

Perché studiare Microbiologia è fondamentale?

I microrganismi influenzano salute, ambiente, società e innovazione

SALUTE

Comprendere patogeni, microbiota e risposta dell'ospite per prevenire, diagnosticare e trattare le malattie.

AMBIENTE & ONE HEALTH

I microrganismi regolano cicli biogeochimici e connettono salute umana, animale ed ecosistemi.



ANTIMICROBICO-RESISTENZA

Affrontare una delle principali minacce sanitarie globali attraverso sorveglianza, prevenzione e nuove strategie terapeutiche.

BIOTECNOLOGIE & FUTURO

Dai vaccini ai vettori virali, dalla CRISPR alla bioproduzione: i microbi sono strumenti di innovazione.

Studiare i microrganismi significa comprendere sistemi invisibili che determinano il nostro presente e possono trasformare il nostro futuro.

I microrganismi sono all'ordine del giorno — e non sono solo nemici

Esempi dalla cronaca e dalla divulgazione scientifica • settembre 2026

MICRORGANISMI COME MINACCIA

19 SET 2026

Salmonella nelle scuole del Bresciano

117 casi sintomatici; 13 bambini ricoverati. Un esempio immediato di microbiologia degli alimenti e sanità pubblica.

19 SET 2026

West Nile virus in Italia

>650 infezioni riportate nel 2026: vettori, clima, sorveglianza epidemiologica e malattie emergenti.

17 SET 2026

Dengue autoctona in Italia

37 casi acquisiti localmente; cluster attivi in Toscana, Puglia e Lombardia.

MICRORGANISMI COME RISORSA

21 SET 2026

Batteri ingegnerizzati per proteggere la fauna

Batteri cutanei modificati per aumentare la resistenza degli anfibi alle infezioni fungine da chytrid.

17 SET 2026

Un batterio del kimchi contro le nanoplastiche

Un batterio lattico lega nanoplastiche in condizioni intestinali e ne aumenta l'eliminazione in modelli murini.

3 SET 2026

Microbi ingegnerizzati per proteggere le colture

Biotecnologie microbiche mirate contro patogeni e parassiti, con l'obiettivo di ridurre i pesticidi chimici.

Studiare Microbiologia significa capire le minacce infettive, ma anche imparare a sfruttare il potenziale dei microrganismi.

INTRODUZIONE ALLA MICROBIOLOGIA

Storia e scopo della Microbiologia

INTRODUZIONE ALLA MICROBIOLOGIA

- La Microbiologia è la scienza che studia i microbi, organismi troppo piccoli per essere visualizzati a occhio nudo (organismi microscopici), e le loro attività
- Ha per oggetto lo studio dei microrganismi in quanto tali: forma, struttura, riproduzione, fisiologia, metabolismo e identificazione

INTRODUZIONE ALLA MICROBIOLOGIA

- La Microbiologia è la scienza che studia i microbi, organismi troppo piccoli per essere visti a occhio nudo (organismi microscopici), e la loro attività
- Ha per oggetto lo studio dei microrganismi in quanto tali: forma, struttura, riproduzione, fisiologia, metabolismo e identificazione
- Comprende lo studio delle attività microbiche che interessano l'uomo:
la *distribuzione* dei microrganismi in natura, delle *relazioni* tra loro e con gli altri esseri viventi, degli *effetti benefici e dannosi* che hanno sugli esseri umani, delle *modificazioni fisiche e chimiche* che provocano nel loro ambiente (microbiologia ambientale, medica, agraria, industriale, alimentare, veterinaria..)

Che cosa sono i microrganismi?

Tra i microrganismi sono compresi:

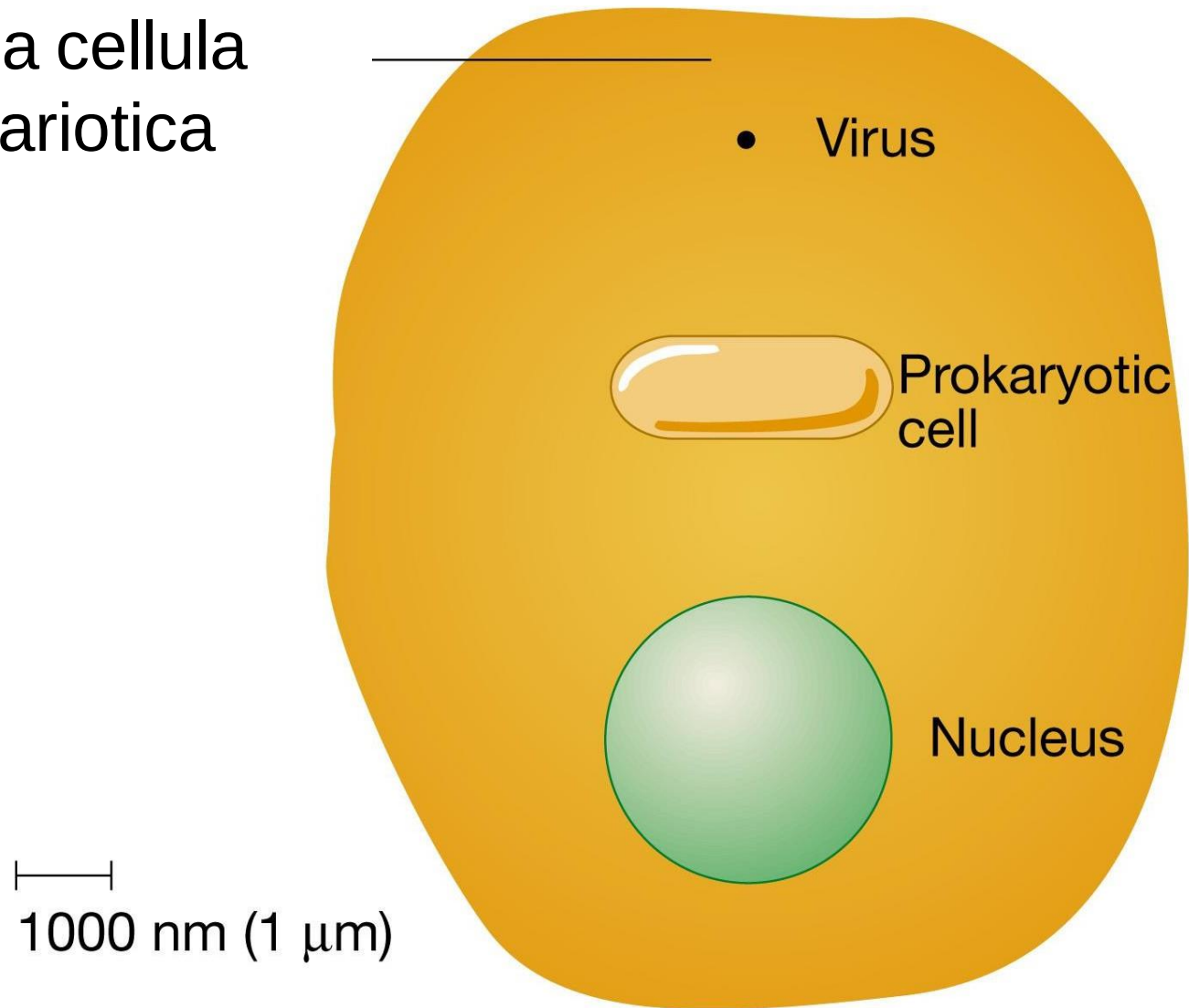
- batteri (o. procarioti)
- alcuni eucarioti microscopici (funghi o protozoi)
- alcuni tipi di alghe
- normalmente unicellulari, di piccole dimensioni e **visibili solo al microscopio**
- Ma anche microrganismi che non hanno organizzazione cellulare, *parassiti intracellulari obbligati* e che, tecnicamente, potrebbero essere considerati “non viventi” (mancano di organizzazione cellulare): **→ VIRUS**

