G. P. Sini – Agosto 2008

Art. n° 18

# COME CONTROLLARE ED INTERVENIRE SULL'OBBIETTIVO DEL MICROSCOPIO

INDICE


| | |
|---|---|
| CONSIDERAZIONI GENERALI | Pag. 2 |
| La compensazione | 3 |
| I sistemi CF | 6 |
| L'"ottica all'infinito" e la "lente di tubo" | 6 |
| LA SCELTA: I PARAMETRI DA VERIFICARE PRIMA | 7 |
| I parametri meccanici | 7 |
| Il fine da raggiungere | 8 |
| Massimo contrasto | 8 |
| Massima definizione | 9 |
| Massima risoluzione | 11 |
| Planarità | 14 |
| Parfocalità | 14 |
| Problemi particolari | 15 |
| Il valore del nome del fabbricante | 15 |
| LE CONDIZIONI DI PRODUZIONE E CONSERVAZIONE | 16 |
| LE CONDIZIONI DI LAVORO | 19 |
| I CONTROLLI DEFINITIVI | 21 |
| La parfocalità | 21 |
| Le aberrazioni | 24 |
| Aberrazione cromatica trasversale | 25 |
| Aberrazione cromatica longitudinale | 26 |
| Sferica | 27 |
| Coma | 31 |
| Astigmatismo | 34 |
| Distorsione | 35 |
| Planarità | 36 |
| L'esame della pupilla d'uscita | 36 |
| LO SMONTAGGIO | 41 |
| Gli attrezzi | 42 |
| Le strutture | 44 |
| GLI INTERVENTI | 50 |
| Le pulizie | 50 |
| I lubrificanti | 51 |
| Le scollature | 51 |
| La frontale staccata | 53 |
| La ricentratura | 53 |
| Il riassemblaggio | 57 |

# CONSIDERAZIONI GENERALI

Riferimenti bibliografici

Questa volta, nel trattare l'argomento "obbiettivi da microscopio", ci preoccuperemo di chiarire i problemi pratici, per es. la scelta, il confronto, la manutenzione, lo smontaggio, ecc.

Per far questo, occorre però avere chiare le prestazioni e le condizioni di lavoro di questi sistemi, il funzionamento generale del microscopio e qualche principio teorico di ottica.

Volendo evitare ripetizioni, ci riferiremo allora spesso al manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica" e ad altri testi presenti nel sito: www.funsci.com, i quali si possono liberamente copiare e stampare. In quei testi è presente altra bibliografia.

I termini ed i simboli qui introdotti saranno quelli già usati in quei testi, in modo da evitare al meglio gli equivoci.

L'auto−citazione sarebbe da evitare ma, data la facilità di accesso di quei testi, sarebbe sciocco costringere gli interessati a laboriose ricerche di biblioteca.

Uno sguardo d'assieme

Sappiamo tutti che la gran parte delle caratteristiche dell'immagine finale del microscopio dipende dall'obbiettivo. Ma troppo spesso si pensa solo a quello e si dimenticano altri fattori, pur assai importanti.

Il risultato finale nel microscopio dipende per es. dalle "Condizioni di lavoro" (vedi oltre), in particolare dalle caratteristiche dell'oggetto, e va confrontato con l'uso che si intende dare all'immagine finale (per es. ottenere il massimo contrasto, o la massima risoluzione, ecc.).

Non esiste l'obbiettivo che è migliore di tutti in tutti i casi o che risolve tutti i problemi. Quello che si guadagna da una parte si perde da un'altra. Es.: un obbiettivo a contrasto di fase produce meno contrasto di un obbiettivo normale se è usato in fondo chiaro, ma risoluzione leggermente maggiore. Sarà l'oggetto a definire quale è la tecnica migliore per quel particolare risultato che si spera di ottenere.

Eterogeneità di ricette, soluzioni costruttive e denominazioni.

Le vecchie "classi di correzione" (acromatici, apocromatici ecc.) davano un'indicazione generica sul tipo di correzione[1] dell'aberrazione cromatica longitudinale (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.3, nel sito: www.funsci.com), ma non definivano i residui di altre aberrazioni. I nomi di quelle classi sono conservati più che altro per ragioni storiche e commerciali, ma sono superati da una molteplicità di soluzioni recenti. Ogni costruttore ottimizza i propri obbiettivi in relazione al progetto degli oculari, tubi, ecc. ed ai costi di produzione, preoccupandosi poi di dar loro una denominazione appetibile per il mercato. Per es., vi sono degli apocromatici che hanno forte apertura, ma sono pieni di altre aberrazioni: andrebbero declassati. Oppure: acromatici di buona famiglia che contengono fluorite[2]: si dovrebbero allora considerare semi−apocromatici. E ancora, alcune case affermano che i propri apocromatici sono corretti di cromatica longitudinale per quattro lunghezze d'onda e di sferica[3]

---

[1] Quando diremo "correzione" intenderemo "correzione della tale o tal altra aberrazione", cioè la loro riduzione, nei limiti delle possibilità tecniche e dell'aumento dei costi.

[2] Fluorite sintetica, poiché quella naturale è quasi scomparsa dal mercato per esaurimento dell'unico giacimento conosciuto, che dava campioni con la necessaria trasparenza, e si trova in Scandinavia.

[3] Per brevità, eviteremo di chiamare per esteso i nomi delle aberrazioni; elimineremo anzi proprio il termine "aberrazione". L'"aberrazione sferica" sarà quindi per noi "la sferica". L'aberrazione cromatica laterale si potrebbe chiamare con un rigoroso acronimo tedesco "CVD" = Chromatische Vergrosserungdifferenz" = "Differenza cromatica d'ingrandimento", il che esprime bene il significato di quella aberrazione: una variazione d'ingrandimento al variare della lunghezza d'onda. Per l'aberrazione cromatica longitudinale non abbiamo un acronimo di largo uso, per cui ci contenteremo di "cromatica long."

per tre: i classici apocromatici progettati da Ernst Abbe e prodotti dalla casa Zeiss di Jena a partire dal 1886 erano corretti di cromatica longitudinale per tre lunghezze d'onda e di sferica per due. Dovremmo allora parlare di "super−apocromatici"? E se poi un apocromatico si ritrova dei forti residui di coma, cosa che Abbe aveva escluso, ma che succede ancora, lo chiameremo "sotto−apocromatico"? Spesso, il confine fra queste categorie è dato principalmente dal valore dell'apertura: a parità d'ingrandimento, l'apertura diminuisce passando da apocromatici a semiapo e ad acromatici. Comunque, non c'è unificazione.

Però, visto che la maggioranza delle classi di obbiettivi è definita proprio dalla correzione delle aberrazioni cromatiche, è bene spendere qualche parola per chiarire la questione.

## Le aberrazioni cromatiche

Senza troppo ripetere quanto descritto nei testi sopra citati, ricordiamo la differenza fra la cromatica longitudinale (o "assiale") e quella trasversale (o "laterale"). La longitudinale comporta una variazione della focale, e quindi della posizione longitudinale dell'immagine, al variare della lunghezza d'onda[4]; quella trasversale (= CVD) comporta una variazione delle dimensioni dell'immagine. Le due aberrazioni sono dovute alla stessa causa (la dispersione dell'indice), ma ne rappresentano manifestazioni diverse; la longitudinale si manifesta su tutto il campo (è una "aberrazione assiale") e richiede una variazione di messa a fuoco se cambia $\lambda$, mentre la CVD[5], a parità di messa a fuoco, si manifesta solo fuori dall'asse[6], (è "extra−assiale") in quanto, al centro del campo, le immagini hanno tutte le stesse dimensioni, per tutti i valori di $\lambda$ e non si può parlare d'ingrandimento. La CVD si manifesta, anche senza variazione di messa a fuoco, con bordature colorate su tutti gli oggetti fuori asse (colori diversi nel lato assiale e nel lato periferico dell'oggetto).

Anche la correzione delle due aberrazioni cromatiche si attua con mezzi differenti, e ne riparliamo subito a proposito della "compensazione".

## LA COMPENSAZIONE

Il termine "campo" indica genericamente l'estensione di un oggetto o di un'immagine in un piano perpendicolare all'asse[7]. Noi l'useremo nel senso di "distanza dall'asse", cioè dal centro del campo stesso, e lo indicheremo con la lettera **h**.

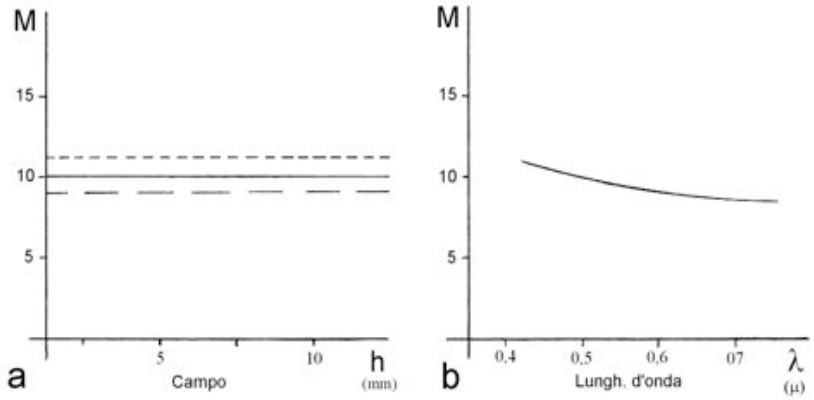



Fig. 1 − In a) la variazione dell'ingrandimento (M) al variare del campo (h): se non vi è distorsione, M è costante e la curva è una retta. Se però varia $\lambda$, la retta si sposta in alto od in basso (linee tratteggiate): questa è la CVD.

In b), la variazione di M in funzione di $\lambda$: la curva sarebbe una retta orizzontale in un sistema privo di CVD. Qui è mostrata la curva di una lente semplice (sottocorretta), in cui i maggiori valori di $\lambda$ portano minor valore dell'indice, quindi maggiore focale e minor ingrandimento. CVD−002

[4] Sempre per brevità, useremo anche il simbolo $\lambda$ (lambda, la elle minuscola greca) in luogo di "lunghezza d'onda".

[5] Vedi la nota 3.

[6] Diremo "in asse" o "fuori asse" per indicare, rispettivamente, il centro del campo oggetto (o del campo immagine), oppure la periferia di esso.

[7] Per "asse" intendiamo l'asse ottico generale di un sistema ottico, sul quale sono allineati e centrati tutti gli elementi di esso: Tale "asse" rappresenta anche, in genere, l'asse di simmetria girico o geometrico del sistema, di ordine infinito.

Ebbene, la CVD si manifesta come una variazione d'ingrandimento (M) in funzione di λ (fig. 1 − b) ma, a parità di variazione di λ, la CVD (la variazione di M) non è costante: varia anche in funzione del campo. In altre parole, una volta definita la variazione d'ingrandimento per una data variazione di λ, la prima variazione dipende ANCHE dal campo. Quindi la CVD si esprime non con una retta, ma con una curva.

Tale curva ha un andamento che dipende dalla ricetta dell'obbiettivo. Ogni tipo di obbiettivo "ha la sua"

La CVD, di conseguenza, non si presenta come un si − no: vi sono vari gradi, e curve con diverso andamento.

Ora, la CVD si può correggere abbastanza facilmente in sede di progetto negli obbiettivi deboli (in genere fino al 10:1 od al 16:1) poiché in essi i singoli membri possono essere corretti (si tratta di uno o due doppietti[8] o tripletti). Invece, negli obbiettivi forti, più o meno costruiti ancora oggi con la classica ricetta di Amici (frontale[9] semplice, semisferica o quasi, seguita da due membri composti), la frontale semplice comporta una CVD che non si può correggere con i membri successivi, per il fatto che essi si trovano per forza più in alto. (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.3.1).

L'inconveniente fu risolto da Abbe con l'accorgimento descritto nel testo appena citato, la poco conosciuta "compensazione". Abbe concepì l'idea di "compensare" la CVD dell'obbiettivo con un'analoga aberrazione nell'oculare, ma di segno opposto. Egli introdusse così gli **oculari "compensatori"**.

Detto così sembra semplice, e la combinazione dei suoi obbiettivi "apocromatici" con i relativi oculari "compensatori" era quanto di meglio si potesse sperare allora, ed ancora oggi si tratta di ricette valide.

Ma vi è qualche inconveniente.

Infatti, ogni costruttore offre serie di obbiettivi ed oculari di vario ingrandimento. Poiché non è pensabile di costringere l'osservatore a cambiare oculare ogni volta che cambia obbiettivo, Abbe fu costretto a progettare serie complete di obbiettivi, del tipo apocromatico, tutti con una CVD rappresentabile con la stessa curva: Anche gli oculari delle sue serie "compensatrici" dovevano presentare tutti la stessa curva di CVD (naturalmente di segno opposto a quella degli obbiettivi). E più o meno ci riuscì. Anche se gli obbiettivi più deboli potevano, e possono, essere costruiti senza residui di CVD, tutti gli apocromatici di quell'epoca erano previsti con la stessa aberrazione, in modo che gli oculari compensatori fossero di uso universale.

I semi−apocromatici venuti poco dopo, ad opera della casa Koristka di Milano, pur avendo una correzione della cromatica long. di tipo acromatico migliorato, riguardo alla CVD rispettavano i criteri degli apocromatici di Abbe: oculari compensatori d'obbligo.

Ma con i più comuni obbiettivi acromatici, come vanno le cose?

Per ragioni di semplicità costruttiva, e quindi di costi, gli obbiettivi deboli fino al 6:1 circa sono spesso costituiti da un semplice doppietto o tripletto, di per sé ben corretto da CVD. Quelli intorno a 10:1 seguono una vecchia ricetta di Lister, basata su due doppietti, anch'essi acromatici. Finora dunque vanno bene gli **oculari "acromatici"**[10], visto che l'obbiettivo non richiede "compensazione". E si tratta degli oculari più semplici, secondo la ricetta di Huygens (due lenti semplici, piano−comvesse, dello stesso vetro; ricetta "negativa"[11]), che sono poi i più economici, e pertanto i soli forniti nei corredi di livello medio−basso. Modernamente, a dire il vero, vengono prodotti molti oculari acromatici del tipo positivo, spesso a pupilla alta ed a grande campo, quindi di elevate prestazioni, ma sempre acromatici.

Invece, con ingrandimenti dal 20 compreso in su, si ricade quasi sempre, nelle serie acromatiche, sulla ricetta di Amici, con frontale semplice. Questo comporta quel residuo di CVD di

---

[8] Un doppietto o tripletto è una lente composta, formata da due o tre lenti semplici, generalmente incollate fra loro.

[9] Chiamiamo "frontale" la lente frontale dell'obbiettivo, quella rivolta verso l'oggetto.

[10] **Si chiama "oculare acromatico" un oculare corretto da CVD**.

[11] Vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 7.2 e 20.4.

cui si è parlato prima.

E allora, in concreto, come si comportano i costruttori ed i venditori?

1) Tirano ad abbassare il costo della fornitura e offrono solo oculari acromatici. Tutto bene per gli obbiettivi acromatici deboli, ma rieccoti la CVD (bordature colorate) con quelli medio−forti e con gli apocromatici. Un miope ripiego.

2) Offrono una doppia serie di oculari**:** acromatici per gli obbiettivi acromatici deboli, compensatori per quelli medio−forti e per gli apocromatici. È la soluzione più seria, ma la più costosa.

3) Oculari deboli di tipo acromatico e forti di tipo compensatore. È un lecito compromesso.

4) Molti costruttori, anche fra quelli "tradizionali", offrono obbiettivi medio−forti con un diverso grado di CVD. Questo comporta che lo stesso oculare compensatore può risultare sovracorretto per un obbiettivo medio e sottocorretto per uno forte. In un intero corredo di obbiettivi, può capitare che uno solo sia ben compensato da quel certo oculare; tanto peggio per gli altri. Un disastro.

5) Sempre più spesso, i costruttori della fascia medio−bassa offrono oculari "semi−compensatori", con un residuo contenuto di CVD sovracorretta. In soldoni, tali oculari producono un piccolo residuo di CVD sovracorretta con gli obbiettivi deboli ed un piccolo residuo sottocorretto per quelli forti. Un civile compromesso. Spesso, specie per i costruttori orientali, questi oculari sono di buona qualità (pupilla alta, campo grande, ricetta positiva), per cui sono indicati come "WF" o "GF" o simili.

Gli oculari compensatori sono in genere contraddistinti dalla lettera C o "Comp." (vecchie produzioni), K (Wild, Lomo, ecc.), da altre sigle ("Kpl" per Zeiss Oberkochen, ecc.[12]) o da nomi particolari (Periplan per Leitz), ecc. Spesso, specialmente quelli positivi, si riconoscono guardando in essi e puntandoli verso un fondo chiaro (il cielo, una parete bianca): sull'orlo del diaframma di campo visivo (la periferia del campo visuale) si osserverà una bordatura giallo−rossa.

Quelli acromatici possono portare la lettera H o, più spesso, nessuna indicazione. Si riconoscono anch'essi puntandoli verso un campo chiaro: se sono del tipo negativo l'orlo del campo apparirà bluastro; se del tipo positivo, tale orlo dovrebbe apparire del tutto acromatico (senza colori, con passaggio netto bianco−nero).

Al momento dell'acquisto, una semplice occhiata indica con buona certezza il tipo di oculari di cui il venditore ha fornito lo strumento.

Per inciso, una conseguenza della compensazione: ripartiamo dal fatto che tutti gli obbiettivi apocromatici e semiapocromatici classici, così come la maggioranza degli acromatici forti,

---

[12] Ricordiamo che, dalla fine della seconda guerra mondiale fino alla caduta del muro di Berlino (circa dal 1945 al 1990), esistevano serie di prodotti di microscopia provenienti da due diverse sedi della casa Zeiss: dalla Germania Ovest (Oberkochen, presso Aalen) e dalla Germania Est (a Jena, la sede originale della Fondazione Zeiss). In seguito ad un'azione legale riguardante il diritto all'uso del nome Zeiss, i prodotti Zeiss Oberkochen venivano venduti in Italia ed altri paesi col nome Zeiss, mentre quelli della Zeiss Jena col nome "Aus Jena". In Inghilterra e nei paesi dell'Est, dando prevalente importanza alla sede originale della fondazione, i prodotti Zeiss Oberkochen erano venduti col nome "Opton" o non venduti affatto, mentre quelli della Zeiss Jena usavano il marchio "Carl Zeiss Jena".

Le due serie di prodotti avevano caratteristiche assai diverse. I prodotti Oberkochen erano di ottimo livello, ma costosissimi, nella serie "alta"; scadenti e sempre costosi nella serie medio−bassa.

I prodotti Jena erano economici ("prezzi politici"), ma di buon livello nella fascia "bassa" ed alto livello nella fascia "alta". Si risentivano gli effetti di una produzione legata ad esigenze organizzative e politiche (scarsi controlli di qualità, montaggio frettoloso), ma alcune soluzioni (il sistema "Contrast" che consentiva qualunque tecnica di contrasto con una sola serie di obbiettivi normali; gli obbiettivi "GF Planachromat" a campo 32 mm; gli stativi a doppio braccio per evitare le vibrazioni dell'obbiettivo, ecc.) erano uniche nella produzione mondiale e mai più prodotte da alcun altro fabbricante. Con la caduta del "muro", quei prodotti sono stati bruscamente abbandonati e probabilmente non saranno mai più uguagliati. Dal punto di vista tecnico, le leggi della politica e del mercato hanno prodotto una caduta di qualità insanabile.

Oggi, da anni, la Zeiss Jena ha cessato la produzione nel reparto microscopia.

presentano un residuo di CVD che può venir corretto solo da un oculare compensatore adeguato. Questo significa che, se si cerca di eseguire una fotografia (analogica o digitale) col solo obbiettivo, senza oculare, cioè ponendo la superficie sensibile in luogo dell'immagine intermedia, si perde qualunque possibilità di compensazione. I risultati saranno perciò scadenti e sempre più scadenti sui margini dell'immagine (si ricordi che la larghezza delle bordature colorate dovute alla CVD è funzione crescente del campo). Ma non si incolpi l'obbiettivo!

Anzi, già che ci siamo, occorre pensare che molti tubi porta−oculari, specialmente se bioculari, contengono prismi[13], e quindi introducono alcuni centimetri di vetro ottico fra obbiettivo ed oculare. Senza contare i tubi intermedi con varie funzioni (episcopia, fotografia, disegno, ecc.). Questi forti spessori di vetro influiscono sulle aberrazioni, fra cui la CVD.

Morale della favola: una combinazione obbiettivo-oculare potrà funzionare al meglio con un dato tubo ma non con un altro. Se si eseguono i controlli della CVD (descritti più sotto) su un medesimo strumento passando per es. da un tubo diritto monoculare ad un tubo bioculare, qualche differenza si noterà. Nessuno fa miracoli: una combinazione può essere ottimizzata per l'uso con un dato tipo di tubo, ma non con tutti.

I sistemi CF[14].

Una soluzione a parte è quella degli obbiettivi "CF" o "Color Free" (o "Chrome Free").

I costruttori più avvertiti hanno da tempo cercato di produrre serie complete di obbiettivi tutti esenti da CVD. La disponibilità di vetri ottici con caratteristiche sempre più avanzate e di metodi di calcolo elettronico ha consentito questo risultato, impensabile ai tempi di Abbe. Naturalmente, con aumento dei costi.

Gli obbiettivi CF ovviamente vanno usati sempre con oculari acromatici ed il problema della compensazione scompare, almeno in teoria.

L'"ottica all'infinito" e la "lente di tubo"

Il problema della compensazione si riaffaccia negli obbiettivi calcolati per una seconda coniugata di valore infinito (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 3.2). In quella sede si è visto perché essi sono stati introdotti, in quali casi sono utili, e perché essi debbono operare in coppia con una "lente di tubo" convergente, di focale variabile (a seconda dei costruttori) fra 157 (Zeiss Jena), 165 (Zeiss Oberkochen) e su su fino al valore classico di 250 mm.

Ma, anche qui, occorre distinguere.

Nell'idea iniziale degli "obbiettivi all'infinito" la lente di tubo doveva essere acromatica (data la modesta apertura ed il piccolo campo angolare, può bastare un normale doppietto acromatico). Questo criterio è ancora usato da ottimi costruttori (Nikon, ad es.). Se gli obbiettivi previsti sono acromatici deboli o del tipo "CF", occorre usare oculari acromatici.

Ma a qualcuno è venuta l'idea di usare la lente di tubo per introdurre una specie di compensazione (Zeiss Oberkochen, ad es.). In questi casi, tutti gli obbiettivi vengono progettati con un residuo costante di CVD, la lente di tubo presenta lo stesso residuo, ovviamente di segno opposto[15], l'immagine intermedia è quindi comunque esente da CVD e gli oculari acromatici vanno ancora bene. Una soluzione elegante, ma questi obbiettivi non sono dei veri CF ed è necessario usarli con la lente di tubo prevista dal costruttore, cioè su determinati stativi e solo su quelli. Il concetto di intercambiabilità va dunque perduto: rimane la necessità di "compensare" la CVD degli obbiettivi, ma questa funzione è delegata alla lente di tubo ed il progetto degli oculari si semplifica.

---

[13] Solo di rado (Zeiss Oberkochen, Galileo, ecc.) sono stati costruiti tubi basati solo su specchi.

[14] A Jena furono prodotti dal 1968; dal 1982 nella serie "250 CF"

[15] Si può trattare di una lente semplice, ma con una curva di dispersione opportuna. Tutto ciò ha lo scopo di semplificare il lavoro del progettista e di ridurre i costi di fabbricazione.

Conclusioni

Riguardo alla CVD, si può dire che non vi è alcuna regola. Può essere prudente possedere una doppia serie di oculari (acromatici e compensatori), ma non è detto che ciò basti. Ci si potrebbe limitare ad usare solo gli accoppiamenti obbiettivo-oculare consigliati dal costruttore, ma si sono visti i compromessi e gli equivoci cui si incorre sul piano commerciale.

È meglio controllare ogni accoppiamento obbiettivo-oculare di cui si dispone con i mezzi che descriveremo più sotto e procurarsi la maggior varietà possibile di oculari.

Ci siamo dilungati su questo problema della compensazione poiché è largamente ignorato, sia dagli utilizzatori che dai venditori. Più avanti descriveremo con fotografie adeguate gli effetti delle aberrazioni cromatiche ed il modo di controllarle ai fini della valutazione di uno strumento.

## LA SCELTA: I PARAMETRI DA VERIFICARE PRIMA

### I PARAMETRI MECCANICI

Accenniamo solo ai punti fondamentali.(vedi anche il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.1, 19.4.1 e 32.6).

La lunghezza meccanica dell'obbiettivo (Lo)

Data la grande varietà di valori adottati finora (dai 10 mm di certi episcopici metallografici classici ai 75 mm di certi catadiottrici o tipi speciali moderni), anche limitandoci solo ai "biologici" normali (da 32 mm di certi prodotti di "oltre cortina" ai 45 mm delle norme DIN), è chiaro che mescolare su uno stesso revolver obbiettivi di varia lunghezza rende probabile l'urto col vetrino degli obbiettivi più lunghi quando si ruota il revolver.

Il rimedio solitamente adottato (opportuni raccordi con vite maschio−femmina, per gli obbiettivi più corti) non è ortodosso, almeno con i sistemi più forti, poiché altera la lunghezza meccanica del tubo ed introduce residui di aberrazioni, specialmente sferica. Solo in rari casi (Leitz), venivano offerti raccordi contenenti un'opportuna lente divergente per adattare gli obbiettivi da 37 mm a 45 mm.

Accenneremo più sotto ai rimedi per migliorare la parfocalità[16], ma anche piccole differenze di Lo sono intollerabili quando, dopo il cambio dell'obbiettivo, l'immagine è del tutto sfocata e non si sa da quale parte girare. Si perde tempo e, se l'obbiettivo non è molleggiato, si rischia di romperlo perché lo si schiaccia sul vetrino e la demoltiplica della micrometrica impedisce di avvertire un aumento della resistenza nel movimento.

La parcentralità[17]

In sede di acquisto, è difficile avere il tempo di controllare questa prestazione, che oltretutto dipende dalla precisione nella costruzione sia degli obbiettivi, sia del revolver, e può variare se si altera l'ordine con cui gli obbiettivi sono inseriti sul revolver.

Per fortuna, questo parametro raramente ostacola il lavoro corrente.

Le dimensioni (il diametro esterno massimo)

Con obbiettivi speciali, per radiazione polarizzata, per episcopia in campo scuro, ecc., il diametro esterno può essere tale da non consentire di inserire due di tali obbiettivi in fori contigui del revolver. È bene tener presente il problema.

---

[16] Vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.1.2.

[17] Vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.1.4.

Il campo (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.2.4)

Parliamo del diametro del "**campo immagine nominale**" dell'obbiettivo, cioè quella porzione dell'immagine intermedia entro cui il fabbricante dovrebbe garantire la correzione che compete a quella classe di obbiettivi. Il campo nominale dell'obbiettivo che si sta acquistando deve essere almeno pari al campo massimo degli oculari che si intende usare.

Raramente questo dato viene dichiarato e tanto meno indicato sulla notazione dell'obbiettivo, anche se qualche costruttore incide sull'obbiettivo la sigla GC o GF o WF o simili quando il campo nominale è superiore a 20 mm.

Davanti a questo problema, o si rischia, oppure si fa un controllo col solito reticolo[18] (può bastare un micrometro oggetto, ma ne riparleremo), badando soprattutto alla planarità del campo ed alle aberrazioni extra−assiali. Ovviamente, questo controllo andrà eseguito con l'oculare previsto (per es. compensatore, col giusto grado di compensazione), possibilmente micrometrico, in modo da consentire la misura (in mm) della porzione del campo in cui si accerta una ragionevole correzione. In mancanza di oculare micrometrico, si usi un oculare di cui si conosce bene l'indice di campo (s'): il diametro del campo visuale fornisce una misura del campo (dell'obbiettivo) che si sta osservando. È anche ovvio che l'oculare che si usa per questo controllo deve presentare un indice di campo almeno pari al campo che si vuole controllare: se un obbiettivo classico ha un campo di 18 mm, ad es., non lo si può controllare ovviamente con un oculare con indice s' = 14. Ne riparleremo.

## IL FINE DA RAGGIUNGERE

Come detto sopra, non esiste l'obbiettivo migliore, che risolve tutti i problemi e va meglio degli altri in tutti i casi. Prima di sceglierlo, quindi, occorre chiedersi cosa si vuole ottenere da esso.

### Massimo contrasto

Tutti conoscono le tecniche "di contrasto" (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 30), per cui è chiaro che, potendo, un oggetto poco contrastato può essere meglio studiato in contrasto di fase, col DIC, o con la poco applicata illuminazione obliqua, che ha anche il pregio di essere assai flessibile, semplice ed estremamente economica.

Per quanto riguarda il normale "fondo chiaro", un accorgimento molto utile durante la scelta alla ricerca del massimo contrasto è individuare i sistemi più semplici (i classici acromatici) poiché il minor numero di lenti comporta un minor numero di superfici riflettenti, quindi una minor quantità di luce diffusa. I "planari" sono da escludere.

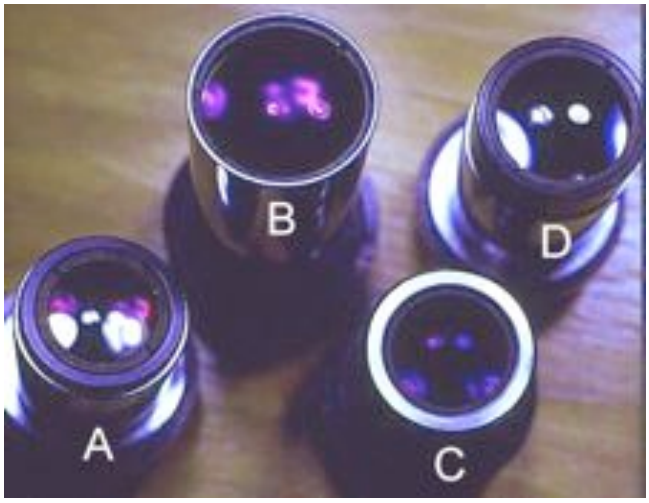



Fig. 2 − Il riflesso di una lampada su una lente dà una buona idea della qualità dei "trattamenti" applicati su di essa.

