

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.

UN MICROSCOPIO DA MILLE LIRE

Giorgio Carboni, Aprile 2000, aggiornato nel Dicembre 2009

I N D I C E



[Presentazione](#)
[Materiali](#)
[Stativo](#)
[Tubo principale](#)
[Supporti](#)
[Piano porta-vetrini](#)
[Diaframma rotante](#)
[Specchietto](#)
[Oculare](#)
[Obiettivo](#)
[Diaframma dell'obiettivo](#)
[Montaggio dell'ottica](#)
[Ingrandimento del microscopio](#)
[Messa a fuoco](#)
[Uso dello strumento](#)

2^ PARTE: miglioramenti

[Oculari](#)
[Obiettivi](#)
[Calcoli di ottica](#)
[Messa a fuoco macrometrica](#)
[Messa a fuoco micrometrica](#)
[Condensatore](#)
[Illuminazione](#)
[Un microscopio per protozoi](#)
[Come trovare lenti](#)
[Osservazioni](#)
[Conclusione](#)
[Bibliografia](#)

PRESENTAZIONE

In questo articolo descrivo la costruzione di un microscopio composto molto semplice ed economico (figura 1). Si tratta di un microscopio che chiunque può realizzare da sé e che produrrà un ingrandimento di circa 75 volte. Normalmente i microscopi vengono visti come strumenti complicatissimi e misteriosi. In realtà essi non sono poi tanto complicati. Costruire questo piccolo strumento non è soltanto un esercizio divertente, ma vi farà anche capire come sono fatti i microscopi. Infatti, sebbene questo modello vi costerà un migliaio di lire o poco più, esso è fondamentalmente identico a quelli professionali dal costo di decine di milioni di lire. Vi renderete anche conto della necessità di utilizzare ottiche corrette, capaci di ridurre le aberrazioni. Ovviamente, le prestazioni di questo piccolo microscopio non sono paragonabili con quelle degli strumenti professionali, i quali produrranno immagini molto più nitide e luminose, tuttavia, esso reggerà il confronto con i microscopi che vengono venduti nei negozi di giocattoli, anzi funzionerà sicuramente meglio di loro. In realtà i "microscopi giocattolo" sono una vera sciagura: essi non mostrano che ombre indistinte, facendo credere ai ragazzi che tutti i microscopi funzionino altrettanto male. In questo modo essi perdono ogni interesse verso questi strumenti che invece sarebbero in grado di aprire loro un mondo di autentiche meraviglie. In questo articolo, ho descritto come perfezionare questo microscopio e per ultimo vi presenterò un modello adatto per osservare protozoi. Si tratta di uno strumento che vi costerà alcune decine di euro, ma la qualità delle sue immagini vi stupirà sicuramente.

Un microscopio è essenzialmente formato da due lenti: l'obiettivo e l'oculare. L'obiettivo forma un'immagine ingrandita dell'oggetto osservato e a sua volta l'oculare ingrandisce questa immagine. Nell'articolo: "[Dalle Lenti agli Strumenti Ottici](#)" ho descritto come funzionano le lenti e come funziona un microscopio, quindi, se ne sentite la necessità, andate a riguardarvi quell'articolo. Completano il microscopio dispositivi quali il tubo principale, lo stativo, il sistema di messa a fuoco, il tavolino porta-vetrini, il condensatore, il sistema di illuminazione. Cominciamo la costruzione del nostro strumento dal basso. Questo strumento si definisce **microscopio composto** perché è formato da due componenti: l'obiettivo e l'oculare, mentre il **microscopio semplice** è formato da una lente sola, praticamente una lente di ingrandimento più o meno forte. Il microscopio a sfera di vetro che ho descritto in un altro articolo di questa galleria è appunto un microscopio semplice.

MATERIALI ▲

- 4 lenti ricavate da altrettante macchine fotografiche "usa e getta" ***
- tubo di plastica di 2 mm di spessore L = 170 mm, diametro esterno compreso fra 24 e 30 mm
- tubi di plastica del diametro adatto per realizzare l'oculare e l'obiettivo (v. figure 7 e 8)
- tubo di plastica per raccordi
- foglio quadrato di plastica opaca rigida 1 x 90 x 90 mm (per diaframma rotante)
- ritaglio di specchio 40 x 50 mm
- lamiera di ottone o acciaio inox 0,5 x 30 x 100 mm
- assicella di legno 20 x 140 x 150 (base)
- assicella di legno 20 x 50 x 440 (montante e due supporti)
- assicella di legno 10 x 90 x 120 (tavolino porta-vetrini)
- assicella di legno 10 x 40 x 51 (per specchietto)
- 4 viti autofilettanti TC intaglio piano Ø 3,5 x 20 mm (per supporti a "V")
- 4 viti autofilettanti TS intaglio a croce Ø 3,5 x 40 mm (per i supporti barra)
- 4 viti autofilettanti TS intaglio a croce Ø 4 x 50 mm (per la base e il piano porta-vetrini)
- 2 viti autofilettanti TS intaglio a croce Ø 3 x 10 mm (per diaframma e specchietto)
- 2 viti autofilettanti TS intaglio a croce Ø 2 x 10 mm (per specchietto)
- 4 feltrini adesivi per base
- velluto nero adesivo o da incollare (per migliorare la fluidità del movimento di messa a fuoco e per la parete interna del tubo principale).

*** Per realizzare l'oculare e l'obiettivo di questo microscopio utilizzeremo l'obiettivo di macchine fotografiche "usa e getta" (figura 2). Una volta esaurito il rullino, queste macchine fotografiche vengono consegnate al fotografo che ne tira fuori la pellicola e butta via tutto il resto. Quello che vi serve è proprio ciò che il fotografo butta via. Andate dunque a trovare il vostro fotografo e chiedetegli almeno quattro macchine fotografiche usa e getta. Cercate di prenderle tutte uguali. Se ne vorrete, il fotografo non avrà difficoltà a darvene anche di più. Prendetele perché vi possono servire di riserva. **ATTENZIONE!** Non aprite macchine provviste di flash perché rischiate di prendere una pericolosa scossa. Infatti, il circuito che alimenta il flash produce una tensione molto elevata. Per questo progetto prendete quindi soltanto macchine fotografiche prive di flash.

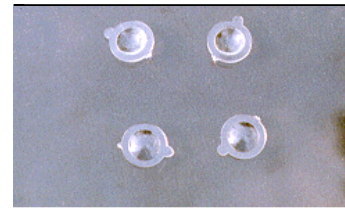


Figura 2 - Obiettivi di macchine fotografiche usa e getta.

Smontate queste macchine fotografiche e mettete da parte tutte le lenti che trovate. L'obiettivo di questi apparecchi è in genere un menisco di plastica trasparente. Si definisce **menisco** una lente concavo-convessa. Leggete il valore della sua focale sulla macchina fotografica, probabilmente sarà di 35 mm. Per questo progetto utilizzeremo l'obiettivo di queste macchine, ma tenete da parte anche la piccola e potente lente che viene usata per leggere il numero del fotogramma perché potrete utilizzare questa lente per fare delle prove come obiettivo. Se necessario, ritagliatela dal pezzo di cui fa parte con una fustella.

Nello smontare le lenti, cercate di non sporcarle. Per evitare di lasciare sopra di esse delle impronte digitali, prendetele sempre e soltanto dal bordo. Al momento di montarle, togliete l'eventuale polvere depositata. Nel pulire queste lenti, usate un fazzoletto di cotone pulito e leggermente umido. Non usate fazzoletti di carta perché spesso nella carta vengono introdotte polveri minerali che rovinerebbero le superfici delle lenti. Queste lenti di plastica sono molto delicate, quindi pulitele il meno possibile.

