



ISTITUTO E MUSEO
DI STORIA DELLA SCIENZA

Il microscopio di Galileo

Qui di seguito sono stati raccolti tutti i testi dell'applicazione,
a cura dell'*Istituto e Museo di Storia della Scienza* di Firenze.

INDICE

1	STORIA	3
1.1	Il microscopio composto	3
1.2	Il microscopio semplice	7
1.3	L'anatomia microscopica	10
1.4	Un secolo di scoperte	15
1.5	Il gioco dei microscopi	22
1.6	Test	23
2	ESPLORA	24
2.1	Lo strumento	24
2.2	La radiografia	25
2.3	Come funziona	27
2.4	Il microscopio moderno "da casa"	28
2.5	Test	29
3	SIMULA	30
3.1	Ingrandimento e risoluzione	30

1 STORIA

1.1 IL MICROSCOPIO COMPOSTO

I primi microscopi furono prodotti negli stessi anni del cannocchiale. Disponevano anch'essi di due o più lenti, ma con un obiettivo dalla distanza focale più corta.

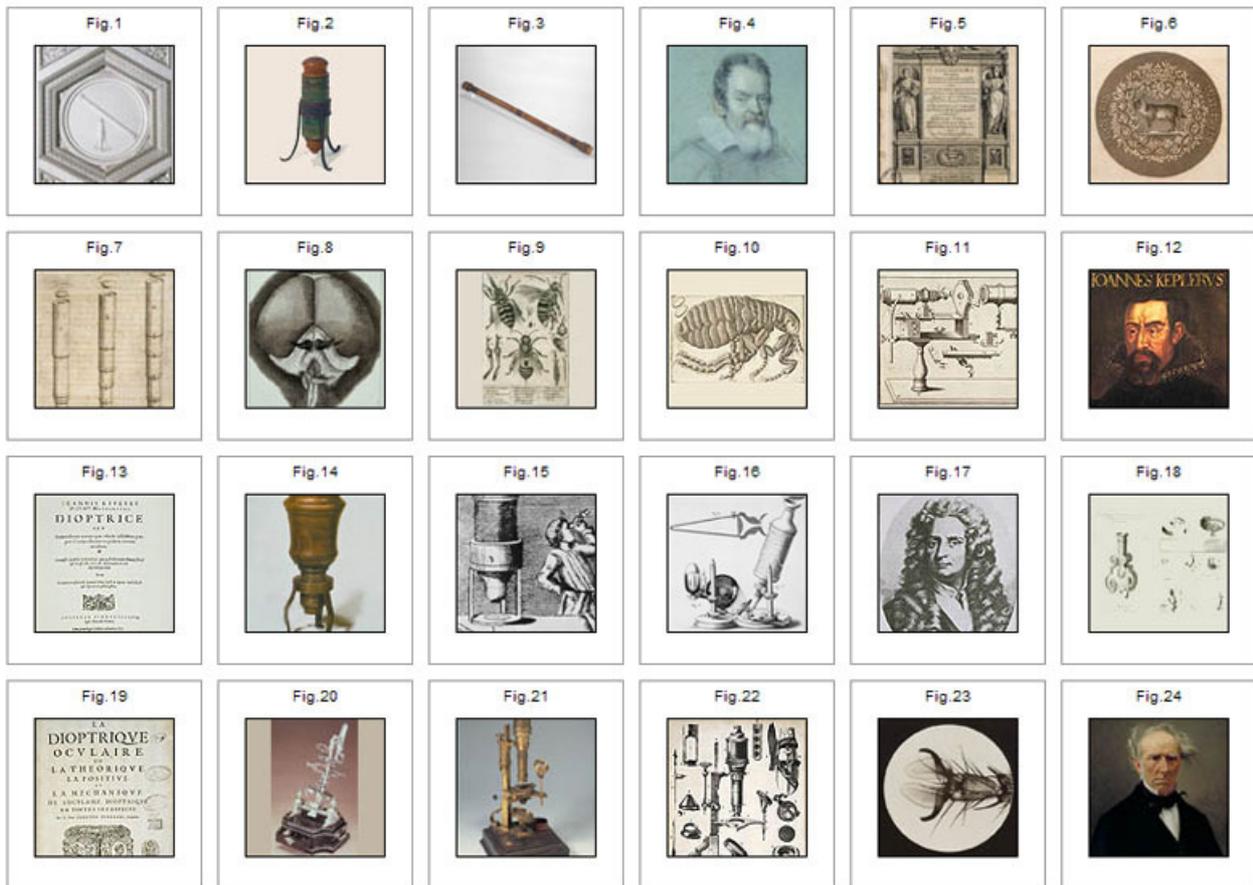
L'invenzione viene attribuita a Galileo (1564-1642), anche se, nel Seicento, tale primato fu oggetto di diverse rivendicazioni. Nel *Saggiatore* (Roma, 1623), scritto tra il 1619 e il 1622 e pubblicato nel 1623, lo scienziato pisano accennava ad un "telescopio accommodato per vedere gli oggetti vicinissimi". Fu l'accademico linceo Giovanni Faber (1574-1629), amico di Galileo, a battezzare, nel 1625, lo strumento, fino ad allora chiamato "occhialino", "cannoncino", "perspicillo", "occhiale", con il nome di "microscopio".

I primi microscopi di tipo galileiano disponevano, come il cannocchiale, di una lente concava e una convessa montate su un tubo rigido. Grazie a questi semplici dispositivi ottici i filosofi della natura posero lo sguardo su un mondo nuovo e meraviglioso, che in seguito avrebbe permesso lo sviluppo sia delle discipline medico-biologiche, sia di quelle naturalistiche.

La fama degli strumenti ottici di Galileo favorì la ricerca di nuove soluzioni. Negli anni Venti del Seicento furono concepiti i microscopi di tipo kepleriano, composti da lenti convesse che fornivano una visione rovesciata. Nella seconda metà del secolo rimarchevoli risultati furono ottenuti dai costruttori italiani Eustachio Divini (1610-1685) e Giuseppe Campani (1635-1715), mentre in Inghilterra livelli di eccellenza furono raggiunti da Robert Hooke (1635-1702/03). Nello stesso periodo ebbe inizio una importante trattatistica dedicata alle tecniche costruttive dei microscopi, di cui *La dioptrique oculaire* (Parigi, 1671), apparsa nel 1671, del cappuccino Chérubin d'Orléans (1613-1697) costituisce uno splendido esempio.

Nel Settecento lo strumento si diffuse fra le classi elevate della società, che lo utilizzarono come raffinato *divertissement* intellettuale. I costruttori inglesi introdussero alcune innovazioni che riguardarono soprattutto la meccanica dello strumento. Le prestazioni ottiche, infatti, continuarono ad essere abbastanza mediocri a causa dell'aberrazione sferica e dell'aberrazione cromatica, che furono eliminate soltanto nella prima metà dell'Ottocento, anche grazie al contributo di Giovan Battista Amici (1786-1863).

IMMAGINI E DIDASCALIE DELLO SLIDE SHOW



1. Bassorilievo di Luigi Giovannozzi raffigurante il telescopio e il microscopio galileiani - Firenze, Tribuna di Galileo, abside, parasta sinistra.

In questo bassorilievo ottocentesco il microscopio e il telescopio sono raffigurati insieme. Infatti le origini di questi strumenti ottici, ricostruibili a partire dai primi decenni del Seicento, sono strettamente collegate.

2. Microscopio composto galileiano, ideato da Galileo Galilei e costruito da Giuseppe Campani [attr.] (Seconda metà XVII sec.), Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Il microscopio, realizzato in cartone, pelle e legno, è inserito in un supporto di ferro con tre gambe ricurve. Il sostegno, oltre a garantire la stabilità dello strumento, consente le operazioni di messa a fuoco attraverso lo scorrimento del tubo all'interno dell'anello.

3. Cannocchiale di Galileo (fine 1609 - inizio 1610), Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Cannocchiale originale di Galileo (1564-1642) composto di un tubo principale alle cui estremità sono inserite due sezioni separate che portano l'obiettivo e l'oculare. Federico Cesi (1585-1630), fondatore dell'Accademia dei Lincei, propose di denominare questo strumento "telescopio" [dal greco tele (lontano) e scopeo (vedo)].

4. Ritratto di Galileo Galilei, disegno (matita su carta) di Ottavio Leoni. Firenze, Biblioteca Marucelliana.

Galileo Galilei (1564-1642), da taluni considerato l'inventore del microscopio, fu probabilmente il primo ad adattare il cannocchiale da lui perfezionato «per vedere da vicino le cose minime».

5. Galileo Galilei, *Il Saggiatore*, Roma, 1623 - frontespizio.

Nel *Saggiatore*, importante opera di Galileo promossa dall'Accademia dei Lincei, lo scienziato pisano parla, per la prima volta, di «un telescopio accommodato per veder gli oggetti vicinissimi».

6. Emblema dell'Accademia dei Lincei

La lince, animale dotato di straordinario acume visivo, sottolinea lo spirito d'osservazione e di indagine con il quale gli accademici si dedicavano alle loro ricerche. Johannes Faber (1574-1629), in una lettera a Federico Cesi (1585-1630) del 1625, battezzò "microscopio" lo strumento concepito da Galileo (1564-1642).

7. Foglio manoscritto raffigurante il «Modo di adoperare il microscopio», Biblioteca Apostolica Vaticana, Città del Vaticano.

I primi microscopi erano talvolta costituiti da una serie di tubi telescopici per la messa a fuoco. Eustachio Divini (1610-1685), noto costruttore di eccellenti apparati ottici, realizzò anche microscopi di questa tipologia.

8. L'occhio della mosca, incisione.

Robert Hooke, *Micrographia, or, Some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses: with observations and inquiries thereupon*, Londra, 1665.

Grazie al microscopio i filosofi della natura posero lo sguardo su un mondo sconosciuto, che mostrava meravigliose strutture impossibili da osservare con i soli sensi.

9. *Persio tradotto in verso sciolto e dichiarato da Francesco Stelluti*, Roma, 1630, p. 52.

10. Disegno di un pidocchio osservato al microscopio.

Filippo Bonanni, *Musaeum Kircherianum*, Roma, 1709.

Il microscopio fu presto dotato di una serie di accessori che puntavano a rendere lo strumento sempre più efficace. Spettacolari disegni rendevano conto delle osservazioni microscopiche.

11. Microscopio lucernale.

Filippo Bonanni, *Musaeum Kircherianum*, Roma, 1709.

Il microscopio di Filippo Bonanni (1638-1725) era disposto orizzontalmente. La luce di una lucerna ad olio era condensata sul tavolino portaoggetti da due lenti convesse, montate alle estremità di un piccolo tubo (condensatore mobile).

12. Ritratto di Johannes Kepler, copia dalla Collezione Gioviana, Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Johannes Kepler (1571-1630), grande astronomo e ottico, concepì un microscopio a lenti convesse e a visione rovesciata.

