

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.

STEREOSCOPIA AD ALTO INGRANDIMENTO

Giorgio Carboni, Gennaio 2002
Aggiornato: Marzo 2010



INTRODUZIONE ▲

Per mezzo della vista, normalmente percepiamo tre dimensioni: orizzontale, verticale e profondità. La stereoscopia consiste nel percepire tutte e tre queste dimensioni, in particolare la profondità dello spazio, il volume degli oggetti, la distanza in profondità degli oggetti fra di loro e rispetto all'osservatore. Il termine *3D* sta ad indicare appunto le tre dimensioni dello spazio. Ci sono però dei casi in cui possiamo percepire soltanto due dimensioni, come quando guardiamo una fotografia, la televisione o un film. Anche quando impieghiamo microscopi ad alto ingrandimento vediamo immagini piatte. In questo articolo, ci occuperemo di come dotare questi strumenti della terza dimensione.

Per poter vedere gli oggetti in rilievo, occorre che gli occhi li osservino da una direzione leggermente diversa l'uno dall'altro. In questo modo, ci giungono due immagini differenti che il cervello fonde in un'unica immagine tridimensionale. E' proprio a partire dalle leggere differenze geometriche delle due immagini di partenza che la nostra mente ricava la percezione del volume degli oggetti e della profondità dello spazio.

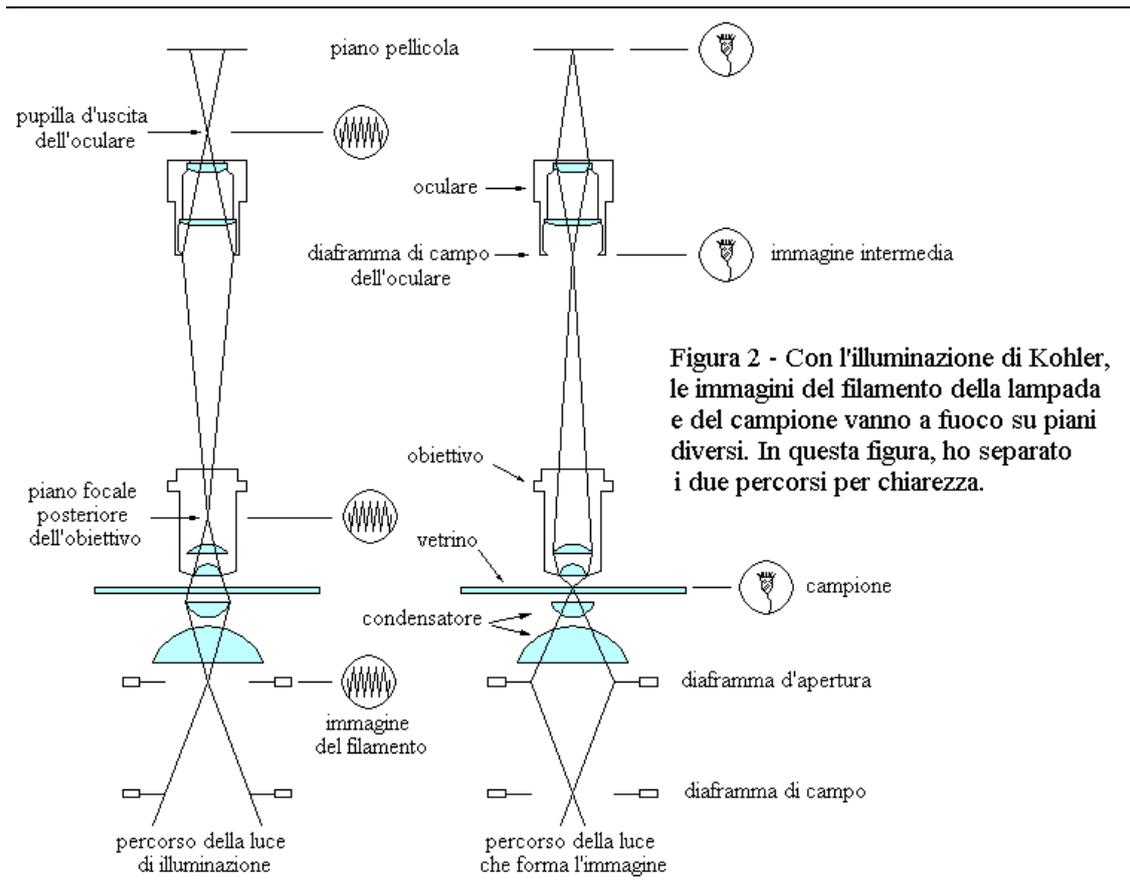
Nel campo della microscopia, si distingue fra i **microscopi stereoscopici** e i **microscopi "normali"**. Il tipo piú semplice di stereomicroscopi é formato da due microscopi mantenuti convergenti sul punto da osservare. In questo modo, ciascun occhio vede il campione da un punto di vista diverso rispetto all'altro, consentendo di apprezzarne il rilievo. Purtroppo, questi strumenti lavorano a basso ingrandimento, generalmente tra 10 e 50 X. I microscopi normali sono invece progettati per lavorare tra 50 e 1000 X ed utilizzano un unico obiettivo alla volta. Probabilmente, la maggior parte di questi strumenti viene utilizzata in biologia, mentre un'altra parte viene impiegata per osservazioni in metallurgia, in mineralogia ed in altri campi. I modelli piú semplici sono dotati di un solo oculare, quelli piú complessi di due e possono essere dotati anche di un tubo per riprese fotografiche. Cosí come questi strumenti sono costruiti, ciascuno dei due oculari fornisce la stessa identica immagine. Infatti, l'immagine raccolta dall'obiettivo viene separata da un'apposita superficie semiriflettente in due immagini identiche che vengono poi inviate a ciascun oculare. Quindi, benché binoculari, i microscopi normali forniscono immagini totalmente piatte, completamente prive di rilievo e ciò avviene perché le due immagini inviate agli occhi sono identiche.

