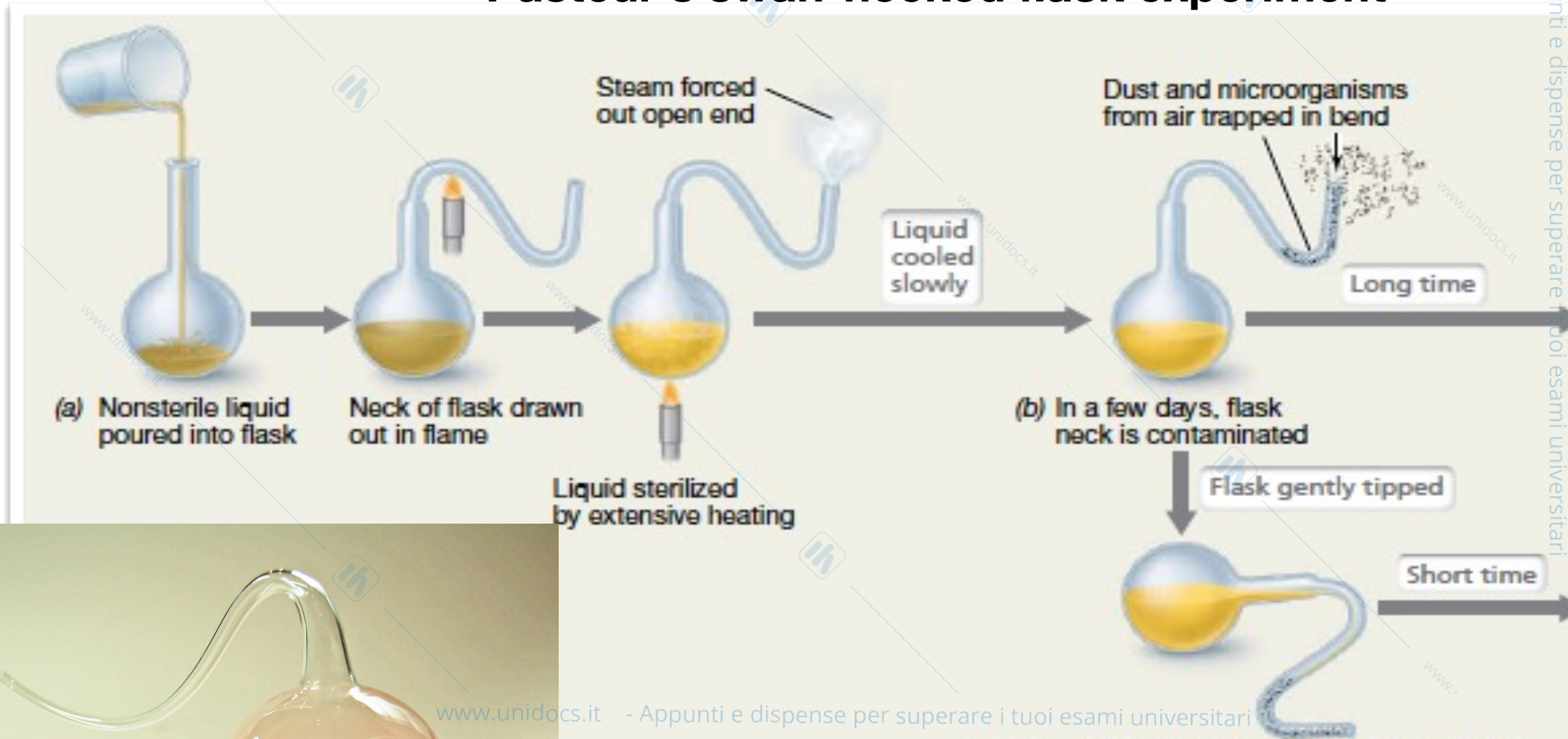




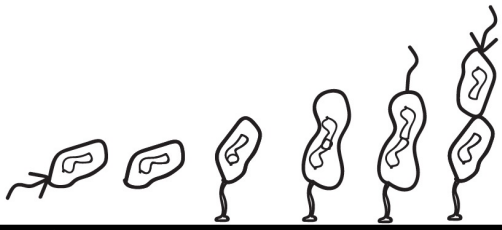
Louis Pasteur (1822-1895)

Confutazione delle teorie sulla generazione spontanea

Pasteur's swan-necked flask experiment



Teoria dei germi come causa di malattie



Qual'è la natura delle **malattie infettive?**

Molte **malattie** sono causate dalla **crescita di microrganismi** all'interno del corpo e non da peccati, cattivi comportamenti o povertà etc. come è stato creduto per secoli

Due maggiori contributi:

Louis Pasteur





Teoria dei germi come causa di malattie

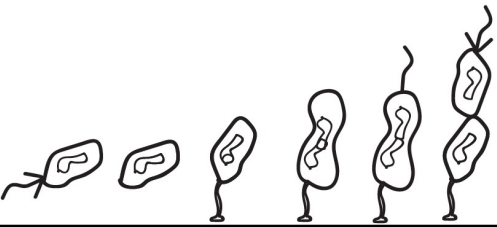
La febbre puerperale: Grave infezione dell'utero dopo un parto o un aborto. Si manifesta nelle 24 h e i 10 giorni successivi al parto. I microrganismi che comunemente producono questa patologia sono *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tetani*

Dr. Oliver Wendell Holmes – osservò che le madri che partorivano a casa avevano meno infezioni di quelle che partorivano in ospedale. Nel 1843 pubblicò "*The Contagiousness of Puerperal Fever*" sulla rivista *New England Quarterly Journal of Medicine and Surgery*

Dr. Ignaz Semmelweis (1847) – correlò le infezioni ai medici che arrivavano nel reparto maternità

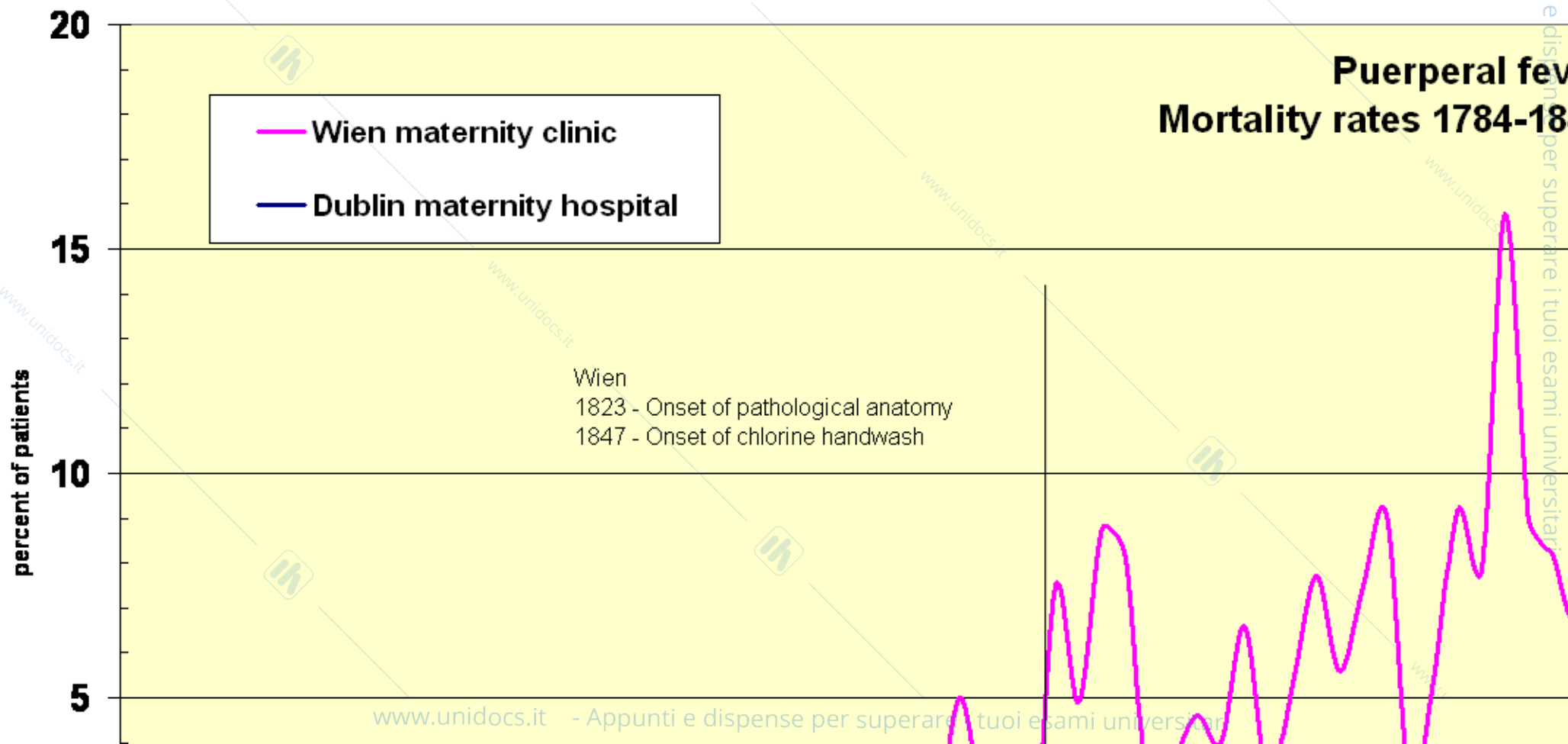
Dr. Ignaz Semmelweis

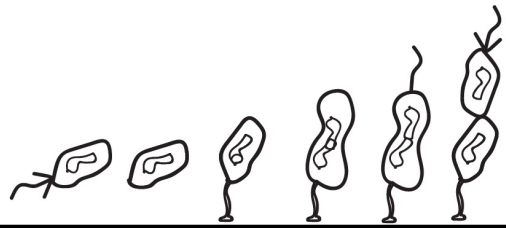




Teoria dei germi come causa di malattie

La febbre puerperale: Grave infezione dell'utero dopo un parto o un aborto. Le 24 h e i 10 giorni successivi al parto. I microrganismi che comunemente provocano questa patologia sono *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tetani*





Louis Pasteur (1822-1895)

Teoria dei germi come causa di malattia

1865 – 1870 - Malattie del baco da seta

1880 - Colera dei polli

Sur les maladies virulentes et en particulier sur la maladie appelée vulgairement choléra des poules

1881 - Carbonchio di ovini, bovini ed equini

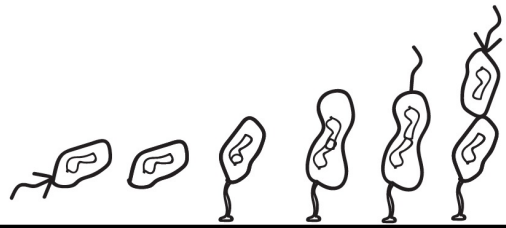
536

HARPER'S WEEKLY.

PASTEUR'S LATEST DISCOVERY.

Five years ago the great French chemist Louis Pasteur determined to find a remedy for hydrophobia. His discovery of a method of inoculation by which cattle and sheep were enabled to defy rabies, or splemic fever, had led him to believe that the virus of rabies could be used in a similar way for the protection of human beings. In June, 1886, he had solved the problem so far as the inoculation of dogs was concerned, but not until October last was he able to announce that by inoculation men could be protected. That announcement was made at a meeting of the French Academy of Sciences. M. Pasteur then had two patients under treatment. He now has more than seventy. His success is described as follows: A rabbit is inoculated with a fragment of spinal marrow taken from a rabid dog. In fifteen days the rabbit becomes mad and dies. A second rabbit inoculated with a bit of spinal marrow taken from the first, and the inoculation is repeated until sixty rabbits have been used. With each successive inoculation the virus becomes milder, and the period of incubation is shortened, until, in the case of the sixtieth rabbit, it is only seven days. The chemist discovered some years ago, while experimenting with the virus of foot-and-mouth, that it could be weakened or attenuated only by exposure to dried air. Bits of marrow from the inoculated rabbits, graded with reference to the strength of the virus and the dates of extraction, are exposed to dried air in bottles. In this way M. Pasteur procures a supply of virus graded from a specimen that is as attenuated as to be almost powerless up to a specimen that is fresh and that will cause hydro-





Louis Pasteur (1822-1895)

1881 - Carbonchio di ovini, bovini ed equini

Carbonchio o antrace > *Bacillus anthracis*

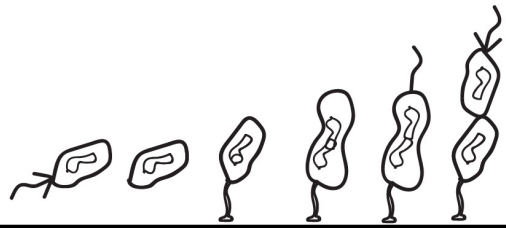
Attenuazione mediante un agente fisico:
coltura a 42-43°C

Osservazioni

- Le pecore si ammalavano dopo aver trascorso del tempo sui campi infetti;
- le pecore si ammalavano se venivano messe a contatto con il materiale in decomposizione presente sui campi o derivante da altri animali malati;

Cute lesionata da carbonchio





Louis Pasteur (1822-1895)

1881 - Carbonchio di ovini, bovini ed equini

Domanda: La malattia è causata da *Bacillus anthracis* o miasmi animali?

Ipotesi: Forse le pecore potevano acquisire l'immunità qualora fossero a contatto con il bacillo attenuato

Esperimento



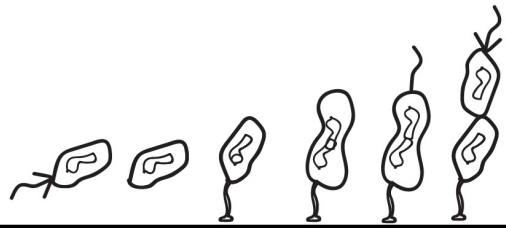
CONTROLLO
10 pecore isolate



GRUPPO 1
25 pecore non



GRUPPO 2
25 pecore esposte



Louis Pasteur (1822-1895)

1881 - Carbonchio di ovini, bovini ed equini

Domanda: La malattia è causata da *Bacillus anthracis* o miasmi animali?

Ipotesi: Forse le pecore potevano acquisire l'immunità qualora fossero a contatto con il bacillo attenuato

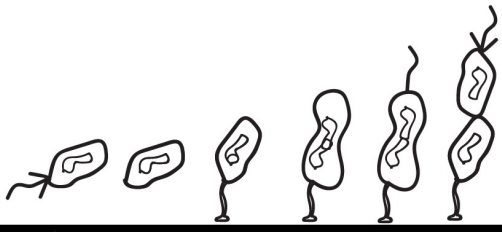
Esperimento



CONTROLLO

GRUPPO 1

GRUPPO 2



Louis Pasteur (1822-1895)

1885 – Il vaccino antirabbico
Sviluppato inizialmente da Emile Roux



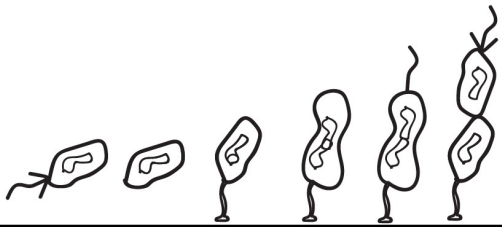
536

HARPER'S WEEKLY.

PASTEUR'S LATEST DISCOVERY.

Five years ago the great French chemist Louis Pasteur determined to find a remedy for hydrophobia. His discovery of a method of inoculation by which cattle and sheep were enabled to defy anthrax, or splemic fever, had led him to believe that the virus of rabies could be used in a similar way for the protection of human beings. In June, 1884, he had solved the problem so far as the inoculation of dogs was concerned, but not until October last was he able to announce that by inoculation men could be protected. That announcement was made at a meeting of the French Academy of Sciences. M. PASTEUR then had two patients under treatment. The new has more than seventy. His process is described as follows: A rabbit is inoculated with a fragment of spinal marrow taken from a rabid dog. In fifteen days the rabbit becomes mad and dies. A second rabbit is inoculated with a bit of spinal marrow taken from the first, and the inoculation is repeated until sixty rabbits have been used. With each successive inoculation the virus becomes milder, and the period of incubation is shortened, until, in the case of the sixtieth rabbit, it is only seven days. The chemist discovered some years ago, while experimenting with the virus of foot and mouth, that it could be weakened or attenuated only by exposure to dried air. Bits of marrow from the inoculated rabbits, graded with reference to the strength of the virus and the dates of extraction, are exposed to dried air in bottles. In this way M. Pasteur procures a supply of virus graded from a specimen that is so attenuated as to be almost powerless up to a specimen that is fresh and that will cause hydro-





Sviluppo delle tecniche asettiche

Joseph Lister – introdusse le tecniche asettiche per ridurre la carica materiale medico e prevenire l'infezione delle ferite

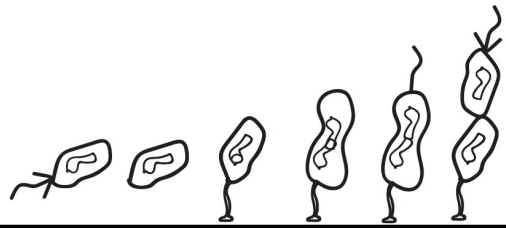
Antisepsi

- 16 marzo 1867 *Antiseptic Principle of the Practice of Surgery*
Procedimento proprio della chirurgia, mirante alla distruzione degli agenti patogeni che comunque si trovino sulla superficie delle ferite.

