

OCULARI & OCULARI: quali sono quelli giusti?

Nell'art. n° 19 "La compensazione dell'astigmatismo e della coma", in questo stesso sito, si è visto che, per quanto riguarda le due aberrazioni extra-assiali citate in quel titolo, la scelta dell'oculare del microscopio non offre possibilità di rilievo.

Però in altri testi, sempre presenti nel sito "www.funsci.com" (manuale: "Problemi Tecnici della Microscopia Ottica", Cap. 19.3.1 e 20.4, art. n° 11, "Controllo dei residui di aberrazioni ...", art. n° 18, "Come controllare ed intervenire ...") si è visto che la scelta dell'oculare è fondamentale per limitare l'aberrazione cromatica laterale (CVD) nell'immagine finale. Si tratta in altre parole di trovare l'oculare che assicuri la migliore "compensazione" del residuo di CVD che molti obbiettivi, anche di alto livello, non possono fare a meno di portarsi dietro, e non per incapacità dei progettisti, ma per ragioni tecniche difficilmente superabili.

Nei testi citati si è trattato questo problema dal punto di vista generale.

Ora vogliamo occuparci di oculari reali, e tracciare una tabella che mostri quali oculari si accoppiano meglio con obbiettivi di tipo normale, sempre con riferimento alla compensazione della CVD.

Esamineremo dieci oculari rappresentativi, sia classici, sia moderni, ed osserveremo quali sono i risultati del loro accoppiamento con cinque obbiettivi di tipo molto diffuso.

Gli obbiettivi considerati sono tutti acromatici in quanto gli apocromatici ed i semiapocromatici, di solito, sono tutti progettati con lo stesso residuo di CVD in modo che, con un unico oculare o un'unica serie di oculari compensatori, sia possibile ottenere sempre la miglior correzione (almeno nelle intenzioni).

Tutti questi obbiettivi sono a norme DIN ($L_o = 45$ mm; $L_m = 160$ mm; $d = 0,17$ mm).

Naturalmente, non si tratta che di pochi esempi: ogni costruttore offre sistemi particolari in cui cerca di migliorare le prestazioni, compatibilmente con le sue capacità di progettazione, la disponibilità di vetri speciali e le risorse economiche accessibili.

Ma tali esempi possono dare all'utilizzatore finale almeno un orientamento ed una capacità di valutazione di quanto il mercato propone. Si ricordi che nessun costruttore ha interesse a rivelare certi dettagli sui propri prodotti. La sua filosofia è: "compra la mia roba e vai tranquillo". Parlare di compensazione o di residui di aberrazioni sarebbe una perdita di prestigio.

Non sono stati studiati gli accoppiamenti con obbiettivi acromatici ad immersione, poiché, in questi casi, è da prevedere un residuo di CVD piuttosto forte, che i normali oculari compensatori possono correggere solo in parte: è una partita persa.

Non sarà possibile illustrare con fotografie tutte le combinazioni possibili (quelle esaminate sono cinquanta), ma una tabella basterà a dare delle indicazioni di massima.

Per il controllo del residuo di CVD, come illustrato nei testi citati sopra, è ideale un reticolo a righe parallele, trasparenti ed opache, di passo fra 20 e 50 μ , ma può bastare, e questo metodo è stato adottato nelle foto che seguono, una sola "fessura decentrata". S'intende con questo termine una sottile fessura ottenuta con una lametta da uno strato opaco depositato su un porta-oggetto. Lo strato opaco può essere costituito dall'alluminatura dello star test o, semplicemente, da uno strato d'inchiostro di china ben asciugato alla superficie di un porta-oggetto. Per l'osservazione, la fessura andrà coperta da un normale copri-oggetto.

La fessura va focalizzata e portata ai margini del campo visivo, e perciò si parla di "decentrata". Poiché la fessura è decentrata, essa corrisponde ad una "corda", geometricamente intesa, di quella circonferenza che rappresenta i margini del campo visuale dell'oculare: salvo casi rarissimi, tale campo è circolare poiché circolare è il diaframma di campo visivo. (NB: d'ora

in poi tale diaframma sarà indicato brevemente con la sigla “DV”).

Nelle foto che seguono si è evitato di modificare elettronicamente la dominante di colore o la saturazione, al fine di rispecchiare la situazione reale delle bordature colorate.

