

## COSÌ HO SPIEGATO A MIA ZIA COS'È "IL KÖHLER"

(vedi il manuale "Problemi tecnici della microscopia...", cap. 8)

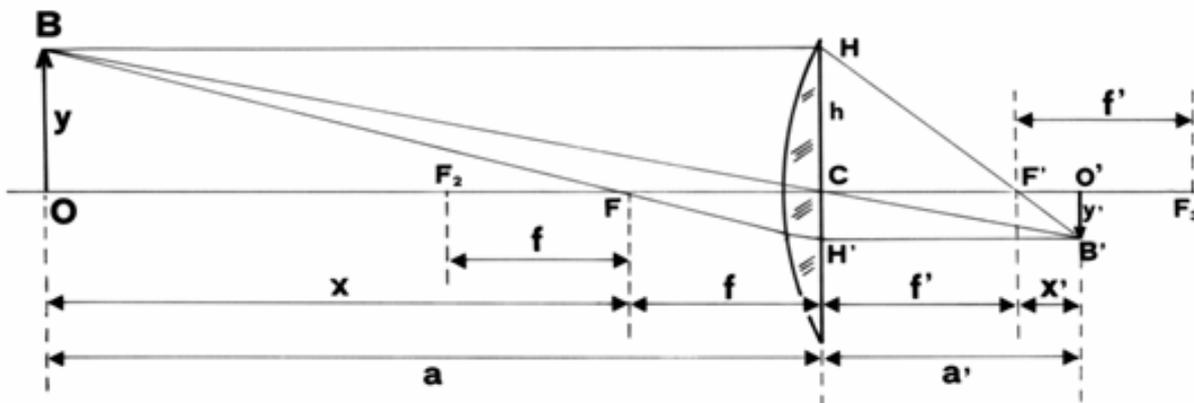


Fig. 1

(11)

Tutto comincia con un oggetto luminoso (OB) posto davanti ad una lente convergente. Se la "coniugata oggetto" (distanza  $OC = a$ ) è maggiore del doppio della focale della lente ( $f = f'$ ), la "coniugata immagine" ( $CO' = a'$ ) è minore dell'altra e l'immagine ( $O'B'$ ) è più piccola dell'oggetto OB: si ha un ingrandimento  $M < 1$ , in sostanza, una riduzione.

L'ingrandimento  $M$  è pari al rapporto delle dimensioni lineari trasversali dell'immagine e dell'oggetto:  $M = O'B'/OB$ , ma anche al rapporto delle coniugate:  $M = a'/a$ .

Così si comporta il condensatore del microscopio, l'obiettivo fotografico e quello cinematografico. Dal punto di vista del condensatore, l'oggetto è un corpo luminoso, come sarebbe il filamento di una lampadina (illuminazione critica), o una sua immagine virtuale (critica con collettore) o il collettore con tanto di diaframma di campo (Köhler).

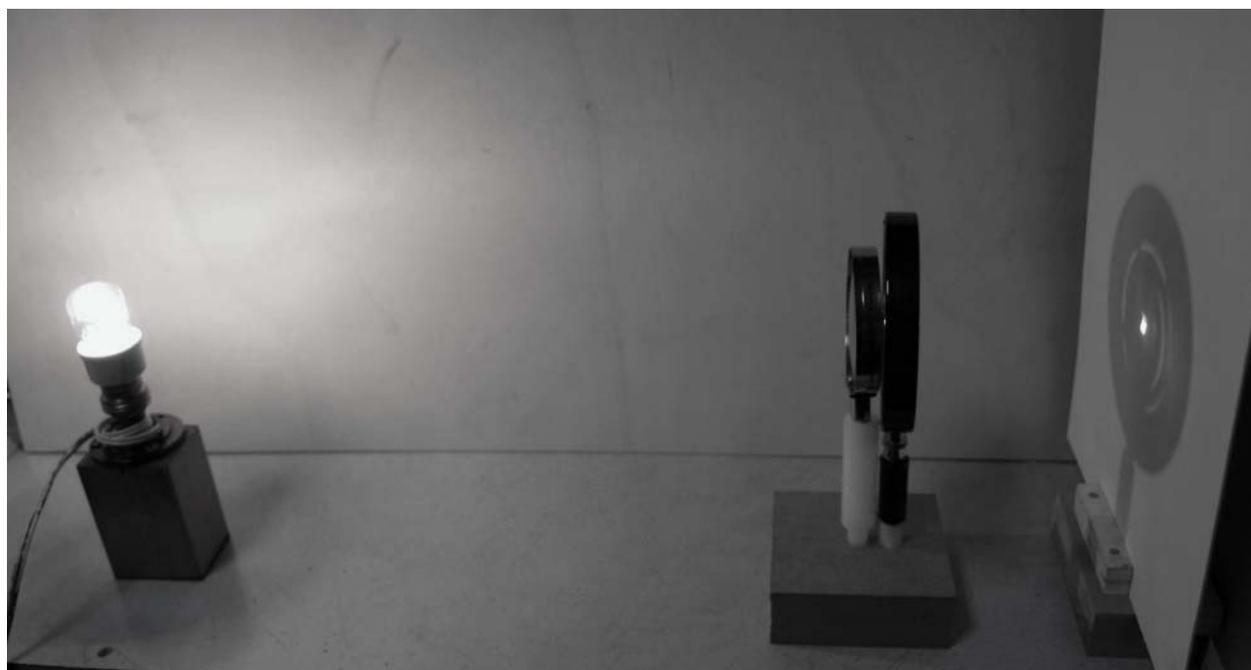
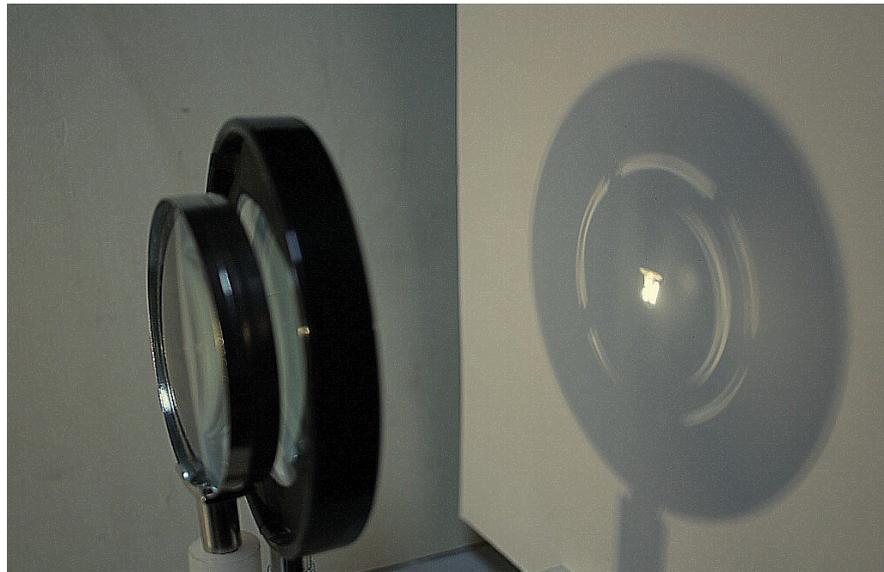


Fig. 2

(748)

Il tutto si può simulare con un corpo luminoso (una lampadina "da frigo", da 10 W), una lente d'ingrandimento (magari accoppiandone due come in figura per ridurre la focale e quindi l'ingombro del sistema) e cercando di identificare con uno schermo di cartone il piano dove si va a formare l'immagine del filamento.

Fig. 3

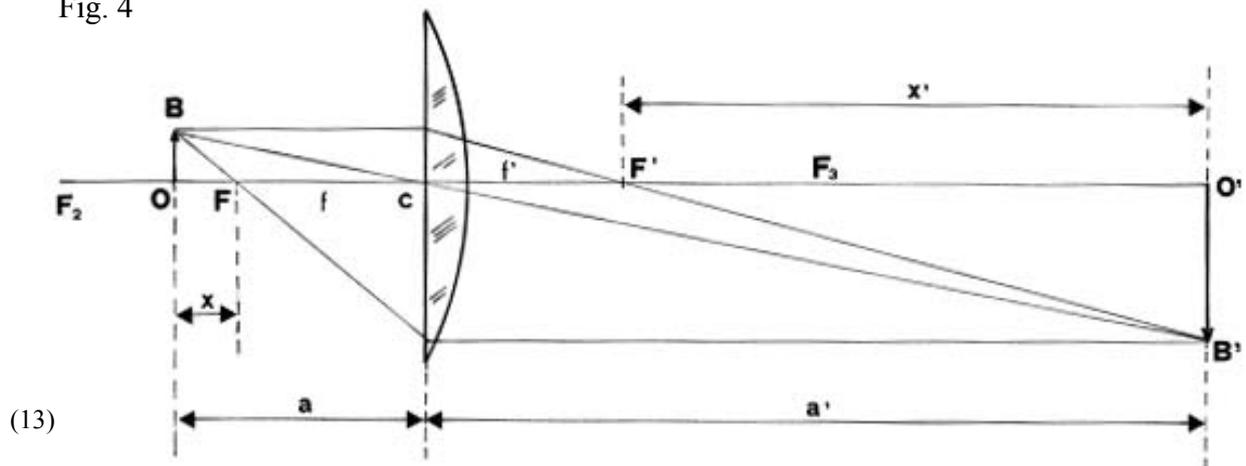


(750)

Guardando più da vicino l'immagine sul cartone (spostare il cartone fino ad avere l'immagine più nitida), si vedrà l'andamento a zig-zag dell'immagine del filamento. Si noterà anche che l'immagine è rovesciata rispetto all'oggetto: basta spostare lateralmente la lampadina per accorgersi che la sua immagine si sposta in senso opposto.

\* \* \*

Fig. 4



Se prendiamo la fig. 1 della pagina precedente, possiamo immaginare di accorciare la lunghezza della “coniugata-oggetto” ( $a$ ) in modo da renderla compresa fra la focale  $f$  ed il doppio di  $f$ :

$$f < a < 2f.$$

Così aumenta la coniugata immagine ( $a'$ ).

In questo modo, l'immagine  $O'B'$  si forma oltre il doppio della focale ( $a' > 2f$ ) e sarà più grande dell'oggetto  $OB$ . L'ingrandimento è un vero ingrandimento:  $M = a'/a = O'B'/OB > 1$ .

La distanza totale oggetto-immagine può restare invariata, ma sono invertite le lunghezze delle due coniugate.

Se ora torniamo al nostro rudimentale dispositivo, possiamo realizzare lo schema di fig. 4 lasciando fermo l'oggetto (la lampadina) e lo schermo (su cui andremo a cercare l'immagine): semplicemente spostiamo la lente verso l'oggetto in modo che la coniugata-oggetto divenga minore dell'altra. Il rapporto delle coniugate s'inverte e l'ingrandimento  $M$  diviene  $> 1$ .

Ora, la struttura del filamento è ben visibile nell'immagine (fig. 5, a pagina seguente).

È così che operano il collettore e l'obbiettivo del microscopio, nonché l'obbiettivo del proiettore da diapositive e di quello cinematografico.

Il collettore del microscopio produce un'immagine ingrandita del filamento; l'obbiettivo un'immagine ingrandita dell'oggetto.

Fig. 5



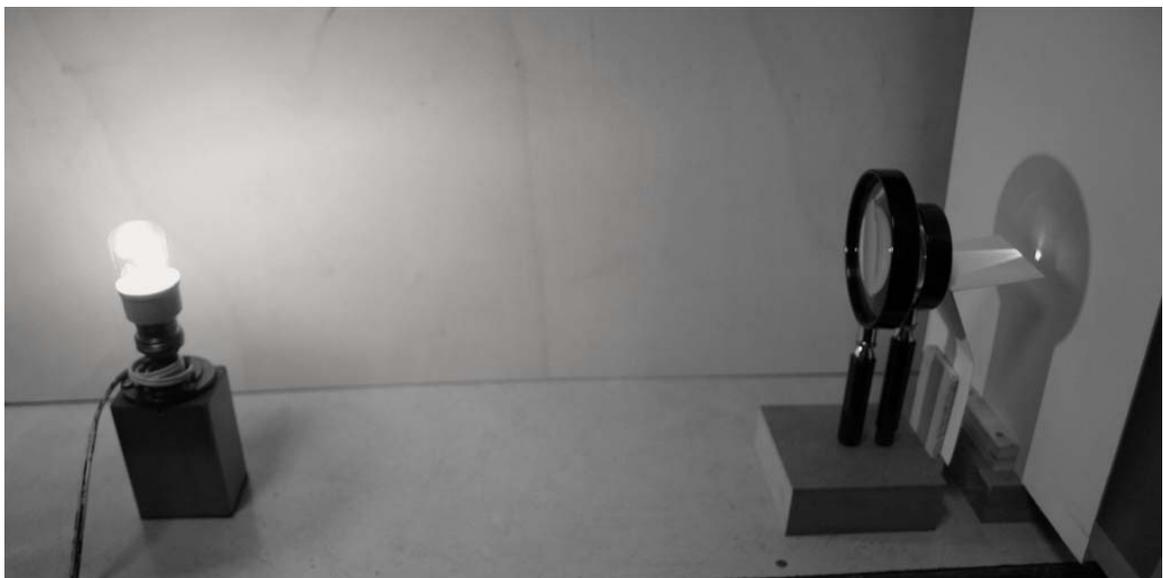
(752)

Ora applichiamo lo schema di fig. 1 e 2 (pag. 1) all'illuminazione dell'oggetto in microscopia.

Lo schema che storicamente è stato adottato per primo, dopo l'introduzione del condensatore (o "concentratore", come si diceva allora) è quello "critico" puro: un'immagine di un corpo luminoso viene proiettata sul piano dell'oggetto ("vetrino"), proprio secondo gli schemi di pag. 1.

Ponendo sul piano della nostra lente convergente, che ora svolge le funzioni di condensatore del microscopio, un diaframma formato da sottili strisce trasparenti intervallate da strisce opache (un semplice cartoncino tagliato a fettine), si osserva meglio il potere "concentratore" del condensatore, che in fondo è solo un sistema convergente di forte potenza. Rispetto alla fig. 3 di pag. 2, si ha un risultato analogo (fig. 6). Più da vicino (fig. 7, alla pagina seguente) appare meglio cosa succede.

Fig. 6



(754)

NB: nella fig. 7, per rendere più chiari i fasci convergenti, si è usata una lampadina a filamento sottile (12 V, 21 W, per auto) disposta col filamento verticale. Anche qui, la lente convergente che funge da condensatore è costituita in realtà da una coppia di lenti d'ingrandimento in modo da realizzare un sistema a focale relativamente corta (circa 6 cm). In mezzo alle due lenti della fig. 7 si è disposto il cartoncino con fessure, citato sopra, in modo da isolare cinque fascetti singoli dal fascio globale.

