

La FOTOGRAFIA con lo STEREO-MICROSCOPIO

(vedi in questo sito il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Capp. 29 e 30.8 e l’art. n° 13: “Fotomicrografia al microscopio”)

Vogliamo occuparci qui della fotografia a piccolo ingrandimento; a questo fine, lo stereomicroscopio rappresenta sempre un compromesso: non è progettato per quell’uso e deve piuttosto rispondere alle esigenze dell’osservazione visuale. Esistono strumenti appositi per questo tipo di fotografia (il classico “Tessovar” di Zeiss Oberkochen, i “Makroskop” di Wild, ecc.), ma si tratta in genere di sistemi non stereoscopici: possiedono un tubo bioculare per l’inquadramento e la messa a fuoco, ma l’obbiettivo ed il canale d’osservazione è unico, come nel microscopio biologico. Inoltre, questi strumenti speciali sono assai costosi.

Volendo riassumere, i sistemi migliori per la fotografia con ingrandimenti fra 1:1 e 10:1 circa sono:

★ Il classico sistema “macrofoto” (meglio si dovrebbe dire “fotomacrofotografia”¹), che possiede un sistema ottico unico (riconducibile ad una sola lente); l’immagine è ottenuta con il solo obbiettivo. I modelli classici prevedono un supporto foceggiabile per l’obbiettivo, sopra il quale si dispone un “soffietto” che consente di variare il “tiraggio” (distanza fra fuoco immagine ed immagine) e quindi l’ingrandimento. Per questa applicazione, sono quasi introvabili, ma sempre validi, i classici obbiettivi “Luminar” di Zeiss, i “Photar” di Leitz, ecc., generalmente forniti di diaframma ad iride, predisposti per operare per una gamma di ingrandimenti ben definita.

Secondo questo schema, l’inquadramento e la messa a fuoco si operano sull’immagine finale, su vetro smerigliato o simili, qualche volta su un sistema “reflex” per evitare che il fotografo debba arrampicarsi su una sedia per osservare dall’alto lo smerigliato. Raramente è presente un piccolo cannocchiale laterale con reticolo, per l’inquadramento e la messa a fuoco col metodo della parallasse (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 30.8.3, fig. 130).

Questi dispositivi a soffietto sono spesso scomodi ed ingombranti ma possono fornire il massimo teorico in fatto di definizione, a parità di apertura e profondità di campo.

In questa categoria rientra la “**macrofoto**”, realizzata con una macchina reflex a “formato Leica” o con una camera digitale, ma si badi: normalmente si indica col termine “**macro**” la semplice fotografia a distanza ravvicinata, comunque realizzata (obbiettivi a tiraggio lungo, tubi o soffietti “di prolunga”, lenti addizionali), ma quel termine va riservato alla fotografia con ingrandimento uguale o superiore ad 1:1 (l’immagine è più grande dell’oggetto) e con solo obbiettivo, senza oculare (vedi la nota 1).

Poiché questi sistemi esulano dal campo della microscopia, non ci dilunghiamo.

★ Sistemi speciali a canale unico, “macroscopi”, come quelli citati sopra, spesso di ottima qualità e studiati per il massimo confort (inquadramento e messa a fuoco tramite tubo bioculare, accessori speciali, ecc.), ma assai costosi. Spesso si tratta di sistemi “macro”, riconducibili ad una sola lente. Anche su questi sorvoliamo.

★ Sistemi a microscopio composto “normale”. Qui si tratta di vera “fotomicrografia”². Anche se certi costruttori si arrampicano sugli specchi per offrire obbiettivi deboli, fino ad 1:1,

¹ Il termine “**micro**” (micro-scopio, micro-foto, fotomicro-grafia, ecc.) si usa quando il sistema ottico contempla due sistemi separati (obbiettivo ed oculare); se il sistema è unico, solo obbiettivo, va usato il termine “**macro**”.

