

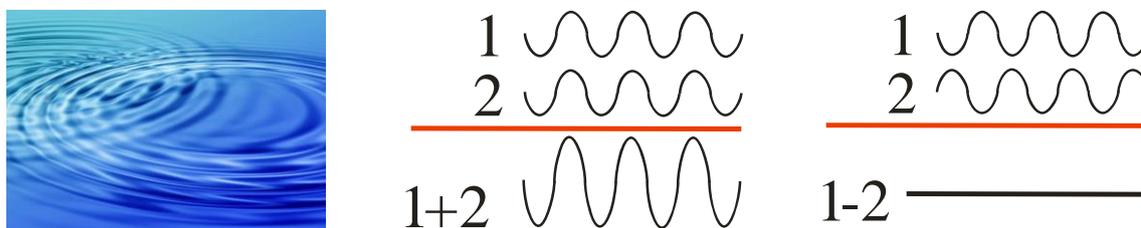
6. Polveri sottili e interferenze distruttive.

Contenuto

6.1. Non cerchi piatti ma sfere spaziali.....	1
6.2 L'interferometria di “nulling	2
6.3. Un setup “chiuso” con un percorso di luce uguale	3
6.4. Regolazione dell'assetto: non è così facile.....	5
6.5. Cosa possiamo aspettarci?.....	5
6.6. E cosa si vede realmente?	6
6.7. Una quadrupla perturbazione	9
6.8. Un cannocchiale di Newton con interferenza distruttiva?	10

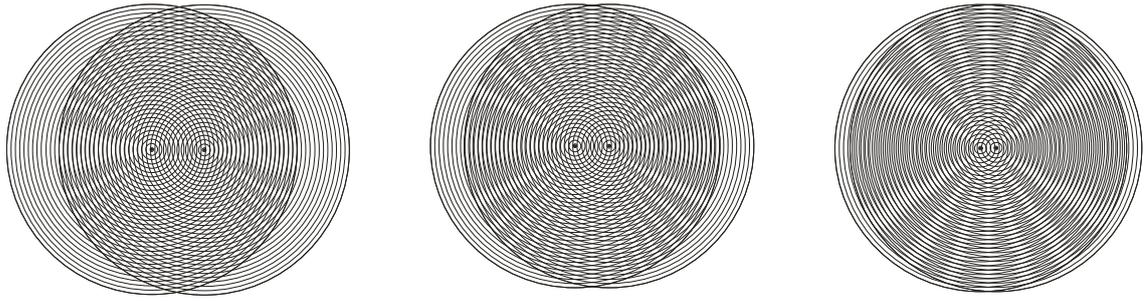
6.1. Non cerchi piatti ma sfere spaziali

L'interferenza costruttiva e distruttiva è già stata discussa nel quarto capitolo. L'abbiamo illustrato con le onde nell'acqua create dal lancio contemporaneo di due pietre nell'acqua.

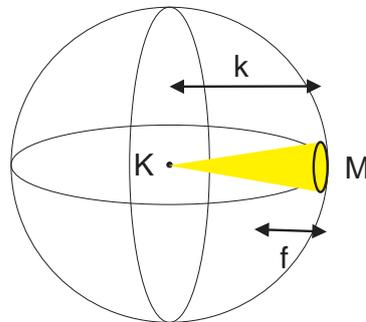


L'interferenza distruttiva si ha quando un picco riempie una valle. L'acqua rimane quindi al suo livello originale. Un fenomeno analogo si verifica con le onde luminose, dove la fusione di un picco e di una valle porta all'oscurità.

Illustriamo nuovamente il fenomeno con due serie di cerchi concentrici che si compenetrano gradualmente sempre di più. Vediamo le linee che si formano in alto e in basso e che si allargano un po'. A sinistra e a destra, vediamo che le parti comuni della circonferenza del cerchio diventano molto più grandi mentre i centri dei cerchi distinti si avvicinano sempre di più.



Pensate alla palla di vetro e allo specchio sferico che ne faceva parte. È questa la situazione che vogliamo ottenere il più possibile nella nostra configurazione.