Fig. 7



(761)

Lo schema di principio (fig. 8) è semplicemente quello di fig. 1 (pag. 1), con l'aggiunta di uno specchio (E) il quale, essendo piano, non modifica il funzionamento del sistema.

Come s'intuisce dalla fig. 8, l'angolo solido del fascio che dalla sorgente S giunge utilmente al condensatore K è molto piccolo, per cui il rendimento fotometrico è basso.

Sul piano dell'oggetto Og si forma un'immagine **reale** della sorgente S. Finché si trattava di fiamme (gas, petrolio, candela e simili), l'omogeneità della brillantezza della sorgente era sufficiente. Con l'introduzione delle lampade elettriche a filamento, l'immagine delle spire del filamento si sovrapponeva all'oggetto, con effetti disastrosi.

La bassa resa e l'impossibilità di usare lampade elettriche, ha fatto presto sparire questo dispositivo dal commercio.

Alla bassa resa si è posto rimedio collo schema seguente; la scarsa uniformità si può solo tamponare con diffusori adeguati.

Con lo schema "critico" è però possibile regolare l'apertura del fascio illuminante disponendo un diaframma (Da in figura) subito sotto al condensatore.

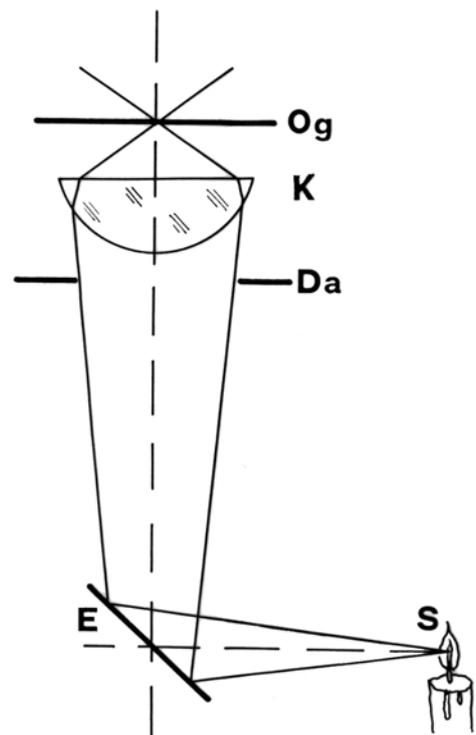


Fig. 8

(30)

Passiamo ora ad uno schema più sofisticato: la "illuminazione critica con collettore": la sorgente si pone davanti ad una forte lente convergente ("collettore", Cl in figura 9; vedi anche la nota 1), e precisamente nel suo primo fuoco. Per definizione, la lente fornirà della sorgente un'immagine a distanza infinita; dalla lente Cl, per ogni punto della sorgente, emerge un fascio parallelo. Tali fasci paralleli convergono nel fuoco del condensatore (K) e qui si forma quindi ancora un'immagine reale della sorgente S.

Lo schema è quello di fig. 9, qui sotto. Il fascio utile emesso dalla sorgente e raccolto dal

collettore<sup>1</sup> ha un'apertura ben maggiore di quello indicato in fig. 8 e quindi il rendimento fotometrico sarà superiore.

È ancora possibile regolare l'apertura del condensatore (diaframma  $D_a$ ), ma sul piano dell'oggetto ( $O_g$ ), si forma ancora un'immagine della sorgente.

Come nel caso precedente, rimane il fatto che le inomogeneità della sorgente si ritroveranno sul piano oggetto, ma soprattutto il campo illuminato è dato dall'immagine della sorgente e **NON PUÒ ESSERE MODIFICATO** (non si può mettere un diaframma all'interno della lampadina).

Nell'illuminazione critica, con o senza collettore, non può esistere un diaframma di campo. Il campo illuminato può essere adeguato per un certo obiettivo, ma solo per quello.

In certi casi, il rendimento fotometrico di un sistema "critico" con collettore può essere ineguagliabile, ma gli altri difetti sopra citati ne riducono l'uso a casi particolari.

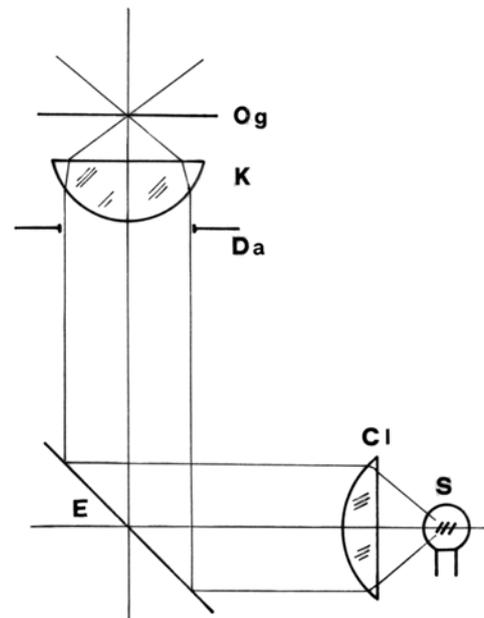
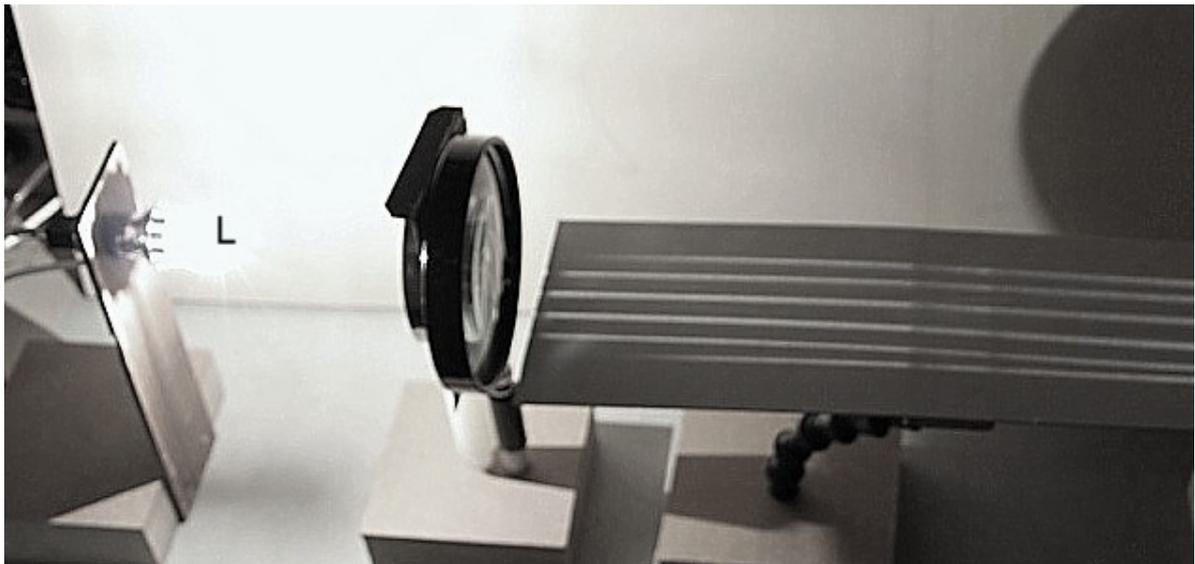


Fig. 9

(31)

Fig. 10

(766)



Per simulare una "lampada critica con collettore" mettiamo la lampadina a filamento compatto (12 V, 21 W) nel fuoco del nostro "collettore" (la solita coppia di lenti d'ingrandimento); lo schermo a strisce parallele, posto in mezzo alle due lenti, ci aiuterà a regolare la distanza lampadina-lente fino ad avere, a valle della lente, un fascio parallelo (o una serie di fasci paralleli), come nella figura 10 qui sopra.

NB: la lampadina scompare nella foto poiché ha saturato il CCD. Il suo filamento è indicato con L.

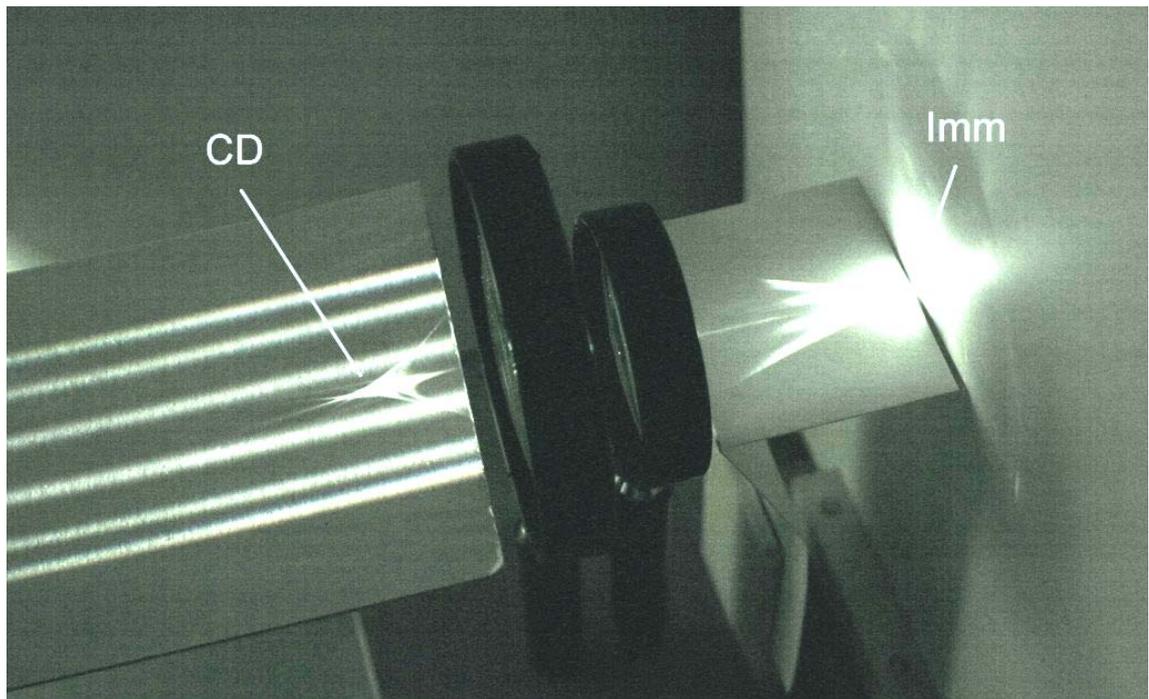
Ora raccogliamo il fascio parallelo di fig. 10 con un secondo sistema convergente forte, che simula un condensatore da microscopio. Il fascio, per definizione, si concentra (in teoria) in un punto, che è il secondo fuoco della lente. In realtà sarà un'immagine del filamento.

Si veda la fig. 11, qui sotto. L'immagine del filamento ("Imm") è ancora una volta troppo intensa ed ha saturato il sensore, ma il principio di funzionamento dovrebbe essere riconoscibile.

<sup>1</sup> Si chiama "collettore" un sistema simile al condensatore, convergente, a forte apertura, ma con funzioni diverse (produrre un'immagine ingrandita di un corpo luminoso). Tale immagine si troverà a distanza infinita nello schema "critico", a distanza finita e ravvicinata nello schema di Köhler.

NB: La figura chiara a forma di triangolo a fianchi ricurvi (CD) è la classica “caustica” creata dal riflesso dei fasci paralleli sulla seconda superficie della lente (si veda l’art. 31, “Il metodo delle «Catadiottriche» in microscopia ed in ottica” nel sito [www.funsci.com](http://www.funsci.com)). I riflessi sulla prima superficie sono divergenti e molto pallidi.

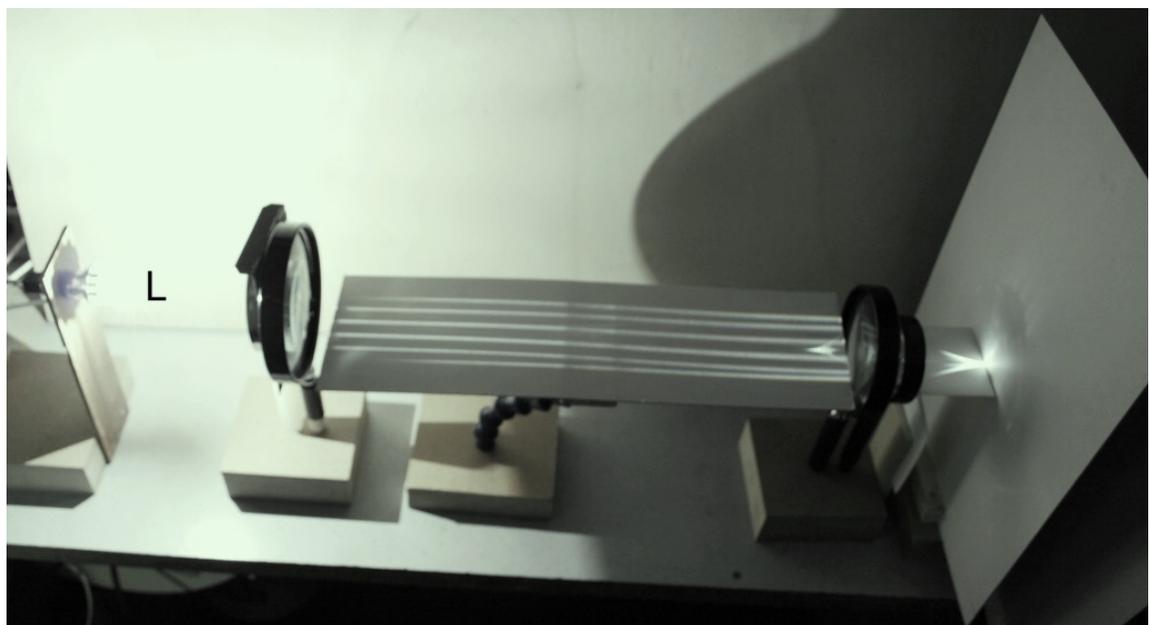
Fig. 11



(762)

Infine, nella figura 12 qui sotto, si vede il modellino del sistema completo. (il filamento della lampadina L è invisibile anche qui per sovra-esposizione).

Fig. 12



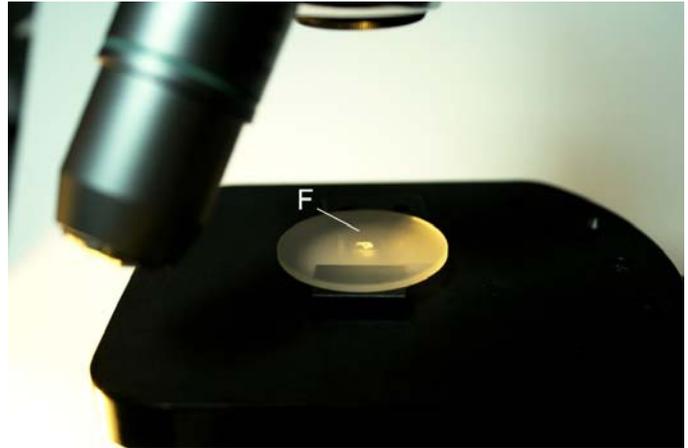
(767)

In un microscopio corredato di un semplice condensatore e di uno specchietto, usando come sorgente la lampadina “da frigo” delle figg. 2, 5 ecc., sul piano del vetrino si vedrebbe quello che appare nella foto qui sotto: una piccola immagine del filamento a zig-zag (F). In quel modo, avremmo realizzato lo schema “critico puro” di fig. 8.