La lente in A è trattata sulla faccia interna (riflesso viola), ma non su quella esterna (riflesso bianco). La lente D non è trattata per niente. La lente B ha un buon trattamento su entrambe le facce. Il trattamento in C è eccezionale, visto che produce riflessi quasi invisibili (Wild).

Anche il colore del riflesso è importante: deve essere porpora (magenta), cioè presentare una minore intensità nella regione spettrale del "verde".

DD2 − 105

Altra osservazione da fare è la qualità dei trattamenti anti−riflettenti: guardando da sopra le lenti dell'obbiettivo mentre riflettono la finestra, si deve vedere un riflesso color porpora, il più

[18] Cosa intendiamo per "reticolo" verrà chiarito a pag. 24.

scuro possibile. Purtroppo, queste osservazioni sono facili con un oculare (fig. 2), ma difficili con un obbiettivo forte, che porta spesso le lenti superiori fortemente incassate nella montatura.

Dove i riflessi sono importantissimi dal punto di vista del contrasto (episcopia in fondo chiaro, polarizzazione), il costruttore accorto non si preoccupa solo di migliorare i trattamenti, ma studia anche la curvatura delle lenti in modo che i riflessi producano fasci molto aperti che si disperdono e partecipano in misura trascurabile all'immagine intermedia.

Chi ha avuto la fortuna di lavorare con gli obbiettivi "GF Planachromat" della serie "250 CF" della Jena sa bene cosa vuol dire "un buon contrasto".

Per il controllo del contrasto occorre avere un oggetto col massimo contrasto possibile: zone trasparenti e zone completamente opache, come il "reticolo" di cui parleremo più avanti.

Il contrasto nell'immagine finale però non dipende solo dall'obbiettivo: la maggioranza dei costruttori dà poco peso ai riflessi interni sulle pareti della montatura dell'obbiettivo e sulle pareti interne del tubo, dei prismi, ecc. I diaframmi di arresto ("light baffle") e gli annerimenti delle superfici interne sono largamente trascurati da molti costruttori.

Un controllo dei riflessi interni si può effettuare rapidamente illuminando al massimo (diaframma d'apertura e diaframma di campo tutti aperti, vetrino trasparente, ecc.) e guardando da 20−30 cm nell'oculare: si vedranno quasi certamente, attorno al dischetto centrale, che è il "disco di Ramsden", cioè l'immagine della pupilla d'uscita dell'obbiettivo, una serie di archi o di cerchi brillanti, che sono altrettanti riflessi indesiderati (fig. 3, a sinistra).

Fig. 3 sinistra − Il pallino chiaro al centro della figura è l'immagine della pupilla d'uscita dell'obbiettivo. Tutto il resto, i cerchi chiari concentrici con esso, è il riflesso inopportuno di qualche parte metallica. (Koristka)

In questo modo si apprezza il contributo dell'intero strumento alla qualità del contrasto nell'immagine finale e quindi la diligenza del costruttore.

DD1−130 / DD1 − 140

Un altro modo di controllare i riflessi interni al tubo è illustrato nella parte destra della fig.3: si vede quanto appare dopo aver tolto l'oculare. Nel nostro caso, oltre alla pupilla d'uscita (si vede anche il margine del diaframma d'apertura), non è presente alcun altro riflesso. È una buona realizzazione (Wild mod. M11).

## Massima definizione

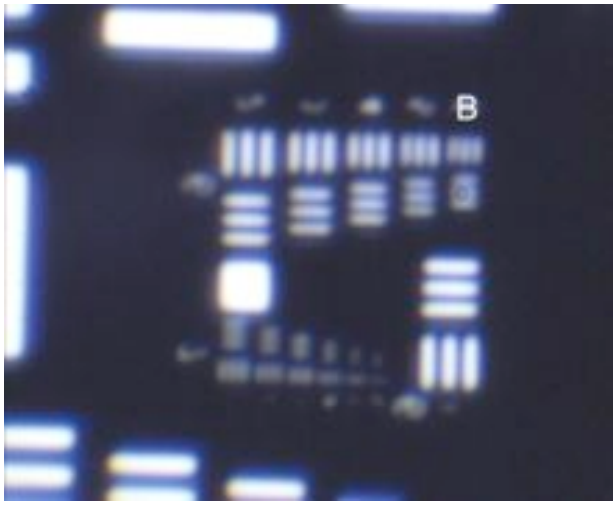
Il concetto di definizione assomiglia molto a quanto i fotografi chiamano "microcontrasto"[19]: confini netti fra zone chiare e scure, senza aloni, senza bordature colorate, senza sfumature.

Occorre però distinguere bene fra definizione e risoluzione, ed a tal fine chiediamo di esaminare le figure 4 a − d.

Si tratta di foto ingrandite dell'immagine prodotta da un obbiettivo, in varie condizioni di lavoro. L'oggetto fotografato è uno speciale reticolo, distribuito dalla casa Heidenhain ed altre proprio per queste applicazioni, che contiene "terne" di righe trasparenti su fondo opaco, di "passo" digradante fra circa 1 mm e 4,4 μ, riunite in gruppi. Fra una terna e quella contigua, il passo varia di un fattore circa pari a 1,1. In tale oggetto, se illuminato per trasparenza, il contrasto è pari a circa 1 poiché si tratta di aree trasparenti su un fondo assai opaco (un deposito di cromo su vetro).

[19] Sarebbe il passaggio chiaro−scuro dell'immagine in corrispondenza del passaggio fra due zone a diversa brillanza dell'oggetto, separate da un margine netto.

Ebbene, nella figura 4−a, la definizione, tenuto conto dell'ingrandimento della foto originaria, si può definire buona e comunque è tale da consentire di "risolvere", cioè vedere distinte, le righe della terna indicata con B. La foto accanto, 4−b, appare visibilmente meno definita, meno contrastata, più "annebbiata" e l'occhio non la preferisce poiché esso è molto sensibile al microcontrasto.



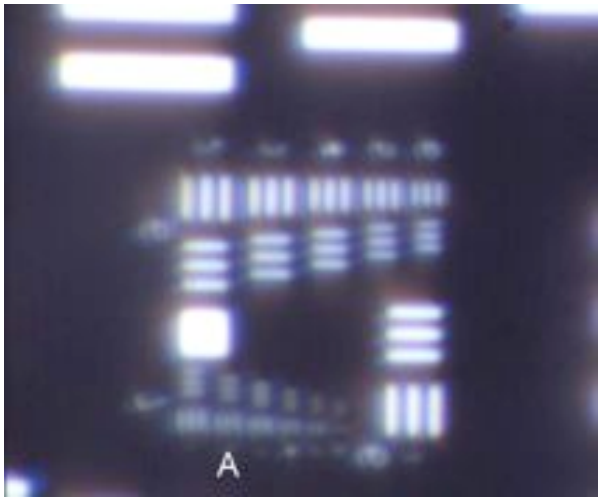




Fig. 4 − a f# = 8 4 − b f# = 2 DD1 − 7/5

Ma si osservi attentamente: nella fig. 4−b è possibile risolvere, sia pure a fatica, la terna indicata con A, che non si risolve certo nella fig. 4−a, che pure appare più definita. Dunque l'occhio è un giudice sensibile per la definizione, ma non è in grado di percepire piccole differenze di risoluzione. In altre parole: la valutazione della definizione si può anche fare "ad occhio", ma per valutare la risoluzione occorre un metodo obbiettivo, basato su strutture periodiche di vario passo. Molti micrografi usano a questo scopo frustuli di diatomee o scaglie di ali di farfalla, gli ottici usano speciali reticoli come quello della fig. 4. Il metodo delle diatomee od altri oggetti naturali è facile ma, come vedremo, è legato al contrasto dell'oggetto, il quale non è mai massimo e comunque dipende da molti fattori non sempre univoci (tipo di illuminazione, indice del mezzo d'inclusione, ecc.).

Per l'esattezza, le foto della fig. 4 sono state riprese in campo "macro" poiché il passo minimo del reticolo (4,4 μ, come ricordato) era eccessivo per un normale obbiettivo da microscopio. La differenza fra le figg. 4−a e 4−b sta nella diversa apertura dell'obbiettivo: f# = 8 per la fig. 4−a ed f# = 2 per la fig. 4−b: nel secondo caso, a maggior apertura corrispondono maggiori aberrazioni e quindi minor definizione, ma la risoluzione è maggiore, in base ad una nota legge (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", formule 22, 50 e 52, cap. 18.3).

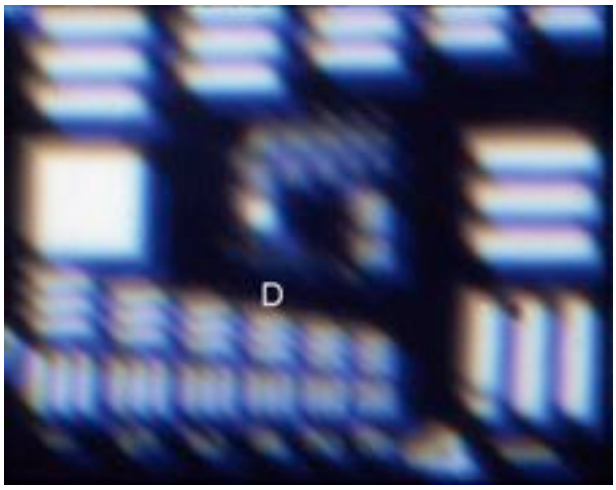
Le figg. 4−c e 4−d sono riprese nelle stesse condizioni, ma con una differenza essenziale: non più in asse, come prima, ma fuori asse, ai margini del campo utile. Sembra evidente che le parti chiare dell'immagine sono "stirate" in direzione obliqua (il centro del campo si trova in basso a destra, fuori figura), ed appare l'effetto delle aberrazioni extra−assiali, capaci di allungare l'immagine di ogni punto dell'oggetto in direzione radiale.

Anche qui, la foto 4−c è stata ripresa ad apertura ridotta e la 4−d a piena apertura. Anche qui, l'immagine ad apertura ridotta risolve appena la terna indicata con D, mentre a piena apertura l'immagine è certamente meno definita, ma risolve una terna più fine (la C o almeno la precedente).

Va quindi distinta la definizione "in asse" da quella "fuori asse". Infatti, quella fuori asse è legata alle aberrazioni extra−assiali (coma, astigmatismo e CVD, vedi oltre) che, per loro natura, NON esistono al centro del campo in un sistema centrato e sono più difficili da correggere. Il risultato è che, anche il più economico obbiettivo acromatico, è generalmente "diffraction limited" (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 13.3 e 18.3), e la

sua definizione è quasi perfetta, ma solo "in asse", al centro del campo. Ai margini del campo le cose possono seriamente peggiorare ed è soprattutto per correggere le aberrazioni extra−assiali che fu introdotto l'apocromatismo. Ma, attenzione! Molti costruttori (non è il caso di fare nomi, ma occorrerebbe citare nomi e serie di obbiettivi molto noti) lasciano di proposito residui di varie aberrazioni extra−assiali, soprattutto coma e CVD anche nei semiapo− ed apo−cromatici poiché questo semplifica la ricetta e riduce i costi, "tanto … nessuno se ne accorge". La diffidenza ed un buon reticolo possono evitare tante piccole delusioni.

Avendo ben chiaro cosa si deve cercare, dunque, occorre anche una certa esperienza per valutare separatamente i tre parametri: contrasto, definizione e risoluzione.



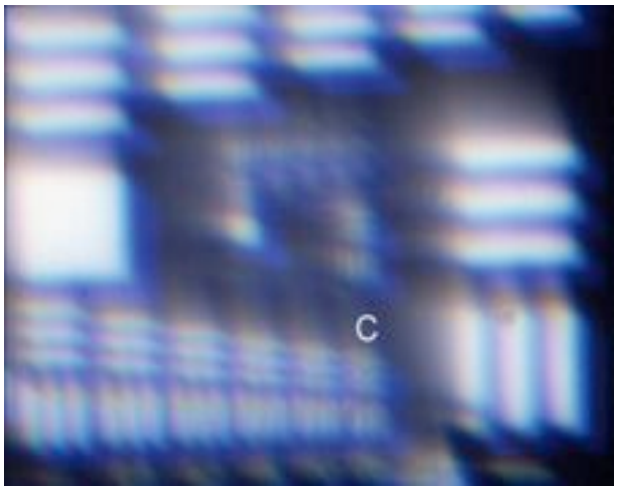




Fig. 4 − c f# = 8 4 − d f# = 2 DD1−12/10

Concludendo: anche il controllo della definizione al microscopio si esegue al meglio col reticolo di cui parleremo più sotto, ma la scelta in sede di acquisto, non potendo eseguire tale controllo, va indirizzata con pochi criteri:

− cercare i sistemi più "corretti" (da aberrazioni, s'intende) e cioè i semi−apocromatici e gli apocromatici;

− evitare i planari che spesso, per ottenere la spianatura del campo, lasciano dei residui di altre aberrazioni, specialmente astigmatismo[20];

− curare la compensazione, con i criteri sopra descritti e con i controlli che descriveremo;

− non fidarsi di nessuno e saperne di più del venditore (questo, di solito, non è difficile).

In sede di acquisto, specialmente se non si può esaminare prima lo strumento, specialmente se il corredo è misto, non originale, il rischio è tutto dell'acquirente.

Massima risoluzione

Secondo le note formule, la risoluzione è direttamente proporzionale all'apertura. Chi vuole risoluzione, cerchi obbiettivi con la massima apertura. Ma si ricordi che le formule danno il valore massimo teorico della risoluzione, che facilmente viene ridotto da alcuni fattori, che elenchiamo qui, per parlarne più diffusamente dopo:

− fattori di progetto (correzioni soprattutto; luce diffusa con perdita di contrasto);

− fattori costruttivi (lavorazione delle superfici; omogeneità, indice e dispersione dei vetri; centrature, ecc.);

− fattori di utilizzazione (apertura del condensatore, disposizione del sistema illuminante, centrature, tipo di oculare e di mezzi intermedi, lunghezza equivalente del tubo (Lm), pulizie);

− caratteristiche del preparato, come la struttura ed il contrasto nell'oggetto; raramente i preparati usati per il controllo della risoluzione hanno contrasto pari ad 1.

Ne consegue che la valutazione della risoluzione con i mezzi citati (oggetti a struttura

[20] Di astigmatismo parleremo più avanti (pag. 34).

periodica come diatomee, reticoli, ecc.) può dare molti errori di sottostima ed è sempre bene tener conto dei due valori: 1) la risoluzione reale, di quel dato sistema in quelle date condizioni di lavoro, con quel certo oggetto, e 2) quella massima teoricamente possibile in condizioni ideali, legata all'apertura.

Comunque, se la risoluzione è il fine da raggiungere, questi sono i criteri di scelta:

+ massima apertura;

+ massima definizione (apo− e semiapocromatici);

+ evitare i planari;

+ curare le correzioni del condensatore; preferibile l'aplanatismo (correzione della sferica). Infatti, un condensatore normale (di Abbe) è affetto da forte sferica e ciò impedisce di sfruttarne l'apertura massima (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 21.6, 21.7 e figg. 88 ed 89 nonché la fig. 9, più avanti in questo testo).

Si ricordi in proposito che l'apertura massima di un condensatore "a secco", data la formula 21 del solito manuale ($NA^{21}$ = n sen α), essendo n = 1, non può essere superiore ad 1,0 (in pratica, 0,95), visto che, per definizione, sen $\alpha \leq 1$. Un'indicazione di apertura $NA \geq 1{,}0$ presuppone, per ragioni di principio, un valore di $n > 1$, cioè la presenza fra condensatore ed oggetto di un liquido opportuno ("**immersione del condensatore**").

Ne consegue che qualunque condensatore, se porta un'indicazione di $NA \geq 1$, si riferisce all'immersione, ma con una complicazione: la correzione della sferica può essere ottimizzata in condizioni "a secco" oppure in immersione, ma non in entrambe. L'uso o meno dell'olio da immersione non influisce quindi solo sull'apertura massima, ma anche sull'aplanatismo.

A proposito di sferica (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.2.3), quella dell'obbiettivo dipende, fra l'altro, dallo spessore della lamella[22] (per i sistemi a secco), dall'indice del liquido d'immersione (per i sistemi HI) e dalla lunghezza del tubo[23].

Poiché la sferica, espressa come diametro del cerchio di confusione (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.2), è proporzionale al cubo dell'apertura, ne risulta che gli obbiettivi più forti sono assai sensibili a deviazioni di uno di quei tre parametri. Per ovviare a questa criticità, quasi tutti i costruttori offrono quasi sempre gli obbiettivi a secco dotati di apertura superiore a circa 0,8 muniti di un "anello" o "**collare di correzione**" che può compensare, entro certi limiti, un errore nello spessore della lamella o nella lunghezza del tubo.

Ma non basta. L'anello "di correzione" porta una graduazione, riferita allo spessore della lamella, espresso in mm, che però spesso non è del tutto corretta a causa delle inevitabili tolleranze di fabbricazione. Dato che, oltretutto, di solito non si conosce lo spessore esatto della lamella utilizzata, è meglio procedere per tentativi cercando quella regolazione che fornisce il miglior microcontrasto. Inoltre, l'anello di correzione aumenta la complessità della struttura meccanica dell'obbiettivo e va soggetto col tempo ad indurimento dei grassi lubrificanti, usura, ossidazioni, ecc. fino al blocco totale.

In conclusione, gli obbiettivi forti a secco, anche se "a correzione", non sempre possono offrire quella risoluzione reale che la loro apertura consentirebbe.

A questo punto che fare? Se quello che si cerca è la massima risoluzione, il rimedio sovrano è l'immersione. D'accordo: togliere e mettere l'olio è una seccatura; si rischia sempre che un obbiettivo a secco forte vada a strisciare sul vetrino bagnato d'olio; questo caso richiede la pulizia dell'obbiettivo a secco, la quale è difficoltosa con gli obbiettivi planari aventi la lente frontale incavata; togliere l'olio vecchio la sera e riapplicare olio fresco il giorno dopo è un'altra seccatura … Tutto vero. Ma la massima risoluzione richiede l'immersione. Non c'è scampo.

Beato chi riesce a trovare una serie completa di obbiettivi, di vario ingrandimento, tutti ad immersione (Zeiss Jena, ad es.) o muniti di "**cappa ad immersione**" (Wild, Leitz, ecc.). Con

---

[21] Si ricordi che NA = n sen α è la cosiddetta "apertura numerica".

[22] Per "lamella" intendiamo "vetrino copri−oggetto".

[23] Questa lunghezza (Lm) può venir alterata dalla sostituzione del tubo porta−oculari o di eventuali tubi intermedi o del tipo di oculare, come pure dalla regolazione della distanza pupillare nei tubi bioculari a doppia slitta.

queste serie, si lavora sempre in immersione, con qualunque ingrandimento.

Minor aumento di apertura ma praticità assai maggiore offrono gli obbiettivi ad immersione in acqua ("Wasser" o "W") o glicerina ("Glyz"): l'acqua, almeno se è distillata, evapora senza residui e la glicerina è solubile in acqua. Pulizia semplificata. Ed anche qui esistono serie complete di obbiettivi, tutti ad immersione in acqua.

Ma anche qui c'è qualche complicazione. Serve o non serve la lamella?

Gli obbiettivi ad immersione omogenea (ad olio) funzionano in genere altrettanto bene con e senza lamella. Ma in casi critici conviene attenersi alle indicazioni del costruttore. Ad es. la notazione "0 (0,17)" significa che è meglio lavorare con vetrini senza lamella mentre "0,17 (0)" significa che è meglio lavorare con vetrini coperti dalla lamella. Nel caso dell'immersione in acqua, la situazione è ancora più critica; nella maggioranza dei casi, l'obbiettivo DEVE lavorare senza lamella, ma vi sono in commercio alcuni obbiettivi "ad acqua", contrassegnati con "0,17", che DEVONO lavorare con vetrini coperti di lamella + acqua. Pena una forte sferica e perdita di definizione.

Se poi si vuole avere la miglior risoluzione da un obbiettivo forte, si ricordi che tutta la sua apertura utile deve essere "riempita" da una pari apertura del condensatore. Come detto sopra, ciò si può ottenere solo con un condensatore aplanatico[24], difficile da trovare e comunque costoso e non sempre corretto come vorrebbe far credere (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 21.6 e 21.7). Per un obbiettivo ad immersione, la massima risoluzione si ottiene a condizione che anche il condensatore sia ad immersione. Altra seccatura (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 21.5).

Nella corsa verso il massimo della risoluzione, è bene ricordare anche la scorciatoia della "illuminazione obliqua" (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 18.9, 21.8, 30.2) che, nel caso limite, può letteralmente raddoppiare la risoluzione. Questa tecnica, semplice ed economica, è validamente utilizzata anche per aumentare il contrasto e con ciò facilita l'occhio nel risolvere strutture poco contrastate.

Ma … Oltre a ridurre drasticamente la luminosità dell'immagine, l'illuminazione obliqua soffre del difetto di presentare una direzione preferenziale per il contrasto, per cui può indurre in errore nell'interpretazione del reale rilievo dell'oggetto. Inoltre, l'aumento di risoluzione e di contrasto si ha solo per strutture allungate in direzione perpendicolare all'inclinazione del fascio illuminante.

Ricordiamo infine che in genere, per "risoluzione" s'intende quella nel piano oggetto, e la si esprime in unità di lunghezza, di solito micron (μ). Nel caso della ripresa fotografica o televisiva invece interessa la risoluzione nel piano dell'immagine finale, che va espressa come "linee per mm" per poterla meglio confrontare con quella dello strato fotosensibile. Si veda il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 30.9.4, e l'articolo n° 4: "L'utilità del "Grande Campo" in microscopia" nel sito funsci.com.

Da questi testi dovrebbe risultare facile la conclusione che, in fotografia ed in TV, conviene sempre usare obbiettivi con il massimo campo immagine e sistemi "proiettivi" (oculari e sistemi intermedi) col minimo ingrandimento possibile. Il massimo campo immagine mai realizzato in microscopia (32 mm) era possibile nella serie "GF" – "250 CF" della Zeiss di Jena, la cui produzione è stata interrotta dopo il 1990. Oggi sono pochi i produttori che raggiungono 26 mm.

Chi esegue fotografie e riprese TV al microscopio, sempre pensando alla massima risoluzione nel piano dell'immagine finale, deve allora badare a che il sistema intermedio, posto fra obbiettivo e superficie sensibile (tubi intermedi, raccordi vari, proiettivi, oculari, e simili) abbia il minimo ingrandimento possibile. Troppo spesso, anche in raccordi fotografici o televisivi dei migliori costruttori, si finisce per utilizzare solo la parte centrale dell'immagine intermedia fornita dall'obbiettivo: è come introdurre un ingrandimento aggiuntivo e superare l'"ingrandimento utile"; ciò non altera la risoluzione nel piano oggetto, ma abbassa quella,

[24] Si chiama "planatico" un sistema ottico affetto da aberrazione sferica; "aplanatico" un sistema corretto.

espressa in “linee per mm”, nell’immagine finale. Si veda anche l’articolo n° 13, “Fotomicrografia al microscopio con fotocamere digitali”, nel sito funsci.com.

Planeità[25] o Planarità (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 13.1.1)

Vedremo più sotto come controllarla e misurarla, ma intanto precisiamo che la capacità di un sistema ottico di fornire un’immagine piana di un oggetto piano, entrambi perpendicolari all’asse, è utile solo in fotografia, per “mettere a fuoco” tutto il campo, specialmente se l’oggetto è sottile. Nell’osservazione visuale è meglio lavorare di micrometrica. Comunque, leviamoci dalla testa il dogma che un “planare” sia sempre il migliore: è solo il più costoso.

Infatti, gli obbiettivi “a campo spianato”, introdotti dalla Zeiss di Jena nel 1938 per opera di Bögehold, soffrono di molti inconvenienti, a parità di altre condizioni:

− Maggior numero di lenti, quindi di superfici riflettenti, quindi di luce diffusa. Ne consegue un minor contrasto.

− Insorgenza di maggiori residui di altre aberrazioni, specie astigmatismo, che il costruttore tende ad ignorare per non complicare ulteriormente la ricetta.

− La porzione del campo veramente spianata non è sempre del 100%, ma spesso limitata al 70−80%. Circolano infatti molte versioni “semiplanari”, a spianamento ridotto.

− La lente frontale è spesso concava e quindi facile ricetto della polvere. La pulizia è difficile. Se poi tale obbiettivo va a toccare un vetrino ancora bagnato d’olio d’immersione, tocca stanare l’olio da quella concavità (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 16.3 e 16.4).

− Il costo è nettamente maggiore.

In sede di acquisto, un rapido controllo si può effettuare con un oculare debole (a forte indice di campo), osservando un oggetto ben piano (striscio di sangue o di batteri, reticolo, ecc.).

Sia ben chiaro poi che lo spianamento dell’immagine non ha niente a che fare con la correzione di altre aberrazioni, specialmente di quelle cromatiche; in altre parole, esistono acromatici, apocromatici, ecc. planari ed i corrispondenti non planari, oppure planari acromatici, planari apocromatici, ecc. Del resto, molte ricette moderne di acromatici semplici usano una frontale a forma di menisco “spesso” (di forte spessore, vedi la fig. 36) che consente una parziale spianatura dell’immagine: si tratta allora in realtà di semi−planari.

Parfocalità (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 19.1.2)

Dati i fastidi che procura una mancanza di parfocalità (ne abbiamo accennato all’inizio, parlando di lunghezza ottica dell’obbiettivo), è bene effettuare un controllo prima dell’acquisto.

Basta disporre di un preparato ben contrastato.

Si ricordi che la parfocalità è legata anche alla lunghezza del tubo (tubi porta-oculari, tubi intermedi, ecc.), al tipo di oculare (posizione del primo fuoco rispetto alla battuta), alla regolazione di eventuali oculari micrometrici, alla regolazione della distanza inter-pupillare (per i tubi a slitta), allo spessore della lamella (per gli obbiettivi forti), ecc.

Occorre quindi tener conto di molti fattori prima di trarre una conclusione.

Riparleremo di parfocalità e dei modi di migliorarla.

Problemi Particolari

Per obbiettivi di tipo speciale occorre poi eseguire altri controlli.

---

[25] Il termine “planeità” è un cattivo neologismo, ma non si trova di meglio. Esiste “planarità” e “planare”, ma è un termine generico, usato anche in riferimento alle superfici meccaniche. L’aggettivo “planatico” significa, stranamente, “affetto da sferica”. “Planèico” significa globalmente “anastigmatico a campo piano”, e quindi non è specifico. Un caos terminologico. Forse, sarebbe meglio dire semplicemente “a campo spianato” o (più precisamente) “ad immagine piana”.

Abbiamo già accennato al problema del contrasto e dei fattori che lo determinano. Si è anche detto che, negli obbiettivi per polarizzazione e per episcopia, il contrasto è particolarmente importante e su di esso influiscono i trattamenti antiriflessi, facilmente controllabili. Vedi anche il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 17.1.2, 30.1 e 30.7, nonché l'articolo n° 7 ("La messa in opera del microscopio polarizzatore") nel sito www.Fusci.com.

Per l'uso in polarizzazione, occorre verificare con cura il grado di estinzione e la formazione di una regolare "croce di Malta" (vedi l'ultimo articolo citato).

Per l'uso in fluorescenza, si cerchino gli obbiettivi a maggior rendimento fotometrico, quindi a maggiore apertura (presumibilmente apocromatici) e con minor numero di lenti, quindi non planari.

Per l'uso in contrasto di fase, occorre controllare lo stato dell'anello di fase osservando la pupilla d'uscita dell'obbiettivo per mezzo della lente di Amici o del "microscopio ausiliario". Non si devono vedere irregolarità di nessun tipo. Inoltre, si ricordi che esistono obbiettivi per contrasto positivo e negativo e con anello di fase avente un diverso valore di assorbimento: tale valore influisce sul grado di contrasto nell'immagine finale e sull'intensità dell'alone (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 30.4 e l'articolo n° 25: "La formazione dell'alone nel contrasto di fase" nel sito www.Fusci.com).

Per l'uso con il DIC, che opera in radiazione polarizzata, è bene che gli obbiettivi vengano controllati come quelli per polarizzazione.

Specialmente nel caso dell'usato, l'osservazione della pupilla d'uscita mostra facilmente rotture o scollature, sporcizia, danni derivanti dall'umidità, ecc. Ne riparleremo.

## IL VALORE DEL NOME DEL FABBRICANTE

È umano attenersi al "sentito dire", alla notorietà di un nome o di un logo commerciale. Ma è pericoloso. Sembra che un collaboratore di Hitler suggerisse al suo capo di introdurre in un certo discorso pubblico un'affermazione senza fondamento. Hitler avrebbe obiettato: "Ma non ci crederanno". Ed il collaboratore: "Lei la ripeta un numero sufficiente di volte: finiranno per crederci". La politica ed il commercio, si sa, hanno qualcosa in comune: l'esigenza di convincere il cittadino o il cliente a votare, a credere, a comprare, ecc.

L'esperienza dimostra che, anche per le case più note, non sono rari gli errori di progetto e di montaggio, anche per quanto riguarda materiale appena uscito di fabbrica. I fattori che dovrebbero definire l'obbiettivo perfetto sono troppi, e qualcuno, inevitabilmente, va perso per strada. Inoltre, le esigenze commerciali possono passare in primo piano rispetto a quelle tecniche.

Da molti anni, tutte le case europee, anche le più forti, hanno sentito la concorrenza, prima del Giappone, poi della Cina, di Formosa, Singapore, ecc. e, per sostenere la concorrenza, hanno abbassato i costi di produzione a scapito della qualità. Si potrebbe citare un'innovativa serie di obbiettivi a basso costo del più noto dei fabbricanti europei che, nel giro di pochissimi anni, fu ritirata dal commercio perché … perfino i venditori si erano ribellati.

Non è scandaloso, ma occorre avere idee chiare ed esperienza per evitare brutte sorprese.