6.2 L'interferometria di "nulling"

Pensiamo al mondo stellare. La domanda se esistano altri pianeti come la nostra Terra in altre parti dell'universo è di grande attualità nel nostro tempo. Trovare tali pianeti, tuttavia, non è così facile. Se sono troppo lontani da una stella, sono troppo poco luminosi. Se sono troppo vicini, l'intensità della luce accecante di questo oggetto celeste impedisce di osservare il pianeta. Per questo si ricorre, tra l'altro, all'interferenza distruttiva: i fasci di luce possono, in determinate condizioni, spegnersi da soli. Lo abbiamo già spiegato. La luce di due telescopi equivalenti e strettamente distanziati, sintonizzati sulla stessa stella, può essere unita, ma con una differenza di mezza lunghezza d'onda o di un multiplo non accoppiato. In questo modo, la luce delle stelle viene neutralizzata. Ma questo non vale necessariamente per la luce del pianeta che si trova vicino a quella stella. In conclusione, la luce della stella viene attenuata o spenta, ma quella del pianeta, che si trova a una distanza diversa dai telescopi, no. Così, quest'ultimo diventa visibile.

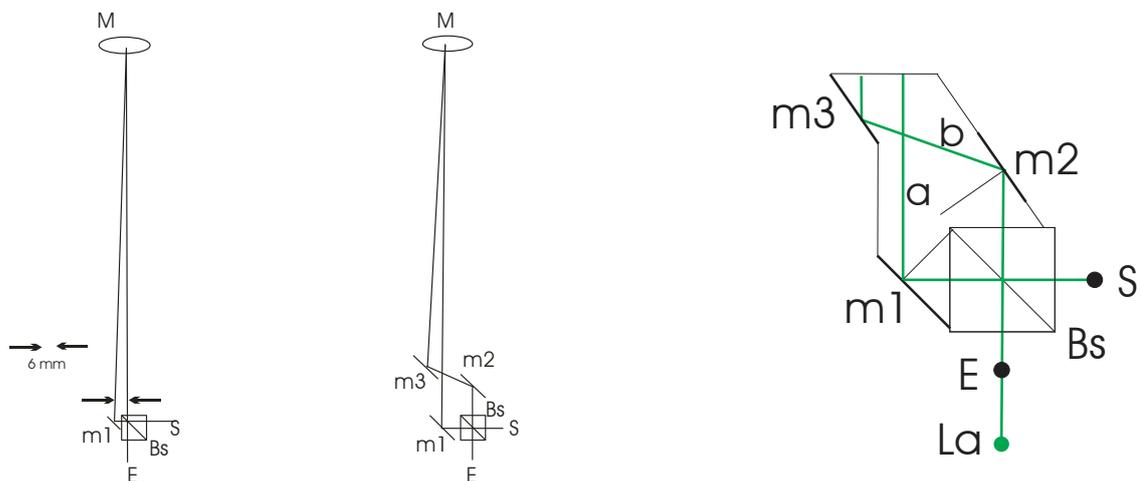
Questa precisione di grande portata si ritrova anche nella sintonizzazione del telescopio *James Webb*. I 18 singoli segmenti esagonali dello specchio principale sono sintonizzati l'uno sull'altro in modo che la luce proveniente da questi segmenti possa essere allineata al nanometro più vicino (1×10^{-9} m ovvero un milionesimo di millimetro (!)).

Di seguito verifichiamo se riusciamo a ottenere l'interferenza distruttiva anche nel nostro sistema.

6.3. Un setup "chiuso" con un percorso di luce uguale

Nel nostro setup di base "chiuso" - la forma triangolare - avevamo ancora un percorso di luce "inequale". In questo caso, la distanza dell'oggetto v_1 era più lunga della distanza dell'oggetto 2. È ovvio supporre che, man mano che i percorsi della luce v_1 e v_2 diventeranno sempre più uguali tra loro, sarà più facile ottenere un'ampia interferenza. La questione diventa quindi come ideare una disposizione in cui entrambi i percorsi della luce fino allo specchio, v_1 e v_2 , possano diventare uguali tra loro. Per fare ciò, osserviamo i seguenti disegni. A sinistra vediamo la configurazione di base. Il percorso della luce verso M attraverso m_1 è più lungo del percorso della luce che va da B_s direttamente a M. La minima differenza di percorso che abbiamo potuto ottenere nella nostra configurazione è stata comunque di 6 mm.