² Il termine “microfotografia” andrebbe riservato alla fotografia con forte riduzione: per es. microfilm.

rimane sempre l'ingrandimento dell'oculare. In molti casi, l'ingrandimento minimo dell'obiettivo è 4:1 per cui l'ingrandimento sull'immagine finale raramente scende al di sotto di 20:1. Siamo dunque nel campo degli ingrandimenti medio-alti. Non è difficile trovare gli accessori necessari presso quasi tutti i costruttori, ma anche qui non entriamo nei dettagli: son cose note.

★ Stereomicroscopi. Su questi vogliamo indagare poiché rappresentano spesso la soluzione più alla portata per la fotografia a piccolo ingrandimento, che è l'argomento di questo testo.

Molti dei problemi connessi con la fotografia allo stereomicroscopio sono in comune con l'uso del microscopio "normale" o "biologico", ma qualcosa di diverso c'è:

- si opera su uno solo dei "canali", il cui asse ottico non è perpendicolare al piano di appoggio del preparato; durante la foceggiatura, l'immagine si sposta lateralmente; nel caso dello schema Greenough, un oggetto piano poggiato sulla base non viene visto interamente a fuoco, ma solo lungo un diametro verticale;
- l'apertura dell'obiettivo è generalmente piccola, inferiore a 0,1, da cui lo scarso valore della risoluzione e del massimo ingrandimento "utile";
- l'ingrandimento però è generalmente piccolo, per cui è spesso possibile operare nella gamma da 1:1 a 20:1, di cui ci stiamo occupando;
- la messa a fuoco, generalmente solo macrometrica, fa spostare verticalmente l'intero microscopio, per cui la fotocamera deve essere fissata al corpo del microscopio, non su uno stativo a parte³. Uno stativo o supporto indipendente sarebbe sempre preferibile (evita di trasmettere il peso ed eventuali vibrazioni della fotocamera al microscopio), ma il movimento verticale dello stereomicroscopio obbligherebbe a spostare la fotocamera ogni volta che si foceggia il microscopio.

Supponendo di avere a disposizione un normale stereomicroscopio (d'ora in poi lo chiameremo, per brevità, semplicemente "stereo") ed una fotocamera digitale, quali schemi di principio sono utilizzabili per la fotografia?

Caso 1) Lo strumento è fornito di un "terzo tubo" verticale, che intercetta (tramite uno specchio mobile) il fascio di uno dei canali e lo porta su un oculare con funzione di "proiettivo". A volte il "terzo tubo" è portato da un tubo intermedio a squadra, che si interpone fra la "testata" binoculare ed il "corpo" dello stereo.

Fig. 1 – Uno stereo "tritubo" distribuito dalla "Ottica TURI" di Pistoia. Di corredo, un "proiettivo" 2,5 × con diametro normalizzato (23,2 mm). Sul tubo verticale, che è telescopico in quanto formato da due parti che scorrono l'una nell'altra, è visibile una vite di blocco che consente di variare la lunghezza complessiva del tubo ed assicurare la parfocalità con gli oculari d'osservazione (vedi l'art. n° 9: "Parfocalità e parcentralità nello stereo ...").

Nel terzo tubo va infilato un oculare, anche di tipo normale. In cima al tubo si fissa una microcamera tradizionale con semiriflettente (4 in fig. 2), con telescopio laterale per l'inquadratura e la messa a fuoco, ecc.

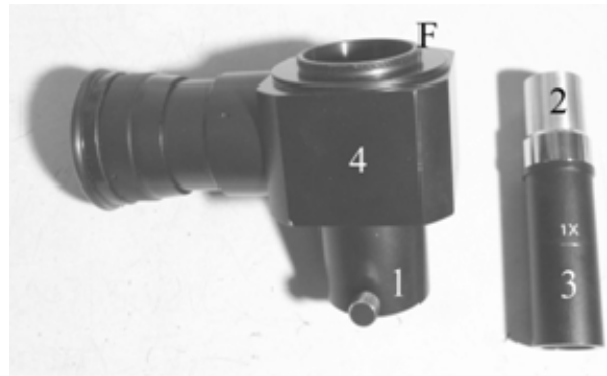
Sono di corredo alcuni raccordi, da avvitare sul filetto F di fig. 2, per alcune fotocamere commerciali private dell'obiettivo. L'otturatore e l'esposimetro sono quelli della fotocamera.