Molti di coloro i quali utilizzano microscopi normali invidiano la visione tridimensionale di cui sono dotati i microscopi stereoscopici. Infatti, disporre della visione in tre dimensioni quando, per esempio, si osservano i protisti permetterebbe loro di seguire il movimento di questi microrganismi anche secondo la profondità, permetterebbe di apprezzarne il volume e la disposizione interna degli organelli, inoltre faciliterebbe l'operazione di mantenere a fuoco il microrganismo quando cambia quota. A queste persone farà piacere sapere che é possibile dotare della terza dimensione anche i microscopi normali, per quanto usino un solo obiettivo.

L'ILLUMINAZIONE DI KÖHLER ▲

Prima di cominciare a descrivere i metodi per l'osservazione stereoscopica ad alto ingrandimento, é necessario dire qualcosa sull'illuminazione di Köhler, la piú diffusa nei microscopi normali. Osservando la figura 2, potete notare che il filamento della lampada di illuminazione ed il campione vanno a fuoco su piani sfalsati lungo la via ottica: quando il campione é a fuoco, il filamento é sfocato e viceversa. In questo modo, si eviterà di sovrapporre le due immagini e il campione sarà illuminato in modo omogeneo. Nella figura 2, ho separato per chiarezza la formazione dell'immagine del filamento da quella del campione. Tenete inoltre presente che per effettuare riprese l'immagine del campione può essere focalizzata ad una certa distanza

dall'oculare, come ho indicato nella figura, ma durante le osservazioni la luce che esce dall'oculare è normalmente parallela e tale immagine va a fuoco all'infinito.



Le immagini dei filtri che utilizzerete non dovranno mai andare a fuoco sullo stesso piano delle immagini del campione, ma dovranno essere alquanto sfalsate. Dal punto di vista teorico, la posizione migliore per sistemare questi filtri è il diaframma d'apertura. Purtroppo, per ragioni pratiche questa posizione risulterà piuttosto scomoda, per cui è molto probabile che dovrete sistemare i filtri in una posizione intermedia fra il diaframma d'apertura e il diaframma di campo. Fate attenzione perché se i filtri vengono sistemati troppo vicini al diaframma di campo, la loro immagine e la loro polvere andranno a fuoco sul campione. Muovendo il condensatore verso l'alto o verso il basso, dovrete comunque giungere in una situazione in cui il piano dei filtri sia fuori fuoco, mentre potrete osservare nitidamente il campione. Se invece non riuscite a separare sufficientemente l'immagine dei filtri rispetto a quella del campione, montate i filtri su di un adatto supporto tubolare per distanziarli dal diaframma di campo.

