

Miglioramento delle proprietà termiche dei riflettori Newtoniani - Parte 1

Valutare lo stato di raffreddamento del tuo telescopio è il primo passo verso prestazioni ottimali. Di Bryan Greer

Al quale rivolgo un grande ringraziamento per il lavoro svolto

LA FISICA PREVEDE che l'apertura di un telescopio definirà le sue prestazioni più di ogni altra cosa. Tuttavia, è un mistero persistente il motivo per cui le prestazioni dei riflettori Newtoniani siano così spesso deludenti se confrontate con i rifrattori di alta qualità di simile apertura. Nel corso degli anni sono state proposte numerose teorie per spiegare i difetti del riflettore.

Il tutto è dovuto dagli effetti di:

- ✓ un'ostruzione centrale,
- ✓ alla rugosità superficiale degli specchi,
- ✓ alla diffrazione del sostegno del secondario,
- ✓ alla dispersione nei rivestimenti riflettenti

e sono stati indicati questi effetti come possibili cause di difetti e carenze, ma quando questi vengono analizzati a fondo non spiegano completamente il comportamento capriccioso del telescopio Newtoniano.

Tuttavia, alcune semplici tecniche analitiche ci permettono di vedere cosa sta realmente accadendo, ed è ormai chiaro che il singolo fattore più importante che limita le prestazioni è la suscettibilità del progetto ai problemi termici.



Sebbene un riflettore newtoniano sia in grado di offrire prestazioni eccellenti, il suo specchio primario deve essere alla stessa temperatura dell'aria esterna affinché possa esprimere tutto il suo potenziale.

Tuttavia, alcune semplici tecniche analitiche ci permettono di vedere cosa sta realmente accadendo, ed è ormai chiaro che il singolo fattore più importante che limita le prestazioni è la suscettibilità del progetto ai problemi termici.

La maggior parte degli osservatori sa già che i newtoniani hanno bisogno di un po' di tempo all'aperto per acclimatarsi alla temperatura dell'aria notturna. La saggezza popolare afferma che i problemi termici possono essere evitati sia concedendo tempo sufficiente allo specchio primario per raggiungere l'equilibrio con l'aria notturna, sia conservando il telescopio in un riparo non riscaldato. Questo è ancora un buon consiglio, ma i miei test dimostrano che queste misure da sole sono tutt'altro che adeguate. Come descritto nel mio articolo del settembre 2000 ("Understanding Thermal Behavior in Newtonian Reflectors", pagina 125), il test di Schlieren (un cugino stretto del più familiare test del coltello di Foucault utilizzato dai produttori di specchi) ci consente di osservare direttamente cosa sta succedendo e rivela un caos termico persistente attorno allo specchio primario con effetti che sono più dannosi e duraturi di quanto la maggior parte degli utenti di telescopi creda.