In queste foto viene presentata, per facilitarne l’analisi, solo la porzione superiore dell’immagine della “fessura decentrata”. In alto, tale immagine mostra un segmento obliquo che corrisponde ad una piccola parte del margine del campo visuale dell’oculare: il resto di tale margine è invisibile poiché il “fondo” dell’immagine è scuro salvo, appunto, in corrispondenza della fessura.

L’osservazione di quel segmento obliquo, o del confine del DV in generale, è interessante poiché consente di solito di discriminare un oculare acromatico da un compensatore:

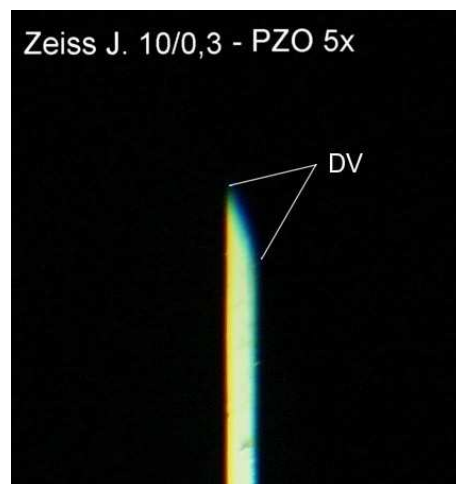
— negli oculari acromatici positivi l’orlo del DV deve essere privo di colori, un bianco-nero netto (figg. 2 e 5); infatti, il DV si trova SOTTO il pacco lenti e pertanto, dovendo tali oculari essere corretti da CVD, l’immagine che essi danno di tale diaframma deve essere acromatica, senza colori;

— negli oculari acromatici negativi, data la presenza della “lente di campo” sotto il DV, cioè sotto l’immagine intermedia, il diaframma stesso viene osservato solo attraverso la lente “oculare”, la lente superiore dell’oculare; nella ricetta di Huygens ed in quelle derivate, la lente oculare è semplice e pertanto affetta da CVD sottocorretta: l’orlo del DV apparirà pertanto accompagnato da una frangia blu¹ (“DV” in fig. 1);

(2603)

Fig. 1

— negli oculari compensatori invece, essendo introdotto ad arte un residuo di CVD sovracorretta, per compensare il residuo sottocorretto dell’obbiettivo, l’orlo del DV sarà colorato di rosso-arancio (fig. 3 e 4).



Cominciamo con l’illustrare con quattro fotografie solo i casi più tipici:

— un oculare acromatico con un obbiettivo acromatico debole sicuramente ben corretto da CVD (fig. 2);

— un oculare compensatore classico con un normale obbiettivo acromatico forte, fisiologicamente portatore di un sensibile residuo di CVD sottocorretta (fig. 3);

— un oculare compensatore con un obbiettivo acromatico debole (fig. 4);

— un oculare acromatico con un obbiettivo acromatico forte (fig. 5).

È ovvio che gli oculari con ingrandimento minore mostrano la fessura e le relative frange colorate più strette degli oculari più forti: la ragione è semplice: ingrandiscono meno!

Per lo stesso motivo, la fessura fotografata con un obbiettivo 40:1 appare più grande di quella con un obbiettivo 10:1; la fessura è sempre la stessa, ma l’ingrandimento no. Si tenga conto di questo nel valutare l’ampiezza delle frange colorate ai lati della fessura, e si tenga conto anche del fatto che, per facilitare il confronto, le foto con l’obbiettivo 10 sono state ingrandite più di quelle con l’obbiettivo 40.

¹ Per i pignoli: il campo visuale dell’oculare (dato dal foro nel DV) è una specie di oggetto rotondo a margini netti, che l’oculare ci mostra in un’immagine virtuale ingrandita. Se l’oculare o una lente generica non è corretta da CVD, l’immagine data dalla “regione blu” dello spettro appare più grande delle altre poiché è formata dalle lunghezze d’onda minori, per cui l’indice di rifrazione è maggiore, la focale minore e l’ingrandimento maggiore. L’immagine “blu” perciò deborda ed invade l’orlo nero del DV. Se la CVD è sovracorretta avviene l’inverso ed è l’immagine arancio-rosso a debordare, sovrapponendo il proprio colore all’orlo di DV.

