

## Art. n° 23 – L’OCULARE di CENTRAMENTO

Nell’art. n° 20, in questo medesimo sito (“L’allineamento del sistema ottico del microscopio”), sono stati descritti i criteri generali per l’allineamento del microscopio ed alcuni strumenti di uso generale.

Ora vogliamo riprendere il tema dell’“oculare di centramento” (vedi il cap. 3.3, pag 14, di quel testo) per specificarne meglio le possibilità e suggerirne l’auto-costruzione.

Avevamo descritto questo strumento col termine “oculare” precisando che tale termine è improprio, ed è giustificato solo perché lo strumento si pone in luogo dell’oculare normale. In realtà è un sistema ottico doppio, dotato di un semplice obiettivo e di un oculare.

Un tale schema è quello del normale microscopio, che però contiene un obiettivo a focale corta e distanza di lavoro altrettanto piccola; ed è lo stesso schema del cannocchiale o telescopio, che invece usano un obiettivo a grande focale e distanza di lavoro elevata, come s’intuisce dal prefisso “tele”<sup>1</sup>.

Lo stesso schema è utilizzato nel “microscopio ausiliario” o “telescopio di centramento” che si usa per la centratura degli anelli di fase; la differenza fra quest’ultimo ed il nostro “oculare di centramento” sta in questo: il “microscopio ausiliario” serve semplicemente ad ingrandire il fondo del tubo o, per essere precisi, la pupilla d’uscita dell’obiettivo; l’oculare di centramento serve, in più, ad indicare con un apposito crocifilo la posizione dell’asse geometrico del tubo porta-oculari.

Fig. 1 – Due esempi di “microscopio ausiliario”, di fabbricazione Wild (a sinistra) e Zeiss Jena (a destra). Anche presso altri costruttori, lo schema di base rimane.



Lo strumento di cui parliamo, oculare di centramento o telescopio o microscopio ausiliario, lavora con una distanza di lavoro di poco inferiore alla “lunghezza meccanica” del tubo (spesso 160 mm), e pertanto si trova a metà strada fra il microscopio ed il telescopio; ciò spiega perché, nella letteratura tecnica, si usano senza scrupolo entrambi i termini.

Fig. 2 – In genere, un microscopio ausiliario è composto da due parti che scorrono l’una all’interno dell’altra, come in un piccolo cannocchiale. Lo scorrimento consente di mettere a fuoco qualunque oggetto che disti fra circa 100 e 500 mm, in pratica, l’interno dell’obiettivo di un microscopio il cui oculare sia stato sostituito dal nostro strumento.



<sup>1</sup> Dal greco “tele” = a distanza.

Del resto, gli autori tedeschi chiamano il microscopio ausiliario “Hilfsmikroskop”, vale a dire “microscopio d’assistenza”, visto che, ad occhio nudo, la pupilla d’uscita dell’obbiettivo appare molto piccola. Alcuni autori americani parlano di “eyepiece telescope”.

L’uso più frequente del microscopio ausiliario, dicevamo, è l’osservazione della pupilla d’uscita dell’obbiettivo (anelli di fase, immagini d’interferenza in conosopia (polarizzazione), immagine del diaframma d’apertura (perfezionamento dell’illuminazione sec. Köhler), ecc.)<sup>2</sup>. Lo sappiamo. Ma la distanza di questa pupilla oscilla entro limiti abbastanza ristretti, legati alla struttura dell’obbiettivo, alla presenza di lenti di tubo, di sistemi intermedi, ecc.

Il nostro strumento, invece, usato per la centratura di varie parti del microscopio, dovrebbe poter mettere a fuoco in un ambito il più ampio possibile. Il meccanismo utilizzato di solito (vedi la fig. 2), cioè lo scorrimento di due tubi coassiali, è comunque sufficiente per la gran maggioranza dei casi. Il tubo interno (I, in fig. 2) porta infatti all’estremità superiore un disco metallico contenente un semplice oculare (una lente semplice nei modelli più economici, o un doppietto, un vero oculare ortoscopico, o simili). Alla base del tubo esterno si trova un altro anello contenente un semplice obbiettivo (anche qui, una lente semplice, un doppietto o simili). Variando la distanza fra i due sistemi si ottiene la messa a fuoco.