13. Johannes Kepler, *Dioptrice*, Praga, 1611 - frontespizio.

In questa opera Kepler (1571-1630) descrisse per la prima volta il suo cannocchiale, detto poi kepleriano, caratterizzato dalla presenza di due lenti piano-convesse o biconvesse. Questo tipo di configurazione, pur avendo l'inconveniente di fornire immagini rovesciate, fornì un aumento del campo visivo.

14. Microscopio di Eustachio Divini.

Eustachio Divini (1610-1685) è considerato uno dei più abili costruttori di telescopi e microscopi della seconda metà del Seicento.

15. Microscopio di Giuseppe Campani.

Negli oltre cinquant'anni di attività, Giuseppe Campani (1635-1715) produsse molti strumenti ottici, dotati di lenti di eccellente fattura. I suoi cannocchiali si rivelarono spesso più potenti di quelli costruiti da Christiaan Huygens (1629-1695) e da Eustachio Divini (1610-1685).

16. Microscopio di Robert Hooke.

Robert Hooke (1635-1702/3), grande scienziato inglese e abilissimo inventore di strumenti scientifici, concepì un tipo di microscopio con innovazioni nel sistema ottico, nel più sofisticato apparato di illuminazione e nello stativo.

17. Ritratto di Robert Hooke.

Robert Hooke (1635-1702/3) svolse per circa quindici anni le funzioni di curatore degli esperimenti della Royal Society, celeberrima società scientifica londinese fondata nel 1660, e dal 1677 al 1682 fu segretario dell'Accademia.

18. Chérubin d'Orléans, *La dioptrique oculaire*, Parigi, 1671 - tavole 30, 31.

Tavole raffiguranti alcuni particolari della meccanica di un microscopio. Si tenga presente che in questo periodo i microscopi, spesso raffinati di fattura e pregevoli soprattutto nella parte meccanica, non erano esenti da difetti che riguardavano la parte ottica.

19. Chérubin d'Orléans, *La dioptrique oculaire*, Parigi, 1671 - frontespizio.

Padre Cappuccino e fisico di valore, Chérubin d'Orléans (1613-1697) si dedicò in particolare allo studio dell'ottica e dei problemi connessi alla visione.

20. Microscopio in argento.

Nel Settecento il microscopio entrò nei salotti delle classi elevate della società, che lo utilizzarono come raffinato e al tempo stesso spettacolare *divertissement* intellettuale.

21. Microscopio tipo Cuff (c. 1750), Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Microscopio composto tipo Cuff montato su una cassetta di legno che contiene numerosi accessori. Il tubo in ottone è sostenuto da una colonna quadrangolare sulla quale scorre grazie ad un'asta filettata che permette la messa a fuoco.

22. Microscopio tipo Cuff, incisione.

Il costruttore inglese John Cuff (1708-1772), su suggerimento del naturalista Henry Baker (1698-1774), realizzò alcune innovazioni che riguardarono soprattutto la colonna laterale composita, la messa a fuoco a vite, la gamma di obiettivi forniti come accessori. Tali microscopi vennero poi imitati e perfezionati sul continente.

23. Zampa di mosca (*Scatophaga*). Microfotografia di Giorgio Roster.

La microfotografia, realizzata da Giorgio Roster (1843-1927), è stata appositamente deformata per mostrare l'effetto prodotto sull'immagine dall'aberrazione sferica e dall'aberrazione cromatica che diminuivano notevolmente le prestazioni ottiche dei primi microscopi.

24. Ritratto di Giovanni Battista Amici di Michele Gordigiani, Firenze, Galleria d'Arte Moderna di Palazzo Pitti.

Giovanni Battista Amici (1786-1863) realizzò numerosi sistemi ottici di altissima qualità. In particolare ideò un microscopio composto a riflessione che permetteva di eliminare gli effetti dell'aberrazione cromatica.

1.2 IL MICROSCOPIO SEMPLICE

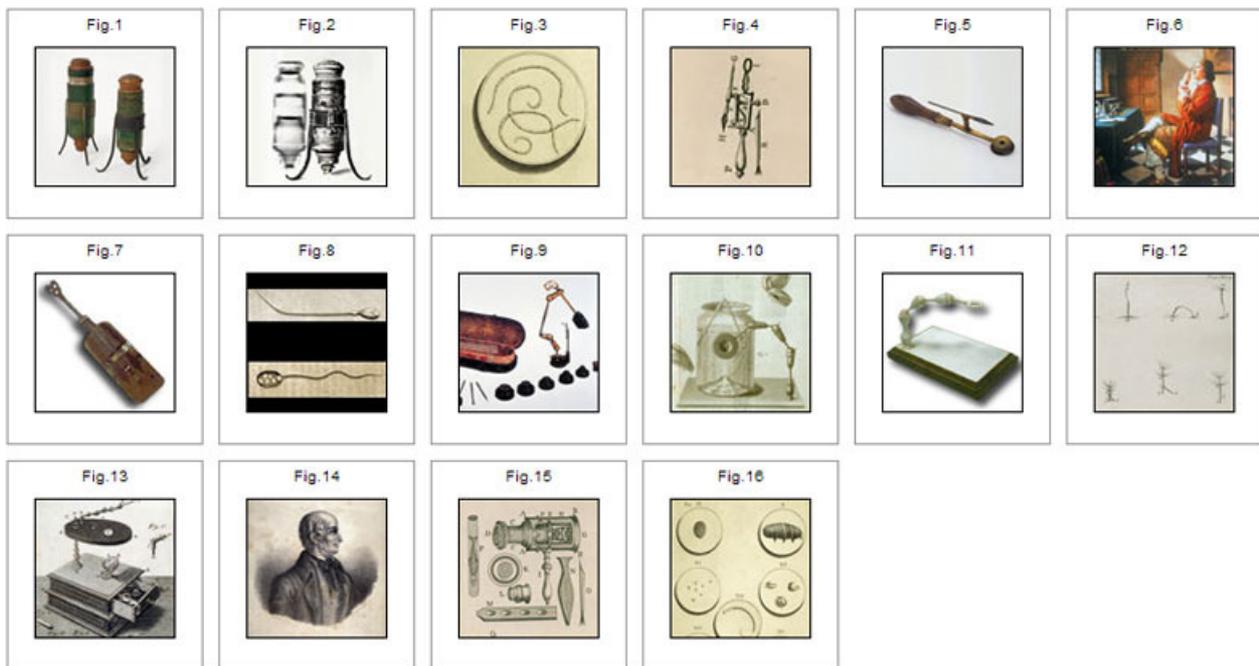
Sebbene il microscopio nasca composto di due o più lenti, il protagonista delle prime ricerche su insetti, vermi e animalletti non visibili a occhio nudo fu il microscopio semplice che, impostosi nella seconda metà del Seicento, garantiva un maggiore ingrandimento e un più elevato grado di risoluzione.

L'olandese Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) costruì circa 550 microscopi costituiti di una sola, piccolissima lente biconvessa. Ancora oggi sono conservati nove dei suoi straordinari esemplari, tra i quali il migliore ha un potere di ingrandimento di circa 270 diametri. Alcuni particolari dei suoi disegni fanno però supporre che egli ne possedesse di più potenti, con i quali poté osservare, a partire dal 1677, globuli rossi, spermatozoi, rotiferi, batteri.

Anche il suo connazionale Jan van Musschenbroek (1687-1748) si servì, per la ricerca entomologica, di un microscopio semplice, montato su un braccio snodato che si rivelò efficacissimo. Utilizzato da Abraham Trembley (1710-1784), esso si impose come microscopio "acquatico", per l'osservazione di flora e fauna dall'esterno di un contenitore di vetro. Il particolare comportamento del "polipo d'acqua dolce" o idra fu osservato con questo tipo di microscopio da Trembley nel 1740, così come la sua sorprendente capacità di rigenerazione delle parti amputate.

L'evoluzione del microscopio semplice passò quindi attraverso la "tavola anatomica" di Pierre Lyonnet (1708-1789), di cui si servì fra gli altri Lazzaro Spallanzani (1729-1799) per minute dissezioni. Il naturalista italiano utilizzò, per la ricerca entomologica, probabilmente il microscopio concepito da James Wilson (1655-1730) e costruito da John Cuff (c.1708-1772) intorno al 1742, noto anche come "portatile" o "da tasca". Esso, che è solo in apparenza un microscopio composto, permise fra l'altro a Spallanzani, nel 1773, di scoprire i tardigradi e la loro capacità di morire e "risorgere" più volte: ovvero quel fenomeno noto oggi come anabiosi, che costituì uno dei più importanti rompicapo della biologia teorica settecentesca.

IMMAGINI E DIDASCALIE DELLO SLIDE SHOW



1. Microscopi composti (seconda metà XVII sec.), Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Il microscopio composto è una delle invenzioni più significative della rivoluzione scientifica. Gli apparati esposti presso l'Istituto e Museo di Storia della Scienza permettono di seguire il passaggio dai primi microscopi composti, di tipo galileiano, fino agli strumenti estremamente complessi e ricchi di accessori realizzati nel corso del XIX secolo.

2. Riproduzione fotografica della radiografia del microscopio composto galileiano.

Federico Allodi, *Descrizione di un microscopio: nota preventiva*, Firenze, 1956.

Documento iconografico di rilievo storico realizzato nel 1956 sotto la guida di Federico Allodi; in evidenza i componenti del microscopio detto "galileiano", esposto all'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze.

3. Osservazioni al microscopio.

Lazzaro Spallanzani, *Opuscoli di fisica animale e vegetabile*, Modena, 1776, tav. V.

Migliori prestazioni ottiche, rispetto al microscopio composto, caratterizzarono il microscopio semplice. Per questo motivo, a partire dalla seconda metà del Seicento, quest'ultimo fu preferito dai naturalisti, soprattutto per le ricerche sul campo e per la pratica della dissezione.

4. Tavola raffigurante un microscopio botanico semplice.

George Adams senior, *Micrographia illustrata*, Londra 1747.

Il microscopio semplice è un sistema ottico convergente (spesso una lente semplice) che permette di ridurre la distanza di osservazione e, quindi, di aumentare la dimensione apparente dell'oggetto.

5. Microscopio botanico semplice, Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Il microscopio botanico è un tipo di microscopio semplice molto maneggevole. Deve il suo nome al fatto che fu utilizzato per l'osservazione delle specie vegetali.

6. Antoni van Leeuwenhoek nel suo studio con in mano il microscopio che porta il suo nome; dipinto XVII sec.

L'olandese Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) costruì molti microscopi costituiti di una sola, piccolissima lente biconvessa. In questa famosa tavola si percepiscono le piccole dimensioni dello strumento.

7. Microscopio semplice di Antoni van Leeuwenhoek.

Con strumenti di questo tipo Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) riuscì ad ottenere ingrandimenti straordinariamente elevati. Nonostante la costruzione elementare, questo tipo di strumento gli permise di compiere innumerevoli scoperte.

8. Spermatozoi osservati al microscopio.

Antoni van Leeuwenhoek, *Opera omnia, seu, Arcana naturae*, Leida, 1722.