³ Solo rari modelli (Zeiss Jena, ecc.) possiedono una messa a fuoco operante solo sul tavolino, in modo che la posizione del microscopio rimanga fissa.

Fig. 2 – La microcamera ed il tubo verticale

Con questo schema, l'immagine finale, quella che produce la foto, è data dall'oculare, che sia normale o speciale ("proiettivo"). Il telescopio laterale consente un facile controllo dell'immagine da fotografare, ma è sempre possibile osservare col secondo canale dello stereo, che non è obliterato durante la ripresa.



La microcamera possiede un proprio fattore d'ingrandimento che va moltiplicato con quello dell'oculare e dell'obiettivo principale per ottenere l'ingrandimento finale. Se è previsto un oculare normale, la microcamera possiede in genere una "lente di camera" convergente, che consente di far lavorare l'oculare con seconda coniugata all'infinito, come di norma; se è previsto un proiettivo speciale, la lente di camera può essere inutile.

Caso 2) Lo stereo non possiede un terzo tubo, ma è previsto un tubo verticale che utilizza uno dei due canali. Tale tubo verticale (TD in fig. 3) va posto in luogo del tubo binoculare e deve contenere inferiormente la lente di tubo (se l'obiettivo è del tipo "a seconda coniugata infinita"). Superiormente, vi si infila un oculare, anche di tipo normale.

A questo punto, come si esegue l'inquadratura e la messa a fuoco?

Fig. 3 – Uno stereo tradizionale (Zeiss Jena Technival), su cui sono stati adattati un tubo diritto con oculare normale (TD), una microcamera tradizionale (MC), con tanto di telescopio di messa a punto (T), ed una fotocamera digitale, priva di obiettivo (FC).

La fotocamera in questo caso è retta da un supporto separato, ma si è già visto che questo sistema non funziona. Meglio fissarla indirettamente alla parte mobile dello stereo, come in fig. 4.

Quella che sembra una buona idea è di montare sul tubo diritto una microcamera e poi una fotocamera privata dell'obiettivo. La messa a fuoco dell'immagine si esegue nel telescopio laterale della microcamera, in posizione comoda.

Inconvenienti:

- la microcamera + fotocamera pesano molto;
- le microcamere tradizionali sono concepite per un formato dell'immagine finale di 24×36 mm o addirittura 6×4 cm, ma il sensore di una fotocamera digitale, al massimo (formato 1 pollice = 1"), è non più di 14×22 mm; spesso assai più piccolo. Si utilizza solo la parte centrale dell'immagine finale: è come introdurre nella foto finale un ingrandimento successivo, fino a 10:1. La risoluzione, espressa in linee/mm, va a farsi benedire.

- Inoltre, il semiriflettente della microcamera provoca una perdita fotometrica.



- La fotocamera deve essere priva di obiettivo. I modelli “compatti” hanno spesso un obiettivo fisso e sono quindi esclusi da questa disposizione.

Caso 3) (fig. 4) Volendo eliminare la microcamera, si può tornare al classico sistema della fotocamera con relativo obiettivo posta sopra l’oculare (vedi l’art. n° 13: “Fotomicrografia al microscopio”). Qui nascono i problemi, descritti in quell’articolo, relativi alla scelta dell’oculare, alla regolazione dello zoom (ormai di uso universale nelle fotocamere digitali), alla distanza fra fotocamera ed oculare, ecc. Riassumiamo.

Prima di tutto, come è di regola con gli stereoscopici, l’oculare deve essere di tipo acromatico (il problema della compensazione non esiste per l’assenza di lente frontale semplice nell’obiettivo).

In secondo luogo, la focale dell’oculare e quella dell’obiettivo della fotocamera devono essere scelti in modo da utilizzare la massima parte dell’immagine finale, ma nel contempo evitare vignettature. E si ricordi che la fotocamera deve essere focalizzata “all’infinito”.