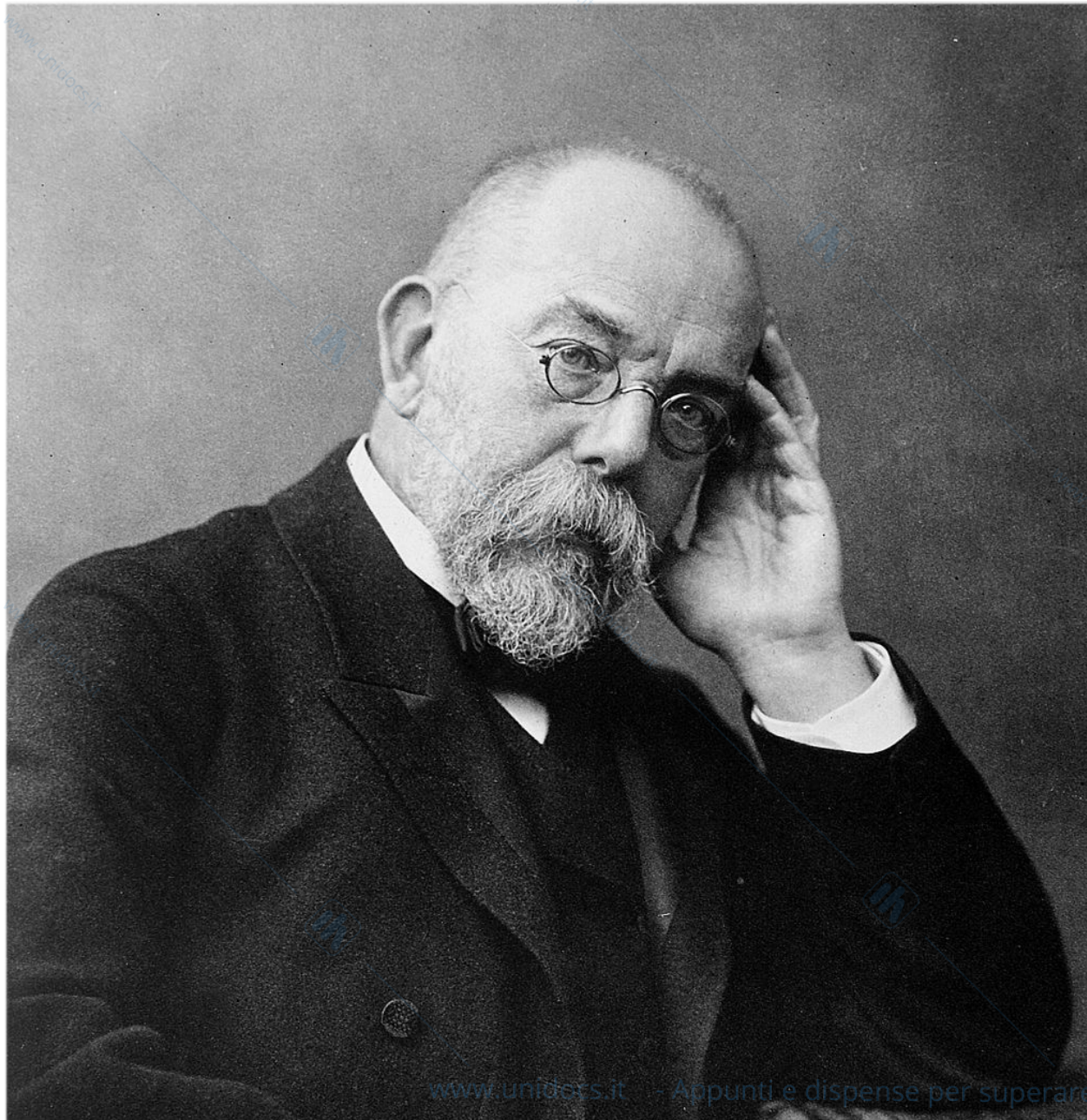
Asepsi

- Disinfezione delle mani usando reagenti chimici prima delle operazioni
- Utilizzo della sterilizzazione tramite calore

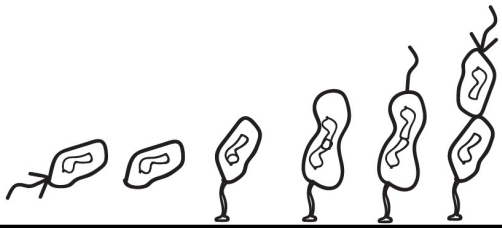




Robert Koch (1843-1910)



- Introdusse i **postulati**
 - una sequenza di esperimenti che confermarono la teoria dei germi causa di malattie
- Identificò le cause di tubercolosi e colera
- Sviluppò il metodo delle **colture pure**



Postulati di Koch

Theoretical aspects

Experimental aspects

Postulates:

1. The suspected pathogen must be present in all cases of the disease and absent from healthy animals.

Laboratory tools:

Microscopy, staining

2. The suspected pathogen must be grown in pure culture.

Laboratory cultures

3. Cells from a pure culture of the suspected pathogen must cause disease in a healthy animal.

Experimental animals



Diseased animal

Red blood cell

Suspected pathogen

Observe blood/tissue under the microscope.



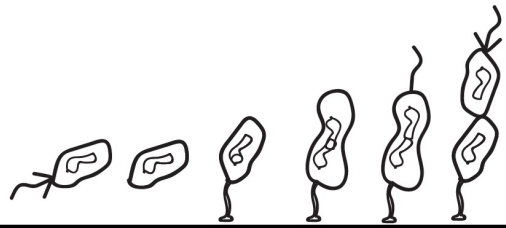
Colonies of suspected pathogen

Streak agar plate with sample from either a diseased or a healthy animal.

Inoculate healthy animal with cells of suspected pathogen.



Diseased animal

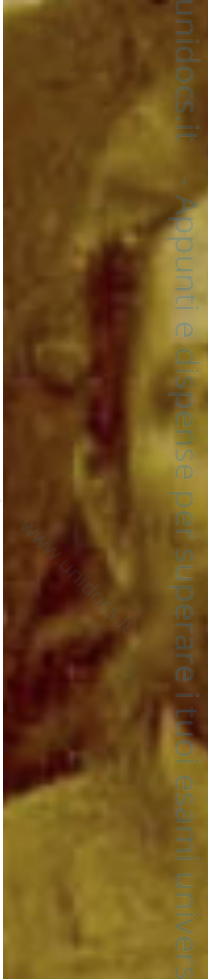


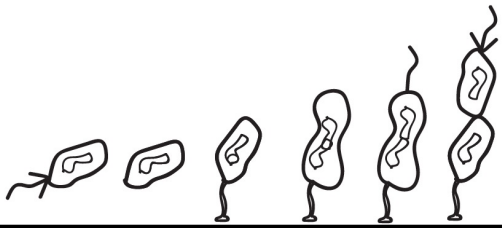
Innovazioni di Koch

Una singola cellula batterica poteva crescere fino a produrre una massa di cellule.

Ogni colonia ospitava una cultura pura (una popolazione di cellule identiche)

Richard Petri sviluppò il "piastra di Petri" trasparente a due lati nel 1887



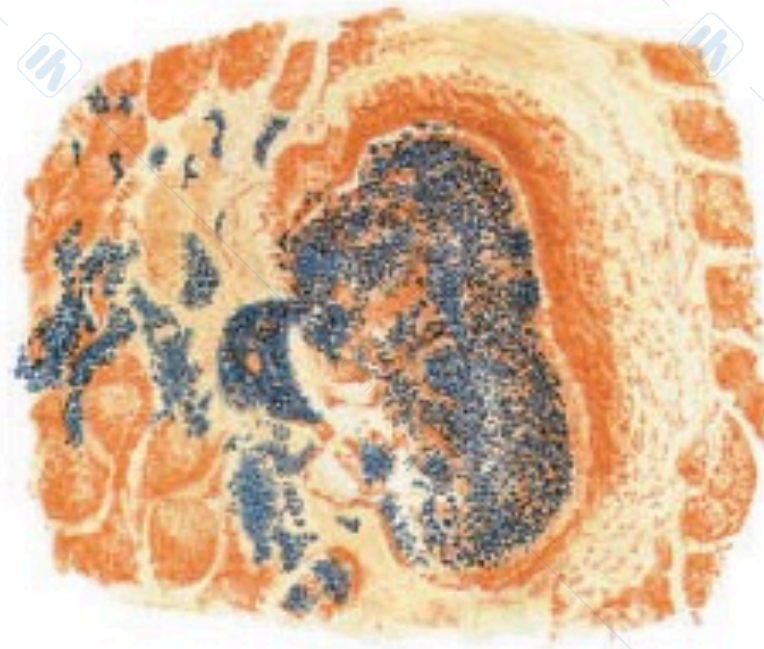


Koch e la tubercolosi

Un settimo di tutte le morti umane riportate erano causati dalla tubercolosi

Il batterio che causa la tubercolosi, il *Mycobacterium tuberculosis*, è molto difficile da colorare perché le cellule contengono grandi quantità di un lipide simile alla cera nelle loro pareti cellulari

Disegni di Koch di *Mycobacterium tuberculosis*



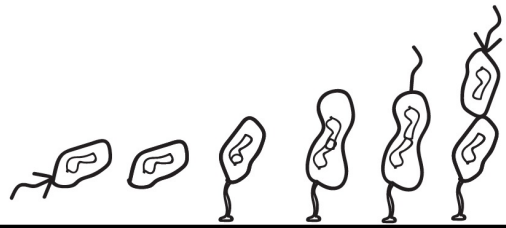
(a)



(b)



Koch vinse premio Nobel per la fisiologia o la medicina nel 1905



Diversità microbica

Martinus Beijerinck (1851-1931)

Colture di arricchimento

Virologia

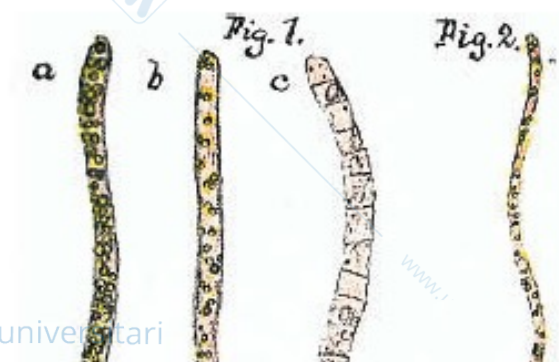
Sergej Winogradsky (1856-1953)

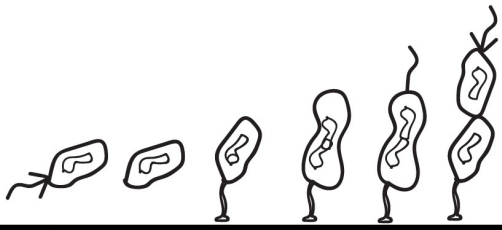
Chemolitotrofia (studi su *Beggiatoa*)

Fissazione dell'azoto (studi su *Clostridium pasteurianum*)



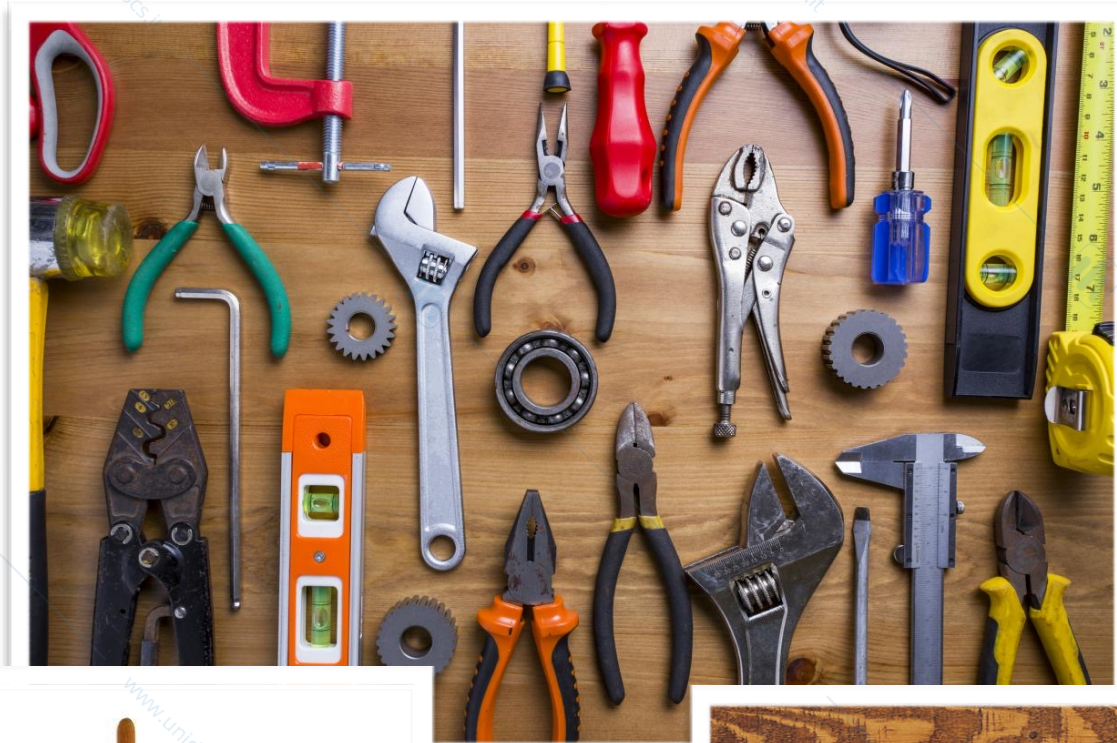
(a)

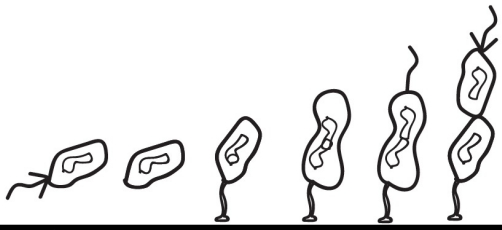




Strumenti di lavoro

Meccanico



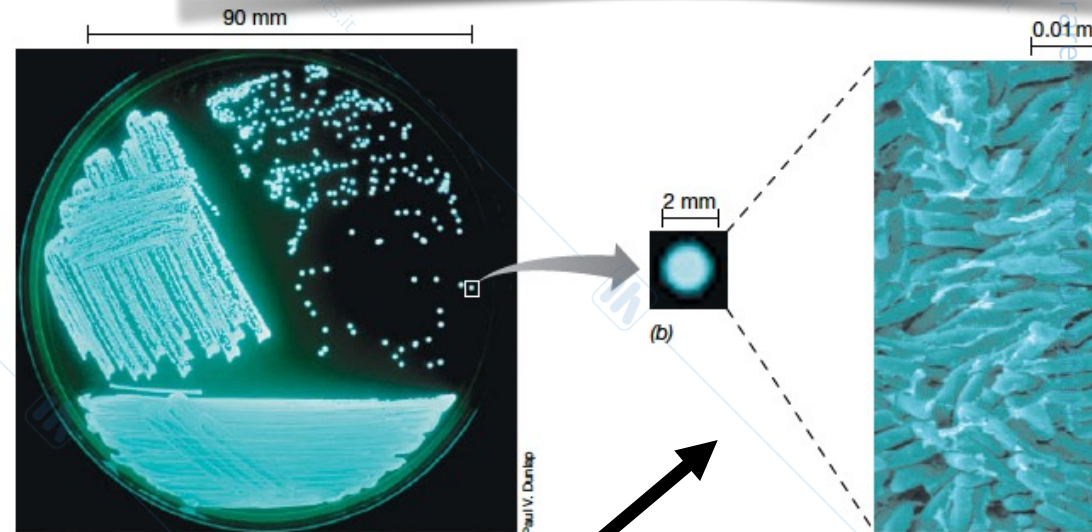


Strumenti di lavoro

Mezzi di coltura

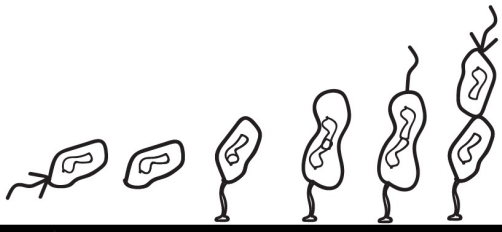
Coltura: insieme di cellule cresciute in o su un mezzo nutritivo

