

Presto o tardi questo sito non sarà piú accessibile.
Il suo contenuto é disponibile al nuovo indirizzo www.funsci.it dove continuerà la sua attività.

Il Microscopio di Hooke Rivisitato

Giorgio Carboni, Maggio 2012

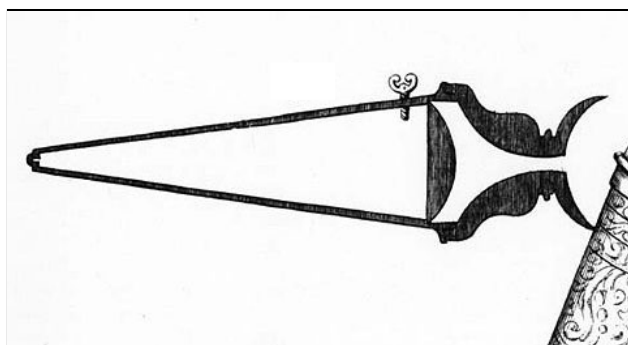


Figura 1 - Schema ottico del microscopio di Hooke.
Particolare dello schema 1 della Micrografia.

I N D I C E

[Introduzione](#)
[Un microscopio semplice a sfera di vetro](#)
[Un microscopio composto a sfera di vetro](#)
[Caratteristiche di 2 obiettivi a sfera di vetro](#)
[Parentele](#)
[Conclusione](#)
[Bibliografia](#)

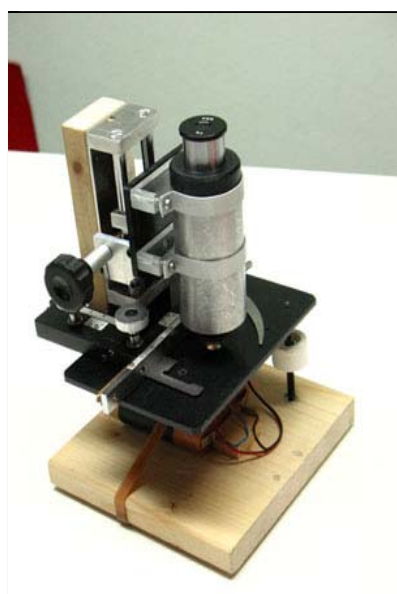


Figura 2 - Microscopio di Hooke dotato di moderni dispositivi.

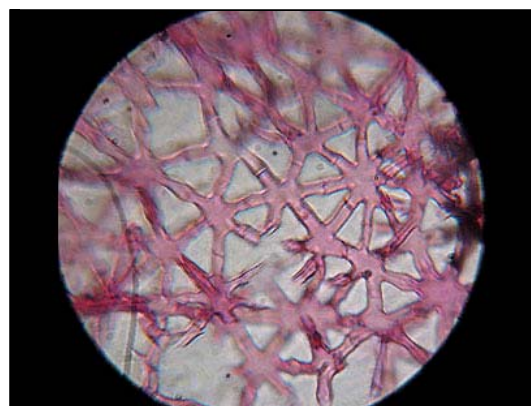


Figura 3 - Sezione di stelo di giunco che mostra cellule astrali.
Immagine ripresa con il microscopio a sfera composto descritto in questo articolo. \varnothing del campo oggetto = 0,36 mm.
 \varnothing campo visuale = 45 mm alla distanza di 25 cm dall'occhio.
Angolo dell'immagine $\alpha = 10,5^\circ$. Ingrandimento = 147 X.

Introduzione

[inizio](#)

In questo articolo, metterò a confronto due dei primi microscopi costruiti dall'uomo: il microscopio composto di Robert Hooke e quello semplice di Antoni van Leeuwenhoek. In ottica si definisce **semplice** un microscopio formato da una sola lente, mentre si definisce **composto** un microscopio formato da due lenti o gruppi di lenti: l'obiettivo e l'oculare. Faccio questo confronto perchè mi è parso che alcune affermazioni molto diffuse al riguardo del microscopio di Leeuwenhoek siano infondate. Nel corso dell'articolo, fornirò anche le informazioni necessarie per costruire un microscopio di Hooke. La lettura di questo articolo e meglio ancora la costruzione di questo microscopio forniranno anche numerose e utili informazioni sui microscopi in generale.