Fig. 2 – Obiettivo acromatico debole, corretto da CVD, con un oculare acromatico (Zeiss J. GF-P 10 × (18) ∞).

Sia l'orlo del DV (indicato in figura proprio con "DV"), sia i bordi della fessura, sono privi di colore.

È questo un accoppiamento obiettivo-oculare ideale. (2658)

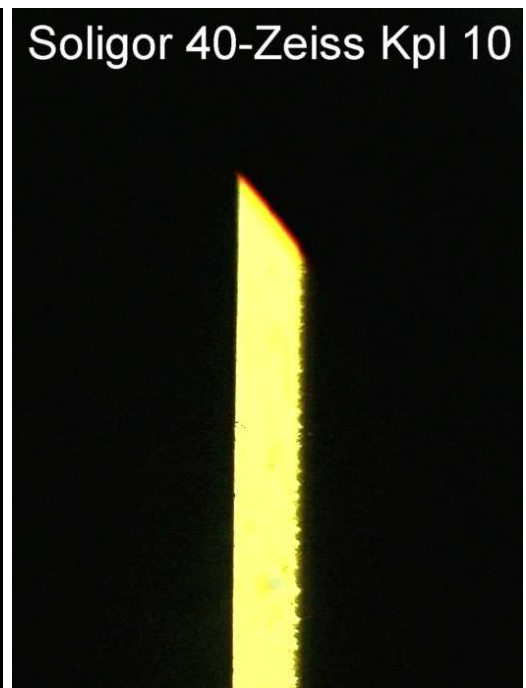
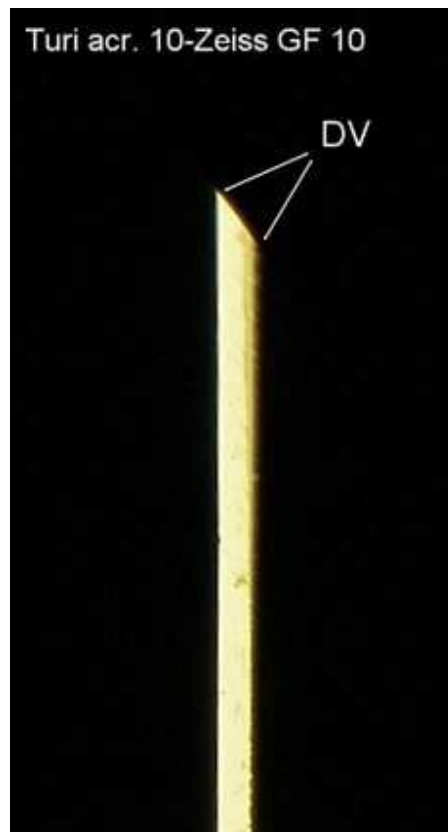


Fig. 3 – Obiettivo acromatico forte, affetto da residuo fisiologico di CVD, con un oculare compensatore classico (Zeiss Ober. Kpl W 10×/20 ∞). La CVD complessiva è corretta (orli della fessura senza colori), ma l'orlo del DV è rosso. L'accoppiamento obiettivo-oculare è ottimo. (2668)

Fig. 4 – Obiettivo acromatico debole, corretto da CVD, con un oculare compensatore, quello della fig. 3: l'obiettivo non aveva bisogno di compensazione per cui la sovracorrezione dell'oculare produce una frangia rossa sul lato esterno sia della fessura che del DV.

Un pignolo noterà che il segmento "DV" della fig. 4 mostra una frangia colorata più intensa che in fig. 3, pur essendo l'oculare il medesimo. La ragione è che in fig. 4 l'obiettivo è più debole e quindi la foto è stata ingrandita di più per mostrare la fessura di dimensioni comparabili.