Mezzo: miscela nutritiva liquida o solida contenente tutti i nutrienti richiesti per la crescita di un dato microrganismo



Microscopia

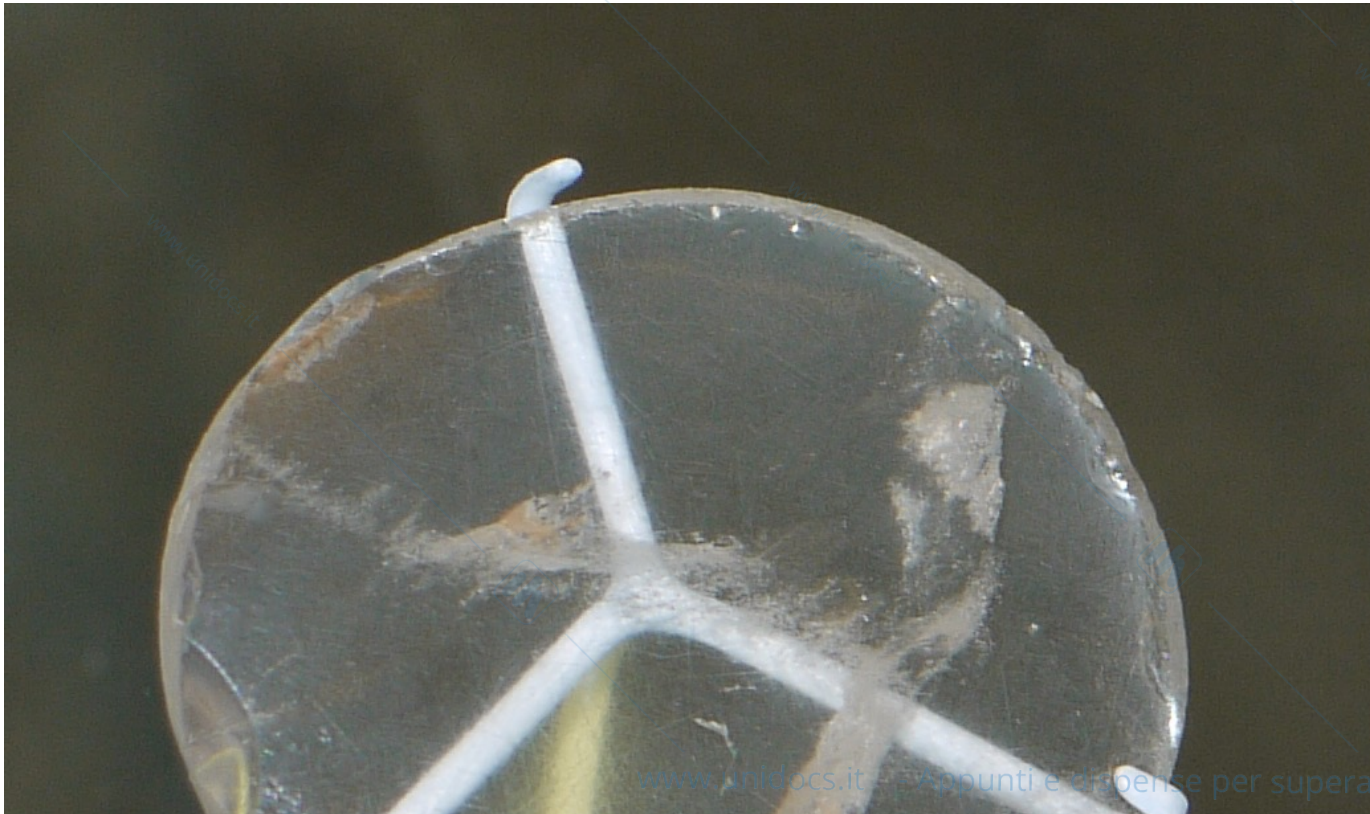


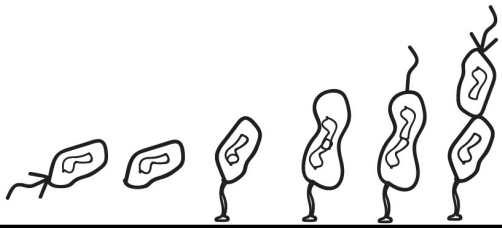


Microscopia

Risoluzione > capacità di distinguere due punti senza diffrazione
due immagini distinte (occhio umano = 0,2 mm)

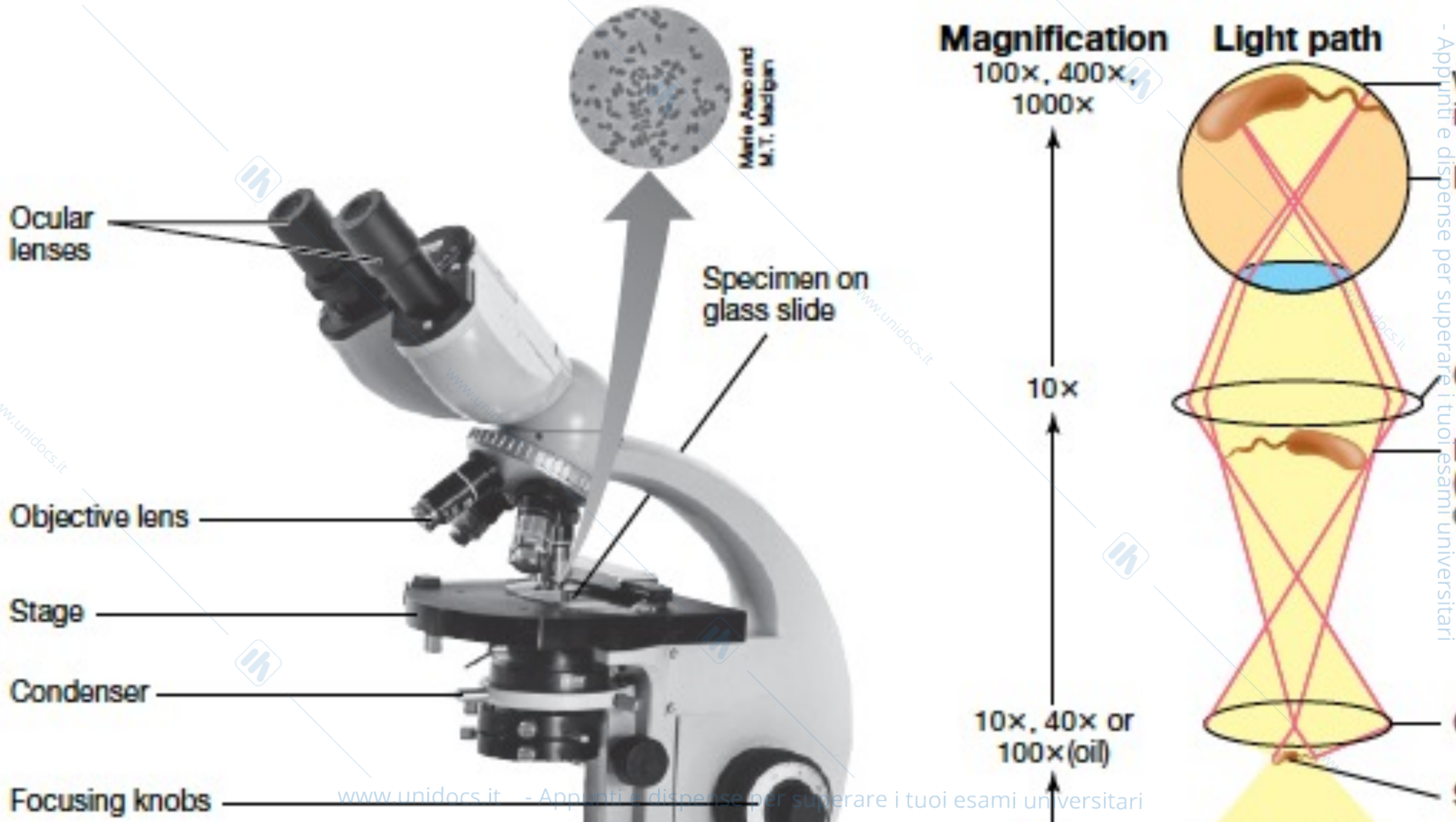
Lente di Nimrud (VII secolo a.C.)

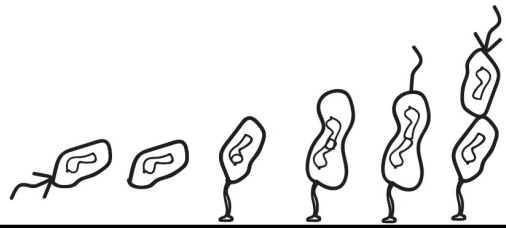




Microscopia

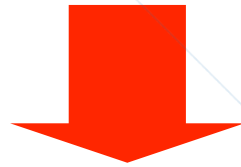
Risoluzione > capacità di distinguere due punti senza diffrazione
due immagini distinte (nel microscopio ottico = $0,2 \mu\text{m}$)





Microscopia

Potere di ingrandimento



Ingrandimento oculare X Ingrandimento obiettivo

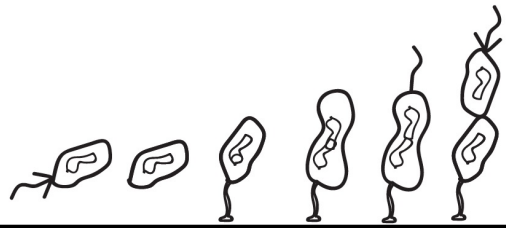


Oculare 10x - Obiettivo 10x = 10 X 10 = 100

Oculare 10x - Obiettivo 40x = 10 X 40 = 400

Oculare 10x - Obiettivo 60x = 10 X 60 = 600

Oculare 10x - Obiettivo 100x = 10 X 100 = 1000



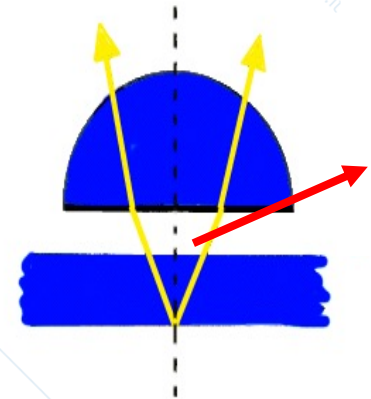
Potere di risoluzione

Capacità di distinguere due punti senza diffrazione cioè come se fossero due punti
distinte (nel microscopio ottico = $0,2 \mu\text{m}$)

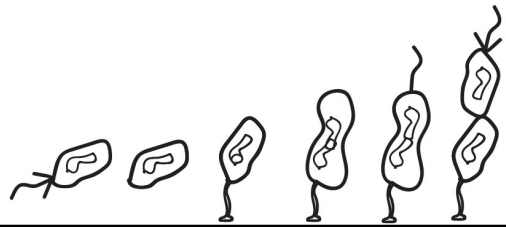
Formula di Abbe

Distanza minima tra due punti

$$R = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha}$$



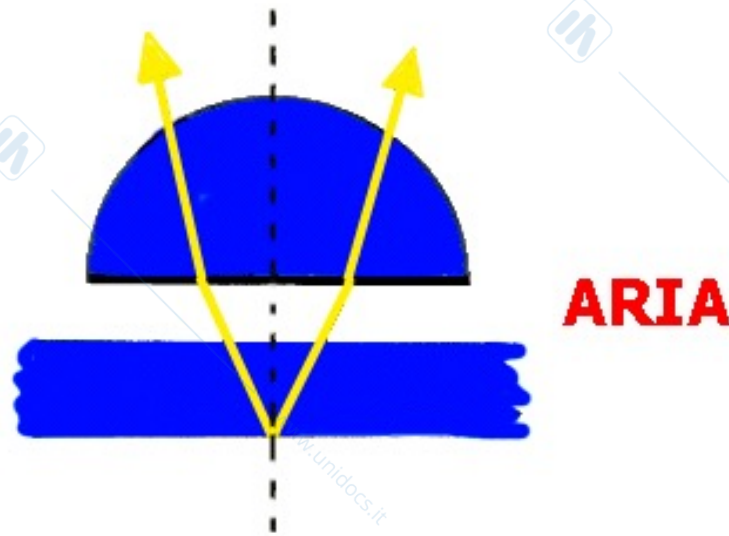
λ = lunghezza d'onda della luce che illumina il campione



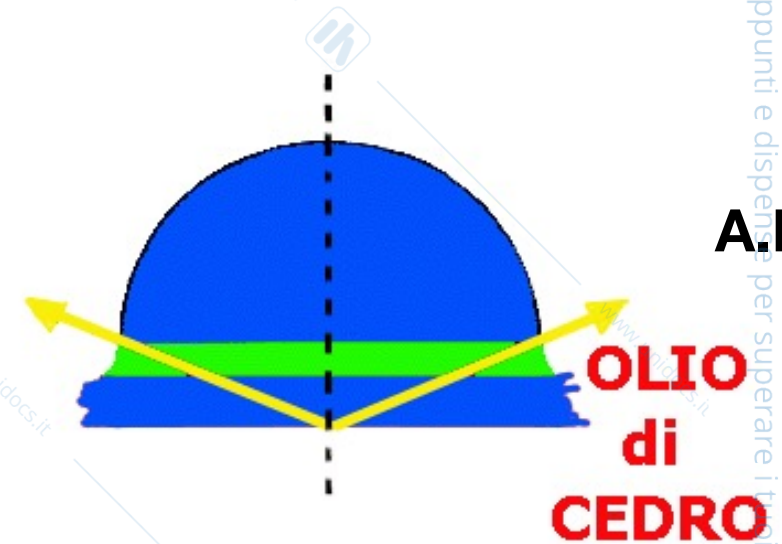
Indice di rifrazione del mezzo

OBIETTIVO
A
SECCO

A.N. 0.95 max



OBIETTIVO
AD
IMMERSIONE

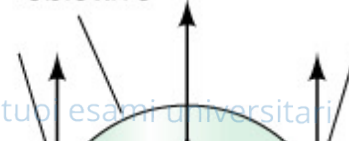


L'uso di un liquido tra la superficie del campione e la lente dell'obiettivo ha lo scopo di fornire un percorso omogeneo ai raggi luminosi.

Con un obiettivo a secco si passa dal vetro del copri-oggetto ($n = 1.53$) all'aria ($n = 1.00$) e

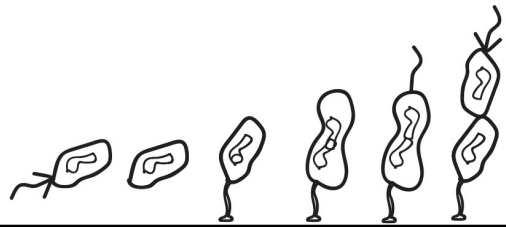
1 Nell'immersione non omogenea, l'aria, con un indice di rifrazione di 1,0, è interposta fra la lente e il campione.