Affinché i due tubi scorrano fra loro facilmente e rimangano in posizione, si ricorre di solito allo “sfregamento dolce”, un lieve attrito dovuto alla reazione elastica di una sezione del tubo interno che viene isolata dal resto del tubo stesso con due tagli paralleli (freccette bianche in fig. 2). In altri casi si ricorre semplicemente ad una vite di blocco laterale (a destra in fig. 1), oppure ad un movimento a vite, ecc.

Bene. Vediamo ora l’uso di questo strumento per centrature varie. Indichiamo anche come costruirlo con mezzi semplici, ma con una condizione: alcune parti vanno realizzate a mezzo di un tornio. Difficilmente si otterranno le necessarie precisioni con altri mezzi.

Si parte da un normale microscopio ausiliario, facilmente reperibile.

Supponiamo per ora che esso si incastri senza gioco nel tubo o nella “boccola” porta-oculari<sup>3</sup> (su questo presupposto ritorneremo). Il suo asse meccanico, l’asse del cilindro, deve essere diretto (nello strumento ideale) verso il centro dell’obbiettivo, di eventuali lenti intermedie, del condensatore, ecc. Se dunque uno qualunque di questi elementi non è centrato, guardando nell’oculare del nostro microscopio ausiliario vedrò la sua immagine non centrata.

Ma “non centrata” rispetto a cosa? Non sarebbe molto preciso prendere come riferimento l’orlo del campo visuale. Basta allora inserire sotto la lente oculare del nostro strumento un qualunque crocefilo che sia centrato rispetto alla superficie esterna di esso.

Per crocefilo intendiamo un sistema di due linee incrociate a 90°. Può trattarsi di un semplice anello di metallo sull’orlo del quale siano stati incollati due capelli o due fibre tessili sottili in modo da realizzare la croce. Ma è molto più semplice servirsi di un “reticolo” inciso su un dischetto di vetro, del tipo che si trova all’interno di molti oculari micrometrici. Spesso, tali reticoli contengono solo una graduazione, utilizzata per misure di lunghezza sull’oggetto, ma non è difficile trovare reticoli con una graduazione centrata ed una linea diritta ad angolo retto colla graduazione. In questo modo si visualizza bene un punto al centro del reticolo.

Il vantaggio del reticolo inciso su supporto di vetro è la sua robustezza, che consente una facile pulizia, ma soprattutto si può contare sulla buona centratura delle linee rispetto all’orlo del dischetto. Un controllo di questa centratura si può eseguire sotto al microscopio stereoscopico

---

<sup>2</sup> Nei migliori stativi, la stessa funzione è esercitata dalla lente di Amici (o di Bertrand).

<sup>3</sup> Per “**tubo porta-oculari**” s’intende un organo complesso che porta uno o più “canali” destinati ad uno, due o tre oculari, attacchi fotografici o televisivi, ecc. Il termine “tubo” si riferisce ai primi tubi che erano effettivamente semplici e diritti, ma normalmente il “tubo” non assomiglia ad alcun tubo, contiene vari prismi per l’inclinazione dell’asse ottico e la suddivisione del fascio, ed eventualmente qualche filtro o diaframma o lente intermedia.

La “**boccola**”, invece, è la parte superiore del tubo, destinata semplicemente a ricevere l’oculare, ed ha forma cilindrica, almeno internamente.

munito di oculare micrometrico: si misurerà la distanza del centro della croce rispetto a quattro punti equidistanti sull'orlo del supporto.

Una volta verificata questa centratura, non è difficile realizzare un anello in PVC, in alluminio, ottone o simili, nel quale sia stata ricavata la sede per il dischetto di vetro (fig. 3). La quota C del disegno indica il diametro della sede del reticolo e va tornita in modo da evitare qualunque gioco fra le due parti.

Fig. 3 – Il supporto del reticolo.

Se il diametro esterno di questo anello (quota B nella figura a fianco) coincide col diametro interno del tubo interno del nostro microscopio ausiliario (I in fig. 2), il problema è risolto: il centro del reticolo si troverà al centro del tubo interno I di fig. 2.

S'intende che questo anello di supporto va tornito lavorando le superficie esterna e la sede del reticolo senza muovere il pezzo, in modo da eliminare l'effetto di qualunque errore di centratura nel mandrino.

La quota E deve essere pari allo spessore del reticolo, ma non è critica. L'altezza dell'anello (quota D) deve essere di almeno 10 mm. Il diametro del foro centrale (F) deve essere inferiore a C di almeno 2 mm.

