ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ANNO CCCXXI

1924

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXIII.

2° SEMESTRE.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1924

NOTE PRESENTATE DA SOCI

Fisica. — *Un metodo interferenziale per la determinazione diretta delle costanti e delle aberrazioni dei sistemi ottici divergenti.* Nota del dott. V. Ronchi, presentata dal Socio A. Garbasso [1].

Fra i numerosi metodi per lo studio delle superficie e dei sistemi ottici, non ve n'è neppure uno che serva per lo studio dei sistemi divergenti; e l'unico ripiego consiste nell'accoppiare il sistema in esame ad un altro convergente più potente e già studiato, in modo che il tutto risulti ancora convergente e quindi atto ad essere esaminato con uno dei metodi noti. Se si tratta di una semplice superficie sferica convessa, si usa anche sovrapporla ad una concava di uguale curvatura; e dall'esame delle frangie di interferenza, che così si hanno, si possono dedurre le irregolarità di quella convessa, quando si sia sicuri della bontà dell'altra.

Ma è subito palese come la cosa sia più facile a dirsi che non a farsi; e che, a parte la necessità di un sistema ottico convergente delle stesse dimensioni di quello da provare e più potente (cosa non sempre realizzabile), solo in qualche caso è possibile di sceverare le aberrazioni mediante il calcolo e dedurre qualitativamente e quantitativamente quelle del sistema divergente; la cosa riesce poi senz'altro impossibile per gli errori la cui indipendenza da ogni legge rappresentabile con formule esclude l'applicazione di qualsiasi calcolo. Si aggiunga ancora che nell'accoppiamento di sistemi ottici, specie di piccola distanza focale, si vengono a introdurre elementi non sempre trascurabili e di difficile se non impossibile determinazione diretta, come la distanza fra i piani principali, etc.

Cosicchè si può dire che in pratica il problema dello studio dei sistemi divergenti era ancora insoluto.

Quasi altrettanto si può dire per la determinazione della distanza focale.

Nella presente Nota esporrò un metodo diretto per la soluzione di entrambi i problemi.

Richiamerò brevemente alcune nozioni che, sebbene già esposte in altre Note, trovo utile per il sèguito mettere nella seguente forma:

Se un cono di raggi luminosi col vertice in P (fig. 1) vien tagliato normalmente al suo asse da un reticolo R di frequenza m, si hanno lateralmente a P gli spettri dei varî ordini, che, se la luce è monocromatica

[1] Pervenuta all'Accademia il 23 ottobre 1924.

di lunghezza d'onda λ, sono puntiformi, in prima approssimazione, e distanti da P di $y\lambda m$, se y è la distanza PR, contata in senso contrario a quello di propagazione della luce. Due qualunque di tali punti, come P e P′, sono a lor volta i vertici di due coni di raggi coerenti che nella porzione di spazio dove si sovrappongono dànno luogo a frangie di interferenza (dette *frangie d'ombra*) sensibilmente rettilinee parallele ed equidistanti con frequenza $M = my/x$, se con x indichiamo la distanza da P allo schermo

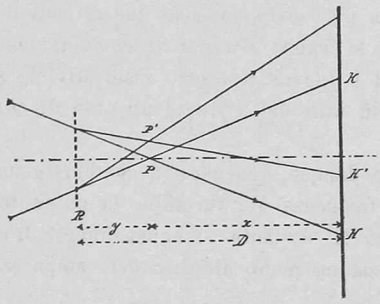

Fig. 1.

normale all'asse su cui si osservano le frangie, distanza che conteremo positivamente nello stesso senso di propagazione della luce. Perchè però i coni di vertice P e P′ possano sovrapporsi per interferire, occorre che m non sia troppo grande; e anzi, anche perchè l'approssimazione introdotta sia giustificata e possa esser mantenuta in questo grado nel sèguito, supponiamo m assai piccolo perchè il tratto H′K sia poco diverso dalla sezione HK di tutto il cono. Evidentemente quanto sopra continua a valere anche se y è negativo, essendo allora virtuali gli spettri P′, etc.