Fig. 13

Con una lampada a petrolio, le cose andrebbero meglio ... e quando si opera “sul campo”, in assenza di alimentazione elettrica, può essere l’unica soluzione possibile.

(747)



### **Il metodo di Köhler.**

Ora passiamo al metodo più classico e più diffuso di illuminazione nel microscopio, nato alla fine del 1800 negli stabilimenti Zeiss di Jena per ovviare alla scarsa omogeneità d’illuminazione ed all’impossibilità di regolare il campo illuminato, che abbiamo visto essere caratteristiche dello schema critico.

Per rinfrescare la teoria, rimandiamo al manuale “Problemi tecnici della microscopia...”, Cap. 8, nel sito “[www.funsci.com](http://www.funsci.com)”, ed alla figura 32 di esso, riprodotta qui sotto, in fig. 14.

Se ne osservi la parte inferiore, fra la “lampadina” Q ed il piano oggetto O.

Si ricordi che l’immagine (Q’) del filamento Q (del corpo luminoso in genere) non si forma sul piano di O, ma sul piano del diaframma d’apertura del condensatore (Da). Essa quindi, in teoria, non si forma sul piano dell’oggetto e le irregolarità del corpo luminoso non si dovrebbero vedere.

Invece, sul piano di O si proietta, ad opera del condensatore, un’immagine del diaframma di campo, che dovrebbe essere omogeneamente illuminato dal collettore.

In realtà ...

Ora procediamo col modellino illustrato nelle pagine precedenti: simuleremo questo nuovo sistema illuminante per microscopio, costituito essenzialmente dalla sorgente, dal collettore e dal condensatore. Con lo schermo disposto sulla destra simuliamo il piano dell’oggetto (del vetrino).

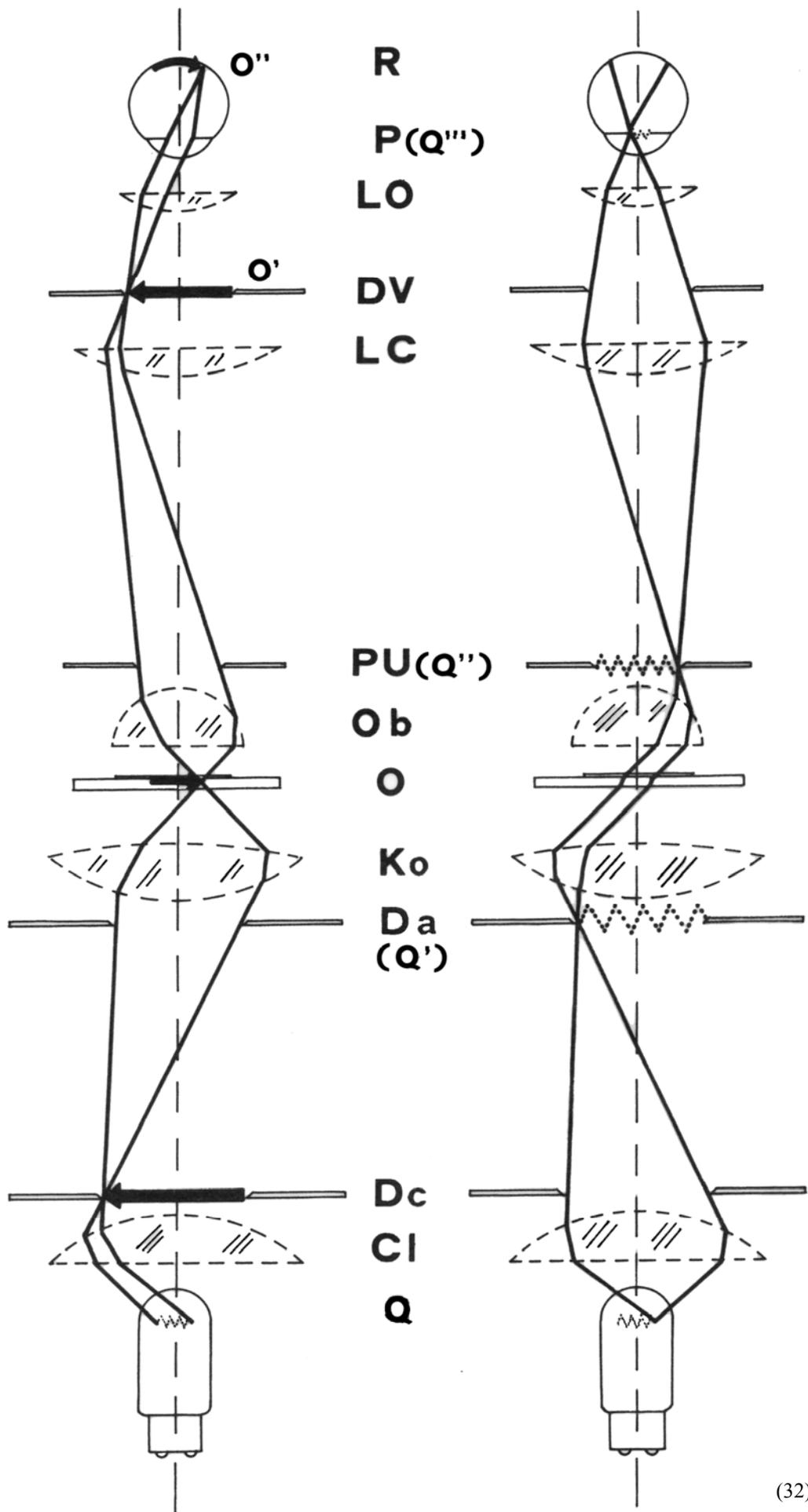


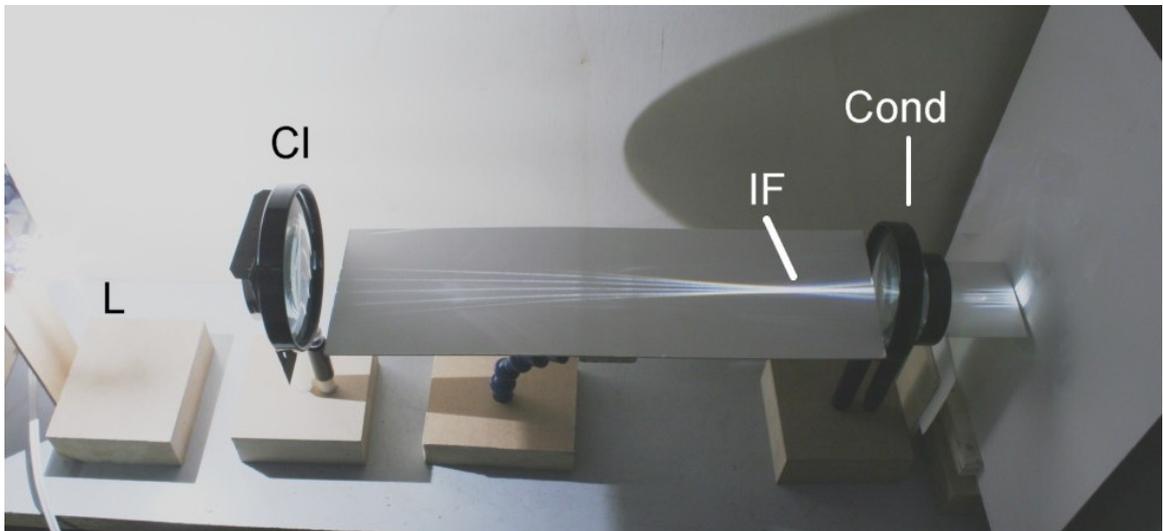
Fig. 14

(32)

Vediamo ora di simulare lo schema della parte inferiore di fig. 14 (vedi la fig. 15): il filamento della lampadina (L, invisibile per i motivi citati), si trova prima del primo fuoco del collettore CI e pertanto di esso si forma un'immagine reale (IF in figura) ad una distanza superiore al doppio della focale di CI. IF si forma, se tutto è ben regolato, nel primo fuoco del condensatore. Il fascio che emerge dal condensatore appare allora parallelo. Ciò non appare dalla fig. 15, ma si apprezza meglio in fig. 16.

Fig. 15

(772)



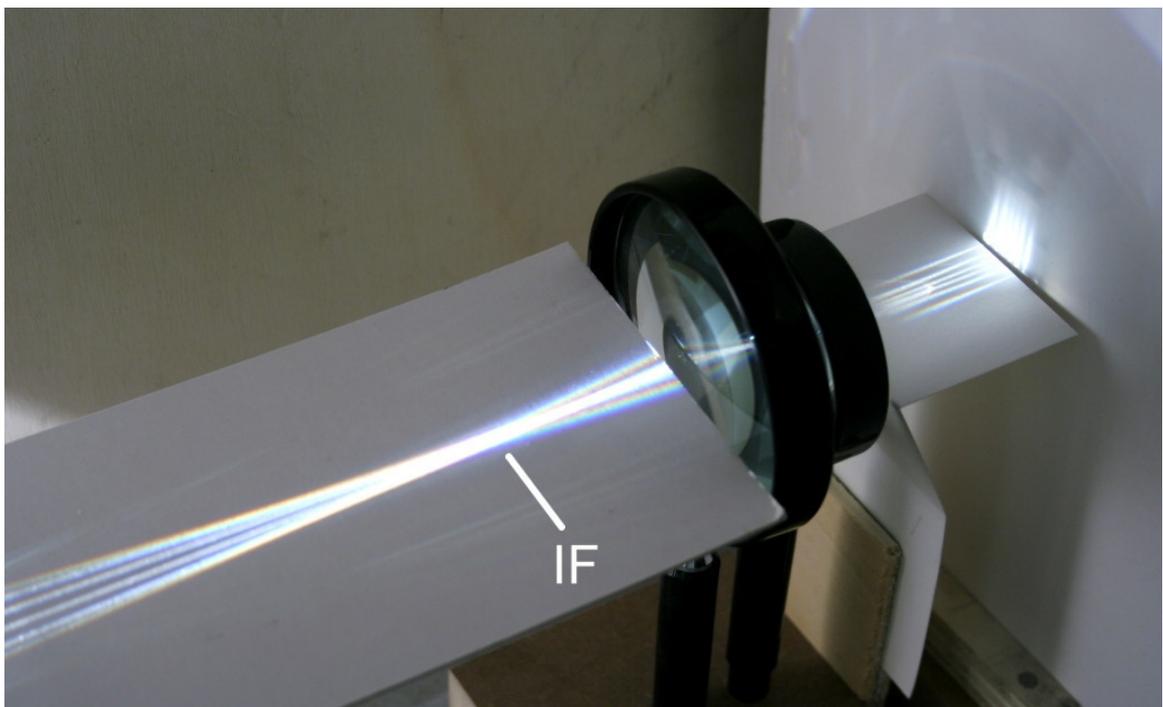
Nelle figure 15 e 16 si è usato come sorgente un filamento concentrato assai sottile<sup>2</sup>, disposto verticalmente, per cui l'immagine del filamento è molto piccola (IF), come se il nostro simulacro di condensatore avesse il diaframma d'apertura tutto chiuso. Avendo appoggiato al nostro collettore il diaframma a fessure, si vede bene come i fasci elementari convergono in IF (primo fuoco del condensatore), poi divergono ed emergono dal condensatore paralleli (fig. 16).

Ma il condensatore non deve produrre un fascio a forte apertura?

Per simulare questo, usiamo allora un corpo luminoso esteso, per esempio il filamento a zig-zag della lampadina da frigo. Con uno schermino posto davanti al "condensatore", rileviamo l'immagine estesa di questo filamento, anche se non così estesa da occupare tutta la superficie del condensatore (fig. 17, pag. seguente).

Fig. 16

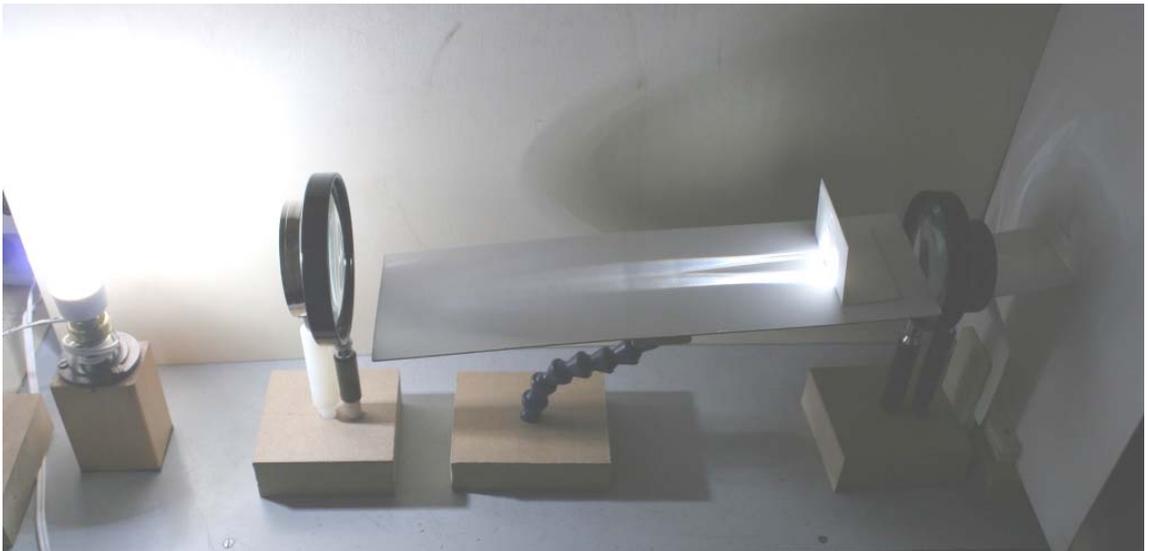
(774)



<sup>2</sup> Abbiamo già detto che si tratta di una normale lampadina per auto, 12 V, 21 W, con attacco a baionetta.

