



Terminologia ottica

Che cosa è la "luce" nella fotografia?

Che cosa è la "luce"?

La luce è un fenomeno fisico che riguarda la creazione della vista attraverso la stimolazione dei nervi ottici e, in generale, può essere definita come un tipo di onda elettromagnetica.

I tipi di radiazione elettromagnetica variano in base alla lunghezza d'onda. Partendo dalle lunghezze d'onda più corte, la radiazione elettromagnetica può essere classificata in raggi X, raggi ultravioletti, raggi di luce visibile, raggi infrarossi, raggi infrarossi lontani, microonde, onde ultracorte (VHF), onde corte, onde medie (MF) e onde lunghe. In fotografia, le lunghezze d'onda maggiormente utilizzate sono quelle della fascia della luce visibile (400 nm - 700 nm). Dal momento che la luce è un tipo di radiazione elettromagnetica, è possibile considerarla

Figura 1 Avvicinarsi all'occhio umano

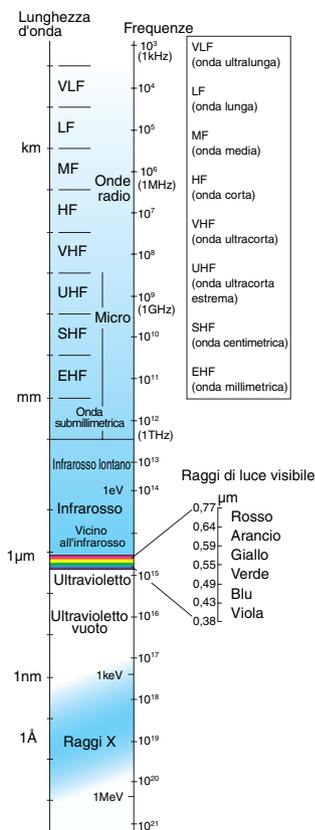
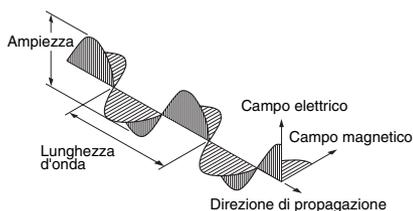


Figura 2 Avvicinarsi all'occhio umano



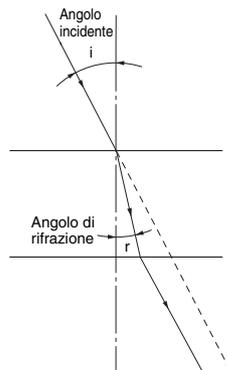
un tipo di onda nella categoria delle onde luminose. Un'onda luminosa è un'onda elettromagnetica in cui un campo elettrico e un campo magnetico vibrano ad angoli retti l'uno rispetto all'altro su un piano perpendicolare alla direzione della propagazione. I due elementi di un'onda luminosa che possono effettivamente essere rilevati dall'occhio umano sono la lunghezza d'onda e l'ampiezza. Le differenze di lunghezza d'onda vengono percepite come colori (entro la gamma di luce visibile), mentre le differenze di ampiezza vengono percepite come differenze di luminosità (intensità della luce). Il terzo elemento non percepibile dall'occhio umano è la direzione della vibrazione entro la perpendicolare al piano rispetto alla direzione di propagazione delle onde luminose (luce polarizzata).

Principali fenomeni correlati alla luce

Rifrazione

Un fenomeno per cui la direzione di propagazione di un raggio di luce cambia quando la luce passa da un mezzo, ad esempio il vuoto o l'aria, a un altro come il vetro o l'acqua o viceversa.

Figura 3 Rifrazione della luce



Indice di rifrazione

Valore numerico che indica il grado di rifrazione di un elemento, espresso dalla formula $n = \frac{\sin i}{\sin r}$. "n" è una costante non correlata all'angolo di incidenza dei raggi luminosi e indica l'indice rifrattivo dell'elemento rifrattore rispetto all'elemento colpito dalla luce.

Per le lenti degli obiettivi in generale, "n" solitamente indica l'indice di rifrazione del vetro rispetto all'aria.

Dispersione

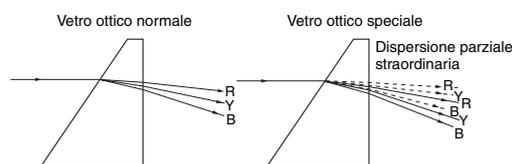
Fenomeno in cui le proprietà ottiche variano in base alla lunghezza d'onda della luce che passa attraverso il dispositivo ottico. Quando la luce passa attraverso una lente o un prisma, le caratteristiche di dispersione della lente o del prisma modificano l'indice di rifrazione. Questo indice varia in base alla lunghezza d'onda e, quindi, alla

dispersione della luce. Al fenomeno di dispersione, a volte si fa riferimento anche con il termine "dispersione del colore".

Dispersione parziale straordinaria

L'occhio umano è in grado di percepire le lunghezze d'onda della luce monocromatica da 400nm (viola) a 700nm (rosso). Nell'ambito di questo intervallo, la differenza nell'indice di rifrazione tra due lunghezze d'onda differenti è chiamata dispersione parziale. La maggior parte degli strumenti ottici ordinari presentano caratteristiche simili di dispersione parziale. Tuttavia, le caratteristiche di dispersione parziale variano a seconda del materiale con cui sono costruite le lenti. Ad esempio, esistono lenti che presentano una notevole dispersione parziale alle lunghezze d'onda corte, lenti FK con un indice di rifrazione basso e poca dispersione, alla fluorite e lenti che invece presentano una notevole dispersione parziale alle lunghezze d'onda lunghe. Questi tipi di lenti sono classificati con caratteristiche di dispersione parziale straordinaria. Le lenti con queste proprietà vengono utilizzate negli obiettivi apocromatici per compensare l'aberrazione cromatica.

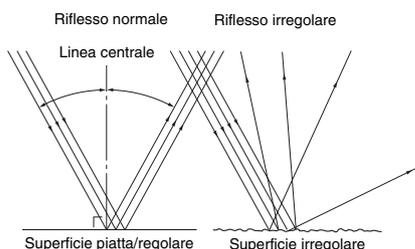
Figura 4 Dispersione della luce attraverso un prisma



Riflesso

Il riflesso è un fenomeno in cui una parte della luce che colpisce una superficie di vetro, o di un altro oggetto, si propaga in una nuova direzione. La direzione della propagazione è la stessa indipendentemente dalla lunghezza d'onda. Quando i raggi luminosi attraversano un obiettivo non protetto da un trattamento antiriflesso, circa il 5% della luce viene riflesso nell'intercapedine vetro-aria delle lenti. La quantità di luce riflessa dipende dall'indice di rifrazione del materiale in vetro → Copertura (P.174)

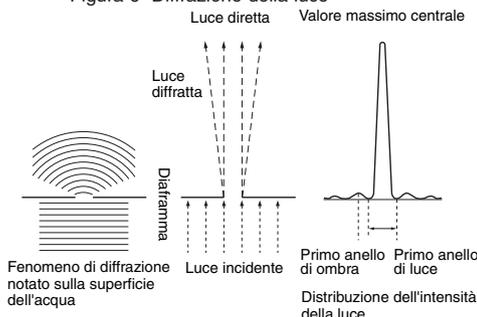
Figura 5 Riflesso della luce



Diffrazione

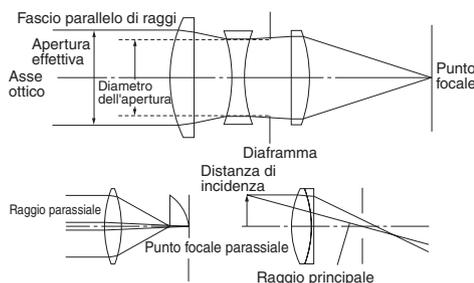
Un fenomeno in cui le onde luce passano attraverso le estremità di un oggetto e penetrano nell'area in ombra dell'oggetto, causata dalle onde della luce. La diffrazione in un obiettivo fotografico è l'effetto flare (effetto flare da diffrazione), ovvero l'effetto causato dai raggi di luce che si incurvano sulle estremità del diaframma. Anche se l'effetto flare si verifica in genere quando il diametro del diaframma è inferiore a determinate dimensioni, esso, effettivamente, dipende non solo dal diametro del diaframma ma anche da diversi fattori, ad esempio, dalla lunghezza d'onda della luce, dalla lunghezza focale e dall'apertura dell'obiettivo. L'effetto flare da diffrazione provoca riduzioni del contrasto e della risoluzione dell'immagine, che, di conseguenza, risulta più morbida. Gli elementi ottici per la diffrazione laminati sviluppati da Canon controllano la direzione della luce, creando intenzionalmente la diffrazione.

Figura 6 Diffrazione della luce



Terminologia ottica relativa alla luce che passa attraverso un obiettivo

Figura 7 Terminologia ottica relativa alla luce che passa attraverso un obiettivo



Asse ottico

La linea retta che passa tra i punti centrali delle superfici sferiche su ciascun lato di una lente. In altre parole, l'asse ottico è una linea centrale ipotetica che collega il centro di curvatura di ciascuna superficie di una lente. Negli obiettivi fotografici composti da più lenti, è importante allineare perfettamente l'asse ottico di tutte le lenti. Negli obiettivi zoom, composti da diversi

gruppi di lenti che si spostano con movimenti complessi, è richiesta un'estrema precisione durante la fase di assemblaggio al fine di mantenere sempre allineato l'asse ottico.

Raggio parassiale

Il raggio luminoso che passa vicino all'asse ottico, inclinato con un angolo molto piccolo rispetto all'asse ottico. Il punto in cui il raggio parassiale converge è chiamato "punto focale parassiale". Dal momento che l'immagine formata da un raggio parassiale monocromatico non presenta aberrazioni, il raggio parassiale è un fattore importante per capire il funzionamento di base dei sistemi degli obiettivi.

Raggio principale

Raggio luminoso che entra nell'obiettivo con un angolo in un punto diverso dal punto dell'asse ottico e attraversa il centro del diaframma. I raggi di luce principali sono i raggi di luce fondamentali per calcolare l'esposizione dell'immagine a tutte le aperture del diaframma, da quella massima a quella minima.

Fascio parallelo di raggi luminosi

Gruppo di raggi luminosi che viaggiano parallelamente all'asse ottico da un punto a distanza infinita. Quando i raggi attraversano una lente, convergono con una forma a cono per formare un punto nel piano focale.

Tracciamento del raggio

Utilizzo dell'ottica geometrica per calcolare la condizione di vari raggi di luce che passano attraverso un obiettivo. I calcoli vengono eseguiti utilizzando computer ad alta potenza.

Apertura/apertura effettiva

L'apertura di un obiettivo è correlata al diametro del gruppo di raggi di luce che lo attraversa e determina la luminosità dell'immagine formata sul piano focale. L'apertura ottica (chiamata anche "apertura effettiva") differisce dall'apertura reale poiché dipende dal diametro del gruppo di raggi di luce che attraversa l'obiettivo e non dal diametro effettivo dell'obiettivo. Quando un fascio di raggi paralleli penetra in un obiettivo e il gruppo di raggi passa attraverso l'apertura del diaframma, il diametro del gruppo di raggi di luce che penetra nella superficie anteriore dell'obiettivo è l'apertura effettiva dell'obiettivo.

Apertura/chiusura del diaframma

L'apertura che regola il diametro del fascio luminoso che passa attraverso l'obiettivo. Negli obiettivi intercambiabili utilizzati con le fotocamere reflex, questo meccanismo viene solitamente realizzato con un diaframma a iride costituito da diverse lamelle il cui movimento consente di variarne il diametro di apertura. Negli obiettivi delle fotocamere reflex convenzionali, l'apertura del diaframma viene regolata ruotando un anello che si trova sulla parte frontale dell'obiettivo. Negli obiettivi delle fotocamere di ultima generazione, l'apertura del diaframma è, invece, solitamente controllato tramite un apposito dispositivo elettronico alloggiato nel corpo della fotocamera.

Diaframma dell'apertura circolare

Con diaframmi normali, la chiusura dell'apertura causa la forma poligonale. Tuttavia, un diaframma dell'apertura circolare migliora la forma delle lamelle per raggiungere un cerchio quasi perfetto anche quando è bloccato dall'apertura massima. La fotografia con un obiettivo dotato di un diaframma circolare consente uno splendido effetto mosso per lo sfondo, poiché l'origine del punto è circolare.

Diaframma automatico

Il sistema di funzionamento del diaframma generale utilizzato nelle fotocamere reflex monobiettivo fa riferimento a un tipo di meccanismo di diaframma che rimane completamente aperto durante la messa a fuoco e la composizione per fornire un'immagine chiara nel mirino, ma si chiude automaticamente sull'impostazione di apertura necessaria per l'esposizione corretta quando si preme il pulsante dell'otturatore e si apre di nuovo automaticamente quando l'esposizione è completa. Anche se gli obiettivi convenzionali utilizzano collegamenti meccanici per controllare il funzionamento automatico del diaframma, gli obiettivi EF utilizzano segnali elettronici per un comando più preciso. È possibile osservare il blocco di apertura istantanea guardando nella parte anteriore dell'obiettivo allo scatto dell'otturatore.

Distanza di incidenza

Distanza dall'asse ottico di un raggio parallelo che penetra in un obiettivo.

Pupilla di entrata/Pupilla di uscita

L'immagine dell'obiettivo sul lato dell'oggetto del diaframma, ad esempio, l'apertura visibile quando si guarda dalla parte anteriore dell'obiettivo, viene definita "pupilla di entrata" ed è equivalente all'apertura effettiva. L'apertura visibile quando si guarda

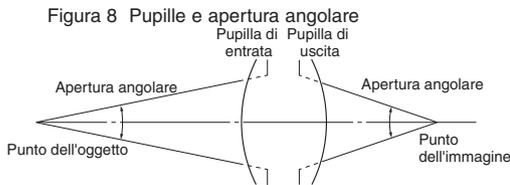


Figura 8 Pupille e apertura angolare

dalla parte posteriore dell'obiettivo (l'immagine dell'obiettivo sul lato dell'immagine del diaframma) viene definita "pupilla di uscita". Tra i raggi di luce da un determinato punto del soggetto, i raggi di luce effettivi che formano l'immagine creano un cono di raggi con il punto del soggetto che è il punto del cono e la pupilla di entrata che è la base del cono. All'altra estremità dell'obiettivo, i raggi di luce emergono nella forma di un cono con la pupilla di uscita che forma la base del cono e il punto del cono nel piano immagine. La pupilla di entrata e la pupilla di uscita presentano la stessa forma del diaframma effettivo e le relative dimensioni sono direttamente proporzionali a quelle del diaframma; quindi, anche se la costruzione del sistema dell'obiettivo non è nota, è possibile illustrare graficamente i raggi di luce effettivi che formano l'immagine fino a quando sono note le posizioni e le dimensioni delle pupille di entrata e di uscita. Di conseguenza, la conoscenza delle pupille di entrata e di uscita è indispensabile quando si considerano i fattori di prestazione, ad esempio, la quantità totale di luce che penetra nell'obiettivo, il modo in cui l'immagine viene sfocata e deviata.