STATIVO ▲

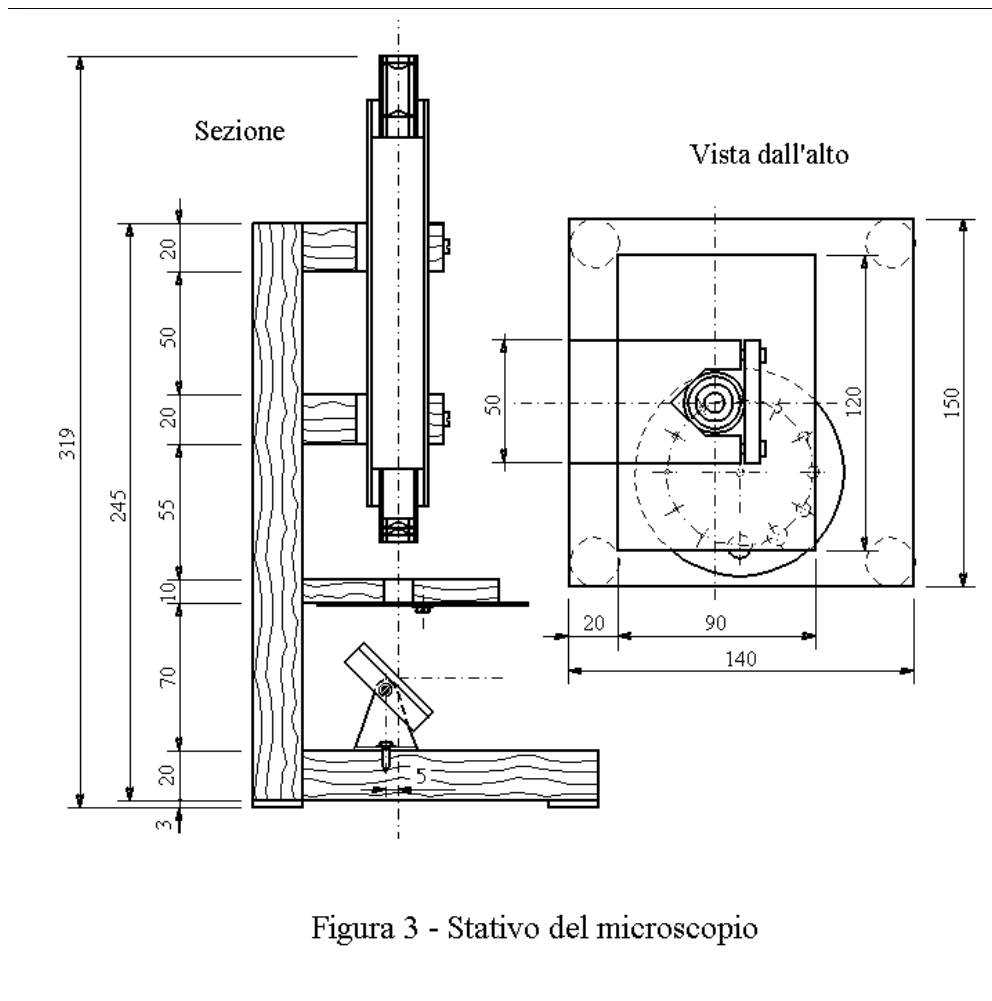


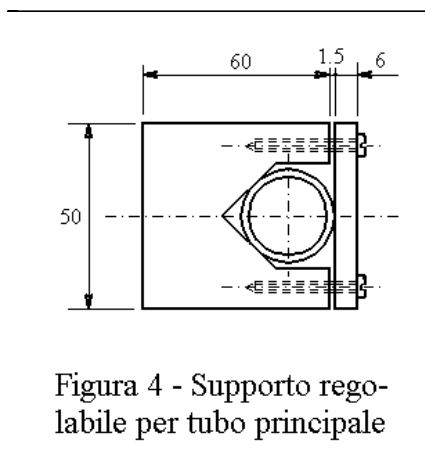
Figura 3 - Stativo del microscopio

Lo stativo è la struttura di sostegno del microscopio. Esso ha la funzione di tenere insieme le varie parti di cui è formato lo strumento e di conferirgli stabilità. Esso può essere realizzato con assicelle di legno unite con viti. La figura 3 descrive la struttura dello stativo e vi dà alcune quote di montaggio delle parti di cui è composto. Ciascuna assicella sarà fissata al montante per mezzo di due viti. Sotto al piedistallo sistemate 4 feltrini adesivi.

TUBO PRINCIPALE

Una delle parti più importanti di un microscopio è il tubo principale. Alle sue estremità sono sistemati l'obiettivo e l'oculare (figura 9). Il materiale di cui è fatto può essere plastica (spessore = 2 mm) o metallo (spessore = 1 mm). Quello che ho usato è un tubo rigido di PVC per impianti elettrici. Evitate il cartone perché a lungo andare si rovinerebbe. Il diametro di questo tubo dev'essere compreso fra i 28 e i 32 mm. Tagliatene uno spezzone lungo 170 mm che dovrà poi essere portato alla misura indicata dalla figura 9.

SUPPORTI



Il tubo principale è trattenuto e mantenuto allineato da due supporti. Come è mostrato dalla figura 4, ciascun supporto è formato da due pezzi. Il pezzo più grande (supporto) ha una gola lavorata a "V" in modo che il tubo principale si possa appoggiare lungo due sole generatrici. Il tubo deve sporgere da questa gola per almeno un millimetro. Il pezzo più piccolo (morsetto) deve poter stringere il tubo per mantenerlo in posizione. La forza con cui questo viene fatto è regolabile per mezzo di viti e in seguito vedremo come dovrà essere realizzata questa regolazione. Purtroppo il legno ha la tendenza ad aderire alle superfici di plastica e di metallo, quindi, per migliorare la fluidità del movimento del tubo durante la messa a fuoco, attaccate una striscia di velluto adesivo sulle superfici interne dei due supporti e dei relativi morsetti. Normalmente questo tessuto è in vendita presso i negozi di ferramenta, ma se non lo trovate, incollate del comune velluto nero.

PIANO PORTA-VETRINI

Il piano porta-vetrini è formato da un'assicella che possiede un foro per il passaggio della luce. Sotto quest'assicella è montato il diaframma rotante. Per realizzare il foro di passaggio della luce sul piano porta-vetrini dovete montare il piano stesso e fissare il tubo principale ai propri supporti. A questo punto, appoggiate il tubo sul piano e con una matita tracciate un cerchio attorno al tubo. Al centro di questo cerchio praticate un foro del diametro di 12 mm circa. Annerite l'interno di questo foro utilizzando un pennarello nero oppure dell'inchiostro di china.

DIAFRAMMA ROTANTE ▲

Sotto al piano porta-vetrini montate un diaframma rotante. Si tratta di un disco di materiale plastico rigido opaco dello spessore di circa 1 mm, con una serie di fori di diametro crescente, disposti lungo una circonferenza (figura 5). Questo diaframma serve per regolare il contrasto delle immagini. Per montare questo diaframma senza sbagliarvi, controllate l'allineamento di uno dei fori con l'obiettivo al momento di montare la vite centrale del diaframma. In corrispondenza di questa vite, sopra e sotto al diaframma ci deve essere una rondella piana. Regolate la vite in modo da frenare un po' il disco.

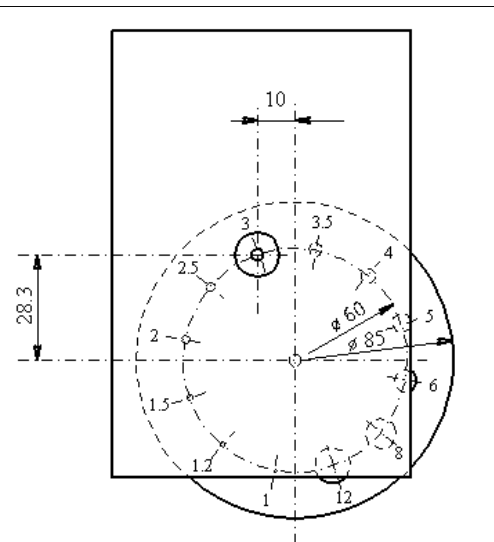


Figura 5 - Piano porta vetrini e diaframma rotante.

SPECCHIETTO ▲

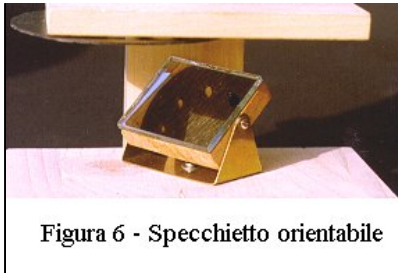


Figura 6 - Specchietto orientabile

Lo specchietto ha la funzione di illuminare il campione per trasparenza. Esso è avvitato sul piedistallo. Come vedete dalla figura 6, lo specchietto del microscopio è semplice da realizzare. Esso è formato da un ritaglio di specchio incollato su di una piccola assicella di legno. Una lamierina metallica piegata ad "U" sarà il supporto di questo specchietto e gli permetterà di oscillare in tutte le direzioni. Questo sistema utilizza 3 viti. Le viti devono essere regolate in modo tale da frenare un po' il movimento dello specchietto orientabile.

OCULARE ▲

L'oculare ha il compito di ingrandire l'immagine formata dall'obiettivo. Per realizzare l'oculare utilizzerete due dei quattro menischi ricavati dalle macchine fotografiche di cui ho parlato. Poiché queste lenti sono uguali, l'oculare dovrà seguire lo schema Ramsden (v. più avanti). Come indicato dalla figura 7, montate le lenti con la convessità rivolta verso l'interno. La distanza fra le lenti dev'essere di 2/3 della loro focale. Quindi, se le lenti che impiegate hanno la focale di 35 mm, dovrete tenerle alla distanza di 23 mm. Più avanti vedremo come calcolare l'ingrandimento che questo oculare fornisce. Gli oculari fabbricati in questo modo non saranno di qualità elevata, ma per questo progetto andranno bene e, come ho detto nella presentazione, faranno raggiungere a questo piccolo microscopio delle discrete prestazioni. Per realizzare il tubo dell'oculare, servitevi di tubi di plastica di diametro adatto, oppure di tubi di cartone. Altrettanto vale per i manicotti di adattamento fra il tubo principale, l'oculare e l'obiettivo.

Trovare i tubi adatti per queste lenti è probabilmente l'operazione più impegnativa dell'intero progetto, ma non è certo insuperabile. Cercate questi tubi in negozi o magazzini di prodotti plastici e nelle ferramenta. Trovare cose strane, al limite dell'impossibile, è spesso il duro compito del dilettante, per non parlare di trovare il modo per realizzare lavorazioni particolari, pur non possedendo le attrezzature necessarie.