Lente obiettivo

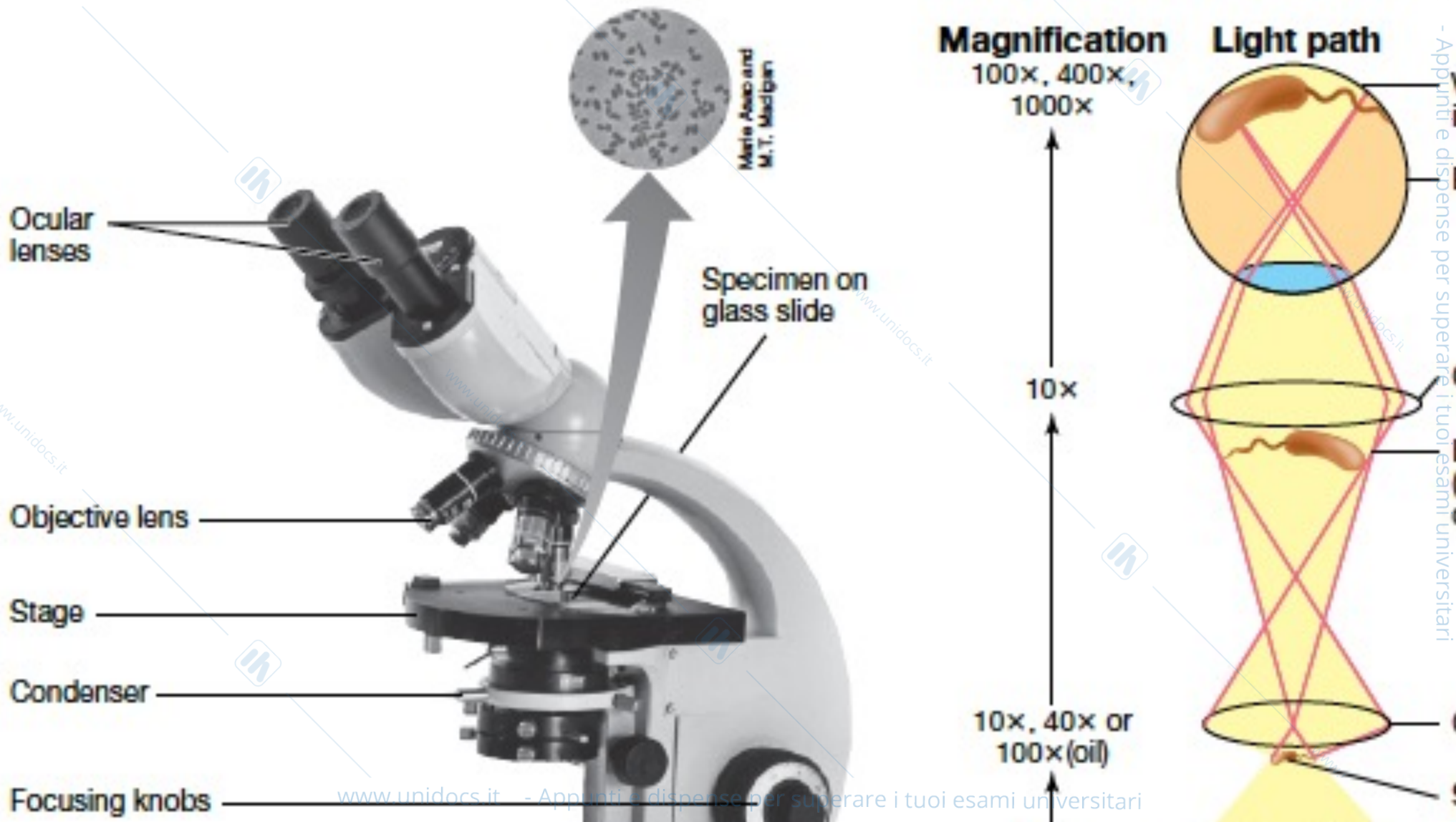


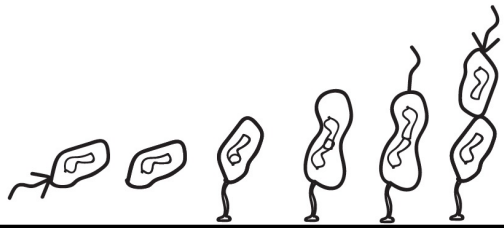
2 Nella immersione il campione è immerso in un liquido di rifrazione pari a 1,5, con un incremento della

Lente obiettivo



Microscopia





Microscopia

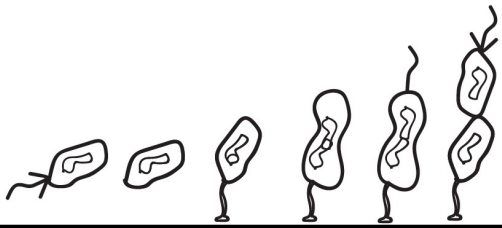
MACRO

MICRO

OBIETTIVI
a diverso ingrandimento
10X-40X-60X-100X

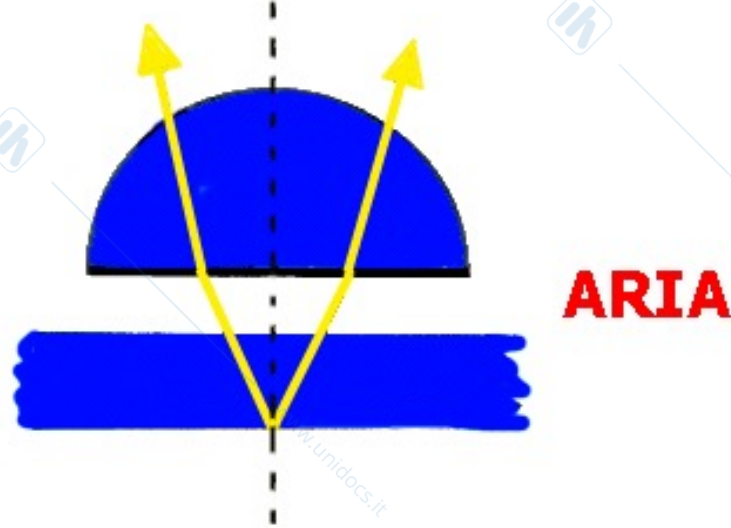
CONDENSATORE

DIAFRAMMA DI CAMPO

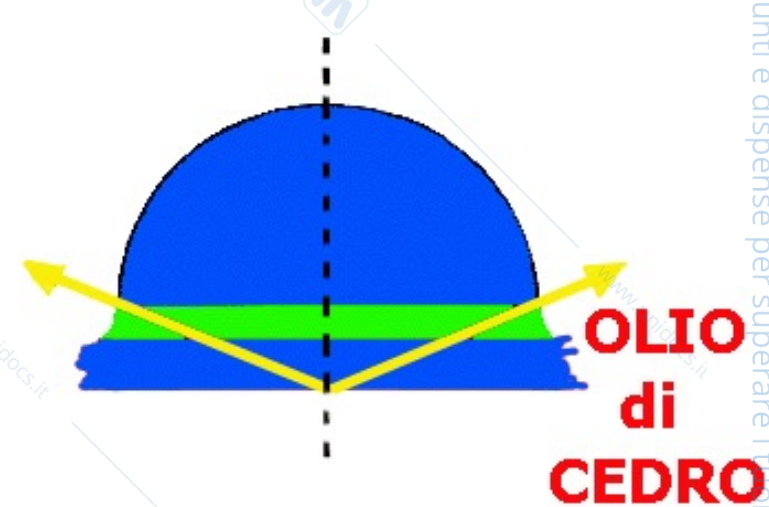


Indice di rifrazione del mezzo

OBIETTIVO
A
SECCO
A.N. 0.95 max



OBIETTIVO
AD
IMMERSIONE
A.N. 1.40 max



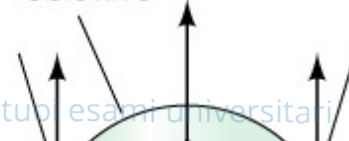
L'uso di un liquido tra la superficie del campione e la lente dell'obiettivo ha lo scopo di fornire un percorso omogeneo ai raggi luminosi.

Con un obiettivo a secco si passa dal vetro del copri-oggetto ($n = 1.53$) all'aria ($n = 1.00$) e

1 Nell'immersione non omogenea, l'aria, con un indice di rifrazione di 1,0, è interposta fra la lente e il campione.

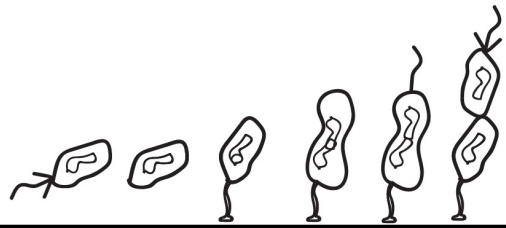
2 Nella immersione il campione è immerso in un liquido di rifrazione fra 1,4 e 1,5, con un incremento della

Lente obiettivo



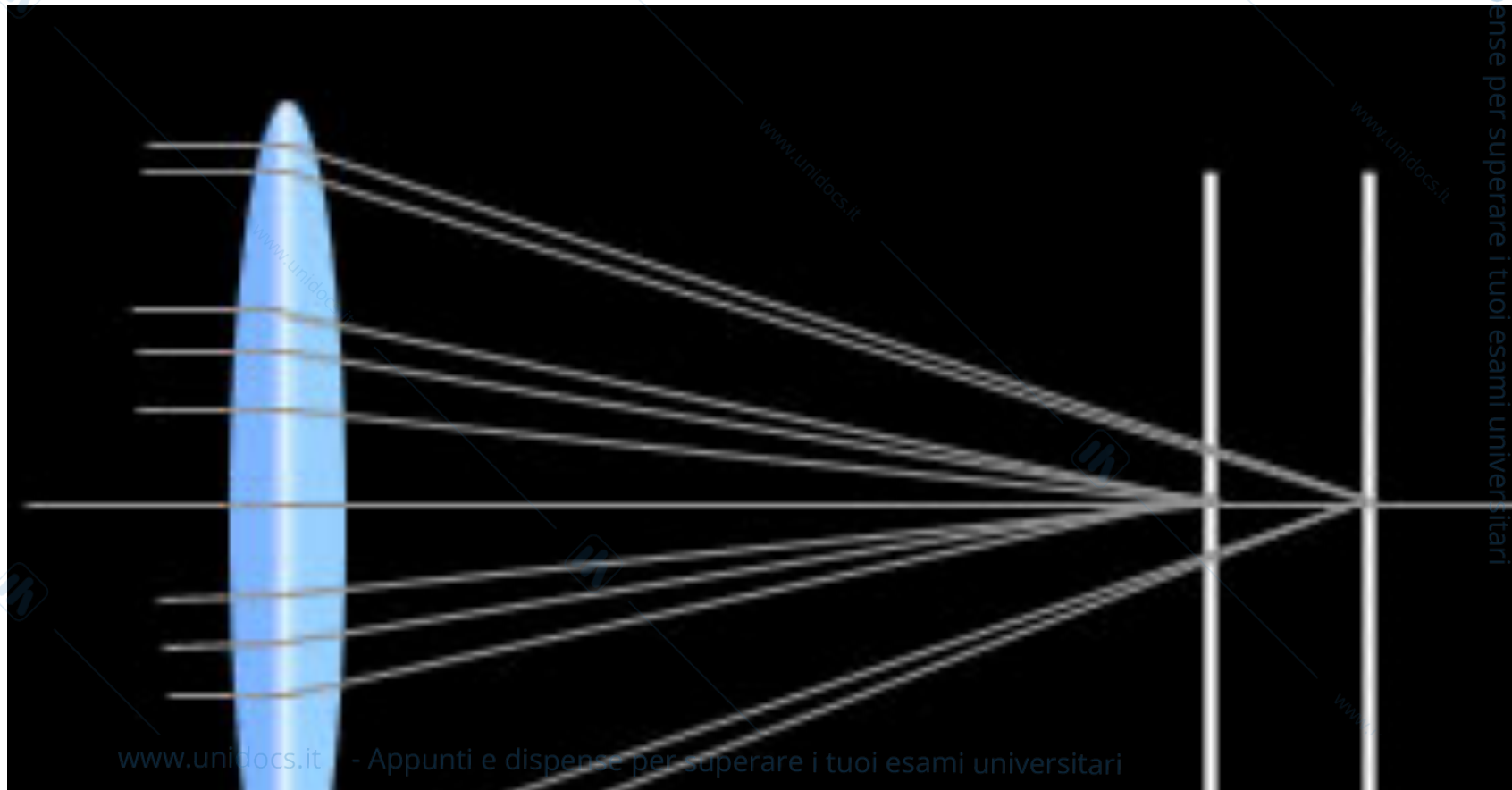
Lente obiettivo

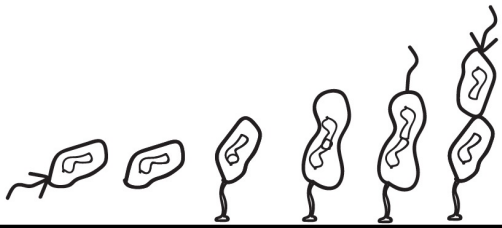




Aberrazioni

L'**aberrazione sferica**, è il difetto di una lente che produce un'immagine non nitida. I raggi che attraversano i bordi sono rifratti in misura maggiore di quelli che attraversano la zona centrale di un obiettivo. Non tutti i raggi di luce sono pertanto messi a fuoco sullo stesso piano. Da ciò deriva una perdita di nitidezza generale.





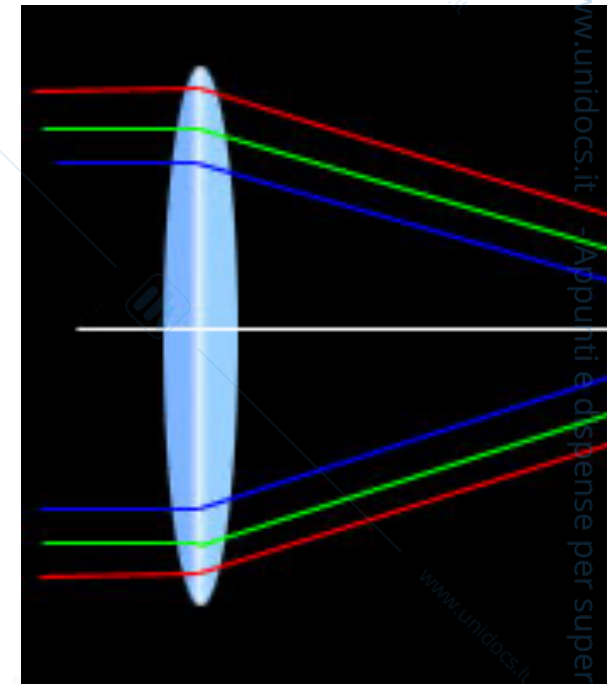
Aberrazioni

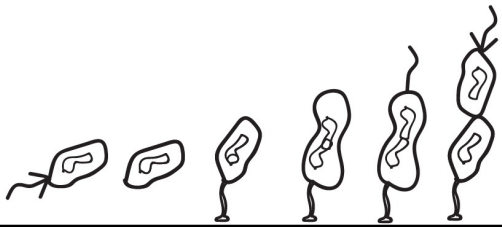
L'**aberrazione cromatica**, è un difetto ottico molto comune. Si verifica quando la lente non riesce a far coincidere tutte le lunghezze d'onda dei colori sullo stesso punto focale, o quando ogni raggio di colore che compone la luce è condotto su posizioni diverse del punto focale.