In terzo luogo, durante la regolazione dello zoom l’obiettivo varia la propria lunghezza e può sbattere contro l’oculare.

In quarto luogo, occorre che la pupilla d’uscita dell’oculare coincida con la pupilla d’ingresso dell’obiettivo. Poiché quest’ultima si sposta durante la manovra dello zoom, occorrerà ancora procedere per tentativi variando di continuo l’altezza della fotocamera. L’ingrandimento finale deve essere il minimo possibile (per ottimizzare la risoluzione).

Per ottenere questi risultati, si ricordi che la corsa dello zoom dovrebbe essere la minore possibile: con una fotocamera tradizionale, come la Canon 350 D, esiste un obiettivo “di base” con uno zoom 1: 3, che consente di ottemperare alle condizioni elencate con un oculare normale “a pupilla alta” ($A_p \geq 15$ mm), come quello “micrometrico” distribuito dalla casa “ottica Turi”, marcato 10 \times , privato del reticolo, che si smonta facilmente. Tale oculare è acromatico. Con una fotocamera Fuji Fine Pix S 5600, dotata di un obiettivo zoom 10:1, è stato necessario costruire *ad hoc* un oculare a pupilla molto alta ($A_p = 62$ mm), come descritto nell’articolo n° 13, sopra citato.

Al di là di questi limiti, tale disposizione può dare buoni risultati.

Fig. 4 – Un tubo diritto verticale (lo stesso della figura precedente) porta un oculare normale, a pupilla alta ($A_p = 15$ mm).

Sopra, la fotocamera della figura 3, ma munita di obiettivo.

Caso 4) La cosa più semplice, non disponendo di tubo diritto, e quindi operando sullo stereo come è disposto per l’osservazione, consiste nell’accostare la fotocamera con relativo obiettivo, ad uno degli oculari, come nel caso precedente. Se si riesce a realizzare un raccordo che tenga la fotocamera fissata alla boccia porta-oculare, occorrerà prima calcolare bene la distanza migliore fra oculare e fotocamera, la posizione dell’eventuale zoom, ecc., sempre al fine di diminuire il più possibile l’ingrandimento ed evitare nel contempo vignettature ed urti fra oculare e fotocamera. E non è detto che l’oculare di corredo allo stereo abbia la pupilla abbastanza alta da evitare vignettature.



Altrimenti, si può montare la fotocamera su un normale treppiede, ma si ricordi che, ogni volta che si foceggia lo stereo, occorre riposizionare la fotocamera (fig. 5).

Il vantaggio di questa soluzione è di non richiedere accessori particolari ma, come sopra, occorrerà, per tentativi, scegliere l'oculare più adatto (sempre acromatico, a pupilla più alta possibile), la posizione dello zoom, la distanza fotocamera-oculare.

Il sistema vale anche per un normale microscopio biologico, ma con la riserva della eventuale necessità di un oculare compensatore, secondo le note regole (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.3.1). Inoltre, nello stereo, l'eventuale lente di tubo si trova in genere nella parte bassa del tubo binoculare (una per canale), mentre nel biologico ve n'è una sola, generalmente incorporata nell'estremità del braccio.

Lo svantaggio del caso 4, come nel biologico, è la criticità dell'accoppiamento oculare-obiettivo della fotocamera, criticità nella distanza oculare-obiettivo (con necessità di disporre di oculari a pupilla alta o super-alta), il rischio di eccedere nell'ingrandimento o di provocare qualche vignettatura, ecc. Tutti problemi che divengono più critici quanto più ampia è la corsa dello zoom (vedi l'art. n° 13: "Fotomicrografia al microscopio...", già citato).

Fig. 5 – Sistemazione semplice con mezzi usuali, ma ottenere una foto decente con questo apparato non è facile. Quando poi si vuole evitare qualche vignettatura ... Se poi si tenta di mettere a fuoco ...

D'altra parte, anche quando si decidesse di fissare la fotocamera alla boccia porta-oculare, si elimina il problema della messa a fuoco, ma si applica un certo peso (fotocamera + raccordo) ad un tubo inclinato che "fa leva", amplifica l'effetto di urti involontari sulla fotocamera e rende instabile lo strumento.