(2669)

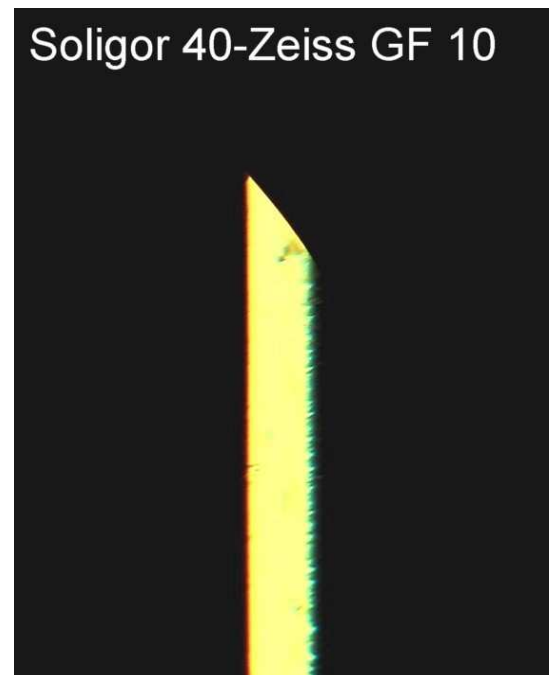
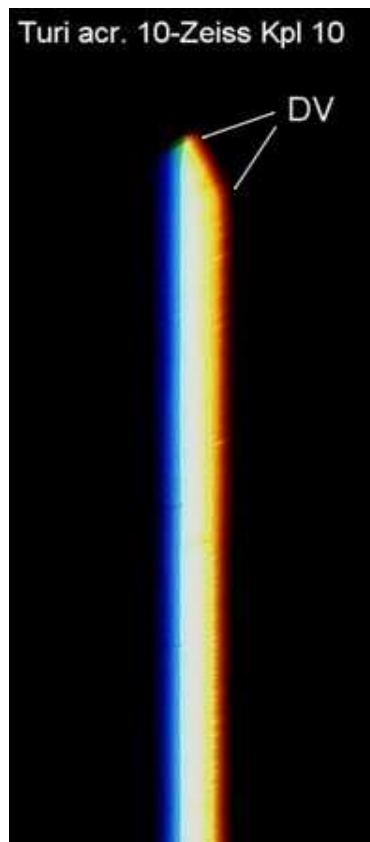


Fig. 5 – Obiettivo acromatico forte (lo stesso di fig. 3) con un ottimo oculare acromatico (lo stesso di fig. 2). La CVD residua dell'obiettivo non è corretta dall'oculare e l'orlo esterno della fessura è blu (CVD sottocorretta). (2663)

L'orlo del DV è senza colori poiché l'oculare è acromatico.

Si noti che i colori sui due bordi della fessura sono invertiti fra le figg. 4 e 5: si tratta di due situazioni entrambe scorrette, ma in direzione opposta.

Ora un'occhiata agli oculari utilizzati nelle varie prove (fig. 6). Hanno tutti un indice di campo (diametro dell'immagine intermedia realmente utilizzata) vicino a 18 mm. Le valutazioni sui residui di CVD sono state eseguite ponendo l'immagine della fessura a circa 7 mm dal centro del campo dell'oculare².



Fig. 6 – I dieci oculari usati nella compilazione della tabella qui sotto.

I primi due oculari (n° 1 e 2 in fig. 6) sono negativi, secondo lo schema di Huygens.

I successivi tre (n° 3, 4 e 5 in fig. 6) sono positivi, grandangolari³. Segue un Galileo negativo, un classico (n° 6), un Wild grandangolare positivo (n° 7), un Leitz Periplan GF 10 ×, di cui esistono una versione negativa, più classica, ed una positiva, più recente (n° 8), entrambi grandangolari. I due ultimi sono positivi. Il n° 9 (“Kpl W 10×/20”) è uno Zeiss Oberkochen “complanetico” grandangolare, positivo; il n° 10 (“K 10×”, non grandangolare ($s' = 15$)) è positivo, di fabbricazione russa, con una compensazione fortissima.

Sono “a pupilla alta” ($Ap > 12-13$ mm) il n° 3, 4, 5, 7, 8 e 9.

La cosa più importante da notare è che i primi quattro, sia pure di struttura diversissima, sono acromatici. Gli ultimi sei sono invece compensatori, ma in diverso grado, sempre più “forti” dal Turi WF 10×/20 (n° 5 in fig. 6) al Lomo K 10× (n° 10). Va ricordato che la compensazione non è un “sì – no” (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 19.3.1, l’art. n° 18: “Come controllare ed intervenire ...”, pag. 3, ecc.) ma si può attuare con infinite gradazioni da 0 ad un massimo indefinito.