Obiettivi corretti per aberrazioni cromatiche > APO (apocromatici)

Obiettivi corretti per aberrazioni di sfericità > PLAN (planari)

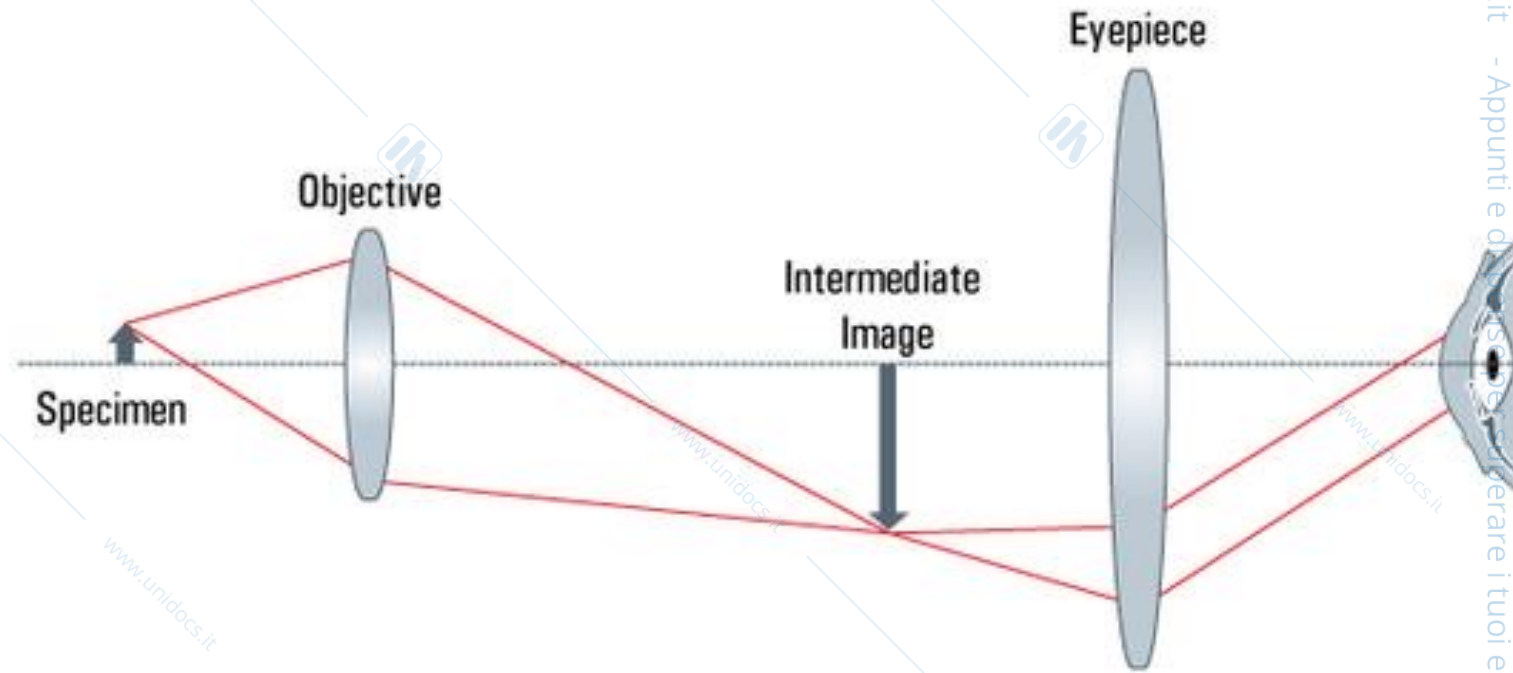
Obiettivi corretti per entrambe > APOPLAN





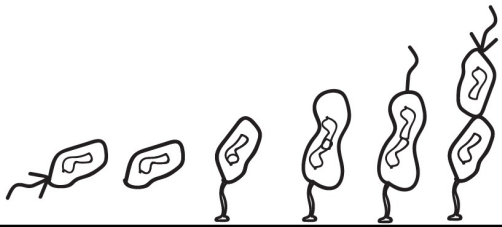
Aberrazioni

Ottiche finite

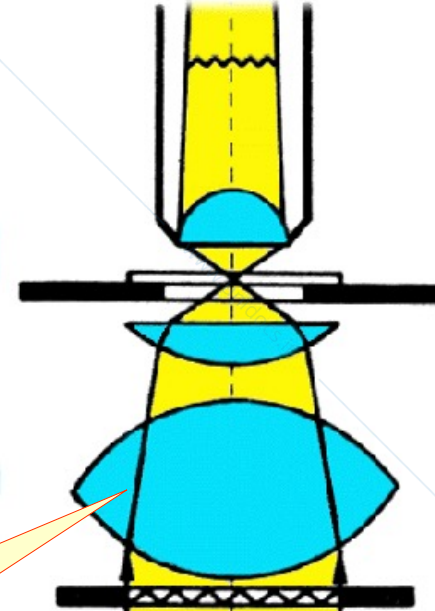
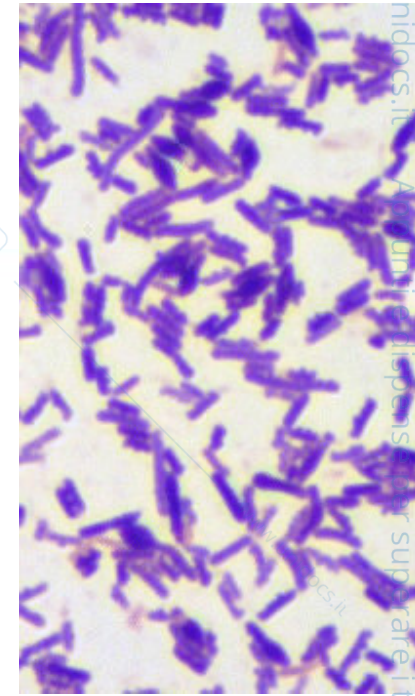
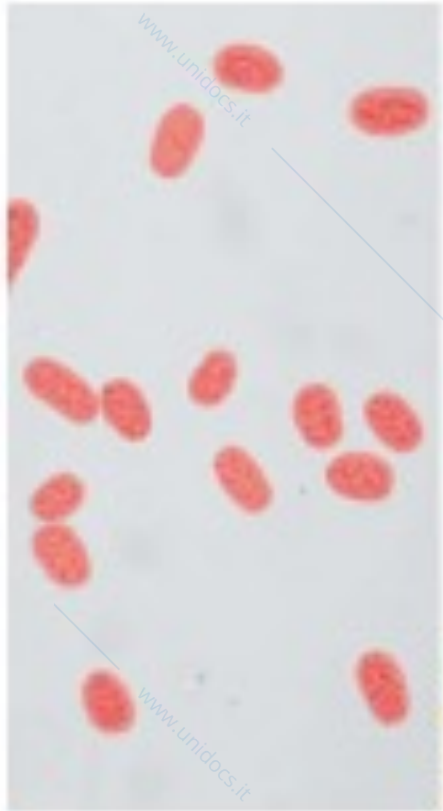


Ottiche infinite



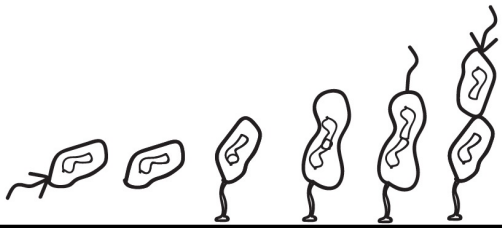


Osservazione in campo chiaro



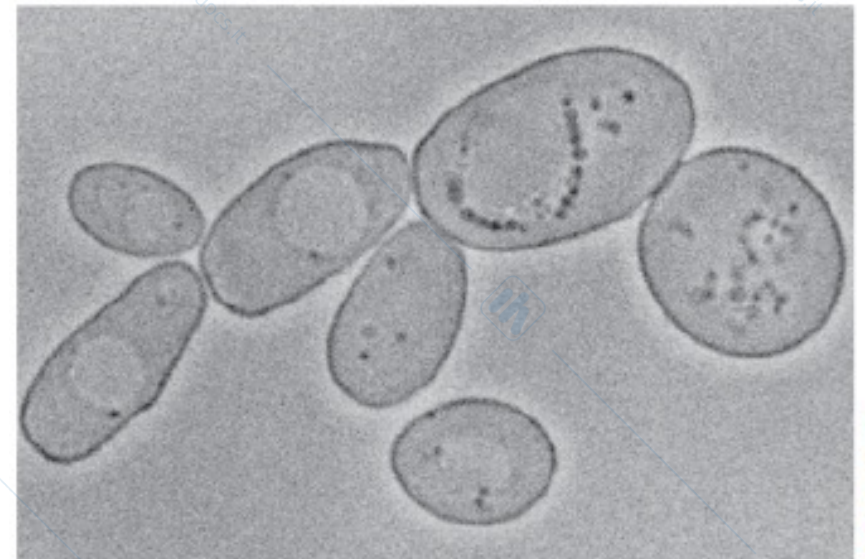
CONDENSATORE dell'ILLUMINATORE

Immagine scura su fondo più luminoso



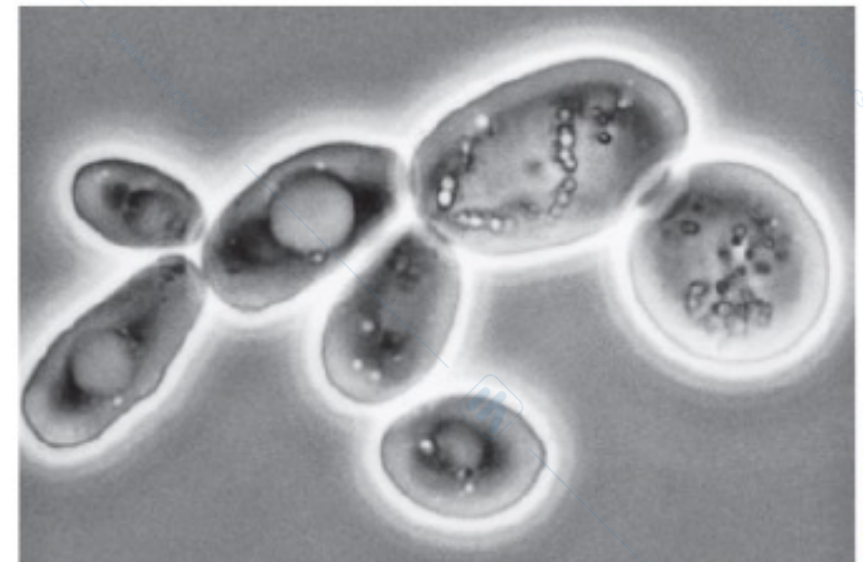
Tecniche di microscopia

Campo chiaro

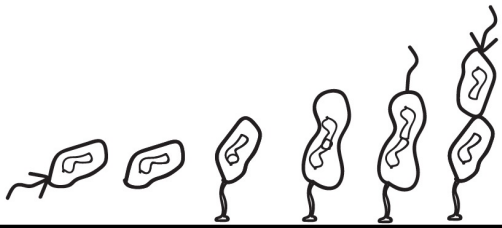


M.T. Madigan

Contrasto di fase

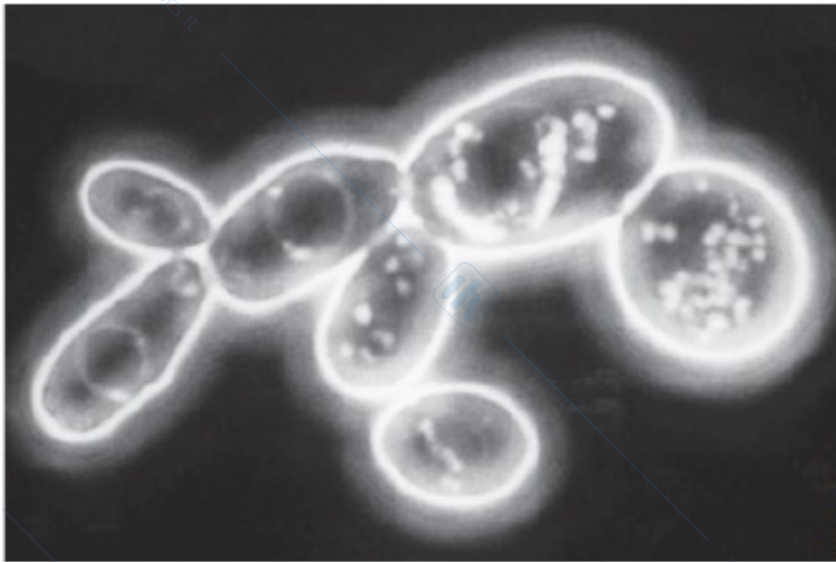


M.T. Madigan



Osservazione in campo scuro

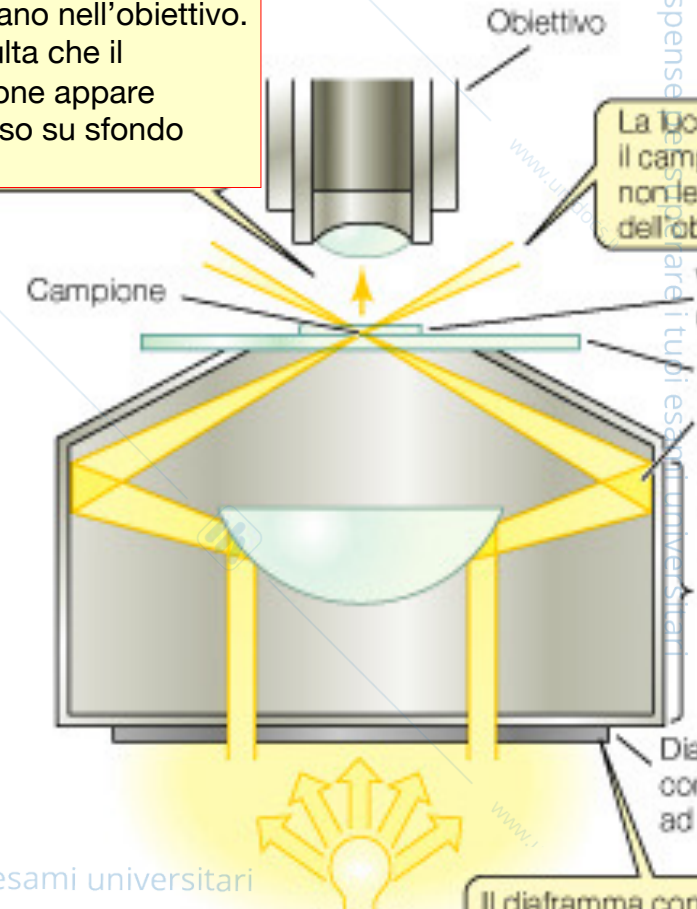
Immagine luminosa, su fondo scuro



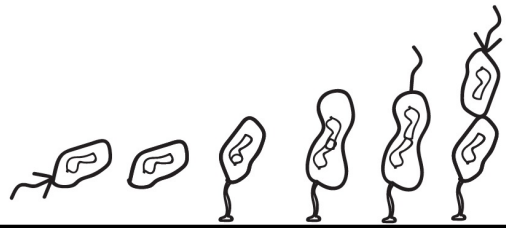
M. T. Madigan

Sistema di illuminazione del prep
LATERALE

Solo i raggi che vengono rifratti o diffratti dal campione penetrano nell'obiettivo. Ne risulta che il campione appare luminoso su sfondo scuro

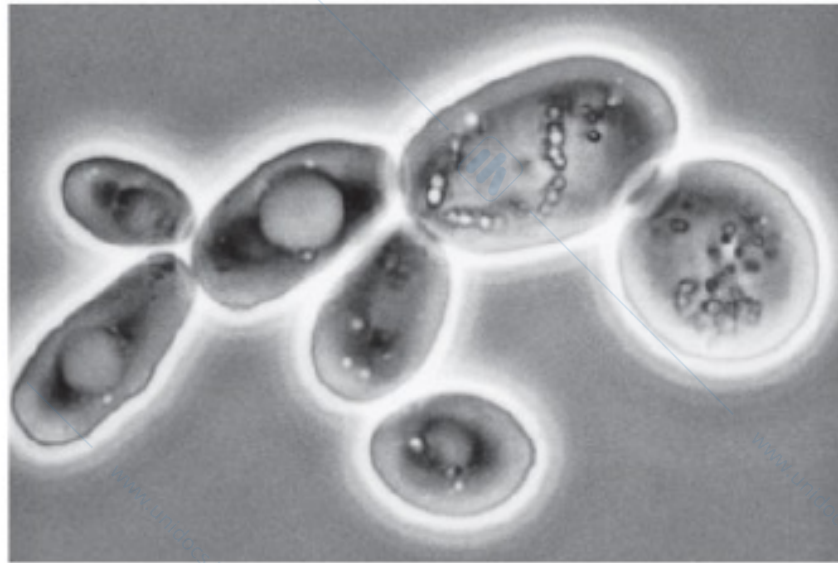


L'unica luce che raggiunge la lente è quella dispersa dal campione che appare chiaro in campo scuro



Osservazione a contrasto di fase

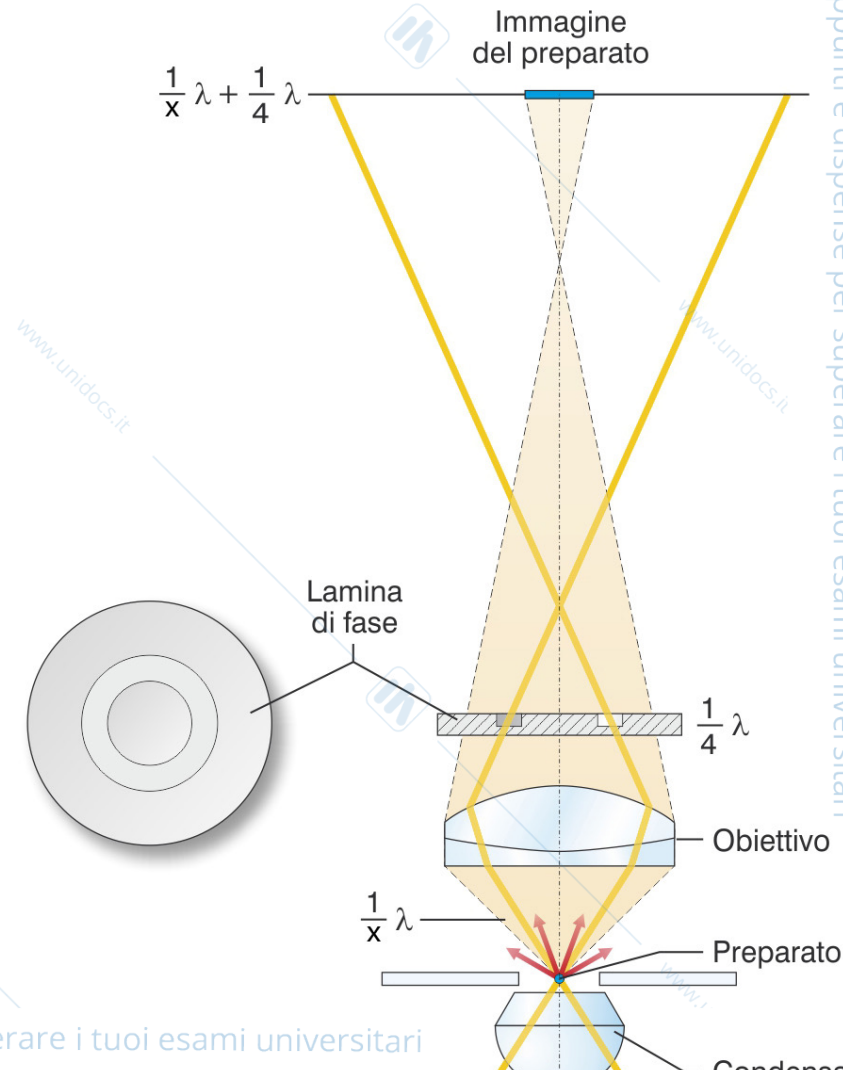
Immagine scura su fondo grigio con zone interne più o meno scure

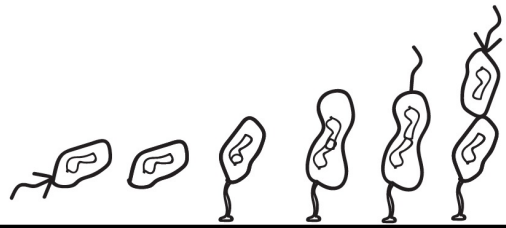


M.T. Madigan

PRINCIPIO: la luce passa attraverso un anello inserito nel condensatore (**DIAFRAMMA ANULARE/DIAFRAMMA DI FASE**) formando un cono cavo e attraverso uno speciale anello inserito nell'obiettivo (**ANELLO DI FASE/LAMINA**

Sviluppato per aumentare il contrasto tra cellule. Le cellule hanno un indice di rifrazione diverso e quindi deviano e ritardano parte dei raggi luminosi che attraversano.