Microrganismi

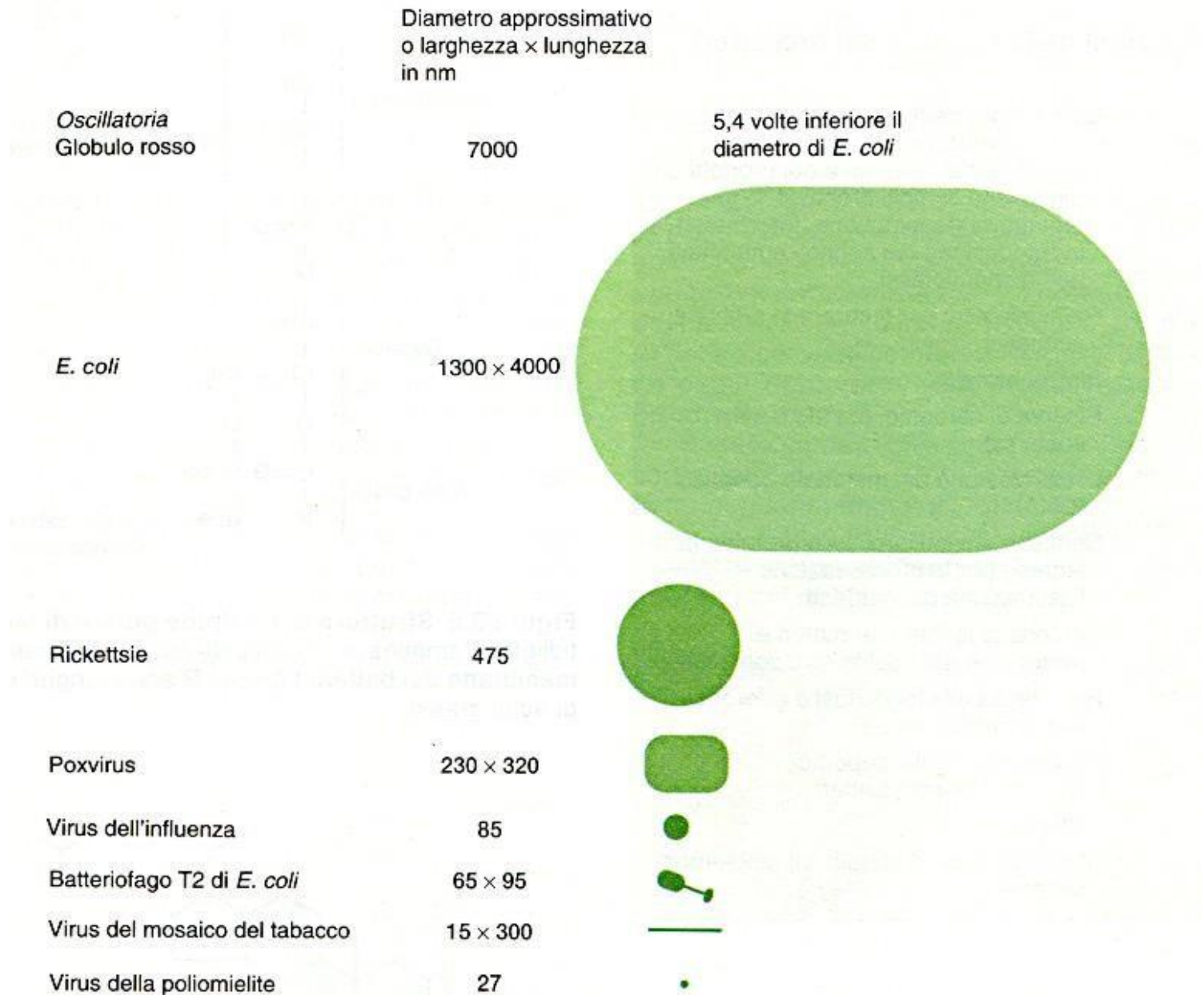
- Microrganismi eucariotici:
 - Alghe
 - Protozoi
 - Miceti microscopici (lieviti e muffe)
- Microrganismi procariotici:
 - Batteri
- Virus

Eucarioti e procarioti: dimensioni

Tipica cellula
eucariotica



Dimensioni dei batteri e dei virus



L'importanza dei microrganismi

- **essenziali per la vita** (fondamentali per l'equilibrio biologico sulla terra: necessari per i cicli geochimici e la fertilizzazione del suolo) (riciclano fattori nutritivi, zolfo e fosforo che possono essere usati dalle piante e dagli animali)

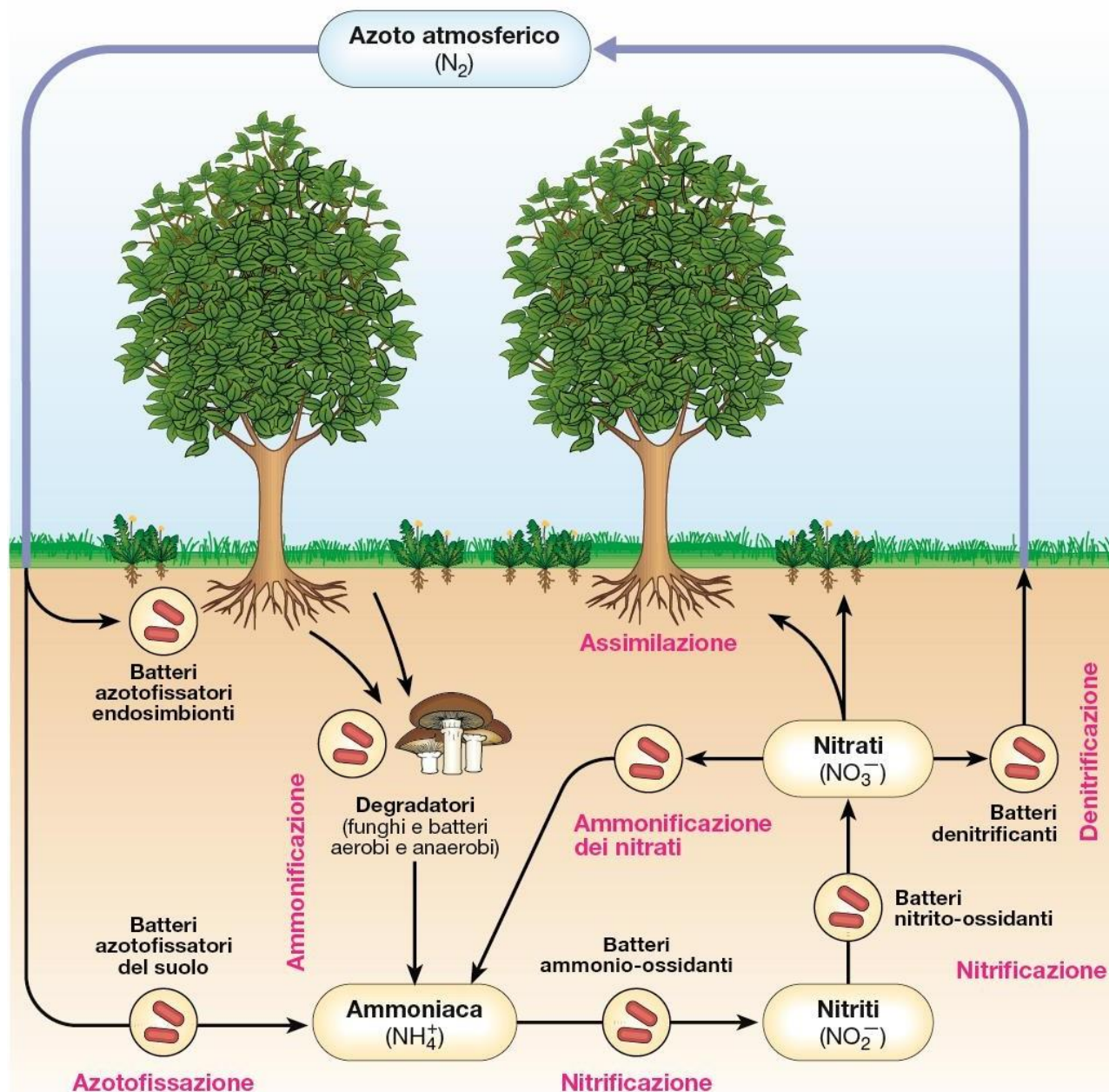


Figura 25.12 IL CICLO DELL'AZOTO NEL SUOLO.

L'importanza dei microrganismi

- **essenziali per la vita** (fondamentali per l'equilibrio biologico sulla terra: necessari per i cicli geochimici e la fertilizzazione del suolo)
- **causa di malattie** che colpiscono il regno vegetale ed animale

L'importanza dei microrganismi

- **essenziali per la vita** (fondamentali per l'equilibrio biologico sulla terra: necessari per i cicli geochimici e la fertilizzazione del suolo)
- **causa di malattie** che colpiscono il regno vegetale ed animale
- utilizzati come **modelli sperimentali** per lo studio della genetica molecolare e della fisiologia cellulare

L'importanza dei microrganismi

- **essenziali per la vita** (fondamentali per l'equilibrio biologico sulla terra: necessari per i cicli geochimici e la fertilizzazione del suolo)
- **causa di malattie** che colpiscono il regno vegetale ed animale
- utilizzati come **modelli sperimentali** per lo studio della genetica molecolare e della fisiologia cellulare
- **causa di degradazione degli alimenti**

L'importanza dei microrganismi

- **essenziali per la vita** (fondamentali per l'equilibrio biologico sulla terra: necessari per i cicli geochimici e la fertilizzazione del suolo)
- **causa di malattie** che colpiscono il regno vegetale ed animale
- utilizzati come **modelli sperimentali** per lo studio della genetica molecolare e della fisiologia cellulare
- **causa di degradazione degli alimenti**
- utilizzati come **→ biomassa** e **produttori di sostanze utili all'uomo** (farmaci, vaccini, vitamine ed altre molecole per uso industriale); **→ vettori** per trasferimento ed espressione di transgeni (vaccini, terapia genica)