Senza fare nomi, l'esperienza consente di citare alcuni esempi:

− serie di obbiettivi dati per apocromatici, e tali per la loro elevata apertura, ma molto peggiori dei corrispondenti acromatici (della stessa casa) in fatto di correzioni;

− serie di obbiettivi dati per semi−apocromatici, di buona apertura, ma con un residuo di coma degno di un modesto acromatico (… "tanto, quella si vede solo sui margini del campo: e chi ci bada?");

− obbiettivi di buona fattura, ma con basso contrasto a causa di scadenti trattamenti antiriflessi, di cattiva pulizia, di riflessi interni sulla montatura, ecc.;

− difetti di lucidatura delle superfici delle lenti per omissione dell'ultima fase della lavorazione;

− obbiettivi nuovi di zecca, con tanto di gocce di silicone per il bloccaggio della lente

flottante, ma con evidente errore di centratura (vedi oltre);

− altri obbiettivi nuovi di zecca, ma con qualche lente opacizzata a causa dell'instabilità chimica di certi vetri speciali;

− obbiettivi venduti come "Pol", ma confezionati con vetri tensionati, e quindi incapaci di dare un grado sufficiente di estinzione a Nicol incrociati (limitazione valida anche per il DIC);

− obbiettivi non corrispondenti alla notazione (per es. obbiettivi marcati "Ph", ma privi dell'anello di fase).

## Le CONDIZIONI di PRODUZIONE e CONSERVAZIONE

Sempre al fine di eseguire una scelta oculata al momento dell'acquisto, può essere utile ricordare alcune fasi della produzione di un obbiettivo da microscopio.

Il progetto (la "ricetta")

Oggigiorno, le disponibilità del calcolo ottico automatizzato e la specializzazione dei produttori di vetro ottico rendono facile la progettazione di obbiettivi "otticamente perfetti" (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 13.3 e 18.3). Ma, a questo punto, entrano in ballo i costi di produzione: in particolare, il prezzo dei vetri speciali e gli stipendi di tecnici altamente specializzati. Perciò vengono spesso accettati i compromessi di cui si è fatto qualche esempio: modeste correzioni, specie per le aberrazioni extra−assiali, cattive centrature, uso di vetri non omogenei o inadatti, passaggio di pezzi imperfetti nel "quality control" finale, e così via.

In particolare, il progettista è sottoposto a forti pressioni per semplificare la ricetta, anche a scapito della qualità. Il concetto base dell'imprenditore è questo: "…di fare buoni prodotti ad alti costi son capaci tutti: il bravo progettista è quello che permette alta qualità con i sistemi più semplici (e più economici)".

A parte i costi, poi, certe ricette prevedono l'uso di vetri od altri materiali speciali, che possono non essere disponibili al momento della fabbricazione.

Fra i fattori che rientrano nel progetto vi sono quelli che abbiamo ricordato sopra a proposito del contrasto: i riflessi sulle pareti interne dei barilotti e delle montature, quelli sul resto dello stativo (tubi porta-oculari, tubi intermedi, prismi, ecc.), i riflessi sulle lenti (la cui rilevanza dipende dall'indice, dal tipo di trattamenti anti−riflettenti, dalla forma delle lenti stesse), ecc.

Anche la predisposizione di schermi (diaframmi fissi o "light baffle") in varie parti dello strumento, non solo nell'obbiettivo, viene spesso trascurata, come si è già detto, lasciando via libera a porzioni periferiche del fascio, che non concorrono alla formazione dell'immagine e si traducono in luce diffusa.

Fig. 5 − Diatomea *Eunotia* sp. osservata in contrasto di fase. Poiché la pupilla d'uscita dell'obbiettivo è occupata da un'immagine del diaframma anulare presente nel condensatore, anche la catadiottrica appare in questo caso di forma anulare.

Per allontanare queste immagini spurie occorre modificare il sistema ottico, o sostituendo un componente (obbiettivo, oculare, tubo), o sfocando quello che è possibile, per es. il condensatore.

(Wild, obb. 20 acr. Ph + ocul. 12,5 x W) DS1 −30

Se poi si considera l'intero sistema ottico, rientra nel progetto anche la valutazione delle "immagini catadiottriche" (vedi l'articolo n° 31: "Il metodo delle "catadiottriche" in microscopia ed in ottica" nel sito www.funsci.com), che producono macchie chiare al centro del campo visuale, di forma generalmente rotonda poiché si tratta di un'immagine impiccolita della pupilla

d'uscita dell'obbiettivo (fig. 5).

Tali immagini si possono formare per opera di una qualunque coppia di superfici appartenenti ad una o due di tutte le lenti ed i prismi presenti nel sistema complessivo.

Il montaggio

Parlando dello smontaggio, esamineremo alcune soluzioni costruttive di più largo uso, ma il montaggio di un obbiettivo presuppone comunque un'accurata pulizia in atmosfera controllata, molta cura nella disposizione dei pezzi, molta parsimonia nella lubrificazione delle parti in movimento (montatura telescopica, anelli di correzione, diaframmi ad iride) e, nella maggioranza dei casi, molta cura nella centratura della lente flottante (vedi oltre, nonché il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 13.2.4 e 19.5 2).

Tutto ciò va poi seguito da un controllo finale di qualità, e questo richiede tempo e personale molto esperto. Tutti fattori di costo.

I casi citati sopra, di pezzi nuovi di fabbrica con evidenti difetti di montaggio, dimostrano che il controllo finale non è mai perfetto ed un pezzo difettoso può sempre arrivare al cliente senza che nessuno abbia trovato l'interesse e la competenza per bloccarlo.

Le condizioni di conservazione

Tra il momento del controllo finale (quando c'è) e la consegna al cliente definitivo possono passare anche anni, e non è detto che le condizioni di trasporto e magazzinaggio siano le migliori.

L'umidità dell'aria può favorire la proliferazione di "muffe", funghi microscopici, generalmente filamentosi, che possono attaccare la superficie delle parti metalliche, delle superfici riflettenti e dei vetri delle lenti. Questo effetto, chiamato talvolta "**fungus**", può recare danni indelebili (vedi la fig. 6). I migliori costruttori forniscono, su richiesta, strumenti "climatizzati", cioè costruiti con accorgimenti sufficienti a resistere a climi caldi ed umidi per tempi illimitati.

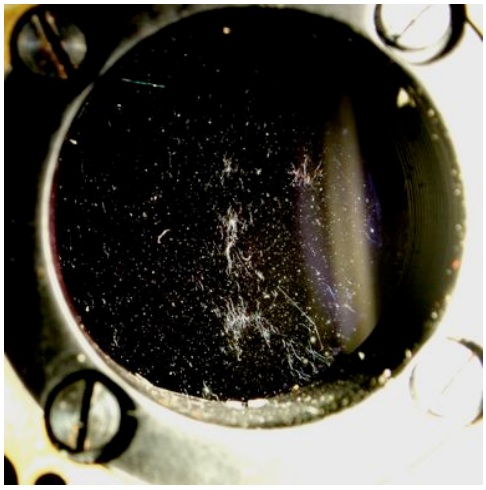


Fig. 6 − Superficie di un prisma ottico sottoposto all'effetto "fungus" per prolungata conservazione in ambiente umido. A volte, questi attacchi non lasciano traccia percettibile se il pezzo è sottoposto ad attenta pulizia con un telo imbevuto di alcool diluito; a volte la traccia è indelebile.
(Leitz. Tubo bioculare a slitte) 534

Anche il semplice contatto con l'aria provoca col tempo il deposito di straterelli uniformi di catrame e polveri solide, con conseguente appannatura delle superfici (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 19.5.1 e 19.6).

Gli stessi materiali usati, sia le pareti metalliche, sia le vernici, possono col tempo alterarsi e produrre minutissimi frammenti solidi che si staccano e si depositano sulle lenti. Le vernici stesse possono emettere componenti volatili che partecipano alle appannature (fig. 7).

Il fenomeno che abbiamo chiamato "**appannature**" è poi legato a fenomeni di superficie (cariche elettrostatiche, affinità chimiche con sostanze sospese nell'aria, ecc.) in base ai quali può accadere che di due superfici, affacciate sulla stessa cavità chiusa, una rimanga pulita per anni, mentre quella dirimpetto si appanna in pochi mesi.

Senza contare la tendenza di certi vetri speciali ad alterarsi spontaneamente col tempo.

Nel caso di obbiettivi usati, si aggiungono le conseguenze di una lunga permanenza in atmosfera umida, di un'esposizione a vapori corrosivi (vedi la fig. 8), ecc.

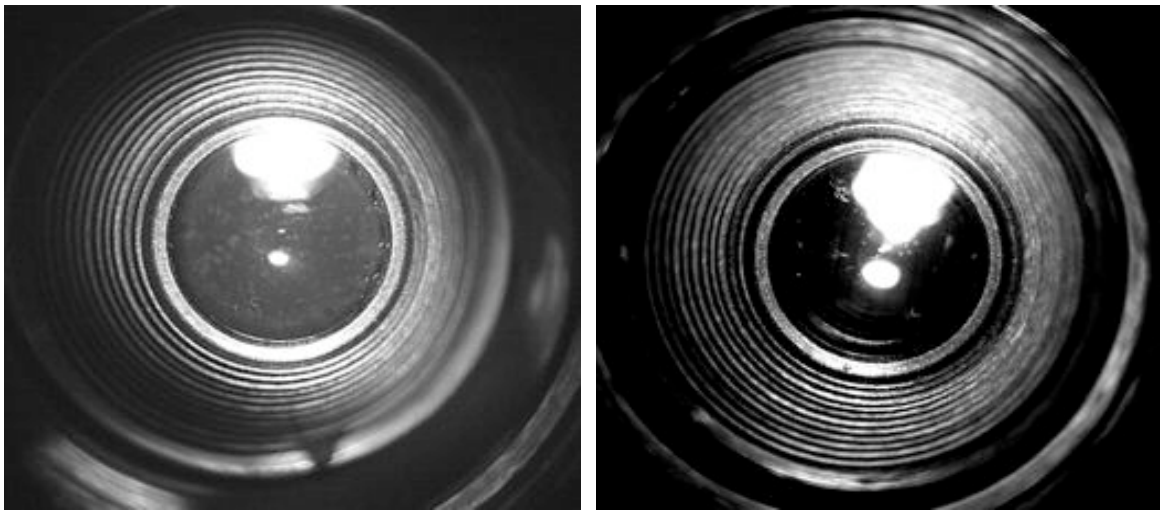


Fig. 7 – A sinistra: lente emergente[26] di un obbiettivo con evidenti segni di "appannatura". A destra: la medesima, dopo energica pulizia. L'osservazione delle appannature si esegue sotto al microscopio stereoscopico con illuminazione coassiale (vedi oltre) e richiede qualche attenzione poiché lo strato di materiale estraneo è molto omogeneo e "non si fa notare". Si osservi la rigatura interna del barilotto che porta la lente: tali rigature vengono spesso usate dai costruttori accorti per ridurre le riflessioni sulle superfici metalliche (da obbiettivo Koristka acrom. 100 HI). 411 / 407

Fig. 8 – Lente frontale di obbiettivo episcopico evidentemente corrosa per esposizione a vapori di acido nitrico, un reagente spesso usato nella preparazione dei provini metallografici. Il provino non è stato pulito prima dell'osservazione e non è stato allontanato al termine.

Un simile danno è irreparabile e si manifesta anche sulle superfici metalliche le quali, pur essendo rivestite di cromo, un metallo assai resistente, pur tuttavia hanno subìto anch'esse l'azione dell'acido.

(Obbiettivo Wild EPI acrom. 10). 583

## LE CONDIZIONI DI LAVORO

Dopo aver considerato i parametri fondamentali da valutare prima della scelta di un obbiettivo da microscopio e dopo aver preso coscienza dei fattori che possono vincolare la produzione e la conservazione di esso, pensiamo ora ai fattori che possono influire sulle sue prestazioni finali, vale a dire alle condizioni in cui l'obbiettivo viene fatto lavorare.

Tanto per cominciare, ricordiamo che la percezione dei dettagli in un'immagine è fortemente influenzata dal loro contrasto (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 17). Si ritiene normalmente, anzi, che un contrasto nell'immagine inferiore al 3 % renda

[26] Si chiama "emergente" la lente più alta dell'obbiettivo, quella rivolta verso l'oculare.

praticamente impossibile all'occhio umano di percepire quei dettagli[27].

In altre parole, quando si definisce o si misura la risoluzione, si presuppone che il contrasto nel piano oggetto e nel piano immagine sia sempre pari ad 1. Ma, si è visto, molte sono le cause di perdita di contrasto e non sempre sono tutte eliminabili al completo, per cui la risoluzione massima teorica che un sistema ottico può fornire viene sempre ridotta nell'immagine che concretamente l'osservatore si trova sotto gli occhi.

Ovvero, se la risoluzione teorica dipende solo dall'apertura dell'obbiettivo, quella pratica può venire ridotta in varia misura dalle condizioni in cui l'obbiettivo viene fatto lavorare.

Se poi l'oggetto stesso non presenta un contrasto = 1 (gli specialisti di Diatomee o gli studiosi di cellule o microrganismi *in vivo* lo sanno bene), allora la risoluzione reale scende in proporzione.

È per questo che sono state ideate le varie "tecniche di contrasto", dalla più semplice, come l'illuminazione obliqua, alla più sofisticata, come il contrasto interferenziale (di cui il DIC è solo un esempio).

È bene anche ricordare quanto già accennato sopra: in contrasto di fase, il profilo fotometrico della centrica[28] viene alterato, con leggera riduzione del raggio del disco di Airy ma con aumento di intensità degli "anelli". Ne risulta che, se usato in campo chiaro, un obbiettivo per contrasto di fase può portare un leggero aumento di risoluzione, ma con perdita di contrasto (vedi l'articolo n° 25: " La formazione dell'alone nel contrasto di fase" nel sito www.funsci.com). Questo leggero vantaggio non si presenta in DIC, il quale però gode del vantaggio di non formare i detestabili "aloni", tipici del contrasto di fase.

Abbiamo anche ricordato che l'illuminazione obliqua può in casi limite raddoppiare la risoluzione teorica dell'obbiettivo.

Per tornare alle condizioni di lavoro di un obbiettivo, abbiamo chiarito a suo tempo che, se l'oculare con cui viene accoppiato l'obbiettivo non ha lo stesso grado e la stessa curva di CVD, il risultato, almeno ai margini del campo, può essere una cattiva definizione e quindi una perdita di risoluzione.

In questo contesto, ripetiamo ancora che le prestazioni nominali dell'obbiettivo possono venire ridotte da tutto ciò che lo segue (tubi vari, oculari, ecc., in particolare per alcune aberrazioni, come la CVD) e da ciò che lo precede (sistema illuminante) e pertanto l'immagine finale data dal microscopio è un risultato globale. Ovvero, sa qualcosa non va, prima di denunciare l'obbiettivo, andiamo a cercare i complici.

Molto spesso, il primo indiziato è il **sistema illuminante** (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 8, 21, 22 e 32.8). Riassumiamo alcuni casi possibili, in ordine decrescente di frequenza.

Errori di utilizzazione

−− Condensatore fuori fuoco (generalmente troppo abbassato, nel discutibile intento di aumentare il contrasto o ridurre la luminosità). Effetto: perdita di apertura utile e quindi di risoluzione.

−− Diaframma d'apertura troppo chiuso, con lo stesso intento e con gli stessi risultati.

−− Diaframma di campo troppo aperto, con perdita di contrasto.

−− Qualche errore di centratura:

del filamento, la cui immagine è decentrata rispetto alla pupilla del condensatore;
di qualche specchio o "lente a grande campo" interposti, con analoghi effetti;
del condensatore, il cui fascio emergente "riempie" solo in parte la pupilla d'uscita

[27] Quando l'immagine viene raccolta da un'emulsione fotografica o da un sensore elettronico, le cose cambiano: sia in campo analogico che digitale, molti sono i mezzi per modificare il contrasto.

[28] Chiamiamo "centrica" la "immagine di diffrazione" o "immagine di Airy". Vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 18.3.

dell'obbiettivo.

In questi casi, di errori di centratura, si realizza una specie di illuminazione obliqua, con risultati imprevedibili e comunque legati alla struttura dell'oggetto.

In linea di massima, rimane allora sempre preferibile una corretta realizzazione dello schema di Köhler (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 8.8 ed 8.9).

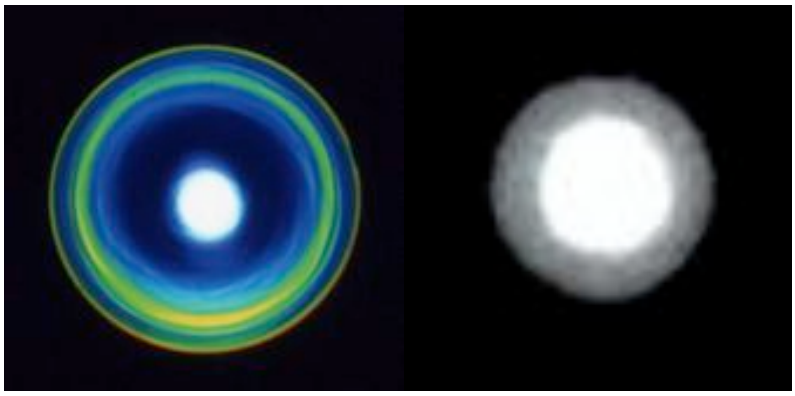


Fig. 9 − La pupilla d'uscita di un obbiettivo dovrebbe essere sempre "riempita" dal fascio illuminante fornito dal condensatore. Ma i normali condensatori sono poco corretti, sia per la sferica che per la cromatica. Il risultato è una pupilla illuminata per "zone" concentriche intercalate ad una o più zone oscure.

Nella foto a sinistra è illuminata la zona centrale (i raggi parassiali ) + una zona periferica (raggi marginali), ma spesso si ha solo una zona centrale più o meno grande. Nella foto a destra, accade proprio questo, ed il tutto equivale ad una perdita di apertura del condensatore. (Condensatore di Abbe) DD1 − 125./ DD1−140b

Errori di progetto

•• Condensatore normale (del tipo "di Abbe" o simili) affetto da forte sferica (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 21.7). Anche se l'apertura dei fasci marginali emergenti dal condensatore è elevata, essi, o quelli intermedi, possono focalizzarsi fuori dal cono di apertura utile dell'obbiettivo ed andare perduti. Tutto equivale ad una perdita di apertura utile del condensatore. Vedi la fig. 9.

Anche in strumenti di buona fattura, questo difetto è assai frequente e danneggia le prestazioni dell'obbiettivo, tanto più quanto più esso è forte. È solo questione di costi di produzione.

Si può rimediare in parte aprendo in eccesso il diaframma di campo, ma ciò porta qualche perdita di contrasto. Chi può permettersi un condensatore aplanatico …

•• L'immagine del filamento (o del corpo luminoso in genere, visto che si stanno diffondendo i LED a forte potenza) è troppo piccola rispetto alla pupilla d'ingresso del condensatore, in pratica rispetto al diametro massimo del diaframma d'apertura. Altro difetto assai frequente che comporta ancora una perdita di apertura utile del condensatore.

L'utilizzatore può intervenire fino ad un certo punto, solo nel caso in cui la lampada sia indipendente dallo stativo e possa venir allontanata: in questo modo cresce l'ingrandimento del collettore e quindi l'immagine del filamento.

•• In casi limite, ma non rari, il dimensionamento dell'intero sistema illuminante non è corretto, e l'illuminazione sec Köhler non è possibile. Spesso ciò è dovuto a ragioni di frettolosità nel progetto, a tentativi di riduzione dei costi oppure all'assemblaggio di componenti di varia provenienza non geometricamente compatibili. Frequente è una distanza insufficiente fra microlampada e condensatore (la lampada viene alloggiata nel piede, subito sotto al condensatore stesso, in modo da eliminare gli specchi interposti). In questi casi, se si tenta di focalizzare il diaframma di campo, si è costretti ad abbassare molto il condensatore, con tutte le perdite di apertura utile che già conosciamo e col rischio che l'immagine dei diaframmi anulari del contrasto di fase non ricopra l'anello di fase.

Altre condizioni di lavoro dannose sono ovvie: illuminazione eccessiva o insufficiente; dominanti di colore nella sorgente (lampadine ad incandescenza sottovoltate, filtri indesiderati, ecc); eccessivo uso di filtri diffusori con perdita di contrasto; imperfezioni o sudiciume in varie sedi (specialmente sulla superficie superiore del vetrino e sulla lente frontale dell'obbiettivo).

In certi casi, la lunghezza del tubo può variare, o per l'introduzione di tubi intermedi non ben

progettati, o per una variazione della distanza interpupillare (nei tubi bioculari a slitta), o per l'uso di oculari con una posizione non standard del primo fuoco, o per altri pasticci. In questi casi, con gli obbiettivi forti si può alterare la correzione della sferica; con i deboli si perde la parfocalità.

## I CONTROLLI DEFINITIVI

(vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 32.6)

Abbiamo accennato a qualche criterio utile per dirigere la scelta dell'obbiettivo prima di dedicarlo ad un particolare impiego.

Abbiamo esaminato alcuni fattori di progetto, di costruzione, di magazzinaggio e di utilizzazione che possono danneggiare le prestazioni ideali dell'obbiettivo.

Ora, ad acquisto fatto, cerchiamo di identificare i criteri per un controllo dettagliato delle sue prestazioni e, ove possibile, per la correzione di alcuni difetti.

LA PARFOCALITÀ (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.1.2)

È cosa nota quanto sia pericoloso perdere il fuoco quando si cambiano gli obbiettivi forti. Ne abbiamo già parlato.

Il controllo della parfocalità si esegue osservando con tutti gli obbiettivi di corredo un preparato sottile (striscio di sangue o batteri, meglio ancora un "reticolo", di cui parliamo fra poco). Per mezzo della micrometrica, è possibile anche misurare la distanza, in direzione assiale, fra le differenti posizioni di miglior fuoco. Ma il criterio pratico è sufficiente ed è molto semplice: quando si cambia obbiettivo, si deve ancora riconoscere la struttura dell'oggetto in modo che, al minimo movimento della micrometrica, si capisce subito da che parte bisogna andare per migliorare il fuoco.

Se la parfocalità è insufficiente, prima di procedere ad una correzione, si ricordino questi elementi:

− la parfocalità è assai sensibile alla lunghezza del tubo; basta una differenza nell'altezza del primo fuoco fra due oculari diversi (anche dello stesso costruttore!), oppure la regolazione della distanza pupillare in un tubo bioculare (non del tipo Siedentopf o comunque a correzione[29]), oppure l'inserzione o l'eliminazione di un tubo intermedio, perché tutto peggiori. Verificare questi casi cambiando oculare o tubo oppure variando la distanza pupillare. Anche la regolazione in altezza dei tubi porta−oculari (quelli che servono alla correzione delle anisometropìe) rientra in questo gruppo di cause;

− a volte, il difetto di parfocalità non dipende dagli obbiettivi ma dai fori del revolver, che non sono tutti alla stessa altezza; lo si verifica spostando gli obbiettivi da un foro all'altro;

− in rari casi, un peggioramento nella parfocalità dipende dall'inserimento di organi intermedi (filtri, prismi, compensatori, ecc.).

Verificate queste possibilità e queste regolazioni, se si conclude che è colpa degli obbiettivi, si cerchi il miglior fuoco con l'obbiettivo più debole e si cerchi di adattare i più forti su di esso: conviene prendere come riferimento il più debole poiché una correzione su di esso implicherebbe una maggior variazione delle distanze (la loro focale è maggiore).

Ecco i vari casi.

L'ideale è possedere un obbiettivo che comprenda al suo interno un meccanismo di

[29] Certi tubi a doppia slitta non provocano una variazione della lunghezza del tubo poiché possiedono un meccanismo interno di compensazione, meccanico (Leitz) od ottico (Wild).

regolazione della lunghezza meccanica Lo[30](fig. 10). Ma sono ben pochi i costruttori che adottano questi accorgimenti, anche se si tratta di una cosa molto semplice.

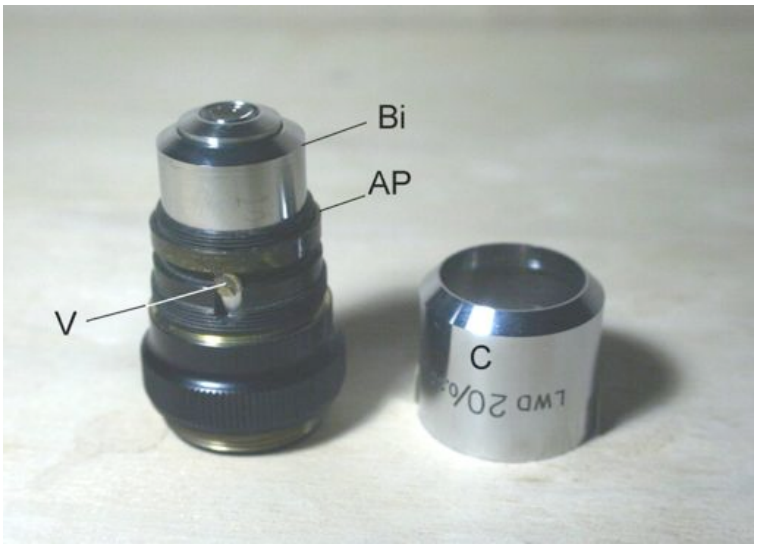



Fig. 10 − In questo obbiettivo, il barilotto interno (Bi), che porta il pacco lenti, scorre all'interno della montatura generale (in nero) per assicurare il normale movimento "a pompa" o "telescopico". Il fine corsa di questo movimento è dato dalla testa della vite V che scorre in una fenditura ricavata nella montatura; ma la vite V, avvitata su Bi, spinti entrambi verso l'esterno dalla molla interna, si ferma su un anello (AP) che si avvita sulla montatura generale. Ruotando AP, si varia quindi il fine corsa del movimento di V e quindi di Bi. Così si regola la Lo dell'obbiettivo e si perfeziona la parfocalità.
(Euromex acrom. 20 LWD) 307

Abbandonando questa speranza, occorre modificare l'obbiettivo.

Nel caso che l'obbiettivo sia troppo corto (per focalizzarlo occorre avvicinarlo all'oggetto), il sistema più semplice è misurare "quanto gli manca": con la micrometrica si misura la distanza di messa a fuoco fra esso e l'obbiettivo più debole (preso come riferimento). Poi si cerca un foglio (plastica, alluminio, carta, ecc.) avente proprio quello spessore. Con una "fustella"da 25 mm se ne ricava un dischetto e si fora quest'ultimo con un'altra fustella da 20 mm, in modo da ottenere un anello. L'anello si infila sull'estremità filettata dell'obbiettivo in modo da impedire che esso venga ad avvitarsi a fondo nel foro del revolver.

Più semplice ancora è ritagliare dal foglio di cui sopra tre pezzetti di circa 2 x 3 mm ed incollarli sulla battuta dell'obbiettivo (fig. 11) a 120° l'uno dall'altro, vale a dire ai vertici di un triangolo equilatero: Questi tre rettangolini svolgono la stessa funzione dell'anello, ma occorre incollarli sulla battuta per evitare che si spostino o cadano: con uno solo o due di essi, l'obbiettivo sarebbe portato ad inclinarsi appena lo si avvita a fondo.

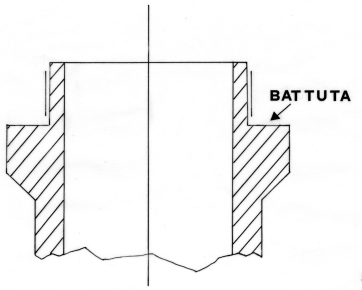



Fig. 11

Sempre se l'obbiettivo è "corto" si può modificare il fine corsa inferiore dell'eventuale movimento telescopico (fig. 12). Qui si tratta di togliere un piccolo spessore da una delle due superfici che si toccano mentre la molla spinge verso il basso il barilotto generale (Bg in fig. 12). Tali superfici sono ricavate l'una dall'orlo rientrante della montatura generale (O, all'estremità inferiore di Mg) e l'altra dalla battuta inferiore del barilotto generale (B, in Bg).

Tornire la superficie interna dell'orlo in rilievo O richiede un utensile appositamente sagomato e molta delicatezza. Meglio tornire la battuta esterna B del barilotto Bg. A questo fine, occorre serrare con molta delicatezza il barilotto stesso fra le ganasce di un mandrino autocentrante e lavorare con lo "spigolo tagliente" di un normale utensile (S in fig. 13).

Il barilotto BG va serrato il meno possibile[31] per un'estremità nel mandrino e, per assicurarne la centratura, se ne infila l'altra estremità in una contropunta (CP in fig. 13) ricavata da un

[30] Vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.1.2.

[31] "Il meno possibile" poiché il barilotto generale Bg viene a contatto colla superficie interna della montatura generale Mg attraverso due costole in rilievo (S, in fig. 12); la tolleranza di questo accoppiamento è dell'ordine di uno o pochi centesimi e la minima deformazione delle superfici S bloccherebbe il movimento telescopico. In questo senso, è bene che il pacco lenti rimanga nel barilotto generale, in modo da aumentarne la rigidità.

cilindro di alluminio o plastica del diametro di 10 − 15 mm. Affinché il barilotto frontale dell'obbiettivo venga toccato solo sull'orlo, questa contropunta dovrà essere stata incavata con una punta da trapano dello stesso diametro della contropunta stessa (fig. 13, a destra). Dopo la centratura dell'obbiettivo, la contropunta andrà allentata di pochissimo, in modo da ridurre l'attrito con la punta dell'obbiettivo. Un goccio d'olio migliorerà le cose.