Nel 1676 Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) inviò alla prestigiosa Royal Society di Londra alcune sue osservazioni microscopiche condotte su capelli, granuli di sabbia, sperma, sangue, insetti, flora e fauna di uno stagno, corredate da numerosi disegni esplicativi.

9. Microscopio semplice di Musschenbroek.

Una caratteristica di tutti i sistemi semplici è che l'immagine appare diritta come la si vede ad occhio nudo, ossia non capovolta. Ciò consente di coordinare agevolmente i movimenti quando si manipola il preparato osservato.

10. Tavola raffigurante l'uso del microscopio semplice acquatico.

Il microscopio acquatico è formato da un tubo ottico trattenuto orizzontalmente da un braccio snodato. Fu molto popolare tra i naturalisti per osservare gli organismi contenuti in un acquario al quale veniva avvicinato.

11. Microscopio semplice acquatico (seconda metà XVIII sec.), Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Microscopio semplice acquatico, molto simile a quello utilizzato dal naturalista ginevrino Abraham Trembley (1710-1784). La base di legno è ricoperta di avorio e sostiene un braccio snodabile con giunti a sfera recante l'anello che portava la lente (mancante).

12. Tavola raffigurante il “polipo d'acqua dolce” o “Idra”.

Abraham Trembley, *Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de polypes d'eau douce*, Leida 1744.

Rielaborazione digitale di due tavole distinte tratte da *Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de polypes d'eau douce* (Leida, 1744) di Abraham Trembley (1710-1784), nelle quali sono raffigurate alcune osservazioni compiute sul polipo d'acqua dolce: rispettivamente il suo modo di muoversi e la particolare capacità di rigenerazione delle parti mancanti.

13. Microscopio di Lyonnet.

Pierre Lyonnet, *Beschryving van een microscoopstel, Verhandelingen Uitgegeeven door de Hollandse Maatschoppy der Weetenschappen*.

Un microscopio di questo tipo fu utilizzato dal celebre naturalista Lazzaro Spallanzani (1729-1799).

14. Ritratto di Lazzaro Spallanzani.

In un periodo storico in cui la biologia non godeva ancora dello statuto di scienza, Spallanzani (1729-1799) attuò ricerche fondamentali sulla generazione animale e contribuì in modo decisivo all'affermazione del metodo sperimentale, avvalendosi, per le sue osservazioni, del microscopio.

15. Tavola raffigurante microscopi semplici.

George Adams senior, *Micrographia illustrata*, Londra, 1747.

La *Micrographia illustrata*, opera di George Adams senior (1709-1772), fu un significativo lavoro del Settecento dedicato prevalentemente alla costruzione e all'uso dei microscopi.

16. Osservazioni al microscopio.

Lazzaro Spallanzani, *Opuscoli di fisica animale e vegetabile*, Modena, 1776, tav. IV e V

Rielaborazione digitale di due tavole distinte tratte da *Opuscoli di fisica animale e vegetabile* (Modena, 1776) di Lazzaro Spallanzani (1729-1799).

1.3 L'ANATOMIA MICROSCOPICA

L'anatomia microscopica fu impostata nel corso del Seicento da Federico Cesi (1585-1630) e Francesco Stelluti (1577-1651) nell'*Apiarium* (Roma, 1625), un'opera distesa su un unico foglio di dimensioni straordinarie, contenente dettagliate descrizioni di carattere naturalistico, storico-erudito e letterario sulle api.

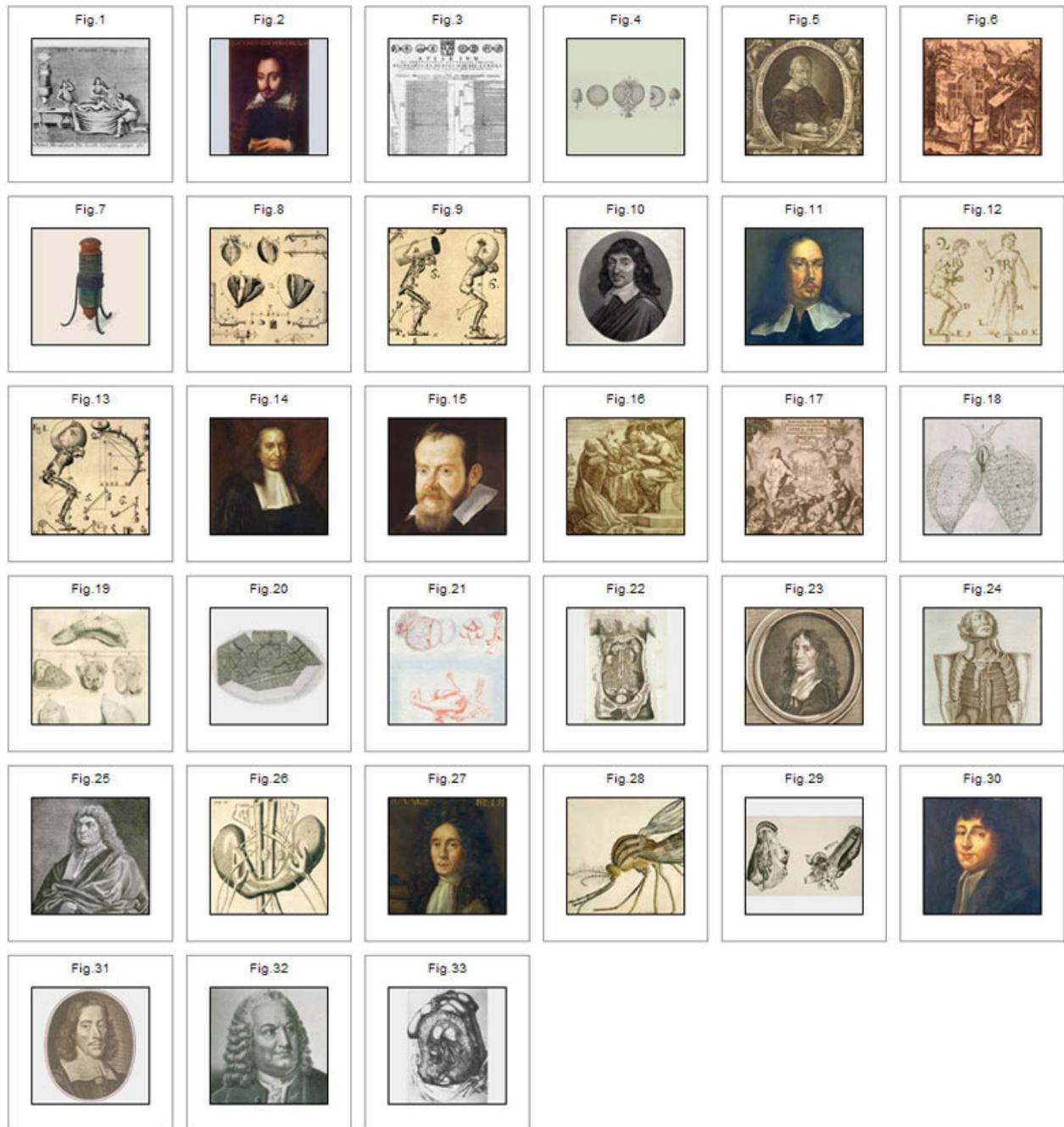
In seguito, Giovanni Battista Hodierna (1597-1660) offrì nell'*Occhio della mosca* (Palermo, 1644), testo dedicato all'anatomia degli insetti, un esempio magistrale di indagine naturalistica condotta con l'ausilio del microscopio; Marco Aurelio Severino (1580-1656) propose nella *Zootomia Democritaea* (Norimberga, 1645), considerata a pieno titolo il primo trattato di anatomia animale comparata, una concezione atomistica delle strutture degli animali svolta sulla base di indagini microscopiche.

Gradualmente il microscopio aiutò a svelare le cause del funzionamento degli organismi che furono spiegate estendendo all'ambito biologico lo stile rigoroso di analisi geometrica utilizzato da Galileo (1564-1642) nella meccanica. Tale aspetto fu sviluppato soprattutto da René Descartes (1596-1650) e da Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679). Quest'ultimo, in particolare, descrisse dal punto di vista meccanico i moti muscolari attivati nel camminare, nel correre, nel sollevare i pesi nonché i moti interni del corpo.

L'anatomia microscopica fu tuttavia sviluppata in tutte le sue potenzialità da Marcello Malpighi (1628-1694). Come Galileo aveva avviato con il telescopio l'esplorazione della grande macchina dell'universo, così Malpighi si propose con il microscopio di svelare la struttura nascosta della macchina del corpo umano. Osservò la struttura alveolare dei polmoni, i recettori papillari della lingua, il collegamento tra vasi arteriosi e venosi, individuò i globuli rossi del sangue e descrisse con precisione le prime fasi dello sviluppo embrionale del pulcino.

La combinazione dell'anatomia "sottile" e dell'ingrandimento microscopico portarono in breve tempo ad un susseguirsi di straordinarie scoperte: Thomas Bartholin (1616-1680) individuò i vasi linfatici; Lorenzo Bellini (1643-1704) svelò la struttura e la funzione dei reni, fornendone una spiegazione di tipo meccanico; Francesco Redi (1626-1697) illustrò la straordinaria complessità dell'organizzazione degli insetti; Thomas Wharton (1614-1673) formulò la teoria delle ghiandole come organi secretori; Niels Steensen (1638-1686) condusse accurate osservazioni microscopiche delle fibre muscolari; Thomas Willis (1621-1675) e poi Albrecht von Haller (1708-1777) indagarono la struttura del sistema nervoso e la dinamica delle funzioni neuro-muscolari.

IMMAGINI E DIDASCALIE DELLO SLIDE SHOW



1. Tavola raffigurante l'uso del microscopio di Campani

Giuseppe Campani (1635-1715), eccellente costruttore di strumenti ottici, contribuì con la sua opera allo sviluppo delle potenzialità del microscopio. La superiorità del Campani rispetto ad Eustachio Divini (1610-1685) e ad altri costruttori fu riconosciuta per le prestazioni delle sue lenti.

2. Ritratto di Federico Cesi attribuito a Simon Vouet. Accademia Nazionale dei Lincei, Palazzo Corsini

Cesi (1585-1630) è una delle figure di maggior rilievo della vita culturale italiana degli inizi del Seicento. Fondatore dell'Accademia dei Lincei, si impegnò in studi di botanica e naturalistici in genere.

3. Federico Cesi, *Apiarium*, Roma, 1625.

L'*Apiarium* occupa un posto di rilievo nel vasto programma di politica culturale promosso dall'Accademia dei Lincei. L'opera costituisce un punto di incontro tra il gusto erudito del primo Seicento e le esigenze della più avanzata ricerca scientifica. Nel foglio, di dimensioni straordinarie, sono esposti i risultati della prima osservazione microscopica delle api compiuta dai lincei.

4. Particolari dell'occhio della mosca.

Giovanni Battista Hodierna, *L'occhio della mosca*, Palermo, 1644.