Il grado di compensazione dei sei oculari compensatori qui elencati si può dedurre dal residuo sovra corretto che essi producono se accoppiati con un obiettivo acromatico tipico, quale è contemplato nella prima colonna della tabella sottostante (obiettivo acrom. Turi 10/0,25): il residuo cresce dal semi-compensatore Turi WF 10×/20 fino ad un massimo dell’ultimo oculare considerato, di fabbricazione russa (Lomo?). I primi quattro oculari, che sono acromatici, non danno alcun residuo di CVD col medesimo obiettivo.

Per studiare il comportamento di questa serie di oculari, li si è fatti interagire con obiettivi

² Si ricorda che l’ammontare della CVD è proporzionale al “campo”, cioè alla distanza di un punto del piano immagine dal centro.

³ Sono normalmente chiamati grandangolari gli oculari con un campo angolare di almeno 40°. il che si ottiene con un indice di campo $s' = 18$ ed un ingrandimento $V = 10 \times$ (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 20.1).

acromatici assolutamente tipici, non planari (per non complicare le cose)(fig. 7):

– quello della prima colonna della tabella è debole (Turi, 10:1/0,25, “1” in fig. 7)) e pertanto, nelle ricette classiche “sec. Petzval” (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 19.2.3.1), la CVD può essere completamente corretta poiché entrambi i membri sono doppietti acromatici;

– quello della terza colonna (“3” in fig. 7) è un acromatico medio (Turi, 20:1/0,40) con un ridotto residuo di CVD sottocorretta;

– quello della quarta colonna (“4”) è un acromatico forte (Soligor, EA 40:1/0,65), con un “normale” residuo di CVD sottocorretta.



Fig. 7 – I cinque obiettivi usati per le prove, corrispondenti alle cinque colonne della tabella sottostante.

Quello della seconda colonna (“2” in fig. 7), ancora un acromatico debole (Soligor, EA 10/0,25) è invece un po’ anomalo, nel senso che presenta un lieve residuo di CVD e produce un risultato accettabile con un oculare compensatore debole, come il Turi WF 10×/20 ω (casella 22 nella tabella qui sotto). Il senso di questa soluzione è di non richiedere oculari acromatici e consentire l’uso di un solo oculare semi-compensatore per tutta una serie di obiettivi acromatici, dal 10:1 in su. Questa soluzione è stata adottata anche da altri costruttori (vedi nel sito “www.funsci.com” la scheda tecnica n° 29, riguardante un obiettivo acromatico Zeiss Jena 10/0,30).

Da notare che lo stesso costruttore del EA 10/0,25 presenta un acromatico EA 4/0,10 del tutto normale (esente da CVD, come il Turi 10/0,25), per cui, almeno con questo, occorre comunque un oculare acromatico.

All’obiettivo Zeiss Jena 10/0,30, appena nominato, si riferisce la fig. 1 nella quale è ben visibile un residuo di CVD sottocorretta: essendo l’oculare utilizzato per quella foto un acromatico tipico sec. Huygens, è evidente che occorre un oculare compensatore. Questo obiettivo si compensa bene con un oculare semi-compensatore, come il Turi WF 10×/20 ω . Si tratta comunque di un obiettivo un po’ datato: basti dire che la sua lunghezza di parfocalità è L_o = di 33,3 mm.

L’obiettivo della quinta colonna (Zeiss Jena PA 40/0,65, “5” in fig. 7) è anch’esso un po’ fuori serie poiché presenta un residuo di CVD molto forte, che non si corregge con i normali oculari compensatori (caselle 35, 40 e 45 nella tabella) e si mette tranquillo solo con un super-compensatore come quello in fondo alla tabella (Lomo (?) “K 10×”)(casella 50).

