

REGIONE
TOSCANA



Dalla generazione spontanea alla teoria cellulare: un primo approccio

Grado scolastico: secondaria di secondo grado

Area disciplinare: biologia

Liceo A.M.E. Agnoletti

Percorso svolto nelle classi 2B (liceo matematico) e 2G (LS-OSA)

Docenti coinvolti: Maria Chiara Colao e Maria Rosaria Santo

Realizzato con il contributo della Regione Toscana nell'ambito del progetto

Rete Scuole LSS a.s. 2023/2024

Collocazione nel curriculum verticale

Lo studio della biologia comincia nel liceo scientifico in classe seconda, dopo che i ragazzi sono stati introdotti ad altre discipline scientifiche nel primo anno e hanno acquisito alcune competenze di base delle scienze sperimentali, come la capacità di costruire definizioni operative a partire dalle osservazioni, la capacità di ricostruire il contesto nel quale si sono fatte strada alcune grandi idee della scienza e l'interpretazione di modelli che descrivono la realtà.

Troppo spesso la biologia viene affrontata senza integrarla con altre discipline scientifiche, come una materia che basta 'leggere e ripetere', dove c'è poco da capire, in quanto scienza non esatta, e molto da memorizzare. Nella migliore delle ipotesi, la partecipazione attiva dei ragazzi nella costruzione delle conoscenze si limita alla descrizione dei viventi tramite l'osservazione. Lo studente si ritrova ad accumulare nozioni e acquisire un linguaggio specialistico estremamente complesso, pieno di termini nuovi, difficilmente interpretabile e completamente sganciato dal reale, al quale non può attribuire alcun significato. Nonostante questo, il mondo dei viventi con la sua complessità continua ad esercitare il suo fascino sui ragazzi che rimangono incuriositi di fronte alla varietà degli animali, delle piante, dei microrganismi e alle meraviglie del corpo umano e del suo funzionamento.

Per restituire il giusto valore e significato allo studio della biologia, negli ultimi anni abbiamo provato a sviluppare un nuovo approccio alla disciplina che si discosti totalmente da quello 'tassonomico' descrittivo al quale troppo spesso è condannata ed il primo argomento che viene introdotto è la teoria cellulare, che rappresenta giustamente uno degli elementi fondanti della disciplina dal quale non si può prescindere.

Come punto di partenza del percorso è stata presa l'introduzione del metodo sperimentale in biologia con Francesco Redi che, in linea con la rivoluzione avviata da Galilei, si fa portatore di un nuovo metodo filosofico e scientifico, basato sulla applicazione sistematica dell'esperienza e dell'osservazione come fonte di conoscenza e come metodo efficace per la validazione delle ipotesi scientifiche. Pertanto, il trattato sulle 'Esperienze intorno alla generazione degli insetti' (1668) costituisce il documento di partenza ideale per lo studio di una scienza razionale degli organismi viventi. Anche in questo caso, come per la chimica, possono essere riprese le considerazioni sulla nascita della scienza moderna come 'interrogazione della natura'.

Un filo logico stringente unisce l'esperienza di Redi con Lazzaro Spallanzani (1768), che riprende quasi un secolo più tardi il dibattito sul vitalismo. Il riaffermarsi della generazione spontanea può essere interpretato come la conseguenza della scoperta del mondo microscopico, infatti è questo il momento in cui diventa necessario introdurre uno strumento di indagine adeguato, cioè il microscopio ottico. Di fatto la fine del vitalismo non è ancora arrivata e sarà necessario il contributo di Pasteur con la sua esperienza del 1860 a segnare la definitiva confutazione della generazione spontanea. I risultati ottenuti nella microbiologia vengono integrati con le osservazioni del medico tedesco Virchow che dimostra che le cellule nei tessuti malati discendono in realtà da quelle dei tessuti sani e non c'è alcuna discontinuità. Queste affermazioni insieme con l'osservazione che sono fatti di cellule tutti gli organismi vegetali (Schleiden 1838) e animali (Schwann 1839) portano Virchow ad una sintesi, espressa nella teoria cellulare.

Durante lo svolgimento del percorso rivestono una importanza fondamentale le osservazioni di laboratorio e non c'è campione che non possa essere utilizzato in modo significativo per riconoscere la cellula come unità di base di tutti i viventi, ponendo le basi per una classificazione ragionata.

Nonostante le evidenze raccolte contro la generazione spontanea, sono gli stessi studenti a porsi il problema di chiarire l'origine delle prime cellule e di mettere le basi per lo sviluppo ulteriore della disciplina.

Progettazione articolata in fasi ed attività

Fase I: La generazione spontanea degli insetti

1. Allestimento di un esperimento sulla generazione degli insetti
2. Brain storming sulle caratteristiche dei viventi
3. L'esperimento di Redi
4. Brani originali da 'Esperienze intorno alla generazione spontanea degli insetti'

Fase II: La scoperta del mondo microscopico

1. Ricostruzione dei passaggi salienti che hanno condotto allo sviluppo del microscopio ottico moderno
2. Il microscopio ottico: struttura ed utilizzo
3. Osservazioni al microscopio ottico:
 - carta millimetrata
 - lettere di giornale
 - filo di lana
 - acqua stagnante e infusi vegetali, gli *animalcula* di Van Leeuwenhoek

Fase III: La generazione spontanea dei microrganismi

1. Allestimento di una esperienza sulla generazione spontanea dei microrganismi
2. Ricostruzione storica dell'esperienza di Spallanzani
3. Le dispute scientifiche nel '700: Needham contro Spallanzani
4. La soluzione del problema: esperienza di Pasteur

Fase IV: La teoria cellulare

1. Osservazione al microscopio ottico di organismi pluricellulari (animali e vegetali)
2. Una prima classificazione dei viventi in domini e regni
3. Rudolf Virchow e la teoria cellulare

Approccio metodologico

Vengono seguiti i canoni tipici della metodologia LSS ma si sfrutta l'introduzione di alcuni strumenti digitali che potenziano l'efficacia dei momenti di condivisione.

Elementi salienti:

- **Osservazione** e descrizione dei fenomeni presentati
- **Prima interpretazione** dei fenomeni osservati
- **Verbalizzazione scritta** individuale
- **Discussione collettiva** per arrivare a risposte condivise
- **Ricerca di un lessico rigoroso** per arrivare a dare definizioni strutturalmente coerenti
- **Attività sperimentali** finalizzate alla costruzione dei concetti e mai dimostrative

Strumenti digitali adottati:

- **Uso di classroom** per condividere materiali con gli studenti
- **Diario di bordo** digitale dello studente condiviso con il docente
- **Uso di piattaforme digitali** (Mentimeter) per creare presentazioni interattive al fine di raccogliere velocemente e condividere le risposte degli studenti
- **Presentazioni multimediali** utilizzate per la narrazione e la ricostruzione storica

Materiali e strumenti utilizzati

★**Materiali e sostanze utilizzate:** carne di manzo e di pollo, brodo di carne, rosso fenolo, infusi vegetali, acqua di stagno, kefir, yogurt, lievito madre, cipolla, agar, foglioline di *Elodea canadensis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Crassula ovata*, mucosa boccale

★**Strumenti utilizzati:** microscopi ottici con videocamera, beute, tappi di gomma, autoclave, vetrini portaoggetto e coprioggetto, tubicini di gomma di raccordo, tubicini di vetro ad S, garza, ovatta, capsule Petri, lenti di ingrandimento, barattoli di varie dimensioni

★**Materiali prodotti:** diario di bordo degli studenti, diario di bordo degli insegnanti, galleria fotografica

Ambienti di lavoro

- ★ **Laboratorio:** per le fasi di allestimento delle esperienze, di verbalizzazione e di discussione collettiva.

Alcune esperienze sono svolte dagli studenti in gruppo, altre sono allestite dalle docenti nel rispetto delle norme di sicurezza.

- ★ **Aula:** per le fasi di narrazione, di ricostruzione del contesto storico.

- ★ **Casa:** gli studenti a casa hanno espletato la fase di rielaborazione personale e hanno effettuato alcune delle prove previste dal percorso.

- ★ **Classroom:** per la condivisione di materiali multimediali

Tempo impiegato

- ★ Per la progettazione: 10 ore
- ★ Durata del percorso per classe: 20 ore sia nelle scienze applicate che nel liceo tradizionale
- ★ Per l'analisi in itinere: 20 ore
(confronto tra docenti, stesura diario di bordo docenti, preparazione verifica finale)
- ★ Per la documentazione: 30 ore

Descrizione del percorso didattico

Fase I - La generazione spontanea degli insetti

Obiettivo: ricreare il contesto di una scoperta

Attività 1: allestimento di un esperimento sulla generazione degli insetti

Il percorso comincia con l'allestimento di un esperimento "al buio": si richiede agli studenti di preparare un barattolo con un pezzetto di carne e di lasciarlo aperto in un luogo riparato della casa e di osservarlo per almeno una settimana, documentando eventuali variazioni visibili.

La ragione per cui l'esperimento viene allestito senza essere stato introdotto in alcun modo, è per creare il contesto in cui fare nuove scoperte che mettano gli studenti nella condizione in cui operavano gli scienziati del '600. Si tratta di un esperimento che richiede tempi relativamente lunghi per dare risultati significativi e, come spesso accade con i viventi, è fortemente influenzato da numerose variabili quali la stagionalità del ciclo vitale degli organismi potenzialmente coinvolti e le condizioni climatiche determinate da temperatura e umidità.

La discussione dell'esperimento verrà effettuata solo dopo lo svolgimento dell'attività successiva.



Materiali:

- barattolo di vetro,
- pezzetto di carne di qualsiasi origine,
- lente di ingrandimento.



Dai risultati emerge che i termini più rappresentati sono 'respirazione', 'nutrizione', 'riproduzione' che effettivamente sono caratteristiche degli esseri viventi che fanno parte del senso comune. E' interessante notare che con meno frequenza compaiono termini molto significativi quali 'evoluzione', 'mutazione', 'metabolismo', 'ecosistema', ma anche 'carbonio', 'ossigeno' e 'sole'. In realtà per i ragazzi sono termini sentiti e riportati solo per associazione di idee, perché il percorso che porterà alla comprensione profonda dei fenomeni biologici è ancora in fase iniziale.

Tuttavia, queste risposte costituiscono la base da cui partire per un'indagine analitica che aiuterà a far luce sulla complessità dei viventi.

Prima di cominciare il nostro nuovo percorso è stato allestito un sondaggio sul quale venivano chiesti tre vocaboli che, secondo noi, caratterizzano gli esseri viventi.

Ho risposto "nutrimento", "respirazione" e "riproduzione", in quanto rappresentino i processi più comuni all'interno dei cicli vitali. Queste tre sono state infatti le parole a cui più persone hanno pensato.

Non meno interessanti sono però altre risposte, come: "carbonio"; "crescita / mutare / mutazione / evoluzione / sviluppo / cambiamento", tutte pressoché correlate all'evoluzione o comunque all'idea di crescita di un singolo organismo durante il suo ciclo vitale; "cellula/e", elemento la cui esistenza è ancora da verificare nei nostri studi; "acqua / sole / aria", cose assolutamente necessarie per garantire lo sviluppo di esseri viventi; "movimento / attività", malgrado sia da specificare; "autosufficiente"; infine qualcuno ha curiosamente risposto "sensi", che un giorno studieremo dettagliatamente.

dal diario di Federico

Durante la lezione di oggi, siamo andati in laboratorio con lo scopo di cominciare il percorso di biologia. Abbiamo cominciato questo percorso rispondendo al seguente quesito: "Inserisci 3 termini che caratterizzano i viventi:", al quale ho risposto: cellule (perché tutti gli esseri viventi sono composti da una o più cellule), nutrizione (perché tutti i viventi devono nutrirsi per sopravvivere) e morte (perché tutti i viventi, prima o poi, muoiono). Una volta che tutti hanno finito di rispondere abbiamo analizzato i risultati, osservando che la maggioranza delle risposte fornite erano: nutrizione, respirazione e riproduzione.

dal diario di Biagio

Descrizione del percorso didattico

Fase I - La generazione spontanea degli insetti

Discussione dei risultati dell'Attività 1

Si torna alla discussione dell'esperienza allestita a casa, si condividono le osservazioni che gli studenti hanno annotato e si osservano con la lente di ingrandimento alcuni campioni portati a scuola dagli studenti e altri allestiti dalle docenti.

Emergono alcuni elementi ricorrenti: la carne si sta putrefacendo, emana un odore intenso, il colore è cambiato, si è seccata in superficie ma sul fondo ha rilasciato un liquido viscoso, in alcuni campioni si vedono puntini bianchi che però non si riescono a definire, in qualche barattolo si rileva la presenza di insetti.

Viene messo in evidenza che lo studio degli esseri viventi è molto complesso e le condizioni ambientali possono ritardare o compromettere i risultati attesi. Le temperature rigide e il vento forte di questi giorni hanno causato un rinsecchimento della carne nella maggior parte dei campioni e le evidenze sperimentali non risultano chiaramente definibili.

Si concorda quindi da una parte di continuare le osservazioni nei giorni successivi, ma per procedere con il percorso intanto si discutono le immagini dei risultati ottenuti in esperimenti condotti dalle insegnanti in periodi più favorevoli, ad esempio a novembre con un clima più mite.

dal diario dell'insegnante



Una studentessa assente ricostruisce tramite il confronto coi compagni cosa è stato fatto a lezione e fa una sintesi

All'inizio della lezione abbiamo ricapitolato ciò che era stato detto nella scorsa lezione.

Ognuno ha spiegato cosa fosse successo al proprio pezzetto di carne.

Il pezzo della carne osservato da Tommaso sembrava quello col miglior risultato, dunque lo abbiamo osservato allo stereomicroscopio. Nel frattempo abbiamo osservato anche altri esperimenti fatti a scuola, in nessuno di questi si notano grandi cambiamenti oltre alla secchezza.

Allo stereoscopio si notavano delle macchioline gialle/bianche.

Sorge dunque spontanea la domanda "cosa sono quelle macchie?" Possiamo raggruppare le risposte in tre gruppi.

- *Larve/uova di insetti*
- *Colonie di batteri/muffe*
- *Cristalli di sale/grassi*

Dunque, abbiamo deciso di aspettare e vedere cosa succedeva a queste macchie

- *Se sono uova si schiuderanno*
- *Se sono muffe si espanderanno*
- *Se non sono organismi viventi rimarranno invariati, sali per esempio*

dal diario di Anna

La visione delle immagini raccolte dalle insegnanti permette agli studenti di individuare chiaramente la presenza di larve; alla domanda su cosa sia una larva, molti studenti fanno riferimento ad uno stadio del processo di metamorfosi degli insetti.

Alcuni ipotizzano che i puntini bianchi che hanno appena visto sui campioni potrebbero essere uova che poi si schiuderanno in larve.

A questo punto si pone la seconda domanda, aperta, su mentimeter:

"Da dove vengono quelle larve?"

dal diario dell'insegnante



Da dove vengono le larve?

Esempio di risposte su mentimeter

nascono da uova prodotte da insetti  depositate su cibi crudi

Le larve vengono dagli insetti che depongono le uova sulla superficie della carne

Le larve si formano dalle uova che si depongono e si schiudono su pezzi di carne o cibo lasciati all'aperto per troppo tempo.

le larve vengono da batteri che entrano nel barattolo

Sono le uova degli insetti

da territori umidi o da corpi in decomposizione

Le larve provengono dalle uova depositate da degli insetti, probabilmente delle mosche.

Le larve vengono deposte dagli insetti, poiché considerano la carne un luogo favorevole alla crescita dei figli. Le larve hanno già a disposizione cibo per la loro crescita.

Grazie a queste risposte possiamo notare che ci sono tre scuole di pensiero differenti:

la prima sostiene che le larve provengano da un corpo in decomposizione, la seconda sostiene che nascono dalle uova deposte da altri insetti mentre la terza pensa che nascano dai batteri.

Per verificare quale delle tre ipotesi sia corretta abbiamo deciso di fare un'altra prova.