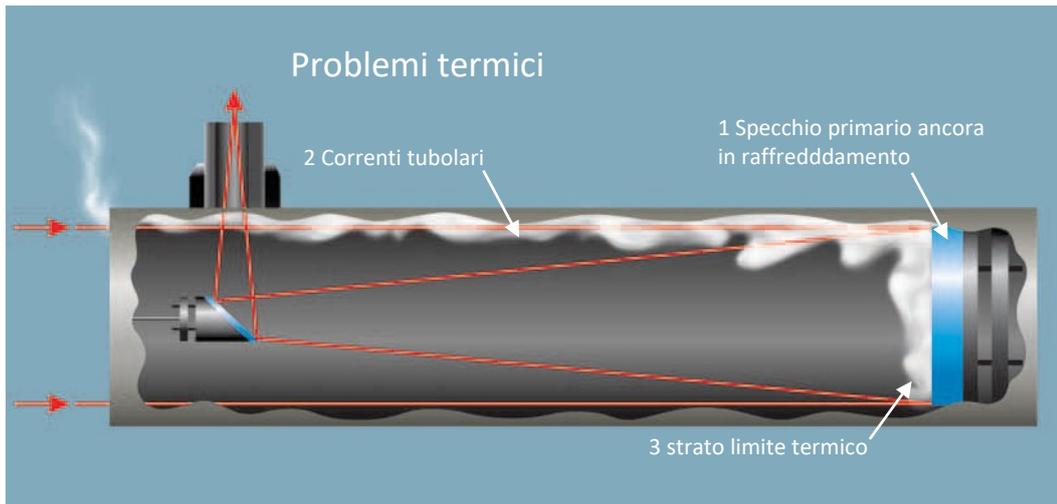
Mentre le manifestazioni più evidenti di instabilità termica si attenuano dopo un periodo di tempo relativamente breve, il telescopio continuerà a soffrire per tutta la notte a causa del calore residuo immagazzinato nello specchio e a causa delle temperature dell'aria in continuo calo. Quest'ultimo punto è raramente pienamente considerato. Anche un telescopio che inizia una sessione di osservazione esattamente alla temperatura dell'aria ambiente inizierà presto a mostrare un degrado dell'immagine man mano che la temperatura dell'aria notturna scende. Sfortunatamente, nella maggior parte delle aree geografiche la temperatura scende semplicemente troppo rapidamente dopo il tramonto perché lo specchio riesca a tenere il passo, e tanto meno a recuperare.

Identificare i problemi

L'espressione "problemi termici" ha significati diversi per persone diverse. In realtà, ci sono tre fonti di degradazione dell'immagine correlata alla temperatura:

1. la forma o dimensione mutevole di uno specchio primario in fase di raffreddamento.
2. le cosiddette correnti tubolari.
3. lo strato limite termico.

È importante distinguere tra questi in modo da poter identificare e correggere i problemi.



Qui sono mostrati i tre principali problemi termici. Di questi, il calore che si irradia dallo specchio primario per formare uno strato limite termico è il più importante. Vale la pena notare che tutti e tre hanno come causa uno specchio primario caldo.

Un cambiamento della forma o dimensione di uno specchio nella fase di raffreddamento è spesso citato come un problema importante, ma in realtà è così piccolo in magnitudine e durata che lo considero il meno significativo dei tre che ho evidenziato. La forma di uno specchio di un telescopio deve essere precisa entro pochi milionesimi di pollice affinché funzioni bene, ma quando uno specchio caldo viene improvvisamente posizionato in un ambiente freddo, la sua forma cambia, poiché la parte esterna dello specchio si raffredda leggermente più velocemente del suo interno. Anche un vetro a bassa espansione come il Pyrex subisce una certa variazione volumetrica in funzione della temperatura. Fortunatamente, una variazione significativa della dimensione per gli specchi dei telescopi Pyrex è solitamente di breve durata e non viene quasi mai osservata per buona parte di una sessione di osservazione, a meno che la temperatura dell'aria ambiente non scenda a un tasso insolitamente rapido.

Le correnti del tubo sono causate dall'aria calda che sale dallo specchio primario (o da altri componenti strutturali), scorre lungo la parete interna del tubo e viene parzialmente deviata nel percorso ottico del telescopio. Ciò causa le immagini distorte del test delle stelle solitamente visibili subito dopo che il telescopio è stato portato all'esterno. Questa condizione non persisterà a lungo, poiché lo specchio primario non può cedere calore all'elevata velocità richiesta per più di qualche minuto. I telescopi a traliccio con struttura aperta sono in genere esenti da questo problema.