La posizione longitudinale corretta del crocefilo va trovata per tentativi, al fine di renderne ben focalizzata l'immagine visibile nell'oculare. Si spingerà sull'anello da una parte o dall'altra con un tubetto di diametro pari a B, o poco meno. Una goccia di adesivo renderà stabile quella posizione.

Un altro problema relativo all'oculare di centramento è che il suo accoppiamento con la superficie interna della boccia porta-oculari non è "cinematico"<sup>4</sup>, nel senso che ammette dei giochi; poiché deve esistere una pur minima differenza di diametro fra l'oculare e la relativa boccia, per evitare l'incollaggio delle due parti, lo strumento non può avere una posizione definita quando è infilato nella boccia stessa.

Per ovviare a ciò, il diametro esterno della sua parte inferiore deve essere regolabile (con molle, camme, o altro) in modo da posizionare quella parte al centro della boccia.

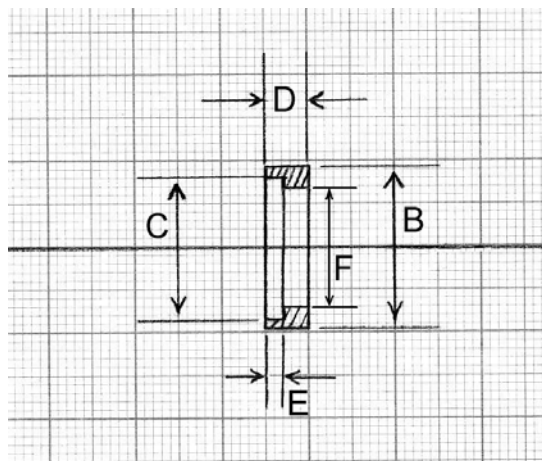
Ma anche la parte superiore dello strumento deve rimanere centrata nella boccia, quindi il meccanismo di centratura deve interessare anche un livello superiore dello strumento, in modo da assicurarne anche l'allineamento. È difficile trovare in commercio uno strumento con queste caratteristiche, e per questo diamo qualche indicazione per l'auto-costruzione, modificando un "microscopio ausiliario" del tipo usato in contrasto di fase.

Vediamo dunque qualche suggerimento per realizzare queste centrature.

Per la parte inferiore del tubo esterno (E in fig. 2), si può ricorrere alla sistemazione di tre piccole molle sull'orlo esterno. Ecco una possibile soluzione, con mezzi da hobbista ben attrezzato.

Si scavano prima di tutto tre piccoli solchi a 120° l'uno dall'altro. Si monta il tubo esterno, con il disco porta-obiettivo montato, sul mandrino del tornio, si suppone del tipo più comune, auto-centrante (fig. 4).

Sul carrello va poi montato un motorino con asse verticale, un "trapano a mano" per



<sup>4</sup> Sul concetto di accoppiamento cinematico, vedi C. Martinez: "Meccanica di precisione". Hoepli, pag.64 o, più semplicemente, l'ottimo manuale "Modern optical engineering" di W. J. Smith, cap. 14.3, McGraw-Hill, 1966.

hobbisti, portante un disco abrasivo o diamantato dello spessore massimo di 1 mm.

Muovendo il carrello con il normale movimento trasversale non sarà difficile portare il disco a contatto col tubo e poi, durante l'incisione, spostarlo verso l'interno per realizzare un solco di circa 1 mm di profondità.



Fig. 4 – Il piazzamento del tubo esterno. Facendo riferimento alle tre ganasce del mandrino, non è difficile portare davanti al disco abrasivo tre punti del tubo a  $120^\circ$  l'uno dall'altro.

Col movimento longitudinale del carrello si può ora allungare l'incisione per almeno 10 mm (fig. 5)

Fig. 5 – Il disco abrasivo ha scavato tre solchi longitudinali nella parte inferiore del tubo esterno del microscopio ausiliario.

Ora si porta il pezzo sotto un trapano a colonna, munito di una punta da 0,7 mm e si praticano tre fori in corrispondenza dei tre solchi appena scavati (fig. 6).

La distanza fra il solco ed il foro può essere di 2 o 3 mm.

Occorre ora procurarsi del filo di acciaio "armonico" (da molle) del diametro di circa 0,6 mm. Se ne tagliano tre pezzetti di 15 – 20 mm e li si curva come si vede in fig. 7.



fig. 6 – Tre fori in corrispondenza delle tre incisioni.