Abbiamo pensato di rifare la stessa prova tappando il barattolo: in questo modo possiamo vedere se le larve crescono lo stesso, e quindi potremmo affermare che derivano dai corpi in decomposizione, oppure se non si creassero affermeremmo che nascono da altri insetti. Oltre a questa prova però ne facciamo anche un'altra, in cui tappiamo i barattoli con una garza poiché alcuni sostengono che per la creazione delle larve sia fondamentale la presenza e lo scambio di aria.

dal diario di Olivia

Descrizione del percorso didattico

Fase I - La generazione spontanea degli insetti

Obiettivo: allestire una verifica sperimentale, una *sensata esperienza*, che spieghi l'origine delle larve

Attività 3: l'esperimento di Redi



Se una volta concluso l'esperimento nel barattolo tappato e in quello con la garza ci sono delle uova, allora hanno ragione quelli che dicono che queste si sviluppano grazie ai batteri, in caso contrario, ha ragione chi dice che si sviluppano grazie agli insetti.

dal diario di Biagio

Dalla discussione fatta in classe emerge la necessità di progettare un esperimento che ci aiuti a chiarire l'origine delle larve:

Leonardo propone di preparare un barattolo con il pezzetto di carne e di chiuderlo con un tappo; Claudio ritiene che bisognerà comunque far passare aria perchè altrimenti la carne si secca, quindi propone di chiuderlo con una retina; i vari studenti intervengono per dire la loro opinione, si decide di provare nei due modi.

Si chiede se sia sufficiente provare con i due barattoli o si debba aggiungere un terzo barattolo, magari aperto... alcuni dicono che non ce n'è bisogno perchè di barattoli aperti ne abbiamo tanti. Si riflette su cosa sia un esperimento di controllo, nei percorsi di chimica se ne è già parlato, allora qualcuno capisce che è importante preparare anche un nuovo barattolo aperto perchè le condizioni devono essere esattamente le stesse nei tre barattoli con l'unica differenza nel tappo (anche la carne deve essere la stessa).

Prepariamo tre barattoli (uno con tappo, uno con garza e uno aperto) e li posizioniamo fuori dalla finestra del laboratorio.

dal diario dell'insegnante

Discussione dei risultati dell'Attività 3

Dopo quattro giorni si procede con l'osservazione dei campioni di carne preparati nella scorsa lezione.

Purtroppo il forte vento e il freddo hanno rovinato i campioni. La carne esposta all'aria si è seccata, ci sono dei puntini bianchi ma non è possibile definire se si tratta di uova non evolute in larve o di accumuli di sali. Il vasetto ricoperto dalla garza non mostra puntini e la carne è un po' secca, quello con il tappo invece contiene la carne ancora umida, senza puntini e in via di putrefazione.

Si concorda di ripetere l'esperimento quando le condizioni ambientali saranno meno avverse, nel frattempo si discutono i risultati dello scorso anno scolastico grazie alla visione di foto. Si evince che le larve sono presenti esclusivamente nel barattolo aperto.

A questo punto si riesaminano le risposte alla domanda "da dove vengono le larve"? Tramonta l'idea che possano provenire dalla carne o dai batteri (Tommaso dice che i batteri possono passare attraverso la garza e quindi, se le uova non ci sono vuol dire che non provengono dai batteri), vengono da insetti che le depongono sulla carne.

dal diario di Biagio



Oggi in laboratorio abbiamo visto che i tre barattolini contenenti i pezzetti di carne si sono seccati a causa del forte vento e dei cali di temperatura, perciò non li abbiamo potuti utilizzare.

Per questo motivo la professoressa ci ha mostrato delle foto dei risultati ottenuti degli anni precedenti (in quel caso l'esperimento è stato svolto a novembre).

Osservazione:

Abbiamo visto che nella prova di controllo le larve sono già presenti dopo cinque giorni, mentre sia nel barattolo tappato che in quello chiuso dalla garza non ci sono, e non si vedono neanche le uova.

dal diario di Olivia



Poiché in questo periodo le temperature non sono favorevoli abbiamo osservato i barattoli degli anni precedenti. Abbiamo potuto osservare che quello chiuso manteneva la carne umida e molto chiara, non erano presenti né uova né larve. Rispetto a quello chiuso, in quello con la garza la carne è più secca e più scura, ma comunque umida; non ci sono né uova né larve. Quello aperto presenta la carne scura, secca e piena di larve.

dal diario di Eva



Qualche studente ha ripetuto in autonomia l'esperimento con il barattolo aperto più volte fino a ottenere un risultato utile per la documentazione.



Descrizione del percorso didattico

Fase I - La generazione spontanea degli insetti

Obiettivo: ricostruire il contesto storico in cui sono nate le prime indagini in biologia

Attività 4: brani originali da 'Esperienze intorno alla generazione spontanea degli insetti'

A questo punto si può introdurre la figura di Francesco Redi e di come abbia confutato la generazione spontanea degli insetti con esperimenti analoghi a quelli che abbiamo condotto noi.

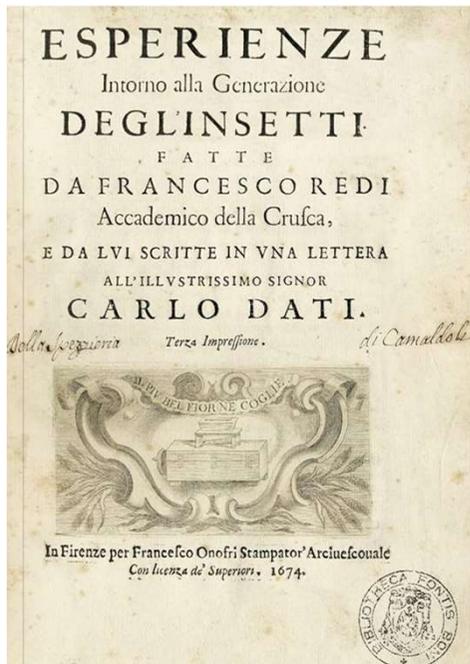
Si fa riferimento all'accademia del Cimento, al motto "Provando e Riprovando" e si leggono alcuni frammenti da "Esperimenti intorno alla generazione degli insetti".

Gli studenti seguono con interesse e intervengono con loro osservazioni personali.

Il linguaggio usato da Redi non è di facile comprensione per cui è necessario "tradurre" in parole semplici i concetti esposti ma è importante leggere le sue parole che testimoniano la sua determinazione nell'andare contro una teoria ritenuta da molti inconfutabile attraverso esperimenti semplici ma sostenuti da un serio approccio e da un'analisi rigorosa dei risultati sperimentali.

Il fatto di non aver ottenuto risultati sperimentali adeguati nelle esperienze svolte a scuola, rinforza l'idea che in biologia è necessaria una grande tenacia, dal momento che non sempre è possibile lavorare controllando i parametri ambientali (la deposizione delle uova di mosca dipende dalle temperature e viene interrotta a temperature inferiori ai 15 °C).

dal diario dell'insegnante



Si riportano alcuni dei brani letti in classe che sono stati selezionati dai ragazzi perché hanno catturato la loro attenzione; questi brani sono stati inseriti nei diari di bordo e commentati brevemente

farne motto senza l'amichevole consiglio di saggi e prudenti amici. Che perciò, avendo ora di fresco fatte molte esperienze, e molte intorno al nascimento di que' viventi che infino al dì d'oggi da tutte le scuole sono stati creduti nascere a caso e per propria loro virtude, senza paterno seme, non fidandomi di me medesimo e volendo pur ad altrui conferirle, m'è venuto in mente di ricorrere a voi, o Signor Carlo, che per vostra mercé m'avete dato luogo tra' vostri più cari amici; a voi, dico, in cui tutti

Pure contentandomi sempre in questa ed in ciascuna altra cosa da ciascuno più savio, là dove io difettosamente parlassi, esser corretto, non tacerò che per molte osservazioni molte volte da me fatte mi sento inclinato a credere che la terra, da quelle prime piante e da que' primi animali in poi, che ella nei primi giorni del mondo produsse per comandamento del sovrano ed onnipotente Fattore, non abbia mai più prodotto da sé medesima né erba, né albero, né animale alcuno perfetto o imperfetto che ei si fosse; e che tutto quello che ne' tempi trapassati è nato, e che ora nascere in lei o da lei veggiamo, venga tutto dalla semenza reale e vera delle piante e degli animali stessi, i quali col mezzo del proprio seme la loro specie conservano. E se bene tutto giorno scorghiamo da' cadaveri degli animali e da tutte quante le maniere dell'erbe e de' fiori e de' frutti imputriditi e corrotti nascere vermi infiniti,

Questo libro nacque da una lettera che Redi scrisse per informare uno suo collega, il Signor Carlo Dati, delle sue esperienze con cui confuta la credenza comune che i piccoli animali potessero auto crearsi.

In particolare svolse l'esperimento con i tre diversi pezzi di carne affermando che sono gli insetti adulti a depositare i loro semi nella carne e nella terra e questi ultimi non sono altro che il "nido" e il nutrimento per i semi paterni (come vengono chiamati da Redi) dai quali poi nasceranno i nuovi insetti. Redi infatti dubitava del fatto che i piccoli animali potessero "nascere a caso"

dal diario di Olivia

Redi tenta anche di spiegare uno dei misteri della vita, ovvero come si sono creati i primi esseri viventi.

Secondo lui è grazie all'onnipotente Fattore che solo in quell'occasione permise agli esseri di "nascere a caso".

dal diario di Olivia

Di qui io cominciai a dubitare se per fortuna tutti i bachi delle carni dal seme delle sole mosche derivassero e non dalle carni stesse imputridite, e tanto più mi confermava nel mio dubbio quanto che, in tutte le generazioni da me fatte nascere, sempre avea io veduto sulle carni, avanti che inverminassero, posarsi mosche della stessa spezie di quelle che poscia ne nacquero; ma vano sarebbe stato il dubbio se l'esperienza confermato non l'avesse. Imperciocché a mezzo il mese di luglio in quattro fiaschi di bocca larga misi una serpe, alcuni pesci di fiume, quattro anguillette d'Arno ed un taglio di vitella di latte; e poscia, serrate benissimo le bocche con carta e spago e benissimo sigillate, in altrettanti fiaschi posi altrettante delle suddette cose e lasciai le bocche aperte: né molto passò di tempo che i pesci e le carni di questi secondi vasi diventarono verminose; ed in essi vasi vedevansi entrare ed uscir le mosche a lor voglia, ma ne' fiaschi serrati non ho mai veduto nascere un baco, ancorché sieno scorsi molti mesi dal giorno che in essi quei cadaveri furono serrati: si trovava però qualche volta per di fuori sul foglio qualche cacchione o vermicciuolo, che con ogni sforzo e sollecitudine s'ingegnava di trovar qualche gretola da poter entrare per

settimane, rimase arida e secca. Non fui però contento di queste esperienze sole; anzi che infinite altre ne feci in diversi tempi e in diversi vasi; e per non tralasciar cosa alcuna intentata, infin sotto terra ordinai più d'una volta che fossero messi alcuni pezzi di carne che, benissimo colla stessa terra ricoperti, ancorché molte settimane stessero sepolti, non generarono mai vermi, come gli produssero tutte l'altre maniere di carni sulle quali s'erano posate le mosche: e di non lieve considerazione si è che del mese di giugno, avendo messo in una boccia di vetro di collo assai lungo ed aperto l'interiora di tre capponi, colà dentro bacarono; e non potendo tutti quei bachi per la soverchia altezza del collo scapparne fuori, ricadevano nel fondo della boccia, e quivi morendo servivano di pastura e di nido alle mosche, le quali continuarono a farvi bachi non solo tutta la state, ma ancora fino agli ultimi giorni del mese d'ottobre. Feci ancora un

Redi, osservando la generazione di vermi da carcasse sigillate e non sigillate, inizia a dubitare se i vermi derivino realmente dalle carni o dal seme delle mosche. Per confermare i dubbi, sperimenta mettendo serpi, pesci, anguille e carne in contenitori sigillati e aperti. Scopre che solo nei vasi aperti le carni diventano "verminose" e le mosche entrano liberamente, mentre nei vasi sigillati non si sviluppano bachi, anche se occasionalmente trovava segni di tentativi da parte di piccoli organismi esterni di penetrare.

Le sezioni del testo che più mi hanno colpito sono quelle che non avevamo ancora esaminato in classe. Ero particolarmente curioso di scoprire come si sarebbe concluso l'esperimento condotto da Redi. Trovo affascinante il fatto che le mosche cambino colore a seconda della carne su cui si sviluppano.

dal diario di Vittorio

La parte che mi ha colpito di più è stata quella riguardo la sepoltura della carne sotto terra poiché sinceramente avrei pensato che vi nascessero delle larve o vermi in quanto si associa sempre il terreno ai vermi. Le larve non si sono formate poiché le mosche non arrivano sottoterra, ma non ci avevo mai pensato...

dal diario di Carlo

In questo testo, scritto come forma di lettera all'amico Carlo Dati, Redi espone gli esperimenti che ha fatto per ottenere risposte riguardo alla generazione degli insetti.

Particolarmente sorprendente è l'introduzione, nella quale dice di essere rimasto lui stesso scioccato dai risultati ottenuti, poiché erano del tutto contrari alle teorie vigenti dell'epoca.

Dopodiché, narra il suo primo tentativo: uccise tre serpi e le mise all'interno di recipienti aperti. Passati un po' di giorni, osservò la presenza di larve in numero sempre crescente che spolparono completamente tutta la carne. A quel punto, però, uscirono gradualmente da un foro della scatola, scappando alla vista dello scienziato.

Nel suo secondo tentativo, invece, dopo aver sigillato tutti i recipienti, poté notare che, una volta consumata tutta la carne, le larve cominciavano ad immobilizzarsi, quasi come se stessero dormendo. Il loro aspetto divenne paragonabile a quello dei bozzoli dei bachi da seta, fino a concludere il loro stato di pupa trasformandosi del tutto in insetti. Tuttavia, malgrado provenissero dalla stessa carne, non tutte le uova e tutte le larve avevano lo stesso aspetto. Ciò fu ulteriormente comprovato dalla ripetizione dell'esperimento con altri tipi di carni, che portò alla constatazione che molti erano i tipi di larve e di insetti che si possono generare (...).

Si ricordò poi che spesso vide alcuni insetti posarsi sopra, quindi ipotizzò che loro potessero essere la causa della nascita delle larve. Allestì il suo celebre esperimento ripetendolo innumerevoli volte in innumerevoli modalità (perfino sottoterra), finché non giunse alla conclusione inconfutabile che le larve traevano origine da insetti esterni.

dal diario di Federico

I brani selezionati mettono in evidenza le innovazioni introdotte dal modo di procedere di Francesco Redi nello studio degli organismi viventi, che vengono schematizzate alla lavagna nel momento di consolidamento delle conoscenze.

1. *REDI COME ESPONENTE DI UNA NUOVA CULTURA*

Redi è esponente di un nuovo metodo filosofico e scientifico basato sull'applicazione sistematica dell'esperienza e dell'osservazione come fonte di conoscenza e come verifica delle ipotesi scientifiche; la conoscenza non è più basata sulla teorizzazione e sulla logica, ma sull'analisi sperimentale dei fenomeni.

1. *LA SPERIMENTAZIONE IN BIOLOGIA*

La sperimentazione non è semplicemente l'accumulo delle osservazioni, ma la capacità di formulare problemi sul mondo vivente e del proporre una procedura per trovare una risposta.

1. *IL VALORE DELLE OSSERVAZIONI*

Redi comprende l'importanza di utilizzare strumenti adeguati per raccogliere osservazioni significative: ad esempio si rende conto che per ottenere risultati sulla riproduzione degli insetti che possono volare, sono necessari recipienti che possano essere chiusi con accuratezza.

1. *REDI EREDE DI GALILEI*

Galilei attraverso l'astrazione crea modelli dei fenomeni naturali, estrapolando dalla realtà empirica le leggi naturali; in Redi acquisisce importanza la ripetizione dell'esperimento che fornisce il supporto necessario alla costruzione di una teoria.

1. *IL LABORATORIO COME TEATRO DELLA PROVA*

Dal momento che non è possibile studiare le proprietà della natura senza realizzare esperienze, il laboratorio acquisisce importanza e le osservazioni diventano un vero e proprio spettacolo, che interessa e coinvolge anche la corte.