Apertura angolare

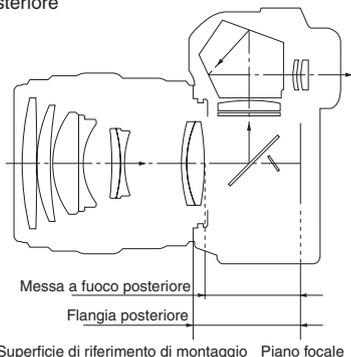
L'angolo tra il punto del soggetto sull'asse ottico e il diametro della pupilla di entrata, oppure l'angolo tra il punto dell'immagine sull'asse ottico e il diametro della pupilla di uscita.

Retro della flangia e messa a fuoco posteriore

Flangia posteriore

Indica la distanza tra la superficie di riferimento di montaggio dell'obiettivo e il piano focale (piano pellicola). Nei sistemi EOS, la flangia posteriore corrisponde a 44 mm per tutte le fotocamere. Alla flangia posteriore, si fa riferimento anche con il termine "distanza focale-flangia".

Figura 9 Retro della flangia e messa a fuoco posteriore



Messa a fuoco posteriore

Con un obiettivo messo a fuoco su infinito, la distanza lungo l'asse ottico dal vertice della superficie di vetro più arretrata al piano focale è definita messa a fuoco posteriore. Gli obiettivi grandangolari con una breve messa a fuoco posteriore non possono essere utilizzati su fotocamere reflex monobiettivo che utilizzano uno specchio che si solleva prima dell'esposizione, poiché l'obiettivo ostruisce il movimento dello specchio. Gli obiettivi grandangolari per le fotocamere reflex monobiettivo generalmente utilizzano un punto focale posteriore che consente una messa a fuoco posteriore lunga. Le dimensioni compatte dello specchio a ritorno rapido sulle fotocamere digitali reflex monobiettivo compatibili con l'obiettivo EF-S rendono possibile la progettazione di obiettivi come gli appositi EF-S 60 mm f/2,8 Macro USM, EF-S 10-22 mm f/3,5-4,5 USM, EF-S 17-55 mm f/2,8 IS USM e EF-S 18-55 mm f/3,5-5,6 II USM con una messa a fuoco posteriore inferiore ad altri obiettivi EF.

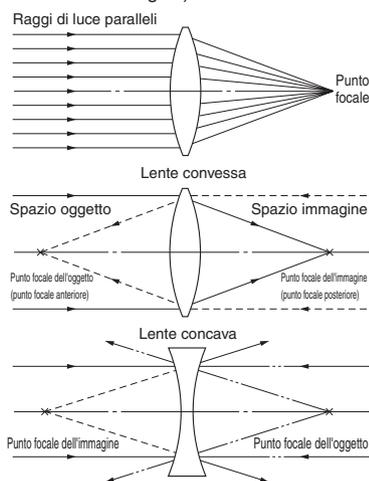
Punto focale e lunghezza focale

Punto focale, fuoco

Quando i raggi luminosi attraversano una lente convessa parallelamente all'asse ottico, una lente virtuale convergerà tutti i raggi luminosi in un singolo punto formando un cono. Il punto in cui tutti i raggi convergono si chiama punto focale. Un esempio tipico di questo effetto si può ottenere utilizzando una lente di ingrandimento per focalizzare i raggi del sole in un piccolo cerchio su un foglio di carta oppure su un'altra superficie. Il punto in cui si riesce a ottenere il cerchio dal diametro più piccolo è il punto focale. Nella terminologia ottica, un punto focale è ulteriormente classificato come punto focale posteriore (dal punto di vista dell'immagine) se questo è il punto in cui i raggi luminosi che partono dal soggetto convergono sul piano pellicola dell'obiettivo.

In alternativa, è classificato come punto

Figura 10 Punto focale (elemento dell'obiettivo singolo)

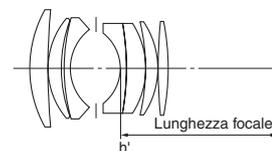


focale frontale (dal punto di vista dell'oggetto) se questo è il punto in cui i raggi luminosi che entrano nell'obiettivo parallelamente all'asse ottico dal piano pellicola convergono sulla parte frontale dell'obiettivo.

Lunghezza focale

Quando i raggi luminosi paralleli attraversano l'obiettivo parallelo all'asse ottico, la distanza lungo l'asse ottico che intercorre tra il secondo punto principale dell'obiettivo (punto principale posteriore) e il punto focale è chiamata lunghezza focale. In altre parole, la lunghezza focale di un obiettivo è la distanza lungo l'asse ottico tra il secondo punto principale dell'obiettivo e il piano pellicola quando la messa a fuoco dell'obiettivo è impostata su infinito.

Figura 11 Lunghezza focale degli obiettivi fotografici correnti

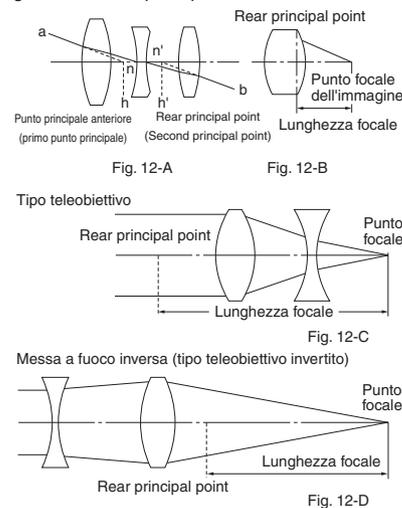


Punto principale

La distanza focale di un obiettivo a singola lente biconvessa e sottile è la distanza lungo l'asse ottico tra il centro dell'obiettivo e il suo punto focale. Il punto centrale dell'obiettivo è chiamato punto principale. Tuttavia, dal momento che gli attuali obiettivi fotografici sono costituiti da diverse lenti convesse e concave, è difficile individuare il centro dell'obiettivo.

Il punto principale di un obiettivo costituito da più lenti viene pertanto definito come il punto sull'asse ottico che si trova alla distanza che corrisponde alla lunghezza focale misurata all'indietro verso l'obiettivo a partire dal punto focale. Il punto principale misurato dal punto focale anteriore è chiamato punto principale anteriore, e il punto principale misurato dal punto focale posteriore è chiamato punto principale posteriore.

Figura 12 Punto principale



La distanza tra questi due punti principali è chiamata intervallo tra i punti principali.

Punto principale anteriore/punto principale posteriore

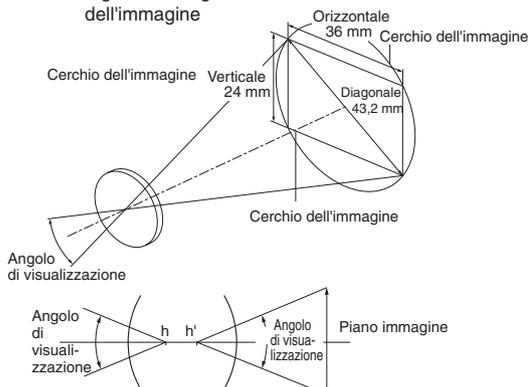
La luce che penetra nell'obiettivo dal punto a nella figura 12-A determina la rifrazione passa attraverso n e n' e arriva a b. In questo caso, angoli simili sono generati tra a-n e n'-b rispetto all'asse ottico e i punti h e h' possono essere definiti come i punti in cui gli angoli intersecano l'asse ottico. I punti h e h' sono i punti principali che indicano le posizioni di riferimento dell'obiettivo rispetto al soggetto e all'immagine. h è denominato punto principale anteriore (o primo punto principale) e h' è denominato punto principale posteriore (o secondo punto principale). Negli obiettivi fotografici generali, la distanza da h' al punto focale (piano focale) è la lunghezza focale. In base al tipo di obiettivo, la relazione anteriore-posteriore dei punti principali potrebbe essere invertita o h' potrebbe non essere compreso nel gruppo dell'obiettivo, ma in ogni caso la distanza dal punto principale posteriore h' al punto focale è uguale alla lunghezza focale.

*Con i teleobiettivi, il punto principale posteriore h' è posizionato effettivamente di fronte all'elemento avanzato dell'obiettivo; con gli obiettivi con punto focale posteriore h' è posizionato sul retro dell'elemento più arretrato dell'obiettivo.

Cerchio immagine

Diametro del cerchio dell'immagine formato da un obiettivo. Gli obiettivi intercambiabili per le fotocamere reflex 35 mm hanno il cerchio immagine con diametro pari alla diagonale dell'area dell'immagine di formato 24 x 36 mm. Gli obiettivi EF generalmente hanno un cerchio immagine di circa 43,2 mm. Gli obiettivi TS-E, invece, presentano un cerchio immagine di 58,6 mm per assecondare il basculaggio e decentramento dell'obiettivo. Gli obiettivi EF-S presentano un cerchio dell'immagine inferiore ad altri obiettivi EF, in base alla

Figura 13 Angolo di visualizzazione e cerchio dell'immagine



diagonale del sensore immagine APS-C delle fotocamere digitali reflex monobiettivo compatibili con gli obiettivi EF-S.

Angolo di visualizzazione

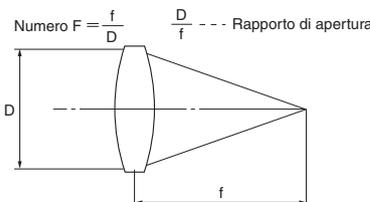
Area della scena, espressa come angolo, che può essere riprodotta dall'obiettivo come immagine nitida. L'angolo di visualizzazione diagonale nominale è definito come l'angolo formato da linee immaginarie che collegano il secondo punto principale dell'obiettivo con le due estremità della diagonale dell'immagine (43,2 mm). I dati relativi agli obiettivi EF solitamente includono l'angolo di visualizzazione orizzontale (36 mm) e verticale (24 mm), oltre all'angolo di visualizzazione diagonale.

Termini relativi alla luminosità dell'obiettivo

Rapporto di apertura

Valore utilizzato per esprimere la luminosità dell'immagine, calcolata dividendo l'apertura effettiva dell'obiettivo (D) per la relativa lunghezza focale (f). Poiché il valore calcolato da D/f è quasi sempre un valore decimale inferiore a 1 risulta difficile da utilizzare, quindi solitamente il rapporto di apertura viene indicato sul barilotto dell'obiettivo come il rapporto dell'apertura effettiva della lunghezza focale, con l'apertura effettiva impostata uguale a 1. Ad esempio, sul barilotto dell'obiettivo EF 85 mm f/1,2L è riportato 1:1,2. Ciò significa che la lunghezza focale è 1,2 volte l'apertura effettiva quando l'apertura effettiva è uguale a 1. La luminosità di un'immagine generata da un obiettivo è proporzionale al quadrato del rapporto di apertura. In generale, la luminosità dell'obiettivo viene espressa come un numero f, valore inverso rispetto al rapporto di apertura (f/D). Numero f

Figura 14 Luminosità dell'obiettivo



Numero f

Poiché il rapporto di apertura (D/f) è quasi sempre un piccolo valore decimale inferiore a uno e quindi difficile da utilizzare praticamente, la luminosità dell'obiettivo viene spesso espressa, per convenzione, come l'inverso del rapporto di apertura

(f/D), che è denominato numero f. Di conseguenza, la luminosità di un'immagine è inversamente proporzionale al quadrato del numero f, che indica che l'immagine diventa più scura quanto più aumenta il numero f. I valori del numero f vengono espressi come una serie geometrica che parte da 1 con un rapporto comune di $\sqrt{2}$: 1,0, 1,4, 2, 2,8, 4, 5,6, 8, 16, 22, 32 e così via (tuttavia, in molti casi solo il valore di apertura massima devia dalla serie). I numeri della serie, che sembrano difficili da apprendere, indicano semplicemente i valori vicini agli effettivi valori FD in base al diametro (D) di ciascuna impostazione del diaframma successivo che riduce la quantità di luce che passa per metà attraverso l'obiettivo. Di conseguenza, la modifica del numero f da 1,4 a 2 dimezza la luminosità dell'immagine, mentre nell'altra direzione da 2 a 1,4 la luminosità dell'immagine viene raddoppiata (una modifica di questa grandezza è generalmente indicata come "1 stop"). Con le recenti fotocamere che utilizzano display elettronici, vengono utilizzate divisioni inferiori di 1/2 stop o anche di 1/3 stop.

Apertura numerica (NA)

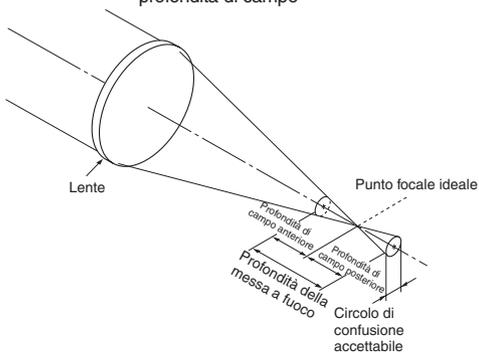
Valore utilizzato per esprimere la luminosità o la risoluzione del sistema ottico di un obiettivo. L'apertura numerica, solitamente indicata dalla sigla NA, è un valore numerico calcolato tramite la formula $nsin\theta$, dove 2θ è l'angolo (apertura angolare) a cui un punto oggetto sull'asse ottico entra nella pupilla di entrata e n è l'indice di rifrazione del soggetto su cui si trova il punto oggetto. Sebbene non venga spesso utilizzato negli obiettivi fotografici, il valore NA è solitamente riportato nelle lenti dei microscopi, dove è considerato come indicazione della risoluzione rispetto alla luminosità. È utile sapere che il valore NA corrisponde alla metà dell'inverso del numero f. Ad esempio, f 1,0 = NA 0,5, f 1,4 = NA 0,357, f/2 = NA 0,25 e così via.