Le tre mollette vanno sagomate in modo da far entrare a forza nel forellino il braccio più corto. Il filo d'acciaio deve essere un po' più sottile del foro ma, affinché le mollette restino nella loro sede, occorre ripiegarne il braccio corto in modo che esso vada a stringere un fianco del foro. Il braccio lungo deve essere infilato nel solco esterno scavato prima, e la sua punta sarà portata dalla reazione elastica della molla a premere sul fondo del solco.



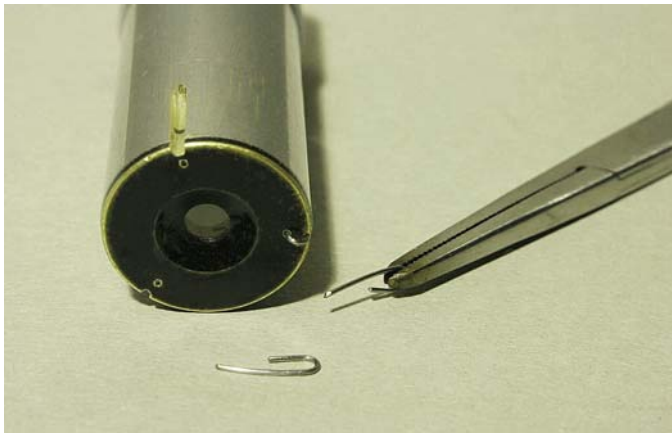


Fig. 8 – Un accorgimento importante consiste nel curvare leggermente il braccio lungo della molletta in modo che, una volta insediato nel solco, esso sporga di pochi decimi di mm rispetto alla superficie esterna dello strumento. Se la curvatura delle mollette è corretta (controllare sotto lo stereoscopico, possibilmente con oculare micrometrico), la pressione esercitata dalle tre mollette sull'interno del tubo porta-oculari sarà la stessa. Ciò dovrebbe assicurare la centratura corretta della parte inferiore dello strumento.

Ora occorre centrare anche la parte superiore del nostro strumento, sempre rispetto alla boccola porta-oculari.

Il modo più semplice è tornire un anello in ottone sagomato come si vede in fig. 9.

Fig. 9 – Il diametro interno va accoppiato col minimo gioco possibile col diametro esterno dello strumento, tenendo conto della tolleranza esistente su quest'ultima misura. Le altre dimensioni non sono critiche e si possono dedurre dal disegno.

Va invece notato lo smusso sui due lati. A destra, si ricavi un orlo assottigliato ad angolo vivo, un angolo di pochi gradi. Se il gioco fra lo strumento e la boccola è troppo forte, infilando questo anello sullo strumento ed infilando lo strumento nella boccola, lo spigolo vivo si inserirà nel gioco esistente e forzerà lo strumento stesso a posizionarsi al centro della boccola (fig. 10).

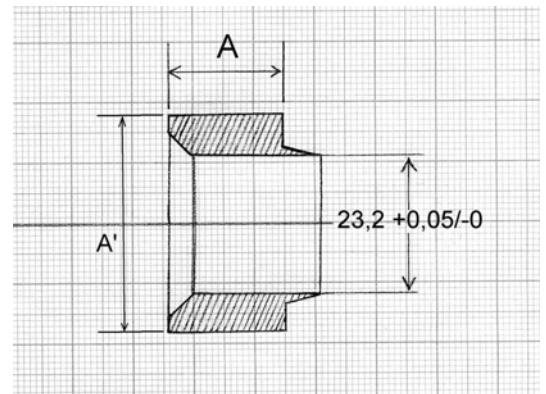
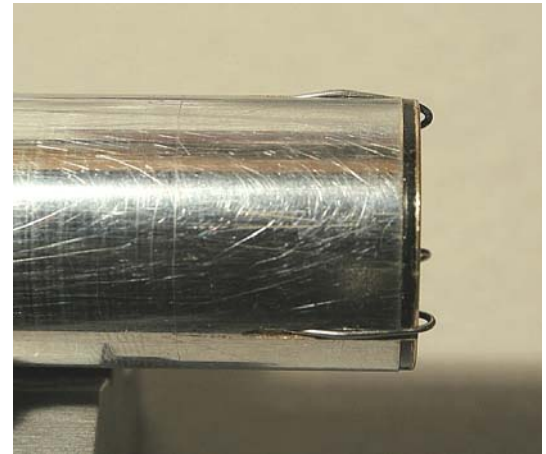


Fig. 10 – Lo strumento in posizione di lavoro, con l'orlo assottigliato dell'anello d'ottone diretto verso il basso. Prima di eseguire qualunque misura, sarà bene spingere l'anello verso il basso in modo che l'orlo sottile s'incastri fra microscopio ausiliario e tubo porta-oculari.