Supponiamo ora che il cono di raggi sia affètto da aberrazioni, in modo da possedere diversi vertici P dislocati sull'asse. Considerando due punti non molto distanti del campo delle frangie, possiamo far corrispondere a ciascun punto un sol valore di y, con una legge tanto più approssimata, quanto più piccolo è m, e possiamo considerare la frequenza M come funzione di questo solo valore di y; allora, ponendo $D = x + y$,

$$\frac{dM}{M} = \frac{dy}{y}\,\frac{D}{x}.$$

Quando y è molto piccolo rispetto a x, si può anche porre $D/x = 1$, e dalla formula $dM/M = dy/y$ si vede che anche la frequenza M è piccola, ma le variazioni dM sono relativamente molto notevoli, appunto nel rapporto di dy a y; e si può con grande facilità dedurre dalla forma delle frangie la forma dell'onda incidente sul reticolo. In ciò è appunto l'essenza

del *metodo delle frangie d'ombra*, già descritto [1] per lo studio dei sistemi ottici convergenti.

Ma se y è grande rispetto a dy, le variazioni dM sono piccole rispetto a M e le frangie appaiono sottili e sensibilmente dritte, tanto da richiedere misure di precisione per notarne le deformazioni; e se da una parte si può ricorrere a misure micrometriche, lunghe e faticose, dall'altra è molto più rapido e semplice raccogliere le frangie stesse sopra uno schermo costituito da un reticolo di frequenza M′ molto prossima alla M.

Ora, com'è noto [2], sovrapponendo due reticoli di frequenza m' e m'' paralleli e centrati, si hanno *frangie di combinazione* di frequenza $\mu = m'' - m'$; se poi i due reticoli sono scentrati [3], si hanno altre forme di frangie ancora più utili delle precedenti, ma di cui per semplicità non ci occupiamo.

Nel nostro caso dunque, venendosi a combinare un reticolo formato di frangie d'ombra di frequenza M, variabile da un punto all'altro del campo, con uno di frequenza M′ costante, si hanno frangie di combinazione con frequenza μ variabile da un punto all'altro del campo secondo la legge

$$\mu = M - M';$$

e anche di qui si deduce come varia M al variare dell'elemento di sistema considerato, e, ricavandone y mediante le formule precedenti, si arriva a misurare l'aberrazione dell'onda in esame.

Su ciò si fonda appunto il *metodo delle frangie di combinazione* già descritto [4], per lo studio dei sistemi ottici convergenti, in una forma più semplice che richiede un solo reticolo, mediante un dispositivo di autocollimazione.

Determinazione delle aberrazioni dei sistemi divergenti. — È ora evidente come il metodo delle frangie di combinazione, preso da questo punto di vista più generale, possa venire applicato allo studio dei sistemi divergenti.

Un fascio di raggi che per semplicità supporremo paralleli, dopo aver attraversato il sistema in esame, divergono come se provenissero da un

[1] V. Ronchi, *Due nuovi metodi per lo studio delle superficie e dei sistemi ottici*. Ann. della R. Scuola normale sup. Univ. di Pisa, vol. XV, 1923. — L. Lenouvel, *Méthode de détermination et de mésure des abérrations des systèmes optiques*. Revue d'optique théor. et instr., III, 5, 1924.

[2] A. Righi, Nuovo Cimento, 3ª serie, XXI, 1887, pag. 203. — A. Occhialini, Rivista d'ottica e mecc. di prec., I, 6, 1920, pag. 99.

[3] V. Ronchi, *Sullo studio delle superficie e dei sistemi ottici colle frangie fra reticoli scentrati*. Rend. R. Acc. naz. dei Lincei, XXXIII, serie 5ª, 1° sem., 1924, pag. 23.

