

Art. n° 14 – **ARTEFATTI e MISFATTI**
(... cosa sarà quella macchia...?)

Che l'immagine prodotta da qualunque sistema ottico corrisponda "punto per punto" all'oggetto, è ovviamente un'utopia.

Il solo fenomeno della diffrazione, legato ad inderogabili leggi fisiche¹, fa sì che ad ogni punto dell'oggetto, inteso come entità geometrica priva di dimensioni, corrisponda, in condizioni ideali, una figura caratteristica detta "centrica" o "immagine di Airy" o "immagine di diffrazione", con dimensioni legate all'apertura del sistema ottico ed alla lunghezza d'onda, ma mai nulle.²

Se poi ci si mettono gli inevitabili residui di aberrazioni, le cose non possono che peggiorare. Ad ogni punto (geometrico) dell'oggetto corrisponde sempre un "cerchio di confusione" che il progettista può, con la scelta dei parametri della "ricetta", ridurre fino ad un certo punto, ma sopravviene allora la centrica, ineliminabile, e questo rappresenta il limite ultimo della risoluzione di quel dato sistema ottico.

Dunque, in qualunque immagine ottica, si riscontra sempre una perdita di risoluzione rispetto all'oggetto. Se così non fosse, a furia di lenti si potrebbero vedere anche gli elettroni ...

Nell'uso di qualunque sistema ottico si devono quindi sempre tener presenti i concetti di aberrazioni, definizione, diffrazione, risoluzione, ecc. ed essere sempre consapevoli che ciò che vediamo è solo una parziale raffigurazione dell'oggetto.

E questo è ovvio e generico. Parliamo ora invece, in dettaglio, di "artefatti", quelle strutture che si osservano nell'immagine e che sono create proprio dal sistema ottico, supposto esente da difetti di fabbricazione. Possiamo parlare di strutture artificiali. Poi parleremo delle strutture accidentali, dovute a fenomeni contingenti: danni subiti da vari elementi ottici, corpi estranei alla superficie delle lenti, riflessi indesiderati nel sistema, ecc. Accenneremo anche ad immagini create dai difetti dell'occhio dell'osservatore.

ARTEFATTI in senso stretto

Le frange di diffrazione

Proprio il fenomeno della diffrazione crea uno dei più vistosi esempi di artefatto. Sappiamo che gli anelli concentrici, alternativamente chiari e scuri, che si osservano nell'immagine di ogni punto dell'oggetto ("anelli di diffrazione") sono solo un caso particolare di quanto si osserva in prossimità di qualunque discontinuità nell'oggetto, cioè di qualunque variazione di trasparenza o d'indice di rifrazione. In parole povere, qualunque linea che separi due regioni otticamente differenti del piano-oggetto viene affiancata da una serie di "frange", linee alternativamente chiare e scure, di densità e di larghezza gradatamente decrescenti. Se l'oggetto è piccolo, esso appare circondato da anelli concentrici, come se fosse avvolto da una serie di capsule protettive. Nella pratica, difficilmente si osservano più di due anelli o frange.

Il pericolo di queste frange è che, se un oggetto molto piccolo e poco contrastato si trova in mezzo alle frange create da un oggetto grande e molto contrastato, può venir mascherato e divenire invisibile.

Nelle figure 1 e 2, si vede l'orlo di un oggetto omogeneo, totalmente opaco, a margine netto,

¹ Anni fa, una nota casa giapponese scriveva nella documentazione tecnica relativa ad un certo obiettivo fotografico che esso era "esente da diffrazione". La sfrontatezza della pubblicità è più incrollabile delle leggi dell'universo.

² Si veda, nel sito www.funsci.com, sezione "Approfondimenti di microscopia", il manuale "Problemi tecnici della microscopia ottica", cap. 18.3, nonché gli art. n° 18 e 21.

in un campo trasparente: in poche parole, il filo di una lametta da barba poggiata su un vetrino. Si è scelto quest'oggetto poiché termina con un orlo affilato (evitando quindi eventuali riflessi su qualunque superficie sub-parallela rispetto al fascio illuminante), ed è sicuramente ed uniformemente opaco.

Nella sua immagine, dovremmo quindi osservare un passaggio netto e definito fra una zona totalmente scura ed una illuminata. Ma ... la diffrazione non ammette eccezioni.

Nelle didascalie delle figure vengono mostrate alcune deviazioni da questa aspettativa ideale. Tutte le foto sono state riprese con un normale obiettivo acromatico 40/0,65 ed un oculare 10 ×; l'oggetto è stato coperto con una regolamentare lamella di spessore $d = 0,17 \text{ mm}$.

Fig. 1a/b – Si osserva un alone, una frangia, che cambia leggermente di luminosità variando la messa a fuoco. Nulla più.

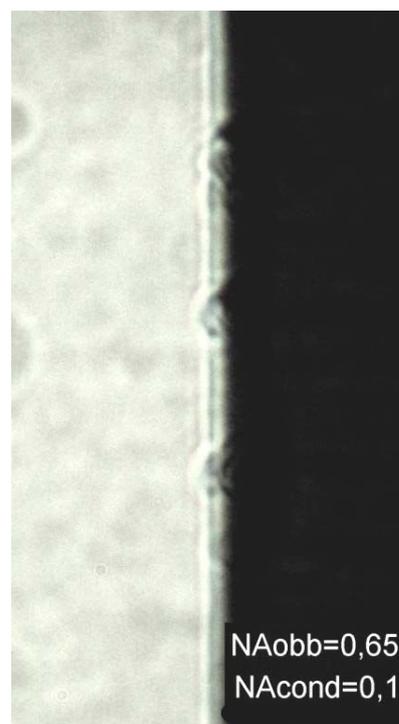
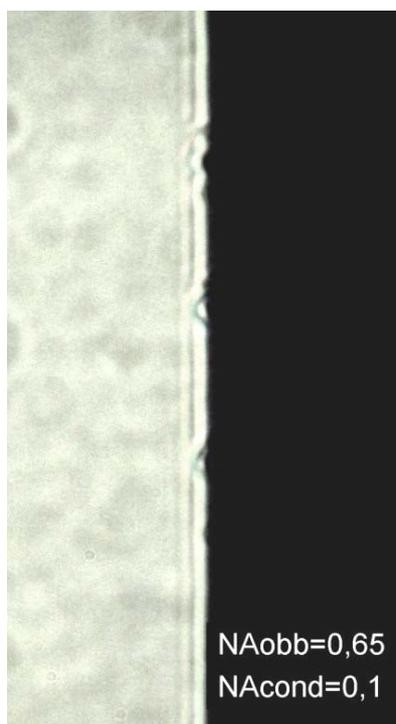
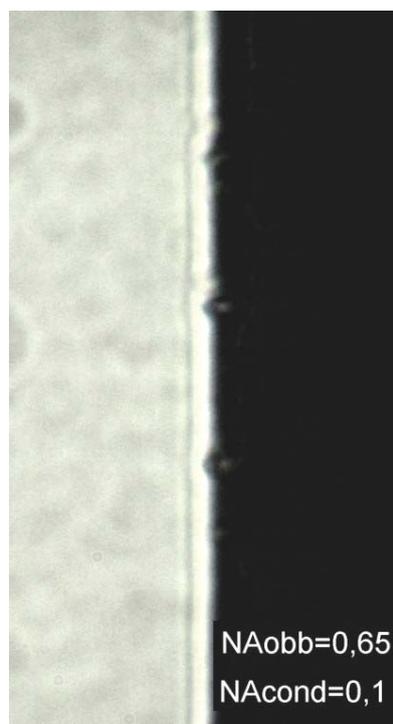
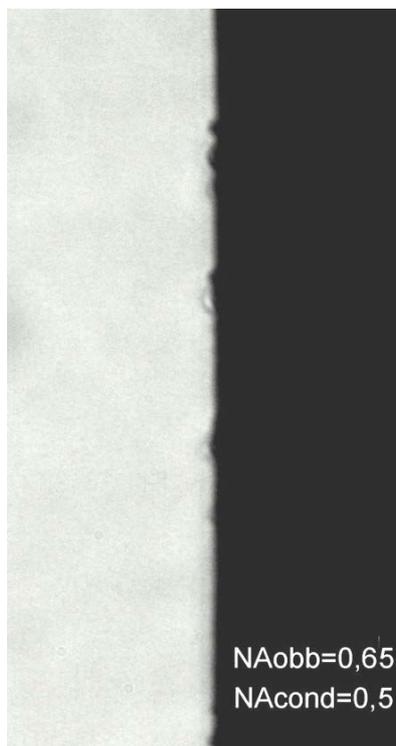
Il diaframma d'apertura è aperto seguendo le normali regole dell'illuminazione sec. Köhler.

Nella figura 2 che segue, invece, col diaframma d'apertura molto chiuso, le frange sono assai più pronunciate e variano di aspetto (variando il fuoco) molto più di quanto avviene a diaframma aperto. Sono anche molto più contrastate le macchie create da grani di polvere sfocati.

Questi fatti rappresentano la principale ragione per chiudere il meno possibile il diaframma d'apertura.

La foto, ovviamente, mostra solo uno dei bordi della lametta.

Fig. 2 a/b/c (sotto)



Ecco dunque che un confine fisicamente netto diviene nell'immagine una regione più o meno sfumata, con andamento fotometrico legato all'apertura del sistema illuminante, alla

posizione del fuoco, ecc. Le cinque immagini qui sopra sono tutte diverse, anche se l'oggetto è unico. Ripetiamo: le diversità nelle immagini precedenti son dovute solo ad un diverso assetto del sistema ottico (apertura del fascio illuminante e focalizzazione); l'oggetto è sempre lo stesso. Come fare allora per capire qual è l'immagine più fedele? Oppure: qual è la meno infedele?

L'unica cosa che possa fare l'osservatore attento è confrontare le varie immagini, "smanettando" con la micrometrica ed il diaframma d'apertura, ragionare, e costruirsi mentalmente una media pesata di quanto ha visto.

In realtà, nell'osservazione abituale, con un'apertura ragionevole del condensatore, con una corretta focalizzazione, questo tipo di artefatto è poco percettibile; ma è sempre presente, ed occorre esserne consapevoli per evitare di interpretare come strutture dell'oggetto quelle apparenze mutevoli che sono dovute solo a fenomeni ottici.

Si tenga poi presente che, al fine di rendere più evidenti questi artefatti, le cinque foto precedenti hanno subito un ingrandimento elettronico successivo di circa 4:1. Del campo visuale dell'oculare usato ($10\times$; $s' = 18\text{ mm}$) è stato ripreso solo il quarto centrale.

Nelle foto seguenti è mostrato come appare, nelle stesse condizioni di ripresa, un oggetto di notevole spessore e parzialmente trasparente (un capello). La situazione è assai diversa, certamente più complessa, anche perché una variazione della messa a fuoco non fa che esplorare piani diversi nello spessore complessivo dell'oggetto.

Fig. 3 a/b – Come prima, a diaframma aperto, le frange sono poco visibili e variano poco alterando la focalizzazione.