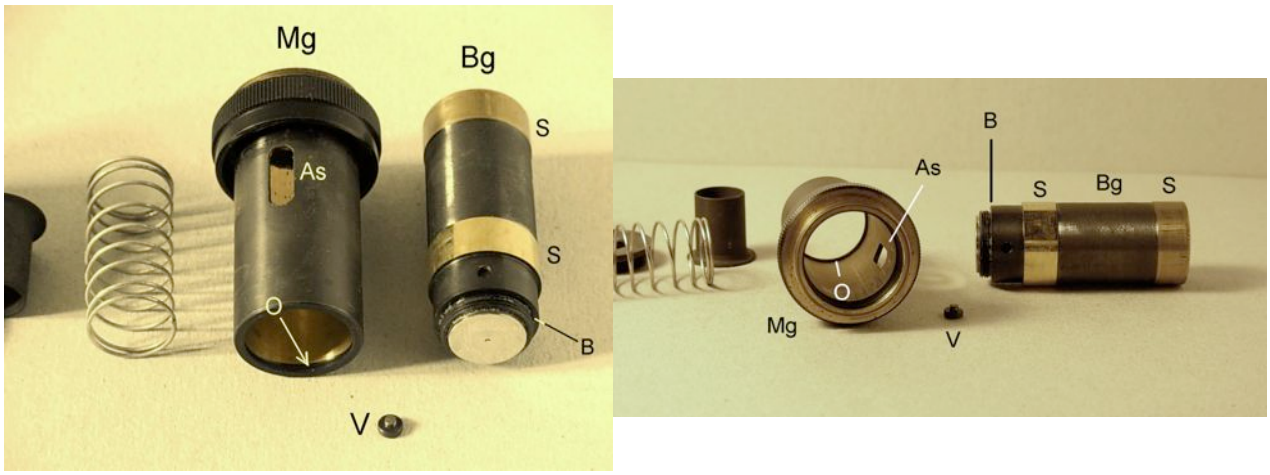



Fig. 12 − Sono le due superfici (O e B) che, venendo a contatto, determinano il fine−corsa inferiore del movimento telescopico dell'obbiettivo, e quindi la sua lunghezza ottica. La molla a sinistra spinge il barilotto generale Bg verso il basso della montatura generale Mg. Visibile, all'estremità inferiore di Bg, uno dei fori di centratura. La vite V, che si avvita sul fianco del barilotto Bg, scorre nell'asola As durante il movimento telescopico (Obbiettivo Zeiss Jena acrom. 100 HI). Jena HI 08 / Jena HI 20

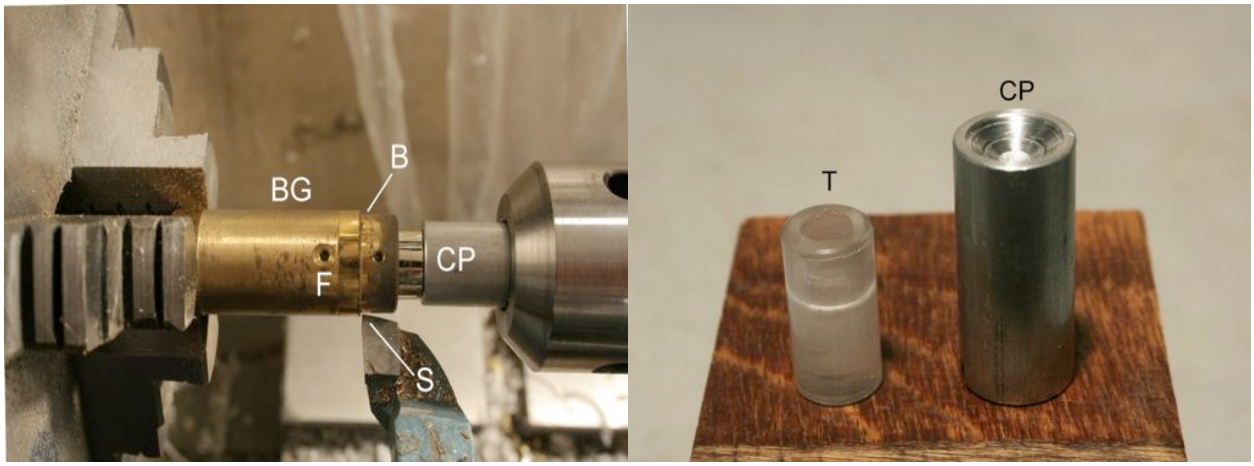



Fig. 13 − Lavorazione della battuta (B) del barilotto generale di un obbiettivo. Il barilotto BG è tenuto centrato dalla contropunta incavata CP. Il foro F è destinato ad accogliere la vite V della figura precedente.
559 / 566

Quando invece l'obbiettivo è "troppo lungo" (occorre allontanarlo dall'oggetto per focalizzarlo rispetto all'obbiettivo più debole), conviene tornire la battuta di appoggio dell'obbiettivo stesso (fig. 11) serrando l'obbiettivo nel mandrino (fig. 14).

Questa operazione però è corretta solo nel caso che la superficie esterna dell'obbiettivo, magari dopo aver tolto la camicia[32], sia esattamente cilindrica. In caso contrario, occorrerà realizzare un supporto capace di rendere l'asse dell'obbiettivo coincidente con quello del mandrino.

In casi particolari, è possibile sfruttare ancora il movimento telescopico, se c'è: le superfici O e B di fig. 12 possono venir allontanate fra loro in modo da accorciare il fine corsa inferiore. Si fa il contrario del caso precedente: non si toglie materiale dalla battuta B, ma la si alza incollandovi minuscoli pezzetti di carta o di fogli sottili (per es. i fogli d'alluminio per alimenti)

[32] Il termine "camicia" è spiegato a pag. 43: "sottile canotto che riveste il barilotto generale o la montatura, che nasconde alcune parti interne, come i fori di centratura, e porta le notazioni".

oppure pezzetti di sottili fili, anche capelli. Per non procedere a casaccio, si misura lo spessore necessario per mezzo della micrometrica, e si trova lo spessore corretto del foglio o del filo con un "Palmer" (micrometro centesimale a ganasce).

Negli obbiettivi antichi senza molleggio, del tipo di fig. 42 o 43, in cui tutto il pacco dei barilotti singoli è calettato all'interno di un barilotto generale e serrato dall'alto da un anello a vite, si può tentare una correzione allentando la filettatura di serraggio ed inserendo piccoli spessori sotto il pacco dei barilotti, sull'orlo del barilotto frontale.

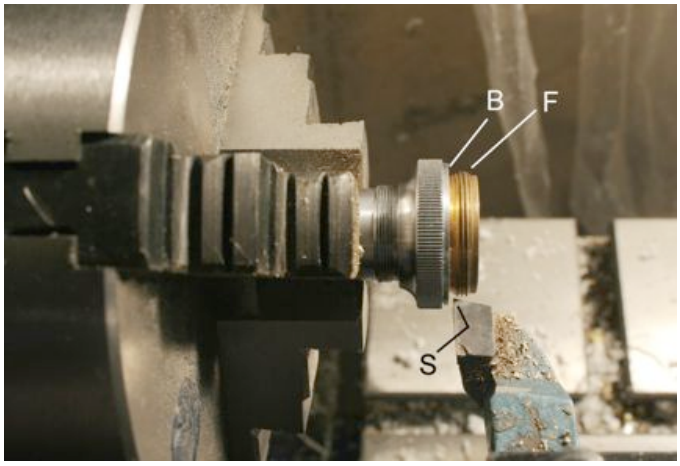



Fig. 14 − Riduzione della battuta dell'obbiettivo (B) al fine di diminuire la sua lunghezza meccanica. Lo spigolo tagliente dell'utensile (S) dovrà essere sagomato in modo da non toccare la filettatura di fissaggio (F). 553

LE ABERRAZIONI (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13)

Abbiamo già chiarito il concetto e l'importanza dell'aberrazione cromatica trasversale (CVD) e della sua "compensazione". Abbiamo spiegato i termini "in asse", "fuori asse" (nota 6), "campo" (pag. 3), "correzione" (nota 1), ecc.

Ora, con l'obbiettivo in mano, vediamo di illustrare come si presentano le varie aberrazioni e come, a volte, si può porre qualche rimedio.

Gli strumenti principali per questa analisi sono un **reticolo** con un passo di 20 − 50 µ (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 17.2, 19.5.4 e 31.2.9) e lo "**star test**" (vedi lo stesso manuale, Cap. 13.2.5, 18.4 e 31.2.9). Questi due "vetrini−test" non sono facilmente reperibili in commercio; per informazioni, rivolgersi all'autore di questo testo[33], che sta studiando il problema.

Il reticolo può essere osservato con la normale illuminazione, in modo da mettere l'occhio nelle migliori condizioni di osservazione. Per lo star test occorre invece la massima intensità d'illuminazione: lampada alimentata al massimo, condensatore a forte apertura, ben focalizzato, col diaframma d'apertura tutto aperto; diaframma di campo tutto aperto, assenza di qualunque tipo di filtro.

[33] Recapiti in fondo all'articolo.

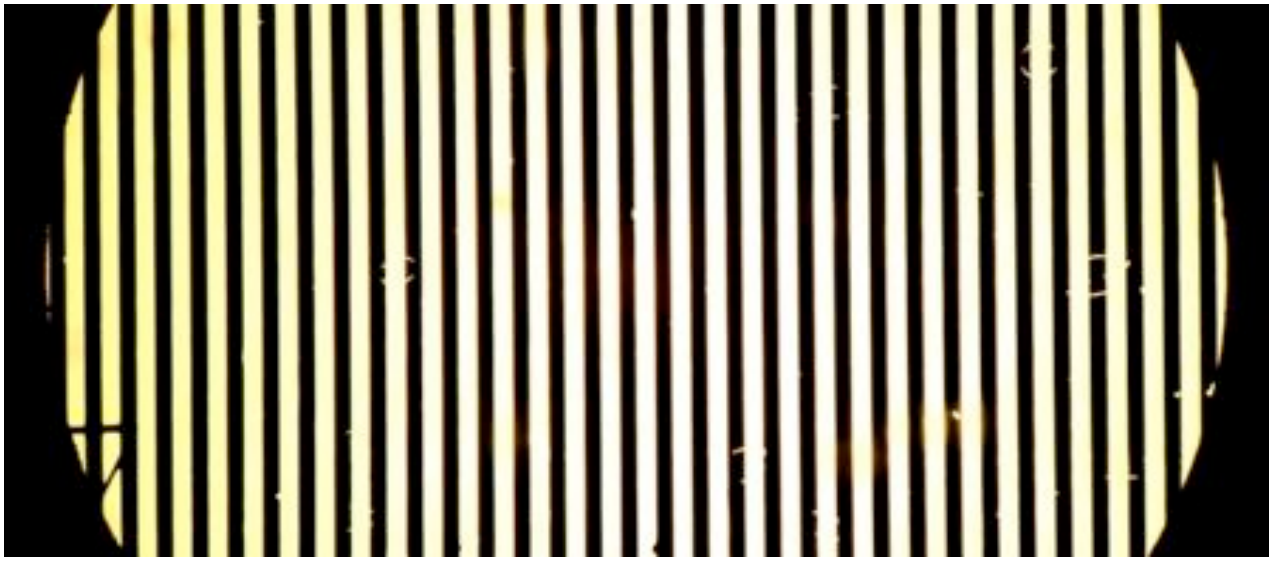


Fig. 15 − Come deve apparire il “reticolo” attraverso una coppia obbiettivo+oculare ben corretta da CVD. (Obbiettivo Koristka acrom. 12 + oculare Zeiss Jena P 10x acrom.) 285

Cominciamo con la

**Aberrazione cromatica trasversale o CVD.**

Occorre un reticolo o qualcuno dei surrogati descritti nel “Manuale” di cui sopra al cap. 19.5.4. Supponiamo per ora che le altre aberrazioni siano ragionevolmente corrette.

Si metta a fuoco il reticolo con l’obbiettivo in esame; si cerchi il miglior fuoco su tutto il campo e non lo si sposti più. Si abbia cura di realizzare una buona illuminazione secondo lo schema di Köhler. Il diaframma d’apertura può essere chiuso anche un po’ in eccesso poiché la CVD non dipende dall’apertura.

Un obbiettivo ben corretto ed accoppiato con l’oculare adatto (supponendo nessun contributo dovuto al tubo e ad altri mezzi interposti) deve dare un’immagine come quella di fig. 15, completamente “color free” su tutto il campo; nessuna bordatura colorata ad entrambi i lati delle righe del reticolo, fino ai confini del campo. Si osservino bene i bordi delle righe tangenti al margine del campo: è lì che si manifesta la “differenza cromatica d’ingrandimento” o CVD.

Ora si osservi la fig. 16, qui a fianco.

I margini esterni delle righe chiare del reticolo, nel passaggio luce−buio, mostrano un orlo blu: segno che l’ingrandimento per le lunghezze d'onda minori (regione del blu) è maggiore (le righe chiare debordano su quelle nere più nel blu che nel rosso).

(Obbiettivo Leitz 10 semiapocrom. + oculare Zeiss Jena P 10 x, acromatico). 278b

Qui la CVD è sottocorretta: l’obbiettivo è un semiapocromatico classico che ingrandisce più nel blu che nel rosso; la sua CVD non è molto corretta. L’oculare è acromatico e quindi non porta alcuna compensazione.

Ed ora confrontiamoci colla fig. 17.

I margini delle righe hanno ancora sfumature di blu e rosso, ma in ordine inverso rispetto al caso precedente. L'ingrandimento è maggiore nel rosso: le righe chiare debordano verso l'esterno più nel rosso che nel blu.

Poiché l'oculare è compensatore forte (Lomo 10x), il margine del campo visuale è bordato di rosso.

(Obbiettivo Koristka acrom. 12).

287

Qui, la CVD è sovra-corretta poiché l'obbiettivo (un acromatico debole, di per sé corretto di CVD) è stato accoppiato con un oculare compensatore forte che corregge una CVD inesistente e quindi "sovra-corregge".

Quando si presenta uno dei casi di fig. 16 o 17, il rimedio consiste nel cercare l'oculare giusto (tenuto conto anche di altre parti ottiche interposte fra obbiettivo ed oculare). Ecco perché, più sopra, abbiamo consigliato di procurarsi la gamma più ampia possibile di oculari, anche di vari costruttori, poiché la mancata "sintonia" fra obbiettivo ed oculare si verifica anche fra prodotti della stessa casa, soprattutto se prodotti in anni diversi.

**Aberrazione cromatica longitudinale o assiale**

Questa aberrazione si presenta su tutto il campo e si riconosce quando nascono delle sfumature colorate nelle righe del reticolo, di colore complementare al variare del fuoco. Per evitare di confonderla con la CVD, è bene cercarla al centro del campo, dove la CVD è assente.

Nei sistemi moderni, la cromatica long. sta diventando sempre più corretta e raramente è percettibile. Era visibile negli acromatici della Zeiss Jena prodotti nella serie "Mikroval", prima del 1980 circa ed in altri sistemi "classici".

Nei sistemi migliori, però, come quelli appena citati, nelle condizioni di miglior fuoco le bordature colorate divengono impercettibili, e appaiono solo variando il fuoco un po' sopra ed un po' sotto al miglior compromesso. Si vedano le figure seguenti.

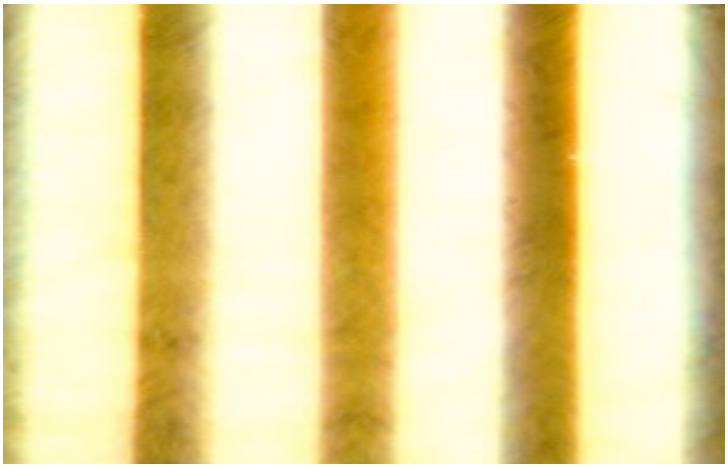


Fig. 18 − Effetto della cromatica longitudinale sottocorretta: con fuoco "corto". Se la messa a fuoco è stata eseguita per la "regione del blu", appare sfocata l'immagine nel rosso, la quale quindi si sovrappone all'immagine creata dalle altre lunghezze d'onda. L'immagine globale appare quindi velata di rosso. (Obbiettivo Zeiss Jena 12,5 acrom. Epi).

512

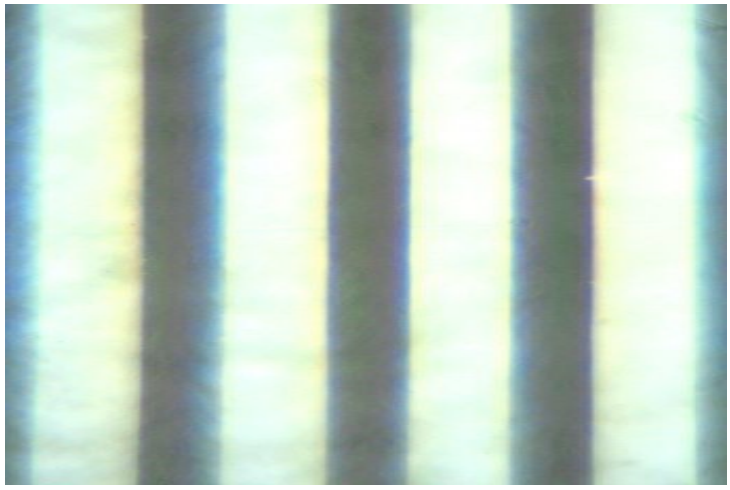


Fig. 19 − Leggera sfocatura, ma di segno opposto a quella della figura precedente. La messa a fuoco è stata ottimizzata nella "regione del rosso" e rimane quindi un velo blu.

La cromatica longitudinale è sottocorretta ed un leggero errore di focalizzazione crea una specie di "dominante di colore". 504

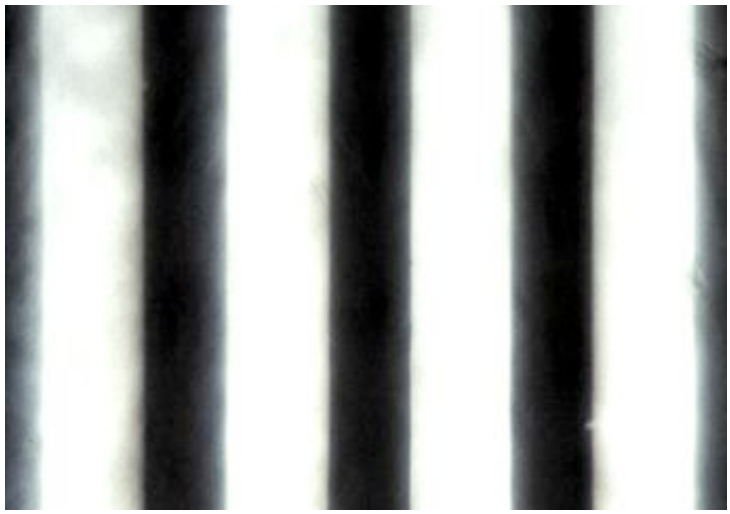


Fig 20 − Stessa situazione, ma in condizioni di miglior fuoco: l'immagine può apparire relativamente acromatica.

Si noti però che le ultime tre fotografie sono state fortemente ingrandite allo scopo di mettere meglio in evidenza l'aberrazione: in condizioni normali, l'effetto è poco percepibile. 507

Nelle tre foto precedenti, è presentato un caso limite. Di solito, un residuo di cromatica longitudinale appare come leggere bordature verdi (allontanandosi da un lato della posizione di miglior fuoco) e viola (dall'altro lato).

A questa aberrazione l'utilizzatore non può porre rimedio e non esistono oculari capaci di compensazione: tutti gli oculari in commercio sono ragionevolmente corretti per la cromatica longitudinale.

**Sferica** (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.2.3)

Questa aberrazione ha un ruolo fondamentale nel determinare il valore massimo della definizione e della risoluzione e la sua importanza cresce (in una lente non corretta) con la terza potenza dell'apertura. Ecco perché gli obbiettivi forti sono sempre nel mirino del micrografo pignolo. E si badi: una bordatura colorata da aberrazione cromatica si può facilmente rivelare nell'immagine di un oggetto molto contrastato, ma un alone da sferica è privo di colori e solo molto esercizio consente di percepire la perdita di definizione.

Supponiamo di conoscere già il meccanismo della sferica e le possibilità di intervento. Vogliamo riassumerle?

−− Variare lo spessore del copri−oggetto. Ovviamente questo non è possibile in un vetrino già confezionato.

−− Gli obbiettivi "a correzione" portano un anello graduato che permette di adattare l'obbiettivo a spessori di lamella variabili in una gamma che va da un minimo di 0,11 − 0,22 mm ad un massimo (certi tipi moderni, costosissimi) di 0 − 2 mm. A spessore di lamella fisso, questo anello consente di introdurre un residuo di sferica di segno e valore variabile, in modo da compensare un eventuale residuo dell'obbiettivo.

−− Variare la lunghezza del tubo. Spesso questo è possibile solo variando la distanza pupillare dei tubi bioculari a doppia slitta o l'altezza dell'oculare. Eventualmente, la lunghezza del tubo si può aumentare con qualcuno dei raccordi filettati per obbiettivi. Anche in questo caso, la variazione della lunghezza del tubo può compensare il residuo di sferica dell'obbiettivo.

−− Variare l'indice dell'eventuale liquido d'immersione. Anche questo non è facile poiché i liquidi in commercio sono spesso ad indice assai prossimo a 1,51. Liquidi ad indice maggiore sono spesso usati dai diatomeisti per ragioni di contrasto. Ad indice minore sono l'olio di vaselina e la glicerina. Purtroppo questi liquidi sono raramente miscibili fra loro e non consentono quindi di realizzare delle miscele a proporzione variabile capaci di "modulare" il residuo di sferica.

−− Quando si ha a che fare con obbiettivi "wasser", ad immersione in acqua, è possibile realizzare miscele con glicerina (ammesso che questo sia tollerato dall'oggetto). Più semplice è il caso dei (rari) obbiettivi ad acqua previsti per lavorare con una normale lamella; essi sono riconoscibili dalla notazione "W" e "0,17"; in questi casi, il liquido in cui sono sospesi gli oggetti è separato per opera della lamella dal liquido d'immersione e su quest'ultimo si ha la massima libertà d'intervento.

Il controllo della sferica è quasi impossibile con un normale preparato. Solo una grande esperienza può dare qualche indicazione mentre si osservano oggetti molto piccoli e molto scuri su fondo chiaro (inchiostro di China fortemente diluito in acqua) oppure oggetti chiari su fondo scuro (tempera bianca molto, ma molto diluita, osservata in fondo scuro). Si dovrà accertare se gli effetti della sfocatura sono o non sono simmetrici quando si sfoca di pari misura nei due sensi.

Il mezzo d'elezione ed il più facile da usare è invece lo "**star test**".

Diamo per scontata la conoscenza della struttura ideale della "**centrica**" (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 18.3 e 18.4). Ricordiamo anche che la sferica va osservata "in asse" poiché altrove si sovrapporrebbero su di essa tutti i residui delle aberrazioni extra−assiali, i quali potrebbero nasconderla.

Sappiamo già dal testo citato che la sferica si manifesta col fatto che la centrica appare con diverso aspetto ("immagine sfumata" ed "immagine ad anelli") partendo dalla posizione di miglior fuoco ed allontanandosi da essa in pari misura da un lato o dall'altro (vedi la fig. 21). Questa "pari misura" si accerta misurando lo spostamento della micrometrica, come risulta dalla scala graduata presente su almeno una delle manopole.

L'immagine "ad anelli", se non vi sono altre aberrazioni o perdite di contrasto che la alterino, appare come si vede a sinistra della fig. 21: anelli più intensi e più numerosi del solito, disco centrale ("di Airy") più piccolo del solito e magari "invertito" (scuro), a seconda della messa a fuoco.

L'immagine "sfumata" (a destra in fig. 21) appare invece assai sfumata, senza confini netti, al massimo con una piccola zona centrale più chiara.

Qualche esempio realistico nelle figure seguenti.

Fig. 21 − Come appare la centrica in presenza di sola sferica, sopra o sotto (ai lati della figura) o nella posizione di miglior fuoco (al centro).

DD1 − 55

Il segno della sferica è dato dalla regola empirica: "*Se l'immagine "ad anelli" si presenta quando l'obbiettivo si avvicina all'oggetto ("focheggiatura corta"), la sferica è sottocorretta, e ciò dipende da una lamella troppo sottile, da una lunghezza del tubo insufficiente o da un indice insufficiente dell'eventuale liquido d'immersione. L'immagine ad anelli con "focheggiatura lunga" (quando l'obbiettivo si allontana dall'oggetto) significa che vi è un residuo di sferica*

*sovracorretta che dipende da cause opposte a quelle sopra citate.*

Presentiamo ora alcune serie di figure, ogni serie contenente da tre a cinque foto riprese in varie posizioni di fuoco, con sovrapposizione, in certi casi, di altre aberrazioni, che verranno opportunamente commentate volta per volta.

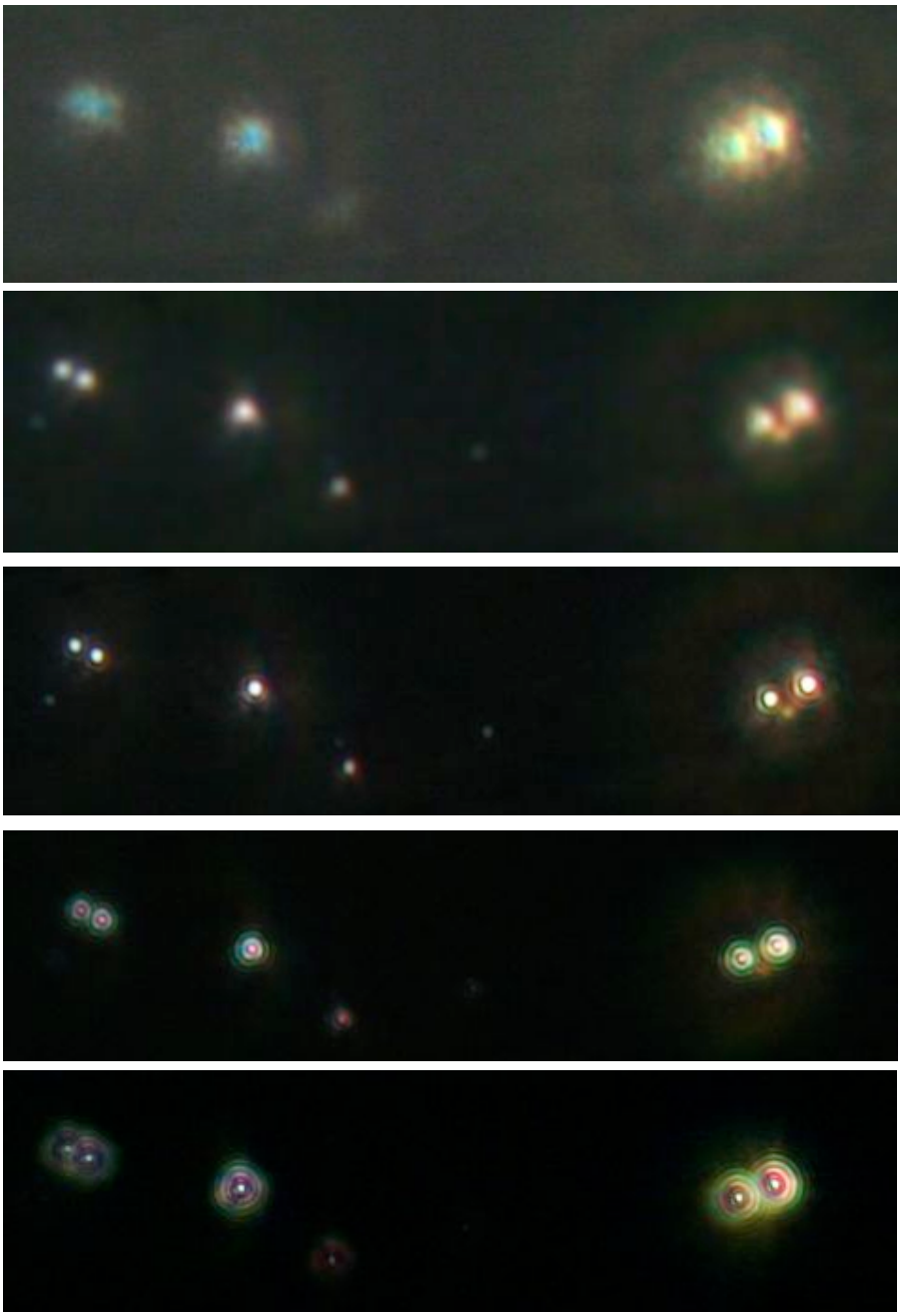


Fig. 22 − Un gruppo di centriche corrispondenti ad altrettanti forellini dello star test (di vario diametro, ma tutti più piccoli della centrica ideale[34]).

La posizione del fuoco è diversa per ognuna delle foto, passando gradualmente da una tipica "immagine sfumata" (in alto) ad una tipica "immagine ad anelli" (in basso). Queste differenze nell'aspetto della centrica al variare del fuoco sono l'indice sicuro di un forte residuo di sferica nell'obbiettivo in esame.

Qui non sono presenti apprezzabili residui di altre aberrazioni.

L'immagine centrale, corrispondente alla posizione di miglior fuoco, mostra una centrica che sembra normale, ma in realtà è più grande di quanto si avrebbe in assenza di sferica e gli anelli sono più intensi.

L'immagine ad anelli, in certe posizioni di fuoco, mostra un disco di Airy più piccolo del normale, che può anche "invertirsi", vale a dire diventare scuro.

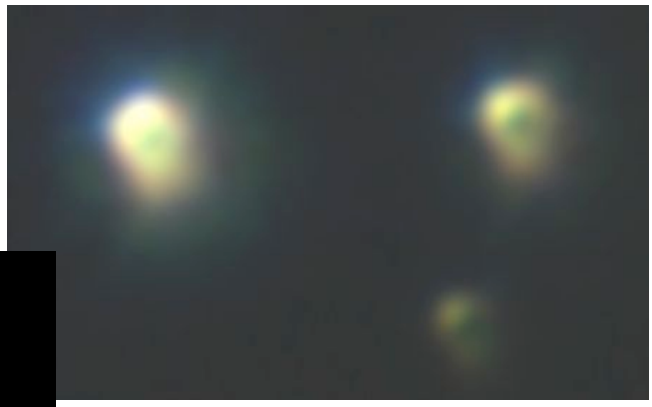
(Obbiettivo Koristka 8* [64 x] semiapocrom. + oculare Leitz 8).