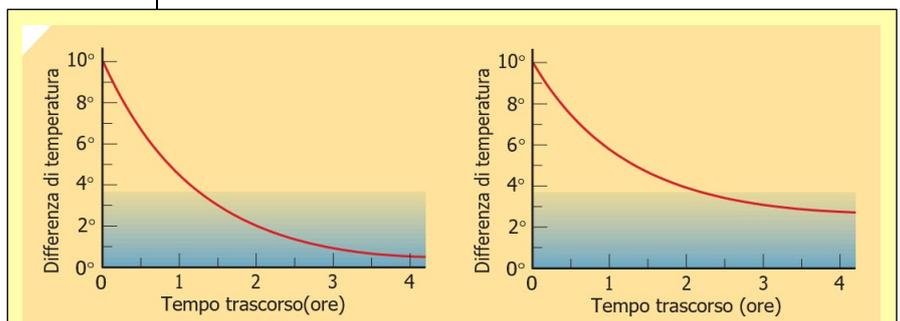
Esiste un'altra potenziale fonte di correnti tubolari, esclusiva dei telescopi a tubo metallico. La superficie esterna del tubo può scendere di diversi gradi al di sotto della temperatura dell'aria ambiente irradiando calore nello spazio esterno (il cielo notturno), facendo sì che l'aria vicino alla parete interna del tubo si raffreddi continuamente e si mescoli con l'aria più calda all'interno del tubo. (È possibile osservare direttamente questi flussi con il test che descrivo più avanti in questo articolo.) Questa forma di correnti del tubo ha il potenziale per essere di lunga durata, ma è anche semplice da risolvere isolando il tubo (solitamente all'interno) con sughero o fogli di schiuma.

Il terzo fenomeno è lo strato limite termico che si sviluppa sulla faccia dello specchio primario mentre emette calore. Questo è di gran lunga il più serio dei tre problemi e merita un'attenzione dettagliata, se non altro perché se si apportano miglioramenti qui, anche gli altri due problemi termici saranno per lo più risolti.

Conoscere lo strato limite termico

Uno strato limite esisterà sulla superficie di qualsiasi corpo solido che non sia esattamente alla stessa temperatura dell'aria circostante. Questa è la zona in cui avviene il trasferimento di calore tra l'oggetto e l'aria mentre si sforzano di raggiungere l'equilibrio. Lo strato limite è otticamente problematico perché è caratterizzato da un forte gradiente di temperatura (spesso solo da 5 a 15 millimetri) e si comporterà come una lente ruvida e di forma irregolare che rifrange la luce dal suo percorso previsto. Quel che è peggio, in un riflettore newtoniano il fronte d'onda deve attraversare questa regione due volte: una volta nel suo percorso verso lo specchio e una volta nel suo percorso di ritorno verso la messa a fuoco.

Il problema dello strato limite è duraturo perché gli specchi dei telescopi hanno una sfortunata combinazione di proprietà: immagazzinano bene il calore e hanno una scarsa conduttività termica. Ciò significa che gli specchi impiegano molto tempo a rilasciare il calore immagazzinato e, cosa ancora più importante, sono in ritardo rispetto a qualsiasi variazione della temperatura dell'aria ambiente. Questo vale indipendentemente dalla stagione, poiché è la variazione di temperatura la fonte del problema, non la temperatura effettiva in sé. Dei tre problemi delineati in precedenza, lo strato limite termico è il più difficile da risolvere e sia i progetti con tubi pieni che quelli con tubi reticolari sono ugualmente inclini a soffrirne.