[4] V. Ronchi, op. cit. nella nota [3] a pag. 23, ed anche: Id., *Le frangie di combinazione nello studio delle superficie e dei sistemi ottici*. Riv. d'ottica e di mecc. di prec., II, 4, 1923.

punto F (fig. 2), che è lo stesso per tutti gli elementi del sistema se questo è otticamente perfetto. *In tal caso*, un reticolo R di frequenza m, posto alla distanza y (negativa) da F, dà luogo a frangie d'ombra di frequenza $M = my/x$, se indichiamo con x la distanza da F dello schermo normale

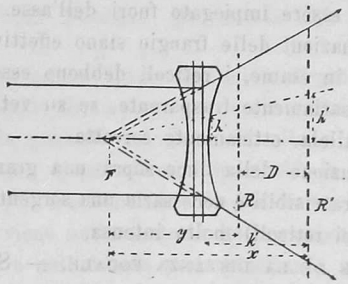

Fig. 2.

all'asse su cui si raccolgono queste frangie. Se tale schermo è un reticolo R' di frequenza M', parallelo e centrato rispetto al precedente, si hanno frangie di combinazione rettilinee, parallele ed equidistanti di frequenza

$$\mu = M - M' = \frac{my}{x} - M';$$

le quali diventano infinitamente larghe ($\mu = 0$) quando si verifica la relazione

$$M'/m = y/x \tag{1}$$

da cui si può ricavare y mediante grandezze molto facilmente misurabili.

Se l'onda non è perfettamente sferica, le frangie più non sono rettilinee, ma hanno una frequenza variabile da un punto all'altro del campo, e dalla misura sperimentale di questa frequenza si risale alla misura degli y corrispondenti ai varî elementi di campo, mediante la formula

$$y = \frac{D}{1 + \frac{m}{\mu + M'}}.$$

Veramente dalla figura delle frangie si ricava μ in funzione di h', chiamando così la distanza dall'asse di un punto della figura stessa; da questo, come indica la fig. 2, si deduce facilmente il raggio h della zona studiata; si hanno così tutti gli elementi necessarî e sufficienti per rappresentare l'aberrazione longitudinale del sistema esaminato, secondo le comuni regole dell'ottica geometrica. La precisione nella determinazione di h è maggiore se si eseguiscono le misure di h' (e di μ) secondo un asse parallelo ai tratti del reticolo, che non ad angolo retto.

Le eventuali irregolarità del sistema si deducono dalle conseguenti irregolarità delle frangie di combinazione.

Quanto si è detto vale anche per reticoli circolari, con ovvie modificazioni nella forma delle frangie.

Il dispositivo descritto vale per sistemi diottrici; per quelli catottrici deve necessariamente essere impiegato fuori dell'asse.

Perchè le deformazioni delle frangie siano effettivamente da riportarsi a difetti del sistema in esame, i reticoli debbono essere perfetti: e il reticolo R, l'unico necessariamente trasparente, se su vetro, deve essere sopra una lastra piano-parallela, otticamente corretta.

Data la distribuzione della luce sopra una grande superficie, perchè le frangie siano ancora visibili è necessaria una sorgente puntiforme o lineare (parallela ai tratti dei reticoli) molto intensa.

Determinazione della distanza focale. — Si noti ora che il reticolo R può anche essere prima del sistema divergente; e, con un fascio incidente di raggi paralleli, a qualunque distanza posto agisce sempre come se coincidesse col primo piano principale; chiamando allora k' la distanza di R' dal secondo piano principale per la (1), si hanno frangie infinitamente larghe quando

$$M' = m \frac{f}{k' - f} \quad (f < 0).$$

Sostituendo il reticolo R' con un altro R'' di frequenza M'', si hanno ancora frangie di combinazione infinitamente larghe, quando questo si trova ad una distanza k'' dal secondo piano principale, tale che

$$M'' = m \frac{f}{k'' - f}.$$

Ponendo allora $\Delta = k'' - k'$, che è una quantità misurabile molto facilmente, ed eliminando k' e k'' da queste tre equazioni, si ha subito

$$f = \frac{a\Delta}{A'' - A'}$$

dove $a = 1/m$, $A' = 1/M'$ e $A'' = 1/M''$ indicano le larghezze dei tratti dei tre reticoli usati.

Questa formula ci dà la distanza focale cercata mediante le misure di quattro lunghezze, che in generale non presentano alcuna difficoltà. Perchè essa però abbia un significato, il sistema deve essere sensibilmente perfetto, o almeno si deve definire per quale zona si intendono fare le misure.

Una volta calcolato f, da una delle precedenti formule si deduce subito k' o k'', con che rimane individuata anche la posizione del secondo piano principale. Per il primo non rimane che ripetere le misure rovesciando il sistema.