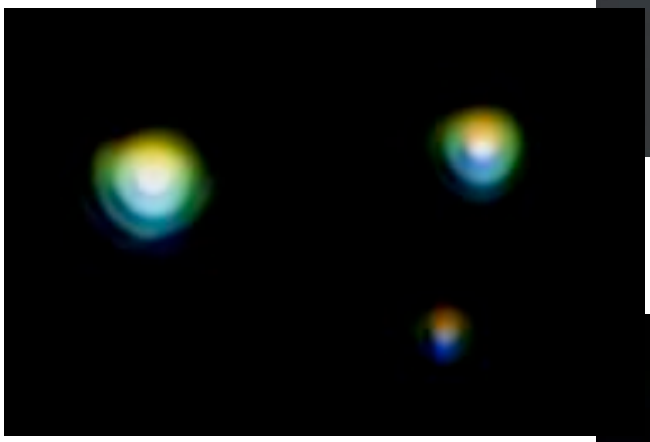
210/222

Si tenga presente che la centrica, con un normale oculare, appare assai piccola e pertanto le foto sono state ritagliate da una porzione piuttosto piccola del campo visuale. Una foto a tutto campo mostrerebbe solo dei puntini chiari, poco significativi.

[34] Questa affermazione si basa sul fatto che, nel nostro esempio, la struttura della centrica è la stessa, indipendentemente dalla sua luminosità.

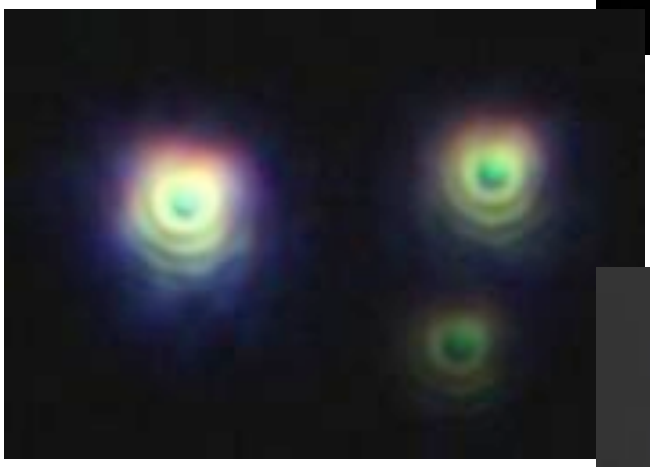
Fig. 23 − Altri forellini dello star test con le relative centriche. L'obbiettivo mostra un forte residuo di sferica ed un leggero residuo di coma.
Qui la sfocatura mostra la "immagine sfumata".
L'ingrandimento finale è forte. →



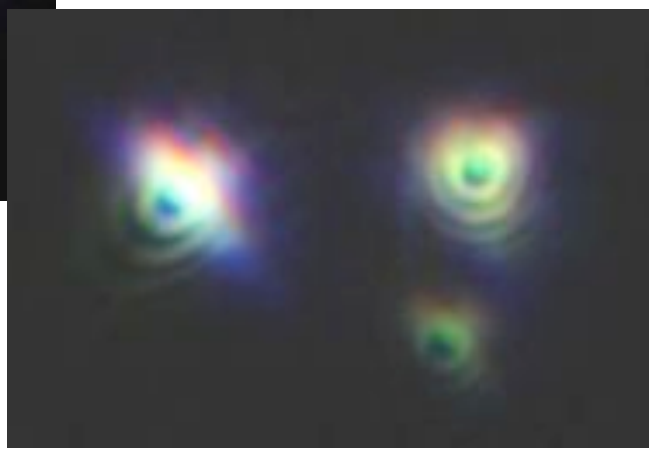


← Questa immagine è nel miglior fuoco, ma l'intensità degli anelli dimostra che la sferica, comunque, non è corretta.

Sfocando ulteriormente, cominciano a comparire gli anelli, ma con una leggera "coda" di coma diretta in basso. Inoltre, vi sono evidenti bordature colorate verso l'alto ed il basso, che dimostrano un residuo di CVD. →



← Immagine ad anelli più pronunciata, ancora con leggera coda di coma verso il basso e bordature colorate da CVD. Il disco di Airy è quasi invertito.



Aumentando sfocatura ed intensità dell'illuminazione, compaiono anche i segni di un leggero astigmatismo (anomalo perché diretto in direzione diversa dalla coda della coma). →
(Obbiettivo Koristka 6 [52x] acrom. + oculare Leitz Periplan 20x). 244−247

Inoltre, nessuna fotografia può mostrare integralmente le sfumature ed i dettagli di oggetti così piccoli, né rendere i contrasti come appaiono all'osservazione visuale. In particolare, l'immagine "sfumata" (prima e seconda foto di fig. 22) ha un profilo fotometrico ( = distribuzione di intensità) che nessuna foto può rendere fedelmente. Solo l'osservazione diretta ed una certa consuetudine collo star test permettono di ricavare da queste macchioline luminose molte informazioni sulle prestazioni di un obbiettivo.

Fig. 24 − Immagine sfumata (a sinistra) e ad anelli (a destra) in presenza di una leggera sferica. Si noti però che le due centriche sono allungate verso il basso ed a destra nell'immagine sfumata e verso il basso a sinistra nell'immagine ad anelli. Ciò è dovuto ad un residuo di astigmatismo sovrapposto alla sferica. Infatti, nelle due diverse posizioni di fuoco, si sovrappongono le deformazioni da sferica ("immagine sfumata" e "ad anelli") e le "focaline" da astigmatismo, che sono dirette a 90° l'una dall'altra.

(Obbiettivo Koristka 6 [52x] acrom.+ ocul. Leitz 8. 224−228

**Coma** (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.2.4)

Per ora parliamo della coma "normale" o "simmetrica", quella che si può presentare (solo "fuori asse") in un sistema ottico delimitato da superfici sferiche tutte centrate sullo stesso asse. Vedremo poi la "coma in asse" o "asimmetrica".

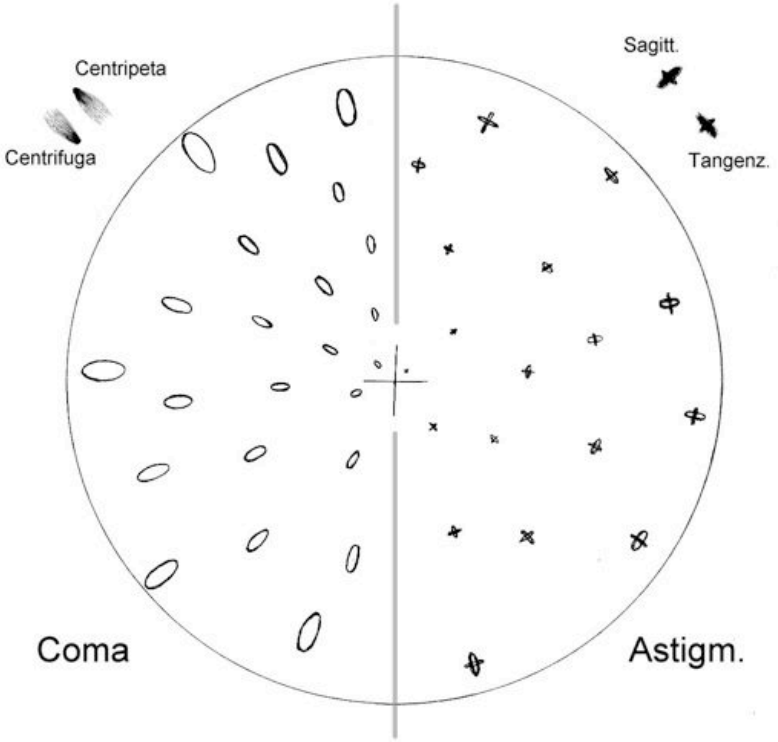



Fig. 25 − Schema di coma ed astigmatismo "simmetrici". La figura di coma è sempre allungata in direzione radiale (verso il centro del campo), mentre quella di astigmatismo (focalina) può essere radiale o "tangenziale" a seconda della messa a fuoco. Questo comportamento consente di distinguere con sicurezza le due aberrazioni.

La "coda" della coma è sfumata da un lato e si concentra in un punto luminoso dall'altro lato. La coda è diretta verso il centro (centripeta) o verso la periferia (centrifuga).

La lunghezza delle focaline astigmatiche è proporzionale all'apertura ed al quadrato del campo.

Aberr−001

In altre parole, questa aberrazione è "extra−assiale", cioè esiste, in un sistema centrato, solo

fuori dal centro dell'immagine. La sua importanza, in una lente non corretta, è circa proporzionale al "campo" ed al quadrato dell'apertura. Essa va quindi ricercata sui margini del campo ed è per questo motivo che molti costruttori la trascurano, sperando che nessuno se ne accorga.

Poiché essa altera la forma della centrica normale, va studiata con lo star test.

La figura[35] di coma varia di forma al variare della messa a fuoco (fig. 26), ma è sempre diretta radialmente e non diventa mai circolare; la figura data dall'astigmatismo (focalina), invece, può essere all'incirca rotonda, oppure allungata radialmente oppure tangenzialmente a seconda della messa a fuoco. Questa differenza consente di distinguere a colpo d'occhio l'una aberrazione dall'altra.

Oltre a muovere continuamente la messa a fuoco, la coma va osservata con un oculare a campo grande, almeno 18 mm; infatti, questa aberrazione è extra assiale, ed un campo (un "indice di campo" dell'oculare) troppo piccolo la nasconderebbe. Per osservare la sferica, al centro del campo, si può usare un oculare forte, anche se ha campo piccolo; ma per le aberrazioni extra assiali occorre controllare un campo più grande possibile, anche se all'interno del "campo nominale" dell'obbiettivo (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.2.4). Occorre poi che il tubo porta-oculari (o gli eventuali tubi intermedi) abbia un "fattore di tubo" (vedi il solito Manuale, Cap. 24.1.5) pari ad 1,0, altrimenti il campo dell'obbiettivo sottoposto effettivamente a controllo verrebbe ridotto.

Se un obbiettivo mostra un residuo di coma[36] (per ora ci occupiamo di coma simmetrica), per l'utilizzatore non esiste alcun modo di correggerla o compensarla.

Le varie foto della fig. 26 sono state riprese alla periferia del campo di un obbiettivo, di cui non facciamo il nome per pudore. Ma anche obbiettivi di chiara fama possono essere tarati da questa aberrazione. *Rien n'est parfait.*

Anche nelle foto che seguono, l'ingrandimento è forte per meglio rendere visibile il fenomeno.

[35] Per "figura" intendiamo qui l'aspetto della centrica, così come viene alterato dall'una o dall'altra aberrazione.

[36] Certi autori usano la parola "coma" al maschile. Ma "coma" viene dal latino, e significa "chioma", con chiaro riferimento alla forma allungata della figura, come di capelli lunghi e sciolti. Il femminile è quindi giustificato dall'etimologia. Sempre dalla radice latina "coma" deriva il termine astronomico "cometa".

Fig. 26 − Figure di coma in successive posizioni di messa a fuoco. Il centro del campo (l'asse) è in basso, fuori figura naturalmente. Attorno alle centriche si vedono degli aloni colorati, rossi nelle figure in alto, bluastri nelle figure in basso: residuo di cromatica longitudinale.

Si noti che queste centriche sono state fortemente ingrandite; nell'osservazione visuale sono assai più piccole.

(Obbiettivo acrom. 40 decentrato + oculare Leitz Periplan 20 x).

237−241

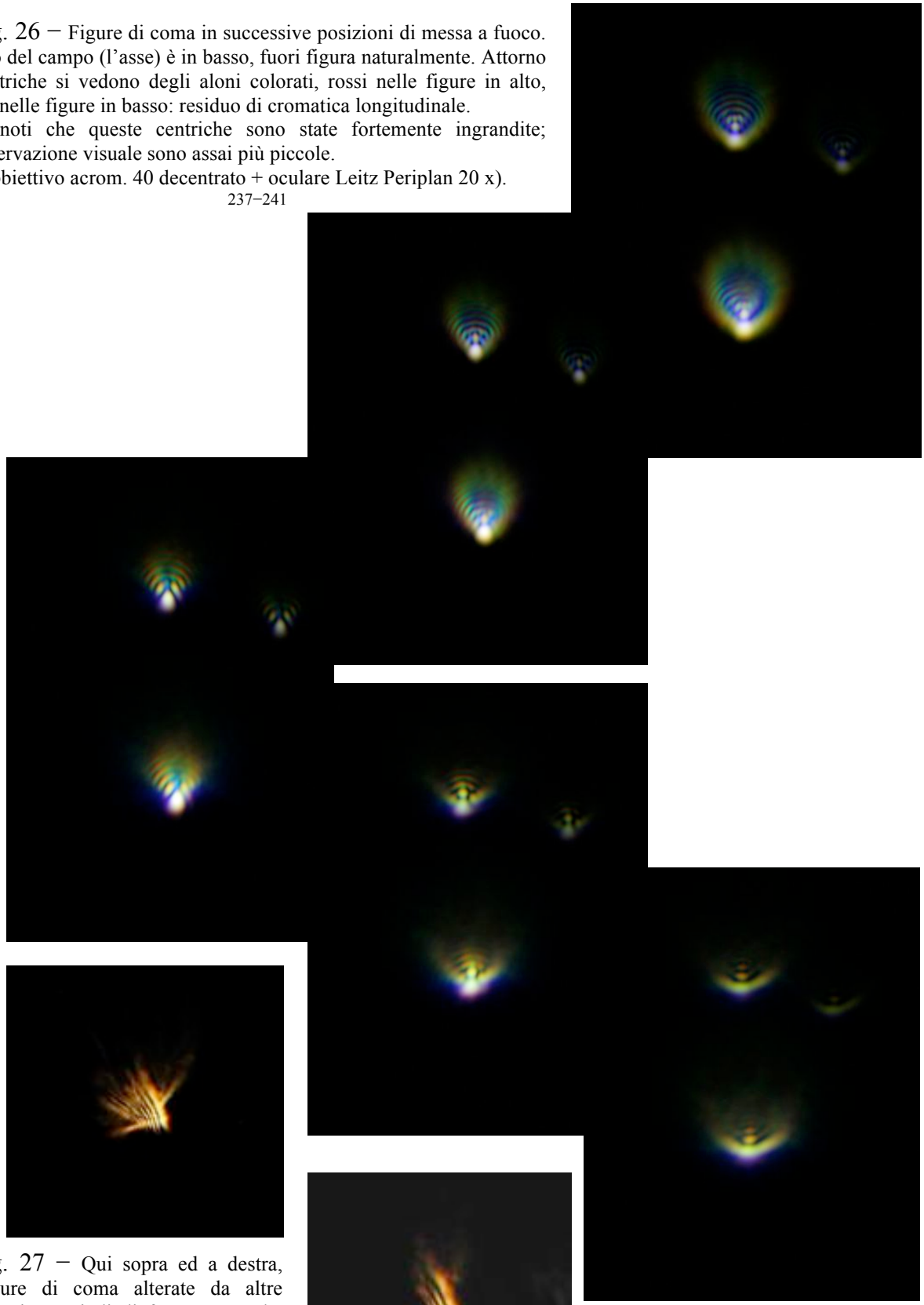


Fig. 27 − Qui sopra ed a destra, due figure di coma alterate da altre aberrazioni, e quindi di forma anomala, difficile da interpretare.

(Obbiettivo Zeiss Jena Planapocrom. 63/0,9 Korr, decentrato dall'origine. + oculare Zeiss Jena P 10x).

Jena Papo 63 d/g

**Astigmatismo** (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.2.5)[37]

Anche questo va cercato sui margini del campo (nominale) e focheggiando. Nella posizione di miglior fuoco, la centrica può sembrare normale ma sarà sempre più grande di quella ideale. Sopra e sotto il miglior fuoco, la centrica è allungata e si chiama "focalina": allungata radialmente ("sagittale" o "meridionale") o tangente alla periferia del campo ("tangenziale").

Fig. 28 − Focaline astigmatiche sopra, in centro e sotto la posizione di miglior fuoco.

Il centro del campo è in basso a destra, fuori figura. La figura superiore, quindi, corrisponde alle focaline tangenziali; quella inferiore alle focaline radiali o "sagittali". Quella di mezzo corrisponde alla posizione di miglior fuoco.

188/193/186

Senza un'accurata focheggiatura, quindi, l'astigmatismo può non apparire.

Si notino le bordature colorate (CVD).

Si noti anche che gli "anelli" della centrica normale sono invisibili: l'astigmatismo li nasconde.

Anche in questo caso, le figure sono state fortemente ingrandite.

Questa situazione viene ancora da un obbiettivo di fama.

(Obbiettivo Zeiss Oberkochen Neofluar 100/1,30 Oel + oculare Leitz 8x).

Per l'astigmatismo, solo pochi costruttori offrono oculari con un debole potere compensatore, e generalmente non lo dichiarano perché sarebbe come ammettere un difetto nei loro obbiettivi.

Per il resto, l'utente non ha mezzo di compensare l'astigmatismo.

Per contro, alcuni costruttori del passato, come la Wild, producevano oculari "fotografici" o "complanetici" che avevano lo scopo di spianare il campo dei loro semi−apocromatici, ma introducevano come conseguenza un discreto astigmatismo.

Coma ed astigmatismo si presentano dunque solo ai margini del campo; pertanto possono sfuggire ad un esame frettoloso e su questo contano i costruttori ed i venditori.

[37] Ricordiamo che si chiama "anastigmatico" un sistema ottico corretto da astigmatismo; se è corretto anche da curvatura di campo, si dice che è "planèico".

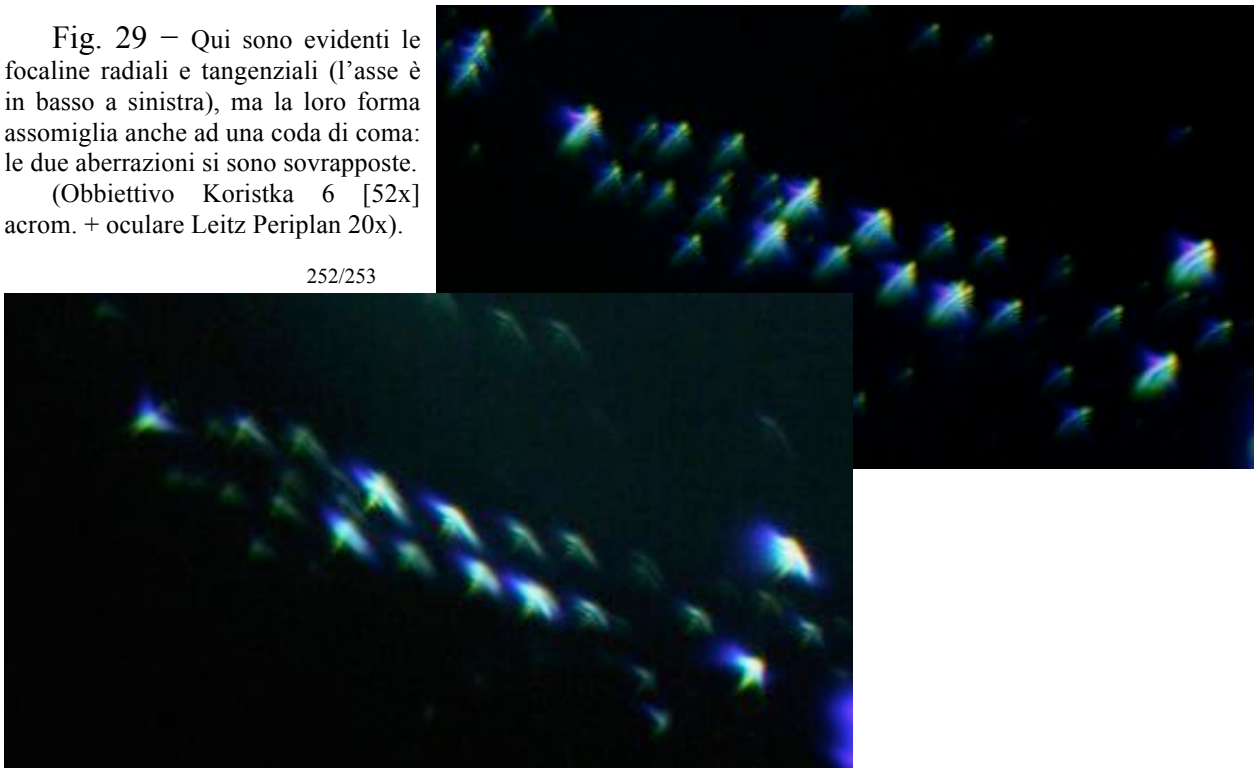


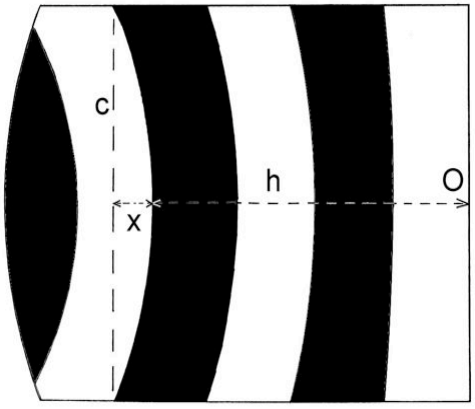
Fig. 29 − Qui sono evidenti le focaline radiali e tangenziali (l'asse è in basso a sinistra), ma la loro forma assomiglia anche ad una coda di coma: le due aberrazioni si sono sovrapposte.

(Obbiettivo Koristka 6 [52x] acrom. + oculare Leitz Periplan 20x).

252/253

**Distorsione** (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.1.2)[38]

Per rivelare la distorsione basta osservare un oggetto con un bordo diritto. Può essere il filo di una lametta da barba o una riga di un micrometro oggetto. Oppure un capello, una "bava" da pescatori, un filo di ragno, ben tesi sopra un porta−oggetto, possibilmente coperti da una lamella. Si può anche spalmare un porta−oggetti con inchiostro di China, lasciar seccare ed incidervi un solco con una lama affilata, guidando la lama con un bordo diritto; l'inconveniente di quest'ultimo metodo è che lo strato di China di solito viene strappato dalla lama e l'orlo dell'incisione è dentellato. Meglio di tutto il solito reticolo.




Avuto comunque un oggetto a bordo diritto, si ponga tale linea sulla periferia del campo visuale (ancora una volta, si usi un oculare col massimo indice di campo possibile ed un fattore di tubo pari ad 1 x). Se la linea pare ricurva nell'immagine, quella è distorsione. Se si vuole misurare la distorsione, si usi un micrometro oculare, possibilmente con un oculare positivo, per valutare la "freccia" (x) della linea curva come è visibile nell'immagine intermedia (di solito, la distanza fra le righe dei normali micrometri−oculare è pari a 100 µ). Si veda lo schema qui a lato.

Per ragioni di ripetibilità, la corda ("c" in figura) della quale si misura la freccia è bene rappresenti il lato di un quadrato esattamente inscritto nel campo (di cui occorre misurare il diametro, del quale calcolare il rapporto con x.).

Raramente la distorsione è tale da disturbare, e comunque tale disturbo sarebbe intollerabile solo se quantitativamente rilevante ai fini di misure geometriche sull'oggetto.

Il solo rimedio per l'utilizzatore è di lavorare al centro del campo o scegliere un oculare forte a basso "indice". Cambiare oculare può comunque essere utile poiché anch'esso può contribuire alla distorsione. I classici oculari "ortoscopici", positivi (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 20.4.2) vantavano l'assenza di distorsione propria.

[38] Un sistema corretto da distorsione si chiama "ortoscopico".

**Planarità del campo** (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.1.1)

Nessun obbiettivo produce un'immagine del tutto piana, e ciò del resto sarebbe inutile, sia per l'inevitabile presenza di un certo grado di profondità di fuoco, sia perché anche l'oculare e tutti i mezzi trasparenti presenti dopo l'obbiettivo dànno un loro contributo alla curvatura dell'immagine finale.

Il metodo classico per misurare la curvatura nell'immagine finale è di mettere a fuoco su un oggetto sottile[39] (striscio di cellule o batteri, micrometro oggetto, reticolo), prima al centro e poi sui margini del campo. Si usi al solito un oculare grandangolare ed un fattore di tubo pari ad 1 x.

Si leggano sulla scala graduata della micrometrica le due misure[40] e se ne faccia la differenza. Questa misura è obbiettiva, ma non dice molto poiché va rapportata alle dimensioni del campo: è ovvio che un obbiettivo debole mostra una maggior differenza fra le due posizioni di messa a fuoco, ma ha anche un campo più grande.

È quindi più utile una misura soggettiva: si metta a fuoco l'oggetto sottile in vista del miglior compromesso; poi si valuti quanta parte del campo immagine è "ragionevolmente" a fuoco. Una misura della curvatura si può avere dal rapporto fra il raggio del campo "ragionevolmente a fuoco" ed il raggio del campo nominale dell'obbiettivo.

Se tale rapporto si trova intorno all'80% ed il vostro obbiettivo vi è stato venduto come "planare", non arrabbiatevi troppo. Capita nelle migliori famiglie. Se poi si tratta di un "semi−planare", tutto è possibile: la correzione della curvatura di campo complica molto la ricetta ed aumenta i costi, oltre a causare una perdita di contrasto, rendere più difficile la correzione dell'astigmatismo, ecc. Non ci si può meravigliare quindi se i costruttori scendono a tanti compromessi.

Per la compensazione della curvatura d'immagine sono stati escogitati degli oculari "fotografici", già citati, che introducono però molto astigmatismo, degli oculari divergenti (i famosi "Homal" di Zeiss), che però sono inutilizzabili per l'osservazione, in quanto hanno una pupilla profonda, ecc. Tali oggetti sono del resto introvabili.

Si ricordi comunque che la curvatura di campo è dannosa solo in due casi:

−− la fotografia (a parte i moderni programmi capaci si sommare molte immagini riprese in diverse posizioni della messa a fuoco e poi di utilizzare solo le parti a fuoco di ognuna);

−− l'oggetto è sottile, in modo che la "superficie di miglior fuoco" non è più compresa nello spessore dell'oggetto (vedi la nota 39).

## L'ESAME DELLA PUPILLA D'USCITA

Parlando dei danni che possono provenire da un cattivo magazzinaggio o comunque dall'invecchiamento dell'obbiettivo, abbiamo accennato alla proliferazione di funghi inferiori, agli "appannamenti", corrosioni, ecc.

In sede di controllo, molti di questi difetti si rivelano meglio osservando la pupilla d'uscita dell'obbiettivo.

Si metta a punto l'illuminazione (diascopica) secondo i criteri di Köhler, si eliminino eventuali filtri smerigliati, si metta a fuoco su un preparato trasparente, e si osservi la pupilla d'uscita con uno di questi mezzi:

−− ad occhio; −− con una debole lente d'ingrandimento (non meno di 150 mm di focale, cioè non più di + 5 / + 6 diottrie); −− "con un microscopio ausiliario", del tipo usato in contrasto di fase; −− con la "lente di Amici−Bertrand", se disponibile.

L'ideale sarebbe poi di poter muovere a volontà uno degli specchi del sistema illuminante in

[39] L'esigenza di un oggetto il più possibile sottile è chiarita nel manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.1.1, e nella fig. 36 di esso.

[40] Per evitare l'effetto di giochi ed isteresi, si cerchi di arrivare al "miglior fuoco" ruotando la micrometrica sempre dalla stessa parte.

modo da inclinare fortemente il fascio. Ciò è facile solo quando la micro lampada è esterna allo stativo. In assenza di ciò, si supplisca con l'illuminazione obliqua.

Utilissimo è anche disporre di due filtri polarizzanti, uno prima del condensatore e l'altro sopra l'obbiettivo, da porre in posizione "incrociata" (vedi l'articolo n° 7, "La messa in opera del microscopio polarizzatore", nel sito www.funsci.com).

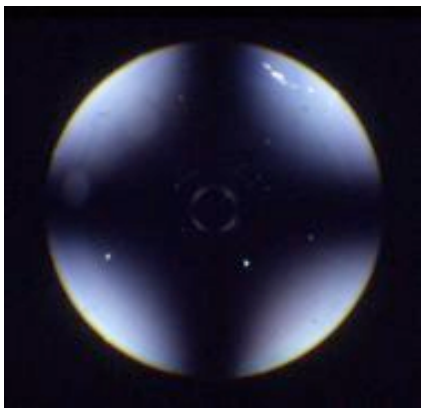
In questo modo, si osservano bene alcune caratteristiche dell'obbiettivo.

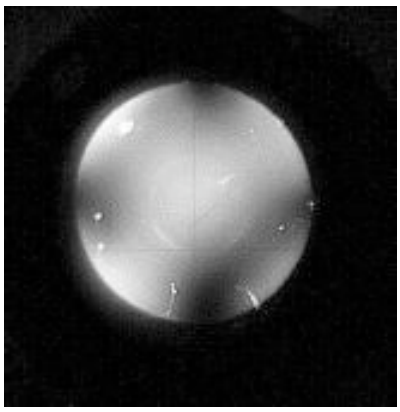
•• Fra Nicol incrociati (vedi la fig. 30 a − e):

a) vetri non tensionati, scarsissimi riflessi: ottimo per luce polarizzata (obb. Wild 40 Pol);

b) vetri tensionati; quest'obbiettivo, pur essendo di corredo di un microscopio polarizzatore, è da scartare (obb. Meopta 45 Pol);

Fig. 30 a − k : Figure visibili nella pupilla d'uscita di un obbiettivo.