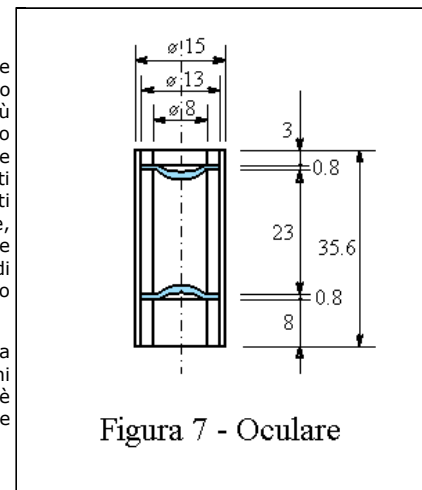
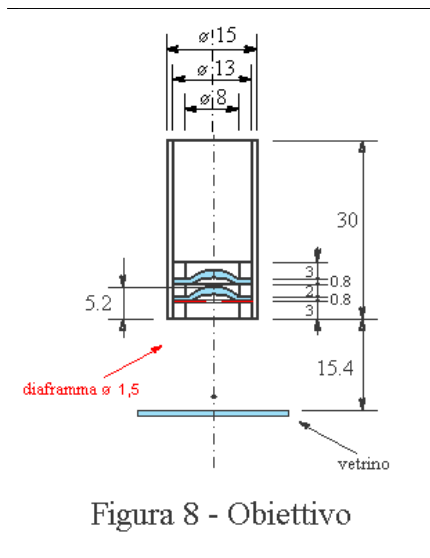


Figura 7 - Oculare

OBBIETTIVO ▲

Negli obiettivi veri, spesso vengono impiegate delle lenti piano-convesse e dei menischi speciali. Esse sono montate vicine l'una all'altra e con la parte concava rivolta verso il campione. Come indicato dalla figura 8, montate i due menischi rimanenti alla distanza di circa 2 mm l'uno dall'altro per mezzo di un anellino distanziale. Anche in questo caso, per realizzare il tubo dell'obiettivo, servitevi di tubi di plastica o di cartone.

Se nell'obiettivo inserirete una sola di queste lenti, otterrete un ingrandimento pari a circa la metà rispetto all'obiettivo appena descritto. Basandovi su questo principio, potete dotare il microscopio di due obiettivi ad ingrandimento diverso.



DIAFRAMMA DELL'OBIETTIVO ▲

Quando ho fatto le prime prove con l'obiettivo e l'oculare descritti non riuscivo a vedere quasi nulla. Ho intravisto un'immagine estremamente confusa e che non riuscivo neppure a mettere a fuoco. Con un dischetto di plastica nera ho realizzato un diaframma con un foro di 1,5 mm e l'ho montato davanti alla prima lente dell'obiettivo. Ho subito ottenuto un'immagine accettabile. Sono riuscito a distinguere le ventose che ci sono sulle antenne degli afidi e ad osservare alcuni protisti.

Evidentemente le lenti ricavate dalle macchine fotografiche usa-e-getta sono affette da aberrazioni troppo forti per essere impiegate a piena apertura. Utilizzare lenti di vetro migliorerebbe sicuramente la situazione, ma non radicalmente. Infatti, per ottenere immagini veramente nitide dovrete utilizzare lenti acromatiche. Fortunatamente esiste un metodo per migliorare parecchio le prestazioni delle lenti che stiamo usando. Si tratta di inserire un diaframma davanti alle lenti dell'obiettivo. Questo diaframma limita l'apertura delle lenti e le utilizza nella loro parte migliore. L'apertura di questo diaframma dipende anche dalle lenti che state usando, dalla potenza dell'obiettivo, dal suo grado di correzione, etc. Tenete presente che al diminuire del diametro del diaframma, diminuirà anche la luce che passa per l'obiettivo. Quindi dovrete impiegare più luce per ottenere una sufficiente luminosità dell'immagine. Non potrete neppure stringere troppo questo foro perché ad un certo punto la nitidezza dell'immagine tornerà a calare. Provate quindi vari diametri del diaframma, finché otterrete la migliore nitidezza. Questo diaframma ha dunque l'importante funzione di ridurre le aberrazioni dell'obiettivo e migliora grandemente la qualità delle immagini prodotte.

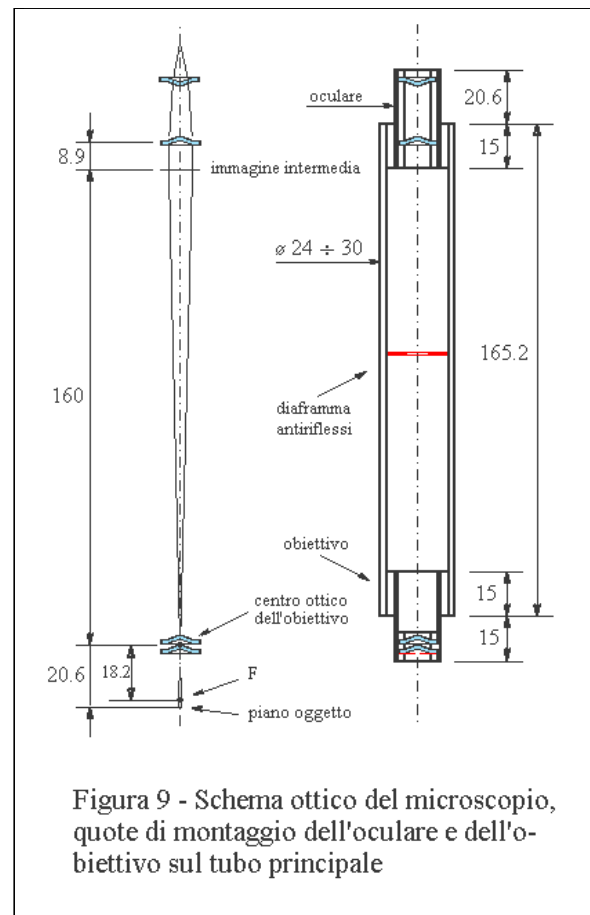
MONTAGGIO DELL'OTTICA ▲

L'obiettivo e l'oculare devono essere montati sul tubo principale. La figura 9 mostra le principali quote ottiche del microscopio e le quote di montaggio di questi componenti. Se per costruire l'oculare o l'obiettivo utilizzerete altre lenti, oppure se le monterete in modo diverso da quello indicato, le quote che ho indicato non saranno più valide. Non abbiate paura di apportare delle variazioni a questo progetto, ma se lo farete dovrete modificare di conseguenza alcune delle quote che ho indicato.

Per evitare riflessi sulle pareti interne, inserite nel tubo principale un altro tubo realizzato con cartoncino nero opaco o meglio ancora foderatene l'interno con velluto nero. Per eliminare anche i riflessi sul tubo di cartoncino nero potete inserire un diaframma intermedio del diametro di circa 10 mm (per questo modello).

Un altro modo per ottenere un diaframma intermedio è quello di praticare tanti piccoli tagli sul bordo superiore del cartoncino nero e piegare le "frange" ottenute a 90° verso l'interno. Togliete l'oculare e guardate attentamente se la luce si riflette sulle pareti ed eliminate tali riflessi. Se continuate ad avere immagini poco contrastate, pulite l'obiettivo e l'oculare. Continuate a lavorare per eliminare i riflessi finché otterrete un buon contrasto.

L'eliminazione di questi riflessi aumenterà il contrasto dell'immagine.



INGRANDIMENTO DEL MICROSCOPIO ▲

Quanto ingrandisce questo microscopio?

Potete stabilirlo per mezzo delle formule di ottica che ho raccolto nella Tabella 1.

Come indicato dalla formula n° 6, l'ingrandimento di un microscopio è dato dal prodotto dell'ingrandimento dell'obiettivo per quello dell'oculare:

$$I_{mic} = I_{ob} \times I_{oc}$$

Calcoliamo allora l'ingrandimento dell'obiettivo e dell'oculare.

INGRANDIMENTO DELL'OBIETTIVO

Applicando la formula 2 della Tabella 1 all'obiettivo che abbiamo costruito, otteniamo che $f_{ob} = 18,2$ mm

Applicando la formula 1 della Tabella 1, otteniamo che la distanza obiettivo-campione è $p = 20,6$ mm

Applicando la formula 5 della Tabella 1, dato che la distanza obiettivo-immagine è $q = 160$ mm, l'ingrandimento dell'obiettivo è $I_{ob} = 160/20,6$

$$I_{ob} = 7,77 \times$$

INGRANDIMENTO DELL'OCULARE

Applicando la formula 2 della Tabella 1 all'oculare che abbiamo costruito, otteniamo che $f_{oc} = 26,06$ mm

Applicando la formula 4 della Tabella 1, otteniamo che $I_{oc} = 9,6 \times$

INGRANDIMENTO DEL MICROSCOPIO

Applicando la formula 6 della Tabella 1, l'ingrandimento del microscopio sarà: $I_{mic} = 7,77 \times 9,6$

$$I_{mic} = 74,6 \times$$

Esiste un altro metodo per determinare l'ingrandimento di un microscopio. Si tratta di un metodo empirico. Prendete un righello con divisioni molto fini e nette e mettetelo sotto all'obiettivo. Regolate la messa a fuoco. Sistemate un secondo righello alla distanza di 250 mm dai vostri occhi. Ora, con un occhio dovete guardare dentro al microscopio e con l'altro il secondo righello. A questo punto dovete sovrapporre le due immagini e misurare a quale lunghezza corrisponde sul secondo righello una divisione del primo visto attraverso il microscopio. Mi rendo conto che la prima volta che ci proverete questa impresa potrà risultare un po' scoraggiante, ma non perdetevi d'animo perché per un microscopista dilettante, acrobazie di questo tipo sono abbastanza frequenti. Inoltre, per quanto i calcoli possano essere fatti con cura, l'errore è sempre in agguato, quindi è buona norma controllarli con un metodo empirico. Ho indicato questo metodo per il dilettante che si diverte in queste cose, ma il suo uso è facoltativo.