Oculare	Obiettivo Turi 10/0,25	Obiettivo Soligor EA 10/0,25	Obiettivo Turi 20/0,40	Obiettivo Soligor EA 40/0,65	<i>Obiettivo Zeiss Jena PA 40/0,65</i>
PZO "5 ×" $s' = 17,4$	1) 0	2) 0	3) - 0,5	4) - 1	5) - 4
Reichert "8×" $s' = 18$	6) 0	7) 0	8) - 1	9) - 2	10) - 4
Zeiss Jena "GF-P 10×(18)" $s' = 18$	11) 0	12) - 0,5	13) - 2	14) - 3	15) - 4
Turi "10 ×" microm. $s' = 18$	16) 0	17) - 0,5	18) - 2	19) - 3	20) - 4
Turi WF 10×/20 $s' = 20$	21) + 2	22) + 0,5	23) 0	24) - 2	25) - 3
Galileo "HC 10×" $s' = 15,6$	26) + 3	27) + 1,5	28) 0	29) - 1	30) - 3
Wild "W 12,5 K" $s' = 18$	31) + 3	32) + 2	33) + 1	34) - 0,5	35) - 3
Leitz Periplan ⁴ "GF 10 ×" $s' = 18$	36) + 3	37) + 2,5	38) + 0,5	39) - 0,5	40) - 3
Zeiss Ober. "Kpl W 10/20" $s' = 18$	41) + 4	42) + 3	43) + 3	44) 0	45) - 3
Lomo (?) "K 10×" $s' = 15$	46) + 6	47) + 5	48) + 4	49) + 2	50) 0

TABELLA 1

Per tutte le combinazioni oculare-obiettivo contemplate nella tabella sovrastante, si è cercato di dare una valutazione del residuo di CVD nell'immagine finale attribuendo ad esso dei numeri, da 0 a 6, col segno negativo se l'aberrazione è sottocorretta e positivo se sovracorretta.

Si tratta di una valutazione imprecisa, tanto più che i bordi rosso e blu non sono sempre simmetrici (come è detto in qualcuno dei testi citati, la compensazione è l'espressione di una funzione che non è mai lineare e può assumere andamenti assai vari). Un modo più obiettivo sarebbe di misurare (con un oculare micrometrico) la larghezza delle frange colorate ma, essendo esse assai sfumate, non sarebbe comunque facile raggiungere un qualche grado di precisione.

Ed ora, qualche commento sui dati della tabella.

Per cominciare, facciamo notare che la fig. 2 corrisponde alla casella 11) della tabella; la fig. 3 alla casella 44); la fig. 4 alla casella 41) e la fig. 5 alla casella 14).

Si noti anche che i primi due oculari, essendo deboli, sono indicati come eventuali produttori (nell'immagine finale) di un residuo di CVD inferiore a quello degli altri oculari acromatici, e ciò per la buona ragione che le cifre esposte riflettono la larghezza delle frange colorate come

⁴ Sono state messe a confronto due versioni di questo oculare: una classica (Wetzlar), l'altra prodotta dalla Leitz Portugal (quella raffigurata in fig. 6, indicata col n° 8). Le prestazioni sembrano identiche.

appaiono nell'oculare, e pertanto appaiono tanto più piccole quanto più debole è l'oculare.

Poi, consideriamo le caselle 1, 6, 11 e 16: un obiettivo acromatico debole lega bene con un oculare acromatico; così nelle caselle 23 e 28 appare una buona compensazione fra un obiettivo acromatico medio (Turi 20/0,40) e due oculari compensatori deboli. Con un obiettivo acromatico forte (Soligor EA 40/0,65) occorre invece un oculare compensatore classico (caselle 34, 39 e 44). L'obiettivo acromatico dell'ultima colonna (Zeiss Jena PA 40/0,65) richiede infine una compensazione fortissima (casella 50), senza la quale fornisce immagini molto sottocorrette per la CVD (vedi tutte le caselle dell'ultima colonna, da 5 a 45).

Da questi semplici esempi si dimostra quanto affermato all'inizio: un obiettivo acromatico debole (di solito da 4:1 a 10:1) non comporta un residuo di CVD e richiede quindi un oculare altrettanto acromatico per dare un'immagine finale corretta, ma qui vanno eseguiti controlli accurati poiché vi sono eccezioni: vari costruttori, ne abbiamo già indicati due, producono obiettivi acromatici deboli con un residuo di CVD sottocorretta.