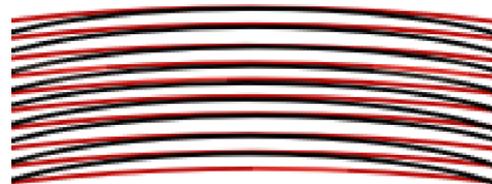
Osserviamo poi il disegno al centro. Aggiungendo altri due specchi piani, m_2 e m_3 , è possibile eliminare la differenza di percorso di 6 mm. A tale scopo abbiamo utilizzato la mappa all'estrema destra. È stata disegnata il più grande possibile in un programma di disegno e i due percorsi di luce sono stati allineati. In seguito, tutto è stato ridimensionato e stampato su un cartoncino che si trovava sotto B_s . In questo modo è stato possibile posizionare con maggiore precisione gli specchi m_1 , m_2 e m_3 .



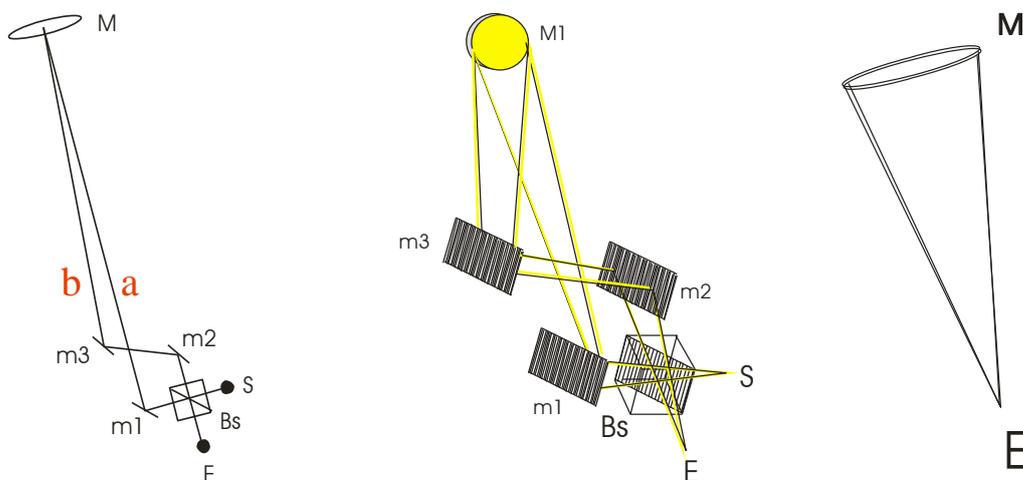
Di seguito è riportato un dettaglio di questa configurazione. Possiamo vedere il beamsplitter al centro, la sorgente di luce 'puntiforme' alla sua destra, sotto lo splitter vediamo la scheda e accanto ad essa il posto per i tre specchi piani che devono ancora essere montati.



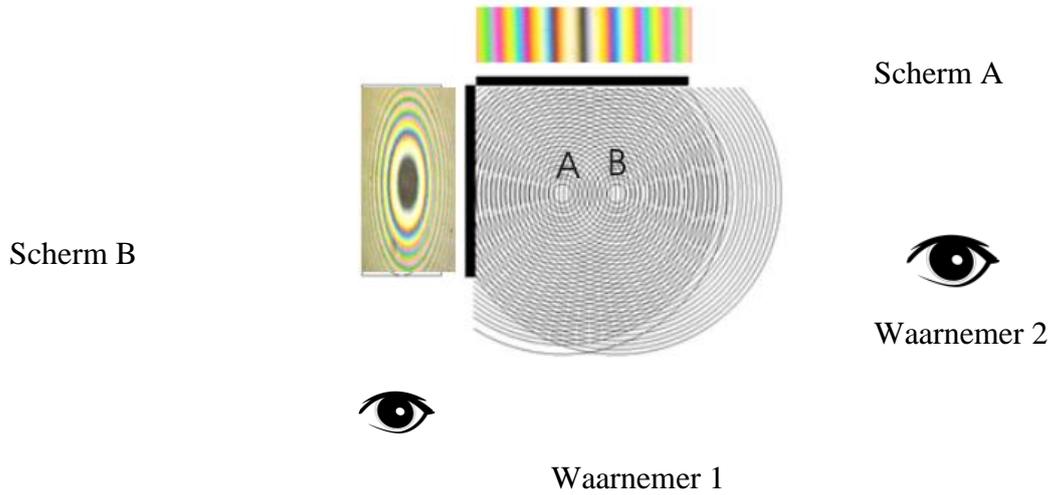
Rendendo i due percorsi luminosi il più possibile uguali tra loro, la parte comune degli archi circolari dei punti luminosi distinti diventa sempre più ampia, facilitando il raggiungimento dell'interferenza desiderata.