Si può parlare di un cattivo ripiego.

L'inquadratura e la messa a fuoco si possono eseguire sull'oculare non coperto dalla fotocamera, ma non sarà facile evitare qualche urto della testa con la camera stessa, e si ricordi che i due obiettivi si rivolgono all'oggetto da punti di vista diversi e sarà possibile qualche errore di valutazione, sia per l'orientamento dell'oggetto, sia per le ombre. Meglio usare il mirino della fotocamera (reflex, s'intende).



Caso 5) Riprendere direttamente l'immagine intermedia: in altre parole, eliminare l'oculare dello stereo e l'obiettivo della fotocamera.

Ciò è possibile con lo stereo poiché il suo obiettivo, in linea di massima, è sempre acromatico e non abbisogna di "compensazione" nell'oculare. In un biologico, come si è detto più volte, gli obiettivi medi e forti esigono di solito oculari compensatori e lavorare direttamente sull'immagine intermedia significa tirarsi addosso la CVD dell'obiettivo.

Non è però possibile togliere semplicemente l'oculare e poggiare la fotocamera (senza obiettivo) sulla boccia porta-oculare. Infatti, l'immagine intermedia si forma a circa un centimetro sotto l'orlo della boccia e non è possibile porre in quella sede il sensore della fotocamera, che si trova in fondo ad essa, presso la parete posteriore. Di conseguenza, si costringerebbe l'ottica dello stereo a lavorare con coniugate alterate: perdita di parfocalità, peggioramento delle aberrazioni, ecc.

Meglio togliere il tubo binoculare, recuperare la lente di tubo, o smontandola da uno dei canali del tubo stesso, oppure sostituendola con un obiettivo da binocolo (la superficie più convessa in basso) di 150 – 200 mm di focale (può andare quello di un binocolo 7 × 50).

Tale lente andrà posizionata, con un semplice raccordo che la tenga centrata rispetto alle

lenti sottostanti, sulla superficie superiore del corpo dello stereo.

Il diametro dell'immagine intermedia utile (campo immagine nominale dell'obiettivo) si può aggirare intorno a 20 mm. Con un sensore da 1" (1 pollice = 25,4 mm), il formato fotografico utile si aggira su 10 × 13 mm (diagonale = circa 16 mm) e si copre buona parte di quell'immagine, la quale viene così utilizzata quasi integralmente. Con molte fotocamere però si usano sensori più piccoli; con essi viene sfruttata solo la parte centrale dell'immagine intermedia, come se si fosse introdotto un fattore d'ingrandimento supplementare. Questo va a danno della risoluzione.

Fig. 6 – Sotto la fotocamera (FC), un semplice tubo paraluce e parapolvere (T). Subito sotto, un supporto per la lente di tubo (LT), fissato sopra al corpo del microscopio.

Con questa disposizione, è probabile la presenza di lievi vignettature.

Per le ragioni spiegate sotto, la distanza fra fotocamera e lente di tubo deve essere costante; pertanto, occorre fissare la fotocamera al corpo dello stereo: in questo caso, sono bastati due pezzi di legno e due viti, come in fig. 4.

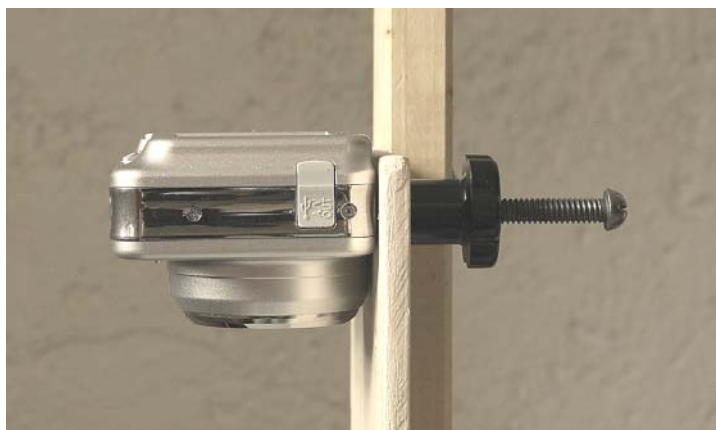
Si ricordi che il foro filettato per il fissaggio della fotocamera, presente sulla sua superficie inferiore, è a "passo inglese", generalmente 1/4" (un quarto di pollice) o 3/8".