METODO DEI FILTRI POLARIZZATORI ▲

Una tecnica che permette di compiere osservazioni in tre dimensioni al microscopio richiede l'impiego di due filtri polarizzatori disposti sopra l'illuminatore in modo tale che ad una metà dell'obiettivo giunga la luce polarizzata in senso orizzontale e che all'altra metà giunga la luce polarizzata in senso verticale. Altri due filtri polarizzatori posti sugli oculari, si incaricheranno di lasciare passare ora solo la luce polarizzata in un senso, ora solo la luce polarizzata nell'altro senso. Come avrete capito, agli occhi giungeranno due immagini diverse, viste ciascuna da una direzione differente, le quali renderanno possibile la stereoscopia. Per questa tecnica di osservazione, sono quindi necessari microscopi dotati di scatola binoculare. A causa dell'assorbimento da parte dei filtri polarizzatori, è anche necessario disporre di una certa potenza luminosa da parte del sistema di illuminazione.

Acquistate un foglio di plastica polarizzatrice lineare presso un negozio di fotografia abbastanza fornito oppure presso questo sito: <http://www.3dlens.com/> (Product No: #P210, Polarizing efficiency: 99.98%).

Tagliate due strisce con direzione di polarizzazione a 90° l'una rispetto all'altra e montatele sull'uscita dell'illuminatore come mostrato nelle figure 3 e 5, senza sovrapporli (filtro a mezza luna). La linea di contatto fra i

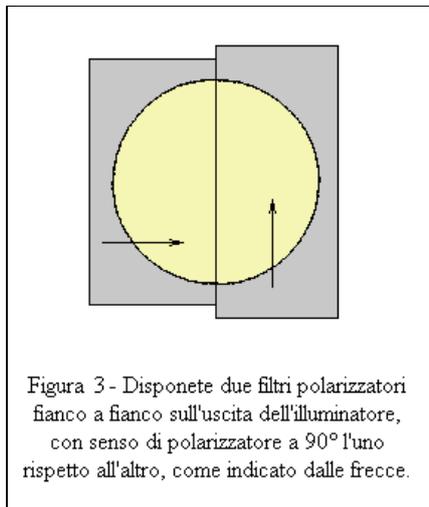


Figura 3 - Disponete due filtri polarizzatori fianco a fianco sull'uscita dell'illuminatore, con senso di polarizzatore a 90° l'uno rispetto all'altro, come indicato dalle frecce.

due filtri deve essere orientata nella direzione verticale (figure 3 e 6). I due filtri possono essere montati con viti oppure incollati con silicone. Tagliate via le parti eccedenti.

Ponete un filtro polarizzatore su ciascun oculare (figura 4). Per fare le prime prove, potete ricavare questi filtri dallo stesso foglio di plastica polarizzatrice e potete fissarli sugli oculari usando nastro adesivo. Successivamente, dovrete procurarvi dei filtri di qualità ottica da mettere sugli oculari.

Data la posizione dei filtri sistemati sopra l'illuminatore, non è necessario che essi siano di qualità ottica. Quelli ritagliati dal foglio di plastica polarizzatrice andranno benissimo.

Potete acquistare filtri polarizzatori della dimensione giusta e di qualità adatta per essere montati sugli oculari presso un negozio di fotografia ben fornito, oppure presso la ditta americana Edmund <http://www.edmundoptics.com/>

Una volta ottenuti, questi filtri vanno inseriti in montature fatte in modo tale da poter essere sistemate sugli oculari come un cappuccio.

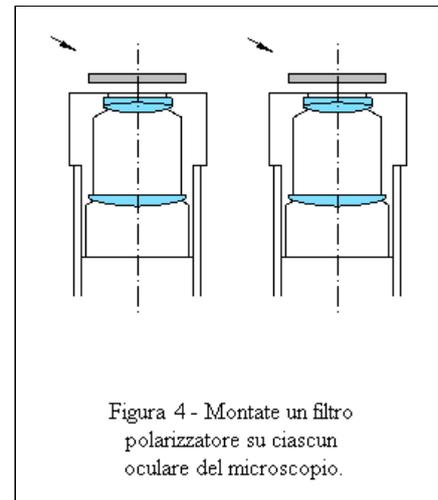


Figura 4 - Montate un filtro polarizzatore su ciascun oculare del microscopio.