MESSA A FUOCO ▲

Per ottenere immagini nitide, bisogna regolare la distanza fra l'obiettivo e il campione. Questa operazione è chiamata: "messa a fuoco". Nei microscopi veri, questa regolazione viene fatta per mezzo di meccanismi piuttosto complessi da realizzare. Per mettere a fuoco il nostro piccolo microscopio, utilizzeremo un accoppiamento a frizione che ha il vantaggio di essere semplice ed efficace. Che cosa significa questo termine? Significa semplicemente che il tubo principale non sarà bloccato nella sua posizione, ma verrà montato in modo tale da poter scorrere in su o in giù quando lo manovreremo con una mano.

Come vedete dal progetto, il tubo principale è inserito dentro due supporti regolabili. Per mezzo di viti è possibile regolare la forza con cui il tubo principale è trattenuto da ciascun supporto. Regolate queste viti in modo tale che il tubo principale sia trattenuto abbastanza da non cadere per effetto del proprio peso, ma che possa scorrere facilmente quando venga manovrato con le mani.

USO DELLO STRUMENTO ▲

Procuratevi una lampada articolata dotata di lampadina con bulbo smerigliato. Avvicinatela a pochi centimetri dal microscopio e regolate lo specchietto finché vedrete il campo illuminarsi in modo uniforme. Come per ogni altro microscopio, dovete porre il campione che volete osservare sopra un vetrino portaoggetti, poi dovete aggiungere alcune gocce d'acqua, infine dovete coprire il preparato con un sottile vetrino coprioggetti. Sistemate il preparato sotto all'obiettivo, con il campione da osservare in centro. Regolate la messa a fuoco e ritocate la posizione del vetrino anche per esplorare le diverse parti del campione. Se necessario, sostituite il diaframma con un altro più adatto per regolare il contrasto dell'immagine. Non utilizzate mai la luce diretta del sole: ne otterreste immagini troppo luminose, troppo contrastate e prive di ogni dettaglio.

2^ PARTE: MIGLIORAMENTI ▲

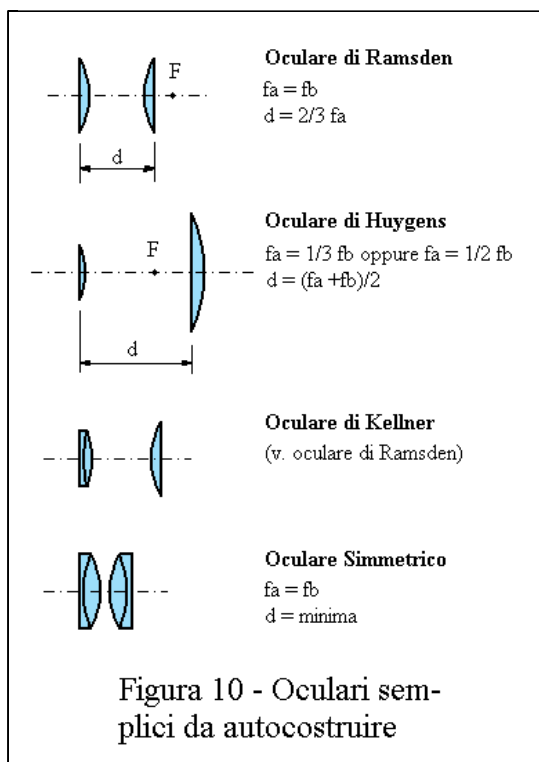
Questo microscopio ha la caratteristica di essere semplice ed economico da realizzare e per me è finito così. Se tuttavia, per vostro personale divertimento, volete migliorarlo, potete farlo e di seguito vi indicherò alcune possibili vie da seguire. Tenete però presente che questi miglioramenti, pur consentendovi di guadagnare in comodità e in prestazioni, altereranno questo progetto facendogli perdere l'originale semplicità.

D'altra parte perché dovremmo presentare un progetto chiuso e immutabile quando sono possibili innumerevoli varianti e perfezionamenti? Inoltre, perché dovreste fermarvi al modello più semplice se desiderate migliorarlo e se vi divertite a farlo? Sono convinto che a molti lettori piacerà sperimentare soluzioni diverse, utilizzare lenti che già possiedono, etc. Inoltre, da queste sperimentazioni essi impareranno tante cose. I paragrafi che seguono sono dedicati a tutti coloro che desiderano perfezionare il loro piccolo microscopio, sperimentando diverse soluzioni ottiche e costruttive. Di seguito vi fornisco alcune informazioni che vi daranno una certa autonomia nel realizzare queste prove.

L'intervento più importante per migliorare le prestazioni di questo microscopio riguarda l'ottica. Utilizzando lenti di migliore qualità potete migliorare parecchio le prestazioni di questo piccolo strumento. Infatti, per questo progetto ho utilizzato lenti di plastica, ma sostituendo queste lenti con altre di vetro potrete già ottenere un notevole miglioramento. Un altro passo di grande importanza per elevare la qualità delle immagini consiste nell'utilizzare lenti acromatiche per l'obiettivo (v. più avanti). Fortunatamente, per la realizzazione di oculari di qualità le lenti acromatiche non sono indispensabili, ma sono sufficienti lenti piano-convesse. Cominciamo dunque ad occuparci della costruzione amatoriale di oculari, che è più semplice di quella degli obiettivi.

OCULARI ▲

L'oculare ha il compito principale di ingrandire l'immagine formata dall'obiettivo e deve fare questo contenendo al massimo le aberrazioni ottiche. Vi sono numerosi modelli di oculari, qui descriveremo solo quelli più semplici da realizzare. Per realizzare un oculare di ottima qualità vi bastano due lenti piano-convesse. A seconda delle lenti che riuscite a procurare, potrete realizzare un oculare di tipo Ramsden, oppure Huygens. Si tratta di due oculari particolarmente semplici da costruire e che sono stati progettati dai loro autori in modo da minimizzare le aberrazioni. In certi casi essi sono progettati in modo da compensare anche quelle prodotte dagli obiettivi. Essi sono ampiamente utilizzati nei microscopi e nei telescopi. Probabilmente l'oculare di Huygens è il modello più diffuso. Se riuscite a procurarvi dei doppietti acromatici di corta focale potrete costruire altri tre modelli di oculare di qualità ancora più elevata. Normalmente, nella montatura dell'oculare, in corrispondenza del suo fuoco viene inserito un diaframma di campo. Questo diaframma ha anche l'importante funzione di evitare riflessi sulle pareti interne dell'oculare.



Oculare di Ramsden.

L'oculare di Ramsden è formato da due lenti piano convesse di pari focale ($f_a = f_b$), rivolte con la parte piana verso l'esterno (figura 10). La lente più vicina all'osservatore viene chiamata *lente dell'occhio*, l'altra è chiamata *lente di campo*. La distanza d fra queste lenti dovrebbe essere pari alla loro focale, ma così facendo la lente dell'occhio metterebbe a fuoco ogni imperfezione e ogni granello di polvere presenti sulla lente di campo. Per limitare questo inconveniente si riduce la distanza fra le lenti ai due terzi della focale $d = 2/3 f_a$. Purtroppo questo modello di oculare non riesce ad evitare completamente questo inconveniente, inoltre esso fornisce un campo abbastanza ristretto. Provate a tenere le due lenti alla distanza pari a metà della focale di una delle due lenti $d = f_a/2$.

Oculare di Huygens.

È composto da due lenti piano-convesse o anche biconvesse, rivolte entrambe con la superficie più convessa verso l'obiettivo (figura 10). Queste lenti devono essere di focale diversa. In generale le due focali devono stare fra loro nel rapporto di $1/3$ oppure di $1/2$. La distanza fra le lenti dev'essere pari alla metà della somma delle rispettive focali $d = (f_a + f_b)/2$, dove f_a è la focale della lente di campo e f_b è la focale della lente dell'occhio. Infatti è stato dimostrato che questa distanza fra le lenti rende minima l'aberrazione cromatica dell'oculare. Faccio un paio di esempi: se $f_a = 30$ mm ed $f_b = 10$ mm, la distanza fra le rispettive superfici piane dev'essere di 20 mm. Se invece $f_a = 30$ mm ed $f_b = 15$ mm, la distanza fra le rispettive superfici piane dev'essere di 22,5 mm. Il fuoco dell'oculare di Huygens si trova fra le due lenti. Quindi il diaframma di campo deve stare sul fuoco della lente dell'occhio.

Oculare di Kellner

Questo modello deriva da quello di Ramsden. Si ottiene sostituendo la lente dell'occhio con un doppietto acromatico. Con questo modello si ha una migliore correzione cromatica e una maggiore distanza dell'occhio. Con certe cautele, si può fare la stessa cosa con l'oculare di Huygens. In questi oculari valgono le stesse proporzioni descritte per gli oculari da cui derivano.