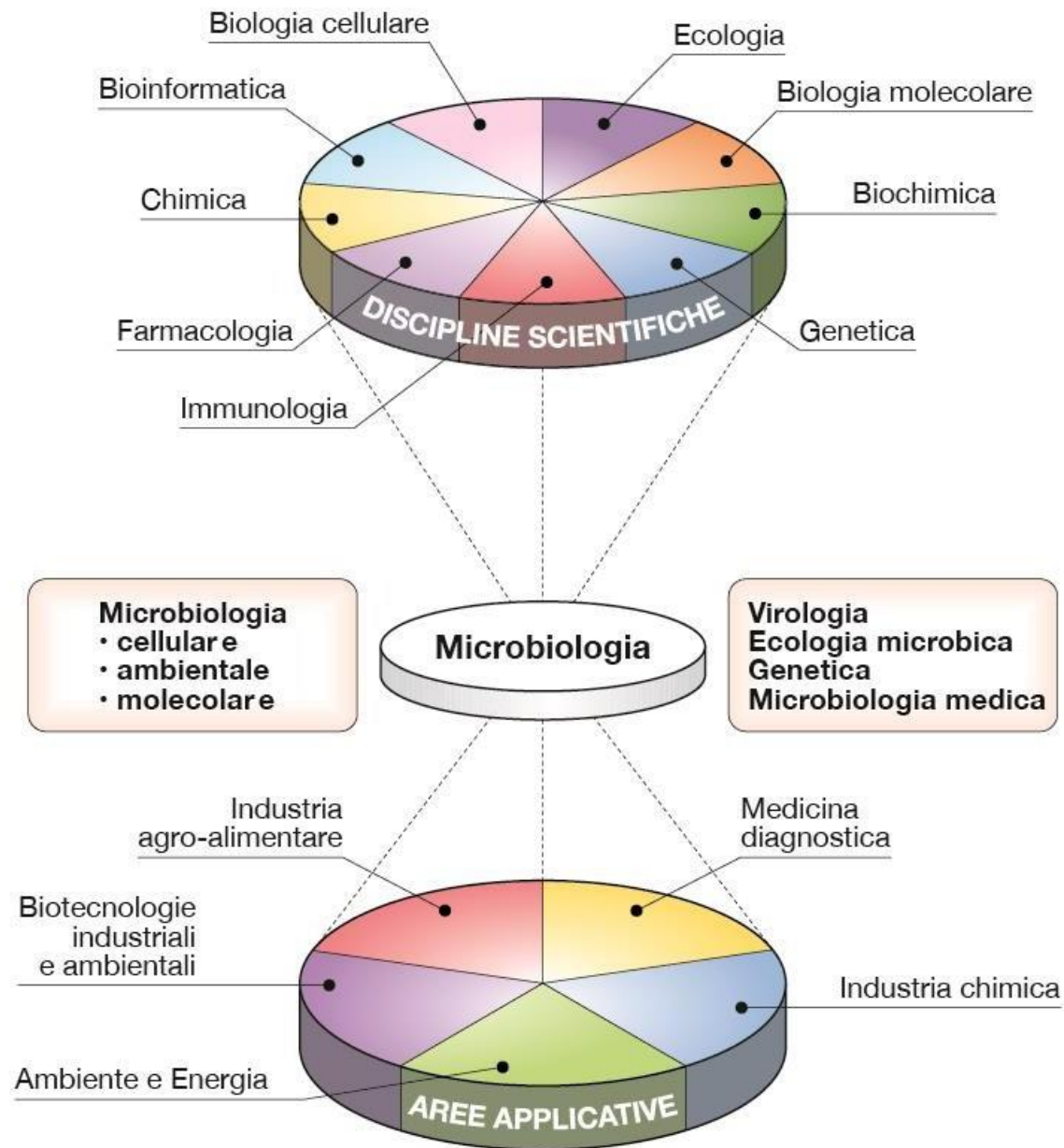


Figura 1.20 LA MICROBIOLOGIA E LE ALTRE DISCIPLINE SCIENTIFICHE.

DIBATTITO SULL' ORIGINE DELLA VITA

Generazione spontanea (abiogenesi) o Biogenesi

L'ipotesi che i **microrganismi viventi** derivino **dalla materia inorganica** è detta “**generazione spontanea**”. Secondo questa ipotesi una “**forza vitale**” forma la vita

L'ipotesi alternativa, che ha come principio che i microrganismi viventi derivino **da una vita pre-esistente**, si chiama “**biogenesi**”

DIBATTITO SULL' ORIGINE DELLA VITA

Generazione spontanea (abiogenesi) o Biogenesi?

Aristotele (384-322 a.C.) pensava che gli animali potessero originarsi spontaneamente dalle piante e dal terreno

Fino al XVII secolo si pensava che gli *organismi viventi* potessero *generarsi spontaneamente* dalla materia in decomposizione (*abiogenesi*)

I microrganismi *non si originano spontaneamente* dalla materia inanimata, *ma derivano da altri microrganismi (biogenesi)*



ORIGINE DELLA VITA

Generazione spontanea o Biogenesi

?

Esperimenti di **Francesco Redi** (1665)

Molti ritenevano che la *carne esposta all'aria*
generasse larve di insetti

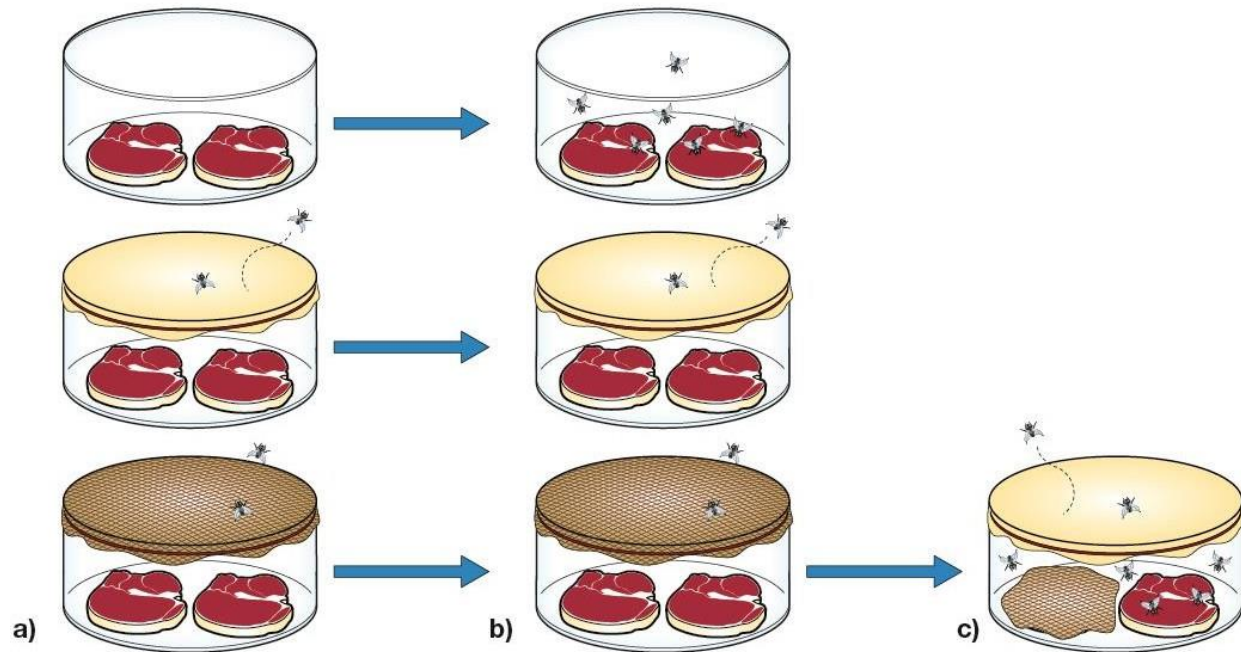
Redi dimostrò con un semplice esperimento l'**assurdità**
dell'assunto secondo il quale le **larve si sviluppano sulla**
carne in decomposizione

ORIGINE DELLA VITA

Generazione spontanea o Biogenesi

da dove vengono le larve ?

Esperimenti di **Francesco Redi** (1665):



Risultati:

giare aperte ➡ **Comparsa di larve**

giare coperte con una garza ➡ **Nessuna larva**

ORIGINE DELLA VITA

Generazione spontanea o Biogenesi

da dove vengono le larve?

Esperimenti di **Francesco Redi** (1665):

In presenza della garza, nessun insetto poteva penetrare all'interno della giara → dimostra che lo sviluppo di larve si verificava solo dove potevano arrivare le mosche



confutazione della teoria della *generazione spontanea*

Convinse per la biogenesi di insetti, ma non per quella dei microrganismi

LA SCOPERTA DEL MONDO MICROBICO

Anton van Leeuwenhoek (1632-1723)



Era un **commerciante di tessuti olandese** con la passione delle lenti di ingrandimento

L'inizio delle sue osservazioni coincide con la fondazione della **Royal Society** il cui scopo era la diffusione e la pubblicazione dei lavori scientifici

Fu il primo a descrivere i batteri !