Fig. 17

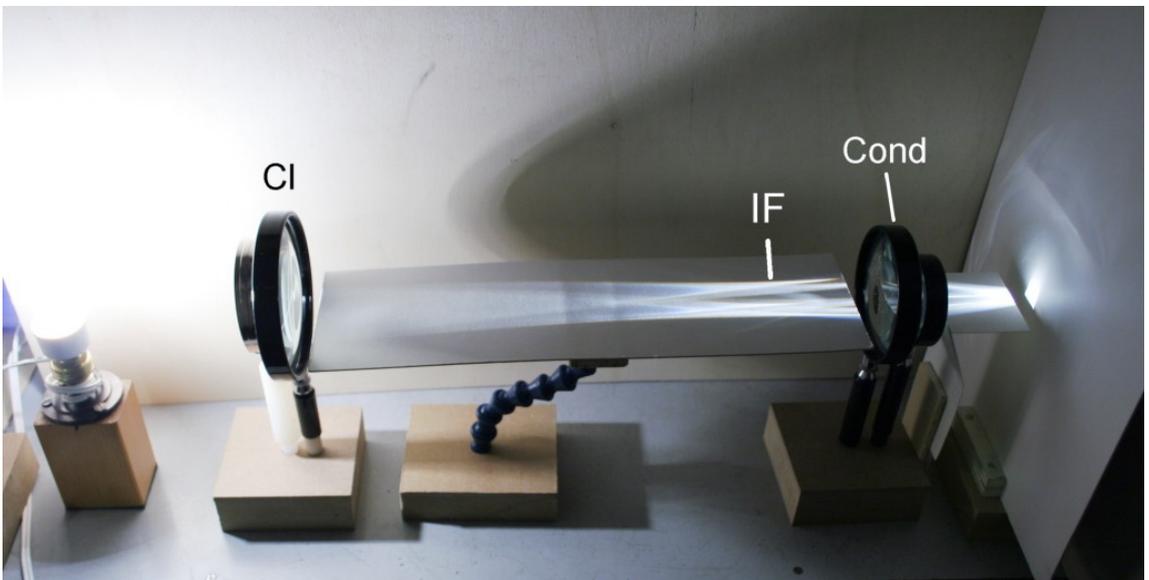
(778)



Tolto lo schermino, ecco che il condensatore produce, a valle di se stesso, un fascio conico di forte apertura (relativamente forte, nel nostro caso: si tratta di due semplici lenti d'ingrandimento).

Fig. 18

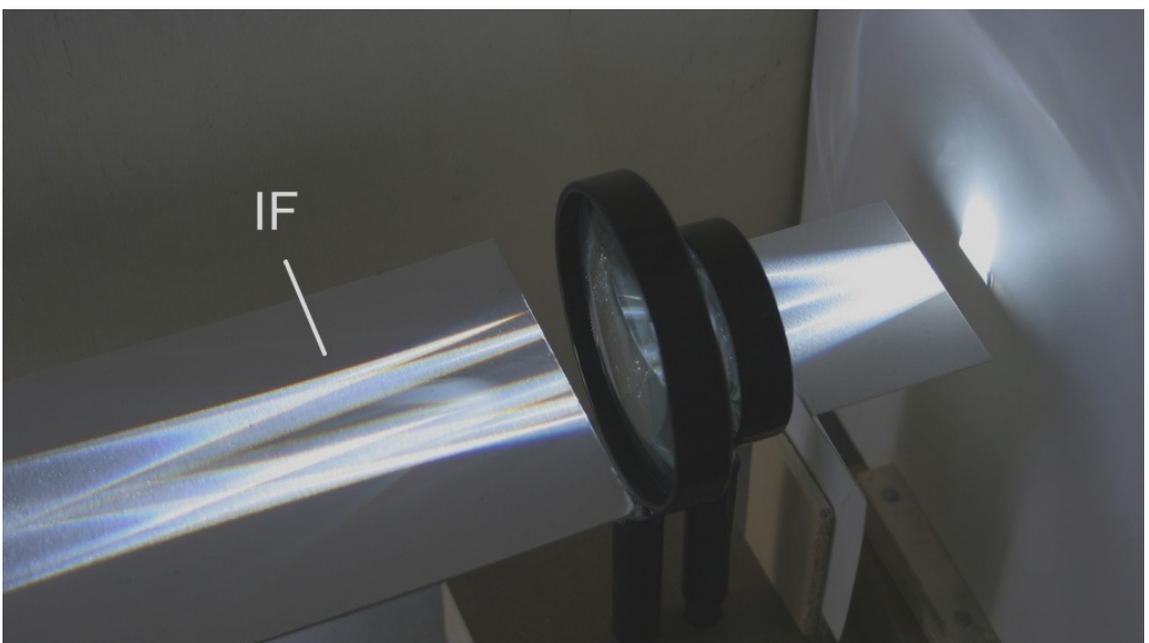
(782)



Più da vicino:

Fig. 19

(786)



Nelle figure di pag. 9 e 10 si vede come, sul piano dell'oggetto (lo schermo verticale), si formi l'immagine del collettore Cl (indicata nelle figure 15–16 dall'immagine delle fessure verticali poste presso Cl stesso e nelle figure 18 e 19 (pagina precedente) da un dischetto luminosissimo, che è appunto l'immagine di Cl).

L'immagine del filamento IF si forma invece prima del condensatore (Cond), dove non dovrebbe disturbare l'osservazione.

Questo lo schema di principio. Il punto essenziale è: in ogni caso il condensatore produce sul piano dell'oggetto (del vetrino) un'immagine reale impiccolita di “qualcosa che manda luce”.

La differenza fra il sistema “critico” e quello “di Köhler” si riduce a questo: nel primo caso davanti al condensatore si trova un “corpo luminoso” (un filamento, ad es.) od una sua immagine virtuale; nel secondo caso, una lente (il collettore) o un diaframma (il diaframma di campo), che dovrebbero essere illuminati uniformemente dal filamento. Questo presuppone che il filamento irradi uniformemente in tutte le direzioni, ma in realtà questo non è mai vero del tutto.

**Le lampade “precentrate”** (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 8.9, 22.7 e 22.8)

Prima di proseguire, conviene analizzare il problema delle centrature.

È ovvio che ogni componente di un sistema ottico deve essere centrato su un asse comune (anche se spezzato da eventuali specchi piani). Caso per caso, sarà il calcolo e l'esperienza a dettare le necessarie tolleranze.

A parte le aberrazioni (extra-assali) che nascono da errori di centratura, i problemi fondamentali di un sistema illuminante sono:

— l'immagine del diaframma di campo deve trovarsi concentrica col campo visuale. Il miglior modo di ottenere questo è orientare l'eventuale specchio intermedio, oppure centrare il collettore o un'eventuale lente a grande campo (vedi oltre). Il metodo più diffuso è però il peggiore: centrare il condensatore, di solito a mezzo di due viti orizzontali convergenti verso l'asse ottico. Questo metodo è deleterio poiché, se vi è un errore di centratura in qualcuna delle parti che precedono, il condensatore verrà decentrato per compensare quell'errore e riportare in centro l'immagine del diaframma di campo. Il condensatore andrebbe centrato solo con riferimento all'obbiettivo (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 21.9).

— l'immagine del filamento deve cadere al centro del diaframma d'apertura (vedi la fig. 44, a pag. 20); questo presuppone 1) il corretto orientamento della microlampada e di eventuali specchi intermedi e 2) la centratura dell'ampolla e/o del collettore (vedi anche oltre).

L'orientamento della microlampada può essere attuato con viti o morsetti azionati dall'utente (M, nelle figure 23 e 24, raffiguranti lampade “esterne”), oppure essere semplicemente affidato alle tolleranze di fabbricazione (figure 28 e 29, raffiguranti lampade interne).

La centratura reciproca di ampolla e collettore può essere attuata con viti (fig. 21), con camme (fig. 33), ecc. Generalmente agisce solo su uno dei due elementi.

Ma qui nasce l'esigenza di molti utilizzatori, frettolosi di sballare lo strumento, attaccare la spina ed iniziare il lavoro senza preoccuparsi d'altro. E molti costruttori cercano di soddisfare quest'esigenza fornendo “lampade precentrate”, per la cui descrizione rimandiamo al testo sopra citato. Il vantaggio di queste ampolle è naturalmente la rapidità d'installazione ma capita, anche presso le marche più prestigiose, che qualche ampolla sia mal precentrata. Il risultato è che l'immagine del filamento non è centrata rispetto al diaframma d'apertura e si realizza un'illuminazione leggermente obliqua, con frange colorate asimmetriche per via dei residui di cromatica, generalmente presenti nei collettori<sup>3</sup>. L'utente non può intervenire poiché l'innesto dello zoccolo precentrato, date le sue funzioni, deve presentare tolleranze minime e nessuna possibilità di regolazione.

Si aggiunga che le ampolle precentrate sono reperibili solo presso il costruttore, spariscono dopo pochi anni e comunque costano da 5 a 10 volte quelle equivalenti normali.

Molti costruttori ignorano semplicemente il problema offrendo ampolle normali e camuffando eventuali difetti con una superficie smerigliata.

Tecnicamente parlando, una microlampada “tutta da centrare” può richiedere qualche minuto in più, ma è più flessibile e garantisce sempre un risultato soddisfacente.

<sup>3</sup> Poiché un collettore si scalda molto a causa della vicinanza del filamento incandescente, non è possibile costruirlo con doppietti incollati o con vetri speciali. Ciò rende più difficile correggerlo da varie aberrazioni.

Un cenno merita anche lo **“specchio posteriore”** (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 22.4. Vedi anche l’elemento **13** nella fig. 26 e l’elemento **Sp** nella fig. 22).

Dati i suoi vantaggi (forte aumento della resa fotometrica, realizzazione di un corpo luminoso virtuale di larghezza doppia nel caso di filamenti allungati), esso dovrebbe essere “di routine” in tutte le lampade con zoccolo “trasversale”. Col termine “trasversale” intendiamo dire che nelle ampole tradizionali (vedi ad es. la fig. 29), lo zoccolo (Z) si trova sull’asse ottico, in posizione “longitudinale” ed il flusso irradiato dal filamento “all’indietro” non può essere recuperato. Invece nelle lampade ad arco (fig. 26) ed in quelle ad incandescenza “ad alogeni” (fig. 22), lo zoccolo si trova su un piano “trasversale” rispetto all’asse ottico e quindi il flusso irradiato all’indietro può servire a costruire, tramite uno specchio sferico concentrico col corpo luminoso, un’immagine reale del corpo stesso, situata nei pressi del corpo, in modo da quasi raddoppiarne il flusso utile.

Tutto questo per dire che le lampade contenenti un’ampolla a zoccolo trasversale possono (dovrebbero, ma anche certi costruttori di grido se lo dimenticano) contenere lo specchio sferico posteriore. Ciò comporta un sostegno orientabile con le viti di allineamento: vedi “VC” in fig. 20 e 26.

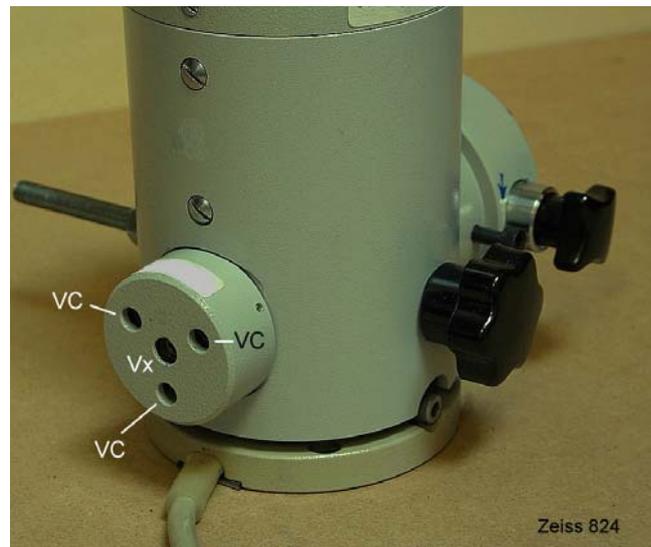
Nella figura 20 si vede anche la vite Vx, al centro delle altre tre, che serve a modificare la posizione longitudinale dello specchio, cioè a mettere l’immagine del filamento “a fuoco”, sullo stesso piano del filamento stesso.

Fig. 20 – Microlampada Zeiss Oberkochen da fissare al piede del microscopio. La manopola nera più grande a destra serve a smuovere la lampada senza scottarsi quando è accesa. Sotto di essa, si vede affiorare la testa di una vite a brugola, la quale tiene serrato il porta-ampolla.

La manopola nera più piccola serve a focalizzare il collettore.

Il diaframma di campo è assente perché è alloggiato nel piede dello strumento.

(Z 824)



## I CASI CONCRETI

Ora vediamo qualche realizzazione pratica di sistema illuminante per microscopio.

### ••• Lampade “critiche” (con collettore)

Sostanzialmente, si tratta di un’ampolla<sup>4</sup> con sopra un collettore. Se vi è stato introdotto un diffusore (una superficie smerigliata), si esce dallo schema classico.

Il tutto può essere contenuto in un’edicola da fissare al piede del microscopio. Nella fig. 21, a lato, sono visibili le viti di centratura del collettore [VC] ed una sede per filtri [PF].

Altrimenti, il tutto può essere contenuto nella base (fig. 22).

In quest’ultimo caso, è visibile un’ampolla “alogeno” (A) con zoccolo laterale (Z) ed un semplice collettore (Cl).

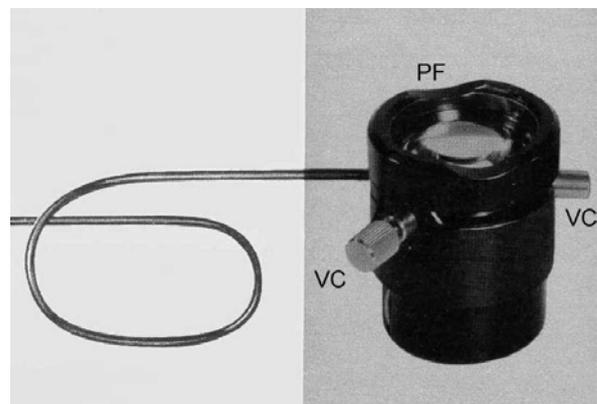
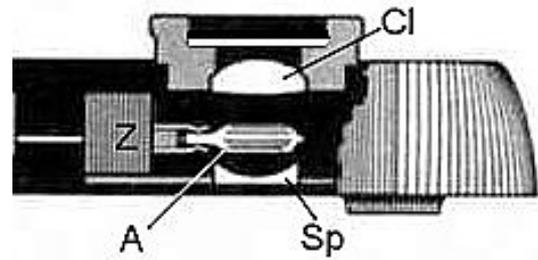


Fig. 21 – Lampada “P” di Wild. (W 003 B)

<sup>4</sup> Chiameremo “ampolla” una sorgente (“lampadina”) elettrica ad incandescenza, classica o “ad alogeni” (“al quarzo-iodio”). Questo perché il termine comune “lampadina” potrebbe confondersi con “microlampada” la quale, oltre all’ampolla, comprende altri organi (edicola, porta-lampada, organi di centratura, collettore, ecc.).