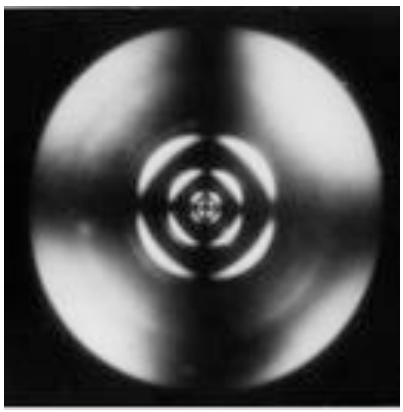
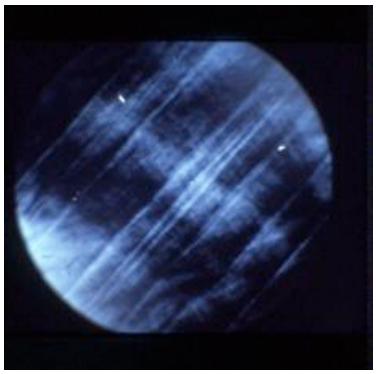


**Fig. 30 a** DD1-100 **b** Meopta Pol_44 **c**



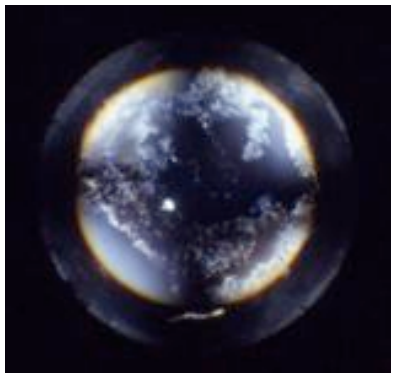
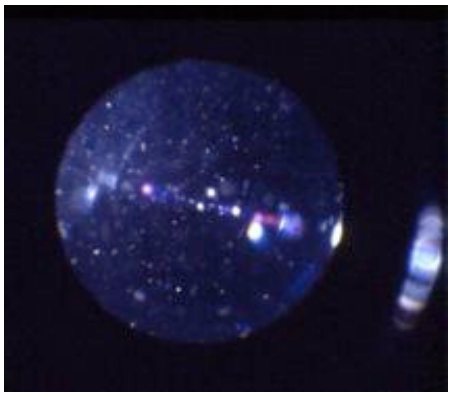
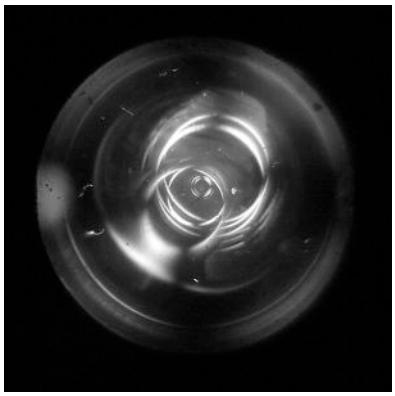


**Fig. 30 d** DD1-110 **e** DD1-105





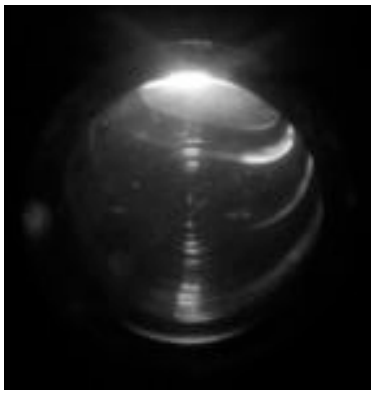


**Fig. 30 f** DD1-116 **g** Meopta 45-9 **h** 454

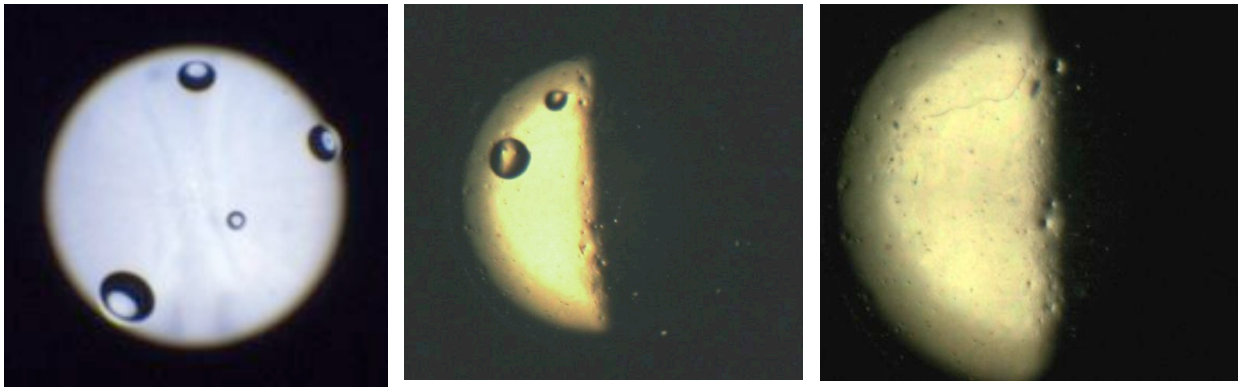
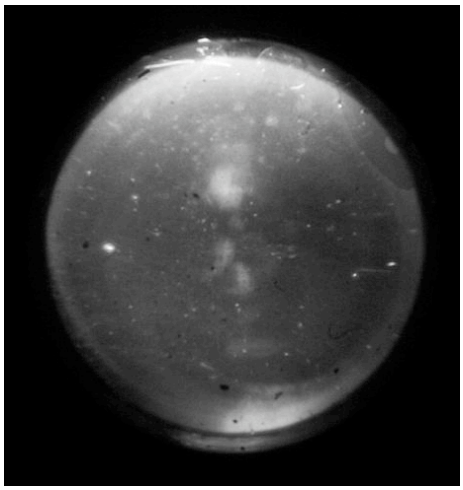


**Fig. 30** **i** DD1−120 **j** 263 **k** 268

Fig. 30 l : Figura visibile nella pupilla d'uscita di un obbiettivo sporco, con illuminazione obliqua.



**l** 462

c) vetri non tensionati, ma con forti riflessi; quest'obbiettivo è appena sufficiente per l'uso in luce polarizzata (obb. acrom. n° 6, Koristka);

d) obbiettivo semi−apocromatico, con lenti in fluorite; non adatto per la luce polarizzata (obb. Wild Fluotar 20/0,60);

e) obbiettivo con una scollatura (vedi oltre; obbiettivo acrom. n° 5, Koristka).

•• Con fascio illuminante fortemente decentrato (a mezzo di uno specchio mobile o con parziale obliterazione della pupilla d'ingresso del condensatore):

f) osservazione delle catadiottriche; poiché alcune sono fuori della direzione di allineamento delle altre, qualcuna delle lenti dell'obbiettivo o del condensatore è fuori dall'asse ottico. Si può discriminare fra i due sistemi muovendoli separatamente, ma un disallineamento nel solo obbiettivo si rivela meglio con l'osservazione della centrica (vedi oltre). I vari colori delle catadiottriche sono dovuti ai diversi trattamenti antiriflettenti delle lenti (obb. Wild Fluotar 20);

g) idem, ma nel condensatore è stato inserito un diaframma anulare (obb. Meopta 45 Pol);

h) catadiottriche allineate; centrature corrette; illuminazione fortemente obliqua (obb. Meopta 60); NB: per l'osservazione delle catadiottriche, occorre in genere chiudere fortemente il diaframma d'apertura ed il diaframma di campo.

i) illuminazione a piena apertura; presenza di bolle d'aria nell'olio da immersione (obb. Wild Fluotar 100/1,30 HI);

j) l'olio da immersione è penetrato all'interno del pacco lenti e si è condensato in goccioline per azione della tensione superficiale; pupilla del condensatore obliterata a metà con un pezzo di cartoncino (obb. acrom. Zeiss Oberkochen 100/1,25);

k) idem, ma l'olio ha invaso tutta la superficie della lente senza condensare in gocce (obb. Leitz acrom. 100/1,25);

l) Obb. sporco di polvere con appannatura; illuminazione molto obliqua (obb. acrom. Galileo 40).

Per altri esami sulla situazione interna di un obbiettivo, è invece preferibile l'illuminazione episcopica, "dall'alto", in modo da illuminare direttamente le lenti ed osservarne il riflesso. Dato che il pacco lenti, negli obbiettivi forti, è generalmente molto incassato nella montatura generale, occorre uno strumento a forte distanza di lavoro ed a basso ingrandimento. Ciò si ottiene con un microscopio stereoscopico. Ma c'è una complicazione: proprio perché le lenti sono spesso molto incassate, occorre l'**illuminazione coassiale**, bisogna illuminare circa nella stessa direzione in cui si osserva, cioè nella direzione dell'asse degli obbiettivi.

Esistono strumenti speciali, basati su di un semi-riflettente posto sopra l'obbiettivo, ma sono strumenti rari e costosi. Per il nostro uso, si può semplicemente modificare un normale stereoscopico.

Cominciamo con un sistema ad obbiettivi separati (Greenough). Si può inserire uno specchietto vicino alla bisettrice dei due obbiettivi, come in fig. 31 e 32.

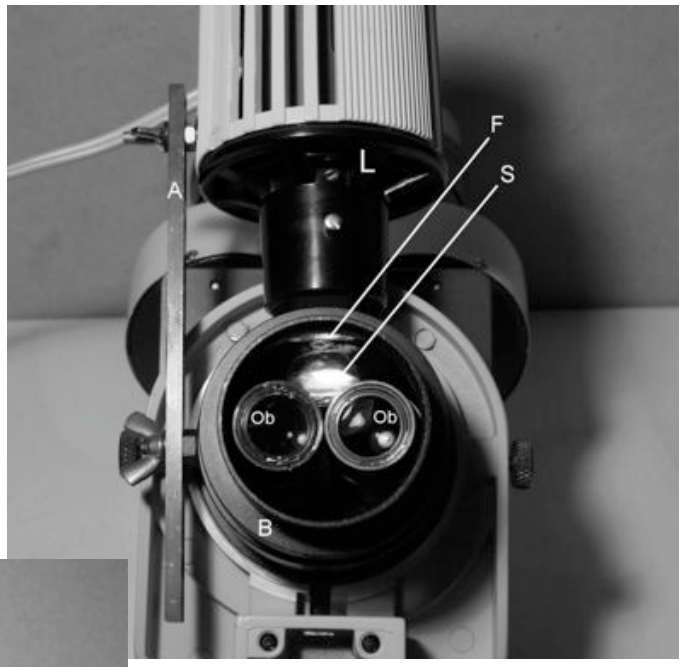



Fig. 31 − Un microscopio stereoscopico a sistema Greenough consente di porre molto vicino ai due obbiettivi (Ob) uno specchietto (S), inclinato a 45° sulla bisettrice. Lo specchietto (basta un pezzo di foglio d'alluminio da alimenti) si fissa ad un lamierino incollato all'interno della montatura comune (B). Naturalmente, tale montatura deve essere forata (Ø = 15−20 mm) proprio davanti allo specchietto (foro F). A questo punto, la micro lampada (L) deve essere disposta orizzontalmente all'altezza del foro F per illuminare lo specchio S. Ovviamente, la lampada L deve essere indipendente dallo stativo in modo da poter essere fissata alla montatura B tramite la barretta A (a sinistra della foto).

(Microscopio stereoscopico zoom Seiwa; micro lampada per "Technival" Rathenow).

400

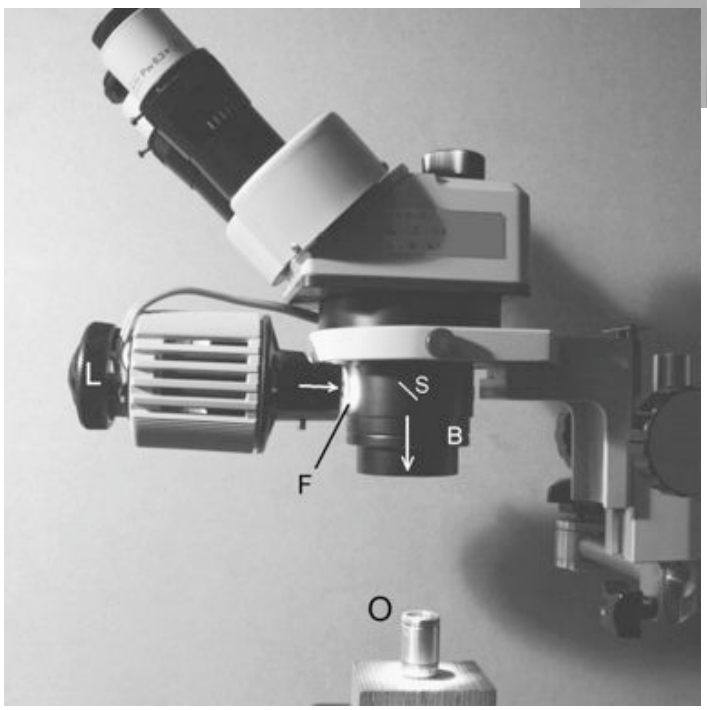



Fig. 32 (a sinistra) − Veduta d'assieme dello strumento modificato. La micro lampada, orizzontale (L), illumina lo specchietto (S, non visibile perché interno alla montatura B). Il fascio riflesso dallo specchio S illumina dall'alto l'obbiettivo da esaminare (O): si vede la macchia di luce sul cubetto di legno sul quale poggia l'obbiettivo stesso. 398

Per gli strumenti ad obbiettivo comune (CMO) si deve ricorrere ad uno specchietto posto SOTTO l'obbiettivo, come in fig. 33−34.

Si tornisca un anello (alluminio o plastica, An in fig. 33), munito di una vite laterale (V) per fissarlo all'obbiettivo comune. Con un'asticella fissata all'orlo di An (B) si porti al centro dell'anello uno specchietto (S). Come si vede dalla fig. 34, lo specchietto dovrà essere molto piccolo, e quindi la resa fotometrica sarà scarsa. Ma lo specchio può essere posto esattamente fra i due obbiettivi.

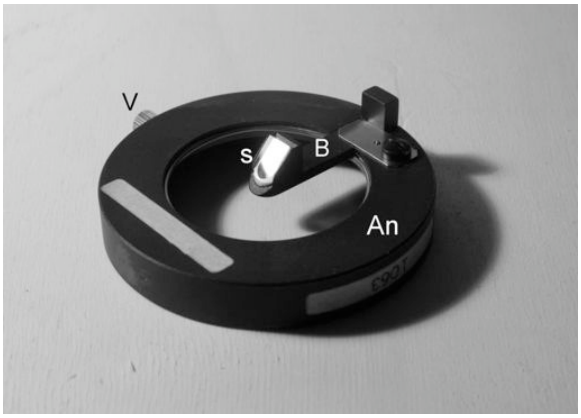



Fig. 33 − Lo specchietto S si può ricavare da una scheggia di specchio da borsetta, ritoccata con una "mola ad acqua", del tipo usato dagli arrotini. Le dimensioni di S devono essere tali da non obliterare i due canali d'osservazione (Ob in fig. 34).

Questo accessorio è un prodotto Wild (per il modello M4), ma si può facilmente costruirlo in casa.

A differenza del caso precedente, qui lo specchio è posto proprio sulla bisettrice fra i due canali d'osservazione. 453

Fig. 34 − Lo stereoscopico CMO modificato, visto da sotto. "Ob" sono i due sistemi intermedi per il cambiamento d'ingrandimento; An è l'anello di fig. 33 ed S lo specchietto. V è la vite che blocca An sulla montatura inferiore dell'obbiettivo comune.

B è la barretta che regge lo specchietto.

(Microscopio stereoscopico "Technival" della casa Rathenow, distribuito dalla Zeiss Jena). 445

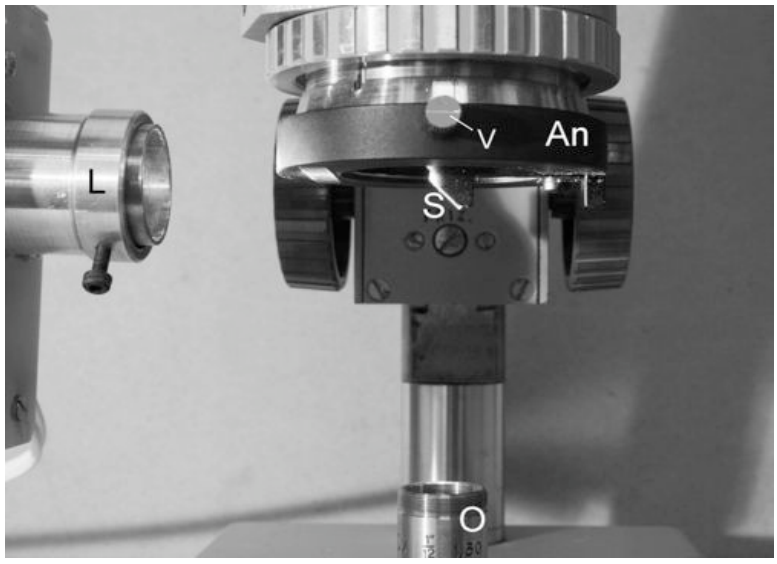



Fig. 35 − Lo stesso strumento, visto di lato. "L" è la micro lampada, ad asse orizzontale, che punta verso lo specchietto "S", ovviamente inclinato a 45°. "An" è l'anello di fissaggio e "V" la vite di blocco. Sull'asse ottico del microscopio, un obbiettivo sotto osservazione (O). 448

Una volta realizzata l'illuminazione "verticale", quasi "coassiale", lo stereoscopico consente

osservazioni come quelle delle figg. 6 e 7. Anche le scollature, come la presenza di olio e di sudiciume, si rivelano molto bene. Se poi tutti questi difetti non riguardano la lente emergente (la più alta) ma quelle sottostanti, è possibile, mettendo a fuoco lo stereoscopico, osservarle tutte, in genere fino alla frontale. Infatti, le lenti che stanno sopra alla lente intermedia o frontale che si vuole osservare si comportano come lente d'ingrandimento per tutto ciò che sta sotto di esse.

Anche eventuali alterazioni dell'anello di fase si rivelano bene in episcopia.

## LO SMONTAGGIO

Il punto di vista del costruttore è:

− i suoi obbiettivi sono perfetti a tempo indeterminato e non c'è mai bisogno di intervenire su di essi; come avviene per le tombe …

− il costruttore, quindi, non deve facilitare lo smontaggio dell'obbiettivo; semmai, impedirlo;

− l'utente non capisce niente, e quindi è inutile dargli spiegazioni;

− se proprio c'è qualcosa che non va (naturalmente è colpa dell'utilizzatore), bèh, rimandatelo alla fabbrica che ve ne ripropone uno nuovo.

Poiché l'esperienza dimostra di solito il contrario, proviamo ad elencare le cause che consigliano lo smontaggio dell'obbiettivo, in ordine decrescente di frequenza.

1) Il deposito, col tempo, di pàtine ("appannature") dovute alla condensazione di aerosol (in particolare, idrocarburi non totalmente bruciati, come sarebbe a dire catrame, provenienti dai motori di veicoli, impianti industriali e di riscaldamento, ecc.).

2) Il deposito di polvere sulla lente emergente, non sempre accessibile dall'esterno.

3) Il deposito sulle lenti interne di prodotti volatili emessi dalle vernici, dai lubrificanti e dagli adesivi, oppure di particelle solide dovute a cristallizzazione e/o disseccamento dei medesimi materiali o ad ossidazione delle parti metalliche.

4) Penetrazione di olio d'immersione. Ciò può avvenire anche sulle lenti sovrastanti alla frontale, a volte dopo qualche decennio (chi non ricorda i vecchi Galileo?), a volte dopo pochi mesi, specialmente se l'olio residuo non viene tolto subito dopo l'uso (Zeiss Oberkochen). Vedere la fig. 30 j e 30 k.

5) Uno o più doppietti sono scollati e quindi opacizzati.

6) La lente frontale si è staccata, o perché pulita con troppa energia, od a causa di urti, o perché incollata male (vedi la fig. 36).

7) Il movimento "a pompa" o l'anello di correzione si è bloccato perché il grasso si è indurito o la montatura è stata deformata da una caduta.

8) L'eventuale diaframma ad iride interno è bloccato o rotto.

9) L'obbiettivo era scentrato fin dall'origine. Sembra strano, ma non è raro.

10) Nell'assemblaggio è stato commesso un errore: per es., il diaframma superiore appartiene ad un altro modello ed è troppo stretto; oppure, la "camicia" non è quella giusta e porta indicazioni non corrispondenti alle prestazioni dell'obbiettivo.

11) L'obbiettivo ha subìto dei forti urti ed ha perso la centratura (vedi oltre).

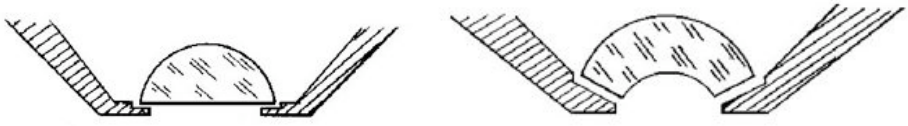


Fig.36 − Per le ricette classiche, e negli obbiettivi meno forti, la lente frontale può essere incastonata nella montatura e pertanto meccanicamente robusta.

Ma negli obbiettivi forti è semi-sferica o quasi ed è incollata solo per i bordi (a sinistra).

Nei modelli planari o semiplanari è spesso "a menisco" e mostra verso l'esterno una superficie concava. Questa forma mostra spesso una superficie laterale conica di grande estensione che dovrebbe assicurare una buona superficie d'incollaggio. Ma spesso la quantità di adesivo usata è scarsa, per evitare che l'eccesso vada poi ripulito, ed il distacco è ancora più facile (Zeiss Jena, ecc.). Frontali 003/1

GLI ATTREZZI

Smontare un obbiettivo da microscopio è generalmente facile con utensili normali od auto−costruiti, ma la cosa può essere complicata da alcuni dettagli.

− La meccanica può essere complicata, specialmente per la presenza di un "anello di correzione" (destinato ad eliminare gli effetti di un errato spessore della lamella).

− I grassi induriti, o anche i residui di olio d'immersione cristallizzati, possono cementare fra loro varie parti. In questo caso, si consiglia l'immersione in petrolio per ore o giorni. Sarebbe più energico lo xilolo, od altro solvente dei grassi, ma questo può danneggiare i collanti delle lenti o eventuali superfici verniciate (la Zeiss Jena usava scrivere le notazioni sugli obbiettivi della serie 250 CF con vernici deposte con metodo serigrafico invece che con incisioni a pantografo [fig. 58]).

− Certe parti sono state così serrate dal costruttore che, col tempo, si sono bloccate.

− Il costruttore (Wild, Zeiss Oberkochen, ecc.) ha cementato alcune parti meccaniche con adesivi acrilici molto forti (LocTite, Attak, o simili). Ammorbidire questi adesivi è possibile: 1) con immersione di ore o giorni nell'alcool denaturato; 2) con riscaldamento di alcuni minuti per mezzo di un getto di aria calda ad almeno 200° C (esistono apposite "pistole ad aria calda", usate dai verniciatori per il distacco di vecchie vernici). Entrambi questi mezzi possono provocare danni in un sistema ottico, o per rottura delle lenti (il coefficiente di dilatazione del vetro e della relativa montatura non sono gli stessi), o per alterazione dei cementi.

In certi casi, per evitare tali danni, si è costretti ad interrompere i tentativi di smontaggio.

Supponendo assenti o risolti questi problemi, affrontiamo l'argomento dello smontaggio.

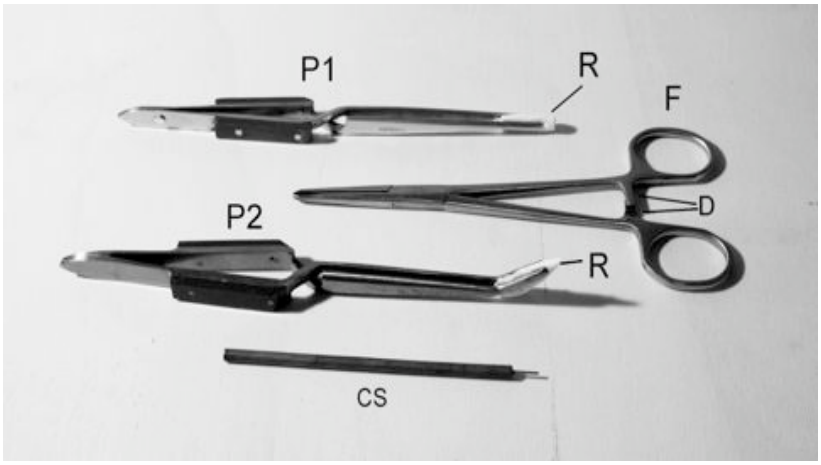



Fig. 37 − Attrezzi utili per manipolare piccoli pezzi (per es., barilotti singoli): P1 e P2 sono pinze utilizzate dagli orafi per tenere i pezzi sulla fiamma: si aprono stringendo e stanno serrate in condizioni di riposo. Sono preziose per stringere un rotolino di carta ottica (R) e pulire lenti molto incassate (vedi la fig. 59). F è una pinza da chirurgo, che si stringe chiudendola come fosse una forbice, ma rimane chiusa per l'incastro di due serie di denti sui manici (D). 437

Fig. 38 − Attrezzi per ruotare gli anelli di serraggio muniti di due fori o due tacche. Al centro ed a destra, normali "compassi" da meccanico. In basso, un attrezzo usato dagli orologiai per aprire il fondo della "cassa" dell'orologio. Porta due o tre punte (di varia forma, intercambiabili, come si vede nella scatola in alto), la cui distanza varia ruotando una rotellina od il manico zigrinato.

In molti casi, però, gli anelli a due tacche si possono smontare semplicemente a mezzo di un rettangolo di lamierino d'acciaio portato con la mola alla larghezza necessaria. 550

Cominciamo col presentare alcuni attrezzi, normale corredo di un'officina meccanica, o almeno di un'officina di precisione. Il loro uso è intuitivo e non ci dilungheremo.

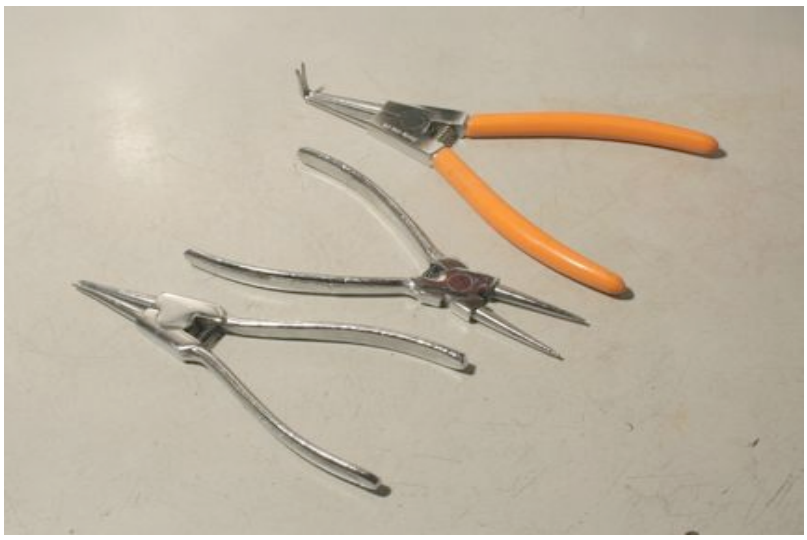


Fig. 39 − “Pinze da Seeger”, usate normalmente per allentare gli anelli di ritegno elastici a fori. Il loro uso è intuitivo e possono sostituire i compassi della figura precedente.

Stringendo le impugnature, le punte si aprono o si stringono, a seconda del modello.

Sono munite in genere di una molla che le tiene chiuse oppure aperte in condizioni di riposo.

Ve ne sono a punte diritte o ricurve. 577

Fig. 40 − Altri attrezzi a punte regolabili, sempre utili per ruotare anelli a due fori o a due tacche.

L’attrezzo in alto (prod. Edmund) è molto robusto e sofisticato: oltre ad ammettere diversi tipi di punte, consente di tenere i bracci convergenti o divergenti (basta invertire la loro posizione sulla barra orizzontale) e di variare la distanza fra le punte fra 0 ed oltre 100 mm.

Gli attrezzi in centro ed in basso (prod. Zeiss Jena) sono delle specie di compassi che si possono auto-fabbricare. Nell’attrezzo centrale, le barre scure imperniate al centro portano ognuna sulla propria cima una punta cilindrica ricavata da pezzetti di filo di acciaio armonico.

569

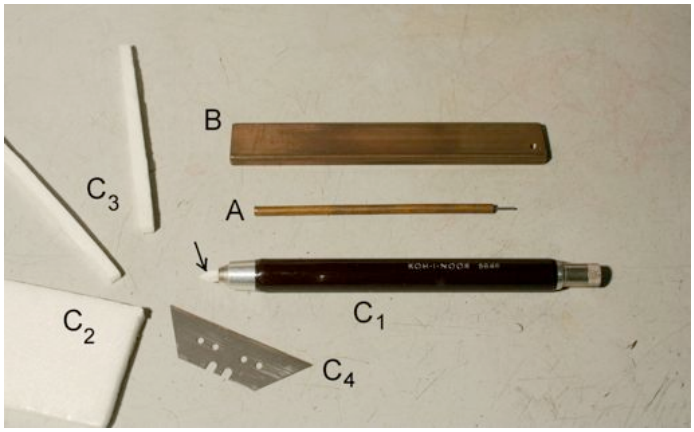



Fig. 41 − Per la pulizia delle lenti, anche se molto incassate, si può usare il rotolino di carta ottica (R in fig. 37) oppure una barretta di polistirolo espanso a forte densità, di pochi mm di lato (C3), ricavata con una lama affilata (C4) da un foglio di 4 − 6 mm di spessore (C2), del tipo usato per le vaschette di alimenti. La barretta va serrata in un “porta−mine” (C1), del tipo usato dai disegnatori per le grosse mine di grafite. Essa deve sporgere di alcuni mm (vedi la freccia) e si può affilare con la stessa lama vista sopra.

Degli attrezzi A e B si parlerà più sotto.

575

A volte, per svitare certe parti molto serrate fra loro, come la “camicia” (vedi sotto) rispetto alla montatura generale, si può ricorrere a questo espediente.

Si fascino le due parti da svitare, ognuna con una diversa striscia ricavata da un foglio di gomma “para” di un paio di mm di spessore (rivolgersi ad un buon negozio di gomma−plastica); si stringano i pezzi rivestiti di para con una fascetta metallica “stringi tubo”, del tipo usato dagli idraulici. In questo modo si proteggono le parti metalliche che vanno allentate. Si afferrino ora le due fascette con due grosse pinze, per es. due “cagnette”, sempre da idraulico, e si ruotino le stesse in senso inverso (si tratta sempre di viti destre). Di solito funziona.