Le strutture fini alla superficie del capello appaiono poco contrastate. Tutto normale.

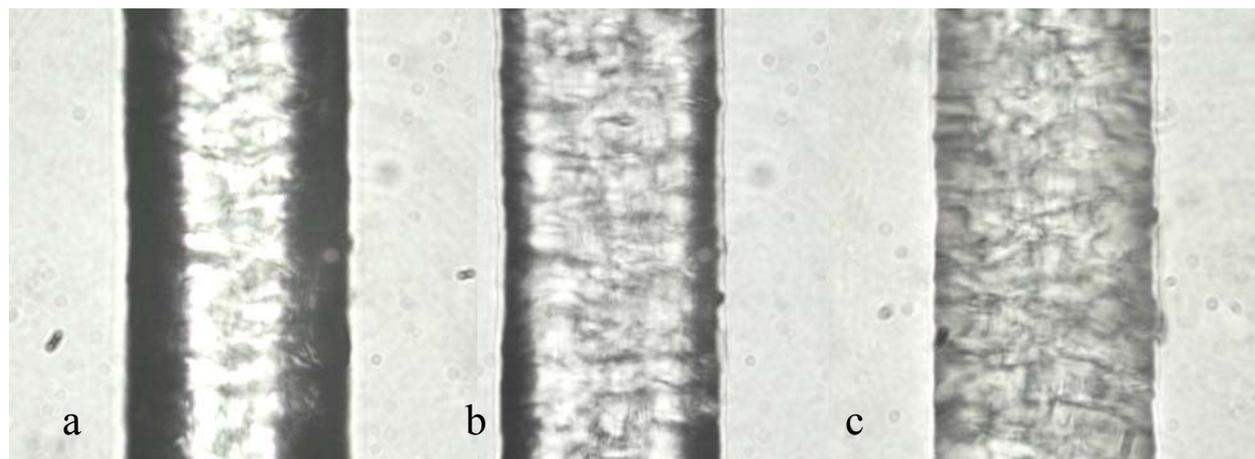


Fig. 4 a/b/c – Lo stesso capello, a diaframma chiuso (con diversa posizione della messa a fuoco).

Nella seconda e terza foto specialmente, si vedono bene le frange di diffrazione più o meno contrastate e di aspetto variabile a seconda della posizione del fuoco. Si vedono anche più contrastate le particelle di polvere sul vetrino.

Ancora una volta, cinque immagini diverse dello stesso oggetto. E si tratta solo di esempi.

Gli aloni del contrasto di fase

Già che abbiamo parlato di frange di diffrazione, conviene parlare di fenomeni analoghi, dovuti però a cause più complesse, ben conosciuti da chi si è misurato col contrasto di fase. Per una spiegazione di questi fenomeni, si vedano, nel sito “www.funsci.com”, sezione “Approfondimenti di microscopia”, gli articoli n° 25 e n° 33. In quei testi si spiega come, nelle immagini in contrasto di fase, si possa realizzare un contrasto “positivo” o “negativo” variando le caratteristiche dell’anello di fase, ed inoltre si illustrano fenomeni complessi, come la “inversione” del contrasto, che si presentano al variare del cammino ottico dell’oggetto. Si ricorda anche che, con variazioni sul tema del contrasto di fase, è possibile ottenere immagini colorate da oggetti perfettamente trasparenti ed incolore.

Creare colori e contrasti da un oggetto trasparente rappresenta un esempio estremo di artefatto: una vera falsificazione della realtà dell’oggetto; ma può essere utile. Bisogna ringraziare quei ricercatori e quei tecnici che consentono agli osservatori di esaminare oggetti e strutture altrimenti invisibili.

In questa sede, vogliamo solo esemplificare come si presentano gli aloni in un caso tipico; essi hanno andamento simile alle frange di diffrazione appena descritte ma, in contrasto di fase, sono molto più intensi e più larghi, e naturalmente assai variabili al variare della messa a fuoco. Con essi è maggiore il pericolo di veder sparire gli oggetti piccoli che si trovino presso i margini di un oggetto più grande e più rifrangente.

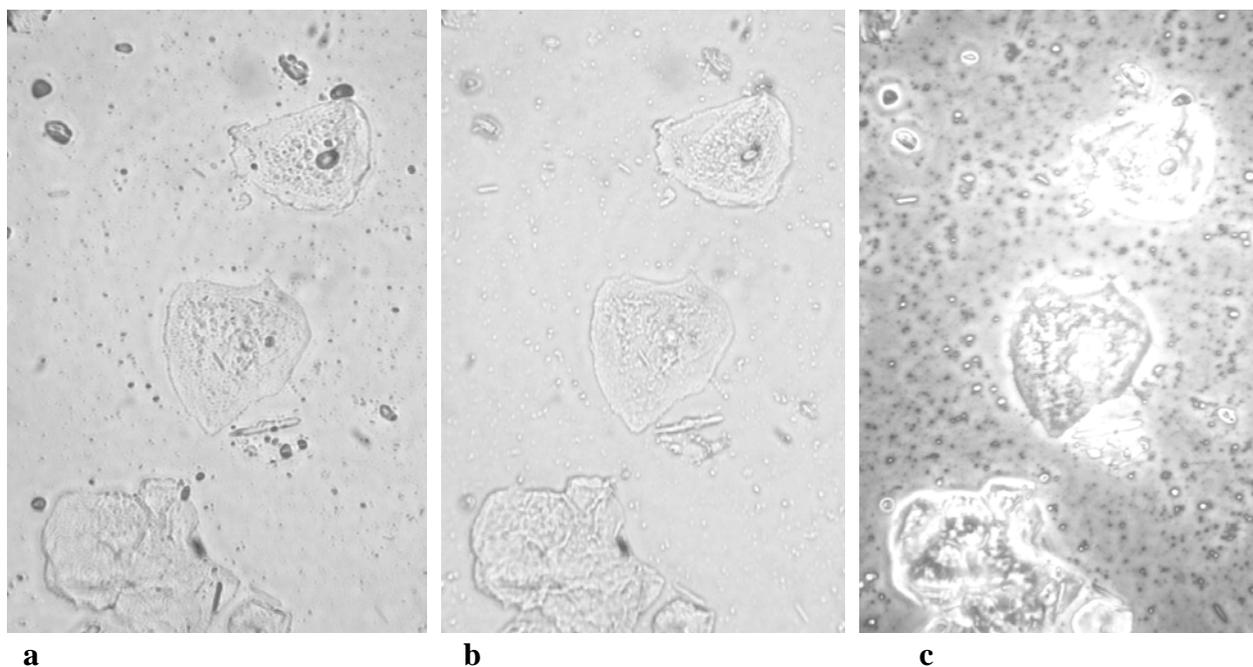


Fig. 5 a/b/c – In a e b, in fondo chiaro, si vedono degli aloni da diffrazione in due posizioni leggermente diverse della messa a fuoco. Tale differenza produce non solo una variazione delle frange, ma anche del contrasto generale dell’immagine. Altro artefatto.

(NB: per avere un contrasto accettabile, l’oggetto (le solite cellule epiteliali desquamate dell’epitelio boccale) sono state montate in aria. L’obbiettivo usato in queste tre foto è un acromatico 16/0,20).

In c, in contrasto di fase, il contrasto è ovviamente maggiore. Ma, in questo caso, si osserva inoltre che la struttura dell’immagine dipende anche dal cammino ottico dell’oggetto (spessore \times differenza di indice fra oggetto e mezzo circostante). Infatti, la cellula al centro della figura c appare con il normale contrasto “positivo” (un oggetto più rifrangente del mezzo circostante appare più scuro), mentre la cellula in alto appare più chiara poiché il suo spessore è maggiore ed ha provocato la citata “inversione” del contrasto.

L’alone normale, chiaro, del contrasto di fase è ben visibile nella cellula in basso.

Altre tecniche “di contrasto”, come la AMC o HMC (“Amplitude Modulation Contrast”) sec. Hoffman, il VAC (“Variable Asymmetrical Contrast”) sec. Strange, la radiazione polarizzata, il semplice fondo scuro, l’illuminazione obliqua, ecc. possono produrre contrasti ed anche colorazioni che non esistono nell’oggetto. Senza tanto discutere se si possa parlare

propriamente di “artefatti”, rimane il fatto che l’osservatore, se vuole conoscere al meglio il suo oggetto, deve aver chiari i pregi ed i limiti della tecnica e dello strumento che sta usando. Il pericolo di false interpretazioni è sempre presente.

Ricordiamo in questa sede che molti condensatori per fondo scuro (o normali condensatori per fondo chiaro usati per il fondo scuro a secco) non sono acromatici. Questo significa che il fascio conico cavo da essi prodotto è affetto da cromatica longitudinale e quindi cambia colore a seconda dell’altezza: in altre parole, un oggetto trasparente in fondo scuro può apparire colorato, ed il suo colore cambierà mentre si focalizza il condensatore. Anche in fondo chiaro questo fenomeno si manifesta con una variazione della dominante di colore del fondo immagine. Un fatto da tener presente nella fotografia a colori.

Prima di chiudere il capitolo sul contrasto di fase, è bene ricordare un altro artefatto che può comparire, anche nei casi dell’applicazione più semplice di quella tecnica: un oggetto incolore può apparire con vari colori in diverse sue parti, proprio come se fosse stato trattato con coloranti selettivi. Questo complesso fenomeno è legato alla dispersione dell’anello di fase (il suo potere sfasante può essere legato alla lunghezza d’onda), alle caratteristiche dell’oggetto, specialmente alle variazioni del suo cammino ottico, alle aperture in gioco, ecc. Ma esso va tenuto presente, specialmente quando si osservano oggetti per loro natura parzialmente colorati, come le cellule vegetali contenenti cloroplasti: i colori “da assorbimento” dell’oggetto verranno completamente falsati dai colori da interferenza introdotti dal contrasto di fase. Una normale sezione istologica colorata non è generalmente osservabile con questa tecnica. Comunque, un confronto con l’immagine in fondo chiaro dello stesso oggetto sarà sempre utile.

Falsi colori si presentano anche nella tecnica della “dispersione colorata”: com’è scritto con qualche maggiore dettaglio alla pag. 11 dell’art. n° 33 (“Le tecniche di contrasto”, in questo sito; vedi anche la bibliografia ad esso allegata) ed alla pag. 22 dell’art. n° 24, per la determinazione dell’indice di granuli o polveri sospesi in un liquido si può procedere con semplici modifiche ad un normale microscopio diascopico. Sfruttando la differenza d’indice e di dispersione fra i granuli ed il liquido che li porta in sospensione, è possibile conferire svariati colori a granuli di per sé trasparenti.

Questa tecnica va riservata a quello scopo particolare, e pertanto non ci dilunghiamo.

Gli aloni del DIC

Non c’è dubbio che anche il contrasto interferenziale, nella sua versione più diffusa, che sarebbe il “Differential Interference Contrast”, produce delle sottili ombreggiature su lati opposti dell’oggetto, che non corrispondono a reali strutture di esso.