Viti con questo passo si trovano ancora in qualche ferramenta.

Da non dimenticare: la distanza fra lente di tubo e sensore della fotocamera deve essere pari alla focale della lente stessa.



Fig. 7 – Per il fissaggio della fotocamera, conviene avvitare a fondo la vite da 1/4", in modo da sfruttare tutta la profondità del foro presente sulla fotocamera, e poi "risucchiare" la camera con una manopola con foro filettato al centro, sempre a passo 1/4". Una lunga vite da 1/4" ed una manopola in bachelite come quella qui raffigurata sono reperibili in una buona ferramenta. La manopola dovrà portare al centro un foro con diametro non superiore a 5,5 mm, da filettare con i maschi da 1/4".



Si noti che la camera "compatta" di questa foto, avendo un obiettivo fisso, si adatta allo schema di fig. 4 o 5,

ma non a quello di fig. 6.

Per l'inquadratura e la messa a fuoco, occorre prima una "taratura" per regolare bene la distanza fra fotocamera e microscopio: si monti il tubo binoculare e si metta a fuoco su un oggetto piano e contrastato, come un pezzo di carta stampata fissata con un piccolo peso. Si tolga delicatamente il tubo, si monti la lente di tubo col suo supporto indipendente e, sopra, la fotocamera priva di obiettivo. Si guardi nel mirino e si regoli l'altezza della camera fino a riottenere il miglior fuoco. Da quel momento in poi, la distanza camera-microscopio non va più toccata. Un errore in questa manovra comporterebbe subito una perdita di parfocalità al variare dell'ingrandimento.

Fatto questo, occorrerà servirsi d'ora in poi, per la messa a fuoco e l'inquadratura, del solo mirino della fotocamera. Anche in questo caso, è prezioso il mirino angolato, da applicare sul mirino principale.

Tale mirino ad angolo, come appare nelle figure da 3 a 6 comprese, ha anche il vantaggio di possedere, di solito, un lieve ingrandimento proprio, il che facilita la messa a fuoco, specialmente con immagini poco luminose. I mirini angolati sono reperibili in commercio per le fotocamere di maggior pregio, ma purtroppo sono molto costosi e non è facile fabbricarli con mezzi semplici.

L'inconveniente di quest'ultima disposizione è che manca l'ingrandimento dell'oculare e pertanto l'immagine fotografata è quella data dal solo obiettivo dello stereo, con un ingrandimento poco diverso da 1:1. Se però il sensore della fotocamera è piccolo, come già detto, l'ingrandimento "elettronico" così ottenuto può compensare la mancanza dell'oculare.

Comunque, la definizione data da questa disposizione può essere vicina al massimo teorico (fig. 8).

Fig. 8 - Un cartoncino disegnato a china, fotografato col dispositivo di fig. 6.

Posizione del cambiatore d'ingrandimento dello stereo in posizione 1.

Il lato maggiore della porzione dell'oggetto che risulta nella foto corrisponde a 22 mm.



PS: forse è eccessivo sperare che il lettore abbia notato una sottigliezza terminologica: per i sistemi a canale unico (come quelli a basso ingrandimento citati all'inizio, o i normali "biologici") va usato il termine "bioculare" per indicare semplicemente un tubo a due oculari, ma ad immagine unica. Per i sistemi a doppio obiettivo, stereoscopici, va usato "binoculare" per richiamo al binocolo, che possiede appunto due oculari e due obiettivi, due sistemi completi ben distinti, due immagini potenzialmente diverse fra loro.

Nel linguaggio commerciale, infatti, lo stereoscopico viene spesso indicato con "binoculare", ma non giurerei sull'assenza di inquinamento da parte del termine improprio "bioculare".