Raramente però lo spazio fra lo strumento ed il tubo porta-oculare permetterà d'infilarvi l'orlo assottigliato dell'anello. Il caso più frequente sarà quello di un gioco molto sottile.

In questo caso si rovescia l'anello in modo che lo scavo a circa 45° (visibile a sinistra in fig. 9) vada a circondare l'orlo superiore del tubo.

Anche in questo caso, spingendo l'anello verso il basso, lo si forzerà a centrarsi rispetto al diametro esterno del tubo. Così, anche la parte superiore dello strumento sarà centrata.

Resta ancora da gestire il gioco esistente fra il tubo interno e quello esterno del nostro microscopio ausiliario.



L'accorgimento della linguetta staccata visibile in fig. 2 ovviamente non risolve il problema; fornisce un certo attrito fra i due tubi, ma non può dare una posizione centrata al tubo interno, se non altro perché la linguetta è una sola.

Con pazienza, si possono ricavare, con altri quattro tagli, ancora due linguette a 120° l'una dall'altra. Ciò non elimina il gioco ma, se le tre linguette vengono deformate verso l'esterno nella stessa misura, si può avere una sufficiente centratura reciproca fra i due tubi di fig. 2, almeno per l'estremità inferiore.

Per quanto riguarda l'estremità superiore, si può semplicemente prendere il tubo esterno E di fig. 2 e stringerne l'estremità superiore (S) fra le tre ganasce del mandrino del tornio, per un'altezza di pochi millimetri sotto l'orlo. Procedendo con cautela, per approssimazioni successive, si possono creare sull'orlo tre piccole rientranze, sufficienti ad eliminare il gioco.

## LA VERIFICA

Ponendo lo strumento così modificato in un tubo porta-oculare di un microscopio privo di obiettivo, si deve vedere a fuoco il crocefilo. Sul tavolino si ponga un vetrino con un oggetto piccolo e ben contrastato. Va molto bene un paio di capelli in croce, tenuti fermi con qualche goccia di colla. Si metta a fuoco il microscopio ausiliario su questo oggetto e si faccia coincidere l'incrocio dei due capelli col centro del crocefilo utilizzando il guida-oggetti. L'immagine che appare potrebbe essere quella di fig. 11.

Fig. 11 – Un primo controllo.

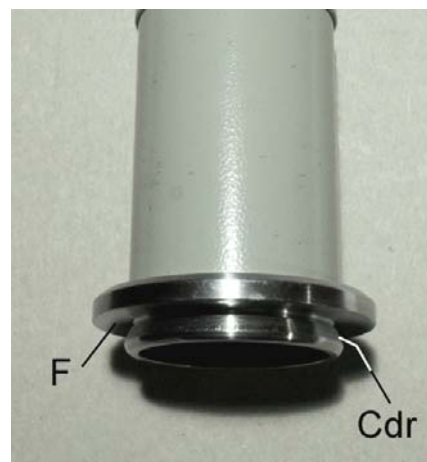
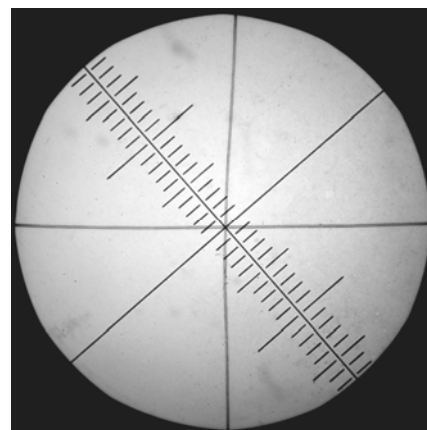
Ora si provi a ruotare, uno alla volta, il tubo interno ed il tubo esterno del nostro microscopio ausiliario. Se la coincidenza fra le due croci va perduta, bisognerà ricontrollare i meccanismi di centratura sopra descritti. Ma bisogna prima rendersi conto di quali sono le tolleranze ammissibili e quali sono le eventuali altre cause di errore.