1. *UNA LINGUA COMPRESIBILE A TUTTI*

Nel suo scritto Redi usa la lingua italiana in modo che il testo sia accessibile al maggior numero di persone possibili, anche ai profani

dal diario dell'insegnante

Descrizione del percorso didattico

Fase II - La scoperta del mondo microscopico

Obiettivo: ricostruzione dei passaggi salienti che hanno portato alla scoperta del mondo microscopico

Attività 1: dibattito sull'introduzione del microscopio per l'osservazione degli organismi viventi

L'osservazione del barattolo chiuso con tappo conduce alla riflessione su cosa stia accadendo alla carne che appare ancora umida ed è maleodorante. Viene detto che si sta decomponendo, putrefacendo e l'odore ne è una testimonianza.

Ma la putrefazione perché si realizza e come avviene?

Molti studenti fanno riferimento al fatto che le cellule stanno morendo, che i tessuti stanno invecchiando; cerco di portarli a domandarsi se è solo questo o c'è dell'altro. Qualcuno parla di batteri che velocizzano la decomposizione.

Ma i batteri si vedono? Tutti gli organismi che non si vedono sono batteri? Come li possiamo chiamare?

Si arriva al termine "microrganismi". Il dibattito è animato, si parla anche di virus, del fatto che il freddo li uccide o come dicono alcuni studenti ne rallenta l'attività, per questo mettiamo i cibi nel frigo o nel congelatore. Qualcuno dice che si nutrono della carne in decomposizione, qualcuno dice che si riproducono.

Ma possiamo vedere il prodotto della loro riproduzione? Fanno uova? Allora potremmo ancora parlare di generazione spontanea per i microrganismi?

Sono tantissime le domande che vengono fuori e colgo l'occasione per far notare che al momento non siamo in grado di dare molte delle risposte e che la nostra indagine ci dovrà condurre a semplificare i problemi, a scomporli e cercare di dare delle spiegazioni per ciascun aspetto analizzato. Siamo solo all'inizio dello studio della biologia e ci stiamo rendendo conto di quanto sia complesso andare a fondo nei fenomeni osservati.

Ma come si fa ad osservare i microrganismi?

La risposta è unanime: "attraverso il microscopio". Si cerca quindi di capire quali siano state le tappe storiche fondamentali che hanno condotto alla creazione del microscopio ottico e alla scoperta dei microrganismi.

dal diario dell'insegnante

Però, oggi, c'è sorta una domanda: **PERCHÉ' NEL BARATTOLO CHIUSO LA CARNE SI STA PUTREFACTENDO LO STESSO?**

A noi ci è subito venuta in mente l'idea che dentro al barattolo ci fossero dei batteri.

Noi siamo arrivati subito alle conclusioni che ci fossero dei microrganismi, ma gli studiosi del seicento come ci sono arrivati?

Riporterò qua sotto i seguenti punti:

1. QUANDO HANNO INIZIATO A IPOTIZZARE CHE CI FOSSERO DEI MICRORGANISMI?
2. QUANDO SI SONO POSTI IL PROBLEMA DI GUARDARE COSE CHE NON SI VEDEVANO AD OCCHIO NUDO?
3. COME SONO ARRIVATI AL MICROSCOPIO OTTICO?

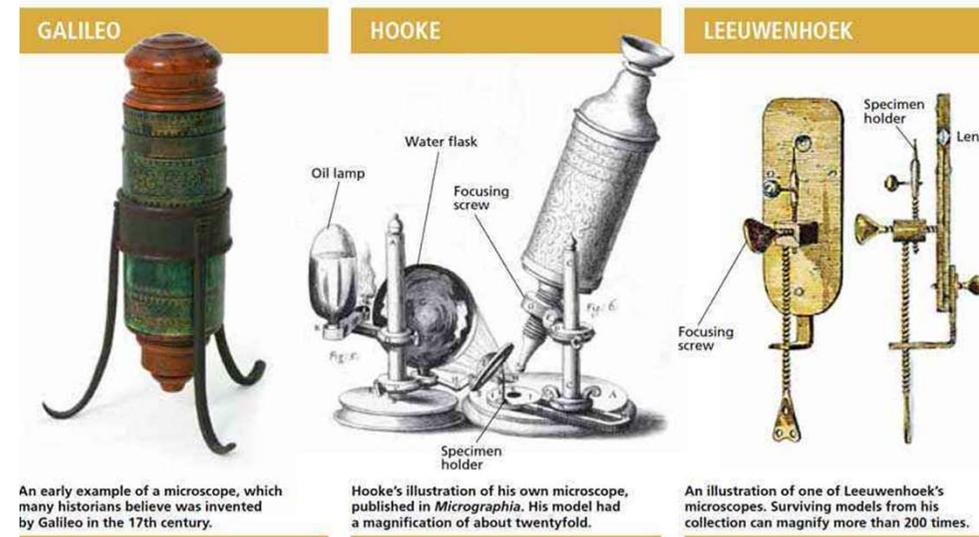
dal diario di Lucrezia

Come compito per casa si chiede agli studenti di elaborare una linea del tempo che metta in evidenza lo sviluppo di strumenti idonei all'osservazione del mondo microscopico

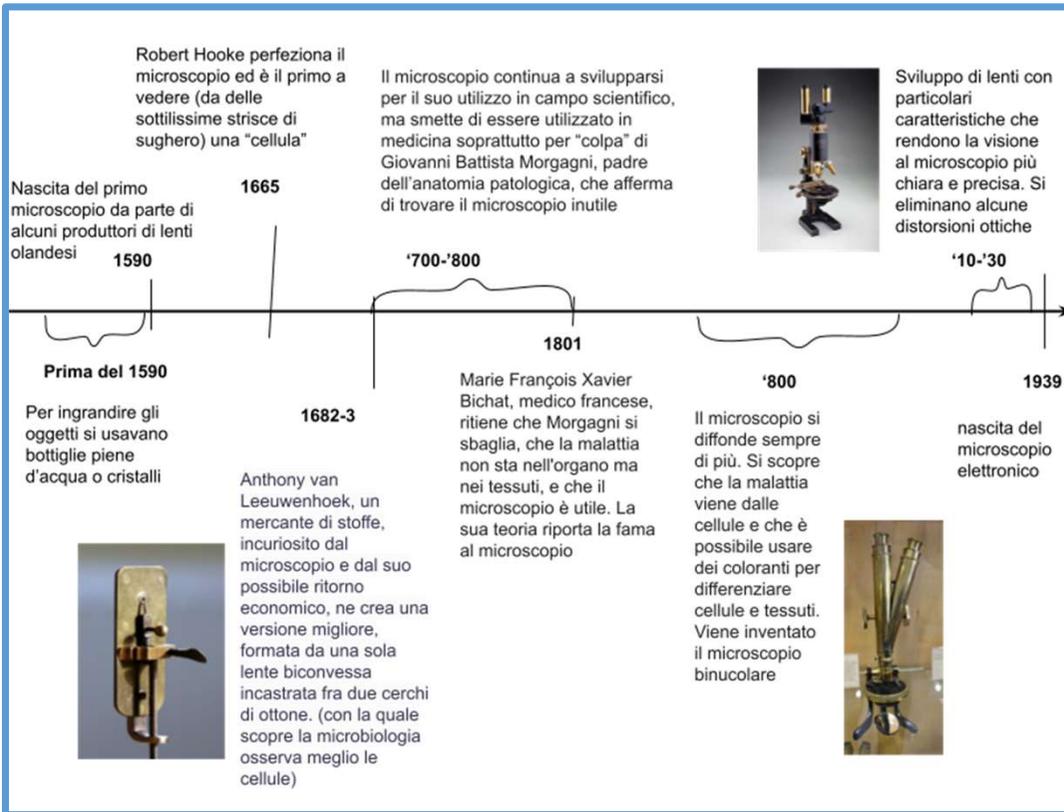
LA NOSTRA LINEA DEL TEMPO:

- ✓ **1590:** microscopio produttori olandesi i Jansen, ingrandisce 30 volte
- ✓ **Fine 1500** Galileo Galilei fece l'occhialino; Galileo Galilei fece il primo microscopio composto, grazie al costruttore Campani
- ✓ **1664-1665** Robert Hooke migliora il microscopio, ingrandimento fino a 30 volte
- ✓ **1668** Antoni van Leeuwenhoek ingrandimento fino a 266 volte
- ✓ **1684** Antoni van Leeuwenhoek scopre gli "animalculi"
- ✓ **1800** teoria microbica di Robert Koch
- ✓ **1800-1900** microscopi ottici sofisticati

dal diario di Olivia



<https://www.vitantica.net/2018/04/18/nascita-del-microscopio-ottico/>



dal diario di Beatrice

Comunque, prima di proseguire abbiamo esplorato la storia del microscopio:

Questa ha inizio nel 1590 circa in Olanda, dove nelle vetrerie si cominciò a costruire lenti di ingrandimento.

Nel 1625, Giovanni Faber terminò un primo modello di microscopio grazie a delle osservazioni di Galileo.

In seguito, Robert Hooke pubblicò nel 1665 il libro "Micrographia", dove descrive pezzi di sughero abbastanza sottili da essere attraversati dalla luce, che, visti attraverso un microscopio composto (ovvero con più sistema di lenti), erano divisi in tante piccole celle a cui dette il nome di "cellule". Tuttavia, si verificavano aberrazioni sferiche e cromatiche a causa della poca raffinatezza delle lenti.

Nello stesso periodo, Antoni van Leeuwenhoek osserva molti altri oggetti con un microscopio semplice (ovvero con un solo sistema di lenti). Questo, però, aveva ancora un aspetto ben diverso da quello moderno: infatti, l'oggetto era messo sulla punta di un ago da allontanare e avvicinare per la messa a fuoco e lo si doveva vedere attraverso una piccolissima lente quasi sferica.

Van Leeuwenhoek era un mercante di seta e cominciò ad usare questo strumento per verificare la qualità effettiva dei suoi tessuti. Oltre a questo, riuscì a vedere i primi microrganismi e li chiamò "animalcula", "piccoli animali".

dal diario di Federico

Descrizione del percorso didattico

Fase II - La scoperta del mondo microscopico

Obiettivo: acquisire le competenze tecniche per l'utilizzo del microscopio

Attività 2: il microscopio ottico: struttura ed utilizzo



La lezione si svolge nel laboratorio di biologia allestito con 12 microscopi sui banconi.

Si comincia con la descrizione del microscopio ottico. Si fornisce agli studenti un vetrino con un piccolo pezzo di carta millimetrata che costituirà la prima esperienza di osservazione per acquisire dimestichezza con lo strumento.

Gli studenti lavorano in coppia e imparano a mettere a fuoco e a ingrandire il preparato. Si chiede loro di misurare il campo visivo ai vari ingrandimenti, perché questo si rimpicciolisce progressivamente e diventa più difficile mettere a fuoco ad ingrandimenti maggiori.

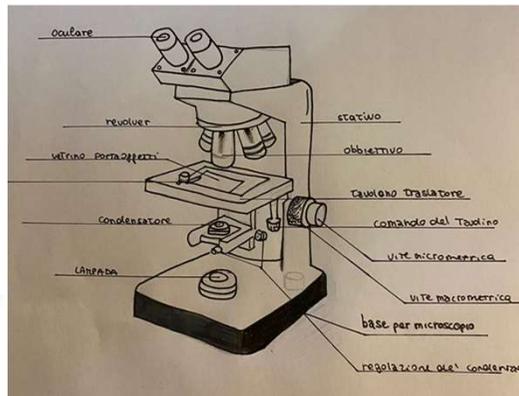
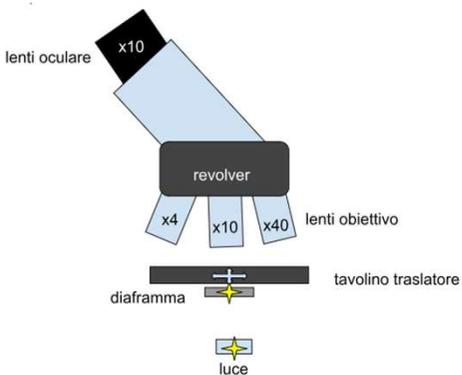
Gli studenti lavorano con serietà, c'è grande curiosità nell'utilizzo di questo strumento che molti non avevano mai usato.

dal diario dell'insegnante

Gli studenti con i loro mezzi riproducono sul diario di bordo il microscopio nominando le parti che lo compongono

Il microscopio è in grado, grazie a delle lenti, di ingrandire ciò che stiamo osservando: noi osserviamo attraverso le lenti oculari con un ingrandimento fisso di x10 che va moltiplicato con l'ingrandimento delle lenti obiettivo che sono in grado di girare grazie al revolver; il tavolino traslatore si muove su tutte e tre gli assi; il diaframma è in grado di aprirsi o chiudersi per regolare quanta luce è necessaria per osservare l'oggetto.

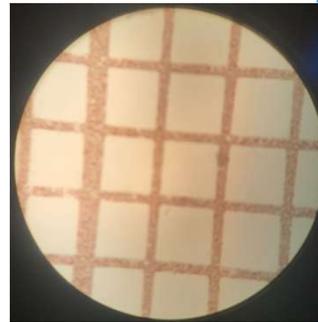
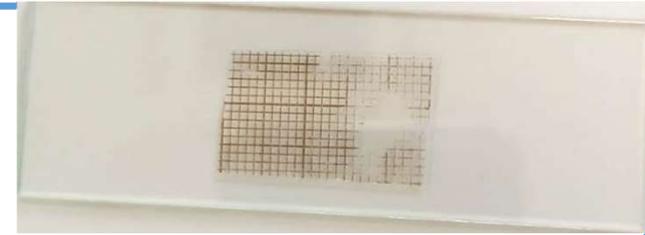
dal diario di Marco



In questa lezione ci siamo concentrati sullo sviluppo della familiarità con il microscopio.

Prima di cominciare, però, abbiamo ripassato il procedimento per usarlo correttamente:

- 1. si prende un vetrino portaoggetto tenendolo per i lati oppure con un pezzo di carta dal basso;*
- 2. si mette sopra il vetrino portaoggetto l'oggetto da analizzare;*
- 3. si copre l'oggetto da analizzare il coprivetrino;*
- 4. si posa il tutto sul tavolino portaoggetti del microscopio;*
- 5. si attacca la spina del macchinario alla corrente;*
- 6. si sceglie la lente da usare (4x, 10x o 40x), anche se si è soliti iniziare dall'obiettivo a più basso ingrandimento; poi, senza spostare il tavolino traslatore, si passa all'ingrandimento maggiore;*
 - 1. si mette a fuoco;*
 - 2. si regola la posizione del tavolino portaoggetti affinché si possano osservare tutte le aree dell'oggetto da analizzare.*



Dopodiché, per sperimentare la potenza d'ingrandimento delle lenti, abbiamo osservato dei fogli di carta millimetrata. Tramite un microscopio Optika trinoculare, era possibile vedere circa 4 quadretti (4 mm) con la lente 4x, due in aggiunta ad un piccolo terzo di quadretto (circa 2 mm) con la lente 10x e metà quadretto (0,5 mm) con quella 40x.

dal diario di Federico

Considerando i dati ottenuti nella lezione precedente sul campo visivo ai diversi ingrandimenti del microscopio capiamo che non ha senso continuare ad usare i millimetri (mm) ma conviene utilizzare i micrometri (μm). $1\mu\text{m} = 1000 \text{ mm}$ (i microrganismi hanno un ordine di grandezza di circa 200/100 μm). Ad esempio il campo visivo all'ingrandimento 400x è 0,5 mm, quindi un oggetto grande circa il 1/5 del campo visivo sarebbe grande 100 μm .

dal diario di Beatrice

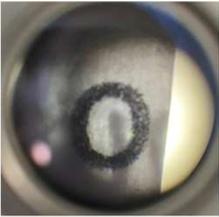
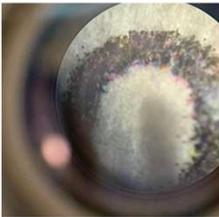
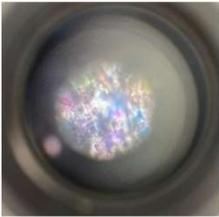
*La professoressa ci ha poi spiegato che il **potere risolutivo** (la distanza minima tra due oggetti sufficiente per distinguerli come separati) dell'**occhio umano** è di **0,2 mm**, mentre quello del **microscopio** è approssimativamente della **millesima parte del mm** (circa 0,2 μm).*

dal diario di Serena

Descrizione del percorso didattico
Fase II - La scoperta del mondo microscopico

Attività 3: osservazioni al microscopio ottico: lettere di giornale, filo di lana, acqua stagnante e infusi vegetali

La lettera di giornale

<i>ingrandimento</i>	<i>cosa si vede</i>	<i>foto</i>
40x	<i>Rispetto alla visione senza microscopio si distinguono i diversi punti neri che fanno parte della lettera. Tuttavia si vede ancora bene che i punti sono posti secondo una linea definita. Il campo visivo è sufficientemente ampio affinché si riesca a osservare la lettera intera.</i>	
100x	<i>Si vedono altri colori rispetto al nero e non è possibile vedere tutta la lettera intera.</i>	
400x	<i>I diversi colori si distinguono ancora meglio e si riesce a vedere solamente una piccola parte della "o". Non si riesce a mettere a fuoco l'intero campo visivo, ma solo un piano alla volta</i>	

Oggi siamo andati in laboratorio di biologia. Per prima cosa abbiamo osservato da un microscopio una lettera di giornale ingrandita. La prima cosa che abbiamo notato è che la lettera (una a) si vedeva capovolta e ribaltata: a 100x la lettera si vedeva precisa interamente al microscopio, quindi la abbiamo stimata essere grande circa 2x2 mm.