Sacerdote, studioso di ottica e di astronomia, Hodierna (1597-1660) si interessò anche al mondo animale, sviluppando un particolare tipo di microscopio, con il quale compì accurate osservazioni sull'occhio della mosca.

5. Ritratto di Marco Aurelio Severino

Chirurgo e anatomista, Severino (1580-1656) è noto particolarmente per i suoi studi sulla dissezione degli animali.

6. Marco Aurelio Severino, *Zootomia Democritaea*, Norimberga, 1645

L'opera si avvale del metodo comparativo applicato all'anatomia animale. Sulla base di indagini microscopiche, Severino (1580-1656) ripropone una concezione atomistica democritea delle strutture anatomiche degli animali.

7. Microscopio composto galileiano, ideato da Galileo Galilei e costruito da Giuseppe Campani [attr.] (Seconda metà XVII sec.), Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Il microscopio, realizzato in cartone, pelle e legno, è inserito in un supporto di ferro con tre gambe ricurve. Il sostegno, oltre a garantire la stabilità dello strumento, consente le operazioni di messa a fuoco attraverso lo scorrimento del tubo all'interno dell'anello.

8. Giovanni Alfonso Borelli, *De motu animalium Io. Alphonsi Borelli ... opus posthumum*, Roma, 1680-1681 - tomo I, tav. XVII

Particolare del cuore.

9. Giovanni Alfonso Borelli, *De motu animalium Io. Alphonsi Borelli ... opus posthumum*, Roma, 1680-1681 - tomo I, tav. IV

Lo studio dell'apparato scheletrico dell'uomo e degli animali viene impostato da Borelli (1680-1691) su basi meccaniche.

10. Ritratto di René Descartes

Nel *Traité de l'Homme* Descartes (1596-1650) espone la propria concezione meccanicistica del corpo umano.

11. Ritratto di Giovanni Alfonso Borelli, copia dalla Collezione Gioviana. Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza

Nei dieci anni trascorsi in Toscana (1608-1679), Borelli (1680-1691) costituì uno dei punti di riferimento di gran parte dell'attività scientifico-sperimentale dell'Accademia del Cimento.

12. Giovanni Alfonso Borelli, *De motu animalium Io. Alphonsi Borelli ... opus posthumum*, Roma, 1680-1681 - tomo I, tav. XI

Il *De motu animalium* di Borelli (1608-1679) è un trattato di fisiologia meccanicista che rappresenta il tentativo di estensione all'ambito biologico dello stile rigoroso di analisi geometrica utilizzato da Galileo (1564-1642) in ambito meccanico.

13. Giovanni Alfonso Borelli, *De motu animalium Io. Alphonsi Borelli ... opus posthumum*, Roma, 1680-1681 - tomo I, tav.VI

Borelli (1608-1679), durante il suo soggiorno in Toscana (1656-1666), stimolò numerosi studiosi all'indagine con il microscopio, come Marcello Malpighi (1628-1694), Claude Aubery (1607-1658/9), Carlo Fracassati (1630-1672) e Lorenzo Bellini (1643-1704).

14. Carlo Cignali, *Ritratto di Marcello Malpighi*, seconda metà del XVII secolo. Galleria Borghese, Roma

Malpighi (1628-1694) fu tra i primi a utilizzare il microscopio per compiere in maniera sistematica studi di anatomia. In particolare le ipotesi sulla circolazione del sangue, formulate da William Harvey (1578-1657) nei primi decenni del Seicento, trovarono conferma nelle osservazioni microscopiche di Malpighi sui vasi capillari.

15. *Ritratto di Galileo Galilei*. Olio su tela, Filippo Furini, 1620. Vienna, Kunsthistorisches Museum.

16. Galileo mostra i pianeti Medicei alle personificazioni dell'Ottica, dell'Astronomia e della Matematica.

Galileo Galilei, *Opere*, Bologna, 1656. Antiporta.

I primi microscopi furono prodotti negli stessi anni del cannocchiale. Il macrocosmo dell'universo e il microcosmo del corpo umano, grazie ai due strumenti di nuova concezione, divennero in breve tempo luoghi privilegiati di esplorazione.

17. Marcello Malpighi, *Opera omnia*, Londra, 1686-1687. Frontespizio.

Malpighi (1628-1694) fu uno dei più abili osservatori della seconda metà del Seicento e fondatore dell'anatomia microscopica.

18. Tavola anatomica raffigurante gli alveoli polmonari, particolare.

Marcello Malpighi, *De pulmonibus epistola altera*, Bologna, 1661.

Il microscopio permise a Malpighi (1628-1694) di descrivere per la prima volta la struttura ad alveoli dei polmoni.

19. Studio anatomico sulla struttura della lingua.

Marcello Malpighi, *Tetras anatomicarum epistolarum de lingua et cerebro..*, Bologna, 1665.

Malpighi (1628-1694) offre un esempio delle potenzialità dell'uso del microscopio per la ricerca scientifica.

20. Tavola anatomica raffigurante gli alveoli polmonari, particolare.

Marcello Malpighi, *De pulmonibus epistola altera*, Bologna, 1661.

Malpighi (1628-1694) congiunse all'indagine microscopica l'arte della preparazione dei tessuti da esaminare, grazie alla quale egli mise in evidenza un gran numero di strutture altrimenti invisibili a occhio nudo.

21. Ricostruzione digitale delle fasi dello sviluppo embrionale del pulcino.

Marcello Malpighi, *De ovo incubato observationes*, Londra, 1673. Tav. V, VI, VII.

In seguito alle osservazioni sistematiche sullo sviluppo del pulcino all'interno dell'uovo, Malpighi (1628-1694) riconobbe la formazione di una struttura già abbozzata del feto, visibile pochi giorni dopo la fecondazione.

22. Raffigurazione frontale del tronco umano, con visione degli organi interni.

Thomas Bartholin, *Anatome quartum renovata [...]*, Lione, 1684. Tav. XLIII, XXVI.

23. Ritratto di Thomas Bartholin.

Thomas Bartholin, *Anatome quartum renovata [...]*, Lione, 1684. Antiporta.

Anatomista danese, Bartholin (1616-1680) scoprì nel 1643 i vasi linfatici.

24. Raffigurazione frontale del tronco umano, con visione degli organi interni.

Thomas Bartholin, *Anatome quartum renovata [...]*, Lione, 1684. Tav. XVIII

26. Ritratto di Lorenzo Bellini.

Bellini (1643-1704) propose una spiegazione del funzionamento renale impostata su una interpretazione di tipo esclusivamente meccanico.

26. Tavola di anatomia umana raffigurante i canali renali.

Lorenzo Bellini, *Exercitatio anatomica de structura et usu renum*, Amsterdam, 1665.

27. Ritratto di Francesco Redi, copia dalla Collezione Gioviana, Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Redi (1626-1697) fu capace di abbinare all'utilizzo del microscopio l'esperimento. Egli inoltre introdusse nel metodo scientifico la procedura seriale e il confronto tra esperimenti di ricerca ed esperimenti di controllo.

28. Zanzara, acquerello di Filizio Pizzichi, dall'esemplare Palatino del volume di Francesco Redi, *Esperienze intorno alla generazione degli insetti*, Firenze, 1668.

Nelle sue ricerche naturalistiche Redi (1626-1697) si servì di artisti per illustrare fedelmente quanto osservato per mezzo dell'ingrandimento ottico, a sottolineare lo stretto rapporto che lega in questo periodo la scienza con l'arte, tanto che si parla di arte dell'osservazione microscopica.

29. Tavola raffigurante la “glandula maxillaris” e il ductus salivalis” scoperti da Thomas Wharton.

L'inglese Thomas Wharton (1614-1673) fu uno dei primi anatomisti a compiere studi sulle ghiandole.

30. Ritratto di Niccolò Stenone, copia dalla Collezione Gioviana, Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza.

Danese, Niels Steensen (Niccolò Stenone, 1638-1686) studiò medicina a Copenaghen, Amsterdam e Leida. Nel 1667 divenne medico di corte del Granduca di Toscana Ferdinando II. Oltre alla descrizione della struttura dei muscoli, si applicò anche nello studio del sistema ghiandolare e linfatico e dell'anatomia del cervello.

31. Ritratto di Thomas Willis.

Thomas Willis (1621-1675), inglese, fu anatomista e fisiologo.

32. Ritratto di Albrecht von Haller.

Lo svizzero Albrecht von Haller (1708-1777) è considerato il padre della moderna fisiologia.

33. Le arterie del mesenterio

Albrecht von Haller, *Iconum anatomicarum corporis umani*, Fasc. III, Gottinga, 1756.

1.4 UN SECOLO DI SCOPERTE

1610: UNA PREZIOSA TESTIMONIANZA

Le prime descrizioni di microscopio composto risalgono agli inizi del Seicento. John Wedderburn (1583-1651), discepolo e ammiratore di Galileo Galilei (1564-1642), testimonia che in questo anno lo scienziato pisano aveva già costruito un microscopio e compiuto osservazioni. È verosimile che i primi microscopi galileiani fossero composti dalla combinazione di una lente convessa e una concava.

1614: GALILEO PARLA DEL MICROSCOPIO

A metà novembre Galileo riceve a Firenze la visita di Giovanni Tarde (1561/62-1636) al quale parla del suo microscopio e gli mostra le effemeridi dei Pianeti Medicei.

1619: I MICROSCOPI DI DREBBEL

In Inghilterra, tra il 1619 e il 1623, il fisico e meccanico olandese Cornelius Drebbel (1572-1633) costruisce alcuni microscopi, di cui non è sopravvissuto alcun esemplare. Pare che essi fossero dei microscopi kepleriani, ossia a lenti convesse e a visione rovesciata. Uno di tali microscopi fu portato a Roma nel dicembre del 1623 e Galileo ne prese visione nel 1624.

1623: UN TELESCOPIO PER VEDERE GLI OGGETTI VICINISSIMI

Nel *Saggiatore*, scritto tra il 1619 e il 1622 e apparso nel 1623, Galileo accenna a “un telescopio accomodato per vedere gli oggetti vicinissimi”. Questo primo tipo di microscopio galileiano era probabilmente costituito dal tubo allungato di un telescopio a due lenti.

1624: UNA «COSA DI MOLTA CONSEGUENZA PER LA MEDICINA»

In una lettera del 4 ottobre, Bartolomeo Imperiali (?-1655) informa Galileo che un medico in Genova «dice che con questo occhialino si saprà certo il sito di una certa minima particella del cuore, che con la semplice vista non si è potuto mai scorgere e che riuscirà cosa di molta conseguenza per la medicina...».