Un microscopio semplice a sfera di vetro

[inizio](#)

La capacità di sfere di vetro o di ampole sferiche piene d'acqua di produrre immagini ingrandite è nota fin dall'antichità, ma nessuno prima della fine del 1500 ne aveva fatto un uso sistematico per analizzare oggetti naturali o prodotti dall'uomo. Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) fu il primo a costruire ed a utilizzare un microscopio basato su una sola piccola lente. Ma come arrivò a questo microscopio? Nel corso della sua vita,

Leeuwenhoek si dedicò a diversi mestieri compreso quello di commerciante di tessuti. In questo campo per valutare la qualità dei tessuti, venivano usate delle "perle" di vetro. Egli si accorse che più queste perle erano piccole più ingrandivano, quindi si mise a fabbricarne di molto piccole: anche tra 1 e 2 mm di diametro. Nella fabbricazione di queste sferette o lenti biconvesse egli utilizzava polveri abrasive di granulometria via via più fine. Un altro metodo di fabbricazione delle minuscole sfere di cui si serviva era la fusione di pezzi di vetro. Ad alta temperatura, il vetro diventa fluido e la tensione superficiale del liquido conferisce alle sferette una forma molto precisa che viene mantenuta nel raffreddamento. La manipolazione di queste piccole lenti era però molto difficile e lo strumento che Leeuwenhoek mise a punto serviva proprio per potere avvicinare i campioni da osservare a pochi decimi di millimetro dalla superficie della lente. Nonostante Leeuwenhoek fosse privo di una preparazione scientifica, con i propri microscopi riuscì a compiere numerose ed importanti osservazioni nel campo della microbiologia, che inviò alla Royal Society of London.

Purtroppo, l'uso di questo microscopio era ed è molto difficoltoso. Con grande difficoltà si riescono a individuare campioni da osservare. Per facilitare l'uso di questo microscopio, negli anni '50 del secolo scorso Roger Hayward [5] progettò un modello che permetteva l'uso di vetrini da microscopio, era dotato di uno specchio per illuminare gli oggetti in diasopia. Tuttavia, per individuare il campione da osservare occorreva ancora avvicinarsi molto alla sfera e compiere la messa a fuoco era molto problematico. Infine, il campo visivo utile restava sempre limitato. Per distinguerlo dagli altri, chiamiamo questo modello "microscopio di Hayward".

Sempre allo scopo di facilitare l'uso di questo strumento basato su di una sola piccola lente, pochi anni fa l'ho dotato di un sistema di illuminazione che si serviva di una lampada da torcia elettrica e ne ho migliorato la messa a fuoco. Data la tendenza delle lampadine per torcia elettrica di fulminarsi e data la propensione delle batterie di esaurirsi quando servono, recentemente ho dotato questo microscopio di una illuminazione a LED. Quindi, il microscopio a sfera di vetro che vi ho descritto nel seguente articolo http://www.funsci.com/fun3_it/sfera/sfera.htm discende da quello di Hayward e prima ancora da quello di Leeuwenhoek. Si tratta di uno strumento affascinante per la sua semplicità e per le prestazioni che raggiunge. Inoltre, può essere facilmente realizzato a casa propria e con semplici attrezzi. Restano però ancora alcuni problemi che vedremo più avanti come affrontare. Per distinguerlo dagli altri, chiamiamo questo modello "microscopio a sfera di FSG".