Questa soluzione è largamente usata in strumenti economici, spesso con l'aggiunta di un vetro smerigliato. Sotto l'ampolla, lo "specchio posteriore" (Sp).



••• Lampade Köhler autosufficienti, esterne allo stativo

Il termine "autosufficienti" indica le micro lampade contenenti tutto quanto occorre a realizzare lo schema di Köhler. Per completare il sistema illuminante occorre solo il condensatore ed eventualmente uno o due specchi piani interposti.

Oltre all'edicola, alle finestre per la ventilazione ed alle alette di raffreddamento, devono dunque essere presenti il portalampada ("zoccolo"), il collettore, il diaframma di campo e tutti i sistemi di centratura.

Poiché le lampade di questo tipo sono esterne allo stativo, non hanno troppi limiti nella potenza dissipata e quindi nel calore prodotto. Sono in commercio lampade capaci di contenere ampole (ad incandescenza o ad arco) fino a 250 W.

In genere esse sono collegate alla base dello strumento da un telaietto (TF nelle figure qui sotto) affinché, una volta perfezionato il loro orientamento, esso rimanga stabile. In ogni caso, in fase di installazione, l'utente deve orientare la lampada verso lo specchietto, presente sulla base del microscopio (fig. 25).

Fig. 23 – Lampada "Universale" WILD

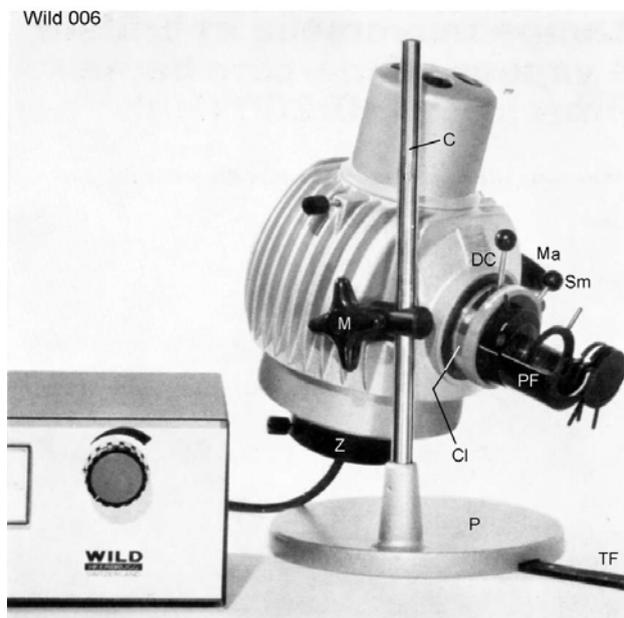
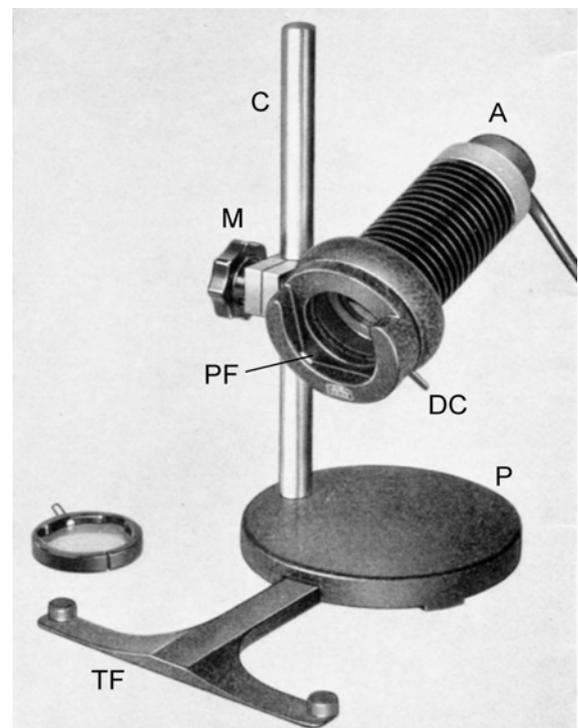


Fig. 24 – Lampada Zeiss Oberkochen.



Z 050

In queste figure, sono visibili il comando del diaframma di campo (DC), il morsetto per l'orientamento della lampada (M), l'asta di sostegno (C), il piede (P), il porta-filtri (PF).

In fig. 23 si vede anche il comando del filtro smerigliato estraibile (Sm), il porta-lampada (Z) ed il collettore (CI).

Fig. 25 – Lampada Zeiss con lo stativo Gfl

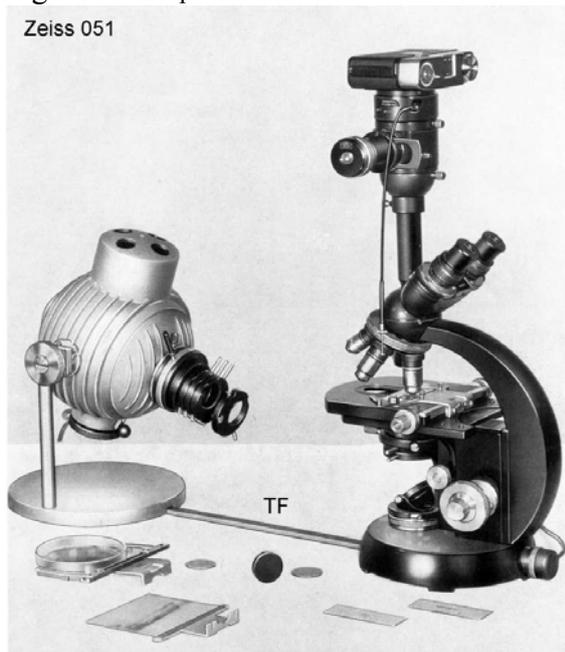
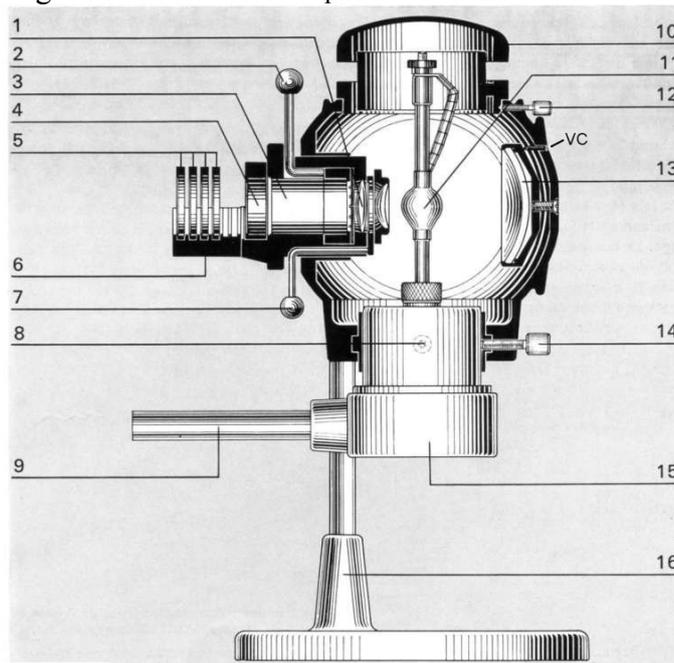


Fig. 26 – Schema della lampada “Universale” Wild.



W 008

Due tipiche lampade “esterne” e complete. TF è il telaietto di collegamento rigido allo stativo.

La fig. 26 mostra la struttura della lampada di fig. 23, contenente un bruciatore ad arco in xeno (11). Il collettore (seconda lente) è indicato con 1. Il diaframma di campo è comandato dalla leva 2. I porta-filtri sono 4 e 5. Il vetro smerigliato è estraibile con la leva 7. Lo zoccolo del bruciatore è indicato con 8-15 e 14 è la vite che lo blocca.

Questo tipo di lampade offre la massima flessibilità d'impiego e le più ampie possibilità di centratura; un tecnico competente dovrebbe preferirlo. Ma ...

- ++ l'ingombro totale è elevato;
- ++ le operazioni di installazione e di sostituzione dell'ampolla sono complesse.

Viene anche fatto notare che la presenza di uno specchietto sotto al tavolino (vedi la fig. 25, qui sopra) aggiunge un elemento di instabilità. Ma questo problema si risolve facilmente: va ricordato che i costruttori più accorti forniscono supporti regolabili per lo specchietto i quali consentono l'orientamento di esso con viti che non temono urti o vibrazioni.

Comunque, a causa di queste varie difficoltà, questo tipo di lampada sta diventando sempre più desueto.

••• Lampade autosufficienti, interne allo stativo

Queste lampade sono dotate di tutti gli accorgimenti necessari, ma non possono superare la potenza dissipata di 15 – 20 W per evitare il riscaldamento dei meccanismi del microscopio.

La ridotta potenza consente di dare a queste micro lampade un ingombro ridotto e ciò permette di alloggiarle all'interno del piede.

Questo alloggiamento può essere preciso e rigido e quindi ridurre le esigenze di centratura. Nel caso della figura qui sotto, l'ampolla è precentrata.



Fig. 27 – Lampada “S” WILD. (W 827)

A parte gli inconvenienti, già citati, delle ampole precentrate, questo schema può essere sufficiente per molti usi normali.

Le figure a destra e sotto illustrano due tipi diversi.

Ma non è detto che queste lampade “complete”, rigidamente fissate allo strumento, siano proprio “interne”. Possono essere semplicemente fissate alla base (fig. 30) o ad analogo supporto, come nel caso di modelli “rovesciati” (fig. 31) od episcopici (fig. 32).

Fig. 28 – Stativo M 20 WILD (W 013)



Fig. 29 – Microlampada nella base dello stativo “Gfl” della Zeiss Oberkochen.



Zeiss 054

Nelle lampade raffigurate nelle figure 30 e 31 è prevista un'ampolla tradizionale, precentrata; si vedono l'anello per la manovra del diaframma di campo e la manopolina per focalizzare il collettore. Nella fig. 32 si vede un'edicola per lampada alogena, con viti di centratura.

Fig. 30 – Lampada di Köhler da applicare alla base del microscopio (WILD).

(W 004)

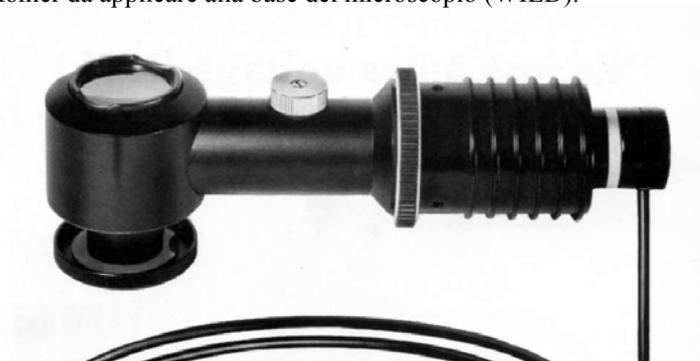
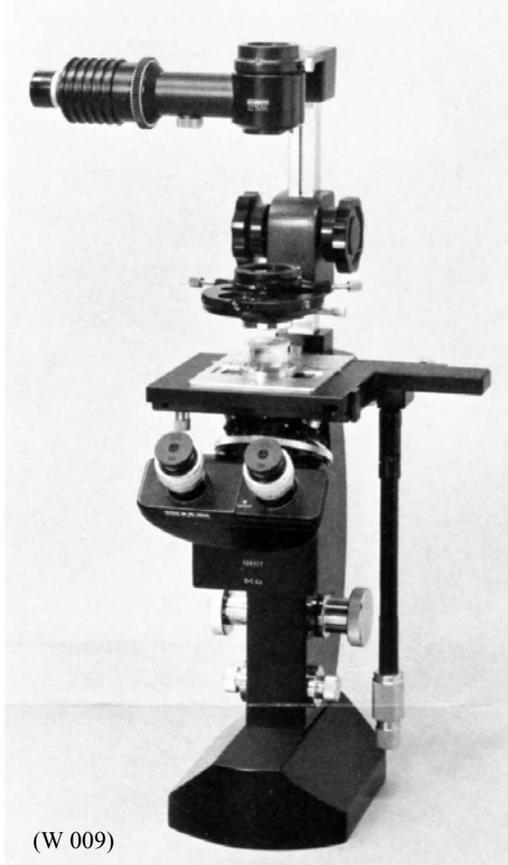


Fig. 31 – Stativo biologico rovesciato M 40 (WILD) Fig. 32 – Stativo episcopico interferenziale M 20 (WILD)



••• Lampade incomplete, fissate alla base dello stativo

Fig. 33 – Microlampada Olympus (O 53)

Quando i metodi d'osservazione previsti richiedono "più luce" (contrasto di fase, fondo scuro, polarizzazione, fluorescenza, ecc.), essendo insufficienti le lampade "interne", bisogna ricorrere a sorgenti di maggiore dissipazione ed allora, non volendo accettare le lampade "esterne" indipendenti sopra citate, si ricorre a lampade esterne allo stativo, sì, ma saldamente e rigidamente fissate ad esso.

Nella figura 20 ed in quella a fianco si vede un tipico esempio, con le viti di centratura dell'ampolla (VC in fig. 33) e la focalizzazione del collettore (CI).

Queste lampade sono spesso "incomplete" nel senso che non comprendono qualcuno degli elementi essenziali, in particolare il diaframma di campo. Tali elementi risultano allora alloggiati nel piede.

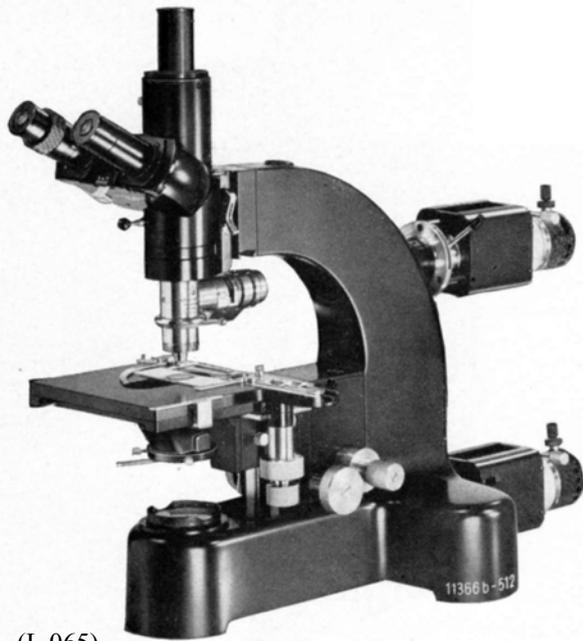


A questo punto, trattandosi di edicole esterne, non vi sono limiti nella dissipazione di calore e, assieme agli elementi contenuti nella base o nel braccio, il sistema può essere ottimo e stabile.