Immaginiamo di nuovo la situazione spaziale qui sotto. Dal disegno a destra si capisce che da E le due immagini speculari ora praticamente coincidono.



Riproduciamo di seguito il disegno di 5.4. Immaginate che i punti A e B si avvicinino gradualmente, quindi, da un lato, i cerchi sullo schermo B diventeranno sempre più grandi fino a quando l'intera superficie dello specchio diventerà prevalentemente nera. Dall'altro lato, le linee verticali sullo schermo A si allargheranno sempre di più.



6.6. E cosa si vede realmente?

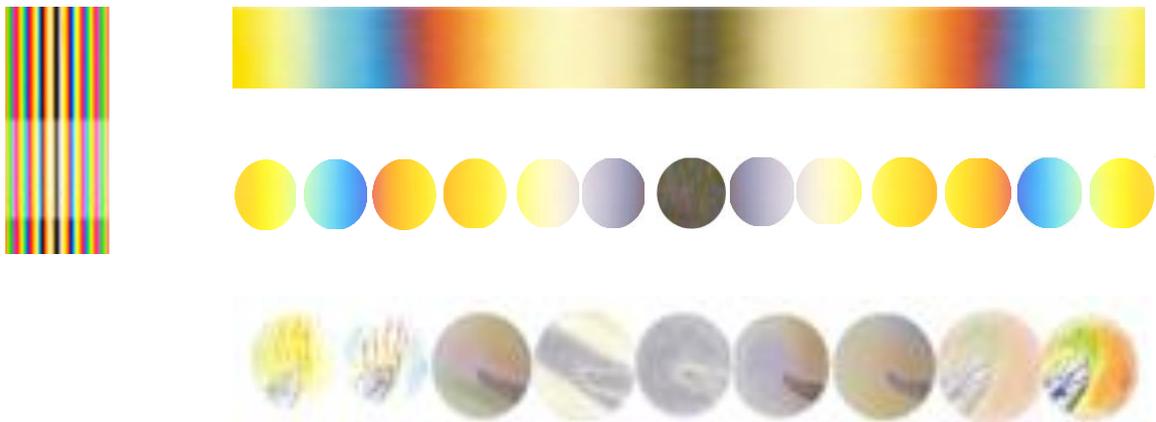
Regolando con estrema precisione, si ottiene effettivamente che l'intera superficie dello specchio si riempie di un unico colore di interferenza.



Se si ruota leggermente la vite di regolazione di uno degli specchi piani, il colore della superficie dello specchio cambia, ad esempio, in blu..



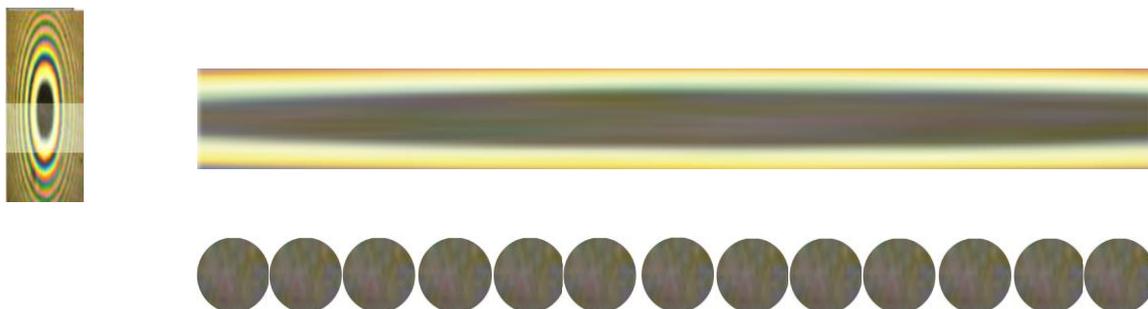
Ruotando una vite di regolazione in questo o quel senso, possiamo portare sullo schermo quasi tutti i colori di interferenza. Se si inserisce la mano nella configurazione, si ottiene una serie di interferenze. Di seguito è riportata una tabella che mostra i colori e le turbolenze.