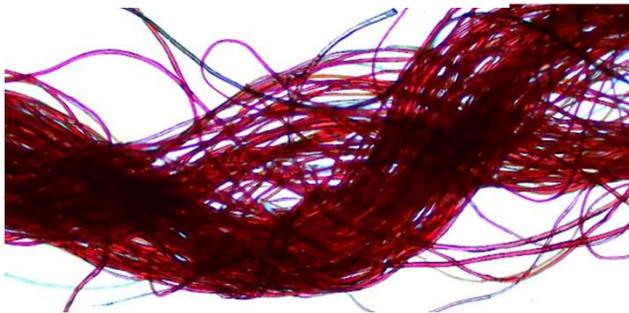
A 400x non è più visibile la lettera intera ma solo una striscia di inchiostro a macchie. La professoressa ci ha spiegato che lo stato di inchiostro non era omogeneo probabilmente perché la lettera era stata stampata con una stampante a getto, ovvero che “spara” degli spruzzi di inchiostro per stampare.

Inoltre si nota che la carta non è completamente liscia ma ha una specie di texture.

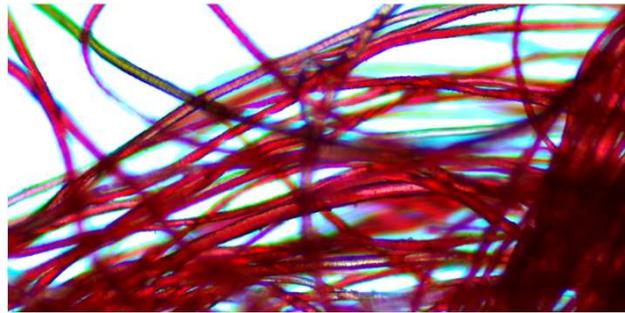
dal diario di Beatrice



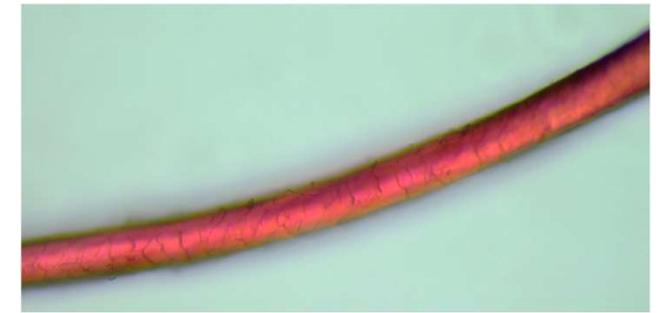
Il filo di lana



Ad ingrandimento 40x si può notare come il filo di lana sia in realtà composto da decine di altri fili incastrati tra loro. Inoltre, essendo un oggetto molto tridimensionale (spesso) e non essendoci un vetrino coprioggetto a schiacciarlo, alcuni fili risultano a fuoco mentre altri no.



Ad ingrandimento 100x non si riesce più a vedere l'intero pezzo di lana, ma solo alcune parti dei filini di cui è composto. Inoltre si inizia già a notare che i filini sembrano essere composti da delle scagliette



Ad ingrandimento 400x inizia a diventare difficile trovare il giusto fuoco per via della tridimensionalità del filo di lana e del campo visivo molto ridotto. Però con questo ingrandimento è ancora più evidente come i filini siano composti da delle piccole scaglie.

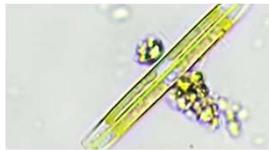
Acqua stagnante e infusi vegetali... gli 'animalcula' di van Leeuwenhoek



Copepode:

Piccolo crostaceo.

In questo caso è morto.

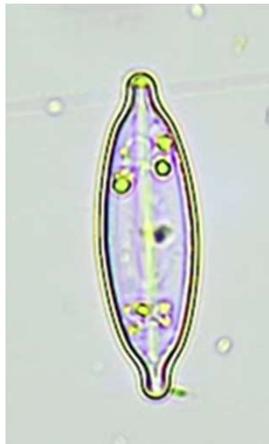


Diatomea:

Microrganismo dal guscio che può essere siliceo. Può assumere varie forme (in immagine 3 tipi).



Rotifero



Si chiede agli studenti di preparare degli infusi con un po' di erba secca e terriccio, ma anche di prelevare piccole quantità di acqua stagnante da pozze che possono trovare vicino casa o nei parchi cittadini. Normalmente questi campioni sono ricchi di microrganismi tra cui abbondano i protisti, piccole larve, rotiferi, alghe. Si dedicano diverse ore di lezione alle osservazioni, cercando di trovare gli elementi che possano condurre ad una prima classificazione, sia pure senza pretesa di entrare nel dettaglio.



Oggi abbiamo osservato un campione di acqua stagnante al microscopio. ci siamo divisi in gruppi come i giorni precedenti e abbiamo osservato una goccia d'acqua, ognuno con obiettivi 4x, 10x e 40x.

Con il massimo ingrandimento abbiamo notato piccole alghe e residui di batteri.

*Principalmente i microrganismi che abbiamo osservato muoversi erano **parameci e diatomee di diversa forma.***

dal diario di Eva

dal diario di Carlo

Acqua stagnante e infusi vegetali... gli 'animalcula' di Van Leeuwenhoek

(...) oltre ai soliti organismi ne è stato trovato uno nuovo: **un'ameba**, visibile nell'immagine a fianco e nel video.

L'ameba è un microrganismo molto particolare e difficile da notare, soprattutto quando non si muove, perché non ha delle pareti esterne molto marcate come le diatomee, ma ha solo una membrana a contenere il citoplasma (il liquido trasparente visibile all'interno) e ciò che vi è contenuto all'interno.



dal diario di Beatrice



È importante evidenziare come nelle acque di stagno osservate siano presenti, oltre a organismi cellulari, anche **piccole alghe**, come si vede dalle foto. Ma anche terriccio e piccoli detriti.

La forma dell'alga può variare. In questo caso è circolare, ma come si vedrà nella foto che inserisco di seguito, può essere anche simile ad un filo.

dal diario di Duccio



L'immagine ci mostra quello che secondo le nostre ricerche potrebbe essere un **volvox**, un organismo coloniale che si muove compiendo movimenti circolari, che non avevamo mai visto. Già Antoni Van Leeuwenhoek aveva osservato il volvox che non è altro che una colonia di alghe unicellulari accoppiate.

Il volvox ha coppie di flagelli, ovvero delle ciglia più lunghe.

dal diario di Biagio



Acqua stagnante e infusi vegetali... gli 'animalcula' di van Leeuwenhoek

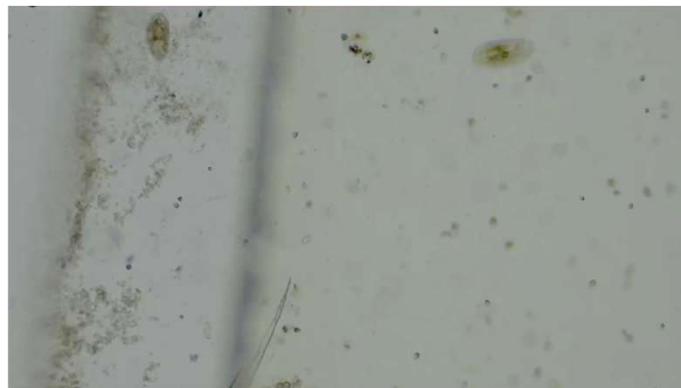
Nel campione che io ho osservato ho notato la presenza di diatomee e molti batteri che abbiamo classificato in base alla forma in bacilli, se hanno forma allungata, e cocci se sono tondi.

dal diario di Alessandro



I microrganismi unicellulari che abbiamo osservato possono prendere diversi nomi in base alle loro caratteristiche. Se presentano delle ciglia prendono il nome di ciliati. Le diatomee hanno uno scheletro siliceo. Abbiamo osservato degli ossiuri, dei rotiferi, una chlamydomonas, che si muove dentro una bolla, delle amebe, alghe, parameci, e un'alga azzurra che si chiama spirulina ed è un'alga coloniale.

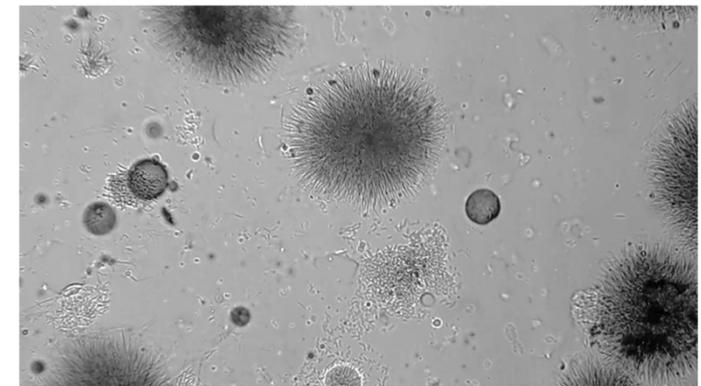
dal diario di Giulia



Parameci che mangiano



Un'ameba fugge la luce



Una muffa circondata da batteri

Descrizione del percorso didattico

Fase III - La generazione spontanea dei microrganismi

Obiettivo: allestire una verifica sperimentale, una *sensata esperienza*, che spieghi l'origine dei microrganismi

Attività 1: dibattito su come progettare una esperienza sulla generazione spontanea dei microrganismi

Le osservazioni stimolano molte domande negli studenti. Giuseppe si chiede da dove vengano questi microrganismi, Niccolò risponde che i batteri vengono fuori da scissione binaria di altri batteri (lo ha studiato alle medie); chiedo loro se nel 1700 sarebbe stata questa la risposta, molti dicono di no, la risposta sarebbe stata "per generazione spontanea". Con la scoperta dei microrganismi la teoria della generazione spontanea, infatti riprese vigore. Chiedo come possiamo progettare un esperimento per verificare o smentire la teoria. Tommaso propone di fare un esperimento simile a quello di Redi ma con l'acqua distillata. Chiedo come farebbe e lui propone di sterilizzare l'acqua e poi lasciare un barattolo aperto e uno chiuso. Discutiamo sul fatto che forse l'acqua distillata non è molto appetibile per i batteri, si arriva a proporre di usare il brodo.

La consegna è di preparare un brodo di carne da portare a scuola, alcuni faranno l'esperimento a casa. Il brodo va sterilizzato e poi un barattolo sarà lasciato aperto e uno sarà chiuso.

dal diario dell'insegnante

Le osservazioni al microscopio ci hanno indotto a riflettere su quanto ci sembri strano che esseri del genere non abbiano un cervello e che tutti i movimenti che compiono siano del tutto automatici perché vedendo il loro movimento e come si nutrono sembra il contrario (quasi un comportamento umano).

Inoltre ci siamo posti la seguente domanda:

Come nascono gli animalculi?

Nel '700 la prima ipotesi che si diedero fu la generazione spontanea poiché si trattava di esseri così piccoli.

SE NOI DOVESSIMO FARE UN ESPERIMENTO PER CONFUTARE/AVVALORARE LA GENERAZIONE SPONTANEA DEI MICRORGANISMI, COME LO ALLESTIREMMO?

dal diario di Lucrezia

La generazione spontanea vale per la biodiversità nell'acqua? Da dove provengono gli organismi viventi? Come potremmo capirlo?

Abbiamo pensato che:

- *no, non avviene la generazione spontanea, infatti gli esseri viventi arrivano dall'esterno*
- *se noi facessimo la distillazione dell'acqua in un sistema chiuso sterilizzato otterremo acqua senza vita.*

Idee per poter capire da dove provengono gli organismi viventi:

- *prendiamo uno dei nostri infusi, lo facciamo bollire per sterilizzarlo e lo chiudiamo*
- *potremmo mettere qualche nutriente, per velocizzare il processo; potremmo prendere un brodo di carne; abbiamo specificato che la carne al suo interno non contiene batteri, solo se la lasciamo un po' di tempo all'aperto avrà i batteri, ma solo sulla superficie.*

Dobbiamo avere:

- *due recipienti sterili*
- *un brodo privo di organismi*
- *due barattoli, uno da tenere aperto, l'altro chiuso*

Ci aspettiamo che in quello aperto nasceranno degli organismi viventi, mentre in quello chiuso no.

dal diario di Giulia

Abbiamo terminato le osservazioni ed abbiamo introdotto il dibattito che si era scatenato nella comunità scientifica per decidere se i batteri si generano spontaneamente oppure se venivano da un altro luogo. Come abbiamo fatto per gli insetti, abbiamo cercato un modo per realizzare un esperimento per chiarire da dove venissero i microrganismi: abbiamo pensato a dei barattoli, uno aperto e uno chiuso, che poi avremmo dovuto sterilizzare, per osservare ciò che sarebbe accaduto. E' stato però contestato che il barattolo chiuso potrebbe non contenere sufficiente aria per lo sviluppo dei microrganismi, quindi abbiamo deciso di realizzare un altro campione di brodo di coltura che deve essere sterilizzato poi contaminato e subito dopo chiuso, in modo da capire se nel barattolo chiuso l'aria necessaria è sufficiente a far crescere i microrganismi.

dal diario di Marco

Descrizione del percorso didattico

Fase III - La generazione spontanea dei microrganismi

Si sollecita una riflessione sul concetto di sterilità: è sterile un campione o un brodo di coltura nel quale siano stati uccisi tutti i microrganismi o meglio, in generale, le forme di vita presenti. In ultima analisi, dimostrare che si possa ottenere un brodo di coltura **sterile** equivale a dire che la generazione spontanea dei microrganismi non è possibile.