Si può parlare di veri artefatti.

Nel contrasto di fase, gli aloni o qualunque altra struttura dell’immagine sono simmetrici, nel senso che presentano simmetria raggiata attorno a qualunque punto dell’oggetto. Ciò avviene nei casi più comuni, in cui l’elemento che è causa degli aloni (l’anello di fase) è costruito appunto con simmetria raggiata attorno all’asse ottico.

Nel DIC, invece, gli aloni presentano simmetria bilaterale rispetto ad una retta che è orientata come lo spigolo acuto dei prismi di Wollaston. Da lati opposti dell’oggetto si formano sottili ombreggiature, con diverso contrasto o colore, ma comunque artefatti. Come abbiamo detto, esse non corrispondono a strutture reali dell’oggetto stesso.

Questa apparenza di rilievo non è esclusiva del DIC: tutti i sistemi d’illuminazione che si basano su una qualunque asimmetria del fascio, come l’illuminazione obliqua, in fondo chiaro o fondo scuro, il contrasto d’ampiezza di Hoffman, il VAC, possono creare immagini con effetto di rilievo.

Ma in ogni caso si tratta di un artefatto che dà una visione alterata dell’oggetto. Un giudizio così severo nasce dal fatto che molti fenomeni ottici del microscopio, come l’effetto rilievo appena citato, gli aloni del contrasto di fase o del DIC, nascono non dalla forma geometrica dell’oggetto ma dalla sua “forma ottica”, cioè dalla distribuzione dei valori di cammino ottico al suo interno. In parole povere, il rilievo che si vede dipende più dalle variazioni di indice che

dalla forma dell'oggetto. Basta sapere come stanno le cose e tenerne conto.

In radiazione polarizzata le cose sono anche più complicate poiché i contrasti ed i colori nell'immagine dipendono dal potere birifrattivo dell'oggetto, dal suo orientamento e dal suo spessore, non dalla sua forma.

Le catadiottriche (vedi, in questo sito, l'art. n° 31)

Nel sistema ottico del microscopio (fascio illuminante o fascio formatore d'immagine) sono presenti in genere molte superfici aria-vetro (lenti, prismi, specchi, filtri). Partendo dalla sorgente, un fascio traversa tutte queste superfici per confluire nell'immagine finale. Nella serie delle superfici attraversate, è possibile individuare molte coppie di superfici che, funzionando da semi-riflettenti, creano un fascio secondario per doppia riflessione: il fascio principale, riflesso parzialmente all'indietro da una qualunque superficie, tranne la prima, sarà riflesso di nuovo in avanti da un'altra superficie creando un fascio spurio. Il calcolo combinatorio, noto il numero totale delle superfici, insegna a calcolare quante sono le coppie possibili. Per es, con due sole lenti = quattro superfici, sono possibili sei doppie riflessioni, quindi sei fasci spuri che accompagnano quello principale anche se, ovviamente, più deboli. Ma le superfici reali sono in genere assai più numerose ...

Ne risulta che il fascio principale è sempre accompagnato da una miriade di fasci spuri.

I costruttori cercano in genere di ridurre questo effetto in due modi: – ridurre l'intensità dei riflessi con appositi "trattamenti anti-riflettenti"; – calcolare bene la geometria del sistema in modo che i fasci spuri si sparpaglino andando a farsi assorbire dalle pareti annerite interne o da appositi diaframmi ("light baffle").

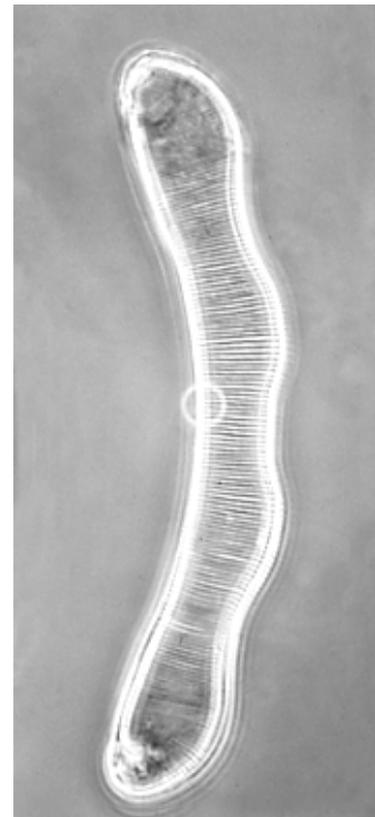
Ma non sempre il trucco funziona: in un microscopio composto normale, sono presenti almeno una ventina di superfici; ma non basta: il progettista non può tener conto di tutte le combinazioni possibili fra condensatori, obbiettivi, oculari, tubi, ecc. ed il numero delle coppie di superfici e delle doppie riflessioni possibili diviene ingestibile. Ed allora può avvenire che, con particolari corredi, uno dei fasci spuri venga a focalizzarsi in un piano coniugato dell'immagine finale ed allora, assieme all'immagine dell'oggetto, si vedrà un'immagine impiccolita della pupilla d'uscita dell'obiettivo o di qualche diaframma.

Così avviene spesso che uno strumento, perfetto sotto tutti gli aspetti, con un particolare corredo di lenti ci regali qualche imprevedibile fascio spurio con una bella macchia brillante al centro del campo.

Nella fig. 6 si vede un esempio, facilmente interpretabile.

Fig. 6 – Una diatomea (*Eunotia sp.*) in contrasto di fase: un doppio riflesso su chissà quale coppia di superfici ha creato una piccola immagine brillante di una sorgente di cui non è difficile indovinare la natura: è il diaframma anulare presente sotto al condensatore, o piuttosto la relativa immagine che si forma nella pupilla d'uscita dell'obiettivo.

Obiettivo Ph 40/0,75. Oculare 12,5, compensatore.



NB: il termine "catadiottriche" risulta dalla fusione dei termini "diottrica" (dal greco "dioptrike" = vedere attraverso; modernamente: branca dell'ottica che si occupa della rifrazione, delle superfici trasparenti) e "catottrica" (dal greco "katoptrikos = speculare; modernamente: branca dell'ottica che si occupa della riflessione). La fusione dei due concetti dipende proprio dal fatto che una catadiottrica nasce da fenomeni di trasmissione (rifrazione) e riflessione.

FENOMENI ACCIDENTALI

I riflessi sulle pareti interne

Un'altra sorgente di fasci spuri può nascere da riflessi indesiderati sulle pareti interne dello strumento: tubo, barilotti di lenti dell'obbiettivo, dell'oculare, ecc. Tali pareti, anche se non metalliche, anche annerite, producono sempre qualche riflesso poiché il fascio incide su di esse con incidenza radente. Anche le normali vernici nere "satinata" non bastano; del resto, molti costruttori trascurano questo dettaglio.

Anche per i riflessi interni, la posizione, le dimensioni e l'intensità del fascio spurio dipendono dalla combinazione ottica e dagli accessori inseriti.

La manifestazione di questo fenomeno consiste in macchie chiare di ogni possibile forma, in ogni possibile posizione all'interno del campo visuale. Se la macchia è piccola e relativamente nitida, può essere attribuita erroneamente, ad un primo sguardo, all'oggetto stesso.

Per identificare questo tipo di riflessi, come anche per le catadiottriche, occorre prima di tutto muovere il preparato. Se la macchia chiara resta immobile, non dipende dall'oggetto. Con ciò si dimostra trattarsi di un artefatto. Ma identificare la superficie che causa il riflesso non è sempre facile. Può essere d'aiuto munirsi di una forte lente d'ingrandimento e con essa osservare la pupilla d'uscita dell'oculare: oltre all'immagine impiccolita della pupilla d'uscita dell'obbiettivo, si vedrà intorno ad essa un'immagine dell'interno del tubo e dell'oculare stesso e, con essa, un'immagine di eventuali fasci riflessi (fig. 7).

Fig. 7 – Il pallino chiaro al centro è un'immagine impiccolita della pupilla d'uscita dell'obbiettivo. I due cerchi chiari concentrici ad esso sono due diversi riflessi dovuti alla superficie interna del tubo ed al foro del revolver. Lo strumento è antico ed il tubo in ottone non è internamente annerito né munito di diaframmi opportuni (light baffle).

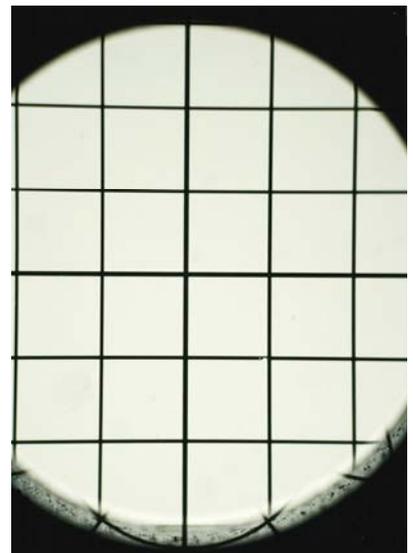
Si noti, sopra e sotto i due anelli concentrici, la presenza di due lunette chiare: è un riflesso provocato dalla montatura della lente superiore dell'oculare.



Nel caso che il riflesso si verifichi all'interno dell'oculare, il fascio spurio si presenterà spesso come una lunetta laterale, all'interno della quale si può anche riconoscere qualcuna delle strutture dell'oggetto: il fascio che origina il riflesso è infatti vicino all'immagine intermedia. Si veda un esempio in fig. 8.

Fig. 8 – La lunetta che circonda inferiormente il campo visuale appare come il risultato di una riflessione dell'immagine intermedia, deformata ad opera della superficie interna, cilindrica, dell'oculare, che il costruttore non ha nemmeno provato ad annerire.

Uno dei vantaggi, spesso dimenticati, dell'illuminazione sec. Köhler è proprio questo: il diaframma di campo viene regolato in modo da restringere il fascio illuminante al minimo diametro necessario alle esigenze del fascio formatore d'immagine. Inoltre, l'apertura del fascio illuminante viene allo stesso modo limitata un poco al di sotto dell'apertura dell'obbiettivo.



Queste regole fondamentali "del Köhler" servono proprio a ridurre diametro ed apertura dei fasci al minimo, in modo da evitare i raggi troppo inclinati o comunque inutili, che provocano in ogni caso una perdita di contrasto (riflessioni multiple sulle lenti), eventuali catadiottriche, e magari qualche riflesso indesiderato sulle pareti.

In pratica, per eliminare i riflessi interni, si consigliano due rimedi:

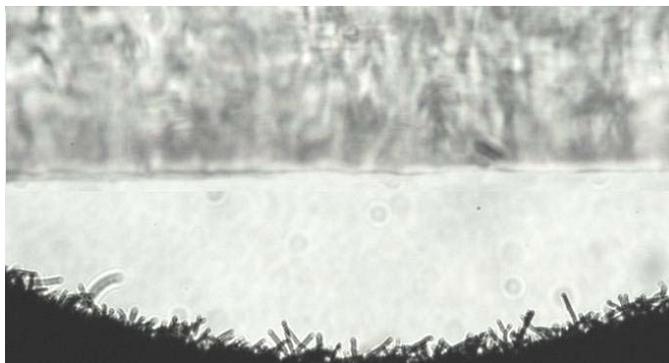
– Verniciare tutte le superfici sospette con vernice "nero satinato" addizionata con una

polvere molto fine (farina fossile, fecola di patate o, in mancanza di meglio, farina di grano ben asciutta). Va molto bene anche la fuliggine: se non la si trova in ferramenta, si può recuperare il toner esaurito di una fotocopiatrice o di una stampante laser.

