

ANCHE I PIGNOLI, NEL LORO PICCOLO, S'INCA ...

Chiunque abbia occasione di leggere un testo scritto dopo l'introduzione del web, va incontro a qualche piccolo rischio.

Esaminiamo qualche recente pubblicazione, di varia origine, ma limitandoci a considerare il campo della divulgazione scientifica, in particolare della microscopia, al fine di restare negli argomenti più trattati nel sito che ospita queste righe.

I rischi di cui parliamo sono legati alle lacerazioni interiori (“che cosa avrà voluto dire?”, “ma sarà proprio così?”) suscitate da vari errori, errori che si possono classificare in qualche categoria specifica.

- 1) Sviste
- 2) Frettolosità
- 3) Obnubilazione, si spera temporanea, dell'autore
- 4) Imprecisione cronica del medesimo.

Qualche esempio, riportato fedelmente fra virgolette, senza citare il nome dell'autore (anche se gli starebbe bene).

- 1) Sviste

“Vetrini porta-oggetti ... di misura 76×26 mm con uno spessore di $17 - 18$ mm ...”

oppure:

“Vetrino: striscia ... di vetro con una misura e spessore ben definiti: 75×25 mm, spessore $0,17$ mm”

Della serie: “Non ho tempo di rileggere le mie bozze”.

- 2) Frettolosità

“La pellicola è ... sensibile ad un determinato intervallo di luce ...”

Forse intendeva: “...sensibile ad una sola parte dello spettro ottico” o “dello spettro elettromagnetico”.

“(parlando di risoluzione) ... sarà da preferire ... una illuminazione con lunghezza d'onda piuttosto elevata.” Che non sia il contrario? E cosa vuol dire “elevata”?

- 3) Obnubilazione

“L'asse ottico è il piano che interseca ...”.

Forse, il concetto di asse si sposa meglio col concetto di retta che non con quello di piano.

“L'aberrazione sferica è causata dall'effetto prisma della rifrazione di un raggio da parte di una lente semplice e viene ovviata con l'impiego di lenti a differente indice di rifrazione”.

Difficile condensare tanti errori in così poco spazio, ma ancora più difficile trarre da questa frase un concetto utile.

- 4) Imprecisione

Dispiace di constatare che molti termini e concetti, illustrati diffusamente in tanti testi, anche in quelli presenti in questo sito, vengono poi usati in modo improprio, rischiando di confondere le idee al lettore il quale, ricordiamolo, non è tenuto a saperne più dell'autore né a correggerlo.

E qui il pignolo di turno ha molti esempi da proporre. Ne citiamo qualcuno? Solo qualcuno.

In campo naturalistico:

Tutti i nomi scientifici di specie animali o vegetali, i nomi di altre unità tassonomiche

(generi, famiglie, ordini, classi, ecc.), come molti termini tecnici, sono scritti, per convenzione internazionale, in latino. Ciò comporta tassativamente l'uso del corsivo (vedi l'art. n° A 0 "Nomenclatura biologica", in questo sito). Si possono italianizzare i nomi delle unità superiori alla specie (per es. Rosacee), ed allora è consentito il carattere diritto.

I termini "specie", "varietà", "tipo", ecc. hanno in campo biologico un significato preciso, ben diverso dall'uso generico che se ne fa nel linguaggio corrente. Per es., "Tipo" non indica una varietà, indica un grande raggruppamento di specie caratterizzato dalla stessa organizzazione generale dell'organismo. Es. Molluschi, Artropodi, Vertebrati, ecc.

In campo botanico, si preferisce, con lo stesso significato, il termine "Divisione". Nei paesi di lingua inglese si usa, genericamente, "*phylum*", alla latina.

Anche il termine "ambiente" è abusato; occorre in molti casi parlare piuttosto di "nicchia ecologica" (modo di vivere di un dato organismo in un dato ambiente). "Ambiente" è un concetto topografico-fisico-chimico; "nicchia" è un termine biologico, che si riferisce al rapporto ed all'interazione fra organismo ed ambiente.

Nel campo dell'ottica:

Si usa correntemente la parola "luce", ma è equivoca. Infatti, "luce" indica una percezione soggettiva, un fatto psicologico, non una realtà fisica. La prova? Se chiudete gli occhi, possibilmente al buio, e schiacciate il vostro bulbo oculare dal lato esterno, avvertirete sullo stesso lato un chiarore diffuso, spesso ad archi concentrici: un "fosfene", una sensazione di "luce" che non viene dallo stimolo normale, proveniente da una sorgente esterna, ma da uno stimolo meccanico "improprio". È questo fosfene che giustifica il modo di dire: "ho visto le stelle". Così si vedono tante cose in sogno, tante "luci", senza alcuno stimolo proveniente dall'esterno.