I migliori stativi sono generalmente predisposti per accettare due micro lampade "esterne", una per la diascopia ed una per l'episcopia, generalmente fissate entrambe alla colonna: vedi le

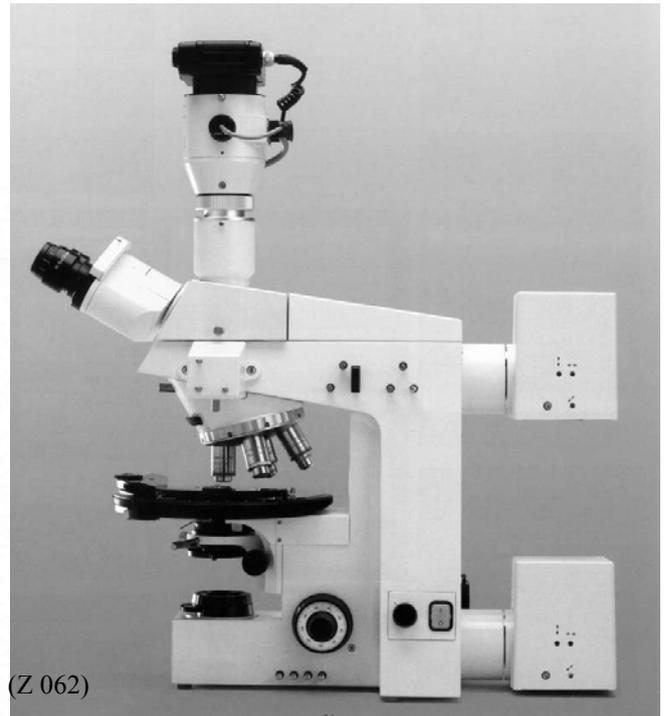
due figure seguenti (il classico stativo Ortholux di Leitz ed un moderno Zeiss della serie “Axio”).

Fig. 34



(L 065)

Fig. 35



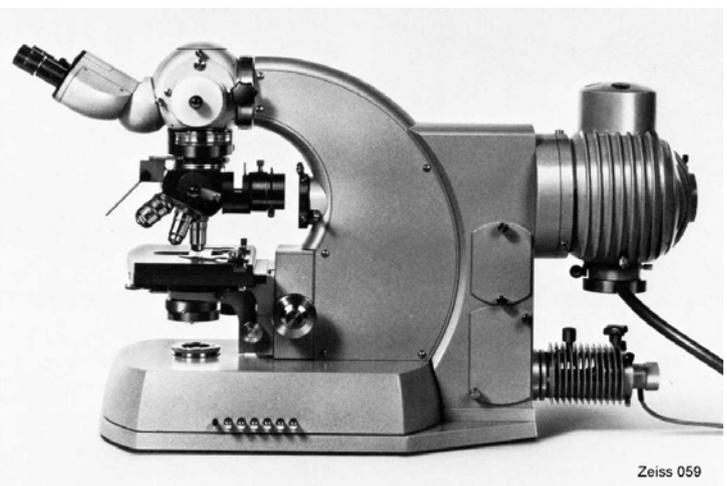
(Z 062)

Molti costruttori offrono anche delle “basi illuminanti”, un massiccio basamento con colonna, su cui si poggia il microscopio, ed al quale sono fissate due lampade di diverso tipo, magari entrambe per la diascopeia: spesso una lampada con ampolla ad incandescenza per le osservazioni normali ed una ad arco per la fluorescenza (figure 36 e 37, qui sotto).

Fig. 36 – Stativo M 20 Wild



Fig. 37 – Stativo “Universal” Zeiss Oberkochen



••• Soluzioni compatte incorporate

Chiameremo così, genericamente, le micro lampade di piccole dimensioni costruite nella base dello stativo, “integrate” in essa. Compattezza, semplicità d’uso, ma con scarso rendimento fotometrico e spesso senza i vantaggi dello schema di Köhler.

Rientrano in questa categoria molte lampade semplici, spesso con diffusore:

— Un’ampolla con sopra un diffusore, a volte con uno specchio sferico sotto. Soluzioni economiche, fuori dallo schema critico o di Köhler.

— Un’ampolla con collettore; se manca il diaframma di campo, si tratterà in genere dello schema critico con collettore sopra illustrato (fig. 22, pag, 13). Vi può essere un diffusore.

— Una vera lampada di Köhler, che può essere di buona qualità, anche se non ammette

lampade di potenza superiore a circa 20 W (vedi le figg. 27, 28 e 29, già commentate).

— Soluzioni di compromesso (vedi l'articolo n° 6 "L'illuminazione sec. Köhler, made in China" in questo stesso sito).

La generale tendenza a rendere lo strumento compatto ed a ridurre le regolazioni porta molti costruttori a soluzioni semplificate. Purtroppo, sta prevalendo il brutto vezzo di porre il diaframma di campo subito sotto al condensatore; come si è spiegato nell'articolo appena citato, ciò porta ad una piccola distanza fra il diaframma medesimo ed il condensatore, con tutti gli inconvenienti del caso (necessità di abbassare il condensatore, perdita di apertura, difficoltà a realizzare il contrasto di fase, ecc.).

I migliori costruttori risolvono questo problema con una lente convergente di media potenza posta sotto al condensatore, una specie di "lente a grande campo" (vedi sotto). Così avveniva, ad es., nel classico stativo Gfl della Zeiss Oberkochen (fig. 25 a pag. 14) in cui il diaframma di campo stava proprio sul piede, mentre sotto il condensatore era prevista una lente convergente estraibile. Questo schema è ancora usato in stativi economici di produzione estremo-orientale, e può funzionare con obbiettivi medio-deboli. Con gli obbiettivi più forti succede che il campo illuminato deve essere molto piccolo, ma la lente sotto al condensatore funziona come una lente d'ingrandimento per il diaframma di campo ed il campo illuminato diviene più grande. Il risultato è che tale campo illuminato è spesso assai maggiore di quanto richiesto dagli obbiettivi forti, anche col diaframma di campo tutto chiuso, il povero Köhler si rivolta nella tomba e si perde contrasto.

In molti altri casi, anche se le distanze sono giuste, le aberrazioni del condensatore sono troppo forti e si mostrano in tutto il loro splendore quando il diaframma d'apertura va aperto al massimo (obbiettivi forti). In questi casi, l'immagine del diaframma di campo appare così sfumata (e colorata) che si è costretti ad allargarla ben oltre il campo visuale: perdita di contrasto, ancora una volta, ecc.

In buona sostanza, in nome della semplicità d'uso, della compattezza e della riduzione dei costi molti costruttori offrono un "sistema illuminante sec. Köhler" in cui alcuni dei vantaggi di quel sistema vanno perduti.

Qualche vetro smerigliato per fortuna viene in nostro aiuto.

## È TUTTO QUI ?

Comunque, la realizzazione pratica del sistema di Köhler comporta anche altri problemini.

— L'aberrazione sferica del condensatore.

Come si vede dallo schema a fianco, i raggi marginali (di maggiore apertura) e quelli parassiali (di minore apertura) emergenti dal condensatore K non s'incontrano alla stessa altezza. Alcuni di essi, in relazione all'altezza del condensatore, vanno perduti. Ne risulta che, guardando la pupilla d'uscita dell'obiettivo dall'alto, non tutta la sua apertura sarà "riempita" dal fascio prodotto dal condensatore.

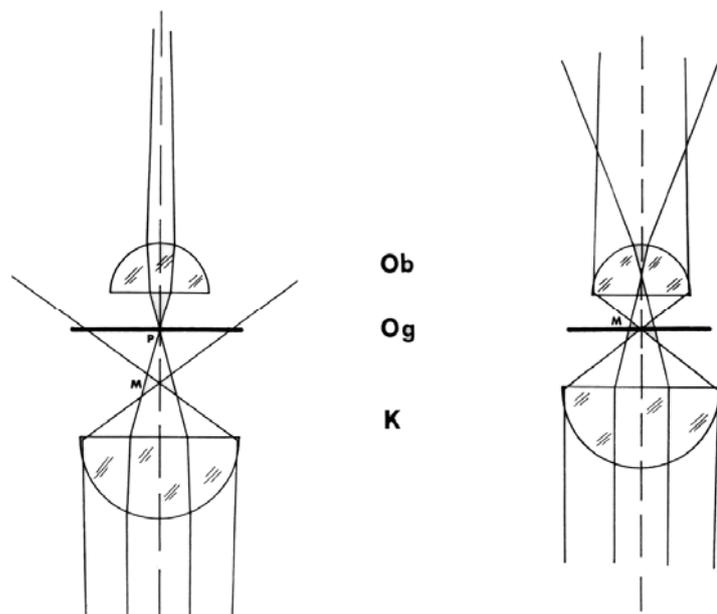


Fig. 38

Fig. 39

Nella figura a fianco, vi è un esempio.

Semplificando, si può dire che l'obbiettivo è "strozzato" dal condensatore e l'immagine ne risulta variamente alterata (non è detto che si debba perdere risoluzione).

NB: I colori di questa foto sono dovuti alla non correzione dell'aberrazione cromatica del condensatore.

(DD1-125)

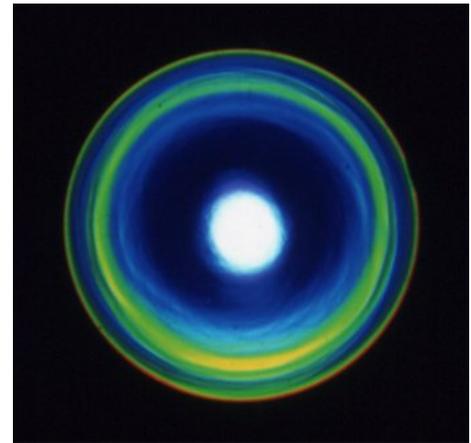
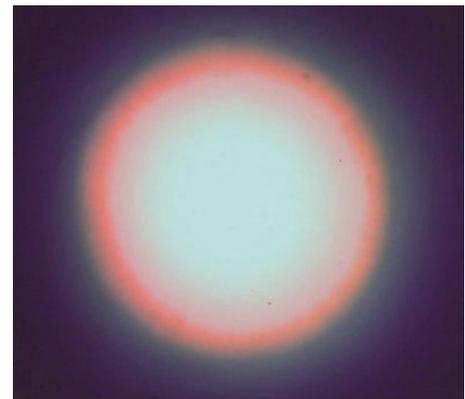


Fig. 40

Sempre per via delle aberrazioni del condensatore, nel piano dell'oggetto, l'immagine del diaframma di campo può apparire sfumata (aberrazione sferica) e colorata (cromatica).

Ciò è normale nei condensatori economici (di Abbe) ma rende difficile realizzare lo schema di Köhler ai forti ingrandimenti.

(DD1-30)

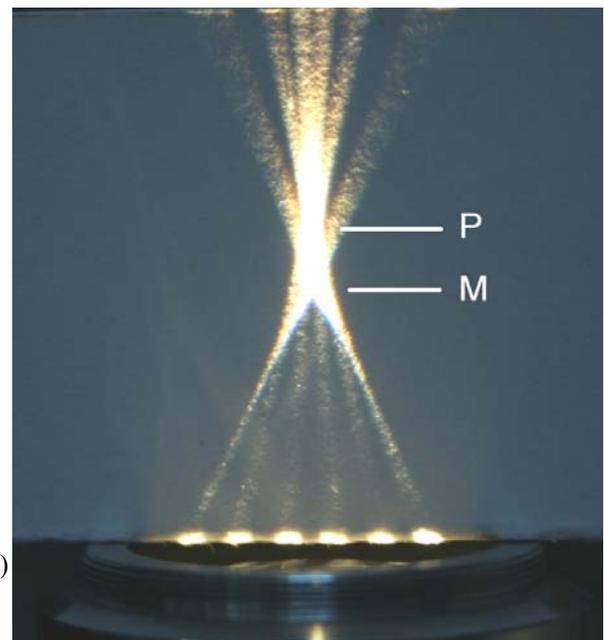
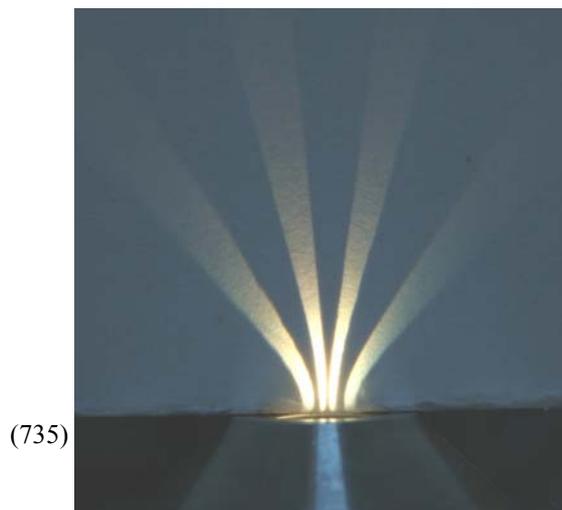


Un altro modo di constatare la sferica del condensatore è di porre il solito diaframma a fessure<sup>5</sup> all'altezza del diaframma d'apertura: il fascio emergente dal condensatore sarà suddiviso in tanti fascetti convergenti e, subito sopra al fuoco del condensatore, divergenti (fig. 41). Uno schermino bianco posto verticalmente sul tavolino ne rivelerà l'andamento. È bene tenere il diaframma di campo molto chiuso e procedere per tentativi.

La curvatura dei fascetti che si osserva in fig. 41 dipende molto dalla posizione dello schermino verticale, ma rivela comunque una geometria non perfetta del sistema.

Fig. 42

Fig. 41



Un metodo più rigoroso per rivelare la sferica del condensatore si può applicare in un

<sup>5</sup> Il diaframma sarà costituito in questo caso da 5 - 7 fessure larghe 1 - 2 mm, separate da striscioline di cartone di 3 - 4 mm di larghezza.

condensatore “a lunga frontale” (quelli usati per microacquari e vaschette varie), ma si osserva bene anche in un normale “di Abbe”, privato della lente frontale, come nella fig. 42 qui sopra.

In questo caso, lo schermo verticale rivela l’andamento dei fascetti di varia apertura anche PRIMA del punto di convergenza. Si vede bene come i fasci marginali s’incontrino in un punto più basso (M) di quelli parassiali (P). Questa è sferica sottocorretta (anzi, non corretta per niente).

— Ma anche il collettore può soffrire di sferica. In questo caso, il campo illuminato, che è l’immagine del collettore creato dal condensatore, non sarà omogeneo (fig. 43).

Questo difetto può apparire sensibile con i piccoli ingrandimenti, quando si utilizza la più gran parte della superficie del collettore stesso.

Fig. 43 – Microlampada “BV” WILD.

Qui si vede una microlampada esterna allo stativo, montata su un supporto snodato. La foto è stata ripresa ponendo l’obiettivo fotografico in luogo del condensatore.