Messa a fuoco e profondità di campo

Fuoco, punto focale

Il punto focale è il punto in cui i raggi di luce paralleli da un soggetto infinitamente distante convergono dopo aver attraversato un obiettivo. Il piano perpendicolare all'asse ottico che contiene il punto è denominato piano focale. In questo piano, in cui la pellicola o il sensore immagine è posizionato in una fotocamera, il soggetto è nitido e definito "a fuoco". Con gli obiettivi fotografici generali costituiti da diversi elementi dell'obiettivo, la messa a fuoco può essere regolata in modo che i raggi dai soggetti più vicini di "infinito" convergano in un punto sul piano focale.

Figura 15 Relazione tra punto focale ideale e circolo di confusione accettabile e profondità di campo



Circolo di confusione

Poiché tutti gli obiettivi contengono una certa quantità di deviazione sferica e astigmatismo, non possono convergere perfettamente i raggi da un punto del soggetto per formare un punto dell'immagine reale (ad esempio, un punto infinitamente piccolo con area zero). In altre parole, le immagini sono formate da una composizione di puntini (non punti) con una certa area o dimensioni. Poiché l'immagine diventa meno nitida come le dimensioni dei puntini aumentano, i puntini vengono denominati "circoli di confusione". Di conseguenza, un modo di indicare la qualità di un obiettivo è il punto più piccolo che può formare o il "circolo minimo di confusione". Le dimensioni massime consentite del punto in un'immagine vengono denominate "circolo di confusione accettabile".

Circolo di confusione accettabile

Il circolo di confusione maggiore che viene ancora visualizzato come "punto" nell'immagine. La nitidezza dell'immagine come percepita dall'occhio umano è strettamente correlata alla nitidezza dell'immagine reale e alla "risoluzione" della capacità visiva. Nella fotografia, la nitidezza dell'immagine dipende anche dal grado di ingrandimento dell'immagine o dalla distanza della proiezione e dalla distanza da cui l'immagine viene visualizzata. In altre parole, in pratica è possibile determinare certe "tolleranze" per la produzione delle immagini che appaiono ancora nitide all'osservatore, anche se effettivamente sfocate. Per le fotocamere reflex monobiettivo da 35 mm, il circolo di confusione accettabile è di circa 1/1000~1/1500 la lunghezza della diagonale della pellicola, con il presupposto che l'immagine sia ingrandita in una stampa da 5"×7" (12 cm × 16,5 cm) e visualizzata da una distanza di 25~30 cm/0,8~1 piede. Gli obiettivi EF sono progettati per produrre un circolo minimo di confusione di 0,035 mm, un valore su cui si basano i calcoli di elementi come la profondità di campo.

Profondità di campo

Area davanti e dietro un soggetto messo a fuoco in cui l'immagine fotografata appare nitida. In altre parole, il grado di nitidezza davanti e dietro il soggetto in cui la sfocatura dell'immagine nel piano pellicola rientra nei limiti del circolo di confusione accettabile. La profondità di campo varia in base alla lunghezza focale dell'obiettivo, all'apertura del diaframma e alla distanza da cui viene eseguito lo scatto. Pertanto se si conoscono questi valori, è possibile stimare la profondità di campo utilizzando le formule seguenti:

Profondità di campo davanti al soggetto = $d \cdot F \cdot a^2 / (f^2 + d \cdot F \cdot a)$

Profondità di campo dietro al soggetto = $d \cdot F \cdot a^2 / (f^2 + d \cdot F \cdot a)$

f: lunghezza focale F: numero f d: diametro minimo del circolo di confusione a: distanza del soggetto (distanza dal primo punto principale al soggetto)

$$\text{Distanza limitazione del punto vicino} = \frac{\text{distanza iperfocale} \times \text{distanza di scatto}}{\text{distanza iperfocale} + \text{distanza di scatto}}$$

$$\text{Distanza limitazione del punto lontano} = \frac{\text{distanza iperfocale} \times \text{distanza di scatto}}{\text{distanza iperfocale} - \text{distanza di scatto}}$$

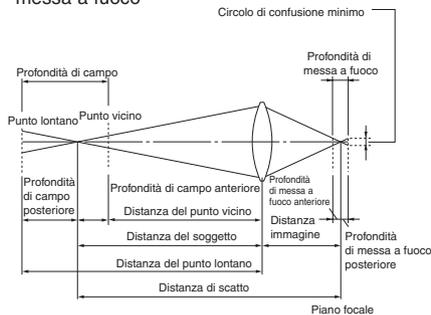
(distanza di scatto: distanza dal piano focale al soggetto)

Se si conosce la distanza iperfocale, è possibile utilizzare anche le formule seguenti:

Nella fotografia generale, la profondità di campo è caratterizzata dai seguenti attributi:

- 1) La profondità di campo è maggiore con lunghezze focali inferiori, è minore con lunghezze focali maggiori.
- 2) La profondità di campo è maggiore con aperture basse, è minore con aperture alte.
- 3) La profondità di campo è maggiore a lunghe distanze dello scatto, è minore a brevi distanze dello scatto.
- 4) La profondità di campo anteriore è minore della profondità di campo posteriore.

Figura 16 Profondità di campo e profondità di messa a fuoco

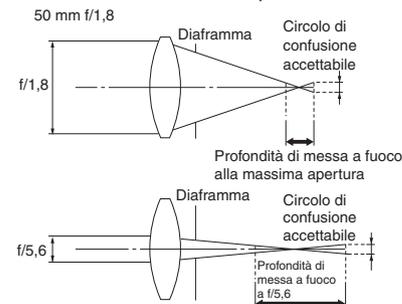


Profondità di fuoco

Area davanti o dietro rispetto al piano di messa a fuoco ottimale, in cui l'immagine fotografata risulta nitida. La profondità di fuoco è uguale su entrambi i lati del piano

immagine (piano pellicola) e può essere calcolata moltiplicando il circolo di confusione minimo per il numero F, indipendentemente dalla lunghezza focale dell'obiettivo. Con le moderne fotocamere reflex monobiettivo con messa a fuoco automatica, la messa a fuoco viene eseguita rilevando lo stato del fuoco nel piano immagine (piano pellicola). Questo processo utilizza un sensore con rapporto di ingrandimento 1:1 posizionato all'esterno del piano pellicola che controlla automaticamente l'obiettivo in modo che il soggetto dell'immagine rientri nell'area di profondità di fuoco.

Figura 17 Relazione tra profondità della messa a fuoco e apertura



Distanza iperfocale

Utilizzando il principio della profondità di campo, quando un obiettivo viene messo gradualmente a fuoco per i soggetti più distanti, alla fine verrà raggiunto un punto in cui il limite distante della profondità di campo posteriore sarà equivalente a "infinito". La distanza dello scatto a questo punto, cioè la distanza più vicina a "infinito" nella profondità di campo, è denominata distanza iperfocale. La distanza iperfocale può essere determinata come segue:

$$\text{Distanza iperfocale} = \frac{f^2}{d}$$

f: lunghezza focale F: numero f
d: diametro minimo di confusione

Di conseguenza, preimpostando l'obiettivo sulla distanza iperfocale, la profondità di campo si estenderà da una distanza uguale alla metà della distanza iperfocale a infinito. Il metodo è utile per preimpostare un'ampia profondità di campo e scattare istantanee senza necessariamente regolare la messa a fuoco dell'obiettivo, soprattutto quando si utilizza un obiettivo grandangolare (ad esempio, quando EF 20 mm f/2,8 USM è impostato su f/16 e la distanza dello scatto è impostata sulla distanza iperfocale di circa 0,7 m/2,3 piedi, tutti i soggetti nella portata di circa 0,4 m/1,3 piedi dalla fotocamera a infinito vengono messi a fuoco).

Foto 1 Condizione impostata della lunghezza iperfocale



Aberrazioni dell'obiettivo

Deviazione

L'immagine formata da un ideale obiettivo fotografico avrebbe le seguenti caratteristiche:

- ① Un punto verrebbe formato come un punto.
- ② Un piano (ad esempio, una parete) perpendicolare all'asse ottico verrebbe formato come un piano.
- ③ L'immagine formata dall'obiettivo avrebbe la stessa forma del soggetto.

Inoltre, dal punto di inquadratura dell'immagine, un obiettivo dovrebbe presentare una reale riproduzione dei colori. Se vengono utilizzati solo i raggi di luce che penetrano nell'obiettivo vicino all'asse ottico e la luce è monocromatica (una specifica lunghezza d'onda), è possibile ottenere le prestazioni dell'obiettivo ideali. Tuttavia, con i reali obiettivi fotografici, dove si utilizza un'ampia apertura per ottenere sufficiente luminosità e l'obiettivo deve convergere la luce non solo dall'area vicina all'asse ottico ma da tutte le aree dell'immagine, è molto difficile soddisfare le condizioni ideali indicate sopra a causa dell'esistenza dei seguenti fattori di ostruzione:

● Poiché la maggior parte degli obiettivi fotografici è composta solo da elementi dell'obiettivo con superfici sferiche, i raggi da un singolo punto del soggetto non vengono formati nell'immagine come un punto perfetto (un problema inevitabile con le superfici sferiche).

● La posizione del punto focale varia a seconda dei diversi tipi di luce (ad esempio, diverse lunghezze d'onda).

● Esistono molti requisiti relativi alle modifiche dell'angolo di visualizzazione (soprattutto con gli obiettivi grandangolari, zoom e con i teleobiettivi). Il termine generale utilizzato per descrivere la differenza tra un'immagine ideale e l'immagine effettiva influenzata dai fattori precedenti è "aberrazione". Di conseguenza, per progettare un obiettivo a elevate prestazioni, l'aberrazione deve essere minima, al fine di ottenere un'immagine più vicina possibile all'immagine ideale. In generale, l'aberrazione può essere divisa in aberrazioni cromatiche e aberrazioni monocromatiche → Aberrazione cromatica → Cinque aberrazioni di Seidel

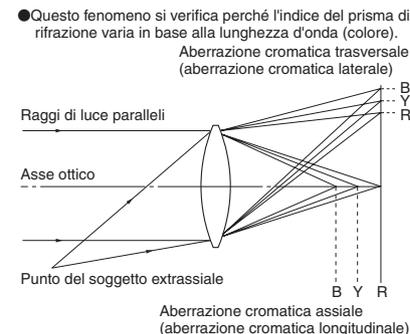
Tabella 1 Aberrazioni dell'obiettivo

Casi di aberrazione visti nello spettro continuo	
■ Aberrazioni cromatiche	
● Aberrazione cromatica assiale (aberrazione cromatica longitudinale)	
● Aberrazione cromatica trasversale (aberrazione cromatica laterale)	
Casi di aberrazione visti a lunghezze d'onde specifiche	
■ Le cinque aberrazioni di Seidel	<ul style="list-style-type: none"> ① Aberrazione sferica ② Aberrazione cromatica ③ Astigmatismo ④ Curvatura di campo ⑤ Distorsione

Aberrazione cromatica

Quando un fascio di luce bianca, ovvero luce composta da molti colori miscelati uniformemente tra loro che l'occhio non riesce a separare, passa attraverso un prisma, ed è visibile l'intero spettro dei colori sotto forma di arcobaleno. Questo fenomeno si verifica poiché l'indice di rifrazione del prisma e il tasso di dispersione varia in base alla lunghezza d'onda. Le lunghezze d'onda brevi vengono rifratte in modo molto più deciso rispetto a lunghezze d'onda inferiori. Questo fenomeno è maggiormente visibile in un prisma ma avviene anche negli obiettivi fotografici; dal momento che si verifica a differenti lunghezze d'onda, viene chiamato "aberrazione cromatica". Esistono due tipi di aberrazione cromatica: "aberrazione cromatica assiale", in cui la posizione del punto focale sull'asse ottico varia in base alla lunghezza d'onda e la "differenza cromatica di ingrandimento", in cui l'ingrandimento dell'immagine nelle aree esterne varia in base alla lunghezza d'onda. Nelle fotografie, l'aberrazione cromatica assiale si manifesta come una macchia o un chiarore e la differenza cromatica di ingrandimento appare come un contorno colorato. Negli obiettivi fotografici, l'aberrazione cromatica viene corretta mediante la combinazione di differenti tipi di lenti ottiche con differenti caratteristiche di rifrazione e dispersione. Poiché l'effetto dell'aberrazione cromatica aumenta con l'aumentare della lunghezza focale, una precisa correzione dell'aberrazione cromatica è particolarmente importante per ottenere immagini nitide con i super teleobiettivi. Sebbene esista un limite al grado di correzione che si può ottenere con le lenti ottiche in vetro, è possibile raggiungere risultati importanti utilizzando materiali sintetici quali la fluorite o il vetro UD. L'aberrazione cromatica spesso viene anche chiamata "aberrazione cromatica longitudinale", poiché si verifica longitudinalmente all'asse ottico. La differenza cromatica di ingrandimento invece viene anche detta "aberrazione cromatica laterale", poiché si verifica lateralmente all'asse ottico.

Figura 18 Aberrazione cromatica



Nota: sebbene l'aberrazione cromatica sia più evidente utilizzando le pellicole a colori, questo problema interessa anche le immagini in bianco e nero, manifestandosi con una riduzione di nitidezza dell'immagine.

Acromatico

Un obiettivo che corregge l'aberrazione cromatica per due lunghezze d'onda della luce. Quando si fa riferimento a un obiettivo fotografico, le due lunghezze d'onda corrette sono nella gamma blu-viola e giallo.

Apocromatico

Un obiettivo che corregge l'aberrazione cromatica per tre lunghezze d'onda della luce, con aberrazione ridotta notevolmente soprattutto nello spettro secondario. I super teleobiettivi EF sono esempi di obiettivi apocromatici.

Le cinque aberrazioni di Seidel

Nel 1856, il fisico tedesco Seidel ha scoperto l'esistenza di cinque tipi di aberrazioni ottiche che si verificano con la luce monocromatica (a singola lunghezza d'onda). Queste aberrazioni sono chiamate le cinque aberrazioni di Seidel.