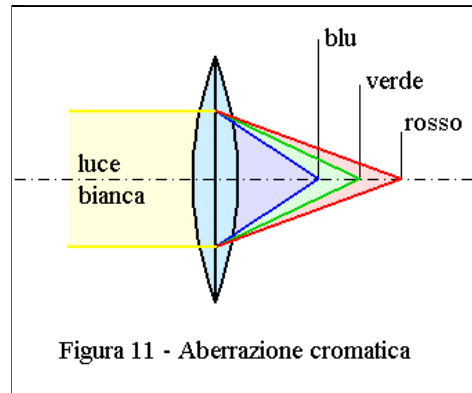
Oculare Simmetrico

Questo modello è molto semplice da costruire ed è formato da due doppietti acromatici identici. Essi devono essere tenuti molto vicini e montati in modo simmetrico. La focale di questo oculare è pari a circa la metà di quella di ciascun doppietto. Esso fornisce prestazioni eccellenti quali una elevata correzione delle aberrazioni, un campo di osservazione molto ampio e una elevata distanza dell'occhio. Spesso questo modello è chiamato anche oculare di Plössl e viene venduto come tale, ma l'oculare di Plössl ha una lente in più disposta in posizione intermedia. E' quindi più corretto chiamare questo oculare *simmetrico*.

OBIETTIVI ▲

Come ho detto, l'obiettivo ha la funzione di produrre un'immagine ingrandita dell'oggetto che si sta osservando. Questa immagine verrà poi ulteriormente ingrandita dall'oculare. A differenza dagli oculari che possono risultare corretti nei confronti delle aberrazioni anche senza usare lenti acromatiche, per produrre immagini nitide, gli obiettivi devono invece essere acromatici.

Così come avviene con i prismi, anche le lenti normali deviano in modo diverso i vari colori di cui è composta la luce bianca. A causa di questo fenomeno, le lenti normali mettono a fuoco a distanze diverse i vari colori, rendendo confusa l'immagine risultante (figura 11). Questo difetto è chiamato **aberrazione cromatica** ed è il peggiore di una serie di aberrazioni che affliggono le lenti normali. Anche i primi microscopisti si trovarono di fronte a questo inconveniente e per tanto tempo i microscopi, come del resto anche i cannocchiali, fornirono immagini confuse. Questo problema venne risolto solo quando si impiegarono obiettivi formati da due lenti aventi diversa capacità di dispersione della luce. Gli obiettivi furono progettati in modo tale che il difetto di cromatismo compiuto dalla prima lente venisse compensato dal difetto inverso della seconda lente, con il risultato che i vari colori andavano a fuoco alla stessa distanza e l'immagine risultava nitida.



Normalmente queste lenti sono incollate in coppie (doppietti) per la correzione del rosso e del blu (*lenti acromatiche*) o in gruppi di tre (tripletti) per ottenere una correzione cromatica ancora più spinta, interessando i tre colori fondamentali: rosso, verde e blu (*lenti apocromatiche*), altre volte esse sono mantenute separate. Gli obiettivi sono affetti anche da altre aberrazioni, fra le quali quella sferica è probabilmente la più importante dopo quella cromatica, tuttavia, quando viene progettato un obiettivo, si cerca di ridurre anche le altre aberrazioni e non solo quella cromatica. Gli obiettivi *planacromatici* forniscono un'immagine piana e sono adatti per riprese fotografiche. La loro correzione nei confronti delle aberrazioni è intermedia fra gli obiettivi acromatici e quelli apocromatici.

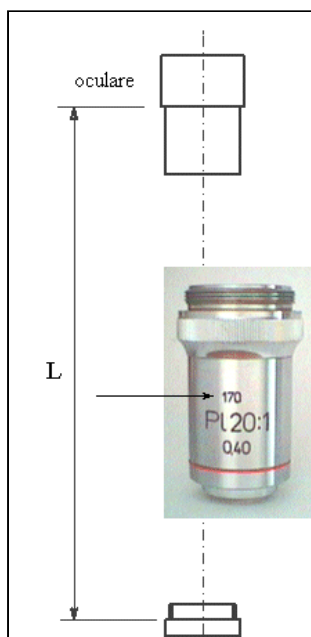
Con lenti normali (non acromatiche) si possono ottenere immagini discrete finché si resta ad ingrandimenti limitati, mentre per ingrandimenti elevati l'uso di lenti acromatiche negli obiettivi diventa imperativo. Per il nostro progetto potremo utilizzare entrambi questi tipi di lenti, acromatiche e non. L'uso di lenti normali è utile anche per rendervi conto di che cosa siano le aberrazioni cromatiche e quanto sia importante la loro eliminazione per ottenere immagini nitide e per salire con gli ingrandimenti. Tuttavia, come ho già detto, l'uso di lenti normali consente di ottenere immagini soddisfacenti fino a 100 ingrandimenti circa, a condizione però di impiegare anche un diaframma sull'obiettivo.

L'obiettivo è la parte più importante di tutto il microscopio. I fabbricanti di microscopi progettano i propri obiettivi con complessi calcoli di ottica e fanno produrre le lenti secondo i parametri che hanno definito analiticamente. Sia la progettazione degli obiettivi che la loro fabbricazione sono al di fuori della portata di un comune dilettante. Comunque, anche se la costruzione degli obiettivi è più complessa di quella degli oculari, qualcosa si può fare per ottenere un obiettivo migliore di quello che si può realizzare con lenti di plastica provenienti da macchine fotografiche usa-e-getta. All'inizio cercheremo di ottenere il massimo possibile con lenti normali, poi prenderemo in considerazione quelle acromatiche.

Per prima cosa, se avete lenti di vetro piano-convesso di focale corta, sostituitele a quelle di plastica che avete utilizzato. Infatti, le lenti di vetro hanno normalmente una qualità migliore.

Le lenti di vetro e quelle di plastica sono dotate di dispersioni diverse. Provate ad usare una coppia di lenti di questo tipo, variando la distanza, nel tentativo di ottenere una certa "correzione acromatica", cosa che dovrebbe risultare in una migliore definizione. Non sono sicuro che sia possibile.

Se avete costruito uno dei microscopi stereoscopici che ho presentato in questa galleria, dovrebbero esservi rimasti un paio di oculari di binocolo. Usatene uno come condensatore. Orientatelo in modo da avere la lente dell'occhio verso l'alto.



Spesso, negli obiettivi *veri*, la prima lente è formata da una piccola lente piano-convessa rivolta con la superficie piana verso il campione, seguita da una o più altre lenti. Esse possono essere delle lenti piano-convesse, oppure dei menischi, oppure delle lenti acromatiche. Normalmente, negli obiettivi le lenti sono disposte con la superficie piana, oppure quella concava, rivolte verso il campione. Quando vengono usati due doppietti acromatici uguali, spesso sono disposti in modo simmetrico. Molti altri obiettivi seguono schemi diversi da questi e non sempre la correzione dell'aberrazione cromatica viene fatta con lenti incollate. Spesso, gli obiettivi di basso ingrandimento sono formati da un singolo doppietto acromatico.

Quindi, per la realizzazione amatoriale di obiettivi, attenetevi a questi principi:

- non cercate di ottenere ingrandimenti elevati
- usate poche lenti
- usate lenti piano-convesse o menischi o doppietti acromatici
- tenete la più potente per prima (possibilmente piano-convessa)
- mantenete le superfici piane o concave rivolte verso il campione
- cercate di mantenere centrate le lenti fra di loro
- diaframmate l'obiettivo per ridurre le aberrazioni
- se possibile utilizzate un doppietto acromatico di focale corta da solo
- se usate due doppietti acromatici identici, disponeteli in modo simmetrico e provate a tenerli a distanze diverse
- provate ad usare una lente piano-convessa seguita da un doppietto acromatico, oppure da due doppietti uguali.

L'uso di lenti acromatiche vi permette di ottenere immagini di elevata qualità e non dovrete più diaframmare l'obiettivo. L'acquisto di un obiettivo acromatico da 10X o da 20X vi risolverebbe ogni problema. Nel caso in cui usiate un obiettivo da microscopio, su di esso dovrebbe esserci scritto la *lunghezza meccanica del tubo* (normalmente è 160 o 170 mm). Come indicato dalla figura 12, questa distanza è da intendersi tra la battuta della montatura dell'obiettivo e quella dell'oculare. E'

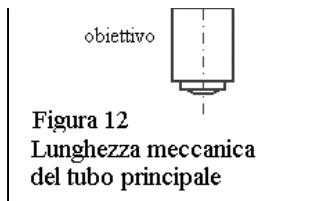


Figura 12
Lunghezza meccanica del tubo principale

poi evidente che se per questo microscopio utilizzate un obiettivo acromatico, dovrete usare anche un oculare di buona qualità, per esempio un oculare di Huygens da 10X.

In commercio esistono anche *obiettivi corretti per l'infinito* (Infinity-corrected objectives). Nel loro caso, la lunghezza del tubo è indicata con il simbolo dell'infinito. Si tratta di obiettivi calcolati per lavorare esattamente alla distanza focale dal campione e per produrre quindi l'immagine all'infinito. Una lente intermedia situata nel tubo principale si occupa di focalizzare questa immagine sul piano focale dell'oculare. A causa della necessità della lente intermedia, l'uso di questi obiettivi è un po' più complicato di quelli normali. E' quindi meglio che per questo progetto non utilizzate questo tipo di obiettivi. Se desiderate avere informazioni su di essi, cercatele nel

sito che vi ho indicato in bibliografia per primo.