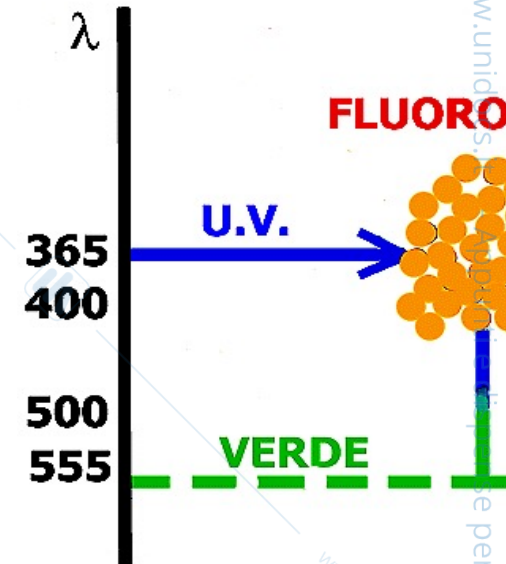


Microscopia a fluorescenza

I **FLUOROCROMI** sono sostanze che, colpite da una radiazione, in parte l'assorbono, in parte la restituiscono la radiazione emessa ha energia minore di quella che li ha colpiti, e quindi una lunghezza d'onda maggiore

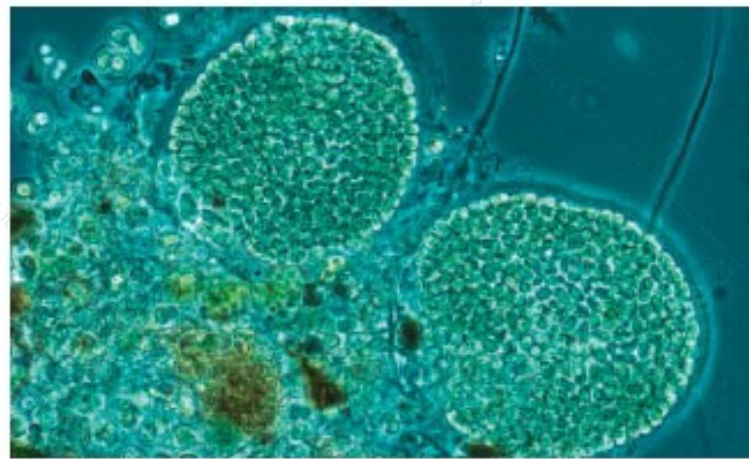
Se la radiazione incidente è U.V., cioè invisibile, oppure blu, la radiazione emessa è di solito visibile

Tale radiazione, che dura di solito finché dura l'eccitazione, è detta fluorescenza.



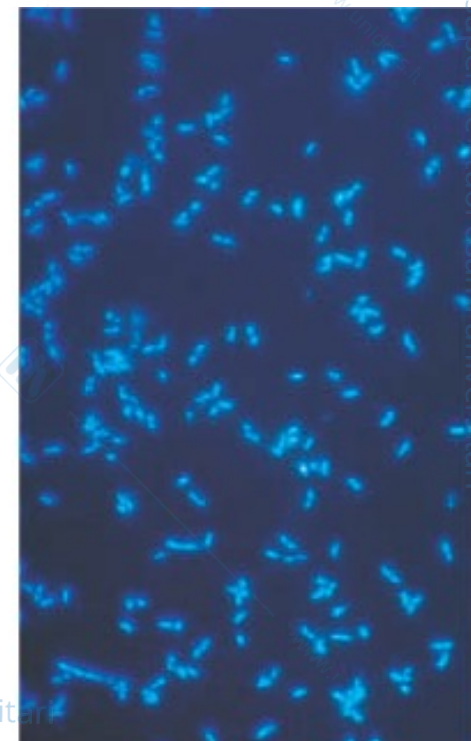
R. W. Castenholz

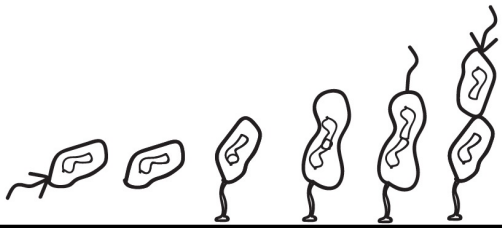
(a)



Daniel H. Buckley

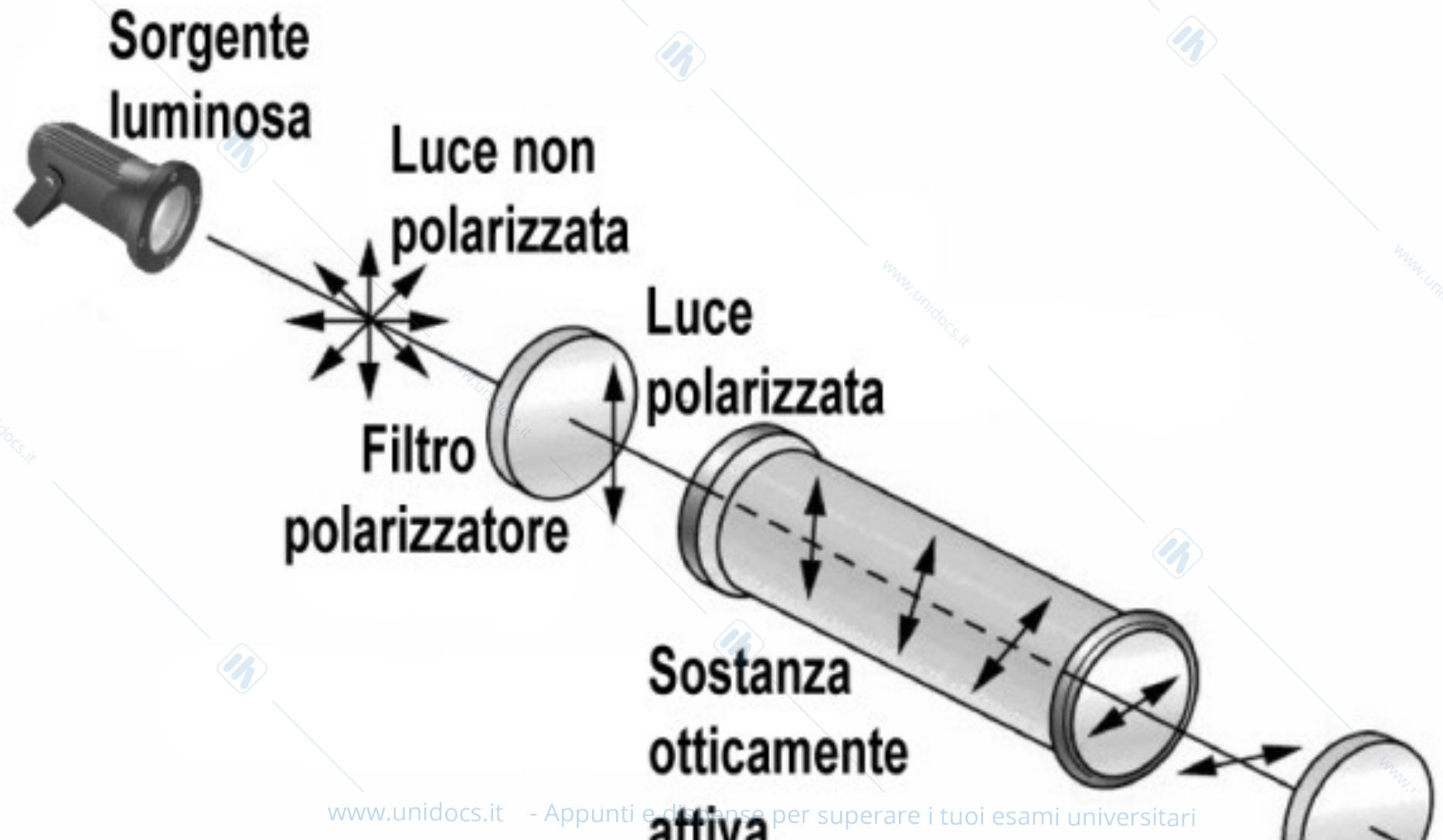
(c)

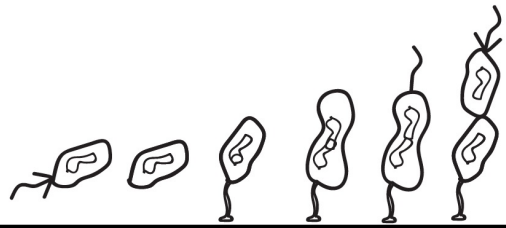




Microscopio a luce polarizzata

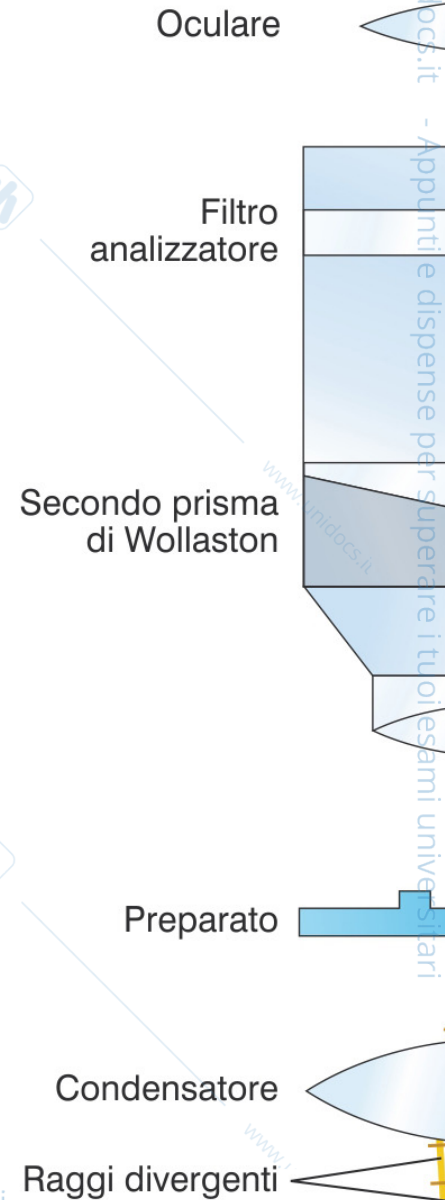
Sfrutta la luce polarizzata e consente di visualizzare strutture birifrangenti monorifrangenti





3D world

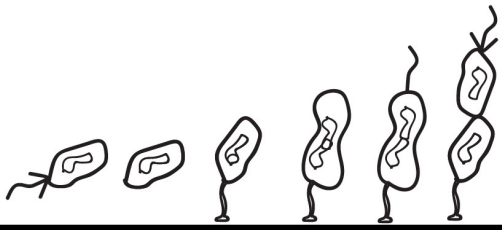
Microscopia interferenziale Nomarski (DIC): sfrutta la luce polarizzata scissa in due raggi divergenti tramite un prisma di Wollaston



www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

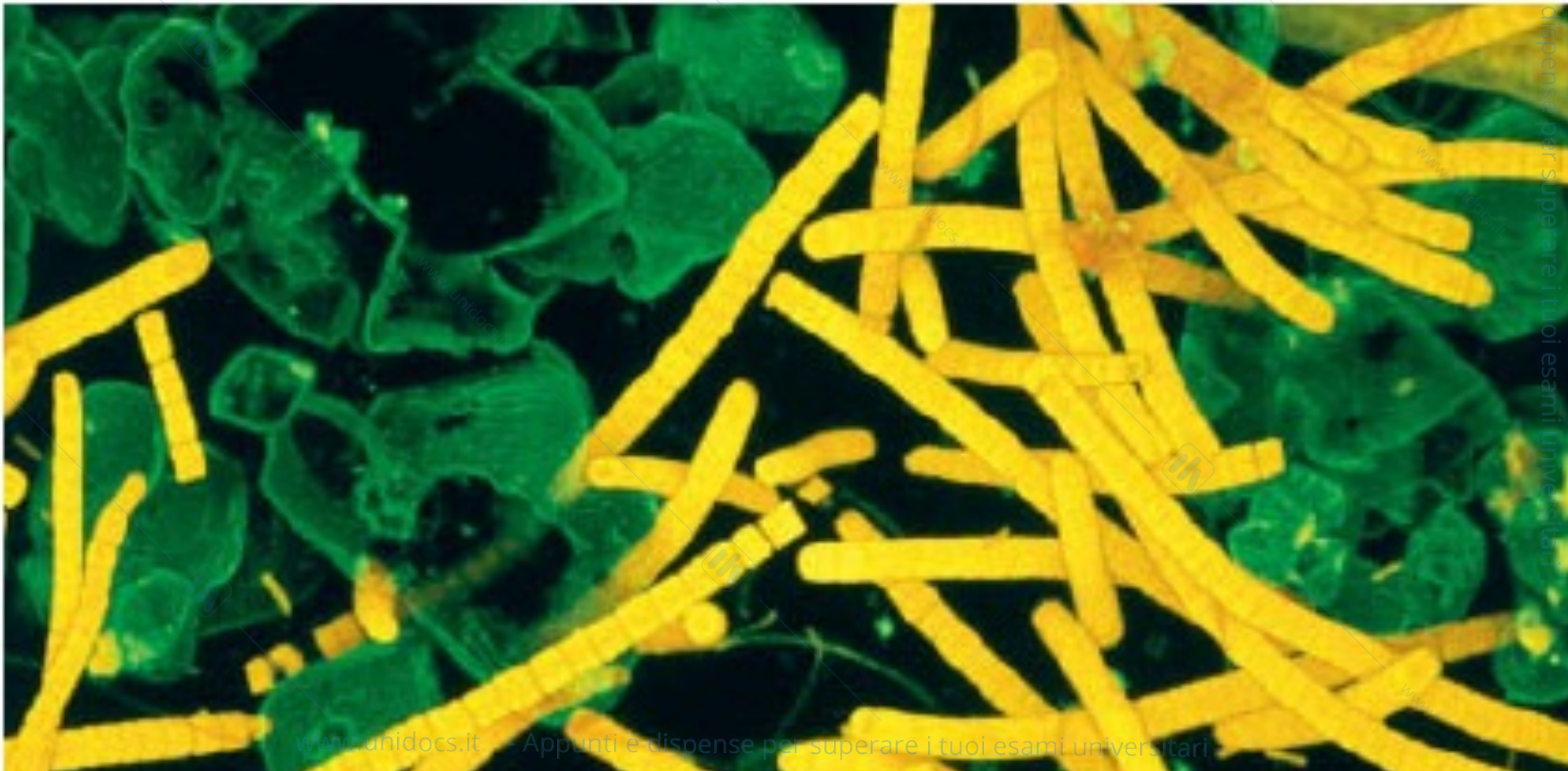
www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

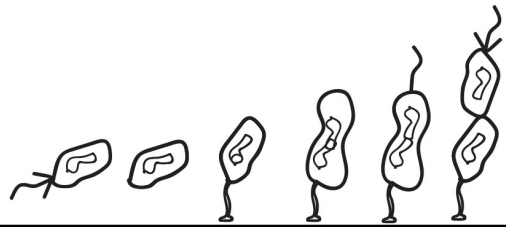
www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari



3D world

Microscopia confocale a scansione laser: utilizzo del laser come sorgente
ottenere immagini digitali; aggiustando il piano di fuoco del raggio si possono
evidenza sia le cellule sulla superficie dei biofilm che i vari strati



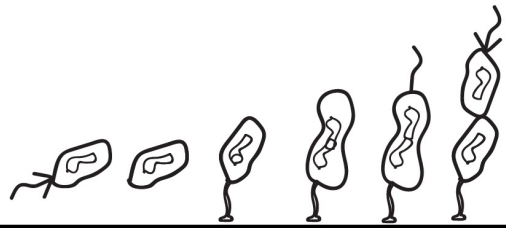


Osservazione in campo chiaro

Deciphering Microscope Objective Specifications



Standard	
Pol / DIC	
Ph 0 1 2 3	
	1.0/1.25
	2.5
	4/5
	6.3
	10
	16/20/25/32
	40/50
	63
	100/150



Microscopia elettronica

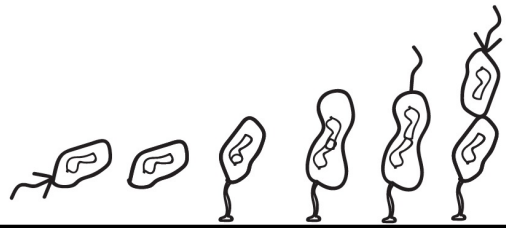
Impiegata per lo studio dei **dettagli strutturali** della cellula

Sfrutta al posto della luce un fascio di **elettroni**

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V}}$$

Il **potere di risoluzione** del ME è molto più **elevato** di quello ottico, può visualizzare anche strutture molecolari





Microscopia elettronica

Il **microscopio elettronico a trasmissione** (TEM) è usato per esaminare le strutture cellulari ad altissimo ingrandimento e risoluzione. Per visualizzare l'interno di una cellula, sono necessarie sezioni sottili della cellula, e le sezioni sono stabilizzate e colorate con varie sostanze chimiche per renderle visibili.