IL MICROSCOPIO

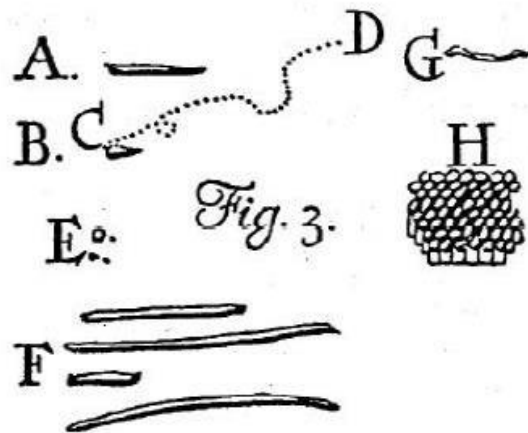
1. Lente tra due piastre metalliche
2. Messa a fuoco mediante viti
3. Osservazione con lo strumento vicino all'occhio
4. 50-300 ingrandimenti

Da una lettera di
A. Van Leeuwenhoek



Anton van Leeuwenhoek scopre gli **animalcules** (1676) e la loro incredibile abbondanza

Le sue ricerche portarono un intero mondo invisibile alla consapevolezza degli scienziati dell'epoca



CONTROVERSIA SULLA GENERAZIONE SPONTANEA

*Si innescò un dibattito sull'origine degli “animalcules”, che si prolungò **per circa due secoli**, inserendosi nella discussione sulla teoria della generazione spontanea*

Qual è l'origine degli *animalcules* ?

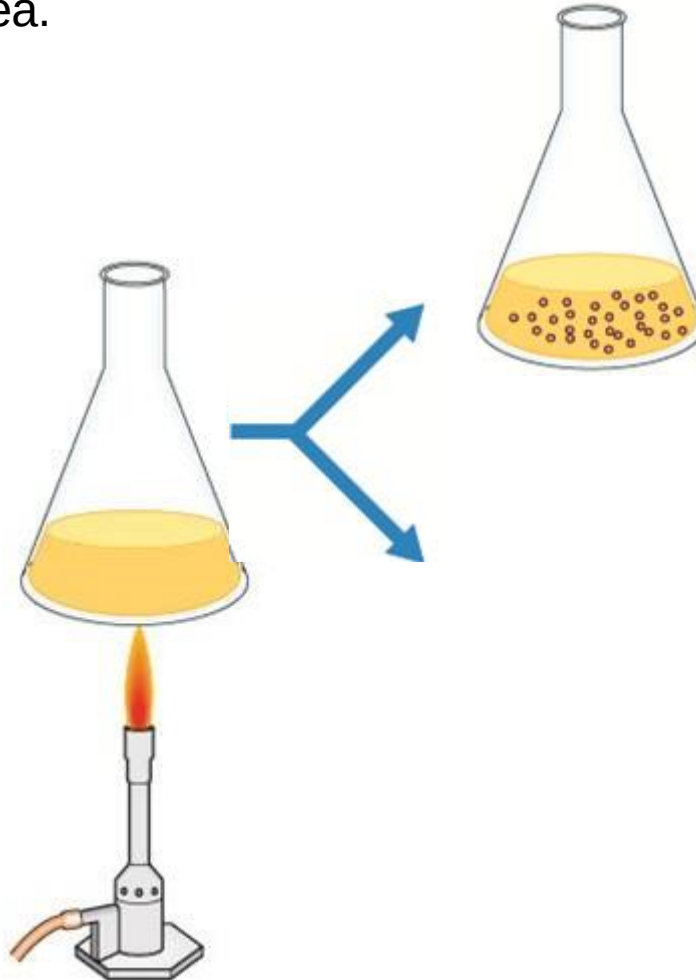
- si formano spontaneamente da materia organica, inerte?

OPPURE

- si formano da semi o germi sempre presenti nell'aria deposti da altri *animalcules*?

Generazione spontanea o Biogenesi

John Needham (1713-1781) nel 1749 rese noti i risultati dei suoi esperimenti: sottopone a **bollitura** (**sterilizzazione per riscaldamento, per uccidere tutte le forme di vita**), **per un breve periodo di tempo**, **brodo di montone** contenuto in un matraccio di vetro: con il tempo, il brodo si intorbidiva: i risultati erano a favore della teoria della generazione spontanea.



Lazzaro Spallanzani nel 1776 dimostra che il brodo restava sterile solo se il recipiente veniva sigillato **prima** di essere sottoposto a bollitura: gli *animalcules* quindi penetrano negli infusi attraverso l'aria

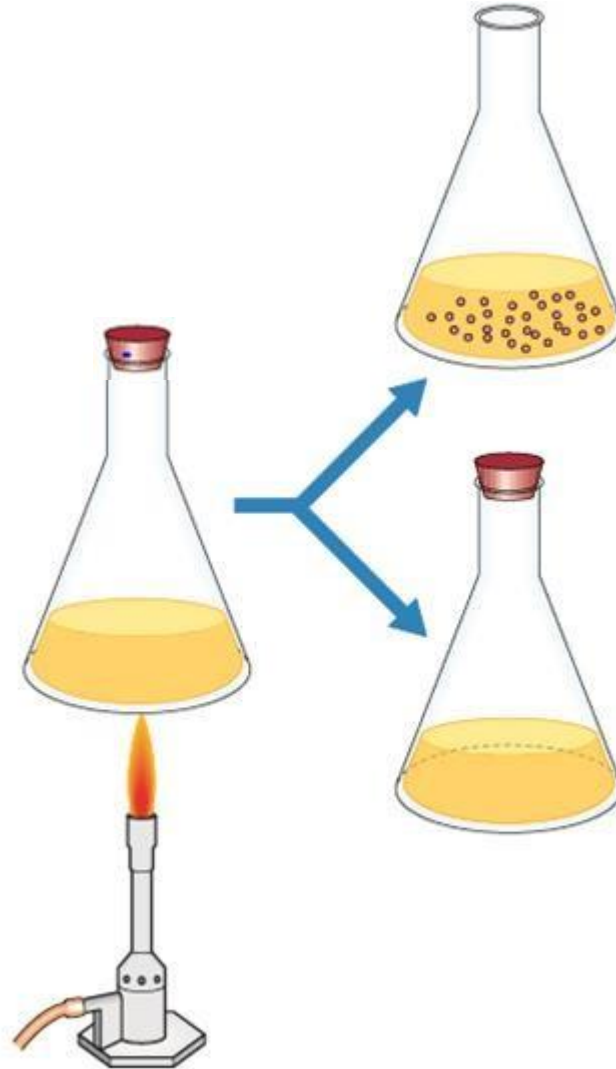


Figura 1.12 L'ESPERIMENTO DI SPALLANZANI.

Generazione spontanea o Biogenesi

Quando in seguito Joseph Priestly dimostrò che **l'ossigeno è necessario alla vita**, i sostenitori della *teoria abiotica* obiettarono che nelle fiasche sigillate da Spallanzani il calore doveva aver alterato l'ossigeno nel brodo impedendo lo sviluppo spontaneo dei microrganismi



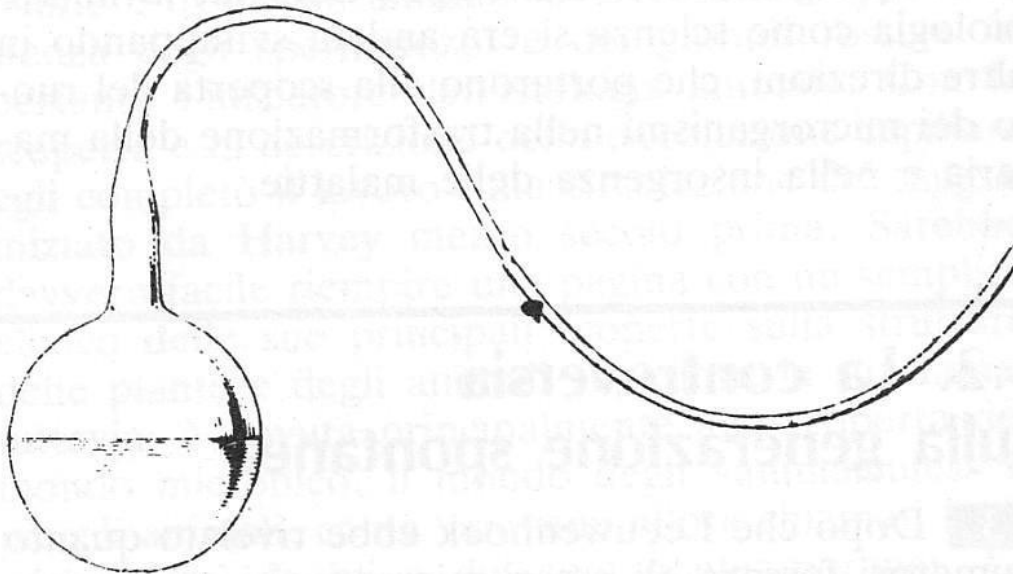
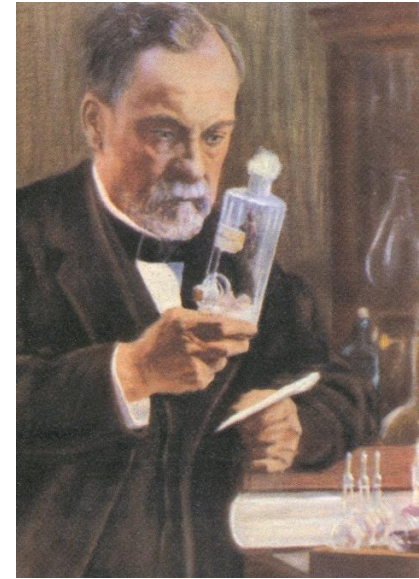
Critica dei difensori della generazione spontanea:
in assenza di ossigeno la vita non si sviluppa!