Nel piano reale esiste solo una radiazione, un'onda elettromagnetica, data dalla propagazione di due campi oscillanti, uno elettrico e l'altro magnetico ... ecc. Tale onda si caratterizza per la sua frequenza (o la sua lunghezza d'onda, che le è inversamente proporzionale).

Bisognerà dire allora, per es., che un dato sensore è sensibile a radiazioni di lunghezza d'onda compresa fra ... e ... ; non "alla luce rossa" o simili.

Anche il termine "colore" è troppo generico. Una radiazione o una sorgente si definisce per mezzo di una certa curva di emissione; dire "luce verde" dice poco: può trattarsi della radiazione monocromatica di un laser oppure di un'ampia regione dello spettro, che può andare dal blu al giallo. Il nostro occhio infatti ci dirà in entrambi i casi "luce verde". Si ricordi che il nostro occhio, assai efficiente in tanti aspetti, è un pessimo giudice dei "colori": basti pensare alle coppie di "colori complementari", che ci danno sempre la stessa sensazione di bianco.

Solo il termine "luce bianca" può essere giustificato poiché il bianco è una percezione ma, anche qui, si potrebbe dire: "radiazione distribuita su tutto lo spettro ottico". Troppo complicato? Beh, non stiamo parlando di pignolerie?

Il termine "ottico" si riferisce al funzionamento del nostro occhio e pertanto si dirà "spettro ottico" (quella parte dello spettro generale delle radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda fra 0,4 e 0,75 μ circa) e si eviterà "spettro visibile". Lo spettro è una successione di lunghezze d'onda, un concetto astratto, non è un oggetto "visibile". Allo stesso modo è bene dire "radiazione ottica" e non "luce visibile". Così l'UV e l'IR sono "radiazioni" non ottiche.

Per evitare ulteriori traumi al suddetto pignolo, sarà bene non dire "raggio o fascio luminoso": raggio e fascio sono concetti geometrici, astratti, non sono visibili e non emettono luce. Si dirà allora semplicemente "raggio" e "fascio", indicando con ciò solo una direzione di propagazione. Evitare anche "onda luminosa": l'onda è un concetto fisico; noi ne constatiamo gli effetti, proviamo una sensazione di "luce", se ci colpisce in certe condizioni di lunghezza d'onda, ampiezza, ecc., ma non emette luce. Solo un "corpo" può essere luminoso (es. il filamento di una lampadina). Nel linguaggio comune si accettano, al massimo, "raggio di luce".

Nel campo della microscopia ottica:

Ovviamente, quando un micrografo sta inseguendo un infusorio con la mano sul pulsante, in attesa che si fermi per scattare la foto, non ha tempo di chiedersi se i suoi oculari hanno il giusto grado di compensazione o se il suo ingrandimento si calcola ... ecc.

Ma, quando scrive, si fermi a riflettere su quello che scrive per non perdere la faccia.

Ecco qualche “perla nera”.

Quando si parla di fotografia al microscopio, si parla spesso del metodo della “luce parallela”.

Ora, occupandoci del fascio che emerge dall’oculare di un microscopio funzionante, basta mettere un foglio di carta sopra l’oculare e muoverlo su e giù per convincersi che non si tratta di un fascio parallelo. Sotto sotto, quel modo di esprimersi allude ad un fatto reale: per ogni singolo punto dell’immagine intermedia (che si deve trovare nel primo piano focale dell’oculare), emerge dall’oculare stesso un singolo fascio “parallelo”, di raggi paralleli. Ma il fascio complessivo è prima convergente e poi, al di sopra della pupilla d’uscita, divergente. Sarà un fascio complesso, come somma di infiniti fasci in sé stessi paralleli, ma globalmente divergenti.

Si dovrebbe dire: “... un fascio che va a fuoco all’infinito”, oppure “... che forma un’immagine a fuoco a distanza infinita” o, più tecnicamente, “fascio telecentrico”; qualcuno dice anche “fascio afocale” (che non ha un piano di focalizzazione a distanza finita).