CALCOLI DI OTTICA ▲

Le espressioni che seguono vi serviranno per calcolare la focale e l'ingrandimento di semplici oculari ed obiettivi considerandoli sistemi di lenti sottili. Esprimete ogni misura in mm. Per determinare la focale di queste lenti fate riferimento all'articolo: "[Dalle Lenti agli Strumenti Ottici](#)".

Tabella 1 - Alcune formule di ottica		
Terminologia	f	focale della lente singola o del sistema di lenti
	p	distanza obiettivo-oggetto
	q	distanza obiettivo-immagine
	f _a	focale della lente A (es: la lente di campo)
	f _b	focale della lente B (es: la lente dell'occhio)
	f _{ab}	focale del sistema di due lenti A e B
	d	distanza fra due lenti sottili
	D	distanza del fuoco dalla lente anteriore
1	relazione fra focale e distanze p e q	$1/f = 1/p + 1/q$
2	focale di un sistema di due lenti (es: l'oculare)	$f_{ab} = f_a f_b / (f_a + f_b - d)$
3	distanza del fuoco anteriore dalla lente più vicina	$D = f_{ab} (f_b - d) / f_b$
4	Ingrandimento dell'oculare	$I_{oc} = 250 / f_{ab}$
5	Ingrandimento dell'obiettivo	$I_{ob} = q / p$
6	Ingrandimento del microscopio	$I_{mic} = I_{ob} \times I_{oc}$

SISTEMA DI MESSA A FUOCO MACROMETRICA ▲

In base al progetto iniziale, per mettere a fuoco l'immagine occorre spostare il tubo principale del microscopio con le mani. Il tubo scorre sui supporti perché è trattenuto da una forza moderata in un dispositivo di freno. Con poca fatica è possibile dotare questo strumento di una messa a fuoco a cavo d'acciaio, azionabile con manopole (figura 13). Il costo complessivo del microscopio si alzerà di alcune migliaia di lire.



Figura 13 - Sistema di messa a fuoco a filo d'acciaio

Materiali per il dispositivo di messa a fuoco:

- cavo d'acciaio per aeromodellismo (treccia di acciaio di 0,4 mm di diametro, rivestita di nylon. Il diametro complessivo del cavo

dovrebbe essere di 0,7 mm). Potete comperare questo cavo presso negozi di aeromodellismo o di ferramenta.

- alberino di acciaio \varnothing 10 mm (la superficie deve essere regolare e liscia)
- due manopole di manovra
- due grani a punta piatta M4 x 5 per fissare le manopole
- un blocchetto di plastica rigida 10 x 20 x 70 mm per i supporti della barra
- due viti autofilettanti con testa cilindrica \varnothing 3,5 x 35 mm per fissare i supporti
- un tubo diametro interno di 10 mm per i distanziali
- un blocchetto di alluminio 8 x 10 x 25 mm per ricavare i sostegni del cavo
- 2 viti a testa svasata M 3 x 7 e dadi per fissare i sostegni
- 2 grani a punta piatta M 3 x 5 mm per fissare il cavo.

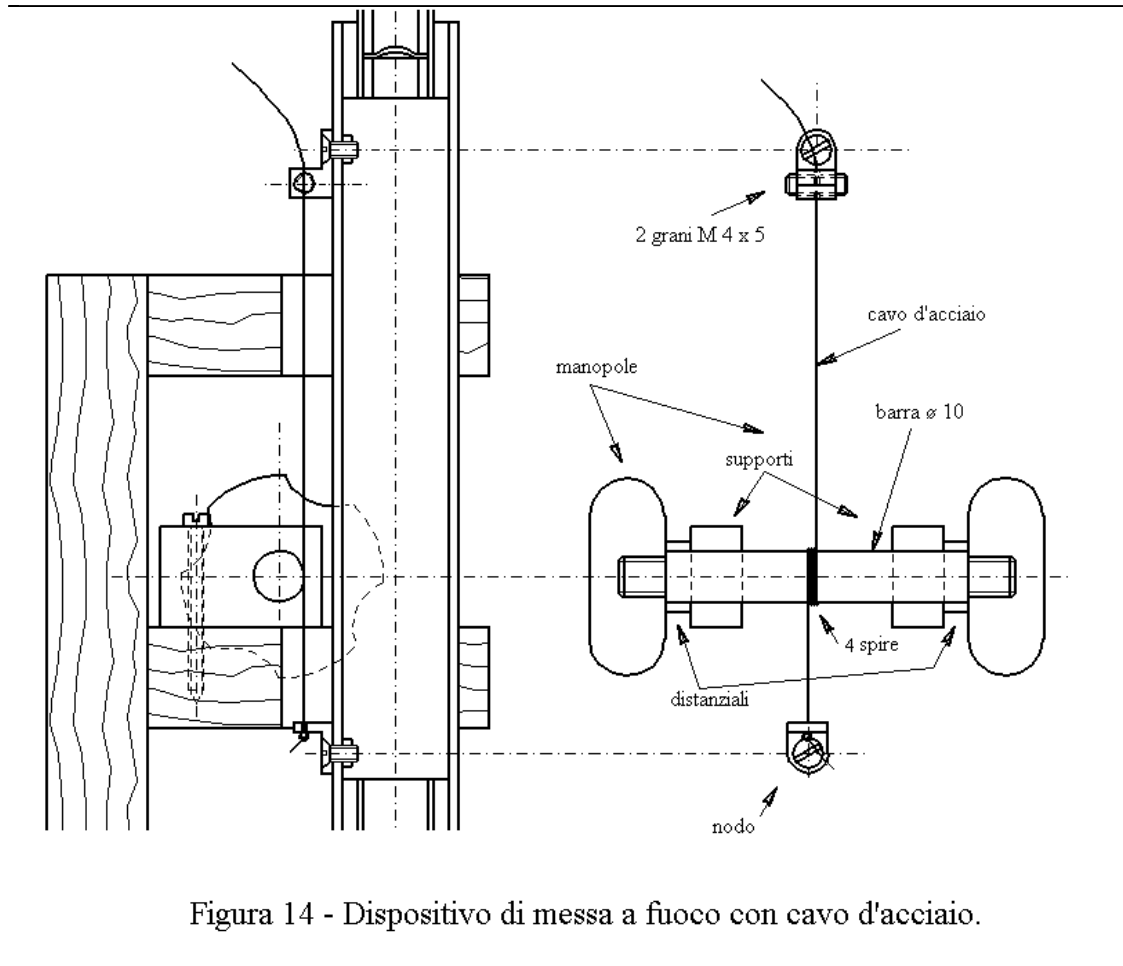


Figura 14 - Dispositivo di messa a fuoco con cavo d'acciaio.

Il cuore di questo dispositivo di messa a fuoco è costituito da un cavetto flessibile d'acciaio che viene fissato sul tubo principale (figura 14). Questo cavo non è costituito da un filo unico, ma da una treccia di fili sottili e per questo è flessibile. Infatti esso si deve avvolgere per quattro spire intorno ad un alberino che viene manovrato da manopole. L'alberino deve essere fissato ad uno dei supporti del tubo principale. Per fare questo potete usare due blocchetti di plastica, fermati con una vite ciascuno. In riferimento alla figura 13, il foro per le viti deve essere 0,5 mm più grande per consentire ai supporti di allinearsi con la barra. Invece il foro per la barra deve essere preciso ma deve consentire alla barra di muoversi liberamente.

Prima di montare questo sistema dovrete anche approfondire un po' la gola dei supporti del tubo principale per consentire il passaggio dei sostegni del cavo. Per collegare le manopole all'alberino può essere necessario ridurre il suo diametro per un breve tratto da entrambe le parti, ma questa lavorazione richiede un tornio. Se non avete modo di fare questa lavorazione, forate le manopole allo stesso diametro dell'alberino. Con una lima, sulle due estremità dell'alberino realizzate un piano. Applicare un grano in entrambe le manopole. Stringete i grani sul piano citato.

Come vedete nella figura 14, il cavo fa capo a due "angolari" forati montati sul tubo principale. In quello inferiore esso è trattenuto per mezzo di un nodo, in quello superiore il cavo deve essere teso e poi fissato. Tagliate uno spezzone di 330 mm di cavo. Fategli un nodo nella parte inferiore e fatelo passare per il foro nell'angolare inferiore. Avvolgete il cavo per 4 spire attorno alla barra delle manopole. Fate ora passare il cavo per l'angolare superiore. Sistemate il cavo con le spire a pacco, quindi con un paio di pinze, afferrate l'estremità del cavo e tirate con una forza di 2 Kg circa muovendo avanti e indietro le manopole. Bloccate il cavo stringendo i grani superiori l'uno contro l'altro. Ripetete l'operazione alcune volte, finché il cavo non sarà abbastanza teso. Il tubo principale deve muoversi regolarmente verso l'alto e verso il basso. Verificate che l'alberino non scivoli rispetto alle spire del cavo quando viene mosso dalle manopole. Se questo dovesse avvenire, ripetete la messa in tensione del cavo.

Adesso, le funzioni di freno (che impediscono al tubo principale di cadere) sono svolte dai supporti della barra trasversale. Quindi, potete allentare i supporti a "V". Se necessario, praticate un intaglio di sega su ciascun supporto della barra in modo che stringendo la vite, aumenti la forza frenante.