1624: IL DONO DI GALILEO A CESI

Galileo perfeziona la costruzione del microscopio composto. Il 10 maggio, nel corso di una riunione romana, lo scienziato pisano regala al cardinale Federico Eutel di Zollern un microscopio con il quale mostra ai presenti l'ingrandimento di una mosca. Il 23 settembre invia a Federico Cesi (1585-1630) un «occhialino per veder da vicino le cose minime». Galileo osserva: «Io ho contemplato moltissimi animali con infinita ammirazione: tra i quali la pulce è orribilissima, la zanzara e la tignuola sono bellissime; e con gran contento ho veduto come facciano le mosche ed altri animalucci a camminare attaccati agli specchi, ed anche di sotto in su. Ma V. E. avrà campo di osservare mille e mille particolari, de' quali la prego a darmi avviso delle cose più curiose.».

1625: IL NOME DELLO STRUMENTO

In una lettera del 13 aprile a Federico Cesi (1585-1630), l'accademico linceo Johann Faber (1574-1629) denomina “microscopio” il «novo occhiale di veder le cose minute». Scrive Faber: «...et lo chiamo microscopio, veda V. E.za se gli piace, con aggiungere che li Lyncei, sì come hano dato il nome al primo, telescopio, così hanno voluto dare il nome conveniente a questo ancora, et meritatamente, perché sono stati li primi qui a Roma che l'hanno avuto...».

1625: LA COPIA DELL'APIARIUM

Il 26 settembre 1625 il Principe Federico Cesi (1585-1630) invia a Galileo in anteprima una copia dell'*Apiarium*, un testo sulle api, che costituisce un capitolo significativo del programma naturalistico, storico-erudito e letterario dell'Accademia dei Lincei.

1625: LA MELISSOGRAFIA

Viene stampato a Roma il primo documento iconografico realizzato con l'ausilio del microscopio. Si tratta di un dono da parte dell'Accademia dei Lincei al pontefice Urbano VIII. Tale documento, conosciuto come *Melissographia*, presenta le osservazioni eseguite da Francesco Stelluti (1577-1651), accademico linceo, che hanno per oggetto un'ape osservata supina, di profilo e sul dorso, circondata da una ricca corona delle sue parti anatomizzate. La grande tavola viene incisa da Matthaus Greuter (1566-1638).

1625: L'APIARIUM

Viene pubblicata a Roma l'*Apiarium*. L'opera, distesa su un unico foglio di dimensioni straordinarie (63X101 cm), contiene molte informazioni di carattere storico, scientifico e poetico su questi imenotteri. Il Principe Federico Cesi (1585-1630) intende così anche rendere omaggio al pontefice Urbano VIII (1568-1644), nel cui stemma gentilizio campeggia proprio un trigono di api.

1628: GALILEO INVIA UN MICROSCOPIO A FILIPPO D'ASSIA

Galileo invia da Firenze un suo microscopio al Landgravio Filippo d'Assia (1581-1643).

1630: GALILEO INVIA UN MICROSCOPIO AL RE DI SPAGNA

Galileo invia un microscopio al re di Spagna.

1630: IL PUNTERUOLO DEL GRANO

Francesco Stelluti (1577-1651), membro dell'Accademia dei Lincei, con l'illustrazione del "gorgoglione" o punteruolo del grano, raffigurato sia a dimensioni naturali, sia ingrandito con il microscopio, propone una pratica iconografica che sarà accolta da molti microscopisti per almeno due secoli.

1631: IL DISEGNO DEL MICROSCOPIO COMPOSTO

Uno dei più antichi disegni del microscopio composto a treppiede risale al 1631 e si trova raffigurato nel diario dello scienziato olandese Isaac Beeckman (1588-1637). Copernicano in cosmologia, Beeckman condivise le idee di William Harvey (1578-1657) sulla circolazione del sangue, e sviluppò una prospettiva fisica tendenzialmente atomistica.

1633: IMMAGINE MICROSCOPICA DI UN VEGETALE

Viene stampata a Roma l'opera *De florum cultura* di Giovan Battista Ferrari (1584-1655). In essa è contenuta la prima immagine di un vegetale, il seme dell'ibisco, disegnato sulla base dell'osservazione microscopica.

1642: MORTE DI GALILEO

L'8 gennaio Galileo muore nella Villa il Gioiello ad Arcetri presso Firenze. Lo sperimentalismo galileiano sarà ripreso, in varia misura e in varie direzioni, dai molti suoi allievi e ammiratori.

1643: I VASI LINFATICI

L'anatomista danese Thomas Bartholin (1616-1680) pubblica a Copenaghen *Vasa lymphatica*, opera nella quale è descritta la scoperta dei vasi linfatici.

1644: IL MICROSCOPIO A PERLINA

Con molta probabilità in questo anno Evangelista Torricelli (1608-1647), matematico granduca, concepisce il microscopio a perlina, un microscopio semplice formato da una piccola lente sferica collocata all'estremità di un tubo ottico.

1644: L'OCCHIO DELLA MOSCA

Lo stretto rapporto che lega il telescopio al microscopio è dimostrato dal fatto che, nella prima metà del Seicento, numerosi astronomi effettuano occasionalmente osservazione microscopiche. Ad esempio, proprio nel 1644, l'astronomo siciliano Giovanni Battista Hodierna (1597-1660) pubblica a Palermo *L'occhio della mosca*, opera nella quale la nuova tecnica dell'indagine microscopica della natura si dimostra un importante ausilio all'anatomia.

1645: ATOMISMO E MICROSCOPIA

Viene pubblicata a Norimberga la *Zootomia democritea, id est anatome generale totius animantium opifici* di Marco Aurelio Severino (1580-1656), opera nella quale, sulla base di indagini microscopiche, viene riproposta una concezione atomistica democritea delle strutture anatomiche degli animali.

1646: L'ARS MAGNA LUCIS ET UMBRAE DI KIRCHER

Esce a Roma l'*Ars magna lucis et umbrae* dell'erudito gesuita Athanasius Kircher (1602-1680), opera che racchiude, fra l'altro, una preziosa testimonianza del microscopio a perlina ideato da Evangelista Torricelli (1608-1647). Straordinari sono i reperti microscopici indicati da Kircher; il formaggio, il latte e l'aceto presentano piccolissimi esseri viventi.

1646: FONTANA RIVENDICA LA SCOPERTA DEL MICROSCOPIO

Francesco Fontana (c. 1585-1656) pubblica le sue *Novae caelestium terrestriumque rerum observationes*, un testo nel quale pretende di aver inventato il cannocchiale composto di due lenti convesse nel 1608 e un microscopio composto nel 1618, costituito da due lenti convergenti, una funzionante da obiettivo e l'altra da oculare.

1654: LA TESTIMONIANZA DI VIVIANI

Vincenzo Viviani (1622-1703) stende un fortunato *Racconto istorico della vita del Sig. Galileo Galilei*, scritto in forma di lettera al Principe Leopoldo de' Medici (1617-1675), rimasto inedito fino al 1717. Viviani assegna a Galileo il merito dell'invenzione tanto del microscopio semplice quanto di quello composto.

1655: ORIGINE OLANDESE DELLO STRUMENTO?

Secondo i documenti pubblicati da Pierre Borel (c. 1620-1671) nel suo scritto *De vero telescopii inventore*, le invenzioni del microscopio e del telescopio risalirebbero al 1590 circa per opera di due occhialai olandesi, Hans e Zacharias Janssen (padre e figlio secondo alcuni, fratelli secondo altri). Tale tesi sembra essere accreditata dal fatto che verso la fine del Cinquecento era presente una spiccata creatività tra i costruttori olandesi di occhiali. I primitivi strumenti degli Janssen, ottenuti unendo più lenti all'interno di un tubo fisso, poggiato su un treppiede, erano capaci di ingrandire un oggetto fino a trenta volte. Essi però non erano utilizzati a scopo scientifico, bensì erano destinati ad essere venduti come oggetti curiosi a principi e notabili.

1656: IL SISTEMA GHIANDOLARE

Thomas Wharton, nella sua *Adenographia, or a Description of the Glands of the Whole of the Body*, descrive il sistema ghiandolare.

1657: NASCE L'ACCADEMIA DEL CIMENTO

Viene istituita, presso la Corte medica, l'Accademia del Cimento con il compito di rilanciare l'eredità scientifica di Galileo. Nonostante la microscopia non costituisca una peculiarità dell'attività svolta dall'Accademia del Cimento, essa viene coltivata da due suoi membri: Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679) e Francesco Redi (1626-1697).

Borelli, durante il suo soggiorno in Toscana (1656-1666), stimola numerosi studiosi all'indagine con il microscopio, come Marcello Malpighi (1628-1694), Claude Aubery (1607-1658/9), Carlo Fracassati (1630-1672) e Lorenzo Bellini (1643-1704).

L'aretino Francesco Redi (1626-1697) si dimostra capace di abbinare all'utilizzo del microscopio l'esperimento. Nelle sue ricerche naturalistiche si serve di artisti per illustrare fedelmente quanto osservato per mezzo dell'ingrandimento ottico, a sottolineare lo stretto rapporto che lega in questo periodo la scienza con l'arte, tanto che possiamo parlare di arte dell'osservazione microscopica.

1658: I GLOBULI ROSSI

Il fiammingo Jan Swammerdam (1637-1680), uno maggiori virtuosi nell'arte dell'osservazione microscopica della seconda metà del Seicento, osserva e descrive i globuli rossi del sangue. È anche uno dei primi a formulare la teoria della preformazione secondo la quale l'organismo è interamente costituito fin dall'inizio e lo sviluppo consiste solo in un processo di ingrandimento.

1658: UNA SCOPERTA CON L'ANATOMIA SOTTILE

Il medico e anatomista di origine lorenese Claude Aubery (1607-1658/9) pubblica a Firenze il foglio *Textis examinatus*, nel quale sono riportate osservazioni sulla struttura canalicolare del testicolo. Tali osservazioni vengono effettuate con l'arte dell'anatomia "sottile" e non con il microscopio.

1660: LA ROYAL SOCIETY

Viene fondata la Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge, che circa tre anni dopo otterrà il riconoscimento reale da Carlo II (1630-1685). La prestigiosa società scientifica londinese sarà anche attenta alle ricerche microscopiche.

1661: GLI STUDI DI MALPIGHI SUI POLMONI

Marcello Malpighi (1628-1694), uno dei più abili osservatori della seconda metà del Seicento e fondatore dell'anatomia microscopica, dà alle stampe il *De pulmonibus observationes anatomicae. Epistulae ad Jo. Alphonsum Borellium*, opera nella quale viene analizzato il meccanismo con cui il sangue venoso si ossigena nei polmoni e si trasferisce nel circolo arterioso. Con l'osservazione dei capillari, egli conferma la scoperta del principio della circolazione sanguigna di William Harvey (1578-1657), descritta nella *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (1628). Il microscopio permette a Malpighi di descrivere per la prima volta la struttura ad alveoli dei polmoni. All'indagine microscopica egli congiunge l'arte della preparazione dei tessuti da esaminare, grazie alla quale mette in evidenza un gran numero di strutture altrimenti invisibili a occhio nudo. Non sempre corredata di illustrazioni i propri testi rendendoli così meno efficaci.