Per il resto, gli obiettivi acromatici medi e forti di vari costruttori e di serie diverse presentano generalmente un residuo di CVD di ammontare variabile che va compensato con oculari compensatori di grado altrettanto variabile. Non si possono dare regole generali: volta per volta occorre verificare l'accoppiamento; le indicazioni del costruttore sono spesso molto sommarie e del resto, poiché in genere non esiste l'oculare che vada bene per tutti gli obiettivi, anche se della stessa serie, nessun costruttore può offrire un diverso oculare per ognuno (o quasi) dei suoi obiettivi: perderebbe credibilità. Da cui, compromessi di vario genere.

Il consiglio pratico che ne emerge è dunque: procurarsi la maggior varietà possibile di oculari, specialmente dei compensatori e, per ogni obiettivo, verificare l'accoppiamento migliore. Lo strumento da usare per il controllo può essere molto semplice: un porta-oggetti, una goccia di china nera, una lametta da barba ed un copri oggetti.

Naturalmente, può non essere facile acquistare oculari "classici" come alcuni di quelli descritti sopra ma, fra i distributori di prodotti di provenienza orientale, è possibile reperire oculari di buona qualità e di costo contenuto.

Nelle prove sopra descritte sono stati usati alcuni oculari distribuiti da "Ottica Turi" di Pistoia; nel catalogo di quella casa si trovano cinque oculari di ingrandimento 10×, tutti positivi⁵, tutti grandangolari (s' fra 17,5 e 21,4 mm), tutti a pupilla alta (Ap fra 13,5 a 22 mm). La posizione dell'immagine intermedia (del primo fuoco) rispetto alla battuta d'appoggio è normalizzata (10 mm).

Due dei cinque sono compensatori deboli, uno normale (WF 10×/20 $\frac{1}{2}$) ed uno micrometrico (WF 10×) di corredo ad un microscopio polarizzatore⁶.

Gli altri tre sono acromatici; quello marcato semplicemente "10×" è micrometrico, gli altri due sono interessanti per avere un'altezza di pupilla eccezionale (circa 22 mm). Questo può risultare prezioso.

Infatti, l'altezza della pupilla d'uscita (Ap) sta diventando sempre più importante in fotografia. Nell'osservazione visuale, un'altezza di 15 mm è più che sufficiente, anche per i portatori d'occhiali. Ma in fotografia può capitare, specialmente con obiettivi a focale medio-lunga, specialmente con obiettivi zoom, che la pupilla d'ingresso dell'obiettivo (fotografico) sia così arretrata rispetto alla prima lente da non poter coincidere colla pupilla d'uscita dell'oculare. Il risultato è una vignettatura, cioè l'impossibilità di fotografare l'intero campo

⁵ Poiché gli oculari ivi descritti sono tutti positivi, il valore di DV (diametro del diaframma di campo visivo) dovrebbe coincidere con l'indice di campo (s'), cioè colla porzione effettivamente utilizzata dell'immagine intermedia primaria. In realtà, il costruttore tende ad arrotondare per eccesso quei valori e spesso un indice nominale di 18 mm, ad es., corrisponde ad un valore effettivo di 17,5 o meno. Un calibro consente un rapido controllo,

⁶ Questo oculare ha un diametro del diaframma di campo visivo (DV) pari a 20 mm ma tale diametro si può sfruttare solo dopo aver smontato l'anello di ritegno del micrometro oculare. Se questo è montato, il valore di DV scende a 19. Nell'oculare acromatico "10×" citato subito sotto avviene qualcosa di simile: l'indice di campo di 18 mm si ottiene solo smontando il supporto del micrometro oculare; col supporto, l'indice di campo si riduce a 16,5 mm.

dell'oculare (vedi nello stesso sito l'art. n° 13: "Fotomicrografia al microscopio ...").

NB: Indichiamo con "Ap" l'altezza della pupilla d'uscita dell'oculare rispetto alla sporgenza superiore della montatura. La denominazione "ad alta pupilla" si applica in genere ad oculari con $Ap > 13$ mm.

Il valore di Ap dipende: – dalla distanza della pupilla d'uscita dell'obbiettivo, quindi dall'obbiettivo usato al momento della misura – dal tipo di tubo porta-oculari – dalla presenza in quest'ultimo di prismi o lenti, ecc. I valori qui indicati sono stati misurati con tubo diritto semplice, con lunghezza meccanica del tubo (Lm) pari a 160 mm e fattore di tubo (Ft) pari a 1 ×. Una misura con un tubo con $Ft = 1,6 \times$, per es., abbassa il valore di Ap di quasi il 10%.