Un microscopio composto a sfera di vetro, il microscopio di Hooke

[inizio](#)

Sembra che gli inventori del cannocchiale siano stati Hans e il figlio Zacharias Janssen nel 1590 (l'attribuzione di questa invenzione è ancora soggetta a discussione). Essendo derivato dal cannocchiale, il microscopio nacque subito composto. Nel 1665, Robert Hooke mise a punto un microscopio composto dotato di messa a fuoco grossolana e fine. Leeuwenhoek era nato nel 1632 e quando cominciò le osservazioni con il suo microscopio nel 1673, esistevano già diversi modelli di microscopi composti.

Nello stesso periodo, Hooke utilizzava un microscopio composto che per obiettivo aveva una lente sferica o emisferica o biconvessa e per oculare una lente positiva (figura 1). Nel 1670, Huygens mise a punto un oculare esente dall'aberrazione cromatica laterale che aveva progettato per i cannocchiali. L'uso di questo oculare in microscopia si rivelò molto interessante: la distanza dell'occhio dall'oculare poteva essere abbastanza alta da rendere l'osservazione comoda e prolungata. Il campo risultava abbastanza ampio e definito da un cerchio preciso. Questo microscopio aveva però il difetto di ingrandire troppo e di produrre quindi immagini poco contrastate e poco nitide. Per questo microscopio, è preferibile utilizzare come obiettivo una lente emisferica (ingrandisce la metà della lente sferica dello stesso diametro) e un oculare di basso ingrandimento (4 X o meno).

Come ho detto, questo microscopio (figure 1 e 2) riduce i più importanti inconvenienti del microscopio a sfera di vetro e ve lo descrivo nelle sue caratteristiche principali. Non vi propongo la sua costruzione dal momento che è piuttosto impegnativa. Ovviamente, non ve la proibisco neanche e a chi si diverte a costruire strumenti questo progetto piacerà sicuramente.

L'oculare di Huygens non utilizza vetri di dispersione diversa come i flint e i crown, ma ottiene ugualmente una riduzione delle principali aberrazioni usando lenti di curvatura diversa poste ad una distanza critica. L'abbinamento di lenti con caratteristiche appropriate per ridurre certe aberrazioni si può compiere solo nei microscopi composti e non in quelli semplici che in quanto tali usano una sola lente.

Il microscopio di Hooke può essere riprodotto anche per ragioni storiche, ma anche per esporlo sopra un mobile. In entrambi questi casi occorrerebbe rimanere fedeli all'originale e utilizzare anche materiali come cartone, pelle, avorio, legno, pergamena, etc. In questo articolo, ho invece scelto di utilizzare un'ottica molto vicina all'originale, salvo adottare i più importanti miglioramenti che si ritrovano negli strumenti moderni, quali i sistemi di messa a fuoco rapido e fine, il dispositivo di traslazione dei vetrini, un supporto retraibile per l'obiettivo e un dispositivo di illuminazione più semplice, ma efficace, infine l'uso di un tubo più ampio per ridurre meglio i riflessi interni. Osservando la figura 1, l'obiettivo, in questo caso una emisfera è montato in modo sbagliato perché per ridurre le aberrazioni sferiche la superficie piana va rivolta verso il campione. In definitiva, l'ottica del microscopio di Hooke è composta da un obiettivo a lente singola sferica, emisferica o biconvessa. I primi modelli usavano una lente piano-convessa come oculare e più avanti impiegavano un oculare di Huygens a basso ingrandimento.