I ragazzi hanno un'idea intuitiva di cosa possa significare 'sterile', ma non di quali siano le tecniche per ottenere l'uccisione dei microrganismi che contaminano l'ambiente che ci circonda. Si presenta quindi la tecnica di sterilizzazione con calore umido che si ottiene in autoclave col vapore saturo. Autoclave è un termine generico che viene usato per indicare un contenitore a chiusura ermetica nel quale sia possibile avere una pressione interna superiore alla pressione ambiente: se si porta l'acqua in ebollizione ad una pressione superiore di 1 atmosfera rispetto alla pressione ambiente, la temperatura di ebollizione dell'acqua arriva a 121°C ed in 5 -10 minuti si ha la distruzione della maggior parte delle forme batteriche.

dal diario dell'insegnante

Infine bisogna sterilizzare i contenitori. Per farlo a scuola abbiamo a disposizione un'autoclave, ovvero una macchina che espone ciò che ci si mette all'interno ad alte temperature per uccidere il maggior numero possibile di microrganismi. È dotata di un coperchio simile a quello delle pentole a pressione, in quanto vuole raggiungere temperature anche molto superiori ai 100°C e può arrivare fino ad una pressione di circa 2 atmosfere (quindi circa un'atmosfera più della pressione normale).

dal diario di Beatrice

Il processo di uccisione dei microrganismi è concesso dall'autoclave, un macchinario simile ad una pentola a pressione: un coperchio racchiude un cesto forato inserito all'interno di un contenitore in acciaio al cui fondo è presente un sottile strato di acqua, che, riscaldata, bollerà. Il vapore acqueo trasmetterà il suo calore all'oggetto dentro la cesta, che si sterilizzerà.

dal diario di Federico



Descrizione del percorso didattico

Fase III - La generazione spontanea dei microrganismi

Obiettivo: ricreare il contesto di una scoperta

Attività 2: ricostruzione (inconsapevole) dell'esperienza di Spallanzani

Il dibattito delle lezioni precedenti porta alla costruzione di un esperimento che ripropone una strategia simile a quella della famosa esperienza di Lazzaro Spallanzani, anche se in realtà i ragazzi non la conoscono.

Per rendere visibili i risultati ottenuti sulla generazione spontanea dei microrganismi anche a occhio nudo, si mette a punto un protocollo sperimentale che metta in evidenza una eventuale contaminazione batterica

1. preparare del brodo di carne (preparazione domestica o in brick)
2. aggiungere 0,5 mL di soluzione di rosso fenolo in etanolo 2,9 g/L per 100 mL di brodo
3. controllare il pH e portare ad un valore tra 7.0 e 7.4 con NaOH
(possibilmente con pHmetro o regolandosi con indicatore e con cartina tornasole)
1. dividere il brodo in due aliquote in beute con tappo in cotone
(beute da 250 mL con 100 mL di brodo) e autoclavare per 15 min a 121°C
1. lasciar raffreddare e lasciare una beuta aperta e una chiusa
2. aspettare 5-7 giorni

RISULTATO:

La beuta aperta si presenta più torbida e con un colore nettamente diverso rispetto a quella chiusa. La crescita batterica ha determinato l'acidificazione del terreno.

dal diario dell'insegnante





...A CASA

Oggi, a casa ho realizzato l'esperimento del brodo: come prima cosa ho sterilizzato 3 barattoli vuoti, inserendoli in una pentola piena di acqua, portata ad ebollizione. In ognuno di questi ho inserito circa la stessa quantità di brodo caldo. Il primo barattolo l'ho tappato con una garza realizzata con ovatta e una benda. Il secondo l'ho chiuso con il tappo e il terzo l'ho lasciato aperto. Dopodiché ho collocato i barattoli in un ambiente esterno, riparato dalla pioggia e il vento. dal diario di Olivia

...A SCUOLA

In questa lezione abbiamo visto i risultati dell'esperimento con il brodo di carne:

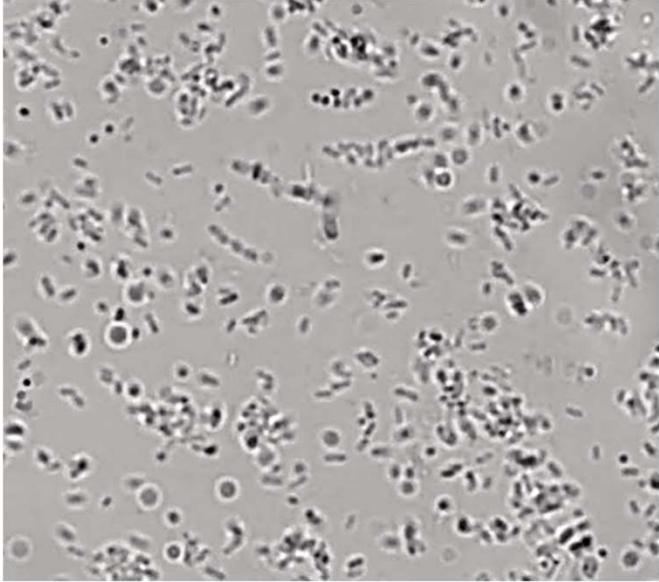
- Un recipiente è sempre rimasto aperto;
- Un recipiente è sempre rimasto sigillato;
- Un recipiente è sempre rimasto tappato da del cotone, di modo da permettere l'accesso solo all'aria;
- Un recipiente è stato sigillato, poi aperto sotto il cono di aria sterile prodotto da un fornello ad alcool, reinfettato (per essere sicuri che fossero presenti microrganismi) ed infine risigillato, per capire se l'aria all'interno dei contenitori utilizzati è sufficiente alla crescita dei microrganismi.



Recipiente	Torbidità	Altre caratteristiche
Sempre aperto	Sì	Si sono sviluppate muffe verdi che hanno rilasciato spore; ha cambiato colore.
Chiuso con filtro di cotone	No	//
Sempre chiuso	No	//
Chiuso, aperto e richiuso	Sì	Ha cambiato colore.



dal diario di Federico



A questo punto abbiamo osservato al microscopio una goccia presa da entrambe le beute.

Osservazione:

brodo nella beuta chiusa—> nessun tipo di essere vivente

brodo nella beuta aperta—> grande pullulare di batteri e, probabilmente muffa

A questo punto ognuno, dopo aver osservato i batteri, che la professoressa ci ha detto essere bacilli, ha cercato di contare quanti ne riusciva a mettere in fila all'interno del campo visivo.

Conoscendo la grandezza del campo visivo di ogni ingrandimento, è bastato dividere il diametro del campo visivo per il numero di bacilli messi in fila.

Con l'ingrandimento a 400X (diametro di 0,5mm=500 micrometri) io ho calcolato una fila di 80 bacilli circa, perciò ognuno dovrebbe corrispondere a: $500 \text{ micrometri} / 80 = 6,26 \text{ micrometri}$

dal diario di Olivia

Comunque, per dimostrare la presenza dei microrganismi (che sono batteri), si possono utilizzare, oltre che i brodi liquidi, terreni solidi o agarizzati: ci siamo infatti serviti di alcune capsule Petri, composta da due coperchi di vetro (uno appoggiato sopra l'altro di modo da far circolare aria) i quali racchiudevano un brodo colturale e ancora sterile reso solido grazie ad una gelatina, l'agar. Prima di aprirle, però, abbiamo dovuto avvicinarle ad un fornellino ad alcool per evitare che alcuni microrganismi esterni le inquinassero (...)

In conclusione, con questa esperienza è stata provata l'inesattezza della teoria della generazione spontanea: se i microrganismi non ci sono in principio o non arrivano nel terreno analizzato, allora mai potranno proliferare.

dal diario di Federico



Descrizione del percorso didattico

Fase III - La generazione spontanea dei microrganismi

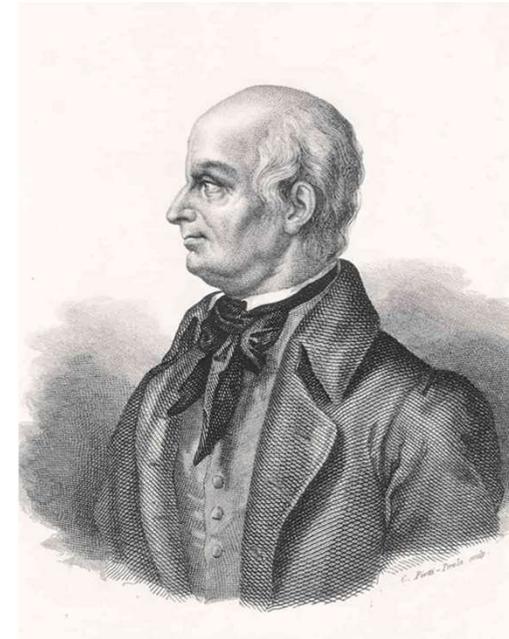
Obiettivo: ricostruzione storica del contesto in cui fu dibattuta la generazione spontanea dei microrganismi

Attività 3: le dispute scientifiche nel 700: Needham contro Spallanzani

Si riprende la ricostruzione storica degli esperimenti che sono stati fondamentali per chiarire se per i microrganismi la generazione spontanea sia possibile o meno.

A questo scopo vengono individuati brevi brani dalle pubblicazioni di Spallanzani e degli altri scienziati del '700, che mettono in evidenza non soltanto gli aspetti tecnici che hanno portato alla costruzione delle prove sperimentali contrarie alla generazione spontanea, ma anche il procedere della conoscenza attraverso vere e proprie dispute, con prove e controprove, come quella tra Spallanzani e Needham.

I risultati di Spallanzani sono riuniti nel 'Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' signori di Needham e Buffon' del 1765 ed ebbero un certo impatto sulla comunità scientifica, anche se lo scienziato italiano abbandonò la disputa nel 1771. Infatti, pur mettendo in evidenza gli aspetti critici necessari a dare una risposta sulla generazione spontanea dei 'germi', rimanevano ancora alcune questioni aperte che riguardavano la riproducibilità degli esperimenti, conseguenza dei rudimentali metodi di sterilizzazione con il calore usati all'epoca, ma soprattutto il ruolo dell'aria. Per questa ragione il dibattito rimarrà aperto ancora per quasi un secolo.



Se possibile, i brani di Spallanzani sono scritti in un italiano ancora più complesso rispetto a quelli di Redi, ma attraverso la lettura e l'interpretazione in classe si cercano di ricostruire gli aspetti salienti che hanno caratterizzato il dibattito e la costruzione delle prove sperimentali che ricordano nei loro aspetti fondamentali quelle analizzate in laboratorio dai ragazzi.

Il movimento della maggior parte di essi, – scrive Leeuwenhoek, in una lettera diretta alla Royal Society di Londra, – così sciolto e vario, è meraviglioso a vedersi; penso che alcune di queste creature siano mille volte più piccole delle più piccole che io abbia mai scorto sulla crosta del formaggio, nel fiore della farina e nella muffa...

Forse, – dice Buffon, – fra gli animali e i vegetali ve ne sono sia di quelli che si riproducono grazie alla fortuita combinazione di molecole organiche, sia di quelli che possono riprodursi attraverso una successione costante di generazioni: a questi ultimi va applicato l'assioma degli antichi: «Corruptio unius, generatio alterius».

Risparmiare inutili perdite di tempo a chi coltiva le scienze, significa contribuire al loro progresso; mi sento quindi in dovere di dire a certi ricercatori che non basta avere un buon microscopio per fare osservazioni che meritino il nome di scoperte. È ormai acquisito che qualsiasi sostanza organizzata contiene un'infinità di molecole organiche viventi, e presenta ancora, dopo decomposizione, le stesse particelle viventi; si sa inoltre che queste molecole organiche non sono veri animali, e che in questo genere di esseri microscopici vi sono altrettante varietà e gradazioni quante la natura ha messo in tutte le altre sue creature. È quindi chiaro che le scoperte che si possono fare al microscopio si riducono a ben poco, giacché con l'occhio della mente e senza microscopio si può vedere l'esistenza reale di tutti questi piccoli esseri, di cui è inutile occuparsi partitamente.

(...) la prof ha continuato la lezione leggendo un pezzo di una lettera di Leeuwenhoek alla Royal Society di Londra.

Parlava di come aveva visto al microscopio microrganismi più piccoli di quelli del formaggio o della muffa. Nella lettera si chiedeva se i microrganismi si formassero da soli in ambienti simili o da dove arrivassero.

diario di Anna

Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707 - 1788), filosofo naturalista opposto agli scienziati sperimentali, intervenne sminuendo l'importanza delle osservazioni al microscopio e sostenne l'ipotesi della generazione spontanea, la cui frase meglio esplicativa era: "Corruptio unius, generatio alterius" (traduzione letterale: "La decomposizione di uno, la generazione di altri"). Inoltre, Buffon era fermamente convinto che l'osservazione al microscopio fosse una perdita di tempo, poiché i microrganismi erano già immaginabili con il pensiero.

diario di Federico

BUFFON (1707-1788) *pensa che gli infusori provengano direttamente dalle sostanze in decomposizione e sostiene addirittura che l'osservazione al microscopio è inutile: per vedere gli infusori, basta immaginarli nella propria mente.*

diario di Eva

Tuttavia il suo allievo, John Turberville Needham (1713 - 1781), più incline allo sperimentalismo ed alla micrografia, mise alla prova la generazione spontanea con un celebre esperimento: versando del brodo di montone su cenere calda, lo tappa. In questa maniera, il calore della cenere avrebbe sterilizzato il brodo e l'ambiente all'interno del barattolo, ed era possibile vedere se esistessero microrganismi capaci di nascere da materiale morto.

L'esito provò la tesi della generazione spontanea poiché si era comunque creata la vita: di conseguenza, non poteva che esistere una forza vitale. Gli oppositori, però, attaccarono aspramente Needham accusandolo di disonestà ed aver mentito.

Anzi a procedere con più rigore, e a togliere qualunque velamento di dubbio, che contro queste esperienze potesse insorgere, uopo sarebbe supporre al fuoco eziandio l'interior aria de' chiusi vasi, acciocché ivi perdersersi i volanti ovetti, semai là dentro qualcuno vi soggiornasse. Che se bollite le materie ne' vasetti rinchiusi, bollito l'aere interiore, e tolta la comunicazione di questo coll'esteriore, ciò non ostante al disserrarsi de' vasi vi si trovassero vivaci gli animaletti, questo sarebbe un argomento a disfavore dell'uova tanto efficace, ch'io non saprei qual risposta potesse addursi dai lor Fautori ¹.

dal diario di Federico

Lo scienziato Spallanzani (1729-1799) svolse numerose osservazioni al microscopio e ripeté l'esperienza di Needham perché non credeva che fosse giusto che venisse considerato un truffatore.

In particolare mentre ripeteva l'esperienza di Needham cercò di migliorare gli aspetti critici: riscaldamento e chiusura. Spallanzani giunge alla conclusione che, per come Needham ha svolto l'esperienza, si generano dei microrganismi, invece se il brodo di montone viene riscaldato maggiormente e il contenitore viene chiuso con più accuratezza non si ha la generazione spontanea dei microrganismi. Il suo esperimento venne però contestato dai contemporanei a causa di un problema relativo all'aria interna al barattolo.

dal diario di Giulio

Needham, nelle successive pubblicazioni, non si dimostra per nulla "scosso" dalle esperienze di Spallanzani, al contrario continua a difendere la propria teoria sulla forza vegetale; inoltre afferma che Spallanzani, modificando le condizioni alle quali le infusioni erano sottoposte, non hanno permesso la generazione dei microrganismi, di conseguenza ha falsato gli esperimenti.

Secondo lui, la cottura ad una temperatura troppo elevata da un lato, ha annientato la forza vegetale, dall'altro, ha snaturato l'aria presente nella boccetta, in modo tale che non fosse più in grado di generare microrganismi.

dal diario di Federico

✦ Non ho ancora trovato alcuna ragione per mutare le mie idee sull'origine degli animaletti in questione. Ho più volte ripetuto da allora le stesse esperienze con gli stessi risultati, e da poco tempo a questa parte un professore di Reggio mi ha scritto d'aver fatto esattamente le stesse osservazioni, cui ne ha aggiunte parecchie altre che confermano le mie idee in proposito. Egli conta di pubblicarle quanto prima sotto forma di lettere.

Spallanzani disse inoltre che se queste due azioni fossero state svolte correttamente e non avrebbero prodotto i risultati da lui sperati, allora avrebbe ammesso l'indiscutibilità di quanto detto da Needham. In aggiunta, fece anche una controprova: forò la bacinella in cui mise il brodo, notando che entravano i batteri. Ad ogni modo, fu lui stesso a dichiarare che questa non costituisce una prova definitiva per confutare la generazione spontanea.