TEM > elettroni accelerati da una differenza di potenziale di 50-100 kV
HT-TEM (High tension – TEM) > 500 k – 2 milioni V

Il **microscopio elettronico a scansione** (SEM) viene utilizzato per visualizzare la struttura tridimensionale delle cellule. Nella microscopia elettronica a scansione, il campione è rivestito con una sottile pellicola di un metallo pesante, tipicamente oro, e un fascio di elettroni poi scorre avanti e indietro attraverso il campione.

Transmission electron microscopy (TEM)

Scanning electron microscopy (SEM)

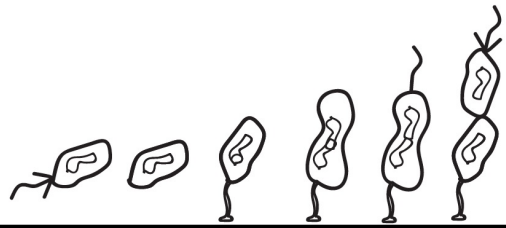


Cytoplasmic membrane

Septum

Cell wall

DNA (nucleoid)



Caratteristiche delle cellule

Tutti gli esseri viventi (unicellulari e pluricellulari) condividono alcune caratteristiche comuni

Forma base: sferica, cubica, cilindrica

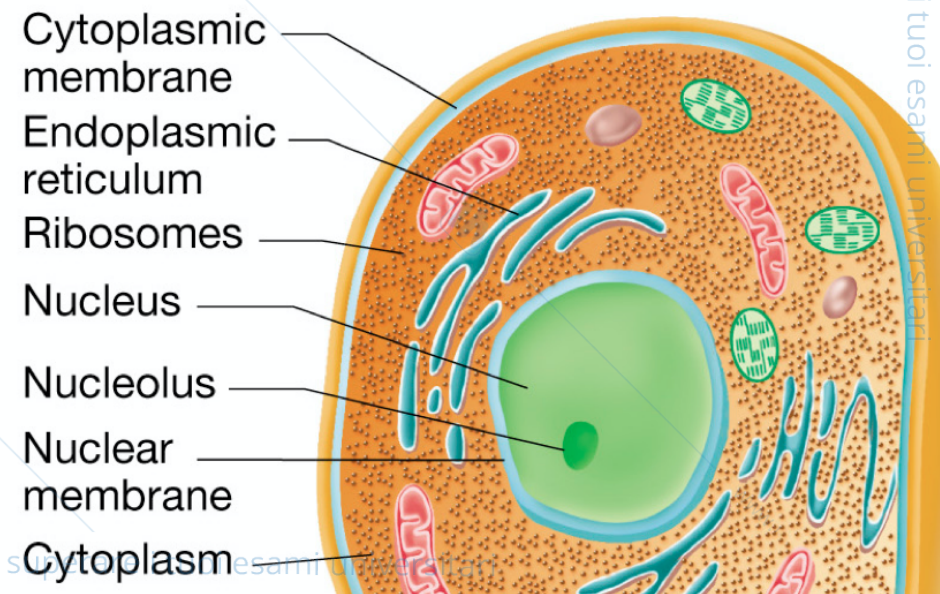
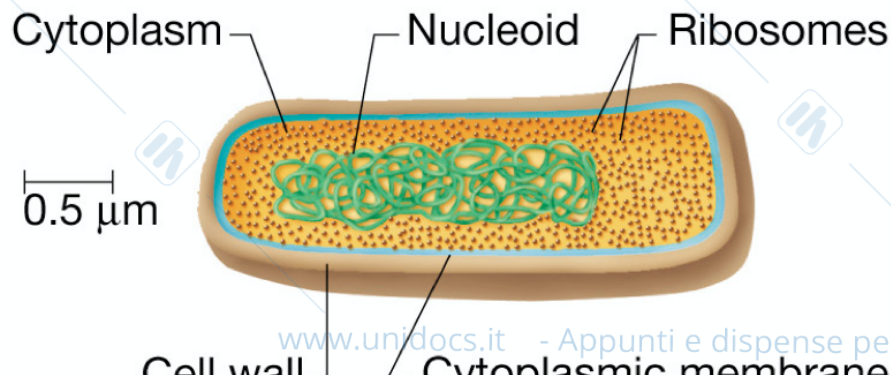
Contenuto interno - citoplasma, circondato da una membrana

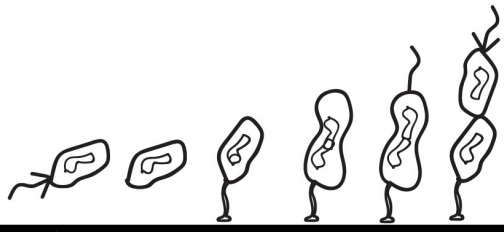
Cromosoma (i) di DNA, ribosomi, capacità metaboliche

Composte da almeno 4 componenti chimici: proteine, acidi nucleici, lipidi e polisaccaridi

Procarioti: batteri e archei

Eucarioti: animali, piante, funghi, protozoi e crocefalidi





Morfologia cellulare dei procarioti

Variano in forma e dimensione ma tipicamente ci sono tre forme

Cocco – sferico

Bacillo – Bastoncello

Coccobacillo – molto corti a gonfi

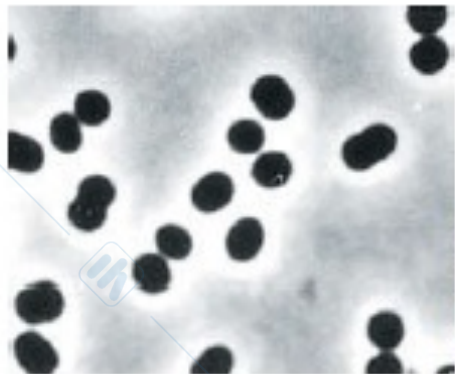
Vibrione – curvato

Spirillo – elicoidale, a virgola, bastoncello arrotolato

Spirochete – a molla



Coccus
(cocci)



Norbert Pfennig



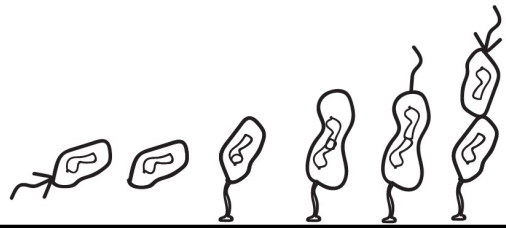
Rod
(rods)



Norbert Pfennig



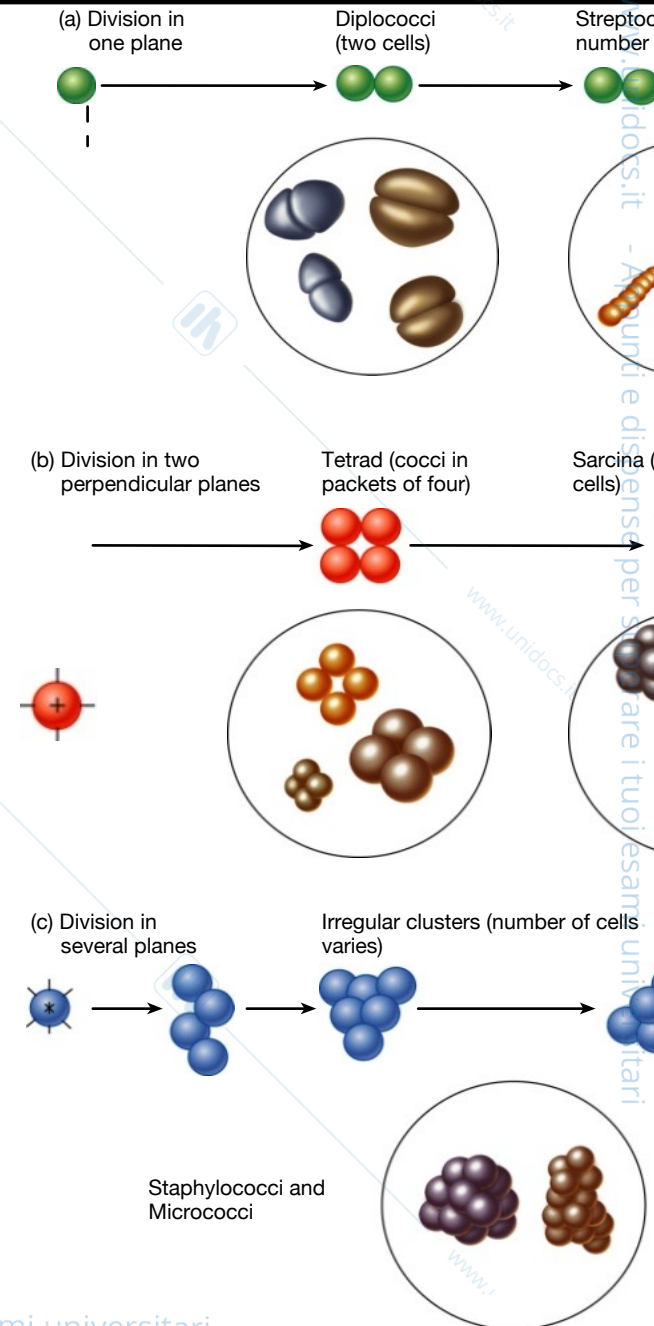
Spirillum
(spirilla)

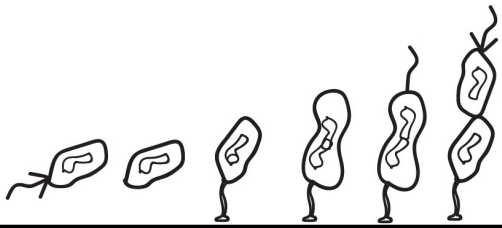


Morfologia cellulare dei procarioti

La disposizione delle cellule dipende dal **modello di divisione** e da come le cellule rimangono attaccate dopo la divisione:

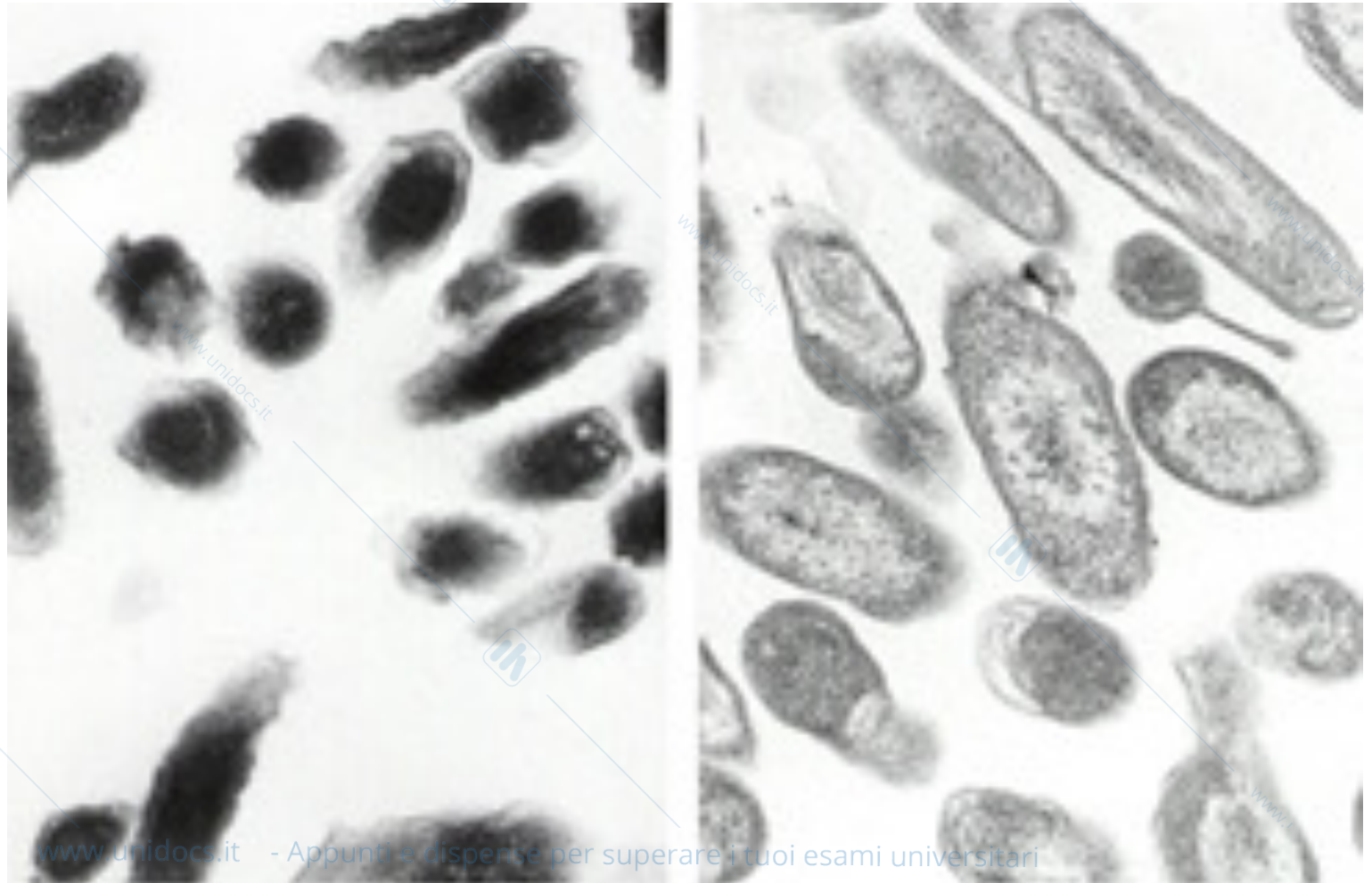
- **Cocchi:**
 - Singoli
 - Diplococchi – a coppie
 - Tetradi – gruppi di 4
 - Cluster irregolari
 - Catenelle
 - Pacchetti cubici (*Sarcina*)
- **Bacilli:**
 - Diplobacilli
 - Catenelle
 - Palisades

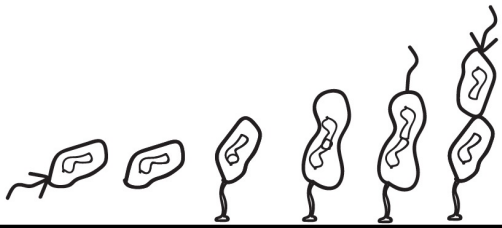




Pleomorfismo

Variazione della morfologia cellulare o delle dimensioni di specie - spesso in seguito ad una risposta alle condizioni ambientali