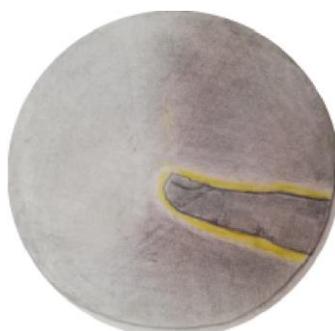
E ingrandire la larghezza della pagina.



Con una regolazione quasi perfetta, con un'interferenza quasi distruttiva, non si può più parlare di linee o cerchi, ma l'intera superficie dello specchio si presenta con un colore scuro. I cerchi concentrici, così come li abbiamo rappresentati all'inizio di questo testo in 7.1., sembrano coincidere perfettamente. Pertanto, quanto mostrato di seguito non è altro che una rappresentazione teorica. Tuttavia, questo ha la sua utilità: si vede di più se si sa cosa aspettarsi. Lo abbiamo illustrato con l'arco nel vaso di nebbia e con l'ecografia di un bambino nel testo 3.1.



L'immagine dell'interferenza distruttiva totale, molto instabile, ci affascina naturalmente. Se ora portiamo la mano nel percorso della luce, si vede di nuovo una banda luminosa tutt'intorno. Il colore giallo è il colore dell'interferenza nella panoramica proprio accanto alla linea (o cerchio) di interferenza distruttiva.

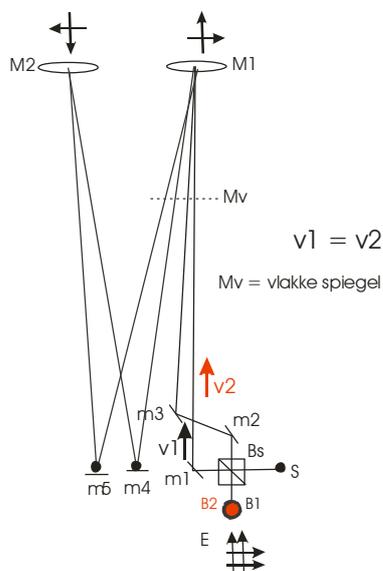


Infine, quando si abbassa la luminosità al massimo, questo colore giallo scompare e ricompare la fascia luminosa e nebulosa.



6.7. Una quadrupla perturbazione

Nel disegno a destra in basso vediamo il sistema 1, con M1, la configurazione di base con un percorso di luce uguale. Se ruotiamo leggermente lo specchio M1, i raggi di luce riflessi non tornano più a Bs, ma solo accanto (o appena sopra). Se aggiungiamo al setup due specchi piani m4 e m5, possiamo inviare tutto a un secondo specchio con apertura simile. Dopo aver riflesso la luce, il primo sistema viene fatto passare di nuovo. Ciò significa che la mano tenuta davanti a M1 può interferire con la luce quattro volte. Una volta divergendo e una volta convergendo su M1 convergendo, e dopo aver attraversato il sistema M2, si ripete ancora una volta. Speravamo in un effetto di perturbazione cumulativa. Non siamo riusciti a condurre l'esperimento in condizioni ottimali. La luce passa a circa 15 metri di distanza e lo spot del nostro laser divergeva troppo per una regolazione accurata. A destra, un'immagine di questa configurazione.