Nonostante le apparenze, questo sistema di messa a fuoco funzionerà benissimo. Il suo movimento sarà più fluido di quello che potreste avere con la classica slitta a coda di rondine mossa da una coppia pignone/cremagliera. Tra l'altro quest'ultimo sistema è assai più complicato da realizzare di quello basato sul cavo d'acciaio.

SISTEMA DI MESSA A FUOCO MICROMETRICA ▲

Nei microscopi, il sistema di messa a fuoco macrometrico è affiancato da un dispositivo di messa a fuoco micrometrico. Il primo sistema fornisce un movimento rapido ma grossolano, il secondo consente di regolare la messa a fuoco con precisione. Per dotare il nostro piccolo microscopio di un movimento di messa a fuoco micrometrico, utilizzeremo un dispositivo a vite differenziale come quello illustrato nella figura 15. Si tratta di un sistema semplice ma efficace, costituito da due viti aventi passo diverso e montate in modo coassiale. Facendo compiere una completa rotazione antioraria alle viti, la vite più grossa uscirà dal proprio dado di una quantità maggiore di quanto la vite più piccola non entri nel proprio. Quindi il tavolino superiore verrà spinto verso l'alto di una distanza pari alla differenza del passo delle due viti.

Per realizzare questo dispositivo, potete utilizzare una vite M 3 ed una vite M 5. Poiché la prima filettatura ha il passo di 0,5 mm e la seconda di 0,8 mm, con una completa rotazione della vite differenziale otterrete uno spostamento di 0,3 mm del tavolino portavetrini.

Per unire in modo coassiale le due viti, inserite una estremità di ciascuna vite in un medesimo tubicino di ottone o di acciaio e stagnatele. Altrimenti, forate e filettate M 3 una estremità della vite da M 5, poi avvitate e stringete insieme le due viti. La vite differenziale deve essere circa 10 mm più lunga della distanza tra la base e il tavolino del microscopio. Per mezzo di rondelle e dadi, fissate un tappo per tubo di dentifricio a metà sulla vite differenziale. Praticate due fori coassiali, uno sotto al tavolino e l'altro sulla base del microscopio. Tramite una morsa, inserite a pressione due dadi nei fori, uno per ciascuna vite.

Per montare la vite differenziale, allentate le viti che sostengono il tavolino. Avvitare la vite differenziale nel dado M 5 per circa 10 mm. Tornate a stringere le viti del tavolino, poi avvitate la vite differenziale nel dado superiore. Avvitando ancora un po' la vite differenziale, dovrete arrivare a un punto in cui la vite gira liberamente. Tenete sempre la vite differenziale in questa posizione, salvo quando fate movimenti di messa a fuoco micrometrica.

Cercate di non ruotare questa vite per più di un giro. Quando iniziate un'osservazione, partite con la vite differenziale scarica. Con il movimento macrometrico fate la migliore messa a fuoco possibile e con il movimento micrometrico perfezionatela.

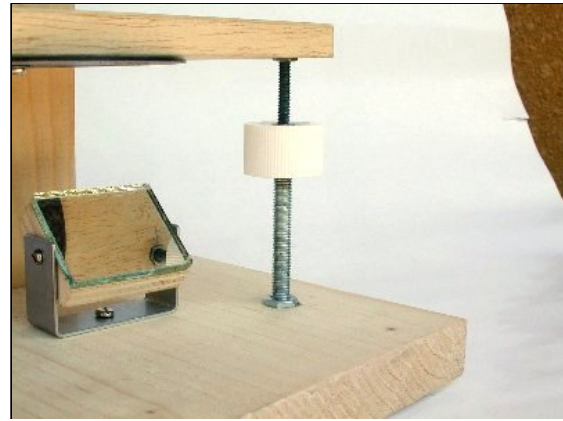


Figura 15 - Dispositivo di messa a fuoco micrometrica a vite differenziale.

CONDENSATORE ▲

Il condensatore ha la funzione di concentrare la luce sul campione e di fornirla con la convergenza adatta all'obiettivo che si sta usando. In un microscopio ciò è importante perché senza il condensatore gli obiettivi lavorerebbero male e non si potrebbero raggiungere elevati ingrandimenti.

Lente convergente e diaframma rotante

Per questo semplice microscopio, il condensatore non è indispensabile, ma se si superano i 100 ingrandimenti, diventa necessario. A tale fine, potete utilizzare una lente piano-convessa della focale di circa 25 mm e dovrà essere montata con la superficie piana rivolta verso l'alto. Se migliorereste l'ottica di questo strumento potrete aggiungere una seconda lente biconvessa di corta focale sotto alla prima lente di cui ho già parlato (figura 16). E' possibile anche usare un oculare di binocolo come condensatore. Nelle bancarelle, è possibile acquistare binocoli di buona qualità per pochi soldi.

I condensatori dei microscopi dispongono di un diaframma ad iride, la cui apertura è regolabile con continuità per adattare il cono di luce che arriva sul campione all'apertura numerica dell'obiettivo. Nei microscopi che dispongono di più obiettivi, si fa riferimento al più potente che è anche quello per il quale la regolazione della luce è più critica.

Un diaframma a iride sarebbe troppo costoso per questo semplice strumento. E' vero che sarebbe possibile costruire da sé anche un diaframma di questo tipo, ma sarebbe una faccenda piuttosto laboriosa. Fortunatamente il diaframma rotante che ho descritto svolgerà bene il proprio compito anche se non sarà estremamente comodo. Se tuttavia riuscite a rimediare un diaframma a iride, utilizzatelo pure e sistematelo sotto al condensatore.

Regolazione del diaframma del condensatore

In un microscopio, mantenendo il diaframma del condensatore alla massima apertura si hanno delle immagini molto definite ma anche estremamente diafane, nelle quali farete fatica a distinguere dei dettagli. Stringendo l'apertura del diaframma, l'immagine diverrà più contrastata e leggibile, inoltre aumenterà la profondità di campo. Continuando a chiudere il diaframma il bordo dei dettagli si ispessirà, poi si fonderanno e la nitidezza dell'immagine peggiorerà. Cercate quindi di ottenere il miglior compromesso tra nitidezza e contrasto dell'immagine.

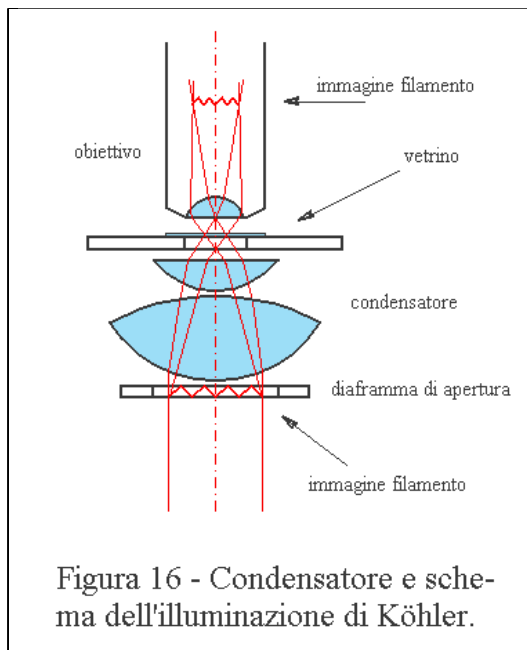


Figura 16 - Condensatore e schema dell'illuminazione di Köhler.

ILLUMINAZIONE ▲

Il sistema di illuminazione ha la funzione di produrre e convogliare la luce necessaria al microscopio. Sono possibili diverse soluzioni:

Specchio e finestra

Avvicinatevi ad una finestra e con lo specchio inviate della luce sul campione. E' la soluzione più semplice, adottata anche da microscopi forniti di obiettivi acromatici come quelli per studenti, ma non è la soluzione migliore.

Specchio e lampada smerigliata

Se come sorgente di luce provate a usare una lampada al neon, vi accorgete che andranno a fuoco solo le linee disposte lungo una direzione, mentre le altre saranno confuse. Questo è dovuto alla forma allungata di quella lampada. Anche le finestre hanno spesso forme irregolari, non solo, ma di notte non forniscono più luce. Per i microscopi sono necessarie sorgenti di luce circolari ed uniformemente luminose. A questo scopo potete utilizzare una lampada articolata dotata di lampadina smerigliata tenuta ad una breve distanza dallo specchio. Questo sistema di illuminazione è semplice e nello stesso tempo molto valido per questo microscopio.

Lampada e diffusore

Usando lo specchio, una volta trovata la luce adatta, il microscopio non può più essere spostato senza perdere le condizioni di illuminazione che avete raggiunto. Per risolvere questo problema è sufficiente realizzare un illuminatore formato da una piccola scatola chiusa contenente una lampadina e con un foro circolare sul coperchio. Il foro deve essere chiuso da un vetro diffusore in modo che non si veda il filamento della lampada. Per adattare questo illuminatore occorre fare delle prove in modo da definire il diametro più adatto del foro e la sua distanza dal vetrino. E' bene dotarlo di diaframmi di varia apertura e di un filtro blu elevatore di temperatura di colore della lampada a filamento. Con poca fatica potete fare in modo che l'intensità della luce fornita dall'illuminatore elettrico sia regolabile. Nel costruire questo illuminatore, utilizzate una lampada a basso voltaggio, materiali non conduttori di elettricità e resistenti al calore della lampada.