I filtri posti sugli oculari devono essere orientati in modo tale da lasciare passare l'uno la luce polarizzata in un senso, l'altro la luce polarizzata a 90° rispetto alla prima. Vediamo ora come fare.



Figura 5 - Filtri polarizzatori e loro montatura.

Dopo avere sistemato i filtri sopra l'illuminatore e sugli oculari, accendete il microscopio e ponete sul tavolino un vetrino con protisti appena raccolti. Selezionate l'obiettivo da 20 X e regolate l'altezza del condensatore del microscopio fino a mettere a fuoco la linea di contatto fra i due filtri posti sopra l'illuminatore e centratela rispetto al campo degli oculari. Fra i due filtri non deve passare luce non polarizzata.

Ruotate il filtro polarizzatore dell'oculare destro finché la metà sinistra del campo non sarà oscurata al massimo. Fate la stessa cosa con il filtro sull'oculare sinistro, oscurando questa volta la metà destra del campo.

Alzate o abbassate nuovamente il condensatore per riportare fuori fuoco la linea di contatto fra i due filtri a mezza luna e per trovare le migliori condizioni di osservazione. Vedrete che il campo tornerà ad essere luminoso. A questo punto, dovrete vedere in tre entusiasmanti dimensioni.

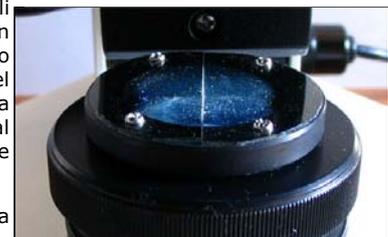


Figura 6 - Filtri polarizzatori posti sull'illuminatore.

Contrassegnate ciascuno di questi filtri con un segno di pennarello oppure con un pezzetto di nastro adesivo colorato in modo da ritrovare rapidamente la posizione di massima stereoscopia in altre occasioni. In caso di pseudoscopia (gli oggetti più in basso vengono visti più in alto e viceversa), vi basterà ruotare di 180° il filtro a mezza luna per ottenere la stereoscopia corretta. Se la polvere sull'illuminatore andrà a fuoco con il campione, realizzate un tubo per sollevare di un paio di centimetri i filtri a mezza luna.

Regolate la quantità di luce ed il diaframma, dopo di che inizieranno le vostre osservazioni. Quando volete, cambiate ingrandimento e, se necessario ritocate il diaframma di apertura, l'illuminazione ed eventualmente l'altezza del condensatore. Aumentando l'ingrandimento, anche l'effetto stereoscopico aumenterà e fra i 200 ed i 400 X sarete nelle migliori condizioni.

Come ho detto, questo metodo corrisponde ad utilizzare una metà dell'obiettivo per osservare il campione da una direzione e l'altra metà per osservare il campione dall'altra direzione. Per fare questo, l'immagine dei filtri polarizzatori prodotta dal condensatore deve finire sul piano di messa a fuoco posteriore dell'obiettivo (figura 2). Ciò avverrà in modo esatto se

disporrete i filtri in corrispondenza del diaframma d'apertura. In realtà, non occorre una grande precisione. L'importante è che quando il campione è a fuoco, l'immagine dei filtri sia fuori fuoco. Dopo avere fatto le prime prove, vi conviene ritagliare i filtri a mezza luna e sistemarli in una montatura circolare da realizzare apposta. In questo modo, tutto il sistema risulterà più stabile e comodo.