– Rivestire le superfici sospette con carta vellutina nera autoadesiva. Il rimedio è molto efficace, ma quella carta ha un notevole spessore e rischia di creare delle vignettature, come si vede nella fig. 9.

Fig. 9 – Un oculare rivestito internamente di carta vellutina mostra un piccolo restringimento del campo, paragonabile ad una vignettatura. Il riflesso interno (vedi la figura precedente) è scomparso, ma la struttura della carta vellutina appare ingrandita dalle lenti dell'oculare stesso.

In questo caso, forse, non si può parlare di artefatto. Comunque si tratta di un'alterazione nel campo visuale, che si sovrappone all'immagine dell'oggetto.



I corpi estranei

In un microscopio di buon livello possono esservi varie parti mobili opache che possono interporsi nel fascio utile: porta-filtri anulari ribaltabili, cursori per prismi o filtri estraibili, portadiaframmi anulari centrabili alloggiati in un disco-revolver, ecc.

Altre volte si tratta di corpi estranei: frammenti di vetrino rotto, specialmente sul condensatore, scaglie di vernice che si stacca dalle pareti interne, e così via.

Se malamente posizionate, queste parti possono produrre ombreggiature parziali o totali del campo, generalmente assai sfocate.

Il pericolo di queste ombreggiature è che, se molto sfumate, possono alterare l'uniformità nell'illuminazione del campo ed essere attribuite all'oggetto.

L'identificazione di questi corpi estranei si può avere con gli stessi espedienti descritti più avanti a proposito della polvere.

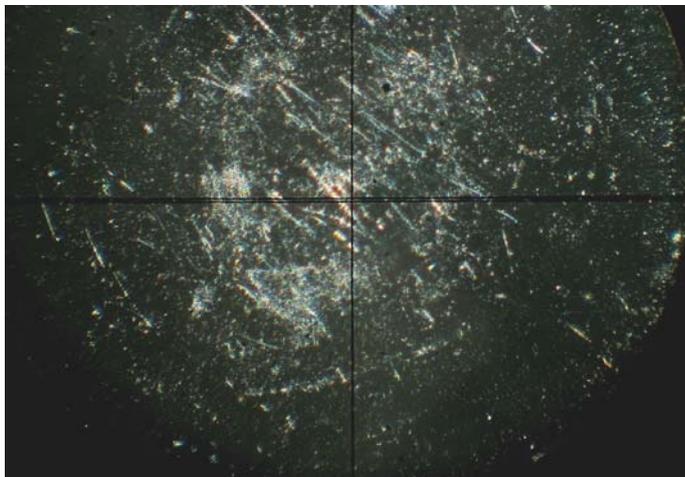
Accanto a questi fenomeni, per così dire spontanei, si possono produrre danni alle superfici ottiche anche per interventi "eccessivi" da parte dell'utente.

Può trattarsi di pulizie troppo energiche con carta o tessuto non esenti da polvere (che agisce da abrasivo in quanto contiene spesso frammenti finissimi di minerali assai duri, come le particelle quarzose che le tempeste di sabbia diffondono in tutta l'atmosfera). Si veda su questo punto la fig. 10.

Fig. 10 – La superficie esterna della lente emergente di un obiettivo debole può essere troppo ... a portata di dito. Essa è facilmente impolverata in partenza, e la buona volontà dell'utilizzatore può portare ad una finissima raschiatura che si rende evidente solo con una forte illuminazione obliqua.

In certi casi (obiettivi apocromatici e semiapocromatici) la lente emergente è costruita con fluorite, un minerale molto tenero, e quindi delicato.

Tutti motivi per essere molto prudenti nella pulizia.



Anche i trattamenti anti-riflettenti sono delicati, ed una pulizia troppo energica può creare problemi (fig. 11).

Fig. 11 – In certi casi, anche la lente frontale dell'obiettivo viene "trattata" contro i riflessi, ma tale lente si sporca facilmente e va pulita di frequente. Il risultato non è ottimale.

Raramente però questi incidenti possono danneggiare apprezzabilmente la qualità dell'immagine.

In altri casi (microscopi metallografici o petrografici) il campione è trattato con aggressivi chimici, come l'ac. nitrico. Se il campione non è ben pulito prima di essere posto sul tavolino del microscopio, i vapori dell'aggressivo possono intaccare la lente frontale dell'obiettivo (fig. 12).

Fig. 12– La lente frontale di un obiettivo episcopico che è stato usato su un preparato metallografico trattato con acidi. Anche la montatura metallica, pur essendo cromata, mostra segni di corrosione.

Altre volte, il semplice contatto con l'ossigeno dell'aria può alterare certi vetri ottici speciali, che sono chimicamente instabili, e la loro superficie appare appannata o finemente screpolata (fig. 13).

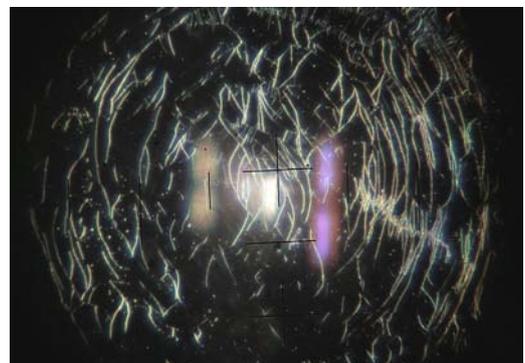
Fig. 13 – I fabbricanti di vetri ottici fanno di tutto per offrire ai progettisti di ottica nuove varietà di vetro capaci di migliorare le prestazioni degli strumenti. Ma non possono prevedere che, dopo molti anni, quel certo vetro andrà incontro ad un deterioramento spontaneo. E così, quell'obiettivo è condannato.

Può anche essere l'umidità a facilitare queste alterazioni, ma soprattutto a facilitare la proliferazione di funghi inferiori (come faranno a campare alla superficie del vetro?). Uno strumento vecchio e conservato in cantina può presentare più di una superficie alterata (fig. 14).

Fig. 14 – A volte, queste proliferazioni di ife fungine si tolgono semplicemente pulendo la superficie con un telo imbibito di alcool. Ma, se lo strumento è vecchio, il fungo può avere intaccato il vetro ed avervi lasciato una fitta rete di incisioni.

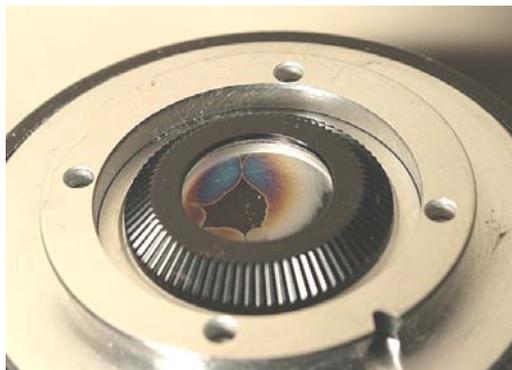
La proliferazione del "fungus" è certamente legata anche alla natura chimica del vetro: in superfici anche molto vicine dello strumento, il fenomeno può assumere aspetti assai diversi; può essere vistoso su una superficie ed assente in quella vicina.

Altra causa di alterazione di una superficie otticamente importante è quella delle classiche "scollature" fra elementi incollati. Può trattarsi di distacchi dello strato di adesivo dal vetro delle lenti



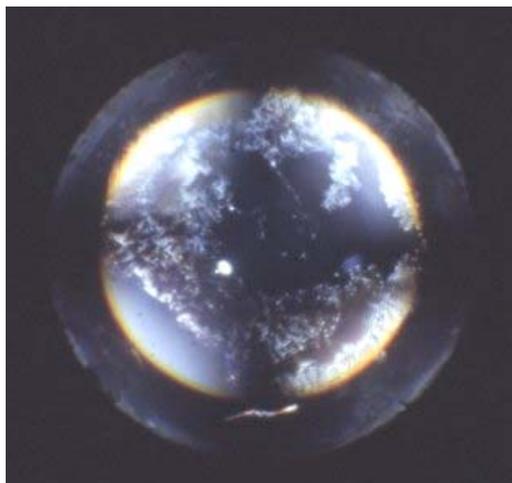
(fig. 15). L'esile strato d'aria che vi s'interpone dà luogo, per fenomeni d'interferenza "da strati sottili" (come avviene nelle bolle di sapone), alla decomposizione della luce bianca in colori di sottrazione. In genere, queste scollature non producono gravi danni.

Fig. 15 – Il sottile strato d'aria fra due superfici ragionevolmente lucide produce gli "anelli di Newton" a vivaci colori. NB: non si tratta di colori spettrali puri.



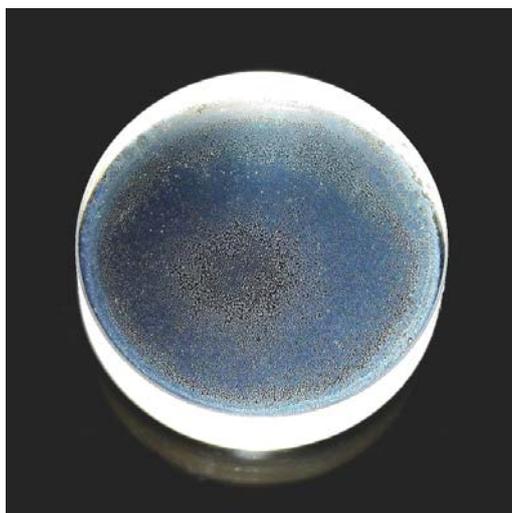
Può anche trattarsi delle cosiddette "delaminazioni", nelle quali l'adesivo fra le lenti, specie se del tipo classico (balsamo del Canada naturale), cristallizza e si foglietta (fig. 16).

Fig. 16 – Specialmente fra Nicol incrociati, il "balsamo" cristallizzato si mette in evidenza poiché diventa debolmente birifrangente. Le forme che assume la cristallizzazione sono imprevedibili, spesso arborescenti.



A volte, uno strato finissimo ed uniforme di particelle estranee e diffondenti può anche crearsi proprio nello strato di adesivo che incolla fra loro lenti o prismi: una lenta alterazione chimica o simili ... (fig. 17).

Fig. 17 – Solo illuminandolo fortemente con luce obliqua, questo doppietto, che non appare né scollato né delaminato, si mostra ridotto ad un finissimo colabrodo: una miriade di impercettibili bollicine che si sono formate all'interno dello strato di adesivo.