Tornando poi all'esperimento di Needham e a Spallanzani, quest'ultimo affermò che l'esperimento non era riuscito per due motivi principali:

- 1. Un riscaldamento insufficiente per la sterilizzazione completa del brodo*
- 2. Una chiusura manchevole*

dal diario di Biagio

*Siamo poi arrivati a **Spallanzani** (Scandiano 1729 - Pavia 1799), il quale utilizzò il microscopio semplice.*

Inizialmente Spallanzani era neutro riguardo la generazione spontanea, poi confrontandosi con Needham volle verificare se questi avesse o no ragione.

Per prima cosa individuò i fattori critici nelle esperienze di Needham. I fattori critici riguardavano:

- Il **riscaldamento**: 2 minuti sulla cenere calda non erano sufficienti a sterilizzare completamente il contenitore.*
- La **chiusura**: il tappo in sughero può essere attraversato dall'aria e quindi compromettere l'esperimento.*
- L'**aria**: riscaldandosi si dilata e raffreddandosi si restringe, quindi dopo riscaldamento e raffreddamento nel contenitore troviamo una situazione di bassa pressione in cui non è possibile lo sviluppo di organismi.*

Spallanzani quindi fece delle modifiche (riscaldamento di 1 ora sul fuoco ed un tappo sigillato col fuoco) e non si sviluppò nessun organismo.

Spallanzani però sottopose al fuoco pure l'aria, quindi uccise qualsiasi "ovetto volante" presente all'interno dell'aria.

dal diario di Carlo

Nel 1770 Spallanzani decise di abbandonare la discussione, poiché non riusciva ad arrivare ad una conclusione precisa, non avendo sufficienti prove che lo convincessero. Soltanto un esperimento con esito negativo avrebbe messo tutto il suo ragionamento in discussione.

dal diario di Giulia

Descrizione del percorso didattico

Fase III - La generazione spontanea dei microrganismi

Obiettivo: ricreare il contesto di una scoperta

Attività 4: la soluzione del problema: esperienza di Pasteur

Dalla narrazione sono emerse le critiche rivolte a Spallanzani che riguardano il riscaldamento eccessivo che avrebbe fatto perdere la forza vitale e l'elasticità dell'aria; si chiede agli studenti come si potrebbe progettare un esperimento mirato a ovviare a questo problema.

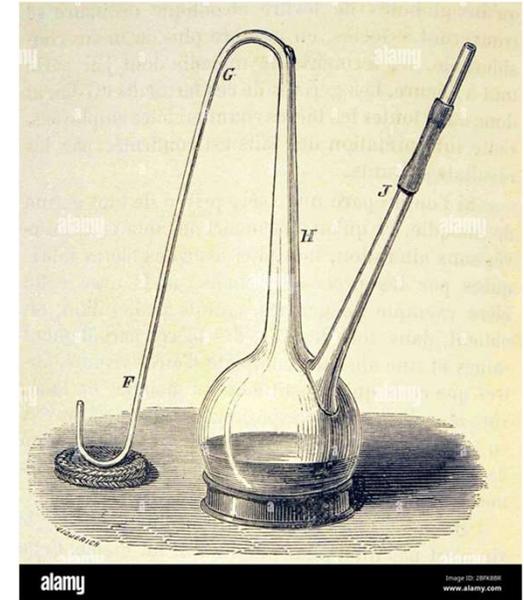
Biagio propone di operare sotto una campana di vetro in cui c'è una fonte di calore, ad esempio una candela, per sterilizzare l'aria che poi potrebbe essere convogliata attraverso un tubicino nella beuta con tappo forato. In ogni caso però l'aria verrebbe riscaldata e "corrotta" e quindi il problema non si risolverebbe.

Si discute su possibili altri metodi per far sì che il brodo sterilizzato entri in contatto con l'aria ma senza che questa trasporti microrganismi, tuttavia non si arriva ad una soluzione e quindi si rende necessario guidare il dibattito.

Si riflette sul fatto che questi "ovetti volanti" circolano nell'aria e quindi vanno arrestati in qualche modo. Si riproduce con semplici strumenti (una beuta con il tappo forato e un tubicino di vetro o di plastica piegato ad S) l'esperienza di Pasteur con il pallone con il "collo di cigno".

Come nelle attività precedenti, si individuano alcuni frammenti originali dal discorso di Louis Pasteur 'Sulle generazioni spontanee' tenuto durante le giornate scientifiche della Sorbona il 7 aprile 1864.

dal diario dell'insegnante



<https://images.app.goo.gl/FHBPLfuvT3tsuPNTA>



Bisogna fare un salto di circa un secolo per riuscire a ottenere un inequivocabile confutazione della teoria della generazione spontanea.

Essa si ottiene a metà dell'800 con Pasteur biologo e chimico francese. Pasteur capisce che gli "ovetti" ipotizzati da Spallanzani per arrivare nei brodi devono per forza cadere. Quindi se noi utilizziamo un recipiente con il collo curvo, senza tapparlo, gli ovetti non ci potranno cadere all'interno quindi, nonostante sia aperto, all'interno non ci nasceranno microrganismi.

Facciamo l'esperimento di Pasteur utilizzando il vecchio brodo nel barattolo chiuso (quindi ancora sterile) e un tubo di gomma che fissiamo sulla beuta in modo da fargli fare una curva.

*(...) Abbiamo osservato che, anche dopo 6 giorni, il brodo nella beuta aperta era uguale a quello nella beuta chiusa, ovvero: rossastro, limpido e con grasso. Ciò significa che non sono entrati microorganismi all'interno di essa, seppur fosse aperta. **Ciò dimostra che la generazione spontanea dei microrganismi non esiste.***

dal diario di Beatrice



Sono passati altri 100 anni, il dibattito è aperto, e a seguito delle pubblicazioni di Pouchet, l'Accademia Francese delle Scienze indice un premio allo scienziato che sarà in grado di mettere a punto un esperimento risolutivo che ponga fine alla questione.

PASTEUR crea un recipiente adatto a dare finalmente una risposta al dibattito sugli infusori. Come ci arriva Pasteur? Gli ovetti sembrano cadere dall'alto verso il basso nell'aria, perciò si inventa un recipiente in cui essi non possono raggiungere il brodo.

Si inventa un recipiente con una curva che mantiene per tutto l'esperimento aperto e lo riempie con del brodo che sterilizza con il calore. I sostenitori della generazione spontanea, non possono contrastare la tortura dell'aria, perché prima dilatandosi esce, ma poi ne rientra della nuova una volta raffreddato il brodo. Mentre l'aria rientra e arriva in contatto con il liquido, i germi non fanno lo stesso, perché una volta raccolti sul fondo del collo curvo non hanno un moto verso l'alto per risalire e arrivare al brodo.

dal diario di Eva

È il problema delle generazioni così dette spontanee.

La materia può organizzarsi da se stessa? In altri termini, possono degli esseri organici avere origine senza genitori, senza progenitori? Ecco il problema da risolvere.

È necessario che lo si dica: la credenza nella generazione spontanea è stata una credenza di tutti i tempi; universalmente ammessa nell'antichità, più discussa nei tempi moderni, e soprattutto ai giorni nostri. È questa credenza che io mi appresto a combattere.

Pasteur prese un' infusione di sostanze organiche perfettamente limpida, paragonandola all'acqua distillata, e la mise in un matraccio dal collo allungato; dopo aver fatto bollire e in seguito raffreddare il liquido lo lasciò all'aperto. Dopo qualche giorno trovò l'infusione piena di microrganismi: appena messo a contatto con l'aria, l'infusione si era popolata di batteri. Procedette quindi a ripetere il medesimo esperimento, tuttavia, con l'aiuto di una fiamma, modificò il collo del matraccio, allungandolo e dandogli una forma a S rivolta verso il basso. In questo modo, le polveri presenti nell'aria e contenenti i batteri non sono in grado di risalire lungo il collo ma si depositano nella curvatura, di conseguenza, l'infusione rimane inalterata.

dal diario di Biagio

Metto una parte di questa infusione di sostanza organica in un matraccio dal collo lungo, come questo. Suppongo di far bollire il liquido e di lasciarlo in seguito raffreddare. Dopo qualche giorno, si avrà lo sviluppo nel liquido di muffe e di infusori. Con l'ebollizione ho distrutto i germi che potevano trovarsi nel liquido e sulla superficie delle pareti del matraccio. Ma non appena l'infusione viene rimessa a contatto con l'aria, si altera come tutte le infusioni.

Ora suppongo di ripetere l'esperimento, ma prima di far bollire il liquido allungo alla fiamma il collo del matraccio (dandogli una forma a S) lasciandone tuttavia l'estremità aperta. Dopo di che porto il liquido a ebollizione e lascio raffreddare. Ora, il liquido di questo secondo matraccio resterà completamente inalterato, non due, tre o quattro giorni, non un mese o un anno; ma tre o quattro anni, dato che l'esperimento di cui ho parlato ha già questa durata. Il liquido resta perfettamente limpido, limpido come l'acqua distillata. Qual è dunque la differenza fra questi due vasi? Essi contengono lo stesso liquido, entrambi contengono dell'aria, entrambi sono aperti. Perché dunque l'uno subisce un'alterazione, mentre l'altro rimane inalterato? Eccola, signori, la sola differenza che esiste fra i due vasi: nel primo la polvere in sospensione nell'aria e relativi germi possono introdursi attraverso l'imboccatura del vaso ed entrare in contatto col liquido dove trovano un alimento adatto, e si sviluppano. Di qui gli esseri microscopici. Nel secondo, al contrario, non è possibile, o è perlomeno assai difficile, a meno che l'aria non vi sia spinta a forza, che la polvere in sospensione nell'aria possa penetrarvi. Dove va dunque? Si deposita dentro il collo ricurvo. Quando l'aria rientra nel vaso secondo la legge della diffusione per la variazione di temperatura, che non consente mai dei passaggi bruschi, l'aria rientra lentamente e tanto lentamente che la polvere e tutte le particelle solide che porta con sé, si depositano all'imboccatura del collo, o vengono bloccate dalle prime anse del collo stesso.

“Dunque signori, anch’io poteri dire mostrandovi questo liquido: ho preso nell’immensità della creazione la mia goccia d’acqua, e l’ho presa carica di elementi adatti allo sviluppo di esseri inferiori. Ora attendo, osservo, la interrogo e le chiedo di voler ripetere per me la creazione originaria; sarebbe uno spettacolo bellissimo! Ma essa è muta! È muta da diversi anni, da quando questi esperimenti hanno avuto inizio. Ah! la verità è che ho allontanato da essa e allontano ancora in questo momento, la sola cosa che non fu mai dato all’uomo di produrre, allontano da essa i germi che volteggiano nell’aria, ho allontanato da essa la vita, perché la vita è il germe e il germe è la vita.

Mai la dottrina della generazione spontanea si risolleverà dal colpo mortale che le infligge questo semplice esperimento”¹¹³.



*Con questo esperimento Pasteur riuscì a confutare definitivamente la teoria della generazione spontanea e egli stesso alla fine del suo discorso disse: “**Mai la dottrina della generazione spontanea si risolleverà dal colpo mortale che infligge questo semplice esperimento**”*

dal diario di Matteo

*La questione però non è ancora terminata, poiché non è stata data risposta ad una domanda:
“**Da dove viene la prima cellula?**”
La risposta arriverà però solo 100 anni dopo.*

Descrizione del percorso didattico

Fase IV - La teoria cellulare

Obiettivo: l'uso del microscopio come strumento per decodificare le caratteristiche cellulari

Attività 1: osservazione al microscopio ottico di organismi pluricellulari (animali e vegetali)

La definitiva confutazione della teoria della generazione spontanea e l'asserzione di Pasteur "la vita è il germe e il germe è la vita" non ha soddisfatto la curiosità degli studenti che desiderano fortemente osservare altre forme di vita al microscopio ottico.

Si osservano parti di organismi animali e vegetali, il microscopio diventa lo strumento per la scoperta delle caratteristiche delle cellule.

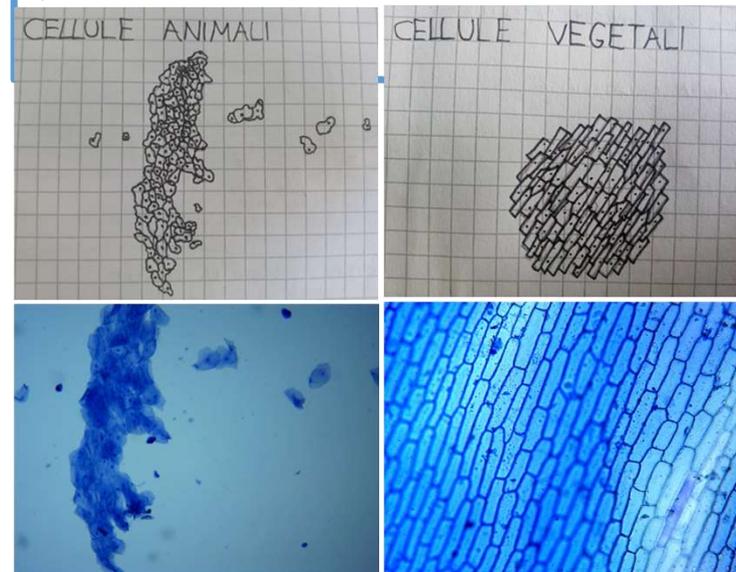
Gli studenti lavorano in piccoli gruppi su campioni di mucosa boccale, epidermide di cipolla, *Elodea canadensis* e *Crassula ovata*, lievito (*Saccharomyces cerevisiae*) e muffa di arancia (*Penicillium digitatum*), comunità microbiche del kefir.

Anche se le osservazioni richiedono varie ore di lezione, il tempo utilizzato è funzionale non solo a rafforzare la motivazione degli studenti ma anche a introdurre nuovi temi che costituiranno la base su cui costruire tutto il percorso della biologia perché toccano aspetti fondamentali della vita quali, ad esempio, come gli organismi si procurano energia e i possibili meccanismi riproduttivi.

dal diario dell'insegnante

Sono rimasto impressionato da ciò che siamo riusciti ad inquadrare: avendo trovato l'ingrandimento 100x il più adeguato, lo abbiamo impostato e si sono potute caratterizzare visivamente i due tipi di cellule. Qui a seguito riporto la loro rappresentazione grafica, fatta individualmente per mettersi nei panni dei biologi di un tempo, che ancora non possedevano macchine fotografiche per documentare quanto visto.

dal diario di Lorenzo



*Nel 1665 Robert Hooke scoprì per la prima volta, osservando con soli 30x di ingrandimento, dei minuscoli vani rettangolari in un pezzetto di sughero e le che chiamò **cellule**.*

dal diario di Lorenzo

OSSERVAZIONE AL MICROSCOPIO DELL'EPIDERMIDE DI CIPOLLA.

Per l'esperimento ci siamo serviti dell'epidermide di cipolla, blu di metilene, una goccia d'acqua e un vetrino portaoggetti. Sono molto evidenti delle cellule rettangolari ben definite e contenenti un nucleo. Marco ci fa rendere conto che per la prima volta stiamo osservando una piccola parte di un grande essere vivente e che quindi ci sono delle differenze notevoli rispetto all'acqua stagnante.

Messa a confronto con il campione di sughero di Hooke, possiamo notare alcune somiglianze e differenze:

- *SOMIGLIANZE: le cellule sono molteplici, le cellule hanno forma simile.*
- *DIFFERENZE: il sughero è un tessuto morto, l'epidermide no.*

Hooke pensava che le cellule fossero vuote, ma grazie al blu di metilene possiamo notare dei corpi di forma circolare all'interno di esse. Infatti ciò che possiede tale forma è chiamato nucleo ed è contenuto nel protoplasma (termine coniato da Purkinje).

Tramite osservazioni di tessuti vegetali, un altro scienziato, Schleiden, scopre che tutti i vegetali sono formati da cellule.