① Aberrazione sferica

Questo tipo di aberrazione è presente in tutti gli obiettivi costituiti interamente da elementi sferici. L'aberrazione sferica causa ai raggi luminosi paralleli che attraversano il bordo di una lente di convergere su un punto focale più vicino rispetto a quello dei raggi luminosi che attraversano il centro della lente. La distanza di spostamento del punto focale lungo l'asse ottico è chiamata aberrazione sferica longitudinale. Il grado di aberrazione sferica tende ad aumentare negli obiettivi a grande apertura. Un'immagine affetta da aberrazione sferica è definita chiaramente nell'area in cui i raggi passano in prossimità dell'asse ottico ma si offusca man mano che i raggi luminosi si allontanano dal centro fino ai bordi della lente. L'offuscamento viene chiamato anche alone e il suo raggio è chiamato aberrazione sferica laterale. Come risultato, l'aberrazione sferica

Figura 19 Aberrazione sferica

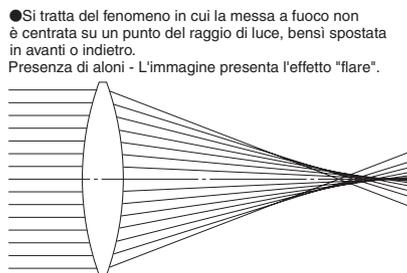
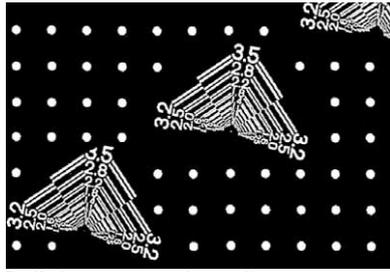
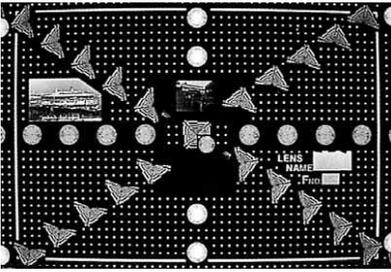
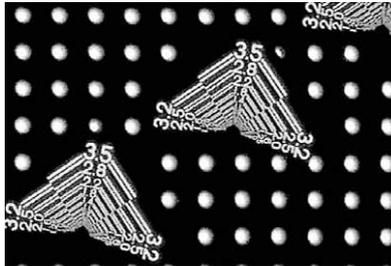


Foto 2 Le foto sono ingrandimenti del soggetto e dell'area circostante da un grafico di prova fotografato con un fotogramma su pellicola 24 x 36 mm e stampato su un formato carta A4.
Formazione dell'immagine quasi ideale

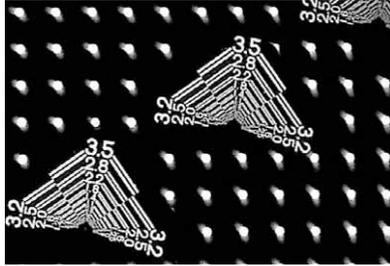


Periferica □ parte ingrandita

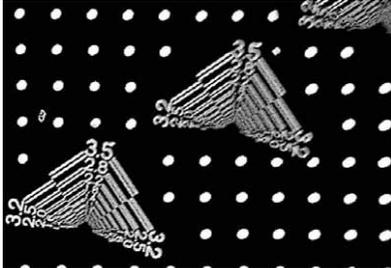
① Esempio di aberrazione sferica



②-1 Esempio di aberrazione cromatica verso l'interno



③ Esempio di astigmatismo



②-2 Esempio di aberrazione cromatica verso l'esterno

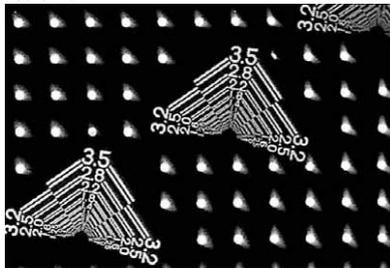


Foto 3 Aberrazione cromatica assiale

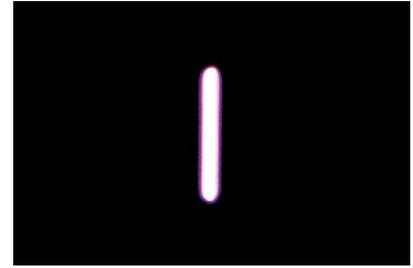
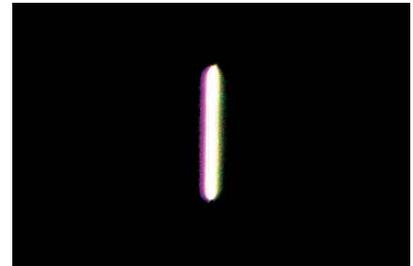


Foto 4 Aberrazione cromatica trasversale

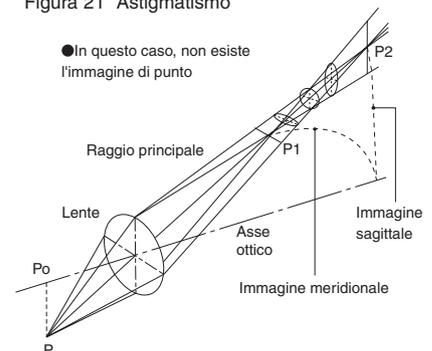


stesso punto che passa attraverso il centro della lente. Il coma aumenta all'aumentare dell'angolo del raggio principale che causa, di conseguenza, una diminuzione del contrasto in prossimità dei bordi dell'immagine. È possibile ottenere una determinata percentuale di miglioramento chiudendo il diaframma. Il coma può generare anche macchie nell'immagine, compromettendone la qualità. L'eliminazione dell'aberrazione sferica e del coma in un soggetto che si trova a una determinata distanza è chiamata "aplanatismo". Le lenti in cui questi difetti sono stati corretti si chiamano "lenti aplanatiche".

③ Astigmatismo

Con un obiettivo corretto per l'aberrazione sferica e comatica, un punto del soggetto sull'asse ottico verrà correttamente riprodotto come un punto nell'immagine, ma un punto del soggetto sull'asse secondario non apparirà come un punto nell'immagine, ma come un'ellisse o una linea. Questo tipo di aberrazione viene denominata astigmatismo. È possibile osservare il fenomeno vicino ai bordi dell'immagine spostando leggermente la modalità di messa a fuoco dell'obiettivo su una posizione

Figura 21 Astigmatismo



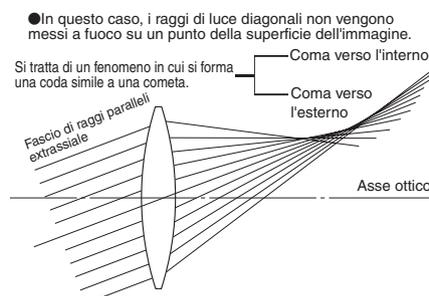
impatta sull'area dell'intera immagine, dal centro ai bordi, e produce un'immagine a basso contrasto che sembra coperta da un velo sottile. Correggere l'aberrazione sferica nelle lenti sferiche è molto difficile. Sebbene sia possibile utilizzarle come rimedio due lenti, una convessa e una concava, nell'ambito di una determinata altezza di incidenza (distanza dall'asse ottico), esiste un limite al grado di correzione che è possibile ottenere con le lenti sferiche. In pratica, non è possibile eliminare del tutto l'aberrazione sferica. La percentuale di aberrazione sferica che rimane può essere eliminata in gran parte restringendo l'apertura del diaframma in modo da tagliare la luce periferica. Usando il diaframma completamente aperto negli obiettivi con aperture focali molto luminose, l'unico rimedio per compensare l'aberrazione sferica consiste nell'utilizzare lenti asferiche. → Lente asferica

② Coma o aberrazione comatica

Il coma, o aberrazione comatica, è un fenomeno visibile nei bordi di un'immagine prodotta da una lente che è stato corretto dall'aberrazione sferica.

Questo difetto fa penetrare i raggi di luce nell'estremità della lente con un angolo che converge nella forma di una cometa (da cui il nome) invece che nel punto desiderato. La cometa è orientata radialmente con la coda rivolta verso l'esterno o l'interno rispetto al centro dell'immagine. La macchia che risulta vicino ai bordi dell'immagine è chiamata "chiarore comatico". Il coma, che si può verificare anche nelle lenti che riproducono correttamente un punto come un punto dell'asse ottico, è causato dalla differenza di rifrazione tra i raggi di un punto dell'asse esterno che passano attraverso il bordo delle lenti e il raggio di luce principale dello

Figura 20 Aberrazione comatica



● In questo caso, non esiste l'immagine di punto messi a fuoco su un punto della superficie dell'immagine.

Si tratta di un fenomeno in cui si forma una coda simile a una cometa.

in cui il punto del soggetto appare nitidamente come una linea orientata in una direzione che si irradia dal centro dell'immagine e, di nuovo, verso un'altra posizione.

④ Curvatura di campo

Questo fenomeno impedisce agli obiettivi di riprodurre l'immagine piatta di un soggetto piatto. Quando il centro dell'immagine è a fuoco, i bordi dell'immagine sono fuori fuoco e viceversa. Il grado di curvatura di campo è particolarmente correlato al metodo utilizzato per la correzione dell'astigmatismo. Dal momento che il piano dell'immagine ricade tra le superfici sagittali e meridionali dell'immagine, una buona correzione dell'astigmatismo genera una piccola curvatura di campo. Dal momento che la curvatura di campo è un difetto che anche chiudendo il diaframma non viene risolto, i progettisti hanno utilizzato diversi metodi per ridurre il più possibile il problema. Ad esempio, hanno cambiato la forma dei singoli componenti degli obiettivi e la posizione del diaframma. Tuttavia, per correggere

Figura 22 Curvatura di campo

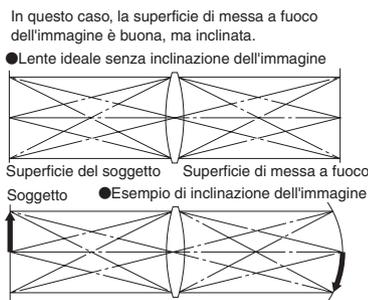
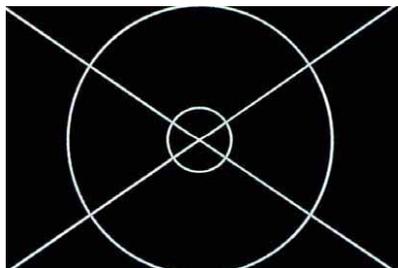
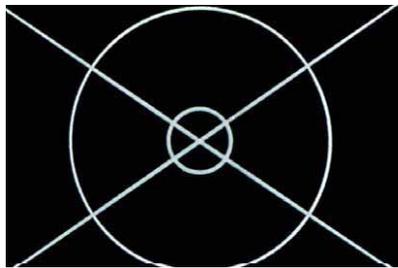


Foto 5 Esempio di curvatura di campo



La messa a fuoco del centro dello schermo fa sfocare gli angoli.

Foto 6 Esempio di curvatura di campo



La messa a fuoco degli angoli dello schermo fa sfocare il centro.

contemporaneamente l'astigmatismo e la curvatura di campo, è necessario che venga soddisfatta la Condizione di Petzval (1843). La Condizione di Petzval indica che un obiettivo è di ottima qualità quando l'inverso del prodotto dell'indice di rifrazione e la lunghezza focale della lente sommato al numero totale di lenti è zero. Questa somma è chiamata "somma di Petzval".

⑤ Distorsione

Una delle condizioni per un obiettivo ideale è che "l'immagine del soggetto e l'immagine formata dall'obiettivo sono simili" e che la deviazione dall'ideale in cui le linee dritte vengono curvate è denominata distorsione. La forma estesa nella direzione dell'angolo di visualizzazione diagonale (+) è denominata distorsione del puntaspilli e, al contrario, la forma contratta (-) viene denominata distorsione del barilotto. Con un obiettivo grandangolare, raramente coesistono entrambe le distorsioni. Anche se si verifica raramente negli obiettivi in cui la configurazione di combinazione dell'obiettivo è il limite di apertura, si verifica invece facilmente nell'obiettivo di configurazione. I tipici obiettivi zoom

Figura 23 Distorsione

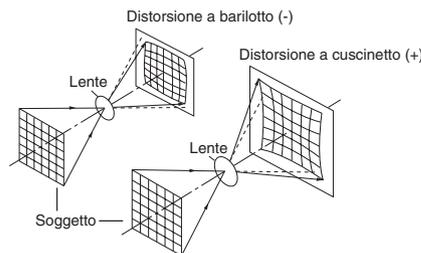
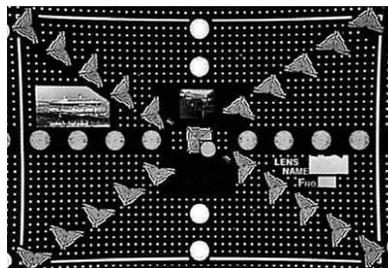
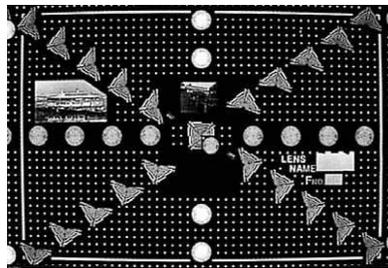


Foto 7 Esempio di distorsione



+Distorsione del puntaspilli

Foto 8 Esempio di distorsione



-Distorsione del barilotto

tendono a presentare una distorsione del barilotto con le minori lunghezze focali e una distorsione del puntaspilli con le maggiori lunghezze focali (le caratteristiche di distorsione cambiano leggermente durante lo zoom), ma negli obiettivi zoom che utilizzano un obiettivo asferico, l'obiettivo asferico è efficace nel rimuovere la distorsione; di conseguenza, la correzione è esatta. La differenza è causata dalla differenza nella rifrazione dei raggi principali che passano attraverso il centro dell'obiettivo e non può essere migliorata indipendentemente dal grado di blocco dell'apertura.

Meridionale

Un piano che include un raggio principale che tenta di acquisire un punto fuori dall'asse ottico e l'asse ottico viene denominato piano meridionale. La posizione collegata al punto focale dal raggio di luce che penetra in un obiettivo di questa forma viene denominato piano immagine meridionale. È il piano immagine in cui l'immagine dei cerchi concentrici nella cornice è perfetta. Se la superficie sferica dell'obiettivo viene confrontata con una parte della curvatura terrestre e se l'asse ottico viene confrontato con l'asse terrestre, il piano meridionale dovrebbe trovarsi sul meridiano terrestre, da cui il nome utilizzato. La curva che esprime le caratteristiche del piano immagine utilizzando un grafico delle caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) e così via, viene spesso abbreviata come "M".