Nel caso dello strumento qui descritto, la graduazione inserita nel crocefilo ha un passo di 0,1 mm ed il diametro del campo visuale è di circa 4 mm.

Se si vuole controllare per es. la centratura di un obiettivo normale, alla distanza di circa 160 mm, una tacca della graduazione corrisponde a circa 0,2 mm. L'errore ammissibile nella centratura di un tubo porta-oculare rispetto all'obiettivo può arrivare a 0,5 mm (oltre due tacche nel nostro caso)<sup>5</sup>.

Per quanto riguarda una causa d'errore, può essere una cattiva centratura fra le varie parti del tubo porta-oculare. Descriviamo, a titolo d'esempio, un caso semplicissimo: un tubo monocale diritto della Zeiss Jena, privo di qualunque parte ottica interna (fig. 12).

Fig. 12 – Spesso, i tubi porta-oculari sono terminati inferiormente da una coda di rondine circolare (Cdr), limitata dal lato più stretto da una flangia piana (F). Quando un tale organo viene serrato in una sede cilindrica munita di tre denti (fig. 13), l'accoppiamento è privo di giochi e rientra nella categoria degli attacchi "cinematici".



<sup>5</sup> Appare chiaro che conviene avere nel reticolo una graduazione e che tale graduazione va calibrata focalizzando un righello o un micrometro oculare con divisioni a 0,1 mm, posto presso il foro di attacco dell'obiettivo. Un'operazione simile si esegue per cercare l'equivalente micrometrico di un obiettivo col micrometro oggetto.

Un tale tubo, formato da tre parti ricavate per tornitura, dovrebbe risultare centrato per costruzione, nel senso che la coda di rondine dovrebbe essere centrata rispetto agli oculari. Invece ...

Fig. 13 – La sede di un tubo porta-oculare. Le due punte fisse (D) offrono un appoggio senza gioco alla coda di rondine del tubo quando la punta mobile (V) viene spinta verso il centro dalla vite presente all'interno della manopola M.

Ruotando il tubo nella sua sede, e serrando ogni volta la manopola M, si può avere una perdita di centratura, come risulta dalla fig. 14, ripresa nelle stesse condizioni della fig. 11.

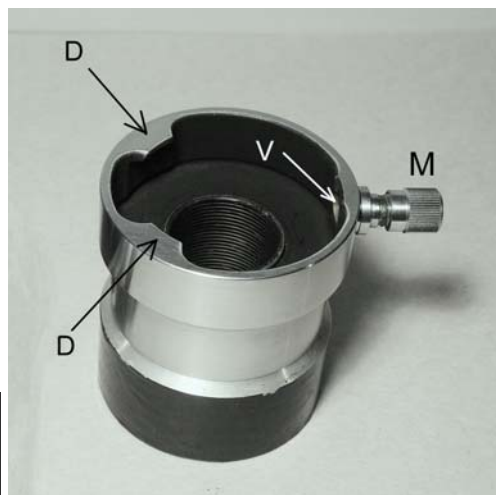
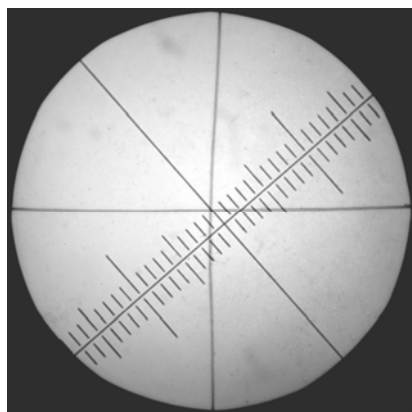


Fig. 14 – Basta ruotare il tubo porta-oculare di 90° e la centratura può essere compromessa.



## L'USO

Il caso più frequente in cui l'oculare di centramento appare prezioso è quello di centrare le boccole porta-oculare rispetto all'obbiettivo. A parte gli errori di centratura della coda di rondine, appena descritti, a parte i problemi relativi alla centratura reciproca fra i due oculari, di cui si è parlato nell'articolo citato sopra, vi sono altri organi che possono richiedere un controllo.