Nelle mie prove, ho ottenuto risultati eccellenti. Il sottile strato d'acqua contenuto fra il vetrino portaoggetti ed il coprioggetti, normalmente dello spessore di alcuni decimi di millimetro, sembrava diventato una piscina profonda diversi metri. Purtroppo, per motivi diversi, l'osservazione in 3D con la tecnica dei filtri polarizzatori non funziona sempre. Se non riuscite ad ottenere alcun risultato apprezzabile, controllate che non sia presente un filtro polarizzatore dimenticato sul condensatore o in un'altra posizione lungo la via ottica del microscopio. A volte i componenti ottici della scatola binoculare alterano la polarizzazione della luce. L'osservazione in 3D di preparati permanenti spesso non ha una buona resa.

Se state per acquistare un microscopio e volete sapere se potrete adattarlo per la stereoscopia, prendete con voi due ritagli di plastica polarizzatrice. Accendete il microscopio e mettete un ritaglio all'uscita dell'illuminatore, in modo da coprirlo tutta. Ruotate l'altro ritaglio sopra l'oculare di destra e verificate che ci sia un punto in cui si abbia una discreta estinzione della luce. Fate la stessa cosa anche sull'altro oculare.

Per il momento, ho utilizzato questa tecnica soltanto per osservare protisti e devo dire che non mi sono ancora stancato. Vedere finalmente la forma di un'ameba che protende i suoi pseudopodi verso l'alto, è entusiasmante. Che cosa dire poi dei ciliati che salgono e scendono in una foresta di cianobatteri? E' un piacere osservare un euplotes che esplora una spirogyra, passando ora sopra ora sotto quello che appare una grossa canna, con la differenza che adesso lo vedete salire e scendere e non solo andare fuori fuoco! E' bello anche vedere l'interno di una vorticella, con tutto il suo movimento di vacuoli digestivi e vacuoli pulsanti. Un amico, appassionato di diatomee, mi ha riferito che con questo metodo ha potuto finalmente apprezzare la loro tridimensionalità e che ciò gli ha rivoluzionato il modo di osservarle. Questa tecnica aumenta anche la profondità di campo del microscopio perché, avendo l'informazione del rilievo, gli occhi riescono ad accomodarsi convenientemente.

E' impossibile elencare tutti i casi in cui avrete un vantaggio estetico o pratico nel disporre della terza dimensione ad alto ingrandimento. Per rendervi conto di quanto questa tecnica sia importante per migliorare la qualità delle osservazioni, provate a togliere e a ripristinare la stereoscopia per confrontare come vedete in un caso e nell'altro. Soprattutto in presenza di detriti, la stereoscopia vi porterà chiarezza perché le particelle che prima apparivano ammassate sullo stesso piano, ora le vedrete disposte a diverse altezze e l'ammasso ne verrà in gran parte dipanato. E' un tale spettacolo potere osservare i protisti in tre dimensioni che una volta che avrete provato questa tecnica non potrete più farne a meno.

La tecnica che ho descritto è molto valida per le osservazioni. Purtroppo essa non si presta facilmente alla ripresa di fotografie e di filmati in 3D e neppure alla loro successiva osservazione.

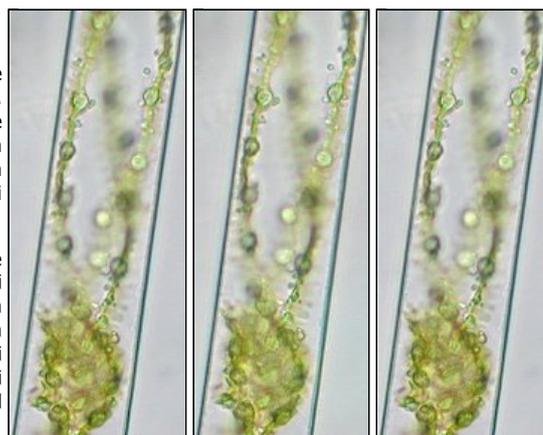
METODO DELL'OCLUSIONE DELL'OBIETTIVO

Questo metodo è adatto alla ripresa di soggetti immobili e consiste nel chiudere prima una metà dell'obiettivo e poi l'altra mentre si riprendono i due stereogrammi. In realtà, non occorre chiudere materialmente l'obiettivo, ma è sufficiente intercettare, fra una ripresa e l'altra, una metà del fascio luminoso ponendo un cartoncino sul diaframma d'apertura o più comodamente sull'illuminatore. In riferimento alla figura 2, questo corrisponderà ad occludere parzialmente l'uscita posteriore dell'obiettivo. Gli stereogrammi vanno poi osservati con un stereoscopio o con un visore a 3D per diapositive, oppure possono essere usati per ricavarne un anaglifo da osservare con gli occhiali bicolori. Ovviamente questa tecnica non si presta per osservazioni dirette al microscopio.