Sagittale

Il piano che è perpendicolare al piano meridionale viene denominato piano sagittale, il piano immagine in cui l'immagine del raggio è migliore. La parola deriva dalla parola greca per freccia, che si estende a forma di raggi. La posizione collegata al punto focale di un raggio di luce che passa attraverso un piano sagittale e un obiettivo viene denominato piano immagine sagittale e quando le caratteristiche del piano immagine sono espresse utilizzando un grafico delle caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) e così via, viene spesso abbreviato con l'iniziale "S".

Come leggere i grafici sulla distorsione

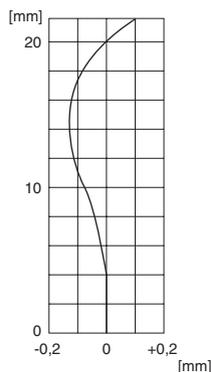
Un modo semplice per leggere i grafici sull'aberrazione che accompagnano gli articoli sui test sulle riviste specializzate sulle fotocamere.

● Grafico sulle caratteristiche della distorsione sferica (grafico 1)

L'asse verticale del grafico mostra l'altezza dell'elemento sull'asse che attraversa il sistema dell'obiettivo (distanza sulla diagonale dal centro della

cornice) e l'asse orizzontale mostra il punto dell'immagine esterno acquisito dalla superficie della pellicola. L'unità è mm. I simboli dell'asse orizzontale sono "-" (meno), che mostra la direzione del soggetto e "+" (più), che mostra la direzione della pellicola. La caratteristica dell'obiettivo ideale per il punto zero dell'asse orizzontale è quella di formare una linea dritta con l'altezza elemento. La differenza tra l'obiettivo ideale ed effettivo viene visualizzata come una curva. La correzione della distorsione sferica viene generalmente definita esatta se è presente un nucleo nell'immagine e il punto focale si sposta leggermente quando viene bloccato l'obiettivo; in altri termini, la correzione è insufficiente nell'area centrale mentre all'altezza massima dell'elemento è perfetta la correzione in cui si torna quasi a zero.

Figura 24 Grafico sulle caratteristiche della distorsione sferica (grafico 1)



● Curva dell'astigmatismo (grafico 2)

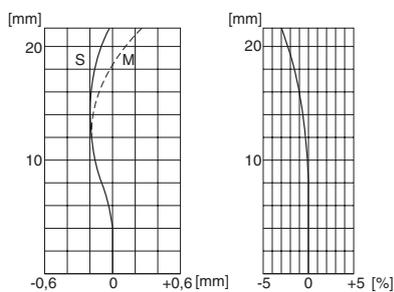
L'asse verticale del grafico è l'altezza assiale di incidenza (distanza dal centro dell'immagine) del raggio che penetra nell'obiettivo e l'asse orizzontale è il grado di spostamento del punto dell'immagine formata nel piano focale. Le unità e i segni sono gli stessi della curva di aberrazione sferica. La curva per un obiettivo ideale dovrebbe essere una linea dritta al punto zero dell'asse orizzontale rispetto all'altezza di incidenza. La differenza tra l'obiettivo ideale e l'obiettivo effettivo viene indicata da due linee curve nella direzione S (direzione sagittale/radiale) e direzione M (direzione meridionale/cerchio concentrico). Se la differenza tra S e M (differenza astigmatica) è grande, non si formerà un punto e l'immagine risulterà macchiata. Inoltre, l'immagine sfocata di fronte e dietro il piano di formazione immagine risulterà innaturale.

● Curva della distorsione (grafico 3)

L'asse verticale del grafico è l'altezza assiale di incidenza (distanza dal centro dell'immagine; unità: mm) del raggio che

penetra nell'obiettivo e l'asse orizzontale è la distorsione in percentuale (%). La curva indica la differenza tra un'immagine ideale e l'immagine effettiva formata sul piano focale. Un segno meno indica la distorsione negativa o del barilotto, dove la lunghezza della diagonale dell'immagine effettiva è inferiore alla diagonale dell'immagine ideale. Un segno "più" indica la distorsione positiva o del puntaspilli. Un obiettivo ideale dovrebbe mostrare $\pm 0\%$ di distorsione a qualsiasi altezza dell'immagine. Le curve di distorsione per gli obiettivi zoom mostrano generalmente la distorsione del barilotto nelle posizioni del grandangolare e la distorsione del puntaspilli nelle posizioni del teleobiettivo.

Figura 25 Curva dell'astigmatismo (grafico 2) Curva della distorsione (grafico 3)



Come ridurre al minimo gli effetti delle aberrazioni

I moderni obiettivi sono progettati utilizzando computer su larga scala per eseguire calcoli complessi e simulazioni ad alto livello per ridurre al minimo tutti i tipi di aberrazione e raggiungere prestazioni superiori per la formazione delle immagini. Tuttavia, anche con questa tecnologia, è impossibile rimuovere completamente tutte le aberrazioni, nel senso che tutti gli obiettivi presenti sul mercato hanno una minima quantità di aberrazione rimanente. Questa aberrazione è denominata aberrazione residua. Il tipo di aberrazione residua in un obiettivo generalmente determina le caratteristiche di imaging dell'obiettivo, ad esempio la nitidezza e l'effetto sfocato. Per questa ragione,

Tabella 2 Relazione tra apertura e aberrazione

Causa di peggioramento della qualità di immagine	Aree interessate sullo schermo	Miglioramento con minore apertura
Aberrazione cromatica assiale	Centro e bordi	Effetto leggero
Aberrazione cromatica di ingrandimento	Bordi	Effetto assente
Aberrazione sferica	Centro e bordi	Effetto presente
Aberrazione comatica	Bordi	Effetto presente
Astigmatismo	Bordi	Effetto leggero
Curvatura di campo	Bordi	Effetto leggero
Distorsione	Bordi	Effetto assente
Immagine fantasma/Effetto flare	Centro e bordi	Effetto assente
Illuminazione periferica drop-in	Bordi	Effetto presente

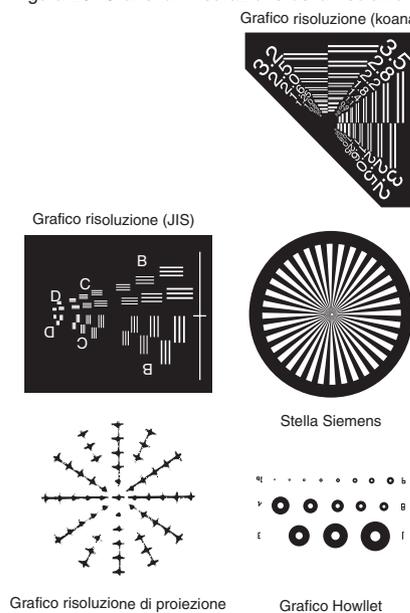
i moderni obiettivi sono spesso progettati per raggiungere un piacevole effetto sfocato (caratteristiche all'esterno del piano di formazione immagine) utilizzando le tecniche di simulazione al computer per analizzare le prestazioni dell'obiettivo nella fase di progettazione. Come indicato nelle varie descrizioni delle aberrazioni, gli effetti di alcune aberrazioni possono essere ridotti al minimo bloccando l'obiettivo, a differenza di altre. Le relazioni tra l'apertura e le aberrazioni sono indicate nella Tabella 2.

Valutazione delle prestazioni dell'obiettivo

Potenza di risoluzione/resoluzione

La risoluzione di un obiettivo indica la capacità di riproduzione di un punto del soggetto di risoluzione. La risoluzione della fotografia finale dipende da tre fattori: la risoluzione dell'obiettivo, la risoluzione della pellicola o del sensore immagine e la risoluzione della stampante o della carta da stampare. La risoluzione viene misurata dalla fotografia, a uno specifico

Figura 26 Grafici di misurazione della risoluzione



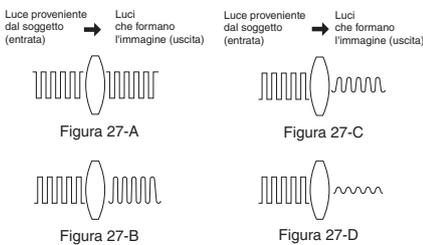
ingrandimento, di un grafico contenente gruppi di strisce in bianco e nero che diminuiscono gradualmente, quindi utilizzando un microscopio per osservare l'immagine negativa a un ingrandimento di 50x.

È frequente osservare la risoluzione espressa come un valore numerico, ad esempio, 50 linee o 100 linee. Il valore indica il numero di linee per millimetro del motivo di linea in bianco e nero più piccolo che può essere registrato sulla pellicola. Per verificare la risoluzione di un solo obiettivo, viene utilizzato un metodo in cui un grafico di risoluzione fine viene posizionato nella posizione corrispondente al piano focale e proiettato attraverso l'obiettivo di prova su uno schermo. Il valore numerico utilizzato per esprimere il potere di risoluzione è solo un'indicazione del grado di risoluzione possibile e non indica la chiarezza o il contrasto di risoluzione.

Contrasto

Grado di distinzione tra aree di luminosità diversa in una fotografia (ad esempio, la differenza tra aree chiare e aree scure). Ad esempio, quando il rapporto di riproduzione tra il bianco e il nero è netto, il contrasto è alto; quando non lo è, il contrasto è basso. In generale, le lenti di qualità producono immagini di alta qualità con risoluzione e contrasto elevati.

Figura 27 Diagramma del concetto di contrasto



Contrasto Riproduzione Immagine

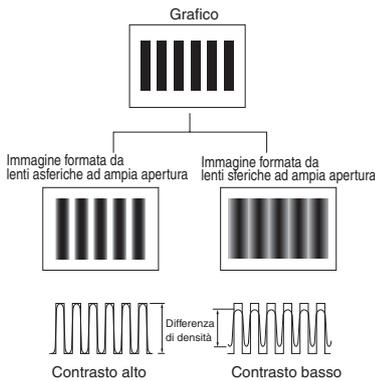
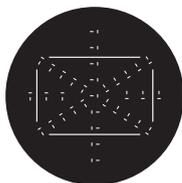


Figura 27-E Grafico fenditura di uso/misurazione MTF (funzione di trasferimento di modulazione)



MTF (Modulation Transfer Function, funzione di trasferimento di modulazione)

La funzione di trasferimento di modulazione è un metodo di valutazione delle prestazioni di un obiettivo per determinare il rapporto di riproduzione del contrasto o la nitidezza di un obiettivo. Quando si valutano le caratteristiche elettriche di un'apparecchiatura audio, un'importante metodo di misura delle prestazioni è la risposta di frequenza. In questo caso, la sorgente audio viene registrata con un microfono, quindi riprodotta attraverso gli altoparlanti, pertanto, la risposta di frequenza indica la fedeltà del suono riprodotto rispetto alla sorgente audio. Se il suono riprodotto è molto vicino alla sorgente audio, l'apparecchiatura viene classificata come "hi-fi" o "alta fedeltà". Considerando il sistema ottico di un obiettivo come un "sistema di trasmissione dei segnali ottici", nello stesso modo in cui un sistema audio trasmette segnali elettrici, è possibile individuare il livello di precisione con cui i segnali ottici sono trasmessi, fino a quando la risposta di frequenza del sistema ottico può essere misurata. In un sistema ottico, l'equivalente di frequenza è "frequenza dello spazio", che indica la quantità di motivi o cicli di una certa densità del seno presente all'ampiezza di 1 mm. Di conseguenza, l'unità della frequenza dello spazio è linee per mm. La figura 27-A mostra le caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) di un obiettivo "hi-fi" ideale per una certa frequenza dello spazio, con l'uscita uguale all'entrata. Un obiettivo di questo tipo fornirebbe un contrasto di 1:1. Tuttavia, poiché gli obiettivi effettivamente contengono un'aberrazione residua, gli effettivi rapporti di contrasto sono sempre inferiori a 1:1. Come aumenta la frequenza di spazio (ad esempio, come la sinusoide diventa più fine o più densa), il contrasto diminuisce, come mostrato nella figura 27-D fino a diventare grigio senza alcuna distinzione tra bianco e nero (nessun contrasto, 1:0) al limite della frequenza dello spazio. L'illustrazione del fenomeno nel grafico con la frequenza dello spazio come asse orizzontale e il contrasto come asse verticale risulta nella curva mostrata nel grafico 4. In altre parole, il grafico rende possibile il controllo della riproducibilità della risoluzione e del contrasto (ad esempio, il grado di modulazione) in modo continuo. Tuttavia, poiché mostra solo le caratteristiche di un punto nell'area dell'immagine, è necessario utilizzare i dati per diversi punti per determinare le caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) dell'intera immagine. Per questa ragione, per le caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) degli obiettivi EF presentate in questo manuale, vengono selezionate due tipiche frequenze

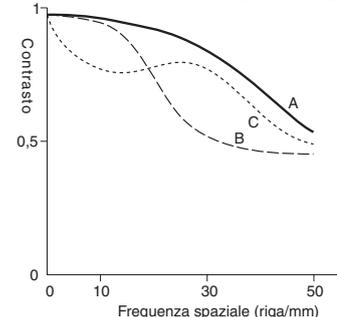
dello spazio (10 linee/mm e 30 linee/mm) e utilizzate sofisticate tecniche di simulazione al computer per determinare le caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) dell'intera area dell'immagine, indicata nel grafico con l'asse orizzontale corrispondente alla distanza dal centro dell'immagine lungo la linea diagonale e l'asse verticale corrispondente al contrasto.

Come leggere i grafici MTF (funzione di trasferimento di modulazione)

I grafici MTF (funzione di trasferimento di modulazione) indicati in questo libro per gli obiettivi inseriscono l'altezza immagine (con il centro dell'immagine che ha un'altezza di 0) sull'asse orizzontale e il contrasto sull'asse verticale. Le caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) sono fornite per le frequenze dello spazio di 10 linee/mm e 30 linee/mm. La frequenza dello spazio, il valore di apertura dell'obiettivo e la direzione nell'area dell'immagine sono indicati nella seguente tabella.