Come “attrezzo” del tecnico ottico si può considerare anche il materiale usato per la pulizia delle superfici ottiche. A parte il polistirolo espanso, appena citato, sarebbe canonico l’uso di

“carta ottica”, una carta molto sottile, che non “spela” (non rilascia fibre isolate), ed è garantita “esente da materiali abrasivi”. Le migliori cartiere la producono, ma la commercializzano solo in forti quantitativi. Essa ha però il difetto di non essere per niente morbida.

Molti distributori di strumenti ottici ed occhiali offrono delle piccole confezioni, che possono anche funzionare, ma sono carissime.

Soluzioni pratiche esistono tuttavia. Ottimo è un telo di cotone, molto vecchio (i successivi lavaggi riducono la perdita di peli) e fatto asciugare al riparo dalla polvere. Utile è la carta per asciugamani, che spela meno della comune carta da cucina e della carta igienica.

Teli o carta morbida vanno usati in un primo tempo appena umettati con alcool o xilolo; in un secondo tempo a secco o dopo aver alitato sulla lente. Il polistirolo espanso va usato a secco (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 19.5.1 e la didascalia della fig. 41).

LE STRUTTURE

Mostriamo ora alcuni esempi di strutture meccaniche fra le più diffuse negli obbiettivi da microscopio, precisando subito che ogni costruttore escogita soluzioni diverse, e quindi si tratta solo di esempi: solamente l’esperienza, l’amore del rischio e la fortuna possono aiutare a risolvere certi casi.

In quasi tutte le figure utilizzeremo alcune lettere o gruppi di lettere il cui significato possiamo dare una volta per tutte, per evitare ripetizioni.

Ca = “camicia” (sottile canotto che riveste il barilotto generale o la montatura, che nasconde alcune parti interne, come i fori di centratura, e porta le notazioni).

MG o Mg = Montatura generale, quella che porta il filetto di attacco, l’anello godronato (G), utile per ruotare l’obbiettivo, ed in genere contiene il barilotto generale.

BG o Bg = Barilotto generale, sempre cilindrico, che contiene il “pacco lenti”, cioè la serie dei barilotti individuali. Negli obbiettivi con “montatura a pompa”, il BG scorre nella MG, e la sua corsa è limitata dalla testa di una vitolina su di esso avvitata, che scorre in una fenditura (Fe) della MG.

A o As = anello o diaframma superiore, che si avvita sulla MG e funziona come protezione dalla polvere e come schermo contro i raggi troppo obliqui (“light baffle”). Spesso, tale anello trattiene la molla (Mo) del movimento a pompa.

F = foro su cui si avvita la vite che limita il movimento a pompa, oppure in cui si infila un pernino in plastica (P) con analoga funzione (figg. 49 e 50).

Fig. 42 − Obbiettivo Koristka acromatico, 100/1,25, HI.

La serie dei barilotti (F, M, D1 e D2) è terminata da un diaframma fisso (Df), più un tubetto distanziale semi−elastico (Ci). Il tutto va “calettato” nel barilotto generale BG. Quest’ultimo si avvita nella montatura MG che stringe la serie degli elementi sopra citati contro l’orlo rientrante inferiore del barilotto BG. 304

Non crediamo necessario parlare degli obbiettivi deboli non planari, fino al 10:1 compreso, poiché si tratta in genere di uno o due doppietti infilati semplicemente dentro una montatura generale (non molleggiata) e serrati da un anello a vite. Nessun problema di centratura, nessuna lente flottante (in genere), nessuna difficoltà.

Per quanto riguarda gli obbiettivi forti, la prima struttura che esaminiamo (fig. 42) è molto classica: il sistema ottico consta di una serie di lenti, ognuna con un barilotto indipendente in

ottone[41]: la frontale semisferica della ricetta di Amici per gli obbiettivi forti (F), il successivo menisco (M)(ricetta "Duplexfront"), due doppietti (D1 e D2). Su questo "pacco lenti" poggia un diaframma (Df) ed un canotto (Ci). Il tutto viene infilato nel "barilotto generale" (BG). Le cose sono fatte in modo che, alla fine del montaggio, il canotto Ci sporga appena dal barilotto BG e, quando questo viene avvitato sulla montatura MG, la superficie interna di questa spinge verso il basso il pacco lenti contro l'orlo inferiore rientrante di BG (vedi anche "O" nella fig. 12).

Un simile obbiettivo, ovviamente, non è "molleggiato". La montatura generale MG si riduce quindi ad una base di supporto per il barilotto generale. Non esiste lente flottante né fori di centratura (vedi oltre). La centratura dei barilotti singoli è affidata alla tolleranza fra il diametro interno di BG ed il diametro esterno dei singoli barilotti.

Lo smontaggio ed il rimontaggio di un simile obbiettivo è privo di problemi.

In fig. 43 è mostrato un analogo obbiettivo di costruzione più recente. Il sistema ottico è più complesso poiché si tratta di un apocromatico: frontale F, menisco M + tre doppietti. Il canotto T serve ancora a spingere il pacco lenti verso l'orlo rientrante della montatura generale (MG), ma è esso stesso che si avvita all'interno di quella. Manca quindi la distinzione fra barilotto generale e montatura. Anche qui, manca il movimento telescopico.

In più vi sono però alcuni dettagli.

− Il menisco M è "flottante" ed in corrispondenza di esso vi sono 4 fori di centratura (C).

− La montatura generale è coperta da una camicia (Ca), che porta le notazioni ma non porta altro.

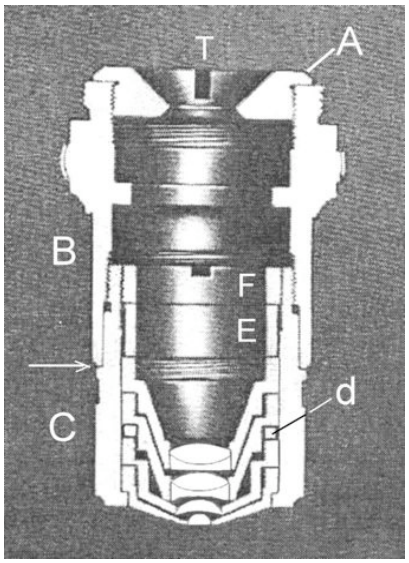
− C'è però un dettaglio fondamentale: fra il barilotto della frontale e quello del menisco vi è un sottile anellino metallico (Ad) che funge da "distanziale", cioè stabilisce la corretta distanza fra le prime due lenti.

Fig. 43 − Obbiettivo LOMO apocromatico 90/1,30, HI, con la sua scatola.

"C" sono i quattro fori di centratura (vedi oltre).

La serie dei barilotti (da F a D3) viene infilata nella montatura MG e serrata dal tubetto T, che si avvita sull'orlo superiore di MG.

La camicia Ca ricopre il tutto ma non porta alcun elemento. 524




Un caso particolare è raffigurato a sinistra: la montatura generale è divisa in due parti: l'una (B), che porta la filettatura di fissaggio, l'altra (C) che porta il pacco lenti. Il giunto fra le due parti è indicato da una freccia.

Si noti l'anello−diaframma di chiusura, avvitato dall'alto (A), di cui è visibile una delle due tacche (T), ed il distanziale (d) fra i barilotti della seconda e della terza lente.

Sopra il pacco lenti vi è un anello distanziale (E), spinto verso il basso dall'anello a vite (F), anch'esso munito di due tacche per poterlo svitare. (Spencer 002)

Da questa distanza dipende in larga misura la correzione della sferica nel sistema

[41] L'ottone è quasi universalmente utilizzato per queste applicazioni a causa della facilità di lavorazione, della rigidità, della resistenza all'umidità, ecc.

complessivo e pertanto la perdita o la deformazione di questi anellini (spesso sono più di uno) provoca un crollo della definizione. In fase di assemblaggio, questi anelli vengono aggiunti o tolti o variamente combinati fino ad ottimizzare la correzione della sferica. Chi smonta e poi rimonta un tale obbiettivo deve saperlo, e deve rimettere gli anelli sani e salvi al loro posto se non vuole rovinare tutto.

In entrambi i casi, dunque, il pacco lenti viene serrato nel barilotto generale, a volte spinto in esso con forza per rendere l'accoppiamento più preciso. A parte l'eventuale lente flottante, quindi, può essere difficile estrarre il pacco lenti.

Una soluzione, in genere sufficiente, è la seguente.

Si realizzi un cilindretto cavo in plastica rigida, di diametro leggermente inferiore a quello del foro terminale della montatura generale (fig. 44). Vi si pratichi un foro centrale di diametro tale da lasciare alla parete uno spessore di 2−3 mm. Lo si applichi sulla lente frontale come in fig. 45 e 46. Una normale morsa farà il resto.

Fig. 44 − Al tornio, non è difficile realizzare questo cilindretto in Plexiglas o in PVC, forato in centro. 526

Fig. 45 − Il cilindretto (Tub) va applicato sulla montatura della lente frontale (Lf) dopo aver tolto le parti che sovrastano il pacco lenti (il diaframma interno Lb ed il canotto di pressione Sp). L'obbiettivo è quello di fig. 42. 531

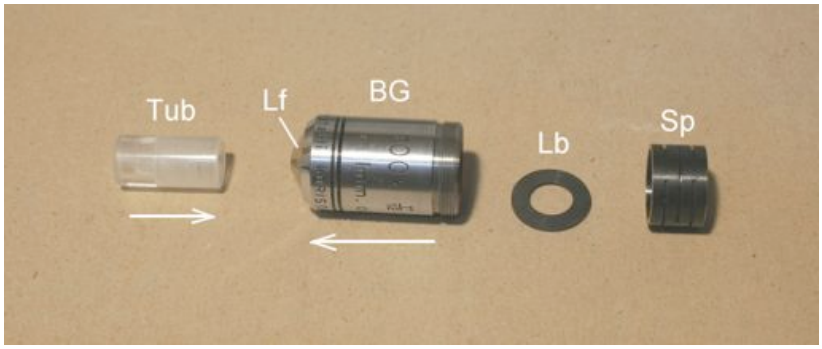
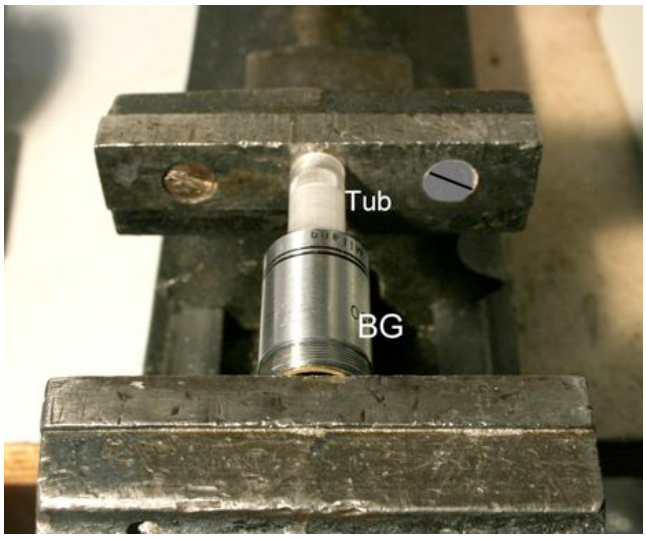



Fig. 46 − Il tubetto "Tub" ed il barilotto generale BG vanno spinti l'uno contro l'altro, con molta lentezza, a mezzo di una normale morsa da meccanico. Il barilotto BG sia protetto dal contatto diretto con la ganascia della morsa da un pezzo di cartone (qui non visibile). (Obbiettivo di fig. 42).

Non si prolunghi troppo la manovra poiché il pacco lenti, prima o poi, affiora dal barilotto e va a toccare la ganascia. Insistere nella pressione provocherebbe certamente qualche rottura. Si smontino allora, uno alla volta, i barilotti singoli. In questo modo si acquisisce spazio per proseguire nella compressione, fino a che la stessa frontale, rimasta sola, affiorerà dall'orlo superiore di BG. 529




Una struttura più moderna, e molto diffusa, si vede in fig. 47 e 48; è presente il movimento a pompa: il barilotto generale BG scorre all'interno della montatura generale MG, spinto verso il basso dalla molla S; questa è tenuta in posizione da un canotto interno (Ci), con orlo sporgente presso l'estremità superiore. Tale orlo è bloccato sulla montatura MG dall'anello a vite A. L'anello A serve anche da diaframma limitatore ed il diametro del foro deve essere stabilito con cura per evitare vignettature.

La vite V si avvita sul barilotto BG (foro F) ed affiora dalla fessura Fe; la corsa della vite, e quindi di BG, può essere limitata proprio dalla fessura Fe oppure dall'orlo inferiore di MG.

In questo obbiettivo è prevista una lente flottante, accessibile attraverso i fori di centratura C , in genere quattro (vedi oltre).

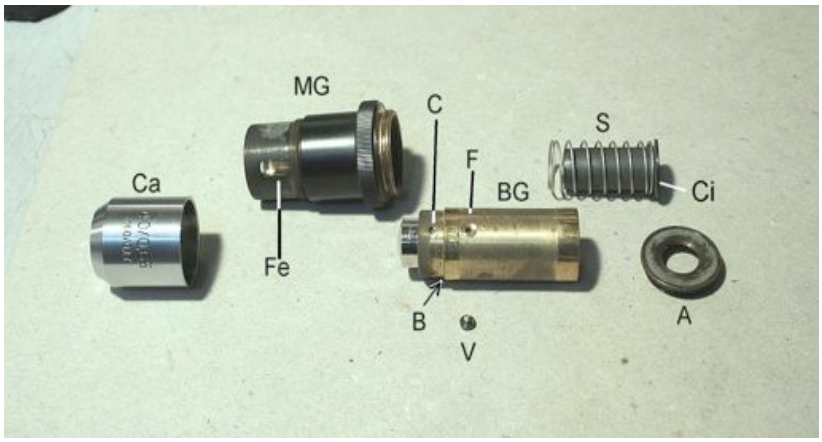



Fig. 47 − Obbiettivo Zeiss Jena acromatico 40/0,65. Lo smontaggio si inizia dalla camicia Ca, poi dall'anello A e dalla molla S con il relativo canotto Ci. A questo punto si svita la vite V e ciò consente di estrarre verso l'alto il barilotto generale BG. Il pacco lenti è spinto all'interno di BG da un anello a vite (non visibile). Per estrarre il pacco lenti, vedi le figg. 44 − 46.

562

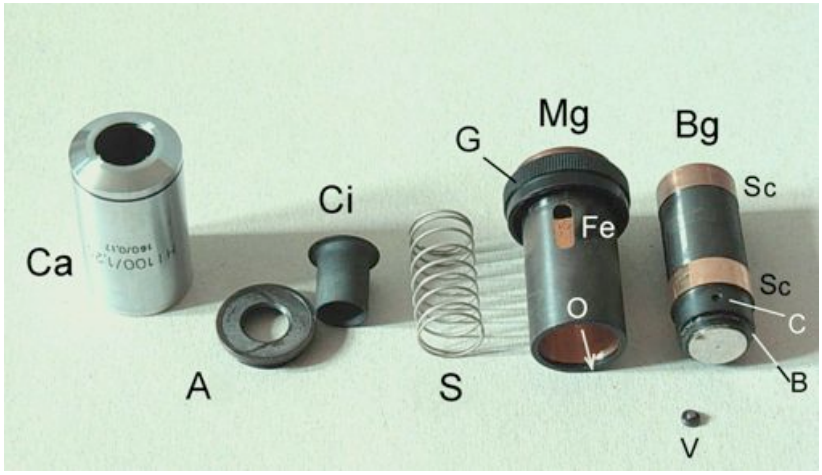



Fig. 48 − Obbiettivo della stessa serie, ma ad immersione (100/1,25). La camicia Ca è più lunga, ma la struttura generale è la stessa. Il barilotto BG è brunito, e quindi si mettono meglio in evidenza i due anelli sporgenti (Sc) i quali, con tolleranza minima, scorrono all'interno della montatura MG. Questi anelli servono a ridurre la superficie di contatto fra BG ed MG, e quindi l'attrito del movimento a pompa (lubrificare con parsimonia!).

Jena HI 05

In fig. 49 si vede una struttura che sembra simile, ma il pacco lenti si infila da sotto nel barilotto BG ed è tenuto in posizione da un anello Ab , che si avvita sull'orlo inferiore del barilotto stesso (in figura è superiore perché l'obbiettivo è rovesciato). Anche il barilotto BG si infila in MG dal basso ed il suo movimento verso il basso è limitato dall'anello A , che si avvita su BG invece che su MG:

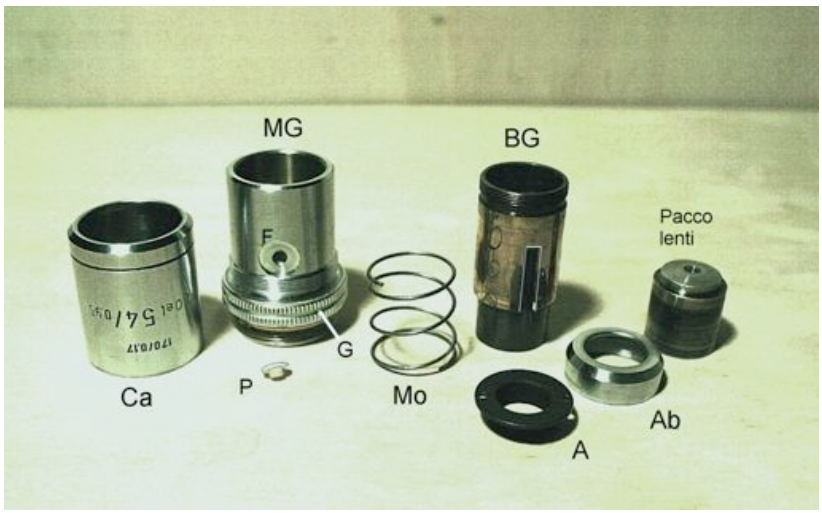


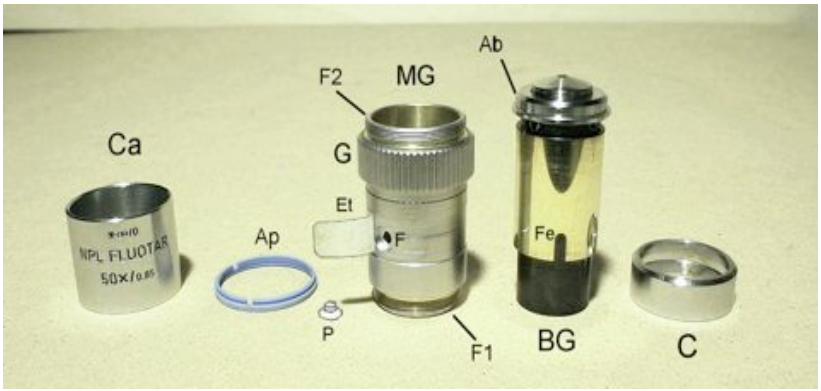

Fig. 49 − Obbiettivo Leitz 54/0,95 Oel. Invece che dalla vitina V delle figure precedenti, il barilotto BG è guidato nella sua corsa da un pernino in plastica a forma di fungo (P) il quale si infila nel foro F e scorre in una fessura presente sul barilotto BG.

298

In fig. 50 vi è un altro Leitz, ma l'anello sporgente godronato che abbiamo visto negli obbiettivi precedenti (G) si trova ora verso il basso (anche qui, la figura mostra l'obbiettivo rovesciato: il filetto di fissaggio dell'obbiettivo è F1). Come nel caso precedente, il barilotto BG

si infila da sotto in MG ed è trattenuto dall'anello C che si avvita sull'orlo inferiore di MG (filetto F2). Anche qui vi è il pernino plastico a fungo (P) che si infila nel foro F e che il costruttore ha pudicamente nascosto sotto un'etichetta autoadesiva (Et).

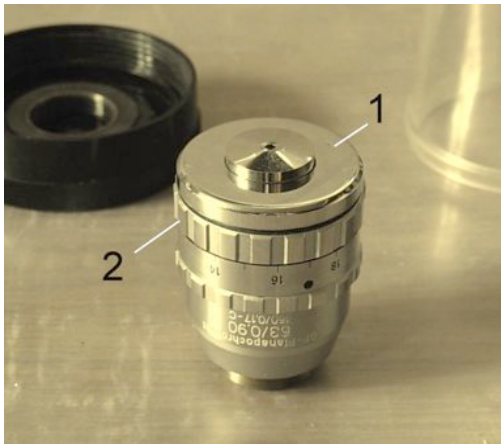
Fig. 50 − Obbiettivo Leitz 50/0,85 NPL Fluotar ∞/0. Si tratta di un obbiettivo episcopico, calcolato per lavorare con "seconda coniugata infinita ("*∞/") e senza lamella ("/0").



L'obbiettivo nel suo complesso è mostrato qui a sinistra. La camicia Ca si infila semplicemente a pressione e trattiene un anellino plastico (Ap). Ab è un anello sporgente solidale con BG che limita la corsa verso il basso del movimento telescopico poiché va a toccare l'anello C.

532 b−f

Fig. 51 e 52− Obbiettivo Zeiss Jena GF Planapochromat 63/0,90 "a correzione". Prima fase dello smontaggio.




2008_06240025

2008_06240002

Ed ora, per finire, un'autentica "rogna" (fig. 51 − 55). Il movimento a pompa e la regolazione per lo spessore della lamella (collare 2) rendono la meccanica assai complessa. Le immagini che seguono illustrano le diverse fasi dello smontaggio. Non è possibile entrare nei dettagli (alcuni giorni di lavoro non si riassumono in poche righe), ma almeno si notino i due barilotti coassiali (6 e 7), il cui movimento reciproco varia la distanza fra il barilotto 6 (che reca una lente superiore) ed il barilotto interno 7 (che porta tutte le altre lenti). Questo movimento è dovuto alla solita molla che è contrastata dall'anello 4; quest'ultimo si avvita sulla grossa filettatura (a più ingressi) presente in basso sul barilotto 7 e lo si può ruotare per mezzo di una vitina (4b) ad esso fissata, che scorre nella fessura circolare 5 presente nella montatura 8 e si impegna in una scanalatura interna dell'anello 2. Ruotando l'anello 2, quindi, ruota la vitina 4b e quindi l'anello 4, il quale si avvita sul barilotto 7. La corsa del barilotto 7 verso il basso viene quindi bloccata quando l'anello 4 va a toccare l'anello 3, rigidamente avvitato sulla montatura generale 8.

Fig. 53 − Seconda fase di smontaggio. Notare la vite 7b. Tale vite si fissa al barilotto 7 e scorre in una fessura del barilotto 6 (tale fessura si vede meglio in fig. 54, a sinistra del pezzo 6) ed in una scanalatura interna della montatura 8. Questo meccanismo, presente in tanti modelli, serve ad impedire che il barilotto interno ruoti rispetto alla montatura generale.

Si noti anche la vitina 4b che si fissa all'anello filettato 4. Tale vitina viene fatta ruotare dalla rotazione dell'anello 2, il quale reca un'apposita scanalatura interna.

2008_06240006

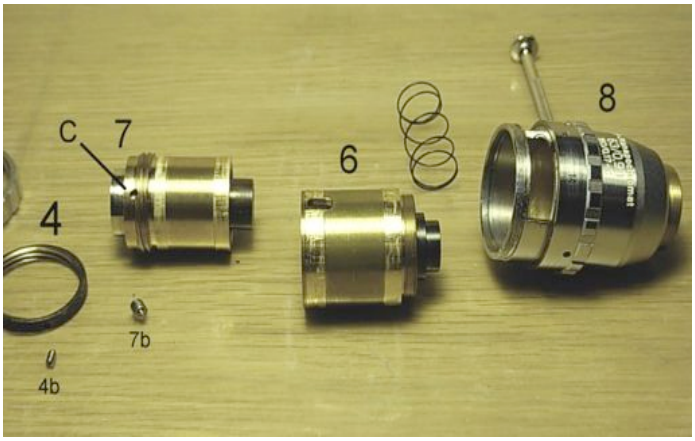



Fig. 54 − Terza fase. Il barilotto principale 7 scorre all'interno del secondo barilotto 6 ma è bloccato in altezza dall'anello 4, il quale si trova spinto verso il basso dalla molla fino a toccare l'anello a vite 3, avvitato sull'orlo inferiore della montatura 8. La rotazione di 4 su 7 regola quindi la distanza fra 7 e 6, quindi la distanza fra l'ultima lente e le altre, quindi la correzione della sferica. Un sistema inusuale.

2008_06240017

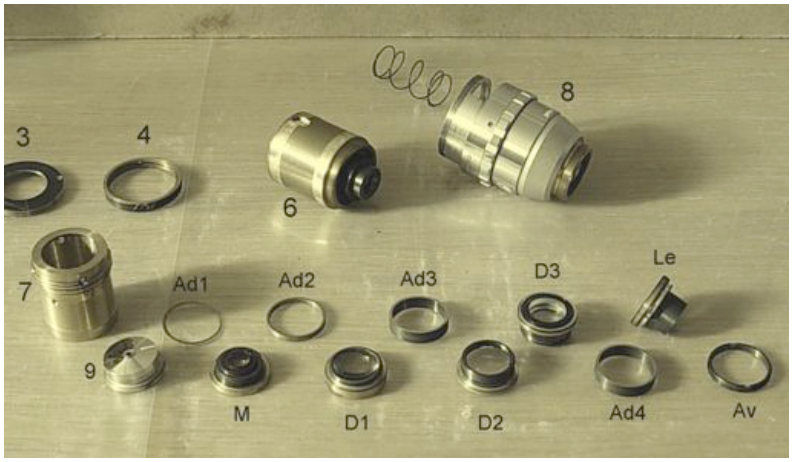



Fig. 55 − Quarta fase. Le varie parti sono disposte supponendo che l'obbiettivo sia rovesciato (frontale in alto); in questo modo la lente emergente (Le) del barilotto 7 si trova all'estrema destra. Sopra di essa si troverà poi una "lente superiore", fissata al barilotto 6.

L'anello a vite Av stringe il pacco lenti (da 9, la frontale, fino ad Le, l'emergente) all'interno del barilotto 7.

Il sistema ottico dunque comprende la frontale 9 ed il menisco M più 4 + 1 doppietti. 008_06240027

In fig. 55 si notino vari anelli distanziali (Ad 1−3); fra questi, il primo (Ad 1) è sottilissimo ed il suo spessore è critico; infatti, esso regola la distanza fra le due lenti più forti del sistema ed influisce fortemente sulla correzione della sferica. Avevamo trovato un simile distanziale anche nella fig. 43. Occorre manipolarlo e conservarlo con cura poiché una sua deformazione od una sua perdita produce un forte residuo di sferica ed una caduta della definizione. A volte, in fase di montaggio, vengono sovrapposti due o più di questi anelli, di diverso spessore, fino a trovare il miglior compromesso. Certi costruttori (Zeiss Oberkochen, ad es.) producono questi anelli in plastica trasparentissima: facilissimo perderli e deformarli. Insomma, una mina vagante.

Non si creda che questo obbiettivo sia l'unico esempio di complicazione. L'obbiettivo della fig. 56 è un Leitz con caratteristiche analoghe (anello di correzione, montatura molleggiata). Quello di fig. 57 è un Wild Pol, contenente un meccanismo interno di centratura di tutto il pacco lenti. Sono centrabili anche certi obbiettivi Zeiss Oberkochen per Pol, ma per l'intervento di due anelli eccentrici (camme) interni, cui corrispondono due anelli zigrinati esterni.

Senza contare i modelli speciali catadiottrici, interferenziali, per laser o, semplicemente, quelli per episcopia a campo scuro (fig. 58).

Insomma, un'infinità di modelli e di soluzioni meccaniche diverse. Ed è ben difficile ricevere dal costruttore i disegni di dettaglio o adeguate istruzioni per il "service".

Fig. 56 − Obbiettivo Leitz 40/0,70 a correzione, di fase, a forte distanza di lavoro (LD), a montatura molleggiata. 308

Fig. 57 − Obbiettivo acromatico Wild per luce polarizzata 10/0,25, con montatura centrabile. Le due viti che sporgono lateralmente operano la centratura del pacco lenti spingendo contro una molla interna.

Wild.21

Fig. 58 − Obbiettivi Planacromatici Zeiss Jena, serie CF, per episcopia a fondo chiaro e fondo scuro, con condensatore anulare, 10/0,20 e 50/0,80, con ottica "all'infinito". Passo di vite M30.

Jenatech-02

Jenatech-03

Per finire, in molti obbiettivi (vedi le figg. 47, 48 e 49), il pacco lenti è serrato dall'alto da un anello a vite (A, nelle figure citate) che può portare due fori o due tacche oppure essere liscio.

Per svitarlo, se non vi sono i due fori in cui infilare le punte di un compasso o di un simile attrezzo (figg. 38 − 40), si può usare un foglio di gomma para, interposto fra il pollice e l'anello medesimo. Nel caso che l'anello sporga dalla montatura, si può tentare di afferrarne l'orlo con una pinza, ma questo sicuramente lo danneggerà.

Se non si trova altro mezzo, vi si possono praticare due forellini, del diametro di 1,5 mm circa, in posizione diametralmente opposta, per potervi applicare il compasso. Altra cosa possibile: immergere la base dell'obbiettivo in uno scodellino contenente un velo di petrolio in modo che il liquido possa infiltrarsi nella filettatura. Dopo ore o giorni, il filetto si potrebbe allentare.

## GLI INTERVENTI

Ed ora, che abbiamo davanti il nostro obbiettivo con i visceri a giorno, cosa ne facciamo?

### LE PULIZIE

Della pulizia si parla nel manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.5.1, ed in questo articolo (pagg. 43 − 44), come pure nella didascalia della fig. 37, qui sopra. Il metodo più semplice è il rotolino di carta morbida, da asciugamani, serrato fa le punte di una pinza a molla, come quelle di fig. 37. La carta va arrotolata evitando di toccare l'estremità del rotolino, quella che verrà a contatto colla superficie della lente. Se la lente è molto convessa, si

arriva fino ai suoi bordi dando al rotolino una forma conica appuntita, oppure arrotolandolo seconda una linea leggermente inclinata, in modo che la sua estremità risulti concava.

Altri consigli sono già elencati più sopra.