METODO DELLO SPOSTAMENTO DEL VETRINO

Come la tecnica precedente, anche questa permette di ottenere delle fotografie di soggetti immobili, ma non permette osservazioni dirette. Secondo questo metodo, occorre spostare orizzontalmente il campione fra una foto e l'altra, in modo che esso venga prima ripreso nella metà sinistra e poi nella metà destra del campo. Si tratta di una tecnica semplice, che ha il pregio di mantenere la migliore definizione ed i colori delle immagini.

Per osservare la spirogyra delle figure a lato, cercate di sovrapporre con gli occhi i primi due stereogrammi, mantenendo dunque gli occhi paralleli. Per facilitare l'operazione, avvicinatevi allo schermo fino a quando vedrete i primi due stereogrammi fondersi in un'unica immagine molto sfocata. Allontanatevi lentamente, cercando di mantenere gli stereogrammi sovrapposti, fino a quando l'immagine vi apparirà nitida. Se vi è più facile incrociare gli occhi, osservate il secondo ed il terzo stereogramma, cercando di sovrapporli.



occhio sinistro

occhio destro

occhio sinistro

METODO DELL'ILLUMINAZIONE OBLIQUA

Alcuni condensatori sono decentrabili, si possono cioè spostare rispetto all'asse ottico principale. In questo modo, la luce che giunge al soggetto risulterà inclinata. Per ottenere una ripresa stereoscopica, occorre effettuare due riprese fotografiche, una con il condensatore spostato verso destra e l'altra con lo stesso spostato verso sinistra.

In modo analogo, disponendo di un illuminatore dotato di specchio orientabile, si può orientare lo stesso un po' verso destra e poi un po' verso sinistra, in modo da inviare al campione luce con angolazione differente fra una ripresa e l'altra.

METODO DEI FILTRI COLORATI

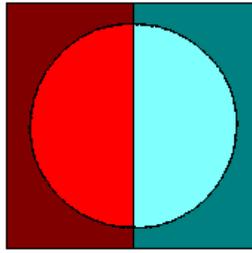


Figura 11 -Disponete due filtri colorati fianco a fianco sull'uscita dell'illuminatore. Uno deve essere rosso e l'altro ciano.

Questo procedimento permette osservazioni dirette di soggetti in movimento. Permette inoltre di realizzare istantanee e filmati ad alto ingrandimento e con relativa facilità. Si tratta di un procedimento che non è privo di inconvenienti, ma che offre anche indubbi vantaggi. Questa tecnica è simile a quella basata sulla polarizzazione, con la differenza che al posto di filtri polarizzatori si impiegheranno filtri colorati. Si tratta dunque di disporre sull'illuminatore due filtri accostati, di cui uno rosso e l'altro ciano o blu (figura 11). Il ciano è un colore che per definizione sta a metà strada tra il verde ed il blu. Le immagini ottenute con questo metodo si chiamano anaglifi e presentano la caratteristica sdoppiatura di colore rosso/ciano dell'immagine. Queste immagini vanno osservate con gli occhiali bicolari nei quali, per convenzione, il filtro rosso deve stare a sinistra. Il risultato è che l'occhio sinistro vedrà un'immagine leggermente diversa da quella che verrà vista dall'occhio destro.

Presso un fotografo od una cartoleria ben fornita, procuratevi due paia di occhiali bicolari. Togliete i filtri ad uno di questi e poneteli sull'illuminatore. Inforcate il secondo paio di occhiali bicolari e guardate al microscopio binoculare. Se avrete fatto tutto come si deve e se il condensatore sarà alla giusta altezza, dovrete vedere il campione in tre dimensioni. Se vedete in rilievo inverso, invertite i filtri sull'illuminatore.