È possibile estrarre le informazioni sulle prestazioni di un obiettivo dal grafico MTF (funzione di trasferimento di modulazione) nel modo seguente: più vicina è la curva di 10 linee/mm a 1, maggiore è la capacità di contrasto e di separazione dell'obiettivo e più vicina è la curva di 30 linee/mm a 1, maggiore è il potere di risoluzione e la nitidezza dell'obiettivo. Inoltre, più vicine sono le caratteristiche di M e S e più naturale diventa lo sfondo sfocato. Anche se un buon bilanciamento tra queste caratteristiche è importante, generalmente si presuppone che un obiettivo fornirà un'eccellente qualità dell'immagine se la curva di 10 linee/mm è maggiore di 0,8 e che una soddisfacente qualità dell'immagine può essere ottenuta se la curva di 10 linee/mm è maggiore di 0,6. Osservando le caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) degli obiettivi della serie L del super teleobiettivo EF con questo quadro di riferimento, è ovvio solo da questi dati che gli obiettivi posseggono caratteristiche di imaging a prestazioni molto elevate.

Grafico 4 Caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione) del punto di una singola immagine





A: Risoluzione e contrasto buoni



B: Contrasto buono, risoluzione scadente

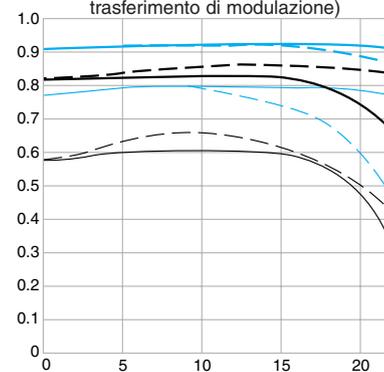


C: Buona risoluzione, contrasto scadente

Tabella 3

Frequenza spaziale	Massima apertura		F 8	
	S	M	S	M
10 righe/mm	—	- - -	—	- - -
30 righe/mm	—	- - -	—	- - -

Grafico 5 Caratteristiche MTF (funzione di trasferimento di modulazione)



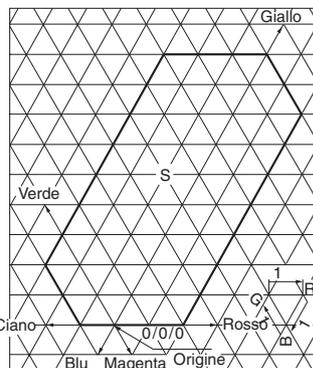
Bilanciamento del colore

La fedeltà di riproduzione del colore di una foto scattata con un obiettivo confrontata con il soggetto originale. Il bilanciamento del colore in tutti gli obiettivi EF si basa sui valori di riferimento ISO consigliati ed è mantenuto entro un rigido intervallo di tolleranza minore del valore consentito CCI di ISO. → CCI

CCI (Color Contribution Index)

La riproduzione del colore in una fotografia a colori dipende da tre fattori: le caratteristiche del colore della pellicola o del sistema di imaging digitale, la temperatura del colore della sorgente che illumina il soggetto e le caratteristiche di trasmissione della luce dell'obiettivo. L'indice di contributo del colore o CCI è un indice che indica "la quantità di variazione di colore causata filtrando le differenze di effetto tra obiettivi" quando si utilizza una pellicola standard e una sorgente luminosa e viene espresso da tre numeri nella forma 0/5/4. I tre numeri sono valori relativi espressi come logaritmi della trasmissione dell'obiettivo alle lunghezze d'onda blu-viola/verde/rosso corrispondenti ai tre strati di emulsione sensibile alla luce della pellicola a colori, con numeri maggiori che rappresentano una maggiore trasmissione. Tuttavia, poiché gli obiettivi fotografici assorbono la maggior parte delle lunghezze d'onda ultraviolette, il valore di trasmissione blu-viola è, in genere, zero; di conseguenza, il bilanciamento del colore viene valutato confrontando i valori di verde e rosso con valori di riferimento dell'obiettivo specificati ISO. Le caratteristiche di trasmissione della luce dell'obiettivo di riferimento ISO sono state impostate secondo un metodo proposto dal giapponese che ha indicato i valori di trasmissione medi di 57 obiettivi standard

Grafico 6 Portata della tolleranza ISO nel grafico sulle coordinate CCI

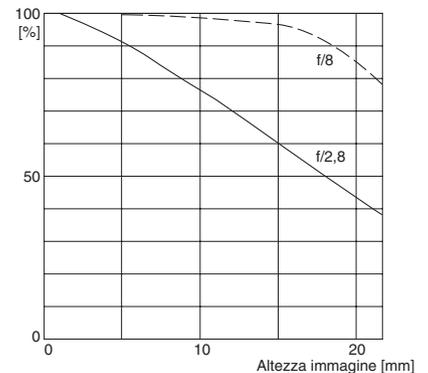


comprendenti cinque modelli tra i maggiori produttori di obiettivi incluso Canon. Il valore di riferimento consigliato di 0/5/4 viene utilizzato dai produttori di pellicole come riferimento quando si progettano le caratteristiche di produzione del colore delle pellicole a colori. In altri termini, se le caratteristiche di trasmissione della luce di un obiettivo non corrispondono ai valori di riferimento ISO, le caratteristiche di riproduzione del colore di una pellicola a colori non possono essere ottenute come concepite dal produttore.

Illuminazione periferica

La luminosità di un obiettivo è determinata dal numero F. Questo valore indica però solo la luminosità in corrispondenza dell'asse ottico, ovvero al centro dell'immagine. La luminosità (illuminanza della superficie dell'immagine) al bordo dell'immagine è chiamata illuminazione periferica ed è espressa come percentuale (%) della quantità di illuminazione presente al centro dell'immagine. L'illuminazione periferica è soggetta alla vignettatura e all'effetto cos⁴ (coseno 4) presente negli obiettivi è inevitabilmente più bassa rispetto all'illuminazione al centro dell'immagine. → Vignettatura, regola Cos4

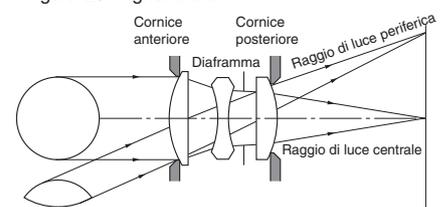
Grafico 7 Rapporto di illuminazione piano immagine che mostra le caratteristiche di illuminazione periferica



Vignettatura ottica

I raggi di luce che penetrano nell'obiettivo dalle estremità dell'area dell'immagine sono parzialmente bloccati dalle cornici dell'obiettivo di fronte e dietro al diaframma, impedendo a tutti i raggi di passare attraverso l'apertura effettiva (diametro del diaframma) e facendo diminuire la luce nelle aree periferiche dell'immagine. Questo tipo di vignettatura può essere eliminato bloccando l'obiettivo.

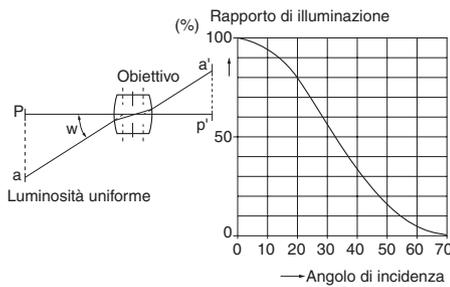
Figura 28 Vignettatura



Regola del coseno

La regola del coseno stabilisce che la diminuzione della luce nelle aree periferiche dell'immagine aumenta con l'aumentare dell'angolo di visualizzazione, anche se l'obiettivo è completamente privo dell'effetto di vignettatura. L'immagine periferica è formata da gruppi di raggi di luce che penetrano nell'obiettivo a un certo angolo rispetto all'asse ottico e la quantità di luce ridotta è proporzionale al coseno dell'angolo elevato alla

Grafico 8 Riduzione della luce periferica secondo la regola del coseno



quarta. Poiché si tratta di una legge della fisica, è un effetto inevitabile. Tuttavia, con gli obiettivi grandangolari che hanno un ampio angolo di visualizzazione, le riduzioni di illuminazione periferica possono essere impedito aumentando l'efficacia di apertura dell'obiettivo (rapporto dell'area della pupilla in entrata dell'asse principale con l'area della pupilla in uscita dell'asse secondario).

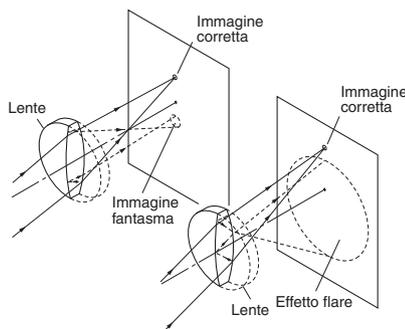
Vignettatura totale

Un fenomeno in cui la luce che penetra nell'obiettivo è parzialmente bloccata da un'ostruzione, ad esempio, il paraluce dell'obiettivo o la cornice di un filtro, che causa l'oscuramento degli angoli dell'immagine o l'illuminazione dell'intera immagine. Sfumatura è il termine generale utilizzato nel caso in cui l'immagine è ridotta da qualche ostacolo che blocca i raggi di luce che raggiungerebbero effettivamente l'immagine.

Bagliore (flare)

Luce riflessa dalle superfici delle lenti, dall'interno della lente e dalle pareti interne a specchio della fotocamera, può raggiungere la pellicola e offuscare parte o tutta l'area dell'immagine, compromettendone la qualità. Questi riflessi non desiderati sono chiamati bagliori o "flare". Sebbene sia possibile ridurre i bagliori trattando le superfici delle lenti e applicando dei sistemi antiriflesso al barilotto e alla fotocamera, non è possibile eliminare del tutto questo problema. Si consiglia di applicare

Figura 29 Effetto flare e immagine fantasma



all'obiettivo, quando possibile, l'apposito paraluce. Il termine "flare" viene utilizzato anche per far riferimento agli aloni causati dall'aberrazione sferica e dall'aberrazione comatica.

Immagine fantasma

Tipo di effetto "flare" che si verifica quando la luce del sole, o di altre sorgenti luminose molto forti, è compresa nella scena e una serie complessa di riflessi tra le superfici delle lenti genera un riflesso visibile chiaramente nell'immagine in una posizione simmetricamente opposta alla sorgente luminosa. Questo fenomeno, per differenziarlo dall'effetto "flare", viene chiamato "immagine fantasma" a causa della forma che genera. Le immagini fantasma causate dai riflessi sulle superfici che si trovano davanti al diaframma hanno la stessa forma dell'apertura del diaframma. Le immagini fantasma causate dai riflessi dietro il diaframma risultano come aree sfocate. Dal momento che le immagini fantasma possono essere generate anche da sorgenti luminose molto forti che si trovano all'esterno dell'area dell'immagine, si consiglia di utilizzare un paraluce o un altro dispositivo simile per proteggere l'immagine dalla luce non desiderata. È possibile controllare la presenza di immagini fantasma prima dello scatto osservando la scena dal mirino e utilizzando la funzione di controllo della profondità di campo per bloccare l'obiettivo all'apertura del diaframma da utilizzare durante la fase di esposizione.

Trattamento superficiale

Quando la luce passa attraverso un obiettivo, circa il 5% della luce viene riflessa nell'intercapedine tra le lenti (aria-lente) a causa della differenza nell'indice di rifrazione. Questo non solo riduce la quantità di luce che passa nell'obiettivo ma genera anche riflessi che possono causare immagini fantasma non desiderate. Per ridurre al minimo questo problema, alle lenti viene applicato un trattamento superficiale speciale. Sostanzialmente, si tratta di far evaporare sottovuoto fluoruro di magnesio che poi si deposita sulle lenti. Lo spessore della pellicola che si forma sulle lenti deve essere pari a 1/4 della lunghezza d'onda della luce che si desidera controllare. Tale sostanza ha un indice di rifrazione pari a \sqrt{n} , dove n è l'indice di rifrazione delle lenti. Anziché un unico processo di trattamento superficiale per controllare una singola lunghezza d'onda, gli obiettivi EF Canon sono sottoposti a un trattamento superficiale superiore a più livelli (più strati di pellicola depositati riducono la percentuale di riflessi fino allo 0,2-0,3%) che evita del tutto i riflessi di tutte le lunghezze d'onda della luce visibile all'occhio umano.

Tuttavia, il trattamento superficiale delle lenti non evita solo il problema dei riflessi. Il trattamento superficiale dei vari elementi delle lenti con sostanze appropriate che hanno caratteristiche differenti, costituisce un ruolo importante per offrire un sistema di lenti, ovvero l'obiettivo, con caratteristiche di bilanciamento del colore veramente superiori.

Vetro ottico

Vetro ottico

Il vetro ottico è prodotto specialmente per l'utilizzo nell'ottica di precisione, ad esempio, obiettivi fotografici, obiettivi video, telescopi e microscopi. Al contrario del vetro di uso comune, il vetro ottico è dotato di caratteristiche di rifrazione e dispersione fisse, precise (precisione fino a sei punti decimali) e soggetto a severi requisiti che riguardano la trasparenza e l'assenza di difetti, come striature, deformazioni e bolle. I tipi di vetro ottico vengono classificati in base alla composizione e alla costante ottica (numero Abbe) e attualmente esistono più di 250 tipi di vetro. Per gli obiettivi ad alte prestazioni, vengono combinati, in modo ottimale, diversi tipi di vetro ottico. Il vetro con un numero Abbe di 50 o inferiore viene denominato vetro purissimo (F), mentre il vetro con un numero Abbe di 55 o superiore viene denominato vetro "crown" (K). Ciascun tipo di vetro viene ulteriormente classificato secondo altri modi, ad esempio, la specifica gravità e viene assegnato a ciascun tipo un numero di serie corrispondente.

Numero Abbe

Un valore numerico che indica la dispersione del vetro ottico, utilizzando il simbolo greco v . Viene anche denominato costante ottica. Il numero Abbe è determinato dalla seguente formula utilizzando l'indice di rifrazione per le tre linee di Fraunhofer: F (blu), d (giallo) e c (rosso).

$$\text{Numero Abbe} = v_d = n_d - 1/n_F - n_c$$

Righe di Fraunhofer

Le righe di assorbimento, scoperte nel 1814 dal fisico tedesco Fraunhofer (1787-1826), comprendono lo spettro di assorbimento presente nello spettro continuo della luce emessa dal sole creato dagli effetti dei gas presenti nell'atmosfera del sole e della terra. Dal momento che ogni riga è associata a una lunghezza d'onda fissa, le righe vengono utilizzate per fare riferimento alle caratteristiche dei colori (lunghezza d'onda) nelle lenti ottiche. L'indice di rifrazione di una lente ottica viene misurato in base a

nove lunghezze d'onda selezionate tra tutte le righe di Fraunhofer (vedere tabella 4). Nella progettazione degli obiettivi, anche i calcoli per la correzione delle aberrazioni cromatiche si basano su queste lunghezze d'onda.