1796 Jenner e la prima vaccinazione!

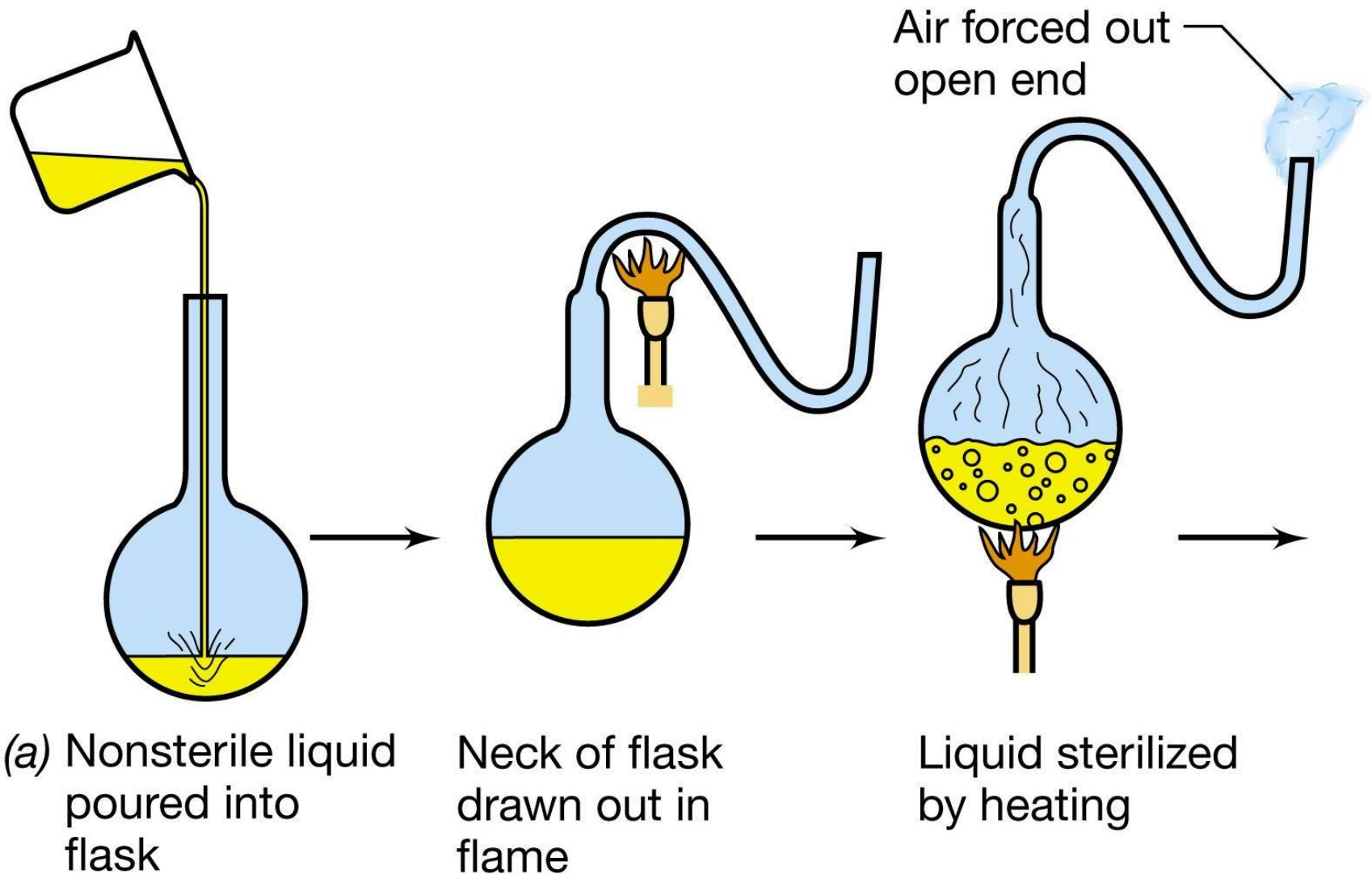


GLI ESPERIMENTI DI PASTEUR

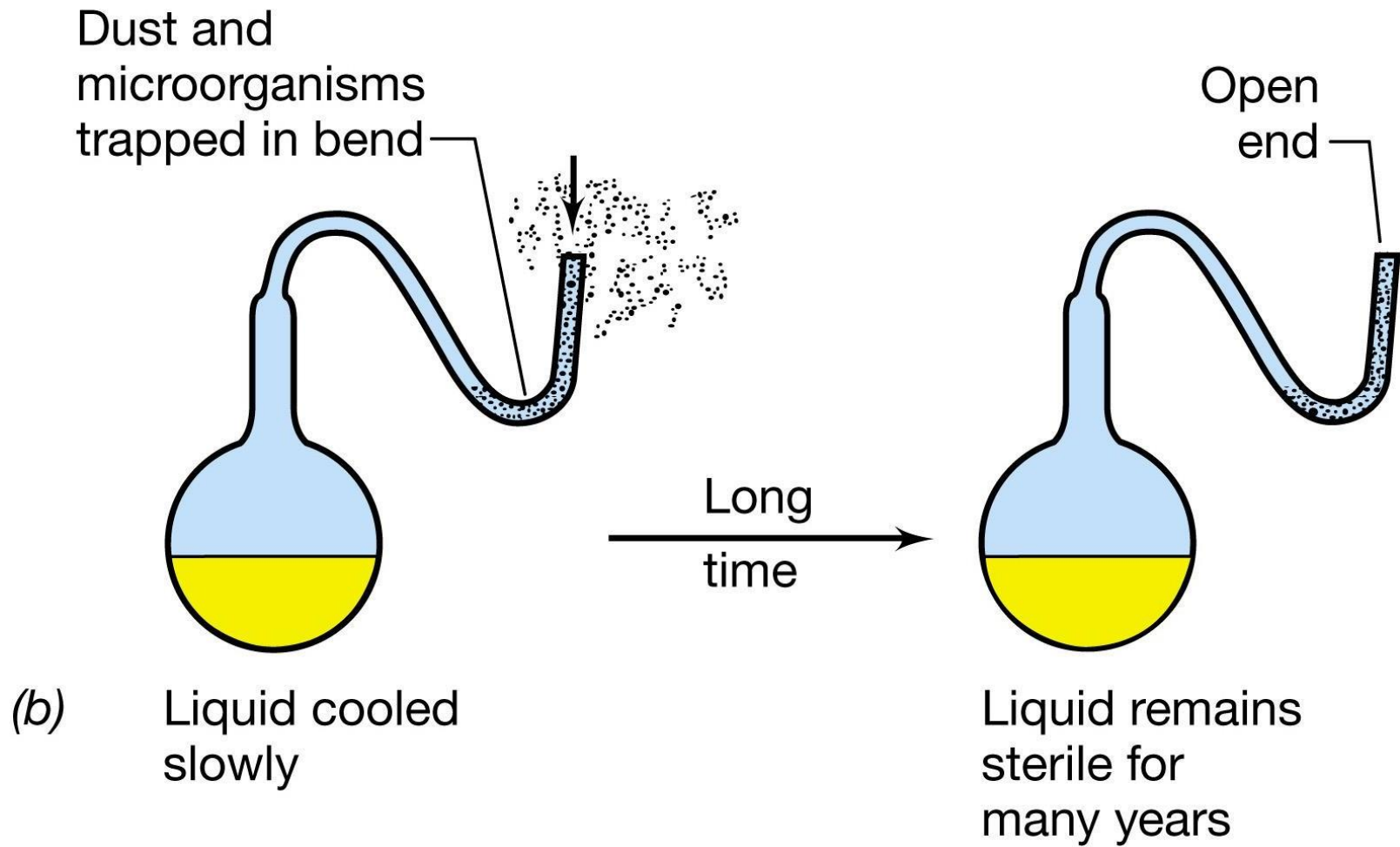
Pasteur (1822-1895) risolve la controversia sulla generazione spontanea dimostrando (1861) che i **microrganismi sono presenti nell'aria**: usa ***palloni a collo di cigno***: **anche se il recipiente non è sigillato, dopo il riscaldamento l'infuso rimane sterile**