L'oculare "WF 10 × / 22" è molto particolare (fig. 8):

-- Non esiste un diaframma di campo visivo; la funzione di quest'ultimo è svolta dalla superficie interna del tubo inferiore. Tale tubo ha un notevole spessore e potrebbe essere assottigliato per tornitura, aumentando il valore di DV di un paio di mm almeno.

-- La superficie interna del tubo inferiore è piuttosto lucida e produce un notevole riflesso, ben visibile appena l'occhio si sposta dalla posizione centrata. Non è consigliabile provvedere all'annerimento con carta vellutina nera poiché questo restringerebbe il valore di DV.

Occorrerà servirsi di una vernice "nero satinato".

-- La lente oculare è regolabile (la graduazione è ben visibile in fig. 8), come è di norma negli oculari micrometrici, ma non esiste una sede per un micrometro oculare.

-- La notazione indica il numero 22 dopo il valore dell'ingrandimento e la barra (10×/). Tale notazione di solito indicherebbe l'indice di campo, che però è pari a 17,5 mm (valore misurato). Tale oculare può quindi essere utilizzato su microscopi biologici, ma con indice di campo $s' = 17,5$.

Tutti questi punti oscuri si chiariscono confrontando questo oculare con il suo gemello "C-W 10×/22" (fig. 9), il quale risulta contenere un identico sistema ottico, ma la parte inferiore ha un diametro maggiore al fine di adattarsi ai tubi porta-oculari dei microscopi stereoscopici dello stesso costruttore (30,2 mm). Questo diametro maggiorato consente di sfruttare l'intero indice di campo che il sistema ottico consente, e che viene limitato solo dal diametro della sede per reticoli, avvitabile da sotto (visibile a sinistra nella fig. 9): 21,4 mm.

Fig. 9



Fig. 8



Un campo così ampio corrisponde all'incirca all'indice di campo dichiarato ("22") e può essere prezioso in fotografia.

Anche questo oculare ha la lente oculare regolabile, ma è prevista una sede per reticoli con supporto del diametro di 24,8 mm, che lo stesso distributore può fornire, e che esistono con graduazioni assai varie, destinate a differenti applicazioni.

Se si vuole applicare questo particolare oculare su un microscopio biologico, allo scopo di sfruttarne l'intero indice di campo, occorrerà tornire un semplice anello di raccordo da infilare nella parte inferiore dell'oculare (dopo aver smontato il porta-reticolo); il diametro esterno del raccordo dovrà essere di 26,7 mm; se il diametro interno sarà di 25 mm, l'oculare potrà essere

montato su un normale tubo porta-oculari, facendo attenzione di fermarlo all'altezza giusta (l'estremità superiore del tubo porta-oculari deve corrispondere all'altezza della "spalla" dell'oculare, che sarebbe l'orlo sporgente che separa le due parti dell'oculare stesso).

Così utilizzato, senza l'anello porta-reticoli, un tale oculare potrà fornire un indice di campo pari circa al diametro interno del tubo porta-oculari (23,2 mm, salvo vignettature e salvo riflessi sulla superficie interna del tubo!), ma un tale campo potrebbe includere zone marginali dell'immagine intermedia, dove né un obiettivo normale né lo stesso oculare può garantire una soddisfacente correzione delle aberrazioni extra-assiali.

L'interesse di questo oculare può risiedere, almeno in fotografia, nell'elevata altezza della pupilla (riduzione delle vignettature, come già detto) e nella possibilità di fotografare un'immagine intermedia con meno perdite: intendiamo dire che, nel migliore dei casi, quando il rettangolo del formato fotografico è esattamente inscritto nel cerchio dell'immagine intermedia, comunque l'immagine intermedia stessa viene sfruttata solo in parte per via delle quattro lunette che separano il rettangolo inscritto dal cerchio, e che vanno in ogni caso perdute. Un indice di campo grande, anche eccedente il campo immagine nominale dell'obiettivo, consente di recuperare in parte le citate lunette.

Conclusione: pazienza, controlli accurati, non basarsi sulle dichiarazioni del costruttore (sempre "di parte" e comunque sommarie), e procurarsi la maggior varietà possibile di oculari.