Come vedete nella figura 2, la base e il montante del microscopio sono di legno. Sul montante è fissato il sistema di messa a fuoco macrometrico formato da due guide cilindriche cromate e rettificate su cui scivola un carrello attraverso 3 boccole elastiche teflonate. Il carrello viene mosso per mezzo di una coppia pignone / cremagliera (figura 3). Su di una delle due alette che sostengono la barra di manovra ho praticato un intaglio e ho montato una vite che agisce come freno (figura 4) impedendo al carrello di cadere per gravità. Sul carrello è montato il tubo principale (figura 2) per mezzo di due supporti a "V". Sotto al tubo principale ho applicato un obiettivo a sfera, montato su di un supporto retraibile dotato di molla (figura 5). Ho preparato un secondo obiettivo come riserva, è anch'esso retraibile, ma ritorna in posizione per gravità. L'interno del tubo principale è annerito e occorre eliminare ogni eventuale riflesso rimanente. Il tavolino portavetrini è fissato al montante tramite un profilato a "L" (figura 6). Sopra il tavolino è sistemato un traslatore di vetrini. Sotto il tavolino c'è la messa a fuoco micrometrica realizzata sul principio della vite differenziale (figura 6). Sempre sotto il tavolino, troviamo il sistema di illuminazione. Esso è basato su di un LED bianco ed un potenziometro permette di variare l'intensità della luce. La distanza del LED dal campione è importante ed andrebbe tenuta a circa 20 mm. L'uso dell'oculare trasforma inevitabilmente il microscopio a sfera semplice in un microscopio a sfera composto: una interessante evoluzione del microscopio di Leeuwenhoek.

Volendo, alcune di queste piccole sfere possono essere lavorate con polveri abrasive in modo da ottenere altrettante lenti piano convesse emisferiche, meno soggette alle aberrazioni sferiche. Queste lenti vanno montate con la superficie piana rivolta verso il campione.



Figura 4 - Guide, carrello, pignone,



Figura 5 - Freno. Notate l'intaglio e la vite sull'aletta di sostegno



Figura 6 - Obiettivo a sfera montato in fondo al tubo principale.



cremagliera e barra
trasversale.

Figura 7 - Sistema di messa a fuoco
micro-metrica e sistema di
illuminazione a LED.

La pulizia e la qualità dei componenti ottici è di grande importanza, altrimenti l'immagine perderà la nitidezza. Le zone sfocate dell'immagine (figura 3) corrispondono a variazioni di quota del campione o a difetti nei componenti ottici. La qualità di questi componenti deve essere verificata con un microscopio stereoscopico o con una lente forte. La sferetta di vetro deve essere esente da bolle al suo interno e deve essere pulita con cura usando acqua o saliva e una pezzuola di cotone. La superficie sferica del LED deve essere esente da abrasioni e deve essere anch'essa pulita con cura. Il LED è di plastica e per questo motivo è facile causargli delle abrasioni. La sede del LED deve essere elastica e deve essere sbavata con cura per evitare che durante il montaggio la superficie del LED possa essere danneggiata. Il diaframma a disco non serve, come non serve neppure un diffusore. Per realizzare il sistema di illuminazione, fate riferimento all'articolo sul microscopio a sfera di vetro [1]. La costruzione di questo microscopio mi ha preso oltre un mese di lavoro.

Caratteristiche di 2 obbiettivi a sfera di vetro

[inizio](#)

Occorre precisare che Leeuwenhoek usava prevalentemente obbiettivi lavorati con polveri abrasive, più raramente utilizzava obbiettivi prodotti per fusione. Nei miei microscopi a sfera, ho usato solo obbiettivi ottenuti per fusione. Per questo microscopio ne ho scelti due di cui uno ha il diametro di 1,60 mm e l'altro di 1,76 mm. Ho sottoposto questi obbiettivi a diversi test. Durante l'osservazione di un reticolo di Ronchi (composto da bande alterne opache e trasparenti) ho notato una più che buona planarità del campo e solo un accenno di distorsione, mentre il microcontrasto è apparso buono. L'esame allo star test ha rivelato la presenza di un po' di astigmatismo e di sferica. Probabilmente, l'astigmatismo deriva dalla presenza del gambo di vetro che deformerebbe la sfera stessa. Per evitare questa aberrazione, si possono acquistare piccole sfere di vetro (prive di gambo). Purtroppo non si può ridurre l'aberrazione sferica. Comunque, a questo punto si potrà ricavare da questi obbiettivi veramente tutto quello che possono dare.