Molte persone sono un po' prevenute nei confronti di questa tecnica perché altera i colori delle immagini e per il disagio che si prova appena inforcati gli occhiali bicolari. Bisogna dire che in realtà le cose non vanno proprio così male. Infatti, dopo poco tempo gli occhi si abituano a quegli occhiali e ci si accorge che l'immagine non ci appare più tanto rossa e ciano, quanto piuttosto in sfumature di grigio. Non solo, ma ci si stupisce di vedere che in buona parte vengono mantenuti anche i colori originali. Chiaramente i colori non sono esattamente quelli che si hanno nell'osservazione normale o con i filtri polarizzatori, tuttavia non è neanche quel dramma che si immaginava.

Come dicevamo, questa tecnica ha il grande pregio di permettere di effettuare facilmente osservazioni dirette di oggetti in movimento, istantanee e filmati in 3D e di osservarli altrettanto facilmente una volta proiettati. Infatti, l'informazione della tridimensionalità è tutta contenuta in un'unica immagine. Questo ci permette di riprendere l'intera immagine tridimensionale con una singola macchina fotografica e con un solo scatto. Per fare le stesse cose, la tecnica dei filtri polarizzatori richiede invece la presenza di due macchine fotografiche o di due telecamere sincronizzate. Se ci si limita all'osservazione diretta in tre dimensioni al microscopio, la tecnica dei filtri polarizzatori è sicuramente quella preferibile.

Per le osservazioni in stereoscopia con la tecnica basata sui filtri colorati, è necessario utilizzare un microscopio binoculare, invece, per fare riprese è sufficiente un microscopio monoculare, come quello da studenti. Se questo strumento non è fornito di illuminatore, ma dispone del solo specchio orientabile, dovrete utilizzare una lampada articolata, provvista di lampadina con bulbo smerigliato. Procuratevi dei fogli di plastica trasparente di colore il più possibile simile a quelli degli occhiali e ricavate da questi fogli i filtri da porre davanti alla lampada. A tale fine, preparate un cartoncino con un foro centrale sul quale sistemare i due filtri colorati (figura 12).

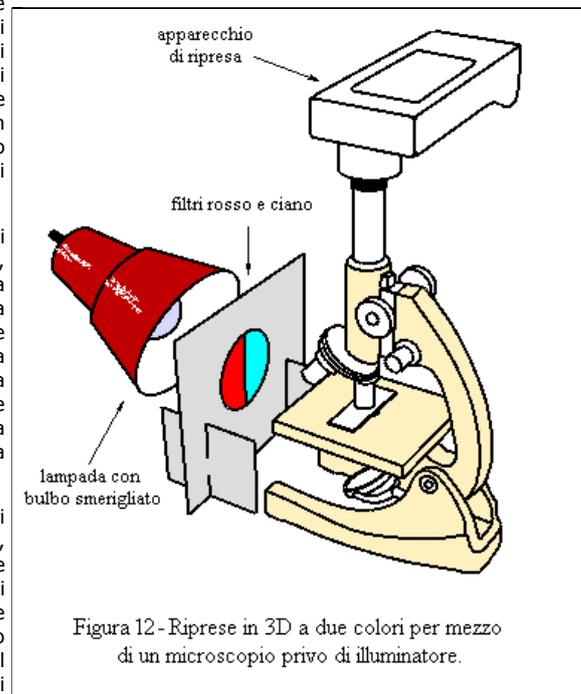


Figura 12- Riprese in 3D a due colori per mezzo di un microscopio privo di illuminatore.

A differenza dalla tecnica basata sui filtri polarizzatori, con questo sistema potete anche montare una telecamera sul microscopio e potrete guardare su di un monitor o una TV l'immagine in movimento ed in tre dimensioni di ciò che avviene sotto l'obiettivo del microscopio. Potrete fare partecipare alle osservazioni un intero gruppo di persone, alla sola condizione di disporre di occhiali bicolari per tutti.

<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/art98/diat.html> Alcuni magnifici anaglifi di microrganismi.