Esperimenti di Pasteur: liquido sterilizzato per riscaldamento

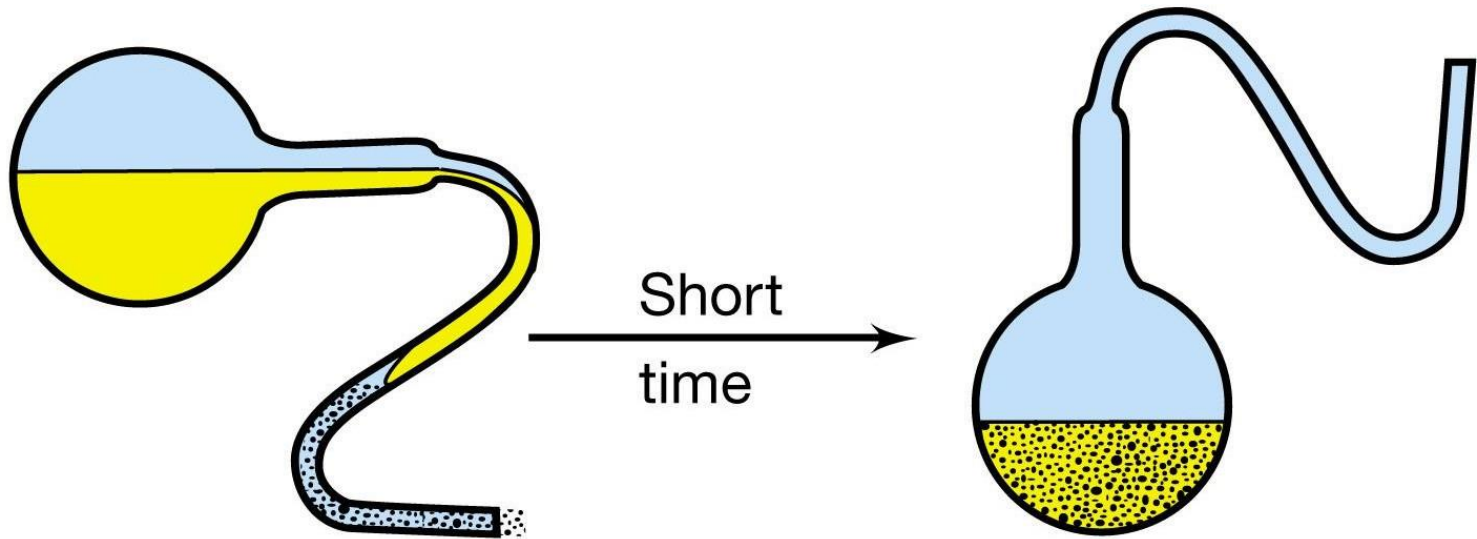


Esperimenti di Pasteur: l'aria poteva entrare, ma la polvere no!
le pieghe del collo del matraccio impedivano alla polvere
(contenente i microbi) di raggiungere il liquido (rimaneva sterile)



Questo dimostrava che la crescita era dovuta ad una
contaminazione esterna

Esperimenti di Pasteur: se la fiasca veniva inclinata: in seguito al contatto del liquido con le polveri depositate si aveva crescita dei microrganismi



(c) Flask tipped so microorganism-laden dust contacts sterile liquid

Microorganisms grow in liquid

➡ dimostra la presenza di microrganismi nell'aria !

ALTRI CONTRIBUTI DI PASTEUR

- Scopre la fermentazione come processo biologico studiando il fenomeno della vinificazione per conto di Napoleone III
 - ruolo dei microrganismi nella trasformazione della sostanza organica: i lieviti metabolizzano zuccheri dell'uva → sviluppo di alcool etilico (vino)
 - i batteri che utilizzano l'alcool e producono acido acetico deteriorano il vino trasformandolo in aceto

ALTRI CONTRIBUTI DI PASTEUR

- Scopre la fermentazione come processo biologico studiando il fenomeno della vinificazione per conto di Napoleone III
 - ruolo dei microrganismi nella trasformazione della sostanza organica: i lieviti metabolizzano zuccheri dell'uva → sviluppo di alcool etilico (vino)
 - i batteri che utilizzano l'alcool e producono acido acetico deteriorano il vino trasformandolo in aceto
- Processo di *pasteurizzazione*: riscaldamento del vino in fermentazione ad una determinata temperatura (63°C per mezz'ora, non sufficientemente caldo da fare evaporare l'alcool nel vino) → arresta lo sviluppo di eventuali batteri contaminanti dell'aria che potrebbero interferire con la fermentazione alcolica

GLI ESPERIMENTI DI TYNDALL

- ripete gli esperimenti di Pasteur, ma non ottiene gli stessi risultati con **infusi da fieno secco**
- la bollitura non è più sufficiente per “sterilizzare”
- riprendono forza i sostenitori della “generazione spontanea”
- Tyndall capisce che il **fieno secco** contiene **spore** (alcuni **microrganismi sono sporigeni**) che sono di **gran lunga più resistenti al calore dei microrganismi** con i quali aveva condotto gli esperimenti fino ad allora

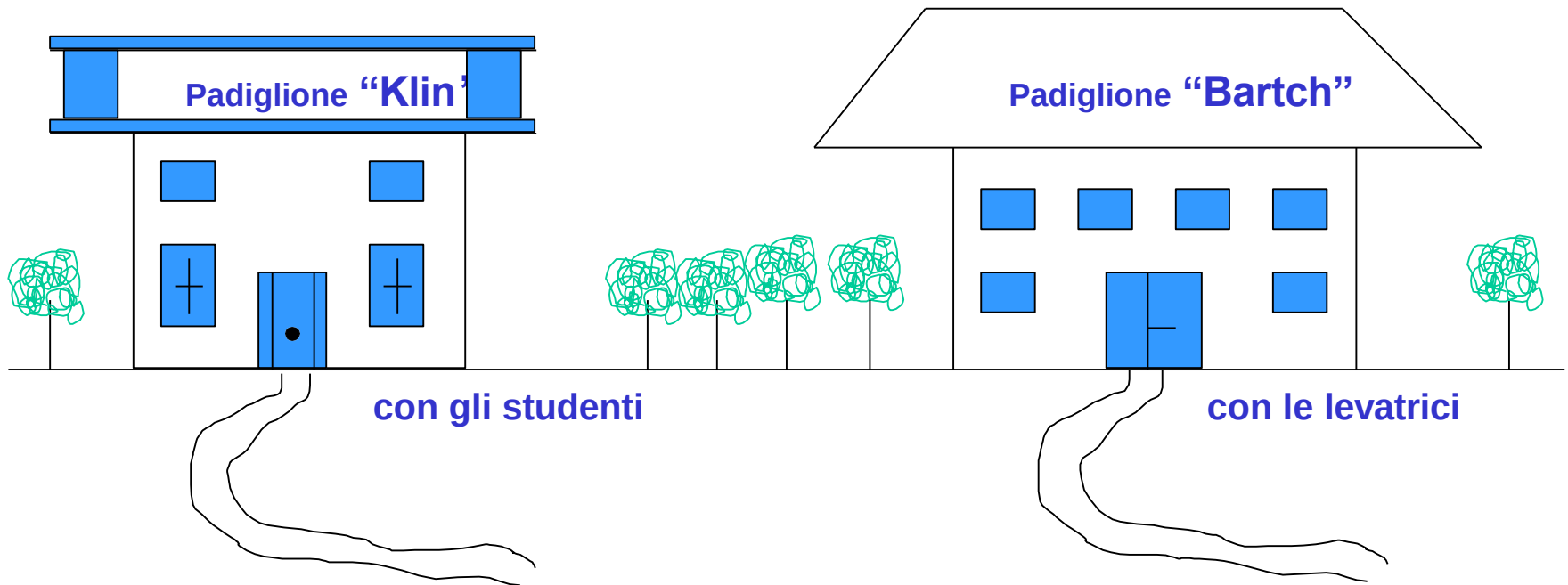
GLI ESPERIMENTI DI TYNDALL

- ripete gli esperimenti di Pasteur, ma non ottiene gli stessi risultati con **infusi da fieno secco**
- la bollitura non è più sufficiente per “sterilizzare”
- riprendono forza i sostenitori della “generazione spontanea”
- Tyndall capisce che il fieno secco contiene **spore** che sono di gran lunga più resistenti al calore dei microrganismi con i quali aveva condotto gli esperimenti fino ad allora
- **tindalizzazione: riscaldamento, più volte, alternativamente a 20-37°C e 60-80°C: con la temperatura inferiore si induce la trasformazione delle eventuali spore in forme vegetative e con il riscaldamento la distruzione di queste ultime.**

LA SCOPERTA DEL RUOLO DEI MICRORGANISMI COME AGENTI INFETTIVI

- Joseph Lister (metà '800), giovane chirurgo inglese, suggerisce la sterilizzazione degli strumenti chirurgici
- Ignatz Semmelweis (metà '800) e la febbre puerperale: constatò che i decessi si triplicavano quando le puerpere venivano esaminate dagli studenti di medicina → il lavarsi le mani preveniva la trasmissione della febbre puerperale da una paziente all'altra nei reparti di ostetricia

LA STORIA DI IGNATZ SEMMELWEIS



• Incidenza della febbre puerperale (1842) presso Klin :

Agosto	27%
Ottobre	20%
Dicembre	33%

• Le levatrici che facevano tirocinio da Bartch vengono scambiate con gli studenti di Klin: Le morti seguono gli studenti

(da "Il dottor Semmelweis" di Louis-Ferdinand Céline, ADELPHI, 2000)

Microbi e malattie

Robert Koch nel 1876 dimostra il ruolo causale (eziologico) di un microrganismo in una malattia



Microbi e malattie



Robert Koch nel 1876 dimostra il ruolo causale (eziologico) di un microrganismo in una malattia.