1662: GLI STUDI DI BELLINI SUI RENI

Lorenzo Bellini (1643-1704), a soli diciannove anni, pubblica a Firenze l'*Exercitatio anatomica de structura et usu renum*. Alla teoria di Galeno (129-199), secondo cui i reni erano composti da sostanza "parenchimatosa" e formavano l'urina grazie a una peculiare facoltà, il Bellini sostituisce una spiegazione di tipo esclusivamente meccanico.

1665: LA MICROGRAPHIA DI HOOKE

Robert Hooke (1635-1703), uno dei più brillanti e versatili scienziati inglesi del Seicento, pubblica a Londra la *Micrographia*. L'opera presenta la figura dettagliata di un microscopio composto a colonna. La bellezza delle tavole illustrative, che ritraggono insetti, foglie e piccoli oggetti, e la precisione delle osservazioni colpiscono la comunità scientifica, mostrando una nuova faccia della natura caratterizzata da realtà microscopiche. Hooke osserva per primo le cellule dei vegetali, senza che la scoperta avesse alcuna conseguenza pratica.

1665: I MICROSCOPI DI DIVINI

Intorno al 1665, Eustachio Divini (1610-1685) realizza un microscopio costituito da una serie di tubi telescopici di cartone scorrevoli l'uno nell'altro per la messa a fuoco. Lo strumento è sostenuto da un piccolo treppiede. A Divini è anche attribuita l'introduzione dello specchio riflettente per l'illuminazione degli oggetti da osservare.

1665: GLI STUDI SULLA LINGUA

Il medico e anatomista bolognese Carlo Fracassati (1630-1672) pubblica a Bologna la *Exercitatio epistolica de lingua ad J. Alf. Borellum*, opera nella quale descrive la struttura anatomica e le funzioni della lingua. Nello stesso anno il fiorentino Lorenzo Bellini (1643-1704) pubblica sempre a Bologna il *Gustus organum novissime deprehensum*, lavoro che si propone di spiegare l'origine dei sapori, ritenendo che dipendano solo dalle papille della lingua.

1665-1666: I RECETTORI SENSORIALI

Fra il 1665 e il 1666 Marcello Malpighi (1628-1694) pubblica quattro opuscoli di neuroanatomia: *de cerebro; de lingua; de externo tactus organo; de cerebro cortice*. Nel secondo e terzo opuscolo Malpighi descrive la grande scoperta dei recettori sensoriali: le papille del gusto e del tatto. *di Marcello Malpighi, «Physis», Anno VIII (1666), pp. 253-266.*

1667: FINE DELL'ATTIVITÀ DELL'ACCADEMIA DEL CIMENTO

Con la pubblicazione dei *Saggi di naturali esperienze*, curati dal Segretario Lorenzo Magalotti (1637-1712), si conclude, dopo dieci anni, l'attività sperimentale dell'Accademia del Cimento, promossa come sviluppo dello sperimentalismo galileiano.

1667: LE OSSERVAZIONI DEI MUSCOLI

Danese, Niels Steensen (Niccolò Stenone, 1638-1686), durante il primo soggiorno in Toscana (1666-1667), compì importanti dissezioni anatomiche e pubblicò nel 1667 la sua fondamentale opera sulla struttura dei muscoli (*Elementorum myologiae specimen, seu Musculi descriptio geometrica*) in appendice alla quale inserì la celebre memoria sulla dissezione della testa di pescecane. Oltre che nella descrizione della struttura dei muscoli, Stenone si applicò anche nello studio del sistema ghiandolare e linfatico e dell'anatomia del cervello. Scoprì il dotto escretore della ghiandola parotide, che descrisse nelle sue *Observationes anatomicae* (Leida, 1662).

1668: REDI E LA CONFUTAZIONE DELLA GENERAZIONE SPONTANEA

Vengono pubblicate a Firenze le *Esperienze intorno alla generazione degli insetti*. Vero capolavoro di Redi (1626-1697), il testo è destinato a segnare una tappa miliare nella storia della scienza moderna. Egli confutò la millenaria teoria della generazione spontanea degli insetti attraverso un efficace esperimento, che introduceva nel metodo scientifico la procedura seriale e il confronto tra esperimenti di ricerca ed esperimenti di controllo. L'opera è corredata da numerose incisioni degli insetti che lo scienziato ha osservato al microscopio.

1669: GLI STUDI DI MALPIGHI SUL BACO DA SETA

La *Dissertatio epistolica de Bombyce* di Marcello Malpighi (1628-1694) offre, con la descrizione dell'anatomia e della metamorfosi del baco da seta, il primo libro dedicato all'anatomia di un invertebrato.

1669: GLI STUDI DI SWAMMERDAM SUGLI INSETTI

L'illustre microscopista fiammingo Jan Swammerdam (1637-1680), maestro nella microdissezione, pubblica uno studio generale sugli insetti.

1671: LA DIOPTRIQUE OCULAIRE

Il padre cappuccino e fisico di valore Chérubin d'Orléans (François Lasséré) pubblica *La dioptrique oculaire*, uno dei testi con il quale inizia una importante trattatistica dedicata alle tecniche costruttive dei microscopi. Nell'opera si analizzano anche strumenti a visione bioculare.

1672: GLI STUDI DI MALPIGHI SULLE PIANTE

Con l'*Anatome plantarum* e con la successiva integrazione del 1675 (*Anatome plantarum pars altera*), Marcello Malpighi (1628-1694) offre un esempio delle potenzialità dell'uso del microscopio per la ricerca scientifica.

1673: GLI STUDI DI MALPIGHI SULLA FORMAZIONE DEL PULCINO

La prestigiosa Royal Society di Londra pubblica l'opera di Marcello Malpighi (1628-1694) *De formatione pulli in ovo*. In seguito alle osservazioni sistematiche e ininterrotte sullo sviluppo del pulcino all'interno dell'uovo, Malpighi riconosce la formazione di una struttura già abbozzata del feto, visibile pochi giorni dopo la fecondazione. Questa scoperta alimenterà la convinzione preformistica della generazione, secondo la quale lo sviluppo ontogenetico procede da un organismo embrionale dotato delle parti principali (cuore, cervello, abbozzo della carena toracica).

1674: LEEUWENHOEK SCOPRE I PROTOZOI

Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) scopre i protozoi. Olandese, modesto impiegato pubblico e impareggiabile costruttore di lenti, non fu solo un semplice curioso dilettante dei misteri dell'infinitamente piccolo, ma anche un grande sperimentatore e scienziato dotato di un vastissimo bagaglio di conoscenze anatomiche ed embriologiche. Egli costruisce molti microscopi costituiti di una sola, piccolissima lente biconvessa, di straordinaria efficacia.

Il suo connazionale Johann van Musschenbroek (1660-1707), oltre a costruire microscopi per Leeuwenhoek, realizza un modello di microscopio a compasso. È anche l'ideatore di particolari giunti a sfera, conosciuti come "dati di Musschenbroek". Tale dispositivo permetteva di realizzare bracci regolabili e di diversa lunghezza, destinati a sostenere lenti o portacampioni.

1677: LE OSSERVAZIONI MICROSCOPICHE DI LEEUWENHOEK

L'olandese Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) invia alla prestigiosa Royal Society di Londra alcune sue osservazioni microscopiche, condotte su capelli, granuli di sabbia, sperma, sangue, insetti, flora e fauna di uno stagno, corredate da numerosi disegni esplicativi. In questi anni egli osserva spermatozoi, allora chiamati "animalculi spermatici", globuli rossi, rotiferi, batteri.

1680: MICROSCOPIA E MECCANICISMO

Esce a Roma (1680-1691) il *De motu animalium* di Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679). Si tratta di un trattato di fisiologia meccanicista interamente basato sul carattere corpuscolare della materia; esso rappresenta il tentativo di estensione all'ambito biologico dello stile rigoroso di analisi geometrica utilizzato da Galileo (1564-1642) in ambito meccanico.

1683: I CATALOGHI

Esce a Londra il catalogo di vendita di John Yarwell (1648-1712) che è, con John Marshall (1663-1712), uno dei più importanti costruttori inglesi di microscopi tra la fine del Seicento e l'inizio del Settecento. I cataloghi del tempo reclamizzano non solo microscopi e telescopi, ma anche altri strumenti come specchi ustori, lanterne magiche, occhiali, prismi, lenti concave e convesse.

Nel secolo XVIII il microscopio composto avrebbe assunto, come evoluzione delle meccaniche seicentesche, tre forme principali: a treppiedi, sviluppato intorno al 1725 da Edmund Culpeper (1660-1738); a cilindro o a tamburo, progettato nel 1738 da Benjamin Martin (1705-1782); a colonna laterale, perfezionato nella progettazione da Henry Baker (1698-1774) e costruito da John

Cuff (1708-1772). Quest'ultimo modello segnerà una tappa fondamentale nella storia del microscopio.

1683: LEEUWENHOEK SCOPRE I BATTERI

L'olandese Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) scopre al microscopio i batteri, ma, come per gli spermatozoi, la sua scoperta è destinata a non essere colta in tutta la sua portata.

1683: LE LEGGI DELLA MECCANICA NELLA FISIOLOGIA

Il fiorentino Lorenzo Bellini (1643-1704) stampa a Bologna il *De urinis et pulsibus* nel quale, ispirandosi alle opere di Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679) e di Thomas Willis (1621-1675), prosegue il tentativo di applicazione delle leggi della meccanica nello studio della fisiologia.

1684: REDI E LA PARASSITOLOGIA

Redi pubblica a Firenze le *Osservazioni intorno agli animali viventi che si trovano negli animali viventi*, un trattato di parassitologia e di anatomia comparata che avrebbe dovuto essere completato da una seconda sezione destinata a non vedere mai la luce.

1685: LA BIBLIA NATURAE

Viene pubblicata postuma la *Biblia Naturae* dell'illustre microscopista fiammingo Jan Swammerdam (1637-1680), contenente molte osservazioni zoologiche ed entomologiche oltre a interessanti illustrazioni di microdissezioni. L'opera sarà pubblicata anche in tedesco nel 1737 col titolo *Bibel der Natur*, in occasione del centenario della nascita dell'autore.

1686: I MICROSCOPI DI CAMPANI

Negli *Acta Eruditorum* viene pubblicato un disegno di un microscopio di Giuseppe Campani (1635-1715). Negli oltre cinquant'anni di attività, ha prodotto molti strumenti ottici, fra i quali vanno segnalati, per la loro qualità, i microscopi composti e i cannocchiali, dotati di lenti di eccellente fattura. Campani produce microscopi a treppiedi, ma anche microscopi con un portaoggetti dotato di ganci a molla e con tubi filettati per permettere una messa a fuoco più precisa del sistema a scorrimento ed attrito utilizzato sino ad allora. Più che per il disegno dei suoi microscopi, la superiorità del Campani rispetto ad Eustachio Divini (1610-1685) e ad altri costruttori viene riconosciuta per le prestazioni delle sue lenti.