Tabella 4 Lunghezze d'onda della luce e Linee dello spettro

Codice spettro	i	h	g	F
Lunghezza d'onda (nm)	365,0	404,7	435,8	486,1
Colore	Ultravioletto	Violetto	Blu-violetto	Blu

Codice spettro	e	d	c	r	t
Lunghezza d'onda (nm)	546,1	587,6	656,3	706,5	1014
Colore	Verde	Giallo	Rosso	Rosso	Infrarosso

Nota: 1 nm = 10⁻⁹mm

Fluorite

La fluorite presenta un indice di rifrazione e dispersione estremamente basso rispetto alle normali lenti e caratteristiche di dispersione parziale speciali (dispersione parziale straordinaria). Utilizzata insieme alle lenti, la fluorite consente di correggere quasi del tutto le aberrazioni cromatiche. Questa caratteristica è nota da tempo e già nel 1880 la fluorite naturale veniva utilizzata nelle lenti degli obiettivi apocromatici dei microscopi. Tuttavia, dal momento che la fluorite naturale è un elemento dalle piccole dimensioni, non è facile utilizzarla nella realizzazione delle lenti fotografiche. Per risolvere questo problema, Canon sviluppò nel 1968 una particolare tecnologia di produzione di cristalli di fluorite artificiale dalle dimensioni più grandi. Ciò ha permesso di utilizzare la fluorite nelle lenti fotografiche.

Obiettivo UD

Un obiettivo composto da uno speciale vetro ottico con caratteristiche ottiche simili alla fluorite. Gli elementi dell'obiettivo UD sono soprattutto efficaci nella correzione delle aberrazioni cromatiche nei super teleobiettivi. I due elementi dell'obiettivo UD sono equivalenti a un solo elemento della fluorite. "UD" è l'abbreviazione di "Ultra-low Dispersion".

Vetro senza piombo

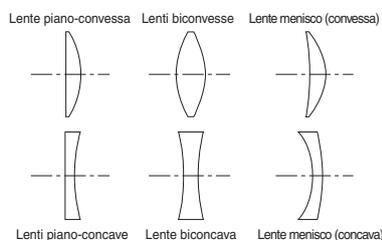
È un tipo di vetro ottico che non contiene piombo per non danneggiare l'ambiente. Il piombo viene utilizzato in molti tipi di vetro ottico poiché aumenta il potere di rifrazione del vetro. Nonostante il piombo non possa disperdere il vetro in esso contenuto, costituisce comunque una minaccia per l'ambiente nella forma di scarto prodotto durante la smerigliatura e

lucidatura del vetro. Al fine di eliminare il piombo dal processo di produzione, Canon ha collaborato con un produttore di vetri per sviluppare un vetro senza piombo e sta gradualmente eliminando dalla propria gamma di obiettivi, l'utilizzo di vetro contenente piombo. Il vetro senza piombo utilizza il titanio, che, a differenza del piombo, non costituisce alcun problema per l'ambiente o le persone, ma offre comunque caratteristiche ottiche equivalenti al vetro di piombo convenzionale.

Forme dell'obiettivo e fondamenti della costruzione di un obiettivo

Forme delle lenti

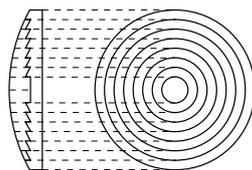
Figura 30 Forme dell'obiettivo



Lente di Fresnel

Tipo di lente convessa, composta da una serie di anelli a gradinata concentrici, ottenuti come sezioni di superfici convesse; l'effetto combinato di tali anelli è quello di una lente di forma normale di uguale apertura ma molto più spessa. In una fotocamera reflex monobiettivo, al fine di direzionare in modo efficiente la luce periferica diffusa all'oculare, il lato opposto della superficie dello schermo della messa a fuoco è composto da una lente Fresnel con passo pari a 0,05 mm. Le lenti Fresnel sono comunemente utilizzate nei flash e si contraddistinguono da righe circolari concentriche visibili sullo schermo di diffusione bianco che copre la lampada flash. La lente di proiezione utilizzata per proiettare la luce da un faro è un esempio di lente di Fresnel gigante.

Figura 31 Obiettivo Fresnel



Lente asferica

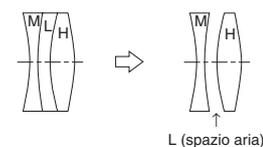
Gli obiettivi fotografici solitamente sono composti da più lenti, ognuna delle quali, se non diversamente specificato, ha la superficie sferica. A causa della forma

sferica, risulta particolarmente difficile correggere l'aberrazione sferica negli obiettivi a grande apertura e la distorsione negli obiettivi super-grandangolari. Una lente speciale con superficie curva ma non sferica, la cui forma è ideale per correggere le aberrazioni, viene chiamata asferica. I principi teorici sull'utilità delle lenti asferiche erano ben noti da molto tempo, ma a causa dell'estrema difficoltà del processo di creazione e dei problemi relativi alla precisione delle misurazioni di questo tipo di lenti, è stato possibile mettere in pratica tali principi solo recentemente. Il primo obiettivo fotografico reflex su cui è stata utilizzata una lente asferica è stato l'obiettivo Canon FD 55 mm f/1.2AL, realizzato nel marzo del 1971. Grazie ai rivoluzionari metodi di produzione attuali, gli obiettivi Canon EF utilizzano ora vari tipi di lenti asferiche, quali ad esempio smerigliate o lucidate, GMo (Glass Molded) ultra-precise, composite e replica.

Lente d'aria

Lo spazio che esiste tra le lenti di un obiettivo fotografico deve essere considerato come una lente di vetro con lo stesso indice di rifrazione dell'aria (1.0). Uno spazio d'aria progettato prendendo in considerazione questo principio viene chiamato "lente d'aria". Poiché la rifrazione di una lente d'aria è opposta alla rifrazione di una lente di vetro, la forma convessa agisce come una lente concava e viceversa. Questo principio è stato dimostrato nel 1898 da Emil von Hoegh che lavorava presso la società tedesca Goerz.

Figura 32 Diagramma del concetto di obiettivo ad aria

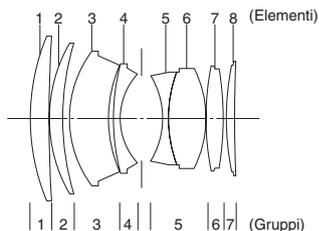


Lenti fotografiche correnti

Quando si guarda un'immagine ingrandita di un oggetto con una lente di ingrandimento, è frequente che le estremità dell'immagine siano distorte o scolorite anche se il centro è chiaro. È evidente che un obiettivo con un singolo elemento subisce molti tipi di aberrazioni e non può riprodurre un'immagine definita chiaramente da un angolo all'altro. Per questa ragione, gli obiettivi fotografici sono costituiti da diversi elementi con diverse forme e caratteristiche al fine di ottenere

un'immagine nitida nell'intera area dell'immagine. La costruzione di base di un obiettivo è riportata nella sezione delle specifiche di brochure e manuali di istruzione nei termini di elementi e di gruppi. La figura 33 mostra un esempio di EF 85 mm f/1,2L II USM, costituito da 8 elementi in 7 gruppi.

Figura 33 EF 85 mm f/1,2L II Costruzione obiettivo USM

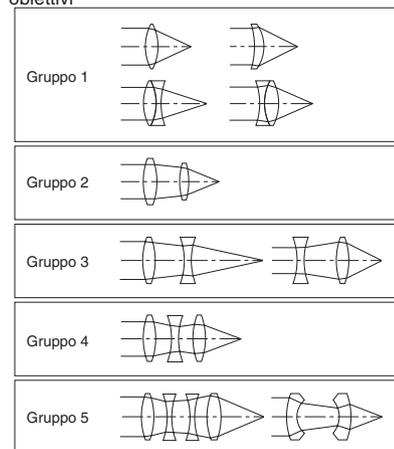


Fondamenti della costruzione di un obiettivo

Esistono cinque costruzioni di base utilizzate per i comuni obiettivi a focale fissa.

① Il tipo singolo è il più semplice, composto da un singolo elemento o un doppio costituito da due elementi congiunti. ② e ③ sono del tipo doppio, composto da due elementi indipendenti. ④ è un tipo triplo, composto da tre elementi indipendenti in una sequenza convesso-concavo-convesso. ⑤ è un tipo simmetrico, costituito da due gruppi di uno o più obiettivi della stessa forma e configurazione orientati simmetricamente intorno al diaframma.

Figura 34 Fondamentali raggruppamenti di obiettivi



Tipi di obiettivi fotografici tipici

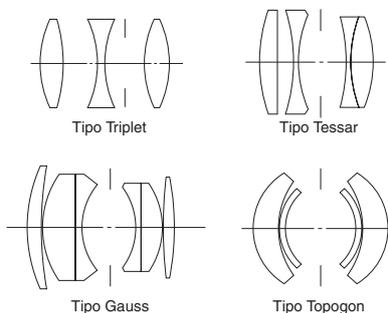
● Lenti a focale fissa

① Schema simmetrico

Tipo di lente in cui il gruppo di lenti posto dietro il diaframma ha pressoché la stessa forma e configurazione del gruppo di lenti che si trova davanti al diaframma. Le lenti a

schema simmetrico vengono ulteriormente classificate in varie tipologie, quali Gauss, Tripletto, Tessar, Topogon e ortometriche. Di queste, il tipo che utilizza lo schema Gauss e le sue derivazioni rappresentano la configurazione più diffusa utilizzata oggi, in quanto la loro disposizione simmetrica consente una correzione ben bilanciata di tutti i tipi di aberrazione. L'obiettivo Canon 50 mm f/1,8 lanciato nel 1951 riuscì ad eliminare l'aberrazione comatica che costituiva l'unico punto debole delle lenti di tipo Gauss dell'epoca, divenendo così, in virtù del notevole miglioramento delle prestazioni offerte, uno storico punto di svolta nella storia dell'ottica. Canon utilizza ancora oggi lo schema di Gauss in obiettivi come EF 50 mm f/1,4 USM, EF 50 mm f/1,8 II E e EF 85 mm f/1,2L II USM. Le configurazioni simmetriche a Tripletto e secondo lo schema Tessar sono comunemente utilizzate oggi nella costruzione delle fotocamere compatte equipaggiate con obiettivi a lunghezza focale fissa.

Figura 35 Tipi di obiettivi fotografici tipici



② Tipo teleobiettivo (teletipo)

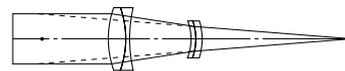
Con i comuni obiettivi fotografici, la lunghezza complessiva di un obiettivo (la distanza dall'apice dell'elemento avanzato dell'obiettivo al piano focale) è maggiore della relativa lunghezza focale. In generale, non è il caso degli obiettivi con una particolare lunghezza focale, poiché l'utilizzo di una normale costruzione di un obiettivo produrrebbe un obiettivo molto ampio e pesante. Per mantenere le dimensioni di un obiettivo maneggevole che fornisce ancora una maggiore lunghezza focale, viene posizionato un gruppo dell'obiettivo concavo (negativo) dietro il principale gruppo dell'obiettivo convesso (positivo) e, di conseguenza, un obiettivo che è inferiore alla lunghezza focale. Obiettivi di questo tipo sono denominati teleobiettivi. In un teleobiettivo, il secondo punto principale è posizionato di fronte all'elemento più avanzato dell'obiettivo.

● Rapporto teleobiettivo

Rapporto tra la lunghezza complessiva di un teleobiettivo e la sua lunghezza focale. In altre parole, è il valore della distanza che

separa la lente anteriore dal piano focale diviso per la lunghezza focale. Per i teleobiettivi, questo valore è minore di uno. Per riferimento, il rapporto teleobiettivo del modello EF 300 mm f/2,8L IS USM è uguale a 0,94 e quello del modello EF 600 mm f/4L USM è uguale a 0,81.

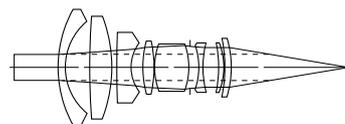
Figura 36 Tipo di teleobiettivo



③ Tipo punto focale posteriore

Gli obiettivi grandangolari convenzionali dispongono di una così breve messa a fuoco posteriore che non possono essere utilizzati nelle fotocamere reflex monobiettivo poiché potrebbero ostruire il movimento verso l'alto o il basso dello specchio principale. Per questa ragione, gli obiettivi grandangolari per le fotocamere reflex monobiettivo dispongono di una costruzione opposta a quella dei teleobiettivi, con un gruppo dell'obiettivo negativo di fronte al gruppo dell'obiettivo principale. Questo sposta il secondo punto principale dietro l'obiettivo (tra l'elemento più arretrato dell'obiettivo e il piano pellicola) e crea un obiettivo con una messa a fuoco posteriore più lunga della lunghezza focale. Generalmente, questo tipo di obiettivo viene denominato "retrofocus" (punto focale posteriore) dal nome di un prodotto distribuito da Angenieux Co. della Francia. In termini ottici, questo tipo di obiettivo è classificato come un tipo di teleobiettivo invertito.

Figura 37 Tipi di teleobiettivi invertiti (punto focale posteriore)



Obiettivi zoom

④ Tipo di zoom a 4 gruppi

La configurazione di uno zoom tradizionale che divide le funzioni dell'obiettivo in quattro gruppi (messa a fuoco, variazione di ingrandimento, correzione e formazione dell'immagine). Due gruppi (il gruppo di variazione di ingrandimento e il gruppo di correzione) si spostano durante lo zoom. Poiché un rapporto di zoom ad alto ingrandimento può essere facilmente ottenuto con questo tipo di costruzione, viene comunemente utilizzato per gli obiettivi delle videocamere e i teleobiettivi zoom reflex monobiettivo. Tuttavia, a causa dei problemi che si verificano durante la progettazione degli obiettivi zoom compatti, il loro utilizzo è meno frequente rispetto ai moderni zoom senza teleobiettivo.