Nelle figure 18/19 si può osservare cosa è cambiato nell'immagine finale dopo aver smembrato il doppietto di fig. 17 ed aver sostituito l'adesivo. Le figure rappresentano un oggetto ben contrastato: un'elitra del coleottero *Cicindela campestris*, che mostra anch'essa i colori interferenziali dovuti al sottile strato di cuticola trasparente che ricopre l'elitra.

Quelle foto sono state ottenute con un microscopio stereoscopico, di cui il doppietto restaurato faceva parte.

Figg. 18/19 –
Prima e dopo la
cura.

Fra le due foto non
sembra si possa dimo-
strare una differenza di
risoluzione, ma il con-
trasto ...



Sempre in tema di “corpi estranei”, è bene accennare a qualche guaio prodotto dall’olio d’immersione.

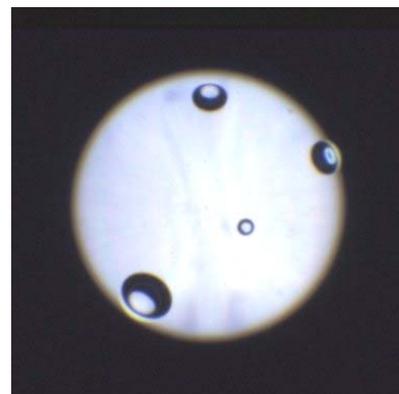
A volte, quando si riempie con olio nuovo un flacone contenente residui di olio di altra provenienza, può accadere che i due oli non siano miscibili o che reagiscano chimicamente. In tal caso, nella massa dell’olio nuovo si possono formare vere e proprie emulsioni, costituite da minutissime gocce dell’olio vecchio che non ne vogliono sapere di mescolarsi col nuovo. Una simile emulsione avrà un qualche potere di diffusione che, come minimo, abbassa il contrasto: una specie di vetro smerigliato posto fra obiettivo ed oggetto.

Può accadere anche che, se l’obiettivo ad immersione non è stato pulito dopo l’uso ed è stato abbandonato per giorni, l’olio perda qualche componente volatile e cambi di indice. Quando si ricomincia l’esame di un nuovo vetrino con una goccia di olio fresco, sia pure dello stesso tipo, le differenze d’indice creano nello strato di olio delle “strie” (“schlieren”) che lo rendono disomogeneo dal punto di vista ottico.

Più frequente è il caso delle bolle d’aria che rimangono intrappolate fra obiettivo e vetrino. Difficilmente tali bolle appariranno nell’immagine, neppure in forma confusa. Le si identifica subito osservando la pupilla d’uscita dell’obiettivo con la lente di Amici (fig. 20) o, se questa non è disponibile, con un “microscopio ausiliario” per contrasto di fase.

Fig. 20 – Anche se piccole, le bolle d’aria nell’olio producono sempre della luce diffusa e quindi una perdita di contrasto.

Per toglierle, il mezzo più semplice è ruotare leggermente il revolver e poi riportare l’obiettivo in posizione di lavoro. C’è chi consiglia di passare fra obiettivo e vetrino un crine di cavallo o una setola.



Altre bolle d’aria si possono formare all’interno del preparato, fra porta-oggetti e lamella, sia nel caso di sospensioni acquose di cellule, sia nel caso che l’oggetto sia stato “montato” con apposito liquido per la conservazione definitiva.

Tali bolle appariranno con forte contrasto come macchie e cerchi concentrici, il cui aspetto varia molto durante la focalizzazione. Difficilmente si può confonderle con l’oggetto, ma un principiante può rimanere colpito dalla loro forma circolare generalmente perfetta e dal loro

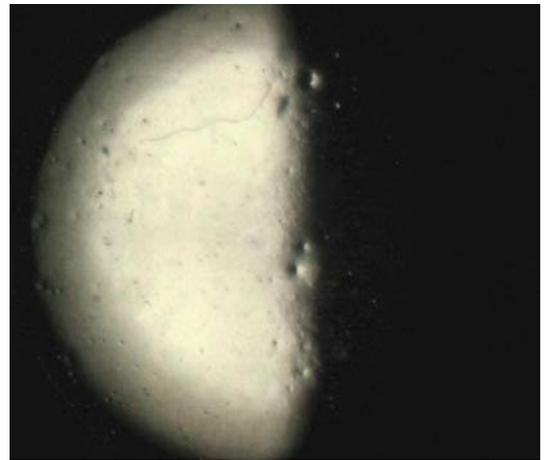
contrasto.

Se il preparato è temporaneo, si può semplicemente ignorarle. Se è montato in “balsamo naturale”, conviene aspettare: nel giro di qualche giorno spariranno da sole poiché l’aria si scioglie spontaneamente nel balsamo, che rimane liquido, almeno al centro del vetrino, per anni. Se il balsamo è sintetico, o con altri liquidi di montaggio, la solidificazione del montante può essere rapida e le bolle rimarranno per l’eternità, magari espandendosi e proliferando. Se il montante è costituito da un qualunque materiale sciolto in apposito solvente, è facile che il montante “si ritiri” durante l’evaporazione del solvente stesso e col tempo il preparato si riempie di sottili strati d’aria, spesso dall’aspetto arborescente. Il vetrino è da buttare.

Visto che abbiamo parlato di olio d’immersione, è bene ricordare che, in casi particolari, per capillarità o per motivi suoi, l’olio può entrare all’interno dell’obbiettivo, spalmarsi alla superficie delle lenti o anche riempire totalmente lo spazio fra le lenti (vedere in questo sito la “Scheda tecnica” n° 60). Un velo d’olio all’interno dell’obbiettivo si può manifestare con una semplice perdita di contrasto e di definizione e si rivela osservando la pupilla d’uscita con la lente di Amici dopo aver posto in luogo del vetrino una lametta da barba più o meno con il bordo sull’asse (fig. 21).

Fig. 21 – Il velo d’olio penetrato nell’obbiettivo rende irregolare la superficie delle lenti che ha invaso e l’illuminazione obliqua lo rivela con una serie di piccole ombreggiature.

Inutile dire che qui occorre smontare l’obbiettivo, pulire il tutto con xilolo o solventi affini, rimontare, ricentrare con lo star test.

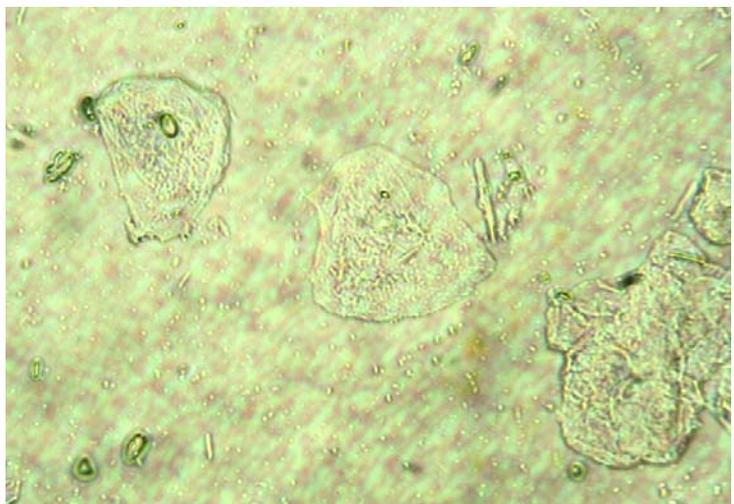


Ultimo caso frequente di “corpi estranei” può essere quello della smerigliatura di certe superfici, specialmente nel sistema illuminante (ampolla, collettore, filtri smerigliati, ecc.). Il costruttore accorto dovrebbe provvedere affinché tali superfici non siano mai coniugate col piano oggetto. Ma questo può sempre avvenire, se non altro perché non sempre l’osservatore tiene il condensatore all’altezza giusta: è molto diffusa l’idea che convenga abbassare il condensatore per aumentare il contrasto (ed il povero Köhler si rivolta nella tomba).

Accade così che, assieme all’oggetto, si veda ingrandita anche un’immagine sfocata delle granulosità della superficie smerigliata (fig. 22), coniugata nel piano oggetto dal collettore + condensatore mal focalizzato.

Fig. 22 – La grana di un vetro smerigliato può portare nel piano oggetto a fitte variazioni di contrasto. I colori qui visibili, su un oggetto incolore, sono dovuti alle forti aberrazioni cromatiche del collettore e/o del condensatore, che generalmente non sono sistemi corretti.

Questo inconveniente si può spesso risolvere focalizzando meglio il condensatore oppure ponendo un altro smerigliato proprio sotto il condensatore stesso.



Questo lungo elenco di “corpi estranei” di natura così varia, in un contesto dedicato agli artefatti, può sembrare fuori luogo. Ma si pensi che, in un modo o nell’altro, essi possono influire sulle caratteristiche dell’immagine, in particolare sul contrasto e sull’uniformità dell’illuminazione. Pertanto, è bene conoscerli e saperli individuare al momento giusto.

La polvere

Un caso particolare di “corpi estranei” è dato dalla polvere. Con questo termine s’indicano tutti quei corpi solidi o liquidi che hanno dimensioni inferiori ad uno o pochi millimetri e si trovano dappertutto, in particolare sospesi nell’aria. Essi possono trovarsi alla superficie delle parti otticamente significative (lenti, prismi, specchi, filtri, ecc.) fin dall’origine, oppure essersi ivi depositate in seguito alla semplice esposizione all’aria od all’apertura delle parti chiuse dello strumento. Si ricordi che l’aria tiene in sospensione non solo particelle solide, ma anche goccioline finissime di corpi liquidi (idrocarburi ed altre sostanze organiche), provenienti dai fumi delle industrie, dai motori a combustione, dagli impianti di riscaldamento, ecc. Si può parlare genericamente di “aerosol” che, dal punto di vista ottico, si possono includere nel concetto di “polveri”.

L’aderenza delle polveri alle superfici ottiche avviene per semplice adesione fisica, per attrazione elettrostatica, per affinità chimica, o per quei misteriosi meccanismi che i fisici chiamano “fenomeni di superficie”. Tale aderenza, specialmente quando si tratta di gocce liquide, spesso riconducibili al cosiddetto “catrame”, può essere fortissima e può richiedere l’azione di un opportuno solvente per essere vinta.

Purtroppo, la natura fisica e chimica delle superfici (la composizione chimica dei vetri, la natura dei trattamenti anti-riflettenti, quella delle superfici riflettenti e dei loro rivestimenti protettivi) è assai varia ed i fenomeni di superficie sono imprevedibili, anche perché spesso si presentano dopo tempi lunghi, anche decine di anni.

Ora, se un granello di polvere si trova su un piano vicino all’immagine finale o coniugato con essa (immagine intermedia o lente inferiore dell’oculare, vetrino, diaframma di campo o collettore) può apparire come una macchiolina scura più o meno sfocata; se è lontana da quei piani può essere impercettibile come struttura dell’immagine, ma può creare una perdita di contrasto per diffusione del fascio utile.

Questo discorso non deve però essere frainteso; qualche granello su una lente non fa primavera: può essere visibilissimo, specialmente se illuminato lateralmente su un fondo scuro, ma la sua superficie sarà trascurabile rispetto alle dimensioni della lente ed il suo effetto difficilmente sarà percettibile.