1687: LA NATURA PARASSITOLOGICA DELLA SCABBIA

Vengono pubblicate, nella forma di una lettera-trattato a Francesco Redi (1626-1697), le *Osservazioni intorno a' pellicelli del corpo umano* di Giovanni Cosimo Bonomo (1666-1696). A seguito delle osservazioni microscopiche sull'acaro della scabbia effettuate in collaborazione con il medico livornese Giacinto Cestoni (1637-1718), il Bonomo riconosce la natura parassitologica della scabbia, fino allora ritenuta conseguenza di alterazioni metaboliche e umorali, e descrive, inoltre, la modalità dell'insediamento degli acari nella cute per contagio, sovvertendo in tal modo tesi e terapie della medicina galenica.

1691: IL MICROSCOPIO ORIZZONTALE

Il padre gesuita Filippo Bonanni (1638-1725) pubblica la *Micrographia curiosa* congiuntamente alle *Observationes circa viventia quae in rebus non viventibus reperiuntur*. Fra le tavole di corredo, egli inserisce anche il disegno di un raffinato microscopio orizzontale con il quale esegue notevoli osservazioni. Lo strumento è composto di un oculare, di una lente di campo e di un obiettivo; munito di un congegno per la messa a fuoco dell'oggetto, è disposto orizzontalmente; la luce di un lume ad olio è condensata sul tavolino portaoggetti del microscopio da due lenti convesse, montate alle estremità di un piccolo tubo (condensatore mobile). Con questo microscopio egli stesso compie numerose osservazioni. Nelle *Observationes circa viventia quae in rebus non viventibus reperiuntur*

il gesuita romano torna a sostenere la difesa della teoria della nascita spontanea di alcune specie animali, contro le tesi di Marcello Malpighi (1628-1694), Francesco Redi (1626-1697) e degli altri critici dello spontaneismo genetico.

1.5 IL GIOCO DEI MICROSCOPI

1. Microscopio galileiano

Questo strumento, segnalato come microscopio di concezione galileiana, fu forse costruito da Giuseppe Campani. I primi microscopi galileiani erano formati da due lenti, una concava e una convessa. Non consentivano una buona illuminazione dell'oggetto. Galileo, infatti, raccomandava di usarli «in aria molto serena e lucida, e meglio è al sole medesimo». Successivamente furono provate varie configurazioni ottiche (questo modello presenta tre lenti biconvesse).

2. Microscopio tipo Hooke

Il prototipo di numerosi microscopi britannici e continentali è costituito dal microscopio composto ideato da Robert Hooke. Presentava innovazioni sia per il sistema ottico (un obiettivo, una lente di campo e un forte oculare), sia per il sofisticato apparato di illuminazione. Poteva allungarsi mediante quattro tubi scorrevoli a cannocchiale.

3. Microscopio orizzontale di Bonanni (tipo Campani)

Questo tipo di microscopio composto era disposto orizzontalmente. La componente ottica era formata da un oculare, una lente di campo e un obiettivo. Lo strumento era munito di un congegno per la messa a fuoco dell'oggetto e di un lume ad olio che, grazie ad un tubo con lenti convesse all'estremità, condensava la luce sul preparato. Con questo microscopio Filippo Bonanni effettuò notevoli osservazioni.

4. Microscopio tipo Culpeper

Microscopio ideato verso il 1725 dal costruttore inglese Edmund Culpeper, che innovò il microscopio a treppiedi di origine italiana aggiungendo uno specchietto riflettente sulla base sottostante al portaoggetti. Spesso dotato di una custodia piramidale con un cassetto contenente gli accessori, fu assai comune nel corso del Settecento.

5. Microscopio tipo Cuff

Opera del costruttore inglese John Cuff che accolse alcuni suggerimenti del naturalista Henry Baker, questo microscopio perfezionava il modello di Culpeper. Lo strumento fu dotato di una colonna laterale, di un preciso meccanismo di messa a fuoco a vite e di un oculare molto lungo. Il microscopio è generalmente montato su una base di legno con un cassetto contenente gli accessori.

6. Microscopio solare

In una stanza oscurata, il dispositivo veniva applicato su un'imposta forata di una finestra. I raggi di Sole, raccolti e riflessi da uno specchio piano collocato all'esterno, percorrevano in sequenza il foro dell'imposta, le lenti condensatrici, il vetrino con il preparato e la lente obiettiva, proiettando così l'immagine ingrandita sulla parete opposta che fungeva da schermo.

7. Microscopio semplice tipo Leeuwenhoek

Antoni van Leeuwenhoek concepì un microscopio rudimentale ma potente. Esso era costituito da una piccolissima lente biconvessa inserita tra due lastrine metalliche all'altezza di un foro da cui

egli osservava. Nonostante la costruzione elementare, questo tipo di strumento gli permise, grazie agli elevati ingrandimenti, di compiere innumerevoli scoperte.

8. Microscopio semplice a compasso

La caratteristica principale di questo microscopio semplice è di avere il portaoggetti a braccio snodabile, che funge anche da dispositivo per la messa a fuoco dell'oggetto. Fu impiegato nell'osservazione di insetti e di vegetali, oltre che nella pratica della dissezione. Spesso contenuto in una custodia dotata di numerosi accessori, ebbe la massima diffusione nel Settecento e nel primo Ottocento.

1.6 TEST

E' possibile accedere alla versione completa del test di verifica dei contenuti dalla sezione Risorse del sito "Il microscopio di Galileo". Apri il file PDF oppure scarica il file RTF e buona prova!

2 ESPLORA

2.1 LO STRUMENTO

PERIODO E ATTRIBUZIONE

Microscopio composto di concezione galileiana realizzato nella seconda metà del Seicento in cartone, pelle, legno e ferro. La costruzione, di fattura italiana, è stata tradizionalmente assegnata a Galileo Galilei, ma sembra più plausibile attribuirlo al famoso artefice Giuseppe Campani.

Nome dello strumento: Microscopio composto galileiano

Ideatore: Galileo Galilei

Costruttore: Giuseppe Campani [attr.]

Data: Seconda metà XVII sec.

Inventario IMSS: 3429

Luogo: Fattura italiana

Materiali: Cartone, pelle, legno, ferro

DIMENSIONI

Altezza totale: 200 mm

Altezza del tubo ottico principale: 166 mm

Diametro del tubo ottico principale: 49 mm

Altezza del supporto: 110 mm

Diametro del supporto: 55 mm

Lente oculare:

apertura: 24 mm; **spessore al centro:** 5 mm

Lente di campo:

diametro: 30 mm; **spessore al centro:** 4,7 mm

Lente obbiettiva:

diametro: 11 mm; **spessore al centro:** 3,5 mm

COMPONENTI

Tubo principale

Il tubo ottico principale, inserito nel supporto, è il tubo di maggiori dimensioni. Realizzato in cartone, è ricoperto di cartapeccora verde con decorazioni in oro. Mostra tracce d'uso e reca i segni per l'esatta posizione rispetto al supporto, fissando la distanza tra obiettivo e oggetto. Al suo interno scorre il tubo rientrante e il cilindretto con la lente di campo.

Tubo rientrante

Il tubo ottico rientrante scorre all'interno del tubo principale; un anello in pelle ne arresta la corsa. All'estremità è avvitato il porta-oculare, all'interno reca un diaframma in legno. Alcuni originali segni d'inchiostro all'esterno del tubo facilitano una prima messa a fuoco, con una corsa ampia ma poco sensibile, «senza aver a cercare il punto con fatica».

Protezione dell'oculare

Coperchio in legno di bosso che può essere avvitato sulla parte esterna del porta-oculare. La sua funzione è di proteggere la lente dalla polvere. Lo strumento era dotato di un'analogica capsula di protezione dell'obiettivo, oggi mancante.

Porta-oculare

Capsula in legno di bosso con filettatura esterna e interna. Quella interna consente di fissare il porta-oculare al tubo ottico rientrante, mentre quella esterna serve per avvitarvi la capsula di protezione. All'interno del porta-oculare è inserita la lente, collocata a 6 mm dal bordo esterno.

Lente oculare

L'oculare è la lente (o il sistema di lenti) con cui l'occhio osserva l'immagine formata dall'obiettivo. Nella sua forma più semplice, l'oculare è costituito da un'unica lente convergente di corta focale. Questo microscopio presenta una lente biconvessa il cui vetro presenta qualche bolla.

Diaframma

Diaframma in legno con foro di 16 mm. È fissato ad un cilindretto di cartone leggero; quest'ultimo, che può essere spostato, ha una corsa di 40 mm. A ridosso della lente obbiettiva, è collocato un altro diaframma con un foro di 3 mm.

Lente di campo

La lente di campo viene utilizzata per aumentare il campo visivo. In questo microscopio abbiamo una lente biconvessa collocata ad una distanza di 70 mm dalla lente oculare e inserita in un piccolo cilindro mobile. Il vetro ha una coloritura ambrata tendente al verde, presenta qualche bolla ed è smerigliato e scheggiato sul bordo.

Cilindretto della lente di campo

Il cilindretto mobile che ospita la lente di campo poggia sul fondo del tubo ottico principale. Si può usare correttamente solo in un determinato verso, cioè con la sezione che porta la lente volta verso l'oculare. Può essere asportato e usato anche da solo, fungendo così da microscopio semplice.

Porta-obiettivo

Realizzato in legno di bosso, il porta-obiettivo ha la forma di tronco di cono rovesciato. La base maggiore funge da sostegno per il cilindretto che ospita la lente di campo. Come il porta-oculare, anche il porta-obiettivo era dotato di una capsula di protezione, oggi mancante.

Lente obbiettiva

La lente obbiettiva è la lente che si trova vicino all'oggetto osservato di cui forma un'immagine ingrandita. L'obbiettivo di questo microscopio è costituito da una lente biconvessa il cui vetro ha buona trasparenza e poche imperfezioni; il bordo è smerigliato e presenta alcune lievi scheggiature.

Supporto

Il supporto in ferro, costituito da un anello al quale sono fissate tre gambe arcuate, consente la messa a fuoco "fine". Nell'anello, infatti, può scorrere il tubo principale. Inoltre una delle gambe ha un certo giuoco sui chiodi che lo fissano all'anello permettendo un breve avvicinamento o allontanamento tra obbiettivo e oggetto per ottenere un'immagine più definita.

2.2 LA RADIOGRAFIA

Nel 1956 Federico Allodi pubblicò i resoconti di una campagna di studi e ricerche sui microscopi galileiani in legno e cartone del Museo di Storia della Scienza di Firenze, allora diretto da Andrea Corsini.

Furono qualificati come galileiani tre strumenti:

Inventario n.	Componenti	Denominazione	N. topografico
1309	due pezzi senza lenti	Tubo di microscopio composto	VIII.1
3247	due pezzi, una lente obbiettivo, piede	Microscopio composto	VIII.3
3429	quattro pezzi, tre lenti, piede	Microscopio composto galileiano	VIII.2

In particolare fu analizzato lo strumento che reca il numero di inventario 3429. Lo studio fu condotto sia sulla parte meccanica sia su quella ottica utilizzando quattro mezzi di indagine:

- 1) fotografico;
- 2) endoscopico;
- 3) radiografico;
- 4) microfotografico.