In alternativa, la fotografia può essere eseguita con un fascio che va a fuoco a distanza ravvicinata, dove andrà posto il sensore; ciò si può ottenere con l’oculare (che però lavorerà a coniugate alterate) o senza oculare (ma allora difficilmente il sensore potrà essere posto in luogo dell’immagine intermedia). Ma non si dica “luce convergente”; vogliamo provare con “fascio convergente a distanza finita”, oppure con “immagine finale a distanza finita”?

Spesso, anche in campo fotografico, si parla di “diaframma”. Ma occorre distinguere. Un diaframma è un organo fisico, uno schermo opaco con un buco in mezzo, regolabile o non. Ma, in qualunque sistema ottico, almeno da una parte del diaframma, vi sono una o più lenti (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Capp. 5 e 6); quindi, quando si guarda in quel sistema, non si vede il diaframma reale, ma una sua immagine (virtuale) creata dalle lenti che stanno fra esso e l’occhio di chi guarda. Nei calcoli geometrici che si possono eseguire su un sistema ottico va fatto riferimento alle pupille, non al diaframma.

Il concetto diviene importante, per es., quando si deve sistemare un sistema illuminante, quando si deve “riempire” col fascio prodotto dalla microlampada l’intera pupilla d’ingresso del condensatore, pena una perdita di apertura utile.

Oppure, in campo microfotografico, quando si conserva l’oculare, occorre sapere dove si trova la pupilla d’uscita dell’oculare e dove la pupilla d’ingresso dell’obbiettivo fotografico: le due devono coincidere, pena qualche vignettatura¹. E, purtroppo, la pupilla d’ingresso di un obbiettivo zoom varia di dimensioni e di posizione durante la variazione di focale: conseguenza del suo carattere “virtuale”.

Un’altra confusione che si fa spesso è quella fra “definizione”, “nitidezza”, “risoluzione” e simili. “Nitidezza” andrebbe eliminato poiché è meno preciso di “definizione”, e comunque diventerebbe un sinonimo.

“Definizione” esprime la precisione nei confini di ogni dettaglio dell’immagine, l’assenza di sfumature, bordature più o meno colorate, “frange” e simili. Si potrebbe indicarla con un termine tipicamente fotografico: “**micro-contrasto**”. Oggi si direbbe: “acutanza”.

In un sistema ottico, la definizione è legata alla correzione delle aberrazioni, alla omogeneità e trasparenza dei vetri ottici, alla regolarità e lucidatura delle superfici, ecc. Spesso, la

¹ Vedi in questo sito l’art. n°13: “Fotomicrografia al microscopio con fotocamere digitali”.

definizione aumenta riducendo l'apertura del sistema (poiché ciò riduce le aberrazioni del punto).

“Risoluzione” invece indica la capacità di mostrare distinti nell'immagine i punti o le linee presenti nell'oggetto. La risoluzione, o almeno il suo valore massimo, dipende in sostanza da fenomeni di diffrazione, e quindi è proporzionale all'apertura utile del sistema.

Ne risulta che l'apertura agisce in modo opposto su definizione e risoluzione: se si abbassa, può aumentare la definizione ma calerà sicuramente la risoluzione e viceversa (vedi l'art. n° 18: “Come controllare ed intervenire...”, pagg. 9 – 11).

Va anche notato che la risoluzione può raggiungere il suo valore massimo solo se il contrasto nell'immagine è adeguato alle caratteristiche del sensore; risoluzione e contrasto sono fenomeni indipendenti, ma senza contrasto non è possibile risoluzione. Un'immagine con contrasto inferiore a circa 3% appare uniforme al nostro occhio anche se la sua risoluzione è elevatissima, cioè se contiene strutture molto fini: ci saranno, ma non si vedono.

Una nebbia che compare spesso è anche quella sul concetto di ingrandimento.

Quando si parla d'ingrandimento rispetto ad un'immagine reale, come l'immagine intermedia, allora vi è una definizione obbiettiva che si presta a misure precise: si parla di ingrandimento “lineare” espresso come rapporto di scala e cioè come rapporto fra le dimensioni di un certo segmento nell'immagine e le dimensioni del corrispondente segmento nell'oggetto. Lo si indica con **M**. Qualcuno usa il simbolo β . Lo si esprime come la scala in un disegno geometrico: $\#\# : 1$, un rapporto, un numero privo di dimensione.

Quando invece si considera un'immagine virtuale o a distanza infinita, come quella data dal fascio che emerge da un oculare o da una lente d'ingrandimento, allora si ricorre ad una convenzione: si calcola il rapporto fra l'angolo sotto cui appare un dato oggetto osservato attraverso il sistema ottico e l'angolo sotto cui appare lo stesso oggetto osservato dalla distanza convenzionale di 250 mm.