Parentele

[inizio](#)

Il microscopio di Leeuwenhoek era molto scomodo da usare tanto che ben poche persone sono riuscite ad utilizzarlo. I problemi principali erano dovuti al sistema di illuminazione che doveva essere formato da una superficie emittente circolare ed illuminata uniformemente. Solo chi ha provato ad usare microscopi di questo tipo sa quanto sia critico il sistema di illuminazione per poter fornire immagini decenti. Per facilitare l'uso di questi microscopi a sfera di vetro, negli anni '50 del secolo scorso Roger Hayward [4] progettò un modello dotato della possibilità di utilizzare vetrini da microscopio e di un sistema di illuminazione a specchio orientabile (ancora molto inefficace). Lo strumento che ho presentato in questo articolo si inserisce nella stessa linea di facilitare l'uso degli obbiettivi a sfera di vetro. La sua struttura permette di ottenere da un obiettivo minuscolo di forma sferica tutto quello che può fornire in termini di nitidezza delle immagini e di comodità d'uso, risparmiando un bel po' di disagi ai suoi utilizzatori.

Conclusione

[inizio](#)

Rispetto al microscopio semplice a sfera di vetro, questo progetto ha introdotto l'oculare che permette un migliore accesso alla pupilla d'uscita con grande conforto per la vista dell'osservatore. Lo strumento è dotato di un sistema di illuminazione semplice ed efficace. Si rivelano inoltre comodi i sistemi di messa a fuoco e di traslazione dei vetrini molto simili a quelli dei microscopi convenzionali. Questo strumento resta per gran parte uno stimolo per gli studiosi e per gli appassionati di microscopi antichi, in particolare a sfera di vetro ai quali apre nuove prospettive. Infine permette loro di compiere prove e comparazioni e di valutare meglio le capacità di questi microscopi. Permette infine di rendersi conto dell'importanza della pulizia del sistema di illuminazione e dell'integrità delle superfici ottiche per riuscire ad ottenere da questi strumenti buone immagini. Questo microscopio composto, derivato da quello di Hooke, e quelli semplici di Hayward o di FSG, derivati da quello di Leeuwenhoek, offrono la possibilità di utilizzare dei vetrini normali per microscopia. Diventa quindi possibile osservare lo stesso campione e fare dei confronti più precisi sulla qualità dell'immagine prodotta dai due diversi microscopi. La ricerca del campione è più agevole e la sua osservazione più comoda. A questo punto, abbiamo due microscopi, di cui uno semplice ed uno composto, che possono essere considerati abbastanza rappresentativi dal punto di vista ottico dei microscopi da cui derivano. Possiamo quindi sottoporli ad esami comparativi. Diventa anche possibile l'uso di reticoli per la valutazione precisa delle caratteristiche degli strumenti.

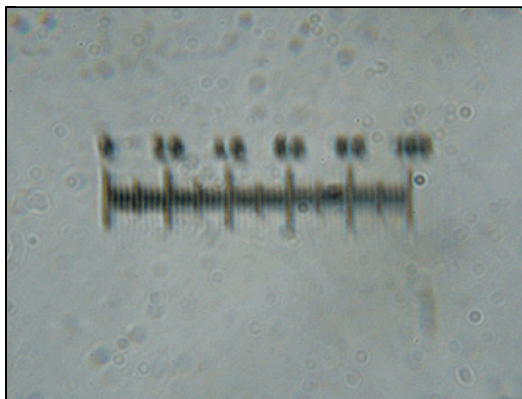


Figura 8 - Immagine del reticolo ripresa con il microscopio di Hooke. 1 divisione = 2 μ m