⑤ Tipo di zoom breve

Spiegazione → P.175

⑥ Tipo di zoom multi-gruppo

Spiegazione → P.175

Messa a fuoco e movimento dell'obiettivo

Tecniche di messa a fuoco e movimento dell'obiettivo

I metodi per il movimento dell'obiettivo per la messa a fuoco possono essere generalmente classificati nei cinque tipi descritti di seguito.

① Estensione lineare globale

Tutto il sistema ottico dell'obiettivo si sposta avanti e indietro durante l'esecuzione della messa a fuoco. È il tipo più semplice di messa a fuoco utilizzato principalmente nel grandangolare attraverso gli obiettivi a focale fissa standard, ad esempio EF 15 mm f/2,8 Fisheye, EF 50 mm f/1,4 USM, TS-E 90 mm f/2,8 e altri obiettivi EF.

② Estensione lineare del gruppo anteriore

Quando il gruppo posteriore rimane fisso e solo il gruppo frontale si sposta linearmente avanti e indietro durante la messa a fuoco. Esempi di obiettivi con movimento lineare del gruppo anteriore sono EF 50 mm f/2,5 Compact Macro, MP-E 65 mm f/2,8 Macro Photo E EF 85 mm f/1,2L II USM.

③ Estensione di rotazione del gruppo anteriore

La sezione del barilotto dell'obiettivo che mantiene il gruppo lenti anteriore ruota per spostare il gruppo anteriore avanti e indietro durante la messa a fuoco. Questo tipo di messa a fuoco viene utilizzato solo negli obiettivi zoom e non si trova negli obiettivi a focale fissa. Esempi di obiettivi con rotazione del gruppo anteriore sono EF 28-90 mm f/4-5,6 III, EF 75-300 mm f/4-5,6 IS USM and EF 90-300 mm f/4,5-5,6 USM e altri obiettivi EF.

④ Messa a fuoco interna

Messa a fuoco eseguita spostando uno o più gruppi di lenti posizionati tra il gruppo di lenti anteriore e il diaframma. → P.176

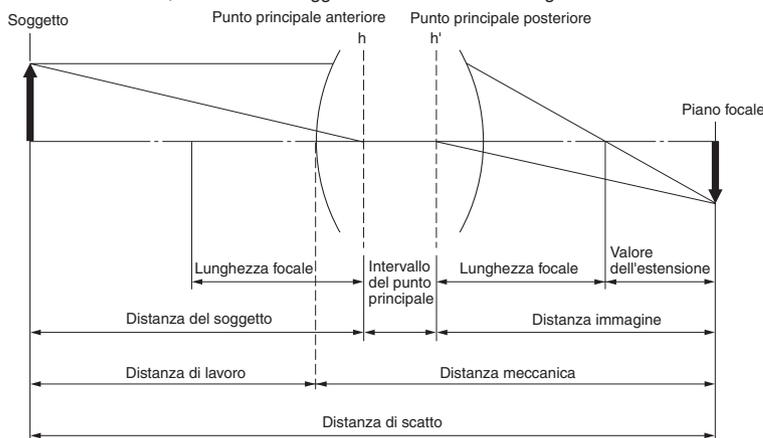
⑤ Messa a fuoco posteriore

La messa a fuoco viene eseguita spostando una o più lenti che si trovano all'interno dell'obiettivo, dietro il diaframma. → P.177

Sistema di oscillazione

Il sistema varia l'intervallo tra certi elementi dell'obiettivo secondo il valore di estensione al fine di compensare la variazione di aberrazione causata dalla distanza della fotocamera. Questo metodo viene indicato anche come un meccanismo di compensazione dell'aberrazione vicinanza-distanza. → P.177

Figura 38 Distanza di scatto, Distanza del soggetto e Distanza dell'immagine



Distanza di scatto/soggetto Distanza/distanza dell'immagine

Distanza della fotocamera

La distanza dal piano focale al soggetto. La posizione del piano pellicola è indicata nella parte superiore della maggior parte delle fotocamere da un simbolo speciale simile al seguente "⊖".

Distanza del soggetto

La distanza dal punto anteriore dell'obiettivo al soggetto.

Distanza immagine

Distanza dal punto posteriore dell'obiettivo al piano pellicola quando il soggetto che viene messo a fuoco si trova a una determinata distanza.

Valore dell'estensione

Con un obiettivo che sposta tutto il sistema ottico avanti e indietro durante l'esecuzione della messa a fuoco, il movimento dell'obiettivo necessario per mettere a fuoco un soggetto a una distanza limitata dalla posizione della messa a fuoco su infinito.

Distanza meccanica

Distanza tra il bordo frontale del barilotto dell'obiettivo e il piano pellicola.

Distanza di lavoro

La distanza che separa il bordo frontale dell'obiettivo dal soggetto. Si tratta di un fattore di grande importanza specialmente quando si scattano primi piani e macro.

Ingrandimento dell'immagine

Il rapporto (rapporto di lunghezza) tra la dimensione effettiva del soggetto e la dimensione dell'immagine riprodotta su pellicola. Un obiettivo macro con un'indicazione di ingrandimento di 1:1 può riprodurre un'immagine su pellicola della stessa dimensione del soggetto originale (dimensione effettiva). L'ingrandimento viene

generalmente espresso come un valore proporzionale che indica la dimensione dell'immagine in relazione al soggetto effettivo (ad esempio, un ingrandimento di 1:4 viene espresso come 0,25x).

Figura 39 Relazione tra lunghezza focale, valore dell'estensione (estensione generale) e ingrandimento

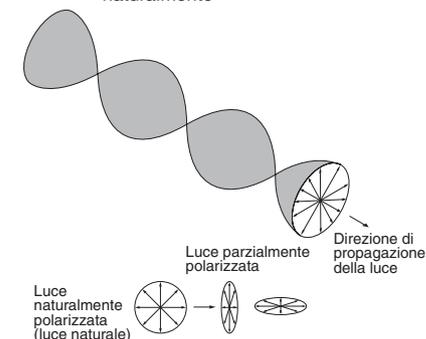


Luce polarizzata e filtri di polarizzazione

Luce polarizzata

Dal momento che la luce è un tipo di onda elettromagnetica, può essere immaginata come una vibrazione uniforme che si propaga in tutte le direzioni in un piano perpendicolare alla direzione della propagazione. Questo tipo di luce è chiamato luce naturale o anche luce polarizzata normale. Se la direzione della vibrazione della luce naturale diventa polarizzata per un qualche motivo, la luce viene chiamata luce polarizzata. Quando

Figura 40 Onda elettromagnetica polarizzata naturalmente



la luce naturale viene riflessa dalla superficie del vetro o dell'acqua, ad esempio, la luce riflessa vibra in una sola direzione ed è completamente polarizzata. Inoltre, in una giornata di sole, la luce che arriva dal cielo a un angolo di 90 gradi dal sole si polarizza a causa dell'effetto delle particelle e delle molecole di aria presenti nell'atmosfera. Anche gli specchi semiriflettenti utilizzati nelle fotocamere reflex monobiettivo con messa a fuoco automatica causano la polarizzazione della luce.

Filtro a polarizzazione lineare

Filtro che lascia passare solo la componente di vibrazione luminosa in una determinata direzione. Dal momento che la componente di vibrazione della luce che può passare nel filtro è lineare in natura, il filtro è chiamato filtro a polarizzazione lineare. Questo tipo di filtro elimina i riflessi del vetro e dell'acqua allo stesso modo di un filtro a polarizzazione circolare. Tuttavia, non può essere utilizzato efficacemente con la maggior parte delle fotocamere autofocus e ad esposizione automatica; ad esempio, genera errori di esposizione nelle fotocamere AE con sistemi di controllo TTL basati su specchi semiriflettenti e genera errori di messa a fuoco nelle fotocamere AF con sistemi di mirino basati su specchi semiriflettenti.

Filtro a polarizzazione circolare

Un filtro a polarizzazione circolare funziona allo stesso modo di un filtro a polarizzazione lineare, ad eccezione del fatto che lascia passare la componente di vibrazione luminosa solo in una determinata direzione. Di conseguenza, i componenti di un raggio luminoso che passano tramite un filtro a polarizzazione circolare sono diversi da quelli che passano tramite un filtro a polarizzazione lineare in quanto la componente di vibrazione ruota in un modello a spirale man mano che si propaga. Il filtro non interferisce con l'effetto dello specchio semiriflettente e pertanto è possibile utilizzarlo con le normali funzioni TTL-AE e AF. Quando si intende applicare un filtro polarizzante con una fotocamera EOS, assicurarsi di utilizzare sempre un filtro a polarizzazione circolare. Un filtro a polarizzazione circolare riesce a eliminare i riflessi della luce allo stesso modo di un filtro a polarizzazione lineare.

Terminologia digitale

Sensore immagine

Un elemento semiconduttore che converte i dati delle immagini in un segnale elettrico, che ha la funzione della pellicola di una normale fotocamera. Note anche come imager. I due più comuni elementi dell'immagine utilizzati nelle fotocamere digitali sono CCD (Charge-Coupled Devices) e CMOS (Complementary Metal-Oxide

Semi-conductors). Entrambi sono sensori di area contenenti un grande numero di ricettori (pixel) su una superficie piatta che convertono le variazioni di luce in segnali elettrici. Più alto è il numero di ricettori, più accurata è la riproduzione dell'immagine. Poiché i ricettori sono sensibili solo alla luminosità e non al colore, i filtri del colore RGB o CMYG sono posizionati davanti al fine di acquisire i dati della luminosità e del colore contemporaneamente.

Filtro passo-basso

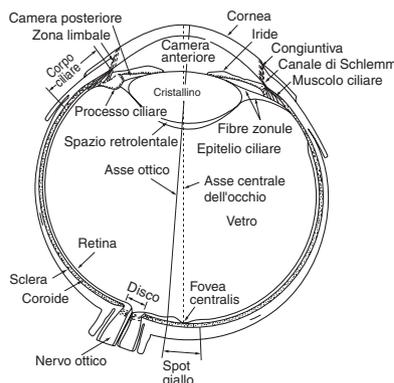
Con gli elementi delle immagini generali utilizzati nelle fotocamere digitali, le informazioni sul colore RGB o CMYG sono raccolte per ciascun ricettore sulla superficie. Quando la luce con un'alta frequenza dello spazio colpisce un singolo pixel, falsi colori, moiré e altri colori inesistenti nel soggetto appaiono nell'immagine. Per ridurre questi tipi di falsi colori, la luce deve penetrare in diversi ricettori e i ricettori utilizzati sono filtri passo-basso. I filtri passo-basso utilizzano cristallo liquido e altre strutture di cristallo caratterizzate da doppia rifrazione (un fenomeno in cui sono creati due raggi di luce rifratta), posizionate davanti agli elementi delle immagini. Con la doppia rifrazione della luce con un'alta frequenza dello spazio utilizzando filtri passo-basso, è possibile ricevere la luce utilizzando più elementi.

L'occhio umano e diottria del mirino

Capacità visiva, acutezza visiva

La capacità dell'occhio di distinguere i dettagli della forma di un oggetto. Espressa come un valore numerico che indica l'inverso dell'angolo di visualizzazione minimo in cui l'occhio può distinguere due punti o linee, ossia la risoluzione dell'occhio in riferimento a una risoluzione di 1' (rapporto con una risoluzione di 1' presupposta come 1).

Figura 41 Costruzione dell'occhio umano



Accomodazione dell'occhio

La capacità dell'occhio di variare il potere di rifrazione per formare un'immagine di un oggetto sulla retina. Lo stato in cui l'occhio è al minimo potere di rifrazione è denominato stato di riposo di accomodazione.

Emmetropia (vista normale)

La condizione in cui si trova l'occhio quando l'immagine di un punto a distanza infinita viene formata nella retina, con l'occhio non sottoposto a sforzo.

Presbiopia

La condizione dell'occhio in cui l'immagine di un punto infinitamente distante si forma dietro la retina quando l'occhio è nello stato di riposo di accomodazione.

Miopia

La condizione dell'occhio in cui l'immagine di un punto infinitamente distante si forma davanti alla retina quando l'occhio è nello stato di riposo di accomodazione.

Astigmatismo

La condizione dell'occhio in cui l'astigmatismo esiste sull'asse visivo.

Presbiopia

La condizione in cui si trova l'occhio quando l'immagine di un punto a distanza infinita viene formata nella retina, con l'occhio non sottoposto a sforzo. In una fotocamera, è simile a un punto focale fisso con una ridotta profondità di campo.

Distanza minima per una visione distinta

La distanza più vicina in cui un occhio con vista normale può osservare un oggetto senza sforzo. Normalmente, si presuppone che questa distanza sia di 25 cm/0,8 piedi.

Diottria

Il grado in cui si raccoglie il raggio di luce lasciando convergere o disperdere il mirino. La diottria standard di tutte le fotocamere EOS è impostata su -1 dpt. L'impostazione è concepita per consentire all'immagine nel mirino di essere visualizzata da una distanza di 1 m. Di conseguenza, se una persona non può visualizzare l'immagine nel mirino chiaramente, dovrebbe montare sull'oculare della fotocamera una lente di correzione diottrica che, se aggiunta alla diottria standard del mirino, rende possibile visualizzare facilmente un oggetto a un metro. I valori numerici stampati sulle lenti di correzione diottrica EOS indicano la diottria totale ottenuta quando la lente di correzione diottrica viene montata sulla fotocamera.

EF LENS WORK III Gli occhi di EOS

Settembre 2006, ottava edizione

Casa editrice e

programmazione

Canon Inc. Lens Products Group

Redazione e produzione

Canon Inc. Lens Products Group

Tipografia

Nikko Graphic Arts Co., Ltd.

Ringraziamenti:

Brasserie Le Solférino/Restaurant de la Maison Fouraise, Chatou/
Hippodrome de Marseille Borély/Cyrille Varet Créations, Paris/Jean
Pavie, artisan luthier, Paris/Participation de la Mairie de Paris/Jean-
Michel OTHONIEL, sculpteur

©Canon Inc. 2003

I prodotti e le specifiche sono soggetti a modifiche senza preavviso.

Le fotografie illustrate nel presente documento sono di proprietà di Canon Inc. o usate previo consenso dei relativi fotografi.

CANON INC. 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo 146-8501, Japan