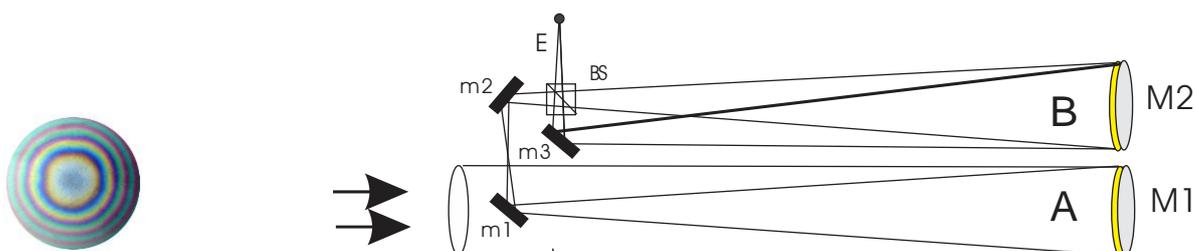


6.8. Un cannocchiale di Newton con interferenza distruttiva?

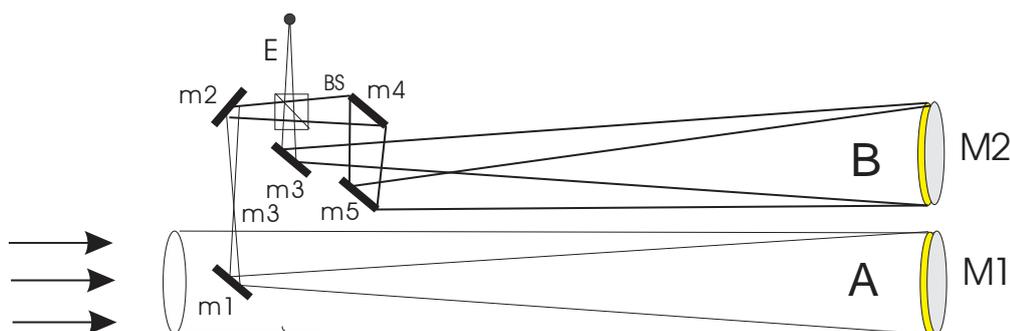
Osserviamo la configurazione seguente. Nel sistema A (M1-m1) si riconosce un cannocchiale di Newton, mentre il sistema B è la configurazione di base con percorso della luce disuguale. Lo specchio M1 è illuminato dal suo punto focale. Lo specchio M2 è illuminato dal suo centro di curvatura.

Teoricamente, questa unità dovrebbe fornire immagini come quelle descritte nella sezione 6.4. Solo che ora non stiamo osservando la mano, ma l'ambiente circostante o, se puntiamo il visore verso il cielo, la luna e le stelle.

Abbiamo costruito questo dispositivo per curiosità, nonostante non disponessimo di uno specchio M2 con un centro di curvatura uguale al punto focale dello specchio M1. Il risultato è stato che abbiamo visto gli alberi e la natura tutt'intorno impregnati di alcuni ampi cerchi newtoniani.



Tuttavia, se si desidera verificare se il setup può essere adatto all'interferometria “nulling”, nel sistema B il setup di base con percorso di luce disuguale non è sufficiente, ma deve essere fornito con il setup con percorso di luce uguale. Pertanto, nel disegno sottostante, sono stati aggiunti gli specchi planari m4 e m5. Non si tratta certo di una configurazione semplice dal punto di vista tecnico.



Resta da chiedersi se sia possibile utilizzarlo per visualizzare immagini di interferenze distruttive. Se ciò fosse effettivamente possibile, si potrebbero cercare i pianeti con un solo telescopio. Un secondo telescopio simile, come descritto in 6.2., diventerebbe in linea di principio superfluo.

E cosa emergerebbe se osservassimo la natura circostante in una giornata di tempesta? Le violente turbolenze dell'aria potrebbero portare a un intenso spostamento dei colori di interferenza, in qualche modo analogo a quello che abbiamo visto intorno alla nostra mano? Pensando a questo, sembra che il vento porti a ombre scure, punteggiate da ciuffi gialli. Oppure, in una tempesta violenta, a colori più lontani dalla linea distruttiva centrale, magari colorando di rosso o di blu l'ambiente circostante. Per avere la certezza di ciò, bisognerebbe prima costruire uno strumento del genere. Ma da tempo questo non è più un compito per un costruttore di telescopi amatoriali.