Per Allodi «si potrebbe concludere che il N. 3429 sia un vero microscopio di Galileo, che riunisce i perfezionamenti degli altri modelli dell'epoca, anche se per la manifattura Egli si sarà servito delle prestazioni dei lavoratori del ferro, della carta, del legno, come pure di quella degli orefici, come era nelle necessità e nelle abitudine del tempo».

Tale importante strumento viene ancora oggi segnalato come “microscopio galileiano”, ma studi più recenti ritengono che la costruzione sia probabilmente da attribuirsi al celebre costruttore Giuseppe Campani (1635-1715). Fu dunque realizzato nella seconda metà del Seicento.

Immagine e didascalie

1.



Radiografia e fotografia del microscopio galileiano n. 3429 dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze.

2.



Frammento della testa di una «tignuola». Microfotografia ottenuta con il microscopio galileiano n. 3429 dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze.

3.



La mutazione del miocardio secondo Allodi. Microfotografia ottenuta con il microscopio galileiano n. 3429 dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze.

Approfondimento sulle immagini

1.

«Nella RADIOGRAFIA si osserva, dall'alto in basso, la capsula di protezione dell'oculare, la camera anteriore, la prima lente oculare, ed il diaframma mobile. Seguendo la radiografia si incontra la seconda lente oculare montata su un cilindro di legno e cartone che va a poggiare sulla sede fornitagli dalla testatina porta-obiettivo, ed è asportabile. La sezione distale, in legno, che porta l'obiettivo, ha tra cilindri a vite di passo differente; di questi l'esterno serve a montare la capsula di protezione dell'obiettivo, il secondo è per avvitare il rocchetto porta-obiettivo, il terzo fissa, fra i due segmenti del rocchetto, la ultima lente biconvessa».

«Nella FOTOGRAFIA, sul cilindro maggiore del cannoncino, si vedono gli originali segni ad inchiostro tracciati per indicare il punto di fuoco. In alto si osserva la capsula a vite che protegge l'oculare, quindi un anello di cartone ornato e, sotto a questo, un altro in pelle che limita la corsa del cilindro rientrante ed impedisce il contatto fra il diaframma mobile ed il pezzo che sostiene la seconda lente oculare».

«Il sostegno, dato da un anello aperto e da tre piedini, mostra l'uso che ne veniva fatto in funzione di vite micrometrica; infatti uno dei tre piedini ha un discreto giuoco sui chiodi che lo fissano all'anello, ed è avvicinato all'altro nel rispondere alla manovra di accostamento dei piedini stessi per allargare l'anello e far scorrere il cannoncino».

F. ALLODI, *Descrizione di un microscopio*, «Rivista di storia delle scienze mediche e naturali», Vol. XLVII, n. 2, luglio-dicembre 1956.

2.

In data 23 settembre 1624 Galileo invia un suo microscopio all'amico Federico Cesi a Roma. Lo scienziato pisano si trovava a Bellosguardo, presso Firenze. Nella lettera di accompagnamento, oltre ad alcune utili note tecniche, osservava: «Io ho contemplato moltissimi animali con infinita ammirazione: tra i quali la pulce è orribilissima, la zanzara e la tignuola sono bellissime; ... ».

La microfotografia, ottenuta con il microscopio galileiano n. 3429 dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, riproduce proprio un frammento della testa di una «tignuola».

3.

In data 4 ottobre 1624 Bartolomeo Imperiali, da Genova, scrive a Galileo a questo proposito: «... Il medico qui in Genova, chiamato il Riccardo, dottissimo in ogni scienza, fratello del Dominichino, dice che con questo occhialino si saprà certo il sito di una certa minima particella del cuore, che con la semplice vista non si è potuto mai scorgere e che riuscirà cosa di molta conseguenza per la medicina».

La microfotografia, ottenuta con il microscopio galileiano n. 3429 dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, riproduce la mutazione del miocardio secondo Allodi.

2.3 COME FUNZIONA

Nel suo schema classico, il microscopio è costituito da 3 elementi ottici: l'obiettivo, l'oculare e la lente di campo.

L'obiettivo raccoglie la luce diffusa dall'oggetto e forma un'immagine intermedia. Questa immagine è ingrandita rispetto all'oggetto e contiene i dettagli da osservare.

L'oculare serve come lente d'ingrandimento, per aiutare l'occhio a vedere l'immagine intermedia prodotta dall'obiettivo. (fig. 1)

Con queste due sole lenti – l'obiettivo e l'oculare – già il microscopio svolge le sue funzioni. Resta però un problema: parte dei raggi provenienti dalle regioni periferiche dell'oggetto (il "campo" da osservare) si perde, non intercettato dalla lente oculare o dalla pupilla dell'occhio. Il campo utile risulta troppo piccolo e non bene illuminato. (fig. 2)

La lente di campo ha la funzione di correggere questo problema, deviando i raggi in modo che siano tutti intercettati dalla lente oculare ed entrino nella pupilla dell'occhio. (fig. 3)

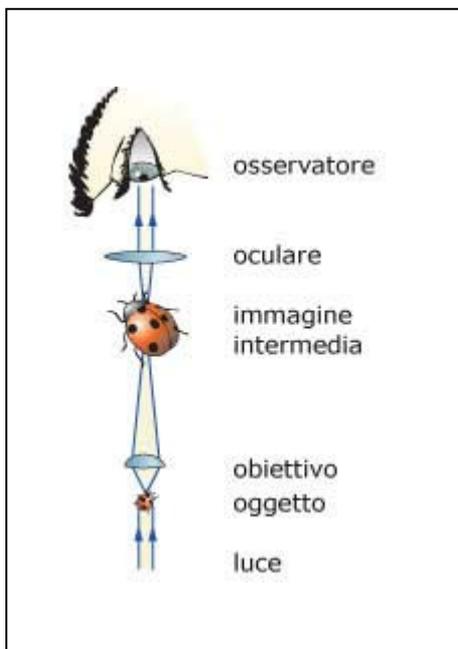


Fig. 1

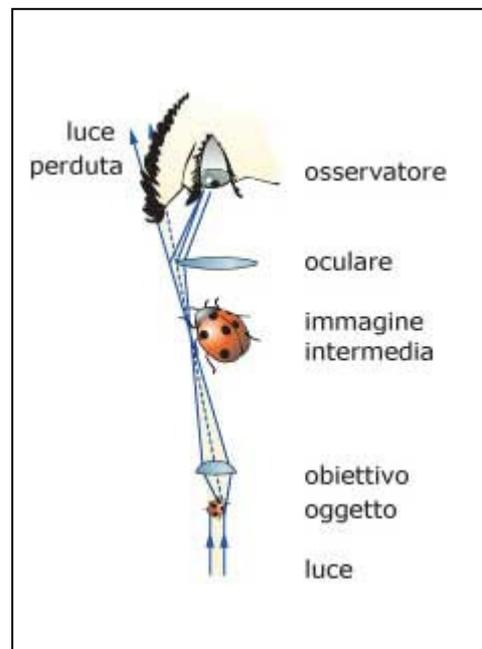


Fig. 2

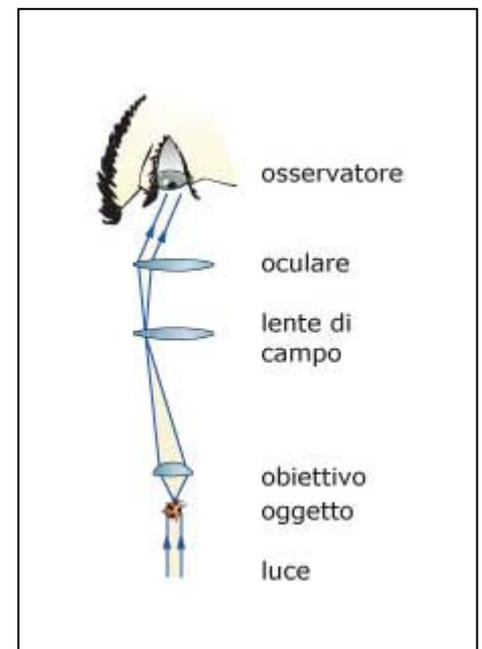


Fig. 3

2.4 IL MICROSCOPIO MODERNO "DA CASA"

Componenti

Tubo ottico
Tavolino portaoggetti
Mollette per fissare i vetrini
Specchietto d'illuminazione
Corsa di messa a fuoco
Braccio dello stativo
Obiettivo

Base dello stativo
Diaframma
Torretta a revolver portaobiettivi
Messa a fuoco fine
Oculare
Vite per inclinare il braccio dello stativo

2.5 TEST

E' possibile accedere alla versione completa del test di verifica dalla sezione Risorse del sito "Il microscopio di Galileo". Apri il file PDF oppure scarica il file RTF e buona prova!

3 SIMULA

3.1 INGRANDIMENTO E RISOLUZIONE

Ingrandimento e risoluzione

Il microscopio ha una duplice funzione, ingrandire e risolvere, ed entrambe sono determinanti per poter osservare bene i preparati che si vogliono studiare.

Prova a variare le capacità di ingrandimento e di risoluzione, e poi scopri i principi ottici che le regolano.

Ingrandimento

L'ingrandimento è un puro fatto di natura geometrica: l'immagine prodotta dall'obiettivo è di dimensioni tanto maggiori dell'oggetto quanto più la distanza immagine-obiettivo (L , nella figura a lato) è maggiore della distanza obiettivo-oggetto (l).

$$\text{Ingrandimento obiettivo} = L/l$$

L'oculare produce un ulteriore ingrandimento, dato convenzionalmente dal rapporto tra la distanza fissa di 25 cm e la distanza focale (f) della lente oculare, misurata in centimetri:

$$\text{Ingrandimento oculare} = 25 \text{ cm} / f(\text{cm})$$

L'ingrandimento complessivo del microscopio è dato dal prodotto tra quello dell'obiettivo e quello dell'oculare:

$$\text{Ingrandimento complessivo} = (\text{Ingrand. obiettivo}) \times (\text{Ingrand. oculare})$$

Ad esempio, con un obiettivo 20x e un oculare 5x si ha un ingrandimento complessivo 100x.

Risoluzione

La risoluzione consiste nella capacità di rendere distinti i dettagli più minuti dell'oggetto ed è determinata dall'apertura del fascio di luce che entra nell'obiettivo (l'oculare ha in genere scarso effetto sulla risoluzione del microscopio).

Il particolare più minuto che si può osservare ha una dimensione d che dipende dall'angolo θ : più aperto è questo angolo, più piccolo è il particolare che si riesce a vedere.

Ad esempio, il "lato" d del "quadrato" più piccolo che si può vedere con diversi angoli θ è:

θ	d
10°	3,9 μm (1 μm vale 0,001 mm)
20°	2,0 μm
30°	1,3 μm
40°	1,0 μm
50°	0,8 μm