METODO DEI CRISTALLI LIQUIDI ▲

Per mezzo di una debole tensione, è possibile provocare l'annerimento di uno schermo a cristalli liquidi che altrimenti sarebbe trasparente. Basandoci su questo principio, è possibile riprendere filmati 3D con un'unica telecamera. Una coppia di schermi a cristalli liquidi, posta tra l'illuminatore e il condensatore in modo simile a quanto si è fatto con i filtri polarizzatori e con quelli colorati, può lasciare passare la luce alternativamente da una parte e poi dall'altra dell'illuminatore. Come abbiamo visto, ciò corrisponde ad utilizzare ora una metà dell'obiettivo del microscopio, ora l'altra. Sincronizzando il dispositivo a cristalli liquidi con la cadenza di ripresa dei frames da parte della telecamera, è possibile ottenere che tutti i frames dispari siano ripresi con la parte sinistra dell'obiettivo del microscopio e viceversa. Per fare questo, è necessario sincronizzare il dispositivo a cristalli liquidi con il sistema di registrazione. Per potere osservare questi filmati in 3D, è poi necessario inforcare speciali occhiali a cristalli liquidi sincronizzati con il sistema di proiezione. Diversi laboratori di ricerca stanno mettendo a punto schermi TV che consentono di osservare riprese tridimensionali come queste senza bisogno di indossare occhiali.

LIMITI DELLA STEREOCOPIA AD ALTO INGRANDIMENTO ▲

Come ben sapete, all'aumentare dell'ingrandimento, la profondità di campo cala rapidamente. Questa limitazione è evidente nelle riprese fotografiche, ma lo è molto meno durante le osservazioni dirette, quando la possibilità di mettere a fuoco successivamente piani diversi vi consente di esaminare nitidamente il campione in tutta la sua profondità. Come rimedio alla scarsa profondità di fuoco nelle fotografie, esistono programmi in grado di fondere più immagini riprese a quote diverse, salvando le parti più nitide di ciascuna.

CONCLUSIONE

Le tecniche di osservazione e di ripresa stereoscopica ad alto ingrandimento che vi ho presentato vi apriranno nuovi orizzonti nell'uso del microscopio. Sono convinto che, una volta che l'avrete provata, non rinuncerete più alla terza dimensione, almeno nell'osservazione dei protisti. Salvo l'ultima, le tecniche che vi ho indicato sono alla portata di qualsiasi microscopista dilettante. Si tratta di metodi che richiedono comunque numerose prove e messe a punto per ottenere risultati soddisfacenti. L'ottica dei microscopi, la stereoscopia, la polarizzazione, la tecnica degli anaglifi sono argomenti molto vasti e che non si riducono certamente alle informazioni schematiche che vi ho fornito. Studiare questi argomenti significa incrementare notevolmente la vostra capacità di ottenere validi risultati dalle tecniche che ho citato. Molte informazioni potete trovarle anche in Internet.

Osservare microrganismi dell'acqua di uno stagno in stereoscopia ad alto ingrandimento è qualcosa di veramente affascinante. Finalmente potrete vedere i protozoi salire e scendere di quota e non soltanto andare fuori fuoco. Non vedrete più le spirogyre semplicemente ammassate l'una sopra l'altra, ma le vedrete situate a diverse profondità e dirigersi verso l'alto o verso il basso. Vedrete i loro cloroplasti disegnare eleganti eliche nello spazio. Non solo, ma ora capirete finalmente se il senso di avvolgimento dei loro cloroplasti elicoidali è destrorso o sinistrorso. Come potrete constatare, la qualità delle osservazioni verrà notevolmente migliorata. Tuttavia, da queste tecniche non otterrete soltanto un vantaggio estetico perché la terza dimensione vi fornisce anche un'informazione in più, quella della posizione in profondità degli oggetti e dei microrganismi che vedete e ciò è importante per capire quello che stanno facendo.

RISORSE INTERNET

<http://www.microscopyu.com/> Sito della Nikon dedicato alla microscopia.

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/microscopy.pdf> Optical Microscopy. Manuale in lingua inglese.

<http://www.stereoscopy.com> Sito ricco di informazioni sulla stereoscopia.

<http://www.3dmetro.com/new/links.html> Link sulla stereoscopia.

<http://www.funsci.com/> Sito per lo scienziato dilettante, con articoli di microscopia.

Ricerche in Internet: stereoscopy links, 3d links, stereoscopy books, 3d books

[Invia tuoi commenti
sull'articolo](#)