Carbonchio, malattia comune all'uomo e ad alcuni animali: l'agente causale è *Bacillus anthracis*: microrganismo presente nel sangue di tutti gli infettati: causa o risultato della malattia?

Microbi e malattie



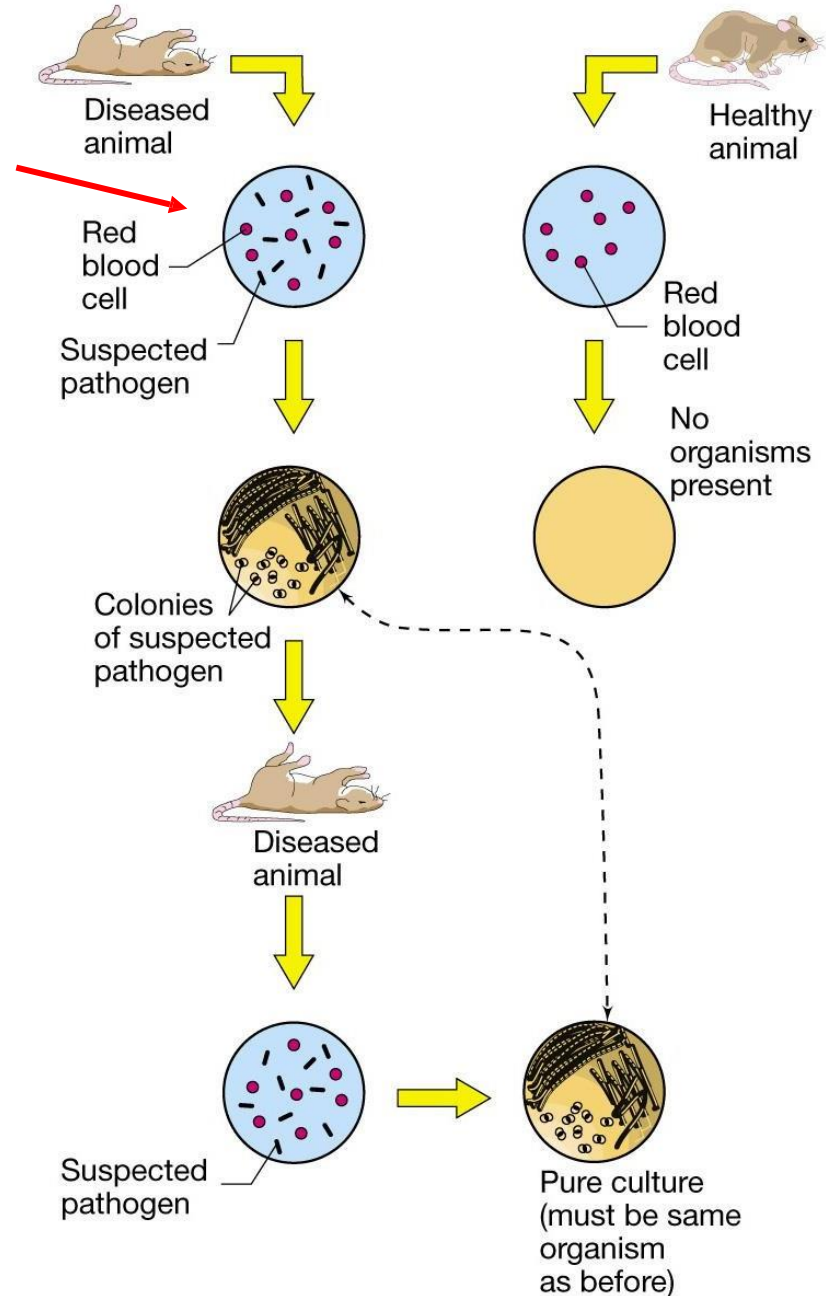
Robert Koch nel 1876 dimostra il ruolo causale (eziologico) di un microrganismo in una malattia:

carbonchio, malattia comune all'uomo e ad alcuni animali: l'agente causale è *Bacillus anthracis*: microrganismo presente nel sangue di tutti gli infettati: causa o risultato della malattia?

I postulati di Koch: utilizzati per **determinare il legame** che esiste **tra** una **malattia** ed il **microrganismo che si sospetta ne sia la causa**

Postulati di Koch

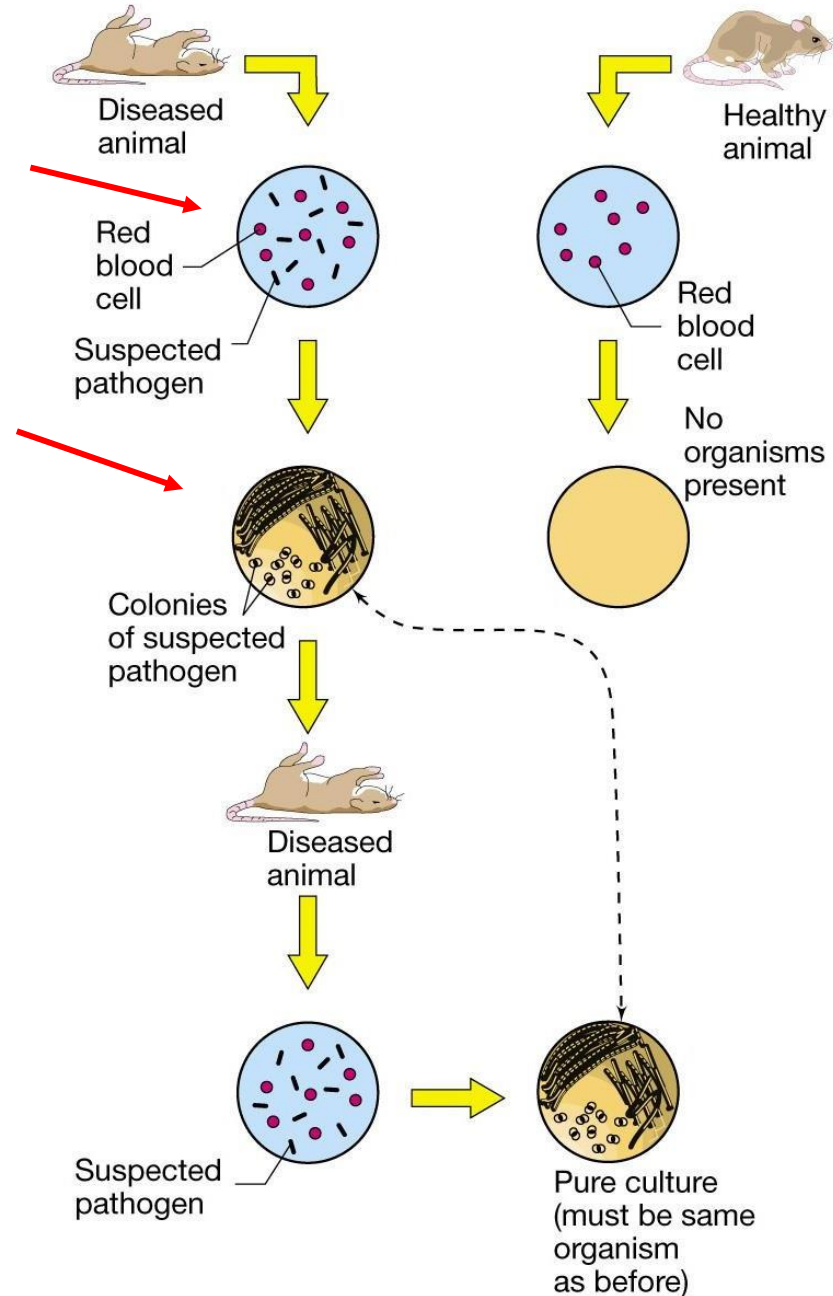
1. L'agente causale deve essere presente in tutti i casi della malattia di cui è ritenuto responsabile e deve essere invece assente negli individui sani.



Postulati di Koch

1. L'agente causale deve essere presente in tutti i casi della malattia di cui è ritenuto responsabile e deve essere invece assente negli individui sani.