Gli anelli scuri indicano “zone” della lente (il collettore) per le quali i raggi non convergono nello stesso piano degli altri e quindi sfuggono al condensatore.

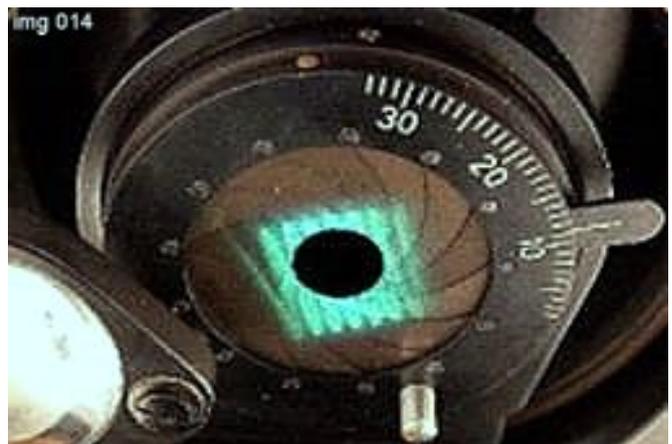


(92)

Fig. 44

(Condensatore di Abbe visto da sotto.)

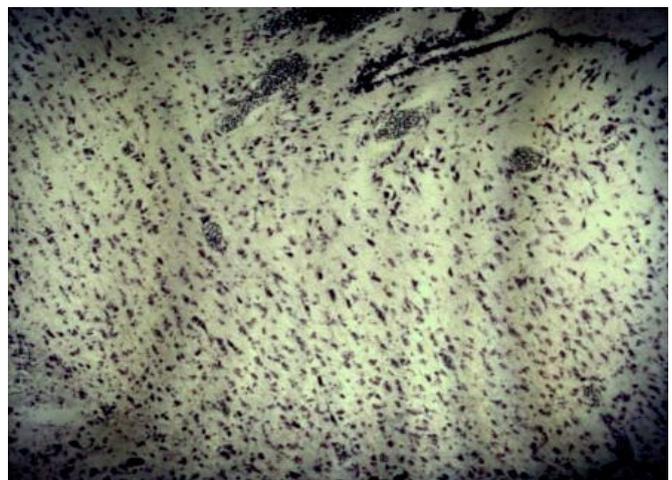
— Altro difetto del collettore, assai frequente in realtà, è un insufficiente ingrandimento nell’immagine del filamento, che non riesce più a “riempire” tutto il diaframma d’apertura. È come se il diaframma stesso fosse chiuso: si perde apertura utile del condensatore, quindi risoluzione, ecc.



(img014)

Fig. 45 – Sezione istologica (prosencefalo di pulcino), osservata con una micro-lampada priva di qualunque diffusore. Sia pure molto sfocata, si riconosce la struttura del filamento dell’ampolla.

— Altro fenomeno disturbante è il cosiddetto “ingrandimento longitudinale” per il quale l’immagine del filamento, che dovrebbe formarsi nel piano del diaframma d’apertura, si estende in realtà in direzione assiale per molti centimetri o addirittura decimetri, per cui viene a trovarsi, sia pure sfocata, anche dove non è desiderata: per es. nel piano dell’oggetto (vedi il manuale “Problemi tecnici della microscopia...”, Capp. 12.4 e 22.2.4).



(DD1-45)

## IL CAMPO ILLUMINATO e le “LENTI a GRANDE CAMPO”

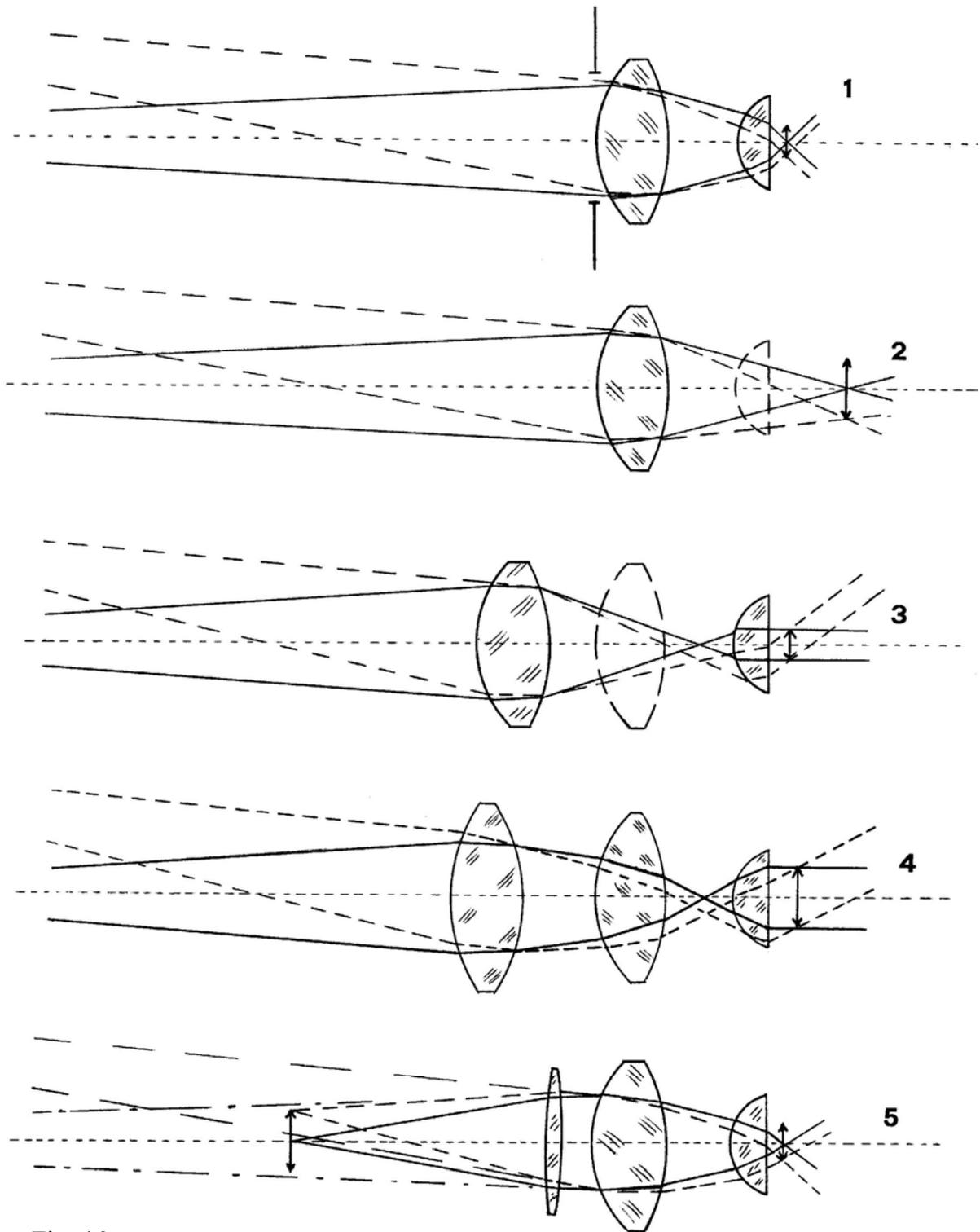


Fig. 46

(82)

Sempre all'interno dello schema di Köhler, abbiamo visto nel manuale “Problemi tecnici della microscopia...”, Cap. 21.1, come il problema del campo illuminato insufficiente sia comune in un microscopio con i deboli ingrandimenti.

La soluzione più ovvia è di togliere la lente frontale in modo da accrescere la focale del condensatore. L'immagine del diaframma di campo aumenta quindi di dimensioni (fig. 46 - 2). In molti condensatori, la frontale si svita o si ribalta con apposita levetta.

Una seconda soluzione è di porre subito sotto al condensatore una forte lente convergente (fig. 46 - 4). L'efficacia di quest'accorgimento (Zeiss Jena, Lomo, ecc.) è dimostrata dalle due

figure seguenti.

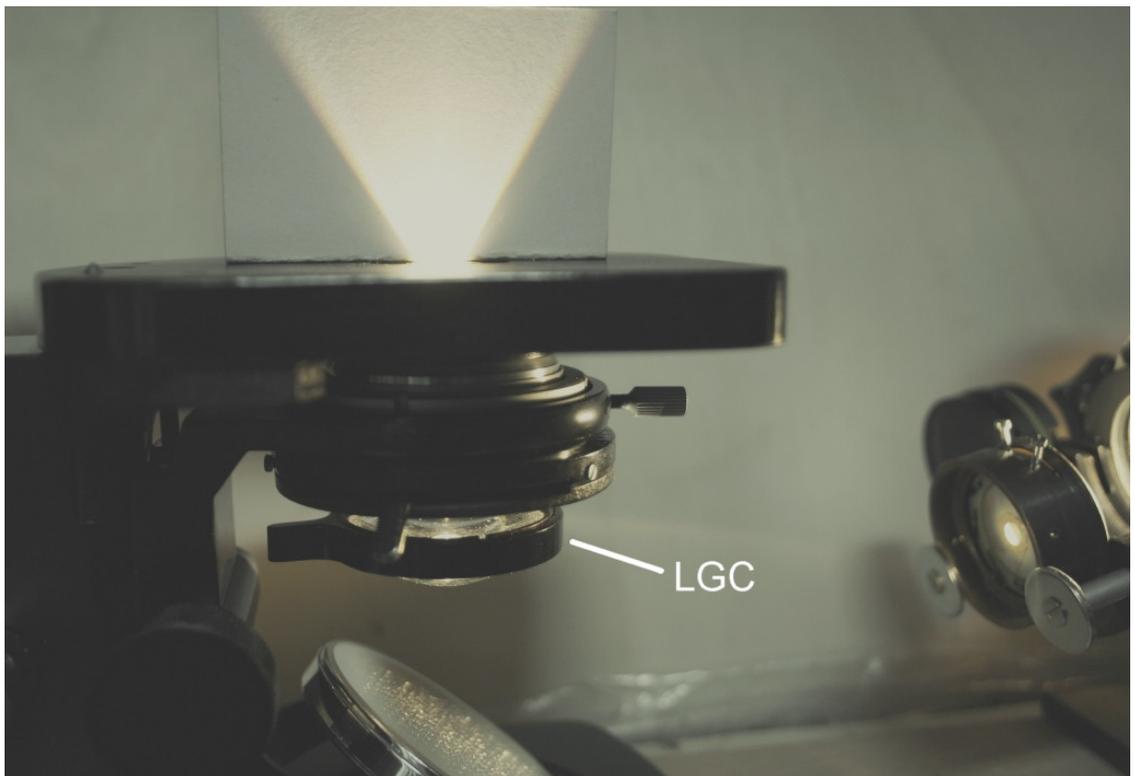
Fig. 47



(744)

Un normale condensatore di Abbe produce un fascio illuminante a forte apertura. Il campo illuminato è però piccolo (il cono di luce si restringe molto verso il basso).

Fig. 48



(743)

Avendo inserito sotto al condensatore la forte lente convergente (LGC), l'apertura diminuisce ma il fascio si allarga. Questo concorda con le esigenze dei piccoli ingrandimenti.

Nelle foto che precedono, il fascio emergente dal condensatore sfiora un cartoncino bianco disposto verticalmente sopra al tavolino.

Secondo lo schema di fig. 46 – 5, si può anche porre sotto al condensatore, anche molto distante da esso, una DEBOLE lente convergente che, dal punto di vista del condensatore stesso, opera come una debole lente d'ingrandimento e presenta al condensatore un'immagine ingrandita (virtuale) del diaframma di campo: si allarga così il campo illuminato.

Questo accorgimento, chiamato "lente a grande campo", è largamente usato quando, per motivi costruttivi, la microlampada ed il diaframma di campo sono molto lontani dal condensatore: l'immagine del diaframma di campo ne risulterebbe troppo piccola.

Un primo esempio qui sotto. DA schematizza il diaframma d'apertura e DC il diaframma di campo. LGC è la "lente a grande campo", in questo caso doppia.

Si noti che il collettore è costituito da due lenti accostate e da una lente un po' spostata. Il diaframma di campo DC è lontano da queste lenti in modo che, nella sua immagine, non risultino grani di polvere od altre irregolarità alla superficie delle lenti stesse.

Il condensatore è quello classico, di Abbe.

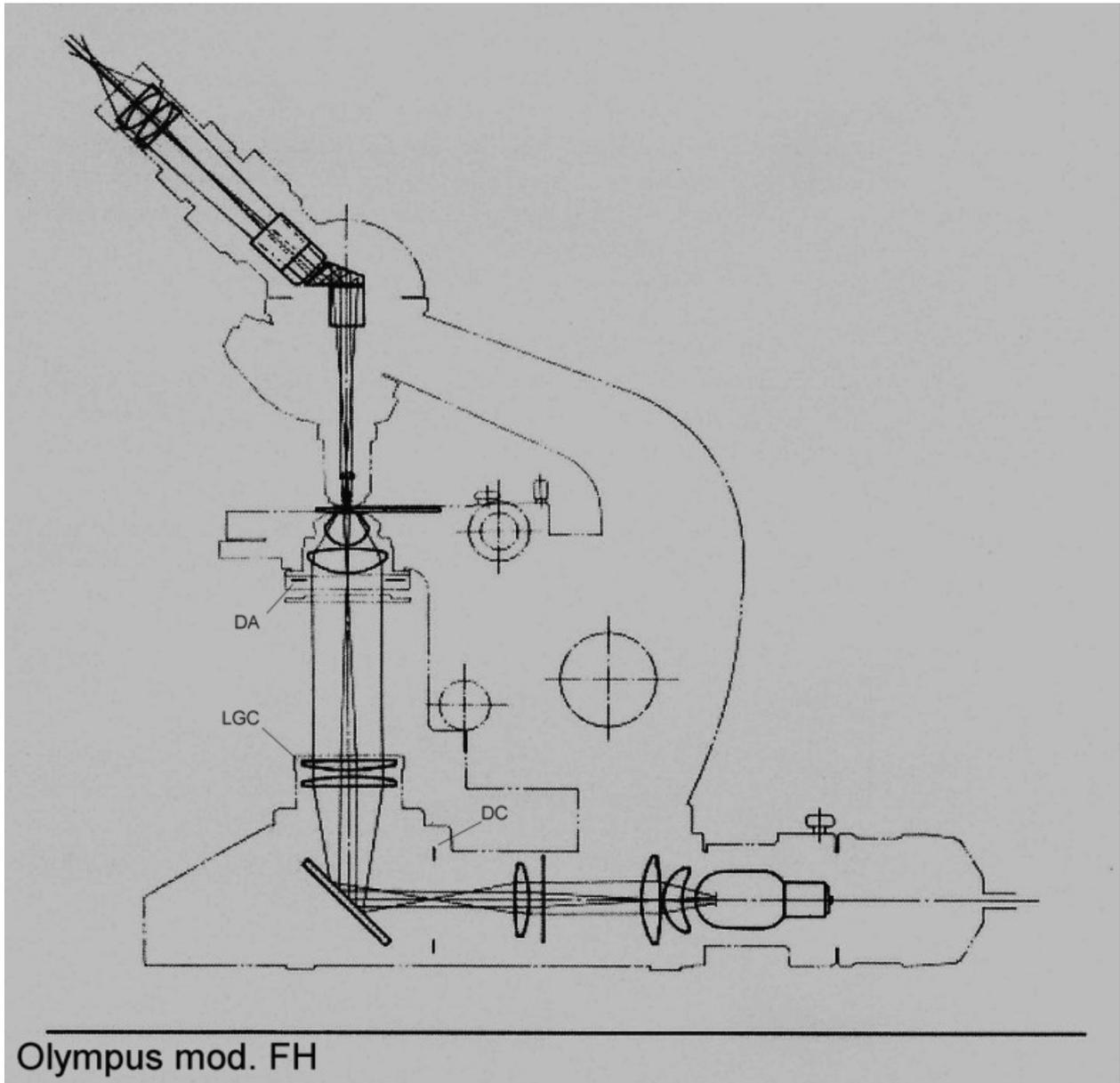


Fig. 49

(004)

NB: in questo schema vi è un errore nel tracciamento dei raggi fra la LGC e la lampadina.