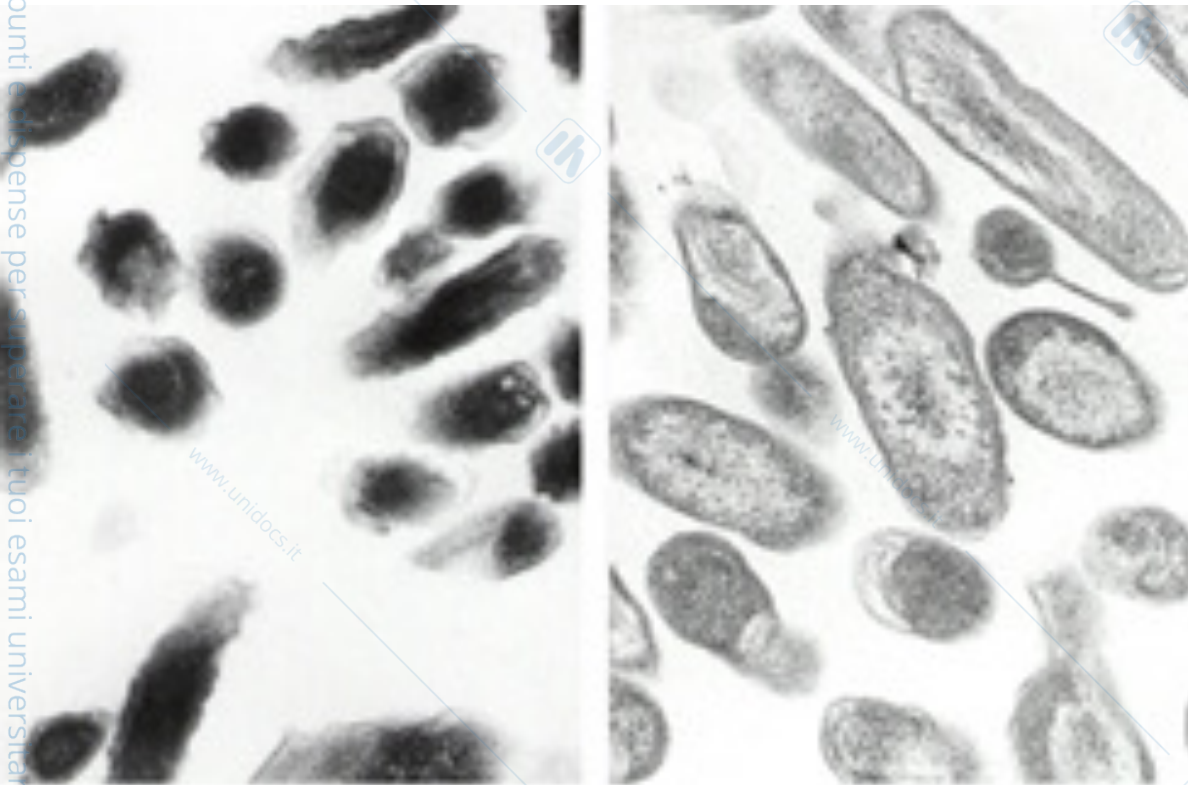




Pleomorfismo

La febbre Q è una malattia infettiva contagiosa causata da *Coxiella burnetii*, un batterio intracellulare obbligato

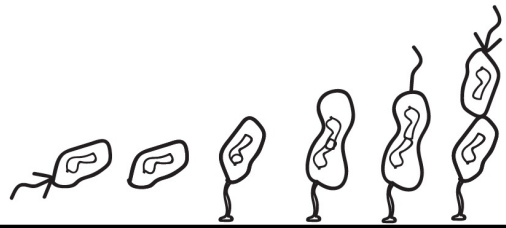
C. burnetii è un cocco-bacillo di piccole dimensioni (0.2–0.4 μm larghezza, 0.5–1.5 μm lunghezza) e ha un ciclo di vita intracellulare che coinvolge 3 distinte varianti: “large cell variant” (LCV), “small-cell variant” (SCV) e “small dense cell” (SDC)



SCV

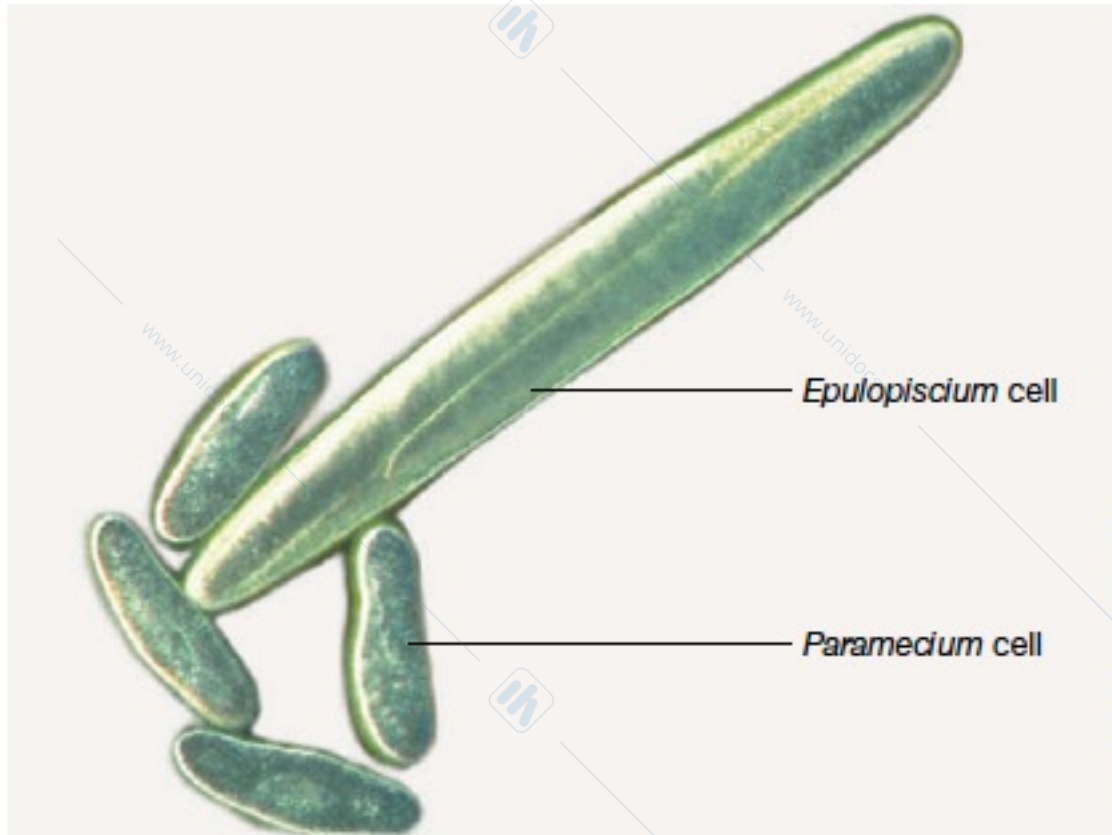
LCV

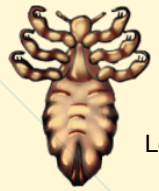
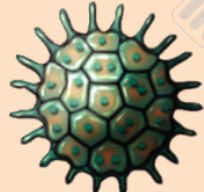













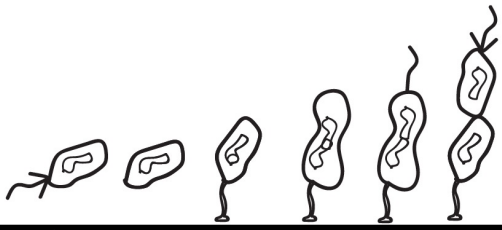
Dimensioni dei microrganismi

Le cellule di Batteri e Archaea hanno dimensioni variabili da un diametro di circa 0,2 micron (μm) a quelle di diametro superiore a 700 μm



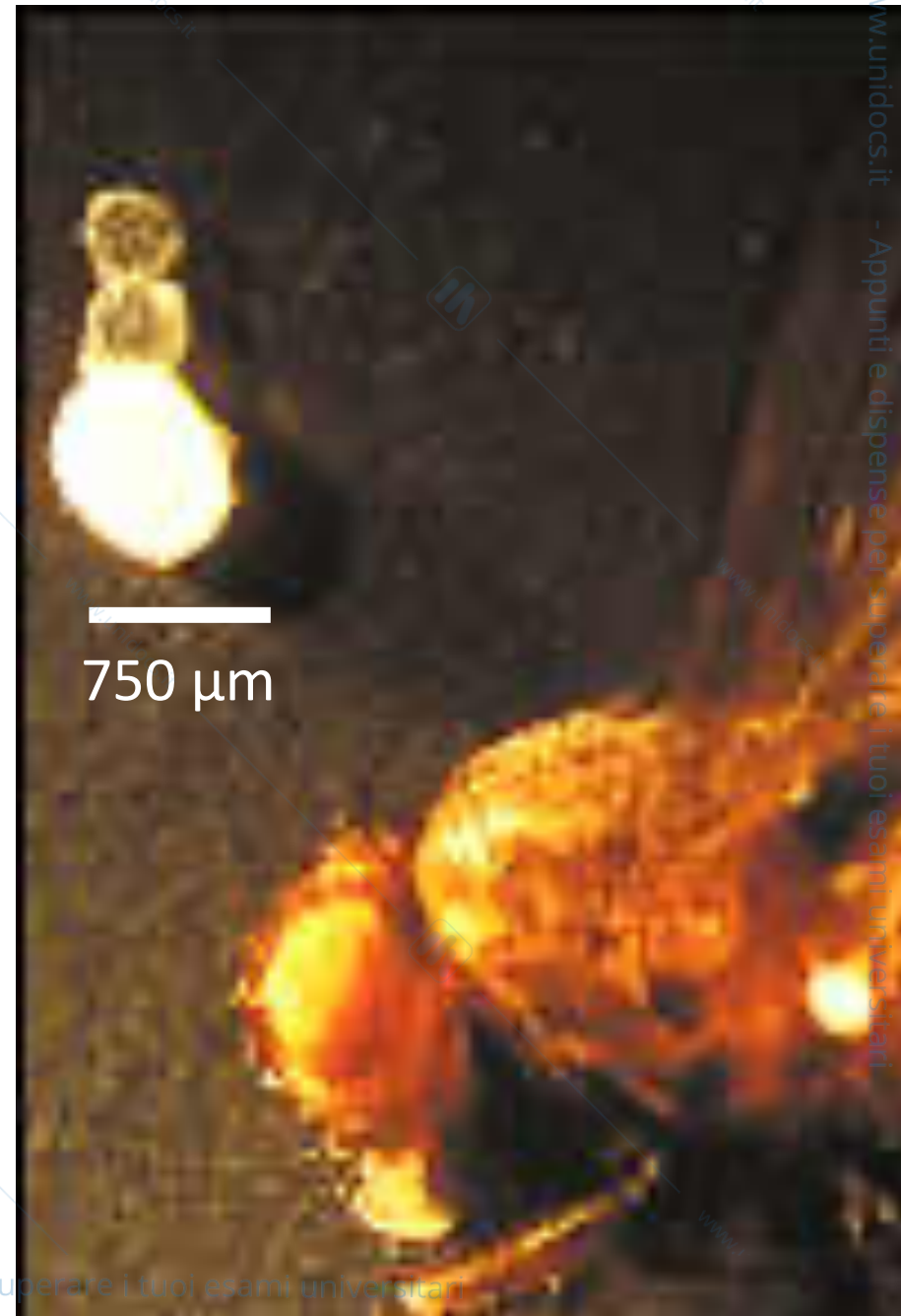
1 mm		Louse	Reproductive struct of bread mold
Range of human eye			
100 μm		Colonial alga (<i>Pediastrum</i>)	Nucleus
Range of light microscope		Red blood cell	White blood cell
10 μm		Most bacteria fall between 1 to 10 μm in size	
1 μm		<i>Rickettsia</i> bacteria	Rod-shaped bacteria (<i>Escherichia coli</i>)
Range of electron microscope		<i>Mycoplasma</i> bacteria	Poxvirus
200 nm		AIDS virus	Hepatitis virus
100 nm		Poliovirus	
10 nm		Flagellum	
		Large protein	
		Diameter of DNA	
1 nm			
Require special microscopes		Amino acid (small molecule)	

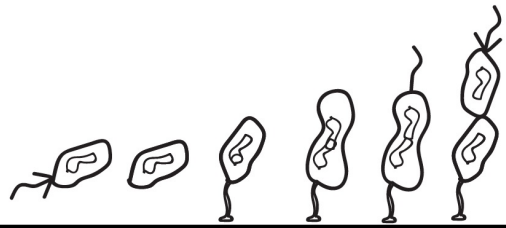
Esther R. Angert, Harvard University



Dimensioni dei microrganismi

Thiomargarita namibiensis è il più grande batterio mai scoperto. Fu trovato su un fondale oceanico a largo della Namibia





Dimensioni dei microrganismi

Cellule piccole hanno una maggiore superficie rispetto al volume cellulare e un rapporto superficie-volume più elevato rispetto a cellule più grandi (S / V)

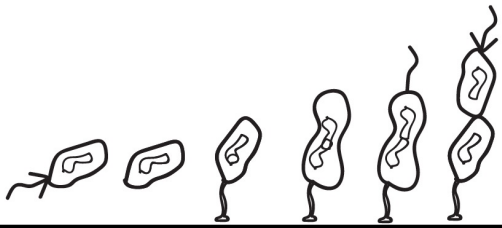
Il rapporto S / V di una cellula controlla molte delle sue proprietà, incluso il tasso di crescita e l'evoluzione



$r = 1 \mu\text{m}$
Surface area ($4\pi r^2$) = $12.6 \mu\text{m}^2$
Volume ($\frac{4}{3}\pi r^3$) = $4.2 \mu\text{m}^3$
 $\frac{\text{Surface}}{\text{Volume}} = 3$



$r = 2 \mu\text{m}$
Surface area = $50.3 \mu\text{m}^2$
Volume = $33.5 \mu\text{m}^3$
 $\frac{\text{Surface}}{\text{Volume}} = 1.5$



Ultramicro-batteri

Limite minimo estremo delle dimensioni cellulari
0,15-0,2 μm

Isolati spesso da **ambienti oligotrofi**

Volume pari a 1/100 del volume di *E. coli*

Genoma piccolo, minore di 1 Mb

Non appartengono ai principali phyla batterici

Assenza di alcune vie metaboliche fondamentali

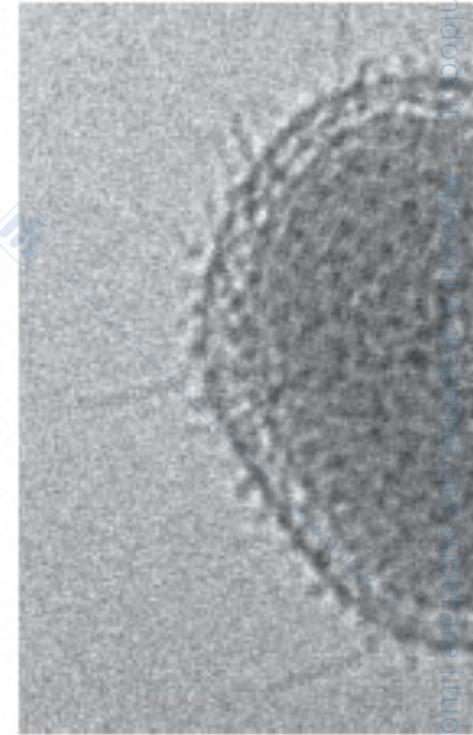


TABLE 2.1 Cell size and volume of some cells of *Bacteria*, from the largest to the smallest

Organism	Characteristics	Morphology	Size ^a (μm) ³	Cell volume (μm) ³	Volumes compared to <i>E. coli</i>
<i>Thiomargarita namibiensis</i>	Sulfur chemolithotroph	Cocci in chains	750	200,000,000	100,000,000×
<i>Epulopiscium fishelsoni</i> ^b	Chemoorganotroph	Rods with tapered ends	80 × 600	3,000,000	1,500,000×
<i>Beggiatoa species</i> ^a	Sulfur chemolithotroph	Filaments	50 × 160	1,000,000	500,000×
<i>Achromatium oxaliferum</i>	Sulfur chemolithotroph	Cocci	35 × 95	80,000	40,000×
<i>Lyngbya majuscula</i>	Cyanobacterium	Filaments	8 × 80	40,000	20,000×
<i>Thiovulum maius</i>	Sulfur chemolithotroph	Cocci	18	3,000	1,500×