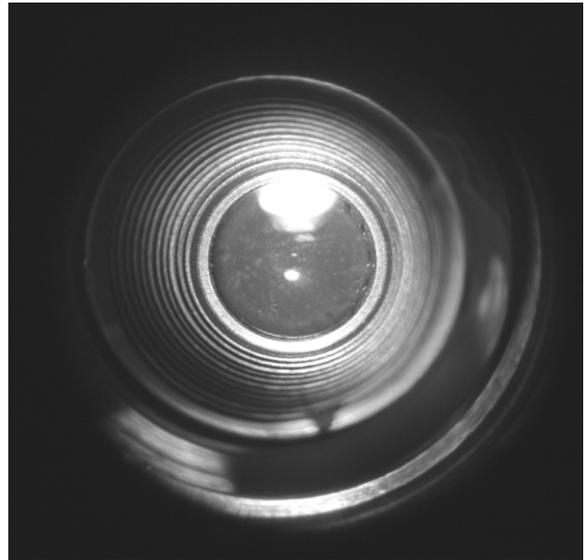
Diverso è il caso dei depositi di aerosol, assai meno visibili, ma ben più pericolosi.

Accade spesso che, ad un esame visivo, una lente appaia pulita, ma in realtà le sue superfici siano coperte da uno strato uniforme di particelle o goccioline liquide. Questo fenomeno può non essere percettibile, proprio per l’assoluta uniformità dello strato diffondente, ma la perdita di contrasto può, alla fine, diventare importante (fig. 23).

Fig. 23 – Solo in luce radente, magari in riflessione, è possibile in certi casi riconoscere una superficie ottica “appannata” da uno strato sottile di polvere o di aerosol depositato.

In un microscopio di media complessità si possono avere decine di superfici fra oggetto ed occhio. La luce diffusa da queste superfici porterà perlomeno ad una perdita di contrasto.

Il modo migliore per riconoscere queste appannature è pulire una parte della lente con un pezzetto di carta morbida arrotolata e confrontare il risultato con la parte rimanente della superficie.



In casi particolari, la polvere, intesa classicamente come insieme di particelle solide, può avere serie conseguenze.

– In luce polarizzata, molti granuli di polvere appariranno fortemente contrastati o colorati poiché spesso si tratta di materiali birifrangenti (granuli minerali non monometrici, fibre naturali o artificiali, frammenti organici, soprattutto vegetali [lignina, cellulosa, ecc.], granuli di polline e spore, e così via). Se tali corpi si trovano su una superficie non coniugata con l’immagine finale, potranno non essere percepiti come tali, ma produrranno una perdita di “estinzione”, nel senso che un campo vuoto non apparirà mai nero.

– Nel contrasto di fase, la polvere, come l’oggetto, verrà vista con contrasto maggiorato: si confrontino fra loro le tre figure 5. Se un granello non è perfettamente sullo stesso piano dell’oggetto, crea degli aloni o macchie confuse che riducono il contrasto nell’oggetto stesso. Questo fenomeno si presenta anche in fondo chiaro, ma con molto minore intensità: è per questo che si raccomanda sempre di tenere molto pulito e sottile un preparato per il contrasto di fase.

– Anche in campo chiaro, quanto più si chiude il diaframma d’apertura, tanto più apparirà contrastato ogni corpo estraneo nel preparato.

In ogni caso, è bene tener presente che ogni dettaglio dell’oggetto cambia molto di aspetto al variare della focalizzazione, specialmente se si opera a forte ingrandimento e con diaframma d’apertura poco aperto. Si vedano le figure 24 a/b/c e 25 a/b/c.

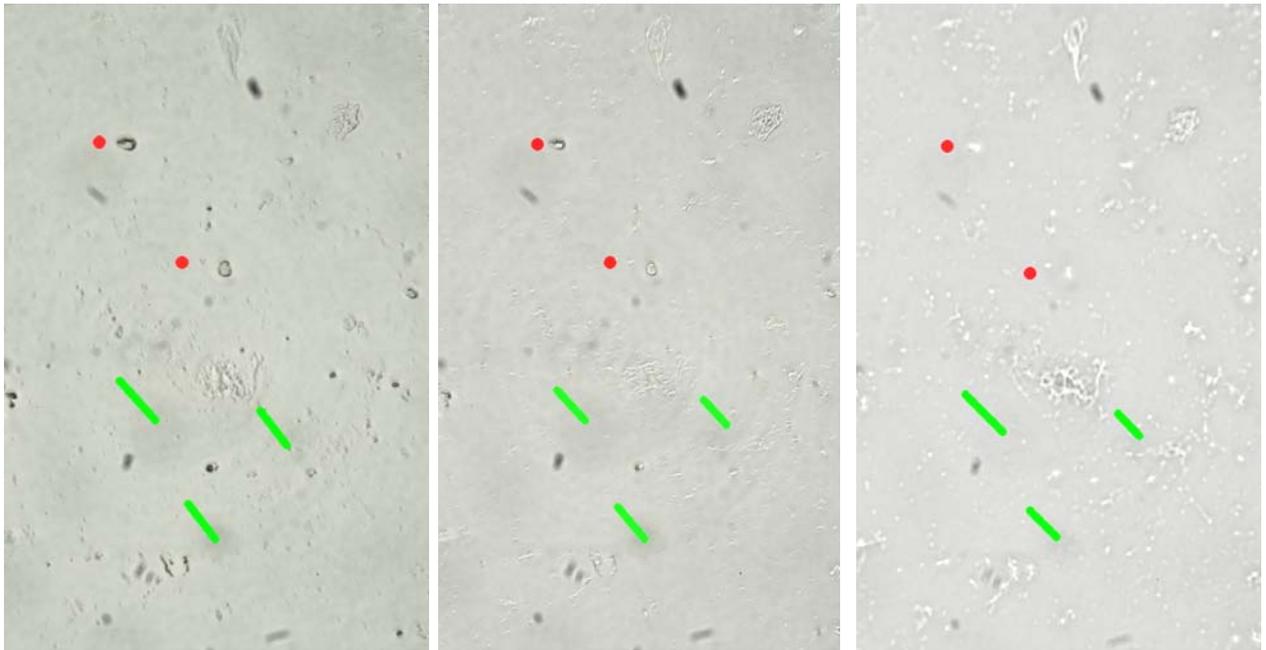


Fig. 24 a/b/c – Un vetrino sporco ripreso con tre diverse posizioni del fuoco. Fondo chiaro. Obiettivo 40/0,65.

Si confrontino i granuli a destra dei due pallini rossi oppure la macchia a forma di clava subito sotto il centro dell'orlo superiore delle figure. I dettagli dell'immagine appaiono con luminosità e contrasto assai diversi nelle tre foto. Si notino anche, nella metà inferiore delle figure, tre o quattro sbiaditissime macchie scure rotonde (segmenti verdi) dovute a granuli sulla superficie superiore della lamella.

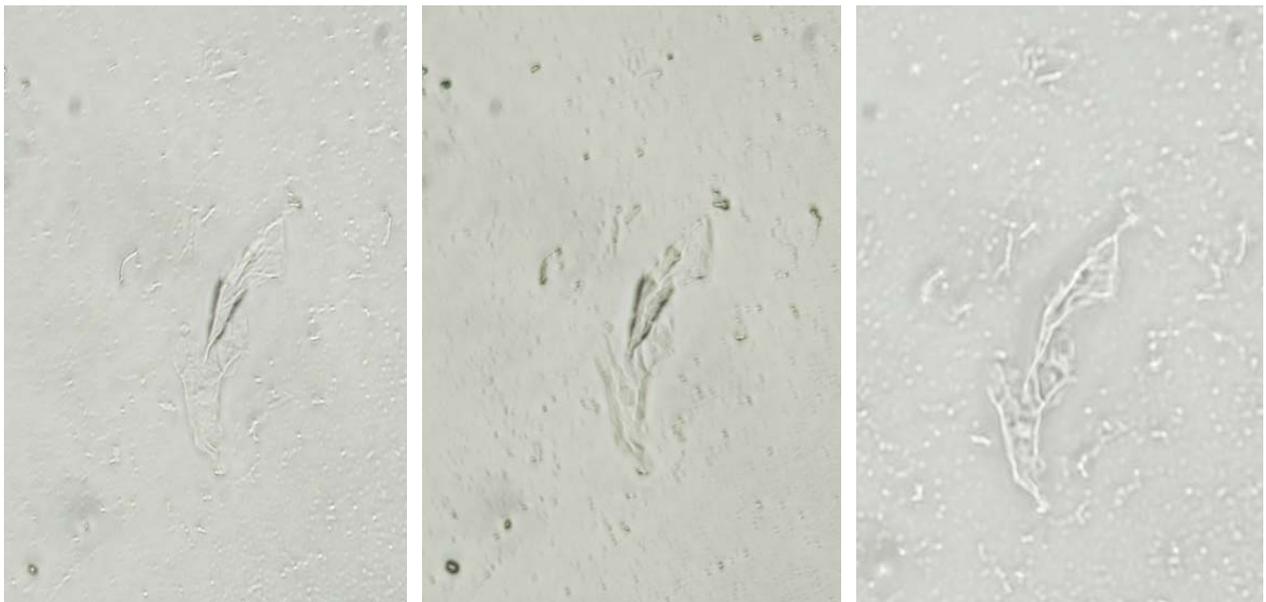


Fig. 25 a/b/c – Altro esempio di alterazione dell'aspetto dell'immagine al variare della messa a fuoco, a maggiore ingrandimento. Ma allora, come si fa a sapere com'è fatto l'oggetto?

Ora proviamo ad identificare la posizione della polvere incriminata, ed i semplici accorgimenti che elencheremo sono validi anche per molti dei "corpi estranei" che abbiamo sopra elencati.

Ovviamente, la polvere che giace in piani non coniugati col piano oggetto sarà molto sfocata o invisibile (a parte eventuali perdite di contrasto). Esempi: lenti del condensatore e dell'obiettivo; prismi o lenti intermedie (per es. nel tubo bioculare); filtri o specchi sotto il condensatore.

Più definita apparirà la polvere sulla lente frontale del condensatore, sulla superficie inferiore del vetrino, sulle lenti dell'oculare. In molti casi, il diaframma di campo si trova molto vicino all'ultima lente del collettore e quindi, in un sistema sec. Köhler, quest'ultima si trova

quasi coniugata col piano oggetto. La polvere su di essa apparirà comunque poco nitida, e magari colorata, a causa delle aberrazioni generalmente presenti in tutto il sistema illuminante. Un effetto del genere si è visto nella fig. 22 a proposito della “grana” di una superficie smerigliata nel collettore.