Oggi, sono disponibili LED luminosi che producono una luce bianca molto intensa. Questi dispositivi scaldano molto poco e consumano poca energia e sono molto adatti per costruire un sistema di illuminazione per microscopi http://www.funsci.com/fun3_it/sfera/sfera.htm. Anche in questo caso, un potenziometro vi permetterà di regolare l'intensità della luce.

Illuminazione con lampada, lenti e specchio - Illuminazione di Köhler

Gli alti ingrandimenti richiedono una forte e omogenea illuminazione. Esiste una tecnica inventata da Köhler, chiamata - illuminazione di Köhler - che produce un fascio di luce intenso e omogeneo. Questa tecnica è diventata uno standard nei microscopi moderni. Tuttavia, il sistema è abbastanza complicato e il suo uso non è giustificato per questo progetto. Se utilizzate una lampada a filamento, dovrete mettere sull'illuminatore un filtro blu per elevare la temperatura di colore della luce della lampada.

UN MICROSCOPIO PER PROTOZOI ▲

Se siete arrivati fino a qua, vuol dire che siete pronti per costruire quello che si rivelerà un piccolo gioiello del fai-da-te: un microscopio che per la sua qualità farà stupire tutti quelli che lo proveranno ed in special modo quelli che possiedono già un microscopio. Ovviamente, per raggiungere queste prestazioni, ho dovuto introdurre alcuni miglioramenti che alzeranno il costo di questo strumento a circa 50 euro. Quello che caratterizza questo modello è l'uso di ottiche acquistate. Così come è concepito, questo microscopio vi permetterà di osservare protozoi, alghe unicellulari, sezioni di tessuti e preparati permanenti.

Lo stativo è quello che conoscete e può essere realizzato in legno, in Plexiglass e con altri materiali. E' fornito di messa a fuoco macrometrica (a cavo d'acciaio) e micrometrica (a vite differenziale). L'ottica è costituita da un obiettivo acromatico da 20 o da 25 X e da un oculare da 10 X per microscopi. Occorre inoltre acquistare un oculare di binocolo da usare come condensatore per il microscopio. Questi componenti ottici possono essere acquistati sul mercato del surplus o su bancarelle in fiere di fotografia e di astronomia, sulle aste in rete (per es: Ebay) e ovviamente anche in negozi di ottica. A differenza di quanto accadeva pochi anni fa, gli oculari e gli obiettivi di fabbricazione cinese sono spesso di elevata qualità, oltre che di basso costo. Potete ottenere l'oculare di binocolo anche demolendo un binocolo vecchio o acquistato apposta per pochi soldi. Nel caso che acquistiate il binocolo, prendetelo con obiettivi da 50 mm di diametro, evitando quelli di colore arancione. Gli obiettivi di questo binocolo potranno servirvi per costruire un bel microscopio stereoscopico.



Figura 17 (a sinistra) - Microscopio per protozoi, notate l'obiettivo e l'oculare commerciali e il condensatore realizzato con un oculare da binocolo.

Figura 18 (sopra) - Rotifero, ripreso attraverso il microscopio per protozoi. Campo = 0,6 mm circa.

Dal momento che utilizzerete un obiettivo da microscopio, che è più lungo dell'obiettivo previsto con il modello base di questo microscopio, utilizzate un montante lungo 270 mm. Sistemate l'oculare "condensatore" a filo del tavolino con la lente dell'occhio rivolta verso l'alto. Realizzate un diaframma rotante con 6 fori dei seguenti diametri: 16, 12, 10, 8, 6, 4 mm. Montate il diaframma rotante a qualche millimetro sotto il "condensatore". Per seguire i rapidi movimenti dei protozoi, acquistate un dispositivo per muovere i vetrini. Dovrebbe costare circa 30 euro. La messa a fuoco macrometrica, quella micrometrica e lo specchietto orientabile completeranno lo strumento (figure 17 e 18).

Per avere immagini contrastate, comperate un obiettivo acromatico per microscopi. Evitate quelli planari perché hanno un elevato numero di lenti e costano molto di più. La lunghezza del tubo di questo microscopio deve essere quella indicata sull'obiettivo (figura 12). Con un obiettivo da 20 o da 25 X ed un oculare da 10 X, otterrete 200 o 250 ingrandimenti che sono l'ideale per osservare protozoi e altri microrganismi delle acque stagnanti. Questa è dunque la caratteristica principale di questo microscopio e sono sicuro che apprezzerete il mondo in miniatura che questo strumento vi aprirà.

Pulite accuratamente l'oculare e l'obiettivo usando carta da ottica in cellulosa pura, oppure un fazzoletto di cotone pulito. Sempre per ottenere immagini ben contrastate, dovete eliminare accuratamente i riflessi interni. A tale scopo, rivestite l'interno del tubo principale con cartoncino o velluto nero. Montate un diaframma antiriflessi, facendo attenzione a non intercettare la luce diretta all'oculare. Per facilitare l'eliminazione dei riflessi interni, è conveniente usare un tubo principale di dimensione maggiore: fra i 30 e i 34 mm di diametro esterno. In questo caso, dovrete modificare le dimensioni del montante e dei supporti a "V". Questo microscopio, proprio per la sua semplicità, vi permetterà di ottenere immagini molto nitide e contrastate. Questo non è sempre possibile con i microscopi che hanno la scatola dei prismi, che spesso hanno dei riflessi interni non facilmente eliminabili e che con il tempo accumuleranno polvere e patine sulle superfici ottiche.

COME TROVARE LENTI

Ho già detto come potete procurarvi le lenti necessarie per costruire il "microscopio base". Se non disponete di lenti o componenti ottici adatti per migliorare il vostro strumento, cercateli presso:

- rivenditori di microscopi;
- negozi di ottica e di fotografia;
- mercati delle pulci, dove è possibile comperare a poco prezzo binocoli e altri strumenti da demolire;
- fiere-mercato di fotografia, astronomia, minerali, elettronica, dove spesso troverete rivenditori di lenti e di strumenti ottici nuovi e usati;
- rivenditori per corrispondenza di prodotti ottici, presenti anche in Internet.

Le seguenti società distribuiscono prodotti ottici e sono presenti in Internet:

- <http://astronomy-mall.com/> **Apogee Inc.** Strumenti ottici, vari produttori
- <http://www.edsci.com/> **Edmund Scientific.** Catalogo sterminato di prodotti ottici, ma prezzi elevati
- <http://www.ebay.com/> **Ebay.** Importante sito di aste in rete
- <http://www.surplushack.com/index.htm> **Surplus Shed.** Lenti e molti altri prodotti di ottica ed elettronica.
- <http://www.silo.it> **Silo.** Lenti e altri componenti ottici.

Esistono molte altre ditte che producono o vendono lenti ed altri articoli di ottica. Alcune di esse sono presenti in rete. Cercatele con un motore di ricerca.

OSSERVAZIONI

Per quello che riguarda le osservazioni che potete fare con questo microscopio, qui potete trovare una serie di articoli di [Guida alle osservazioni con il microscopio](#).

CONCLUSIONE

Non è semplice ed economico questo piccolo strumento? Funziona perfino e vi ha consentito di capire com'è fatto un microscopio vero. Ecco come con piccole cose se ne possono capire di grandi. Non solo, ma se vi piace lavorare nei campi dell'ottica e della meccanica, potete portare avanti questo progetto sperimentando nuove soluzioni meccaniche, diverse disposizioni delle lenti, utilizzare ottiche più corrette, integrare lo strumento con dispositivi che ne migliorano la funzionalità. Quindi questo non è un progetto "chiuso", di quelli che devono essere realizzati in un modo preciso e solo in quello, ma è caratterizzato da un'apertura a numerosi e interessanti sviluppi perché vi ho fornito i criteri per proseguire da soli. Sono convinto che questi possibili sviluppi saranno particolarmente graditi a tutti coloro che sentono bisogno di spazi per la loro creatività e che possiedono curiosità verso la scienza e la natura.

BIBLIOGRAFIA

Volete saperne di più sui microscopi? Eccovi accontentati: il sito che vi indico per primo (The Molecular Expressions Website) è una vera miniera di informazioni. Questo sito è forse più adatto ad utilizzatori di microscopi professionali che non a dilettanti che costruiscono questi strumenti da sé, tuttavia è ricco di informazioni utili anche per i dilettanti. Anche l'Enciclopedia Britannica vi fornirà una quantità di interessanti informazioni sui microscopi.

- <http://microscopy.fsu.edu/primer/anatomy/anatomy.html> Anatomia del microscopio
- <http://microscopy.fsu.edu/index.html> Ottica, microscopia, immagini prese al microscopio
- <http://micro.magnet.fsu.edu/optics/> Ottica e scienza
- <http://members.aol.com/ledodd/Microscope.htm> Microscopia, protisti, organismi degli stagni, numerosi link a siti Internet.
- <http://micro.magnet.fsu.edu/moviegallery/pondscum.html> Immagini e filmati di organismi che vivono negli stagni.
- <http://microanalysis.com/MSADocs/Books.html> Libri di microscopia con breve recensione, in particolare sull'uso del microscopio e guide alle osservazioni.

Nella bibliografia dell'articolo sul [microscopio a sfera di vetro](#) sono indicati alcuni testi di microscopia in lingua italiana.

In Internet, presso i rivenditori di libri, potete trovare molti altri testi di microscopia.

[Invia i tuoi commenti sull'articolo](#)