Si parla in questo caso d'ingrandimento convenzionale o “visuale”, e lo si esprime ancora come un numero puro, rapporto di angoli. Lo si indica col simbolo **V** e lo si calcola (sempre per convenzione, con qualche imprecisione) con $V = 250/f$, in cui **f** è la focale della lente.

Visto che la distanza di 250 mm è convenzionale, non si può parlare di una misura obbiettiva ed assoluta (vedi il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Capp. 2.6, 2.7 e 4.3).

Poiché una lente d'ingrandimento od un oculare sono usati in modo da rendere un'immagine virtuale, il loro ingrandimento sarà “visuale” e la cifra che esprime **V** si fa seguire dal simbolo \times , proprio per non creare confusione coll'ingrandimento lineare **M**. Si noti: il simbolo \times non è la lettera **x** (ics), ma l'operatore di moltiplicazione “per”.

E l'ingrandimento dell'obbiettivo? Anche qui, la confusione regna sovrana.

Nel caso di obbiettivi “a coniugata finita”, l'immagine fornita dall'obbiettivo è reale e non c'è adito a dubbi. Si usa il simbolo **M** ed il valore numerico va seguito dal simbolo **:1**. È quindi corretto scrivere 10:1, 45:1, ecc. L'indicazione $10 \times$ oppure $45 \times$ è errata, almeno in questo caso.

Nel caso di **obbiettivi “a seconda coniugata infinita”** (equivoco dire “all'infinito”), il discorso cambia. Come è noto, tali obbiettivi sono previsti per fornire un'immagine a distanza infinita (con ingrandimento infinito); è solo la “lente di tubo” che può coniugare quest'immagine “all'infinito” nel piano previsto per l'immagine intermedia. L'ingrandimento lineare **M** del complesso obbiettivo + lente di tubo è dato dal rapporto fra focale **f_t** della lente di tubo e focale **f_{obb}** dell'obbiettivo. Dunque, non è possibile calcolare l'ingrandimento di un tale obbiettivo se non si conosce la focale dei due sistemi. Quando un costruttore offre un obbiettivo “a seconda coniugata infinita” indicando un certo ingrandimento, presuppone che quell'obbiettivo venga usato accoppiato con una data lente di tubo, quella che si trova fissa negli stativi di quel medesimo costruttore. Lo stesso obbiettivo, su uno stativo di altra marca, può dare un ingrandimento assai diverso. Infatti, oggi la focale delle lenti di tubo non è standard e può oscillare fra circa 150 e 300 mm.

L'unico modo non equivoco di caratterizzare un tale obiettivo sarebbe di indicarne la focale. Come usava una volta ...

E come regolarsi per la notazione?

Inizialmente, la f_t era stata stabilita in 250 mm, per cui l'ingrandimento (lineare, M) dell'obiettivo + lente di tubo era dato da $250/f_t$ e questo equivaleva all'indicazione di un ingrandimento visuale V (vedi sopra). Pertanto era corretta l'indicazione di un valore numerico seguito da "x" (40 x ad es.). Poi, per vari motivi, il valore di 250 mm è stato spesso abbandonato per cui può rimanere valida l'indicazione $\#\# \times$, ma coll'impegno di non spostare quell'obiettivo da uno stativo all'altro.

L'indicazione di $\#\# \times$ per un obiettivo a coniugata finita è quindi errata. Questo uso era ed è ancora diffuso, ma crea confusione coll'altra categoria di obiettivi.

Ci vuole così poco a scrivere le cose corrette ... basta pensarci un po'.

Un'altra svista comune riguarda l'indicazione dell'apertura del condensatore.

Si scrive e si dice spesso: "... il tale condensatore ha un'apertura di 1,2, 1,4, ecc." Ma ci si dimentica di dire che tale valore si realizza solo in immersione (uno strato d'olio fra la lente frontale del condensatore e la superficie inferiore del vetrino). Qualunque sistema ottico a secco (limitato da aria) non può avere un'apertura superiore (in teoria) ad 1,0. Per la presenza del vetrino e per la necessità di lasciare un minimo spazio vuoto, tale valore si riduce sempre a meno di 0,95.