Un secondo esempio dalla produzione Wild.

Si noti la lente inferiore del condensatore di Abbe: la superficie inferiore è asferica al fine di ottenere una riduzione dell'aberrazione sferica.

Il collettore è a tre lenti. La lente a grande campo (LGC) è a metà strada fra collettore e condensatore.

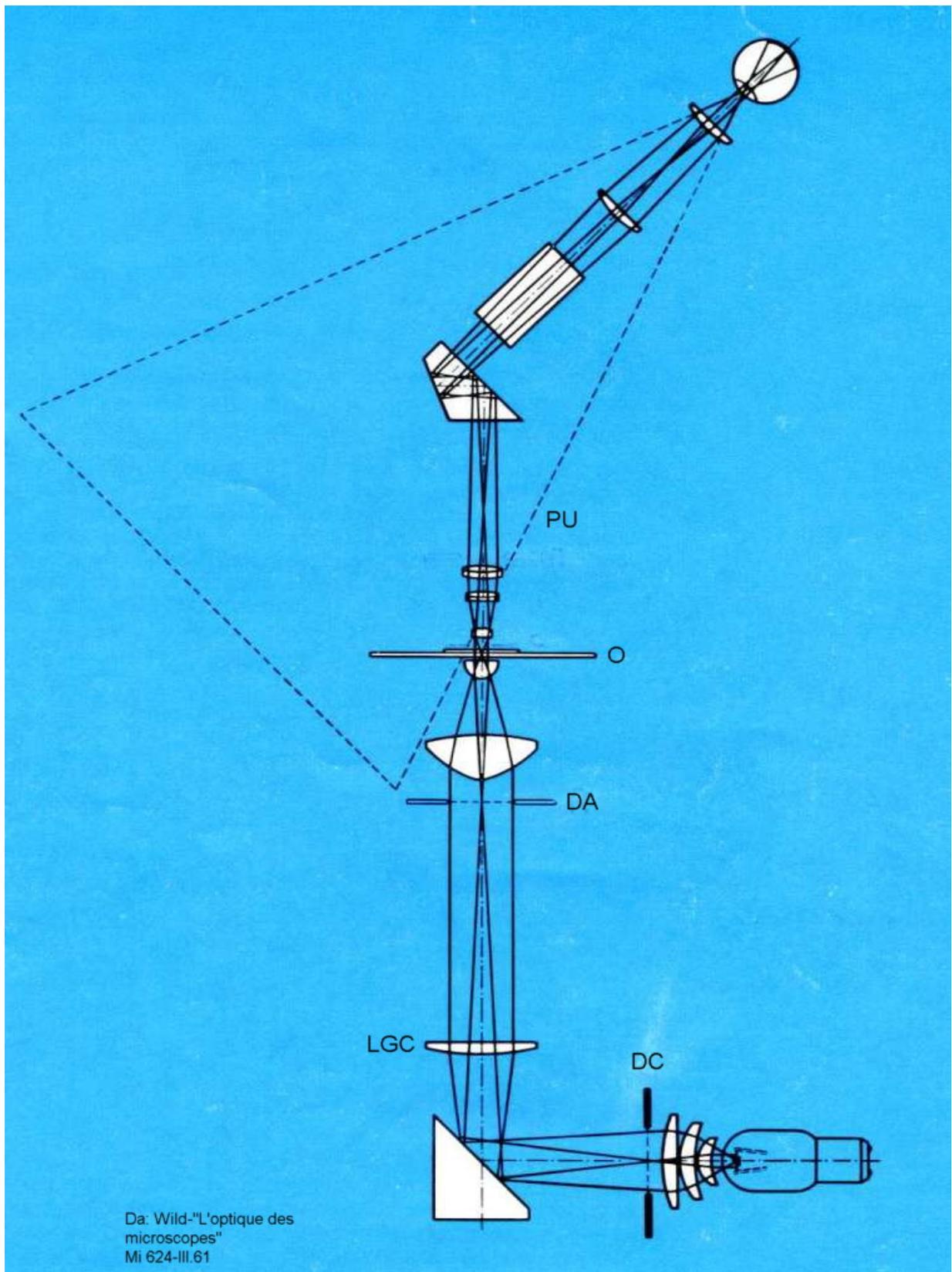


Fig. 50 – Schema ottico essenziale dello stativo M 20 WILD:

(005)

Altro esempio viene dal classico "Orthoplan" di Leitz.

Le lente a grande campo (LGC) è ribaltabile (non serve ai forti ingrandimenti) ed è molto distante dal collettore. «L» è il diaframma di campo.

S' indica l'immagine del filamento e la posizione del diaframma d'apertura. S'' è la pupilla d'uscita dell'obbiettivo. S''' è il "Disco di Ramsden" (pupilla d'uscita del microscopio).

L' è il piano oggetto, coniugato col diaframma di campo (L). L'' è il piano dell'immagine intermedia, coniugato con i precedenti.

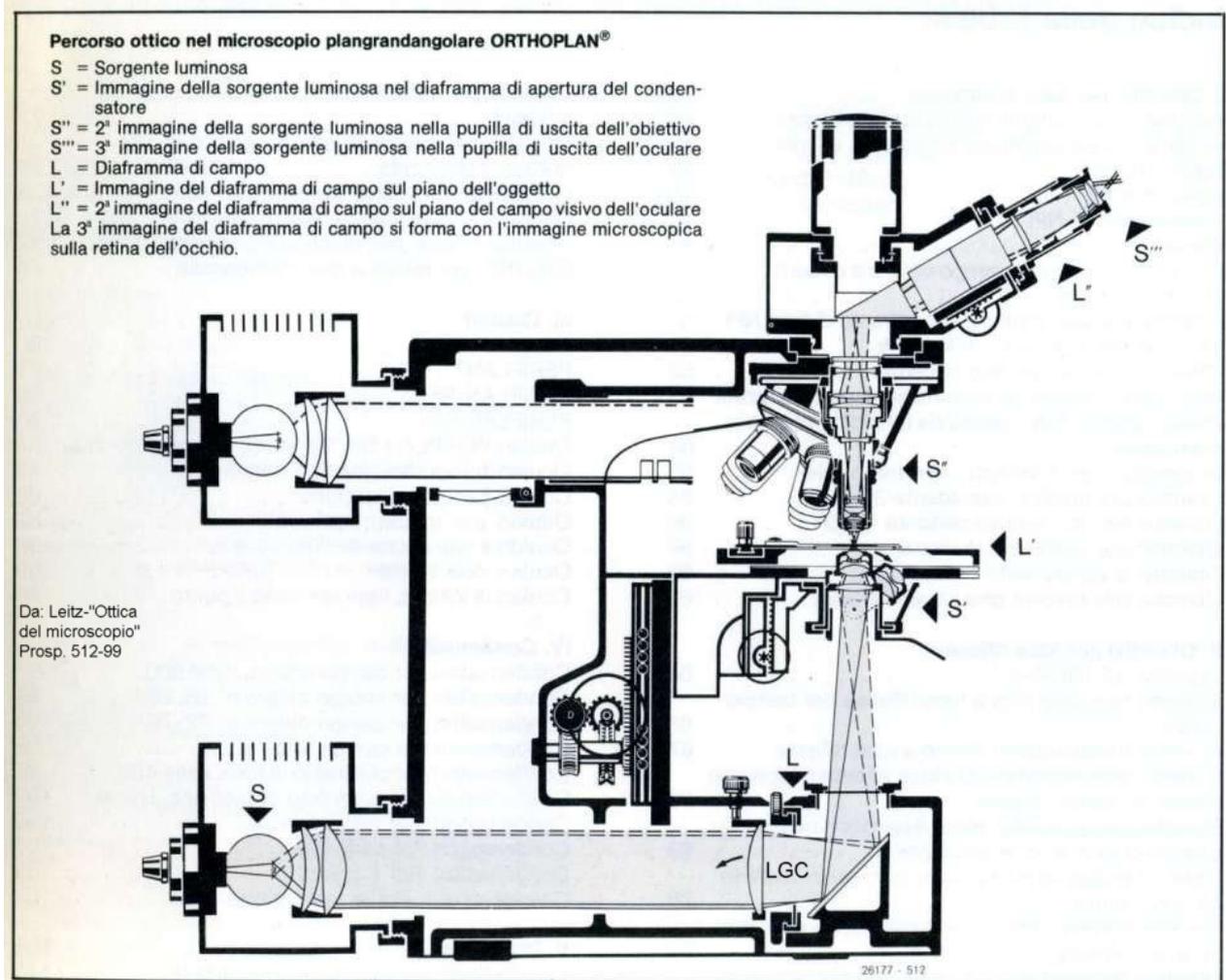


Fig. 51 – (da catalogo Leitz Wetzlar)

(006)

Un ultimo esempio di lente a grande campo, dalla produzione Nikon.

Si noti la LGC centrabile (è indicata una delle viti di centratura e la contromolla) ed il collettore a tre lenti. Il condensatore è acromatico-aplanatico (doppietto inferiore + menisco + frontale).

In questo, come negli esempi precedenti, sono previste le classiche lampadine ad incandescenza. Con le moderne lampadine “alogene” la geometria deve cambiare, poiché lo zoccolo deve stare di lato al filamento (in posizione “trasversale”, come si è detto a pag. 12), non “in linea” con l’asse ottico, come avveniva con le lampadine classiche. Con i LED di potenza le cose si semplificano per le loro piccole proporzioni e per avere ancora una volta lo zoccolo “in linea”.

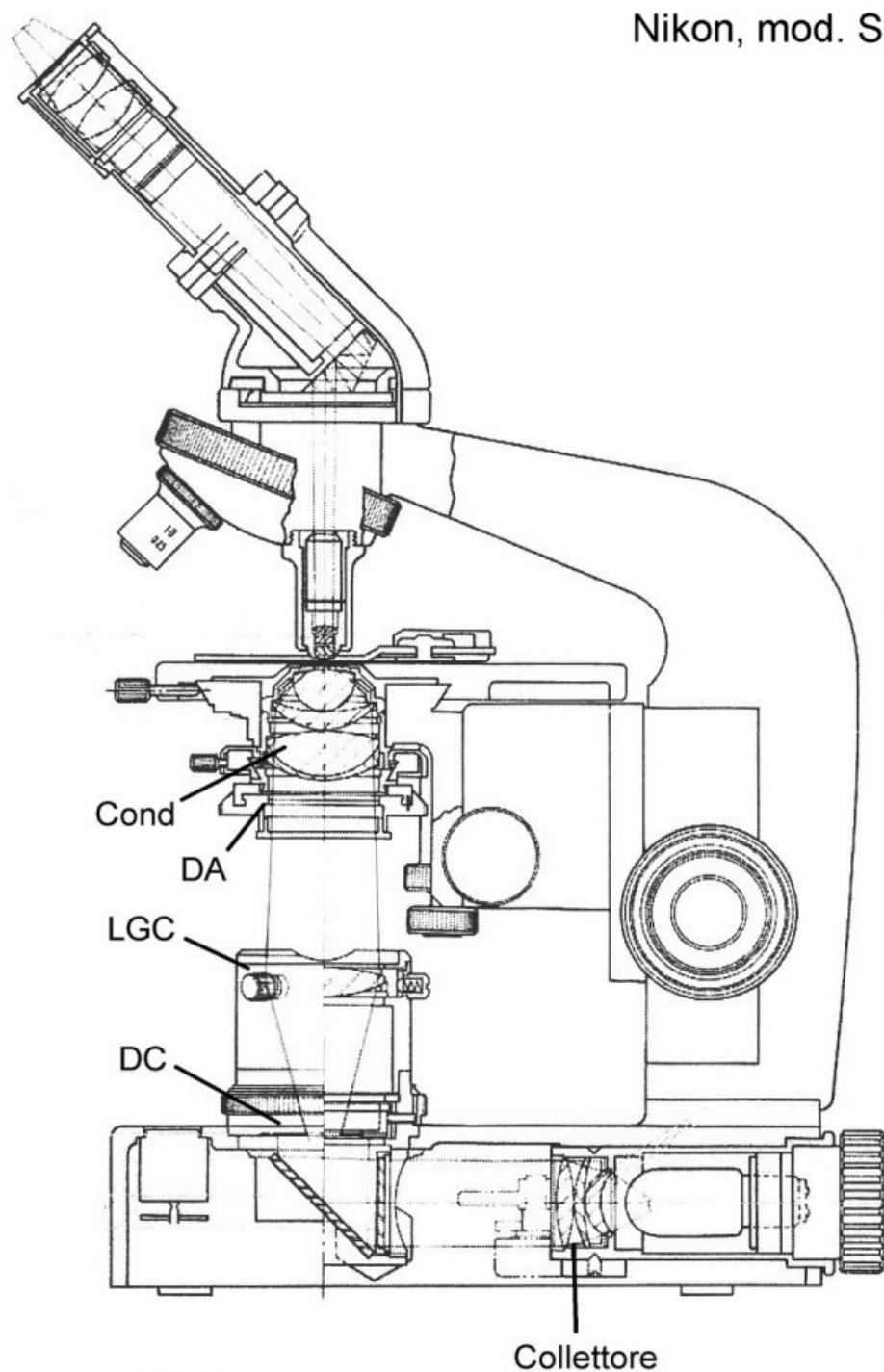


Fig. 52 – Stativo “S” NIKON.

(N b02)

NB: anche qui vi è un errore di tracciamento del fascio fra LGC e la lampadina.