2. L'agente causale deve essere isolato dall'individuo affetto e, posto in coltura, **deve dare origine ad una popolazione cellulare omogenea** (una sola specie)

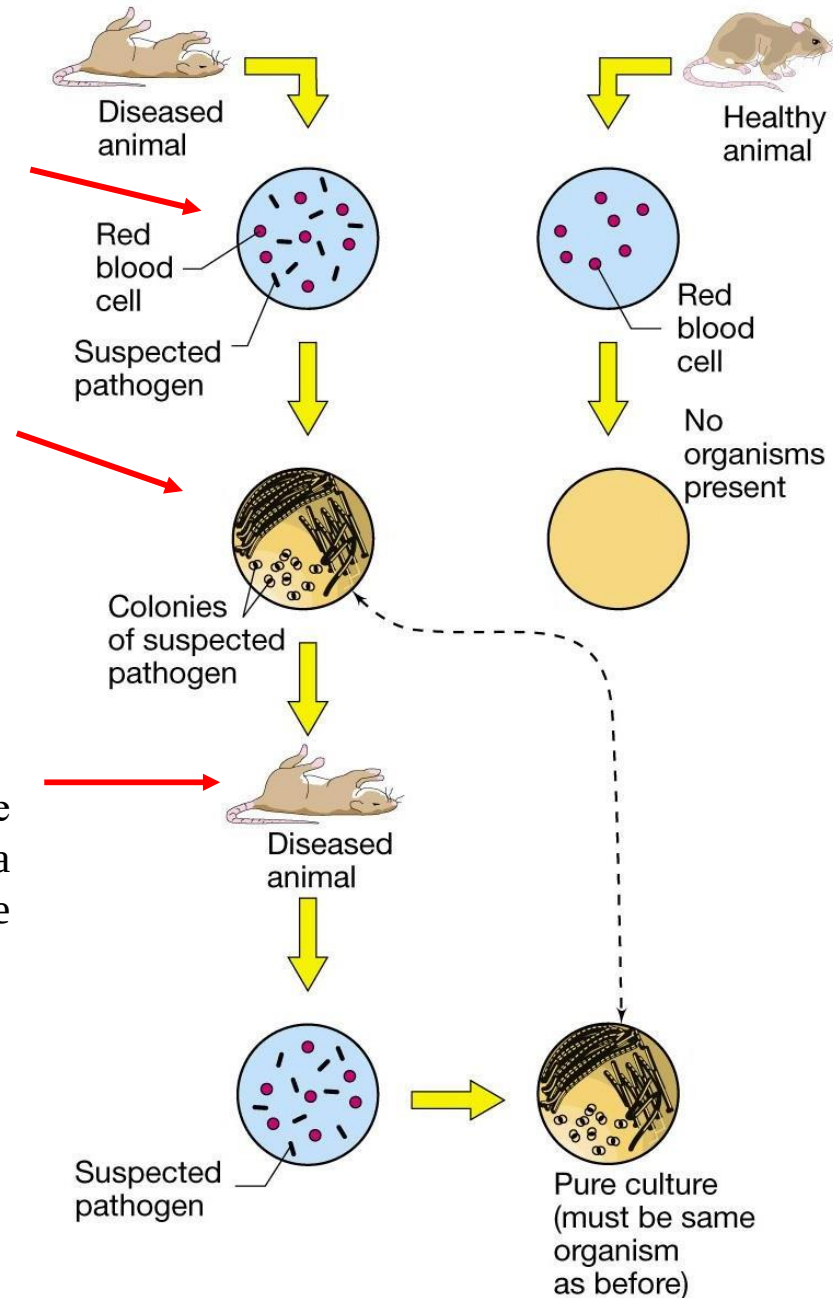


Postulati di Koch

1. L'agente causale deve essere presente in tutti i casi della malattia di cui è ritenuto responsabile e deve essere invece assente negli individui sani.

2. L'agente causale deve essere isolato dall'individuo affetto e, posto in coltura, deve dare origine ad una popolazione cellulare omogenea (una sola specie)

3. L'inoculo di una coltura pura dell'agente causale in individui sani deve dare luogo alla comparsa della malattia di cui si ritiene responsabile



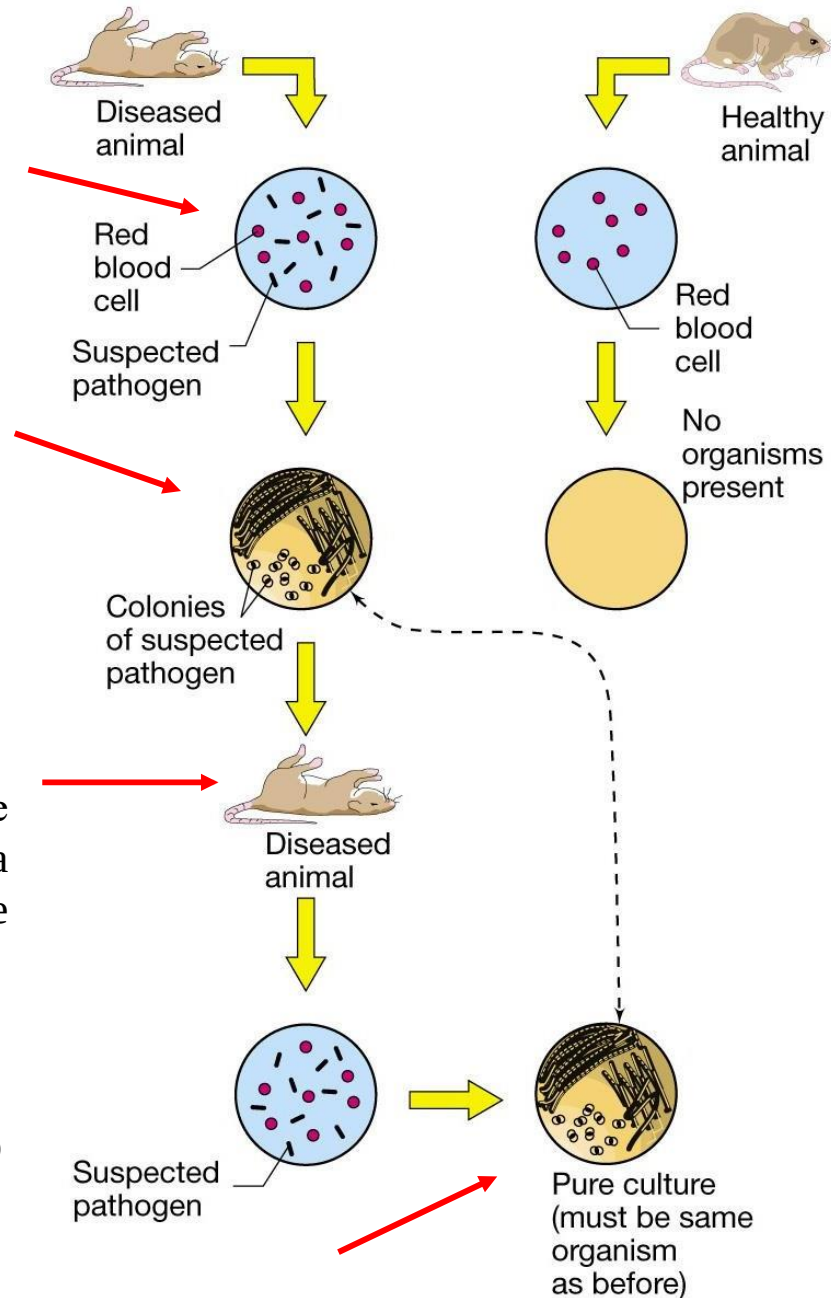
Postulati di Koch

1. L'agente causale deve essere presente in tutti i casi della malattia di cui è ritenuto responsabile e deve essere invece assente negli individui sani.

2. L'agente causale deve essere isolato dall'individuo affetto e, posto in coltura, deve dare origine ad una popolazione cellulare omogenea (una sola specie)

3. L'inoculo di una coltura pura dell'agente causale in individui sani deve dare luogo alla comparsa della malattia di cui si ritiene responsabile

4. L'agente causale deve essere re-isolato dall'individuo infettato sperimentalmente



b) I “postulati” di Koch molecolari

- Il gene implicato nella patogenicità o virulenza deve trovarsi in tutti i ceppi patogeni di una data specie ed essere assente nelle specie non patogene.
- L'inattivazione selettiva del gene deve portare a una diminuzione misurabile della patogenicità o virulenza.
- La complementazione o reversione della mutazione deve ripristinare il livello originario di patogenicità o virulenza. Parimenti l'introduzione del gene in un ceppo non patogeno lo trasforma in patogeno.

I postulati di Koch vengono utilizzati per stabilire l'eziologia di tutti gli agenti infettivi

anche se:

- non tutti questi criteri possono venire sempre soddisfatti
- alcuni agenti eziologici non possono essere coltivati

.....la storia continua

- 1677: Osservazione “animalcules” (A. van Leeuwenhoek)
- 1796: Vaccinazione antivaiolosa (E. Jenner)
- 1850: Lavaggio mani per limitare la diffusione delle malattie
(I. Semmelweis)
- 1861: Confutata la teoria della generazione spontanea (L. Pasteur)
- 1867: Antisepsi in chirurgia (J. Lister)
- 1882: Postulati di Koch (R. Koch)
- 1884: Colorazione di Gram (C. Gram)**
- 1892: Scoperta virus (D. Iosifovich Ivanovski)**
- 1899: Replicazione virale dipendente da cellula parassitata
(M. Beijerinck)**
- 1928: Scoperta Penicillina (A. Fleming)**
- 1977: Sequenziamento DNA (W. Gilbert & F. Sanger)**
- 1983: PCR (K. Mullis)**
- 1995: Genoma batterico (H. influenzae)**