Nel caso di un tubo bioculare, la prima e più importante cosa da verificare è che l'asse dell'oculare punti sul centro della pupilla d'uscita dell'obbiettivo. Questo "puntamento" non dipende tanto dall'orientamento della boccola (generalmente legato a strutture meccaniche difficilmente modificabili), e nemmeno alla posizione trasversale della boccola stessa (questa, invece, facilmente correggibile di solito sfruttando il gioco delle viti di fissaggio, ma per pochi decimi). Più spesso un errore è presente nel prisma inferiore del tubo, quello che inclina l'asse ottico di 45° o giù di lì.

In genere, tale prisma va smontato per la pulizia ed allora, in sede di rimontaggio, va riallineato. La sua posizione è molto critica ed una correzione è possibile sfruttando il gioco delle viti che lo bloccano. Il controllo si esegue con il nostro microscopio ausiliario cercando la centratura delle pupille d'obbiettivo rispetto al crocefilo. La tolleranza è di qualche decimo di mm e la misura presuppone la presenza di una graduazione nel crocefilo e la sua preventiva calibrazione, come si è detto nella nota in calce n° 5.

Altre operazioni di centramento potrebbero riguardare il condensatore, alcune parti del sistema illuminante, ecc., dunque gli organi che si trovano sotto il piano oggetto. Lo strumento preferenziale in questi casi è il "cannocchiale di centramento" (vedi l'art. n° 20 sopra citato, cap. 3.2, pag. 12). Ma, a parte la difficoltà di reperire o di costruire un tale strumento, il principio è diverso: il nostro "oculare" prende come riferimento l'asse della boccola porta-oculare, mentre il "cannocchiale" prende come riferimento la coda di rondine alla quale si fissa il tubo. Rispetto a questi riferimenti si centra tutto ciò che è visibile attraverso lo strumento: nel caso del "cannocchiale", tutto ciò che esiste dall'obbiettivo (compreso) in giù, nel caso del nostro

“oculare”, tutto ciò che sta sotto l’oculare, dunque, tutto il sistema ottico-meccanico del microscopio.

Il cannocchiale, se costruito da un’industria specializzata, può essere molto più preciso di uno strumento auto-costruito, e del resto il suo attacco a coda di rondine assicura l’assenza di giochi, ma ha il difetto di adattarsi solo ad un certo tipo di attacco. E purtroppo non vi è alcuna unificazione sulla struttura meccanica dell’attacco dei tubi fra i vari costruttori. Si sarà quindi costretti, in molti casi, a costruire un raccordo adeguato per l’uso del cannocchiale, con tutti i problemi di precisione che ne derivano.

Anche per l’oculare di centramento si può avere un problema di compatibilità, nel senso che molti strumenti moderni, specialmente gli stereoscopici, possiedono boccole porta-oculare non a norme RMS (23,2 mm di diametro interno). A parte gli strumenti-giocattolo, i valori più diffusi per quel diametro sono: 30 – 30,5 – 31 mm. In questi casi, occorrerà ancora una volta tornare un apposito raccordo cilindrico, cercando di avere accoppiamenti più stretti possibile.

Se si dispone del cannocchiale di centramento, conviene comunque centrare con esso l’obbiettivo o il revolver (prendendo come riferimento la posizione media delle pupille dei vari obiettivi), poi la sorgente, poi il collettore, i vari specchi, diaframmi, condensatore, ecc.

A questo punto si smonta il cannocchiale, si monta il tubo porta-oculare e, su di esso, l’oculare di centramento. Ora si possono centrare alcune cose non visibili prima: in particolare i prismi interni del “tubo”, come detto sopra.

Per finire, viene spontanea la domanda: ed i costruttori come fanno?

Ogni costruttore produce vari modelli di microscopio, nel numero più grande possibile di esemplari al fine di diminuire i costi. Ciò gli rende conveniente produrre strumenti di controllo specifici e particolarmente adattati per ogni modello. Tali strumenti vengono prodotti in piccolo numero poiché sono destinati solo alla catena di produzione o, al massimo, a qualche laboratorio periferico. Essi, comunque, non vengono messi in commercio ed il costruttore non ha interesse a farlo.

Risultato: il riparatore solitario deve arrangiarsi. Non trova in commercio gli strumenti *ad hoc* e del resto, anche se li trovasse, dovendo gestire qualunque strumento di qualunque marca, non sarebbe economicamente possibile acquistarli tutti.

Deve quindi limitarsi a pochi strumenti di base, di uso generale, ed applicarli ad ogni strumento particolare, escogitando ogni volta un raccordo od un espediente adeguato.

Questione di fantasia e di pazienza.