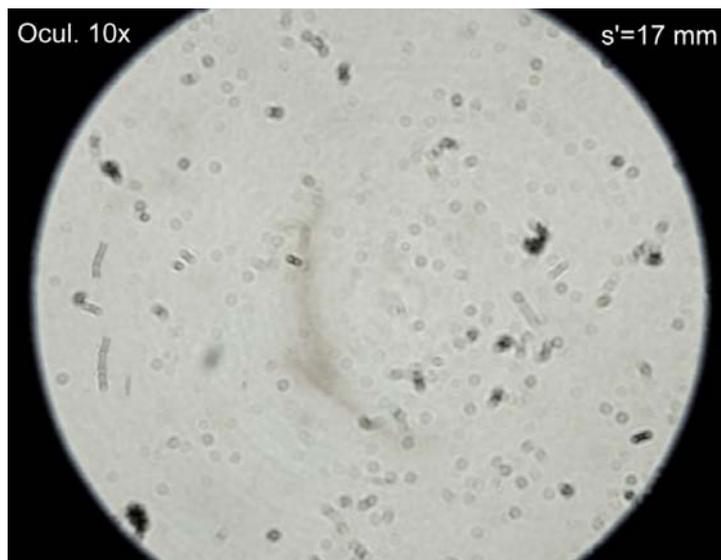
Perfettamente a fuoco apparirà invece la polvere che si trova nel piano dell’oggetto e di un eventuale micrometro oculare.

Per localizzare questi granuli può bastare spesso un po’ di buon senso.

Si cominci a muovere lentamente il vetrino, avanti ed indietro, mentre si osserva con un obiettivo medio. Se il granulo sospetto si muove coerentemente (di solito in direzione opposta) ai movimenti del vetrino, la diagnosi è semplice. Se si mostrano variazioni dell’immagine come quelle illustrate dalle figg. 24 e 25, è ovvio che stiamo lavorando nel o molto vicino al piano oggetto.

Se il granulo rimane fermo, proviamo a ruotare l’oculare attorno al suo asse; se il granulo (o i granuli – fig. 26) ruotano assieme all’oculare, il giallo è risolto.

Fig. 26 – La superficie esterna della lente superiore dell’oculare si sporca facilmente, o per causa della polvere portata dall’aria, o per lo sfregamento delle ciglia, o per immancabili ditate ...



Se il granulo è molto sfuocato, si può pensare che si trovi sull’obiettivo; anche in questo caso, allentando il filetto di fissaggio e ruotando l’obiettivo sul suo asse, si potrà verificare se ruota anche il granulo.

Questo metodo non è privo di rischi, almeno con gli obiettivi più forti. Infatti, appena si ruota l’obiettivo, lo si svita in parte, lo si sposta anche assialmente e si perde il fuoco. Inoltre, negli obiettivi più forti, la distanza di lavoro può essere inferiore al decimo di mm e si rischia di far urtare l’obiettivo col vetrino.

Più complesso è il caso di granuli su lenti o prismi interni al tubo. A parte il fatto che essi appariranno generalmente assai sfocati, si può tentare di ruotare il tubo attorno alla sua coda di rondine: se la macchia scura non ruota rispetto al campo visuale (ma ruota rispetto all’oggetto), la causa si trova nel tubo.

Se si sospetta che un corpo estraneo si trovi sotto il condensatore (collettore, filtri o specchi intermedi), si può semplicemente focalizzare il condensatore ed osservare se la macchia scura si sfoca. Se si riesce a focalizzare alla meglio la macchia scura, si può tentare d’infilare uno stuzzicadenti presso il collettore, lo specchio o simili e capire se anche la punta di esso va a fuoco assieme alla macchia sospetta. Si definisce così anche la posizione del corpo estraneo.

Abbiamo già detto che un corpo estraneo sulle lenti dell’obiettivo difficilmente sarà visibile come tale, ma produce almeno una perdita di contrasto. Vale la pena di approfondire osservando da sotto e da sopra l’obiettivo smontato con uno stereoscopico ad illuminazione coassiale oppure semplicemente osservandolo, mentre è in posizione di lavoro, con la lente di Amici o il microscopio ausiliario per contrasto di fase.

Particolare cura andrà riservata alla lente frontale dell’obiettivo. Se l’obiettivo è forte, la distanza di lavoro può scendere a meno di un decimo di mm. Quando il revolver ruota e porta sul vetrino un obiettivo forte, possono accadere vari fatti nefasti: – dalla lamella sporge una goccia di balsamo o del liquido sotto osservazione, e la lente frontale s’imbratta – se il vetrino è stato

usato in immersione e non è stato pulito subito, il successivo obiettivo a secco può ungersi malamente – polvere o ditate sono altamente probabili – uno schiacciamento del vetrino (non sempre sono efficienti i fine-corsa della focalizzazione) può portare a rigature o scheggiature.

Insomma, la coesistenza di obiettivi forti a secco e ad immersione è sorgente di guai. Non sempre ci si accorge della presenza di questi corpi estranei; qualunque perdita di contrasto o irregolarità nell'illuminazione deve insospettire.

Comunque, un frequente controllo della lente frontale degli obiettivi forti, possibilmente sotto lo stereoscopico, è la cosa migliore.

Il fenomeno delle irregolarità nell'illuminazione si presenta anche quando la sorgente di luce non è omogenea: non si tratterà di vere e proprie macchie scure, ma d'irregolarità nella brillantezza del fondo immagine.

Il caso si può presentare con le classiche lampadine ad incandescenza a filamento concentrato oppure con i moderni LED di potenza, spesso costituiti da due o più sorgenti piccole accostate.

Anche se il metodo di Köhler dovrebbe in teoria neutralizzare proprio queste irregolarità nella brillantezza del corpo luminoso³, un'immagine sfocata del filamento o del LED si può sempre affacciare nel campo visuale (fig. 27).

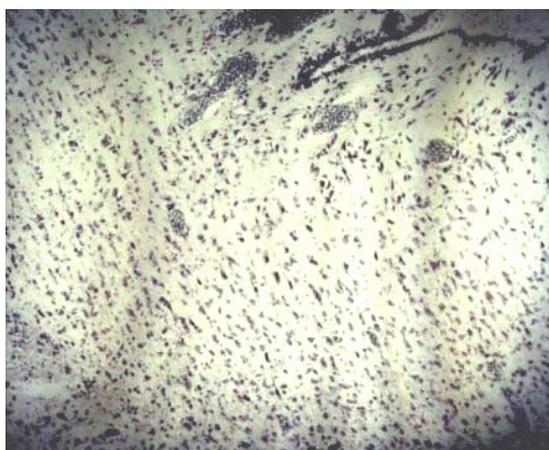


Fig. 27 – Un collettore mal focalizzato rispetto al filamento (o viceversa) può far comparire un'immagine sfocata del filamento stesso nel piano oggetto.

L'illuminazione sec. Köhler dovrebbe risolvere questi problemi se ben capita ed eseguita.

Se non basta, ritoccare la focalizzazione del condensatore e del collettore, o infilare da qualche parte uno smerigliato.

In questi casi, il ripiego più diffuso è quello di uno smerigliato che però, abbiamo visto, può dare altri problemi e comunque provoca una perdita fotometrica.

Meno dannosa sarà una superficie smerigliata vicina al corpo luminoso; mai vicina al collettore. Se la si mette sotto al condensatore, oltre alla perdita fotometrica, renderà impossibile avere un'immagine del diaframma di campo, ma può migliorare molto l'uniformità di brillantezza del campo.

Naturalmente, si suppone che si possano escludere in questi casi i classici errori nella messa a punto del sistema di Köhler: diaframma di campo troppo chiuso – filamento non focalizzato sul diaframma d'apertura – condensatore non focalizzato sul diaframma di campo – filamento o condensatore mal centrati – eventuali specchi intermedi male allineati, e così via.

LE ABERRAZIONI

Sappiamo che le aberrazioni “del piano” (distorsione e curvatura di campo) alterano la forma generale dell'immagine, mentre quelle “del punto” alterano la forma di ogni punto che si possa riconoscere in essa.

Quelle “del punto”, al centro del campo (dette “assiali” – sferica e cromatica longitudinale) non fanno che allargare in vario modo l'immagine di un punto-oggetto, sempre conservandogli

³ Il buon Köhler fu costretto ad inventare un metodo d'illuminazione diverso dalla classica illuminazione critica proprio perché in quel periodo le classiche sorgenti a fiamma, relativamente omogenee, venivano sostituite dai filamenti di tungsteno che, per quanto avvolti a spire fitte, lasciano sempre fra una spira e l'altra degli spazi scuri e sono pertanto irregolari. Proiettando un'immagine del corpo luminoso non sul piano oggetto ma sul diaframma d'apertura, egli sperava di eliminare ogni traccia delle irregolarità di detto corpo dal piano oggetto. Ma, dato il fenomeno dell'ingrandimento longitudinale, qualcosa passa sempre ...

una forma circolare. Quelle alla periferia del campo (“extra-assiali” – astigmatismo e coma) invece allungano l’immagine di un punto, sia in direzione radiale (coma, focalina astigmatica radiale), sia tangenziale (focalina astigmatica tangenziale).

C’è poi l’*aberrazione cromatica trasversale o laterale* (CVD) che allunga l’immagine in direzione sempre radiale, ma trasformandola in un piccolo spettro.

Dunque, qualunque aberrazione altera la forma dell’immagine di qualunque punto oggetto. Si può parlare anche in questo caso, di “artefatti”.

In pratica, anche in sistemi di modesta qualità, le aberrazioni assiali non danno in genere grandi problemi; più critici sono naturalmente gli obbiettivi forti che, in virtù della loro maggiore apertura, sono più sensibili allo spessore della lamella ed alla lunghezza del tubo e producono facilmente un residuo di sferica, che abbassa risoluzione e definizione.