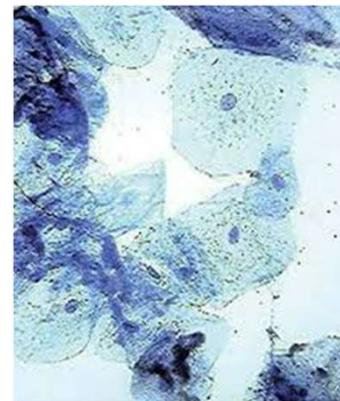
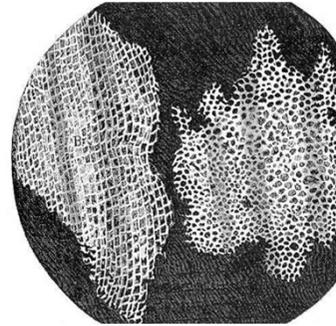
dal diario di Eva

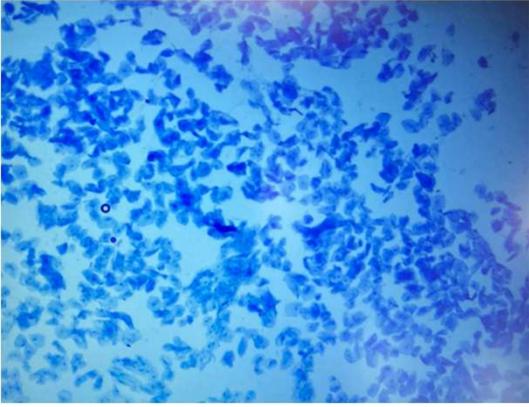
OSSERVAZIONE AL MICROSCOPIO DELLA MUCOSA BOCCALE

Per l'osservazione delle cellule animali invece un compagno di ogni gruppo, con l'aiuto di uno stuzzicadenti, ha prelevato delle cellule della mucosa della propria bocca semplicemente sfregando lo stuzzicadenti all'interno della guancia.

Dopodiché abbiamo intinto la punta dello stuzzicadenti in una goccia di acqua con blu di metilene posta sopra il vetrino.

dal diario di Olivia

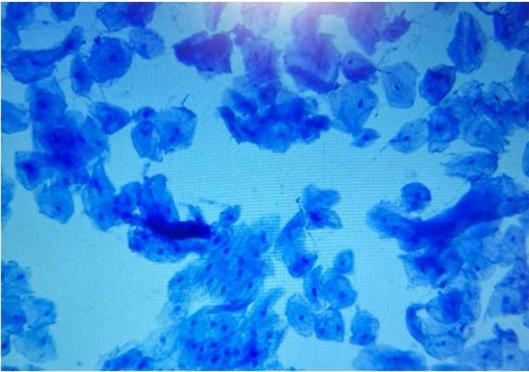




Andando progressivamente agli ingrandimenti maggiori si osserva con piacere che la struttura delle cosiddette mucose era simile a quella della cipolla, osservata il giorno precedente, seppur con alcune differenze. Infatti la struttura in sé della cellula era simile a quella della cipolla, anche se il bordo era meno netto, ma c'era una sostanziale differenza, ovvero che le cellule tra loro avevano grande spazio, non erano attaccate come nel caso precedente. Infine si osserva che la dimensione di queste cellule era minore rispetto a quelle vegetali. In particolare quelle vegetali erano dell'ordine di circa 100-500 micron, mentre queste circa 100.

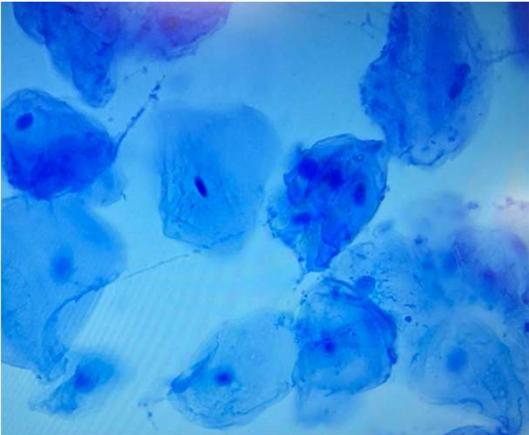
dal diario di Duccio

Osservazioni:



Le cellule vegetali hanno una forma rettangolare le loro dimensioni non sono costanti tanto che alcune sono più lunghe di altre. Costituiscono un tessuto uniforme poiché sono tutte vicine alle altre e non ci sono spazi vuoti tra di loro. Inoltre siamo riusciti a vedere un puntino blu in ciascuna di esse.

Facendo una stima di quante cellule potessero essere messe lungo il diametro abbiamo calcolato la lunghezza di una cellula, ovvero circa 125 micrometri.



Le cellule animali invece hanno una forma più tondeggiante anche se non sono perfettamente rotonde. Poiché le abbiamo prelevate da un tessuto, rompendolo, erano disposte a piccoli gruppetti. Sono all'incirca tutte delle stesse dimensioni e anche in questo caso si vede bene il puntino.

Facendo una stima di quante cellule potessero essere messe lungo il diametro abbiamo calcolato la lunghezza di una cellula, ovvero circa 45 micrometri anche se, non abbiamo capito per quale motivo ci sia venuto questo risultato poiché doveva venire un diametro di circa 80 micrometri.

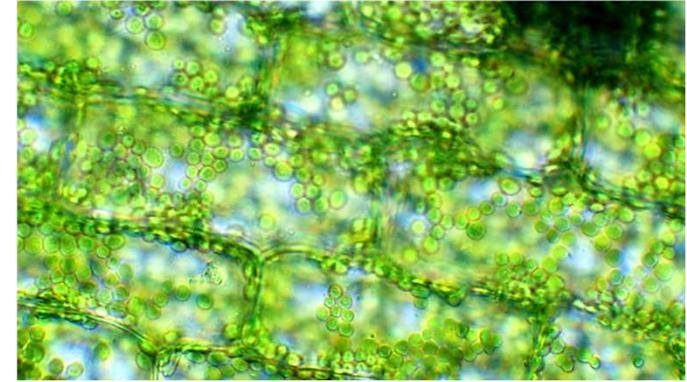
Le differenze principali che si riescono ad osservare sono sicuramente la forma e le dimensioni ma anche la parte esterna, dato che nella cellula vegetale è molto più spessa rispetto a quella animale.

dal diario di Olivia

Oggi, in laboratorio, abbiamo continuato le osservazioni dei diversi tipi di cellule, le tipologie osservate oggi sono state:

✓ **una pianta acquatica** (*Elodea canadensis*): le cellule di *Elodea* sono di tipo vegetale, ben riconoscibili per la loro forma rettangolare e il perimetro è spesso e ben marcato. Rispetto alle cellule dell'epitelio della cipolla, queste sono colorate di verde acceso. La presenza di questo colore ci ha fatto immediatamente pensare alla clorofilla. Poiché non abbiamo rilevato alcuna traccia di questa sostanza nell'epitelio della cipolla, ovvero un bulbo che cresce sotto terra in assenza di luce, abbiamo riflettuto sull'influenza che può avere quest'ultima. Si vedono tanti pallini verdi che si muovono in fila, uno dietro l'altro, la professoressa ci ha spiegato che questi organuli sono i "contenitori" della clorofilla.

Ecco dove avviene la fotosintesi clorofilliana!



dal diario di Lorenzo



Oggi osserviamo l'**epidermide di una pianta grassa**, la *Crassula ovata*.

Abbiamo collegato i microscopi al cellulare e abbiamo disposto i campioni su un vetrino portaoggetti, posandoli sopra una goccia d'acqua.

Le cellule sono simili a quelle delle piante che abbiamo analizzato, ma in questa risultano molto più irregolari. Hanno forma poligonale, ci sono cloroplasti e nuclei visibili, dunque fra cipolla e *Elodea*:

Possiamo notare anche due cellule, che si "affacciano" una sull'altra e delimitano aperture al centro, gli STOMI. Gli stomi permettono il passaggio dei gas fra l'esterno e l'interno della pianta.

dal diario di Eva

✓ **lievito diluito in acqua (di birra e madre)**

Abbiamo osservato la presenza di piccolissimi “pallini” con un puntino che sembra un nucleo, la professoressa ci ha poi detto che questi pallini sono in realtà cellule, abbiamo poi misurato la grandezza di queste cellule e abbiamo notato che sono piccolissime: solo 7 micrometri grandi come un bacillo in lunghezza. Abbiamo poi notato la presenza di una cellula con una forma strana (molto allungata) alcuni compagni hanno detto che questa cellula si stava probabilmente “duplicando” siamo quindi arrivati alla conclusione che queste cellule hanno una **riproduzione asessuata**, la professoressa ci ha spiegato che la fase osservata era quella della **gemmazione**.

dal diario di Biagio



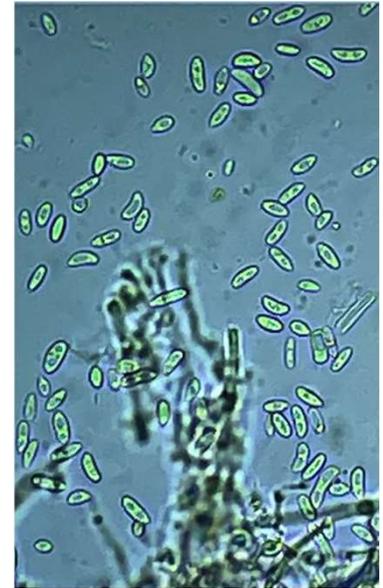
Nelle scorse lezioni ci siamo concentrati su organismi vegetali o animali, ma oggi ne analizzeremo uno fungino: un tipo di **muffa molto comune cresciuta su un'arancia**. Questo fungo, il “*Penicillium digitatum*”, è chiamato così perché le sue varie strutture specializzate ricordano un pennellino alla cui punta sono presenti spore, come abbiamo visto pochi minuti dopo.

Già con l'obiettivo 4x, è stato possibile distinguere la struttura filamentosa, ad “ife”, accompagnata da molti pallini simili alla polvere verde scura visibile se si scuote la muffa, ovvero le spore (gli ovetti all'interno dell'aria a cui Spallanzani faceva inconsapevolmente riferimento).

A 40x, invece, sono stati notati anche dei batteri vicini e si è fatta più evidente la presenza di cellule, divise lungo i segmenti di ifa e dalla forma regolare, malgrado le diverse lunghezze (è stata stimata una grandezza simile alle altre cellule vegetali). Inoltre, sul fondo vi erano molte spore in germinazione ed un gran corpo di batteri.

Non siamo stati però capaci di evidenziare il nucleo a causa delle pareti cellulari che hanno impedito l'infiltrazione del colorante, ma anche queste cellule ne sono dotate. Ciò di cui siamo certi è l'assenza di cloroplasti dovuta all'incapacità dei funghi di usare l'energia solare per il nutrimento.

dal diario di Federico



Descrizione del percorso didattico

Fase IV - La teoria cellulare

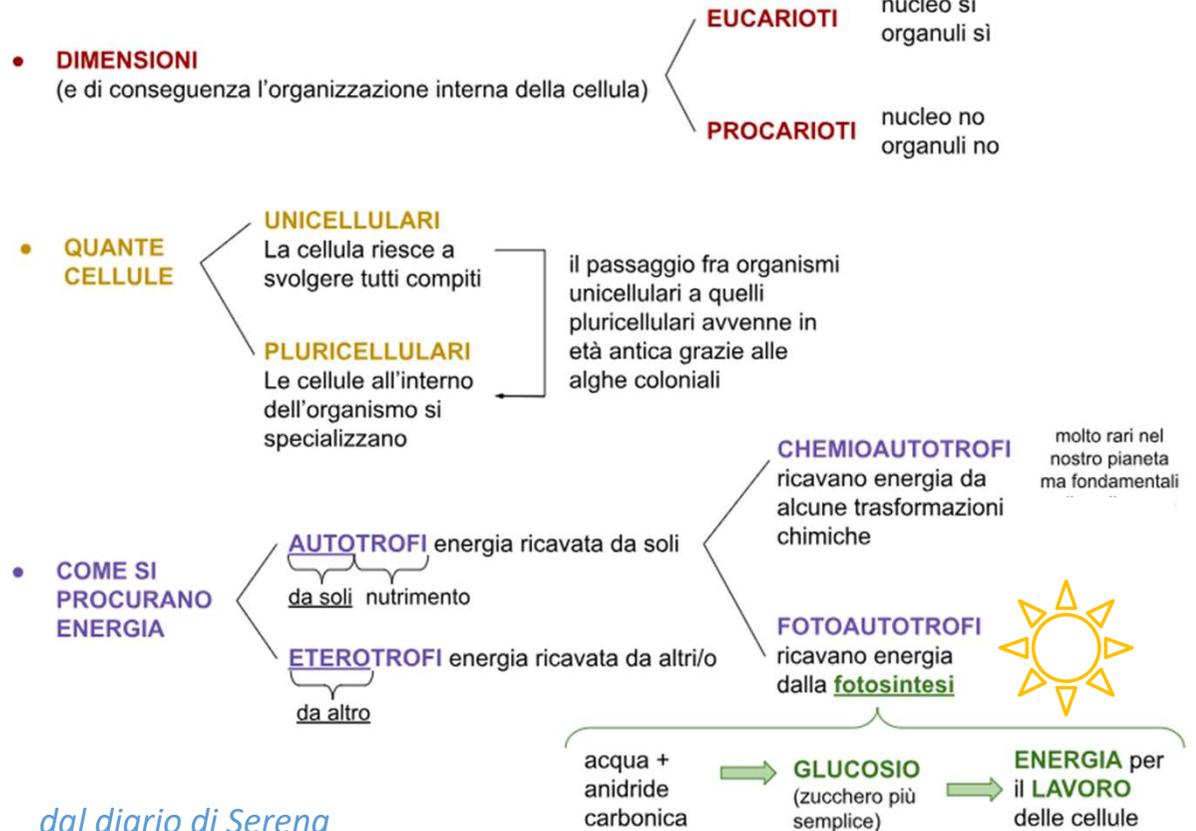
Obiettivo: arrivare ad una generalizzazione sui viventi a partire dai dati desunti dalle osservazioni

Attività 2: una prima classificazione dei viventi in domini e regni

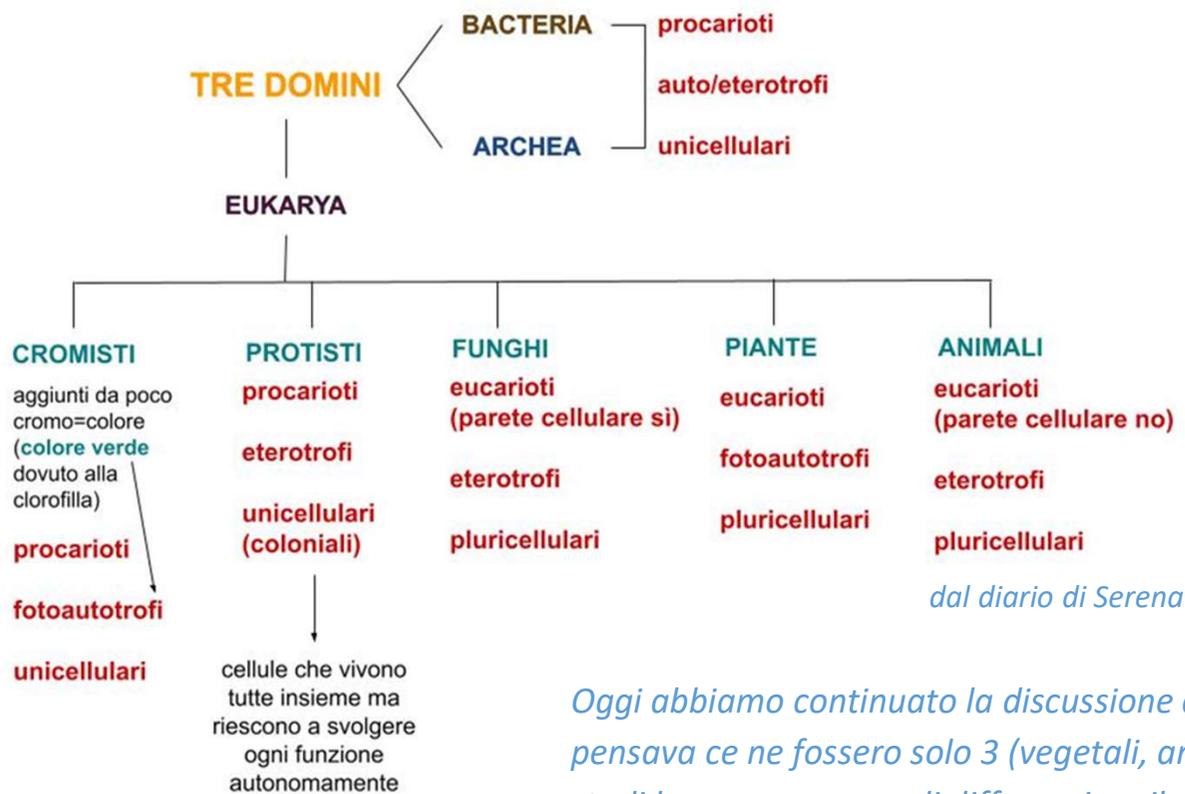
Le numerose osservazioni fatte nelle lezioni precedenti hanno permesso di individuare le caratteristiche fondamentali degli organismi che possono essere utilizzate per la classificazione dei viventi.