Se l'olio da immersione è penetrato all'interno (figg. 30, j − k), il rotolino di carta andrà umettato (attenti a non sbrodolare) con xilolo o altri solventi delle resine oppure, in certi casi, con alcool. Dopo anni, l'olio all'interno di un obbiettivo può indurire talmente da impedire lo smontaggio del pacco lenti. Ciò avviene con l'olio di vecchio stampo (olio di legno di cedro), che è estratto da una resina naturale, mentre è raro con gli oli moderni, che sono sintetici.

Abbiamo parlato sopra anche delle "appannature" sia di origine esterna (aerosol sospesi in aria), sia di origine interna (vernici, collanti, lubrificanti). Stesse raccomandazioni. Cominciare coll'alitare sulla lente (acqua distillata); se non basta, una traccia di alcool, se non basta, solventi dei grassi o xilolo. Poi, ancora alitare, ecc. In genere, i solventi lasciano sul vetro una traccia (quella che i toscani chiamano "allumacatura"), ma un altro passaggio con carta asciutta sulla lente che sia stata appannata dall'alito è sufficiente nella maggior parte dei casi.

I LUBRIFICANTI

Un grasso lubrificante viene in genere usato per rendere scorrevoli i movimenti: quello "a pompa" o "telescopico", quello dell'anello di correzione, quello dei diaframmi ad iride interni (negli obbiettivi forti per campo scuro), quello degli eventuali meccanismi di centratura (fig. 57).

Col tempo, questi grassi possono liquefarsi ed espandersi per capillarità sulla superficie delle lenti oppure, più spesso, indurire per evaporazione delle componenti volatili. Per sbloccare i movimenti induriti, la cosa migliore è immergere il tutto in petrolio per ore o giorni. Poi, ripulire tutto con alcool o altri solventi. Per la sostituzione dei lubrificanti, si usi un buon "grasso da cuscinetti", come si trova nelle utensilerie.

C'è però un caso assai critico: quello dei diaframmi ad iride. Molti sono i diaframmi ad iride usati in microscopia ed in fotografia, e per tutti vale una legge ferrea: le lamelle devono essere perfettamente pulite ed asciutte poiché la minima traccia di grasso liquido o solido creerebbe una forte adesione e le incollerebbe. In questi casi, dunque, è meglio evitare ogni tipo di lubrificante in tutta la struttura dell'iride, compresa la levetta o l'anello esterno di comando.

LE SCOLLATURE (vedi il manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Capp. 17.1.5 e 19,1)

Le "scollature" sono alterazioni degli adesivi ottici usati per incollare le singole lenti dei doppietti o dei tripletti.

Si rivelano sia in trasparenza, possibilmente fra Nicol incrociati (fig. 30 − e), sia in riflessione, possibilmente con un microscopio stereoscopico ad illuminazione coassiale (vedi sopra).

Il loro effetto è sempre dannoso.

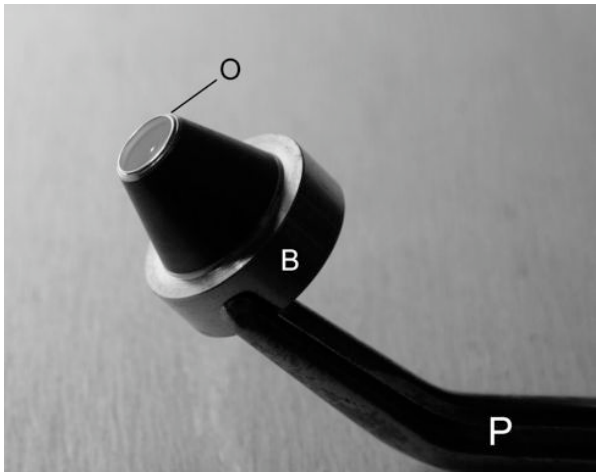



Fig. 59 − Come afferrare il barilotto (B) di un doppietto scollato per esporlo al getto d'aria calda. Ruotando la pinza (P) in tutte le direzioni, il riscaldamento del pezzo sarà uniforme. 429

Avendo in mano l'obbiettivo smontato, non sarà difficile capire dov'è la scollatura.

A questo punto si presentano due casi. Se l'adesivo usato è quello classico (il balsamo del Canada, una resina naturale) le cose sono semplici poiché questo materiale si ammorbidisce a temperature relativamente basse (anche solo 100° C): Basta afferrare il barilotto incriminato con uno degli attrezzi di fig. 37 (P1 o P2) tenendolo per l'orlo (fig. 59).

A questo punto, una "pistola ad aria calda" (ne abbiamo parlato a pag. 42), o un "phön"[42] creano una corrente d'aria calda in cui muovere l'oggetto. In mancanza di meglio, si può usare la fiamma del gas, evitando un contatto diretto dell'oggetto con la fiamma[43]. Cominciare col tenere l'oggetto lontano, poi avvicinarlo lentamente. Occorre sorvegliare l'operazione con un microscopio stereoscopico o una forte lente, in modo da avvertire il primo rammollimento della resina. Questo si manifesta con la formazione di bolle di vapore nello strato di resina fra le due lenti.

In certi casi, è sufficiente far bollire il barilotto ponendolo sul fondo di un pentolino, foderato con uno straccetto e riempito d'acqua. Dopo pochi minuti il "balsamo" potrebbe essere sufficientemente rammollito, anche se non si formano bolle d'aria. Si ricordi però che l'acqua bollente potrebbe alterare il balsamo.

Ora si tratta di lasciar raffreddare il tutto, comprimendo leggermente le due lenti del doppietto per assicurare la loro aderenza e scacciare le bolle di gas. Il metodo più semplice è di serrare, molto delicatamente, il barilotto in una morsa, appoggiando sulla lente un telo pulito ripiegato molte volte su se stesso, come in fig. 60. Occorre agire con rapidità, prima che la resina indurisca.

Fig. 60 − Appena tolto dalla corrente di aria calda, il barilotto col doppietto scollato va serrato fra le ganasce di una morsa proteggendo la lente con un oggetto morbido.

577

In sede di montaggio, poiché l'orlo del barilotto deve serrare la lente, il costruttore lo fa sempre sporgere rispetto al vetro (O, in fig. 59) e poi lo ribadisce finché esso si appoggia sul margine smussato della lente. Vista questa sporgenza, e tornando alla compressione della lente scollata e riscaldata, per voler essere raffinati, si potrebbe allora ritagliare con una fustella un dischetto di feltro; il feltro deve avere un diametro di poco inferiore a quello della lente e pochi mm di spessore (lo si può ricavare da qualche "feltrino" per le zampe delle sedie o da un vecchio cappello). Il dischetto di feltro si pone in luogo del telo rosa di fig. 60.

Se, dopo qualche ora di raffreddamento, il doppietto mostra ancora segni di disomogeneità, allora occorre smontarlo. Al tornio, oppure a mano con una limetta fine, si consuma la ribaditura (O, fig. 59) finché la lente si libera. Se la resina ha cementato la superficie laterale, cilindrica, della lente rispetto al metallo, può darsi che si debba riscaldare ancora.

Con il doppietto isolato in mano, si può procedere ad un riscaldamento più prolungato, con acqua o aria, finché i due elementi si scollano alla semplice pressione delle dita (attenti a non scottarsi, ma comunque occorre agire in fretta, prima che il collante indurisca).

Le lenti isolate andranno pulite, di solito con xilolo, e rincollate con resina nuova, sciolta in

[42] Il "phön" è un vento caldo ed asciutto che talvolta spira sul versante meridionale delle Alpi verso le pianure. Italianizzato in "fon", indica un asciugacapelli elettrico.

[43] Evitare altre fiamme, che lascerebbero una pàtina di nerofumo.

xilolo fino ad una consistenza sciropposa. Conviene abbondare con la resina poiché ciò che deborda sui lati servirà da adesivo rispetto al barilotto, che ora è stato privato della ribaditura.

Il barilotto con il doppietto e la resina nuova va ora compresso leggermente come visto sopra fino ad indurimento della resina (qualche giorno almeno). La resina in eccesso andrà poi tolta con xilolo. Nel rimontare il doppietto, si badi di non inserirlo alla rovescia! La superficie più convessa, di solito, è in alto.

Ma abbiamo prospettato un secondo caso, in cui il collante del doppietto non è una resina naturale ma un materiale artificiale. Infatti, il classico "balsamo" ha alcuni difetti: col tempo ingiallisce, è fluorescente, indurisce lentamente, soprattutto se è diluito con xilolo, ecc. I materiali sintetici, chimicamente assai vari, non hanno questi difetti, ma di solito non rammolliscono a caldo e non ammettono solventi. Si può tentare di insistere col getto d'aria calda, ma col rischio che le lenti si rompano a causa della differente dilatazione fra vetri diversi o fra vetro e metallo.

Se l'operazione non riesce, si può limare la ribaditura come visto sopra e ripetere il riscaldamento del doppietto isolato finché si separa. Se questo riesce, si dovrà togliere il collante residuo con mezzi meccanici, come il filo di una lametta da barba, usando molta cautela per non rigare il vetro.

Il resto (il rimontaggio) è come sopra, ricordando che il balsamo naturale non è adatto a lavorare in fluorescenza.

LA FRONTALE STACCATA

Si è visto sopra (fig. 36) che la lente frontale è spesso incollata sul barilotto lungo l'orlo, almeno negli obbiettivi forti. Il suo distacco non è quindi un evento così raro.

Solo negli obbiettivi deboli essa ha forma cilindrica e quindi può venire ribadita come si è visto in fig. 59 e risultare meccanicamente robusta.

In caso di distacco di una frontale incollata, lavorando sotto lo stereoscopico, occorre ripulire bene sia la lente che il barilotto da ogni traccia di adesivo e polvere. Riattaccarla è facile; come adesivo si può pensare a balsamo del Canada, che è lento ad indurire ma consente ritocchi per molte ore, almeno se è stato rammollito con xilolo. Si può usare un adesivo a presa rapida (Attak o simili, ma col pericolo che la lente venga appannata e richieda un'energica pulizia), ma un errore di posizionamento richiede un nuovo distacco, ripulitura, ecc.

Il problema è che la centratura di questa lente è molto critica ed è facile sbagliare.

Come si rivela un tale errore? Ne parliamo subito.

LA RICENTRATURA

Nel manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 13.2.4 e 19.5.2, abbiamo chiarito il significato e l'uso della "lente flottante" e la distinzione fra "centratura" ed "allineamento".

Più sopra, si è anche ribadito che la coma è un'aberrazione extra−assiale e pertanto, in un sistema ottico formato da elementi limitati da superfici sferiche centrate su un asse comune, al centro del campo ("in asse") quell'aberrazione non può esistere. Le figure allungate della coma (fig. 26) devono allora essere sempre dirette verso il centro (fig. 25 a sinistra), diventare sempre più piccole via via che si trovano più vicine al centro e devono scomparire "in asse".

Quando si cercano le figure di coma con lo star test, spostando "il forellino" in vari punti del campo (oculare a grande campo), si possono avere casi differenti:

− non si vedono figure di coma in nessun punto del campo; questo può avvenire solo con i migliori obbiettivi apocromatici, perfettamente centrati;

− si vedono figure di coma dirette tutte verso il centro, come in fig. 25. Questa è la "coma simmetrica", un residuo che viene dal progetto e non prevede rimedio; si può trovare in un acromatico od anche in un apocromatico di modesta qualità;

− si vedono figure di coma, come quelle di fig. 26, anche piccole, ma <u>al centro del campo</u>.

Questa è “coma in asse” o “asimmetrica”, un disastro per la definizione. La causa può essere:

+ una lente frontale incollata, o rincollata, fuori centro;

+ una delle lenti superiori montata in posizione eccentrica rispetto al proprio barilotto;

+ la lente flottante fuori centro, o per montaggio frettoloso o per urti o manomissioni successive (appena si smonta un obbiettivo, la centratura va perduta!).

Per assicurare una centratura globale accettabile, molti costruttori si servono proprio della lente flottante: è questa in genere la seconda lente, subito sopra la frontale, il cui barilotto è dimensionato leggermente più piccolo degli altri per cui, all’interno del barilotto generale, esso può “flottare” lateralmente. Questi lievi spostamenti della lente flottante possono provocare un lieve residuo di coma in asse oppure compensare il residuo dovuto a cattiva centratura di un’altra lente (la frontale o una di quelle superiori). In sede di montaggio o di rimontaggio è dunque essenziale muovere la lente flottante, o per centrarla sullo stesso asse delle altre, o per decentrarla in modo da compensare un disassamento di qualcun’altra. Questa “compensazione”, naturalmente, ha dei limiti: se una delle altre lenti è troppo disassata, la lente flottante può creare una figura di coma in direzione opposta e, alla fine, potrebbe risultare in asse una figura di coma a due code, dirette in senso opposto, una specie di fiocco. In questi casi perversi, si può tentare ancora qualcosa: con pazienza, smontando e rimontando, si ruoti attorno all’asse ottico la lente frontale o quella flottante o, sia pure con minor speranza di successo, una delle sovrastanti. Si può sperare così di portare dalla stessa parte tutte le lenti eventualmente non centrate nel proprio barilotto ed ottenere ancora una centratura su un asse comune. Ogni volta, si ruoti la lente sospetta di 45° e si annoti ogni variazione di forma della centrica. Si capirà subito se le cose migliorano o peggiorano e si saprà se conviene procedere ruotando dalla stessa parte, o ruotare dall’altra, o passare ad un’altra lente. Per non fare confusione, conviene marcare ogni barilotto con un segno da una parte (con una punta acuminata) e poi controllare ogni volta che solo quel dato barilotto sia stato ruotato.

Il trucco di segnare la posizione azimutale di ogni barilotto, appena si è smontato l’obbiettivo, è prezioso nel caso che l’obbiettivo fosse centrato in partenza (lo star test ce lo avrà certificato) e che lo smontaggio sia stato richiesto per altri motivi: al momento del rimontaggio si è almeno sicuri che ogni barilotto riprende lo stesso orientamento di prima.

Comunque, lo spostamento della lente flottante va tentato, o per minimizzare la coma globale (in asse) o per eliminarla.

Ora vediamo come le cose vanno in pratica.

In molti obbiettivi di vecchia fabbricazione (fig. 42. ad es.), i barilotti singoli venivano calettati a forza all’interno di un barilotto generale, in modo che non vi fosse gioco. La centratura globale finale dipendeva solo dalla centratura delle singole lenti nel proprio barilotto. Non c’era possibilità di ritocco (a parte la rotazione in senso azimutale, appena citata).

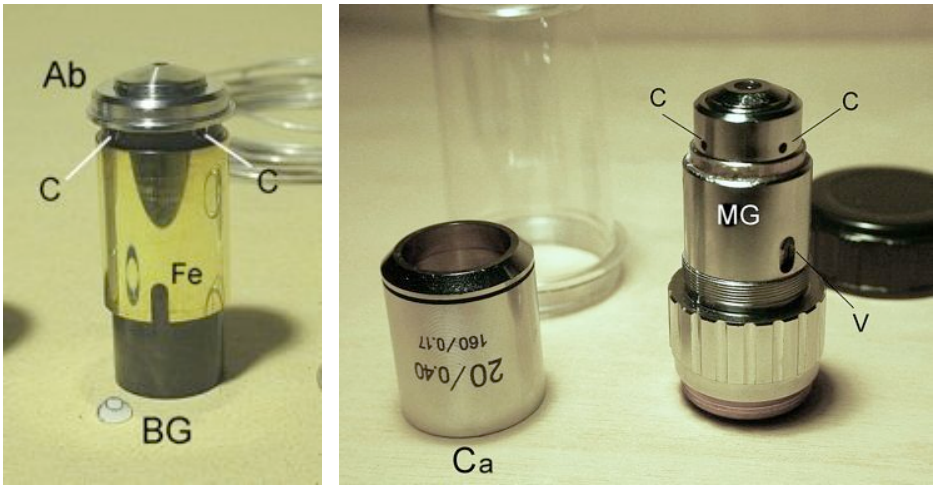



Fig 61 − A sinistra, lo stesso obbiettivo di fig. 50; a destra, un moderno acromatico in cui i fori di centratura (C) sono accessibili, appena svitata la camicia (Ca).

532 hc / 316

Nelle figg. 43, 47 e 48 avevamo già indicato colla lettera “C” dei piccoli fori, generalmente quattro, all’estremità del barilotto generale o della montatura generale, e li avevamo chiamati

“fori di centratura”. Anche in fig. 61 a sinistra si vede un dettaglio della fig. 50, con analoga indicazione.

Allo stesso modo appaiono questi fori nella maggioranza degli obbiettivi moderni (fig. 61, a destra).

In rari casi (fig. 62), tali fori sono visibili nel barilotto generale BG, ma sono coperti dalla montatura generale poiché manca la camicia.

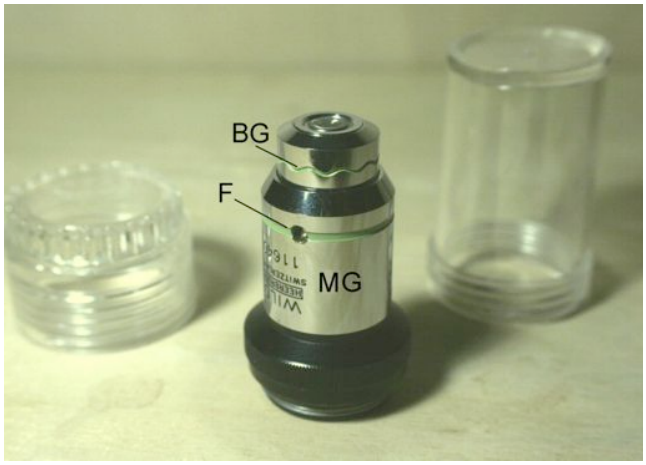



Fig. 62 − Obbiettivo Wild semi−apocrom. di fase, 40/0,75, con montatura molleggiata, ma senza camicia. La montatura generale copre i fori di centratura; proprio per accedere ad essi è stato praticato il foro F.

310

In questi casi, l’accesso ai fori di centratura è possibile solo costruendo un apposito supporto (con fori) simile alla montatura generale, oppure forando quella originale: basta un solo foro, come in figura 62 (F), poiché il barilotto generale BG si può ruotare all’interno della montatura MG in modo da far coincidere, uno alla volta, tutti i fori di centratura col foro F. Se il barilotto BG è guidato dalla solita vite che scorre in una fessura ed è impedito di ruotare, occorrerà togliere la vite di guida.

Nei casi normali, invece, i fori di centratura sono disposti in modo da poter accedere direttamente proprio al barilotto della lente flottante.

Si tratta di introdurre in quei fori, uno alla volta, una punta di circa 1 mm di diametro, lunga parecchi mm, e spingere leggermente osservando un forellino dello star test posto in asse.

La punta va ovviamente montata in un piccolo manico (fig. 41, A) e per “spingerla” si picchia sull’altra estremità con un martelletto del peso di 50 − 100 g (basta un pezzo di barra d’ottone come si vede in fig. 41, B).

Questa manovra si esegue con l’obbiettivo in posizione di lavoro, osservando continuamente una centrica in asse e notando se la coda di coma aumenta o diminuisce. Va detto subito che, in certi casi, la coda di coma si allunga nella direzione in cui si spinge la flottante, in altri casi si allunga contro la direzione di spinta. Va anche detto che, quando si spinge la flottante “tutta da una parte”, ci si deve aspettare una figura di coma in asse col massimo allungamento ma, quando si va a spingere in direzione opposta, non sempre la figura si inverte del tutto: si dovrà ritoccare spingendo da un altro foro. Infine, quando si cerca di eliminare una figura di coma e non si riesce, da qualunque parte si spinga, vuol dire che lo spostamento della flottante non basta e c’è qualche elemento troppo decentrato. Se si tratta di una frontale appena rincollata, staccarla e riprovare.

È sottinteso che lo spostamento della lente flottante presuppone la possibilità che essa scorra rispetto ai due barilotti confinanti. Ciò in genere può avvenire anche quando il pacco lenti è serrato dal solito anello filettato superiore (T in fig. 43 destra, F in fig. 43 sinistra; Av in fig. 55) o inferiore (Ab in fig. 49 e 50). Si può comunque allentare leggermente tale anello, centrare, ristringere, ricontrollare.

L’accesso ai fori di centratura può essere immediato, nel senso che basta svitare la camicia (fig. 61, destra; fig. 43, 47 e 48). Del caso di fig. 62 si è già detto. Nel caso di fig. 53 e 54, i fori di centratura sono parzialmente nascosti dall’anello 4 che consente la correzione per lo spessore della lamella e, per accedere ad essi, occorre alterare la correzione e così la forte sferica che ne deriva copre l’eventuale coma in asse. L’abbiamo definita “una rogna” poiché occorre procedere

per tentativi, ogni volta smontando e rimontando.

Nel caso di fig. 50 (vedi un dettaglio in fig. 61, sinistra), invece, il barilotto generale si infila da sotto ed è trattenuto da un anello (C in fig. 63). Per accedere ai fori di centratura occorre smontare l'anello C e così BG cade verso il basso. Per poter effettuare la centratura della lente flottante con l'obbiettivo in posizione normale, occorre allora trattenere BG in posizione di lavoro. La cosa più semplice è costruire con filo di rame del diametro di 1 o 1,5 mm una specie di supporto o gabbietta, fatta da due anelli e da un filo che li collega, come si vede in fig. 63, a destra ("Supp").

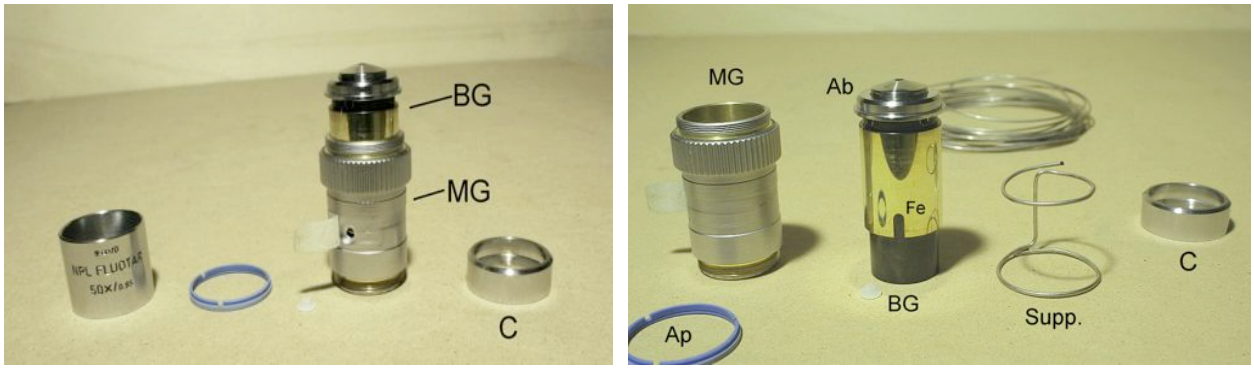



Fig. 63 − Obbiettivo Leitz 50/0,85 Epi con barilotto generale trattenuto verso il basso dall'anello C. Si noti che questo obbiettivo è stato fotografato in posizione invertita, con la frontale in alto. 532 d − h

Alla fine, l'obbiettivo appare come in fig. 64 e lo si può avvitare sul revolver senza che il barilotto BG cada.

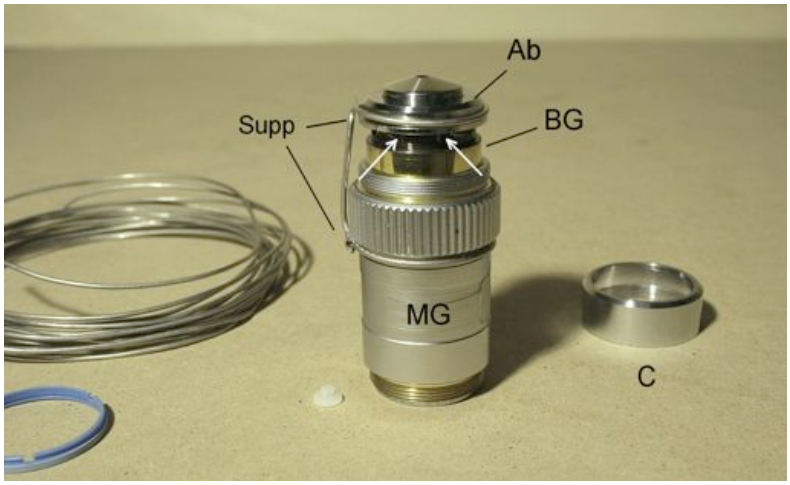



Fig. 64 − L'obbiettivo della figura precedente, rimontato senza l'anello che trattiene BG (C), ma con la gabbietta "Supp", che consente di accedere ai fori di centratura (freccette). 532 j

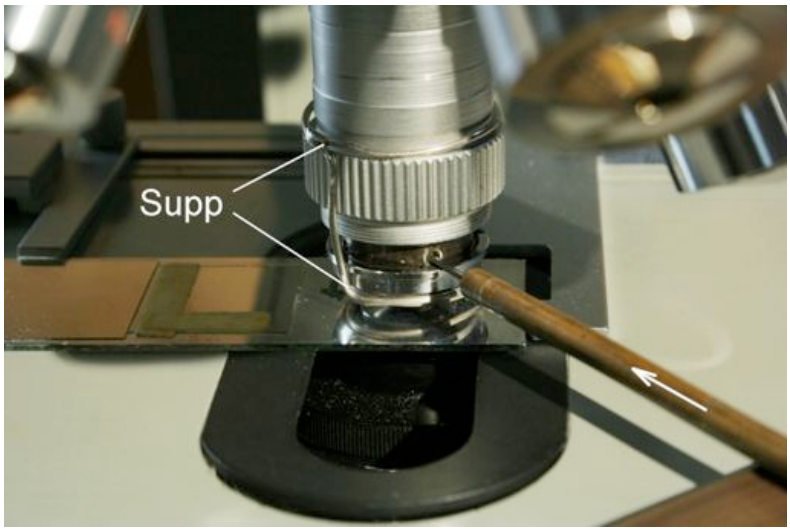



Fig. 65 − L'obbiettivo della figura precedente, in posizione di lavoro, con la gabbietta (Supp) che trattiene il barilotto generale BG.

È in queste condizioni che si centra la lente flottante, mentre si osserva una centrica al centro del campo. 532 n

Posto sul revolver, l'obbiettivo può essere centrato come di consueto a mezzo dell'attrezzo già nominato, fornito della punta da 1 mm di diametro (fig. 65). I colpetti sulla coda dell'attrezzo vanno dati ovviamente in direzione della freccia.

L’intuito, dopo qualche tentativo, ci dirà in quale altro foro conviene spingere se il risultato non è ancora soddisfacente.

IL RIASSEMBLAGGIO

Rimettere assieme i pezzi di un apparecchio smontato è generalmente semplice: basta ripercorrere a ritroso le operazioni compiute nello smontarlo. Naturalmente con qualche attenzione per i punti critici. Ne ricordiamo qualcuno.

Nello stringere le varie parti metalliche a contatto colle lenti, barilotti in particolare, evitare troppe tensioni ed urti, non tanto per evitare rotture, ma per non sottoporre il vetro a pressioni localizzate che creerebbero tensioni interne e quindi birifrangenza indotta (vedi l’art. n° 7, “La messa in opera del microscopio polarizzatore”, nel sito: www.funsci.com.).

Nel ricomporre il pacco lenti, evitare ogni corpo estraneo, granelli di polvere o slabbrature (“bave”) negli spigoli delle parti metalliche: 1) nelle superfici di contatto fra i vari barilotti per evitare che non si trovino più paralleli fra loro; 2) nelle superfici laterali dei barilotti medesimi perché non diventi difficile il loro reinserimento nel barilotto generale.

Tali corpi estranei e slabbrature fanno anche facilmente perdere la parfocalità, almeno fra gli obbiettivi più forti.

Come già detto, massima attenzione nel manipolare gli eventuali anelli distanziali, specialmente fra la frontale e la lente contigua.

Tutte le operazioni di rimontaggio vanno eseguite in ambiente molto pulito, chiuso, senza correnti d’aria: il minimo filaccio, fibra tessile od altro, portato dall’aria, si può depositare sulla superficie delle lenti e rimanervi attaccato per ragioni elettrostatiche o di semplice adesione.

Si lavori su un tavolo rivestito di plastica, già pulito con un telo umido (proprio per ridurre le cariche elettrostatiche). Quando sono pulite e pronte tutte le lenti per il rimontaggio, cominciare da quella emergente ed appoggiarla sul tavolo come si troverebbe nell’obbiettivo rovesciato; poi sovrapporvi una ad una tutte le altre assieme agli eventuali anelli distanziali. Alla fine, si deve trovare sul tavolo l’intero “pacco lenti”, come si vede in fig. 49 (a destra), con la frontale in alto.

Via via che si sovrappone un barilotto all’altro, controllare prima sotto lo stereoscopico che ogni lente sia rimasta pulita, scacciare gli ultimi fili di polvere con una peretta di gomma da clistere (del n° 6 o n° 7), e coprire ogni volta il tutto con uno scatolino da pellicole o un bicchierino da liquore in vetro; alla prossima lente, sollevare il bicchierino, appoggiare la lente e ricoprire. Finita la sovrapposizione dei barilotti, appoggiarvi sopra il barilotto generale o la montatura generale che li deve contenere e spingere delicatamente verso il basso. Se si incontra resistenza, è segno che qualcuno dei barilotti è fuori centro e sporge dalla pila degli altri.

Quando il pacco lenti è tutto rientrato nel barilotto generale, non si può più spingere oltre. Allora, affinché il pacco venga pressato a fondo nel barilotto generale, spingere ancora sul barilotto emergente con un tubetto in plastica come quello di fig. 44.

Negli ultimi due paragrafi si è tacitamente fatto riferimento a strutture “normali”, come quelle di fig. 42, 43, 47 e 48, in cui il pacco lenti entra nel barilotto generale dall’alto: si spinge sul barilotto emergente. Nei casi “inversi” (fig. 49 e 50), invece, il pacco lenti s’introduce da sotto, spingendo sulla frontale, con gli stessi accorgimenti: per non danneggiare il barilotto frontale, si usi ancora il tubetto di fig. 44.

G.P. Sini − Via D’Azeglio 5
40017 − S. Giovanni Pers. (BO)
051−68 10 849 − 339−71 54 957
In Estate: 0463−90 30 86