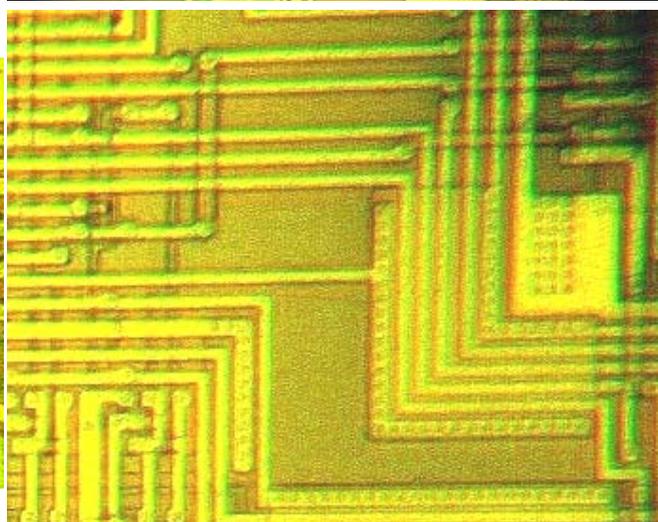
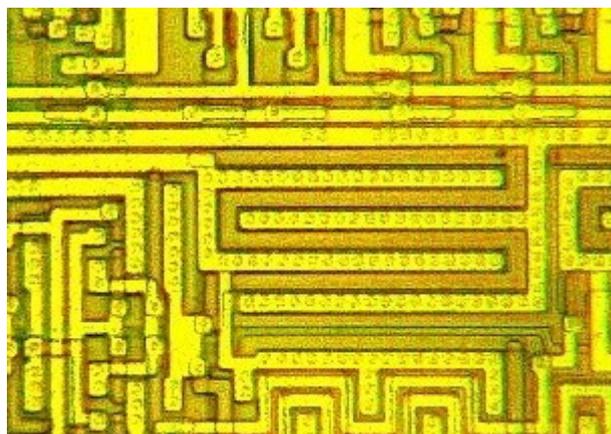
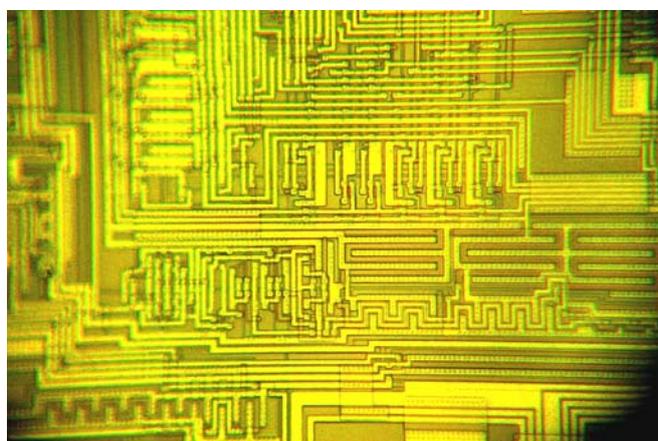
Invece le aberrazioni extra-assiali possono far apparire come un segmentino allungato radialmente o tangenzialmente l’immagine di un oggetto puntiforme che si trovi fuori dal centro del campo. La CVD la fa apparire anche con falsi colori.

Di aberrazioni si è già parlato in altri testi presenti in questo sito; vogliamo mostrare solo un esempio dell’effetto nefasto della CVD (fig. 28) e della cromatica longitudinale (fig. 29).

Fig. 28 – Un circuito integrato, osservato in episcopia con un cattivo obbiettivo 50x. Al centro, l’immagine è accettabilmente “pulita”. Ma sui bordi compaiono bordature colorate intollerabili.

Per un migliore confronto, si vedono sotto due dettagli della foto globale, ritagliate al centro ed alla periferia di essa.

NB: nella foto globale, qui a destra, si nota anche una buona dose di distorsione.



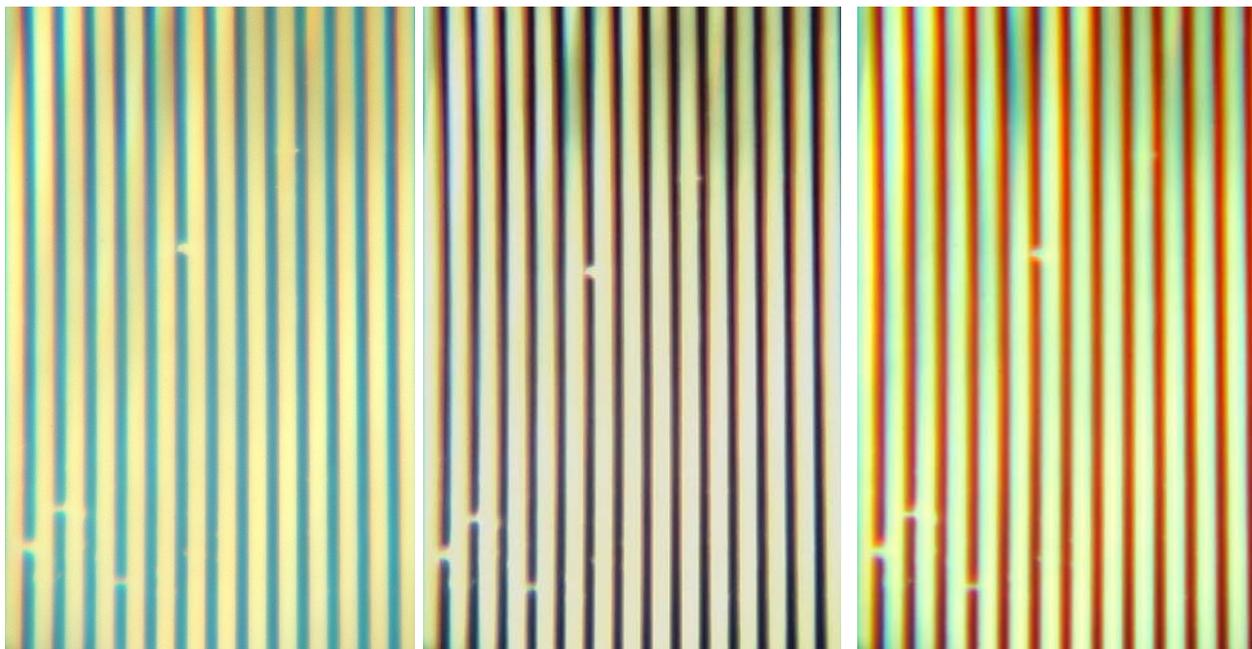


Fig. 29 – Ecco l’effetto della cromatica longitudinale. Il medesimo reticolo a righe, attraverso un obbiettivo 40/0,65, di modesta qualità, mostra una diversa dominante di colore a seconda della messa a fuoco.

Nella foto centrale, in base all’asimmetria nei bordi delle righe nere laterali, un occhio esperto riconoscerà anche un residuo di coma.

I DIFETTI dell’OCCHIO

Fra le “immagini spurie”, che si possono vedere sovrapposte all’immagine dell’oggetto durante l’osservazione al microscopio o ad altri strumenti ottici, bisogna annoverare anche quelle prodotte dall’occhio dell’osservatore. Non si tratta di artefatti provocati dallo strumento, ma da madre natura.

Naturalmente, si tratta di fenomeni individuali ed estremamente variabili.

Una prima classe di questi “artefatti” si rivela come macchie scure, deformazioni di forma degli oggetti, aloni e simili, che hanno in comune una caratteristica: la loro posizione è fissa rispetto al campo visuale e quindi si sposta in parallelo ai movimenti dell’occhio. Si tratta di alterazioni della retina.

In questi casi, è bene ricorrere all’oculista.

Un’altra categoria di artefatti oculistici gode invece della caratteristica opposta: eseguendo un rapido movimento dell’occhio, la posizione della macchia si sposta rispetto al campo visuale. In pratica, si osservi un campo omogeneo (un muro bianco o grigio, un foglio di carta bianca). Si fissi lo sguardo su un punto notevole dell’oggetto (una macchia sul muro, una crocetta sulla carta); si osservi tutto ciò che altera l’omogeneità dell’oggetto (macchie di vario tipo, di cui faremo qualche esempio). A questo punto, si esegua un rapido movimento oculare in una direzione qualunque e si riporti l’occhio verso il punto notevole dell’oggetto. Se le macchie sopra viste si sono spostate rispetto al punto notevole, è chiaro che esse non dipendono dalla retina, ma dai materiali liquidi o gelatinosi che riempiono il globo oculare e si sono spostati rispetto alla retina durante il movimento del globo.

Il tipo più diffuso di queste alterazioni è frequente, specie in persone giovani, ed è noto come “mosche volanti”: il nome allude proprio alla posizione variabile di queste macchie.

Si tratta di singole cellule sanguigne, sfuggite per diapedesi dai capillari che irrorano l’occhio, oppure di pile disordinate formate da parecchie cellule (generalmente globuli rossi, di forma discoidale) che aderiscono fra loro come monete, fino a formare dei cordoncini.

Altre volte si tratta di corpi anomali, piccoli coaguli, cellule morte, ripiegamenti della membrana ialoide che circonda il corpo vitreo (frequenti nelle persone anziane), e così via.

Tali corpi estranei sono in genere molto piccoli, ma si rendono visibili perché sono vicini alla retina e vi proiettano la loro ombra. In essi non sono presenti bordature colorate poiché non sono visti come immagine prodotta da un sistema ottico, ma solo come ombra.

In certi casi, vicini alla patologia, si vedono puntini luminosi che si possono spostare anche rapidamente nel campo visuale; essi rientrano nella categoria dei “fosfeni” o false immagini. Se sono persistenti, possono richiedere un controllo oculistico.

È bene essere a conoscenza di questi difetti dell’occhio per poterli mentalmente cancellare durante l’osservazione. Fissare lo sguardo su un foglio quadrettato, uniformemente illuminato, può bastare per riconoscerli. È utile che il foglio sia illuminato fortemente poiché in questo caso la pupilla si restringe, l’apertura del sistema ottico dell’occhio diminuisce, ed il contrasto delle ombre aumenta.

Ovviamente, non è possibile fotografare tali immagini alterate. La fig. 30 che segue è stata realizzata ricostruendo una per una alcune tipologie di “mosche volanti” e sovrapponendole su un fondo omogeneo.

I dettagli come A o G possono rappresentare l’aspetto delle “pile” di globuli sanguigni. B, C e D possono rappresentare filamenti di muco o frammenti di cellule morte. E ed F possono rappresentare alterazioni della membrana ialoide.

Un esame attento di ciò che si vede fissando un cielo sereno potrà aiutare l’interessato a riconoscere lo stato attuale del proprio occhio. E si tenga conto che queste strutture sono spesso temporanee e possono variare da un’ora all’altra.



Fig. 30 – Ricostruzione di varie tipologie di “mosche volanti”.

CONCLUSIONI

Abbiamo esaminato alcuni fenomeni che entrano nella formazione dell’immagine finale data dal microscopio e la rendono sempre, in qualche misura, diversa dall’oggetto.

Vi sono cause ineliminabili, legate a leggi fisiche: la diffrazione, gli aloni del contrasto di fase, gli effetti della cattiva focalizzazione, ecc.

Vi sono i limiti del progetto: residui di aberrazioni, insufficienti annerimenti o diaframmi, insufficienti trattamenti anti-riflettenti, ecc.

E poi, errori di allineamento o centratura in sede di montaggio o di utilizzo. Errori nella manipolazione da parte dell'utente: pulizie troppo energiche, esposizione ad agenti corrosivi, urti vari.

Cause occasionali: corpi estranei dentro o alla superficie del sistema ottico, polvere, scollature, penetrazione di olio d'immersione all'interno dell'obbiettivo o sulla frontale di un obbiettivo a secco, ecc.

Ed anche l'occhio può dare un contributo: "mosche volanti", difetti della retina, ecc.

Il riparatore sa bene quanti strumenti od obbiettivi giudicati inefficienti sono semplicemente sporchi o mal centrati, quanti difetti si possono neutralizzare sapendone interpretare le cause, quante pessime immagini sono dovute solo ad un cattivo accoppiamento dei sistemi, ad errori nella centratura del sistema illuminante, ad un condensatore mal focalizzato, ecc.

Come il solito, chiarirsi le idee, lavorare con attenzione, proteggere lo strumento da polvere o agenti aggressivi, ragionare su quanto si vede, mai dare nulla per scontato.

È quello che si dovrebbe fare sempre nella vita.