Quindi si avvia una discussione sulla costruzione dei criteri da utilizzare per suddividere le osservazioni effettuate in modo ragionato e successivamente si costruisce uno schema nel quale, con l'aiuto dell'insegnante, facilmente sarà possibile individuare i tre domini e cinque regni riconosciuti dalla moderna tassonomia.

Tutti gli **esseri viventi** rientrano all'interno di gruppi.
I **CRITERI** sono...



dal diario di Serena



CLASSIFICAZIONE DEI VIVENTI

Procarioti (pro karion, in greco → privi di nucleo)		Eucarioti (eu karion, in greco → possiedono il nucleo)			
Monerae (batteri)		Dominio Eukarya			
Dominio archeobatteri ovvero i batteri antichi.	Dominio eubatteri, ovvero i batteri moderni (bacilli, cocchi, vibrioni, spirilli)	Protisti - protozoi (paramecio, ameba) - protofiti (alghe unicellulari, coloniali, pluricellulari)	Funghi (lieviti, muffe)	Piante (elodea)	Animali

dal diario di Francesco

*Oggi abbiamo continuato la discussione di una gerarchia di viventi, stabilita con domini e regni. Prima si pensava ce ne fossero solo 3 (vegetali, animali, minerali), ma in realtà col passare del tempo ulteriori studi hanno permesso di differenziare il dominio **Archea** da quello **Bacteria** e di suddividere gli **Eukarya** in funghi, animali, piante, protisti e cromisti (la cui principale differenza dai protisti è la fonte di energia).*

Anche la differenziazione tra Archea e Bacteria ha costituito un traguardo molto difficile da raggiungere a causa delle innumerevoli somiglianze tra i due. Difatti, il loro principale aspetto diverso è l'ambiente in cui vivono: mentre gli Archea proliferano in condizioni estreme (e sono quindi chiamati "estremofili"), i Bacteria sono così comuni da essere presenti anche all'interno dell'intestino (microbiota), che dobbiamo assolutamente mantenere sano grazie al loro ruolo fondamentale nel funzionamento del nostro corpo.

Comunque, grazie a delle indagini molecolari, è stato possibile scoprire che oltre agli ambienti in cui vivono, è differente anche il patrimonio genetico.

dal diario di Federico

Descrizione del percorso didattico

Fase IV - La teoria cellulare

Obiettivo: ricostruzione storica dei contributi decisivi per la stesura della teoria cellulare

Attività 3: Rudolf Virchow e la teoria cellulare

Tutte le osservazioni effettuate fino a questo punto forniscono ai ragazzi le conoscenze necessarie per fare un passo avanti nella ricostruzione della storia della biologia. Infatti, dopo aver concluso il discorso sulla classificazione gerarchica dei viventi, si riprende la narrazione evidenziando i contributi degli scienziati che hanno condotto alla stesura di una vera e propria teoria cellulare.

Si racconta che i risultati ottenuti nella microbiologia da Pasteur sono stati integrati con le osservazioni del medico tedesco Virchow che ha dimostrato che le cellule nei tessuti malati discendono in realtà da quelle dei tessuti sani e non c'è alcuna discontinuità. Queste affermazioni insieme con l'osservazione che sono fatti di cellule tutti gli organismi vegetali (Schleiden 1838) e animali (Schwann 1839) hanno portato Virchow nel 1858 ad una sintesi che nella formulazione classica dei manuali, propone le seguenti affermazioni:

1. Tutti gli organismi sono costituiti da cellule
2. La cellula è l'unità di base strutturale e funzionale dei viventi
3. Ogni cellula deriva da un'altra cellula.

Quindi la teoria della generazione spontanea è stata definitivamente abbandonata e **si afferma la teoria cellulare**, anche se rimane ancora aperta la domanda su come si sia generata la prima cellula vivente.

Dopo Schleiden che osserva i tessuti vegetali, un altro scienziato si occupò di studiare tessuti animali. Egli era Theodor Schwann (1810-1882) e tramite queste osservazioni, arriva a dimostrare che tutti i tessuti animali sono composti da cellule.

*Infine Rudolph Virchow, un patologo che analizza dei tessuti malati e si accorge che le cellule malate vengono generate a partire da cellule sane, mette insieme una teoria detta **TEORIA CELLULARE**, in cui introduce anche le teorie di Schleiden e Schwann.*

dal diario di Eva

*Se, nel **1838**, le osservazioni sul tessuto vegetale di **Schleiden** lo portarono a dire che...*

“Tutte le piante sono fatte da cellule.” ...

*le osservazioni sul tessuto vegetale di **Schwan** lo portarono a dire che:*

“Tutti gli animali sono fatti da cellule.”

***Rudolf Virchow** rimise insieme tutte le scoperte e considerazioni precedenti, comprese quelle di Pasteur, ed elaborò la*

TEORIA CELLULARE:

- Tutte le piante sono fatte da cellule.
Tutti gli animali sono fatti da cellule.
Tutti gli organismi sono fatti di cellule
- **“OMNIS CELLULA E CELLULA”**
ogni cellula viene generata da un'altra cellula, quindi la
GENERAZIONE SPONTANEA NON È POSSIBILE

dal diario di Serena

Verifica degli apprendimenti

- Test finale con quesiti a risposta aperta
- Controllo sistematico e valutazione dei diari di bordo
- Brevi domande orali
- Partecipazione e contributi significativi durante le attività didattiche



Esempio di verifica finale del percorso

Durata della verifica: 1h **Risposte brevi (da 1 a 10 righe)**

Rispondi alle domande, motivando adeguatamente la risposta:

1. Che cosa si intende per “generazione spontanea”? (Punti 10)
2. Descrivi l’esperimento di Redi ed esplicita le conclusioni a cui arriva. (Punti 20)
3. Elenca i principali componenti del microscopio ottico moderno (*mostrato in figura 1*), descrivendone la funzione. (Punti 10)
4. Stima, utilizzando un righello, le dimensioni del microrganismo al centro del campo visivo sapendo che la larghezza dell’immagine (*mostrata in figura 2*) è quella che vedresti all’oculare con un obiettivo 10x e spiega il tuo ragionamento (Punti 10)
5. Ripercorri brevemente le tappe che hanno condotto alla costruzione del microscopio ottico composto mettendo in risalto come questo strumento abbia contribuito al dibattito sulla generazione spontanea. (Punti 20)
6. Metti in evidenza gli elementi fondamentali della disputa tra Needham e Spallanzani. (Punti 20)
7. Descrivi l’esperimento di Pasteur evidenziando perché è stato risolutivo nel dibattito sulla generazione spontanea. (Punti 20)
8. Descrivi la teoria cellulare di Virchow. (Punti 10)

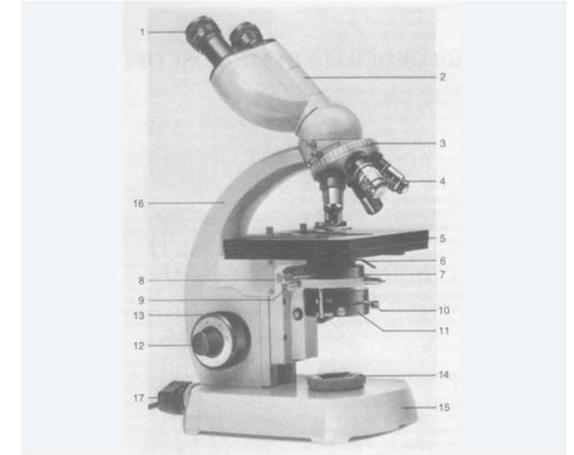


Figura 1

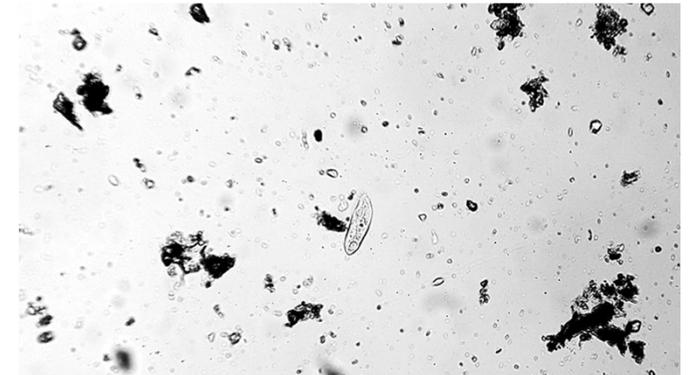


Figura 2

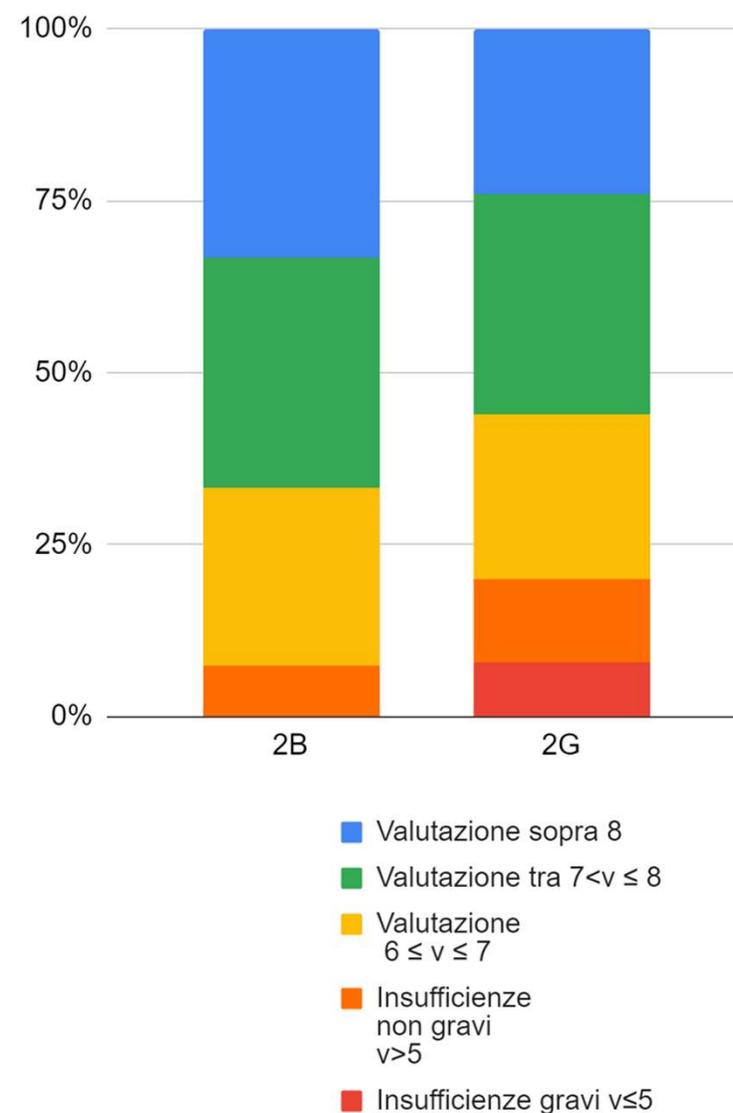
Risultati ottenuti

Gli studenti che hanno svolto il percorso sono stati in totale 52:
25 delle scienze applicate e 27 del liceo matematico.

Per quanto riguarda la verifica, l'analisi delle valutazioni mostra che **la grande maggioranza** degli studenti ha ottenuto una valutazione **più che sufficiente** e almeno un quarto degli studenti ha raggiunto una valutazione **eccellente**, mentre le **insufficienze** sono poche anche nell'indirizzo delle scienze applicate che accoglie studenti più motivati nelle attività pratiche. Buono anche il livello raggiunto da studenti con bisogni educativi speciali, che hanno sempre partecipato attivamente.

I risultati sono molto soddisfacenti e dimostrano che **i ragazzi hanno padronanza dei contenuti** sviluppati. Nella domanda 2, dove si richiede l'applicazione di contenuti in un contesto pratico, gli studenti si sono mostrati globalmente in grado di elaborare una risposta corretta e giustificarla.

Tra i risultati ottenuti tuttavia, è importante evidenziare come il percorso svolto abbia permesso non solo di acquisire i contenuti disciplinari, ma soprattutto di sviluppare competenze che riguardano **l'analisi di fenomeni complessi a partire dall'esperienza**, utilizzando anche strumenti e tecniche nuovi.



Valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato in ordine alle aspettative e alle motivazioni del Gruppo di ricerca LSS.

Il percorso didattico è stato sviluppato con lo scopo di introdurre gli studenti allo studio della biologia attraverso la ricostruzione del percorso cognitivo che, partendo dalle prime sperimentazioni sulla generazione spontanea di stampo galileiano, ha portato gli scienziati fino alla teoria cellulare.

E' stato privilegiato l'aspetto fenomenologico-induttivo, collocando gli esperimenti effettuati nel quadro più ampio della storia della scienza. Il percorso è articolato in fasi ed attività che coinvolgono i ragazzi e li conducono gradualmente all'analisi e all'interpretazione dei fenomeni complessi come sono quelli che coinvolgono gli organismi viventi. Gli studenti acquisiscono inoltre autonomia nell'utilizzo del microscopio che diventa uno strumento utile ad ampliare le potenzialità dei loro sensi e a dare profondità alle loro osservazioni.

Il filo rosso del percorso resta in ogni caso la ricostruzione epistemologica in una dimensione storica che, con la mediazione dell'insegnante, si avvale dell'uso dei testi originali e restituisce l'idea che la scienza sia una straordinaria avventura umana, un'impresa collettiva che non è solo interessante ma ha una propria bellezza.

Infine un ulteriore traguardo è stato quello di sviluppare lo spirito critico negli studenti attraverso la promozione di uno sguardo investigativo, la capacità di scomporre problemi complessi in domande semplici alla loro portata, il controllo dei risultati e della ripetibilità degli esperimenti, il confronto con la comunità.

Bibliografia

- **Francesco Redi - “Esperienze intorno alla generazione degli insetti”**
a cura di Bruno Fantini, I Fondamenti della Scienza, Edizioni Teknos 1994
- **Redi - Vallisneri - Spallanzani - “La scuola galileiana e l’origine della vita”**
a cura di Paolo Cristofolini, Classici Italiani Commentati, Loescher Editore Torino 1968
- **Jean Rostand - “Lazzaro Spallanzani. Le origini della biologia sperimentale”**
Piccola Biblioteca Einaudi 1967
- **Giuseppe Montalenti - “Lazzaro Spallanzani e le origini della biologia sperimentale”**
Collana Universale scienza e tecnica, Editori Riuniti 1981
- **Louis Pasteur - “Scritti di microbiologia”**
a cura di Antonio Cadeddu, I Fondamenti della Scienza, Edizioni Teknos 1994
- **Antonio Cadeddu - “Genesi di una teoria scientifica. Dalla generazione spontanea all’origine della vita”**
Collana Storia del pensiero scientifico, Cooperativa Universitaria Editrice Cagliariitana 1998
- **Aleksandr I. Oparin - “L’origine della vita”**
Collana Universale scientifica, Editore Boringhieri 1977

Ringraziamenti

Si ringrazia in modo particolare la prof. Laura Dei che ha dato un contributo importante alla ideazione della prima stesura del percorso sulla teoria cellulare e lo ha sottoposto a sperimentazione in diverse versioni nel corso degli anni nelle sue classi.