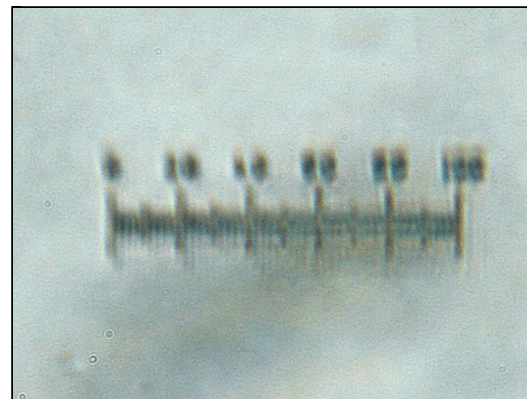


Figura 9 - Immagine del reticolo ripresa con il microscopio a sfera di FSG. 1 divisione = 2 μ m

E' ricorrente l'affermazione secondo cui i microscopi prodotti da Leeuwenhoek avrebbero offerto un dettaglio molto superiore a quello dei microscopi composti prodotti nello stesso periodo. Poichè questa affermazione non ci convinceva, abbiamo deciso di confrontare le prestazioni di questi due microscopi. Ad un primo confronto, l'immagine prodotta dal microscopio a sfera di FSG ci è apparsa più nitida, ma anche molto meno ingrandita di quella del microscopio di Hooke e come si sa un minore ingrandimento di solito si accompagna ad una maggiore nitidezza e contrasto. I confronti sono molto utili, ma finché non si utilizzano strumenti quantitativi è difficile compiere una valutazione precisa ed oggettiva.

Per evitare l'influenza dell'ingrandimento sull'immagine, abbiamo effettuato una serie di fotografie di un reticolo con entrambi i microscopi, ne abbiamo scelta una per strumento cercando di prendere la migliore e le abbiamo portate allo stesso ingrandimento. La valutazione della risoluzione del microscopio semplice nella versione di FSG e di quello composto nella versione di Hooke, compiuta con un reticolo Graticules di 100 μ m/50 linee (1 div = 2 μ m), ha mostrato pari capacità: entrambi i microscopi, dotati di obiettivo sferico dello stesso diametro, hanno risolto le linee del reticolo distanti 2 μ m

l'una dall'altra, abbiamo quindi potuto constatare che la risoluzione e il contrasto delle immagini prodotte dai due microscopi sono praticamente gli stessi (figure 7 e 8).

Senza effettuare delle fotografie e senza portarle allo stesso ingrandimento, l'immagine del reticolo vista dal microscopio di FSG appare più nitida, mentre il microscopio di Hooke ingrandisce molto e le immagini che produce sono poco definite e prive di contrasto. Per il microscopio di Hooke emerge quindi l'utilità di usare obbiettivi sferici di maggiore diametro (es: 3 mm) o emisferici e di impiegare oculari a basso ingrandimento per evitare gli effetti negativi di un ingrandimento "vuoto": mancanza di nitidezza e basso microcontrasto. La risoluzione di questi microscopi è buona, specialmente se si considera che si tratta di strumenti che possono essere costruiti con mezzi limitati. L'affermazione della superiorità del microscopio semplice rispetto a quello composto ci è sembrata dunque priva di fondamento.

Ringrazio il Dr. Sini, esperto di microscopia, per il suo aiuto e per avere messo a disposizione le proprie attrezzature per queste valutazioni.

Bibliografia

[inizio](#)

- 1 - http://www.funsci.com/fun3_it/sfera/sfera.htm Microscopio a sfera di vetro.
- 2 - http://www.funsci.com/fun3_it/sini/mo/microfoto_digitale.pdf
- 3 - http://www.funsci.com/fun3_it/pupilla/alta.htm
- 4 - C.L. Stong; estratto da: "The Scientific American; Come si fa"; Enciclopedie Pratiche Sansoni; 1966; Firenze.
Si tratta di una raccolta di articoli scritti da autori diversi, dedicati allo scienziato dilettante e curata da C.L. Stong.
- 5 - Roger Hayward (1899-1979), artista, architetto, progettista di strumenti ottici, astronomo.

Termini per ricerche su Internet: Leeuwenhoek, Hooke, microscope, lens.

[Invia la tua opinione
sull'articolo](#)