Infatti, se l'apertura numerica è $NA = n \sin \alpha$, e se $\sin \alpha \leq 1$ (così deriva dalla stessa definizione della funzione seno), è chiaro che in aria ($n = 1$, circa), sarà $NA \leq 1$. Solo in immersione, con $n = 1,51$ (circa), si potrà avere, al massimo $NA = 1,51$ (in teoria) o $NA = 1,4$ (in pratica).

Poiché, nell'uso corrente, si usa assai poco l'immersione del condensatore (con gli obiettivi ad immersione si avrebbe la "doppia immersione"), ne deriva che è perfettamente inutile preoccuparsi di possedere un condensatore di apertura superiore a 0,9.

Semmai, il problema è un altro.

Un condensatore da microscopio, specialmente se del tipo "di Abbe" o simili, è sempre affetto da un buon residuo di sferica. Ciò significa che i fasci marginali (di maggiore apertura) convergono in un punto più basso (di solito) dei fasci parassiali (di minima apertura). Con o senza immersione.

Da cui deriva: il valore di NA nominale indica (all'incirca) l'apertura massima dei soli fasci marginali, ma gli altri si possono focalizzare in punti così distanti da non essere accolti dall'obiettivo. È come se non ci fossero. Se si alza il condensatore, si possono più facilmente utilizzare i fasci marginali, ma qualche zona interna della pupilla d'uscita dell'obiettivo potrebbe rimanere al buio. Se si abbassa il condensatore, si potranno meglio riempire le zone intermedie, ma probabilmente la zona periferica della pupilla d'obiettivo rimarrà oscurata.

Naturalmente, con gli obiettivi di minore apertura il problema si riduce.

Per verificare come vanno le cose, si monti un preparato un poco diffondente, lo si metta a fuoco con un obiettivo forte (a secco o ad immersione), si monti il microscopio ausiliario (detto spesso, frettolosamente, telescopio² di centramento) in luogo dell'oculare e lo si focalizzi sulla pupilla d'uscita dell'obiettivo. Si apra tutto il diaframma d'apertura del condensatore e si chiuda di parecchio quello di campo.

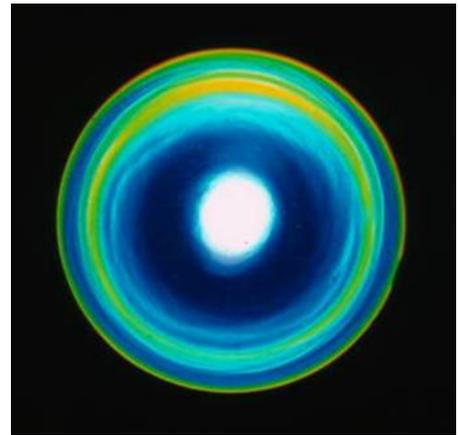
Focalizzando il condensatore, si potranno vedere figure come quella della figura seguente, dalle quali si comprende fino a che punto il condensatore soddisfa le esigenze dell'obiettivo.

L'osservazione della pupilla d'uscita dell'obiettivo nelle condizioni sopra descritte, almeno con gli obiettivi forti, è quindi l'unico modo per capire cosa ci sta realmente fornendo il condensatore e quale peso si debba dare alle dichiarazioni del costruttore.

² Il termine "telescopio" mal si adatta a questo accessorio; poiché esso non ha nulla a che vedere con un telescopio. Infatti, deve focalizzarsi su un oggetto piuttosto vicino. Altra perla nera.

NB: I coloracci di questa figura dimostrano che questo condensatore non è acromatico!

Va infine notato che un dato condensatore, anche “acromatico aplanatico”, potrà essere più o meno corretto se usato a secco, oppure in immersione, ma non in entrambe le condizioni. I miracoli non rientrano nel campo dell’ottica.



L’elenco delle perle nere, sviste, ecc, si potrebbe allungare, ma quanto sopra è sufficiente per spingere un generico lettore a chiedere pietà agli aspiranti autori. La materia, qualunque materia, è complessa e non sempre facile. Vediamo di aiutare l’indifeso lettore usando i termini (e le idee) corretti.

Chi apre un libro o un articolo, almeno in campo tecnico-scientifico, non lo fa per passare il tempo: lo fa per imparare qualcosa. Se conoscesse già l’argomento, non ne avrebbe bisogno.

Ma il lettore generico credo abbia il diritto di aspettarsi un testo corretto, non equivoco, sicuro. Ovvero: deve potersi fidare.

Questo è il primo dovere di chi pubblica, su qualunque argomento, con qualunque mezzo.