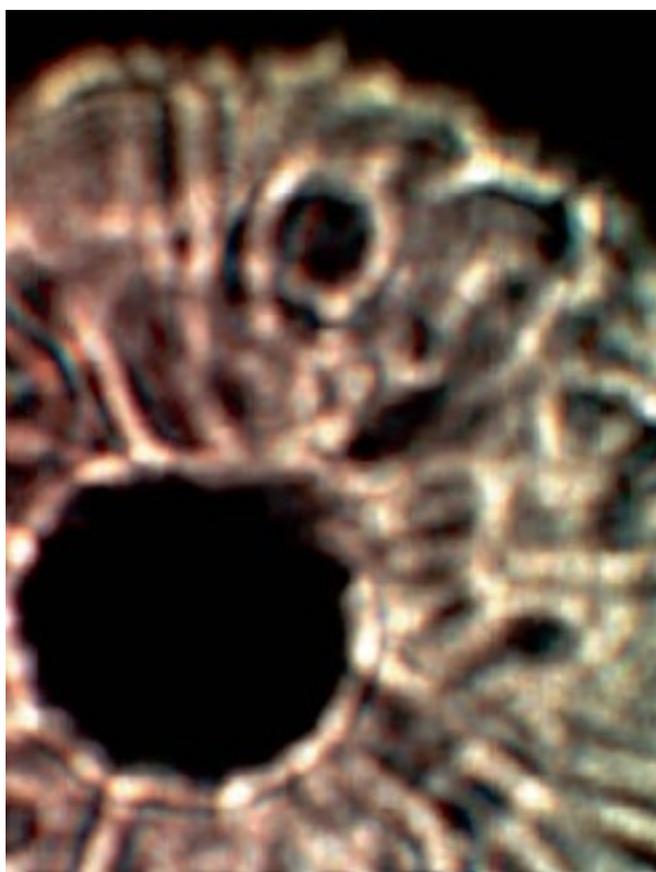
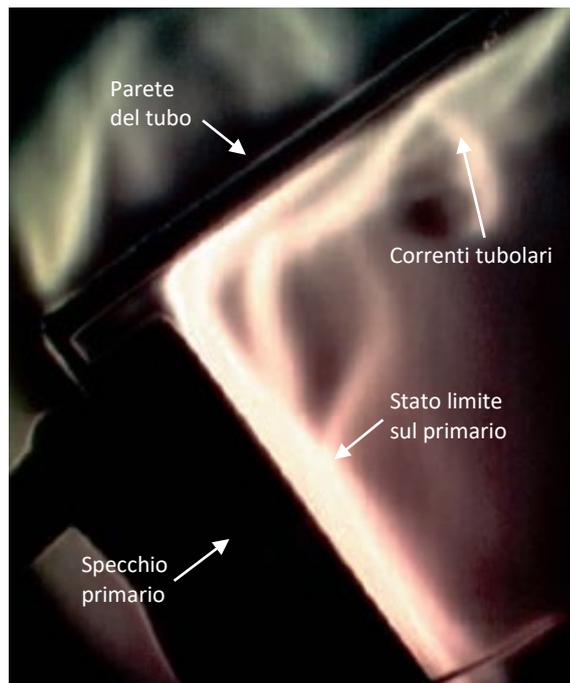
Tempi di raffreddamento dello specchio

Questi grafici mostrano uno specchio primario spesso 1 pollice (tipico di un riflettore da 6 pollici) di raffreddamento. *Sinistra*: Lo specchio comincia la notte con 10°F più caldo della temperatura dell'aria ambiente, che rimane invariata nel corso della notte. Anche in queste condizioni irrealisticamente favorevoli, passa più di un'ora prima che la differenza di temperatura (ΔT) tra lo specchio e l'aria è sufficientemente piccola per prestazioni quasi ottimali (zona blu). *Destra*: Un esempio leggermente più realistico che mostra lo stesso specchio a partire da 10°F più caldo della temperatura ambiente in una notte in cui la temperatura scende solo di 2°F/ora — tipico di una mite serata estiva. Devono trascorrere più di due ore prima che le prestazioni del telescopio siano quasi ottimali. Questi grafici sono stati generati con i dati del freeware Cool di Alan Adler, disponibile su SkyandTelescope.com/resources/software.

Una variante del test di Schlieren, opportunamente soprannominato "arcobaleno schlieren" per il suo aspetto colorato, può essere utilizzata per quantificare gli errori del fronte d'onda picco-valle causati dallo strato limite termico. Questo test mostra quanto sia comune che errori localizzati da 1/4 a 1/10 d'onda appaiano spontaneamente, anche quando lo specchio è appena 2°C (3,6°F) al di sopra della temperatura dell'aria ambiente. Per gli specchi lasciati raffreddare da soli, questa è una condizione inquietantemente comune che di solito persiste per tutta la notte.

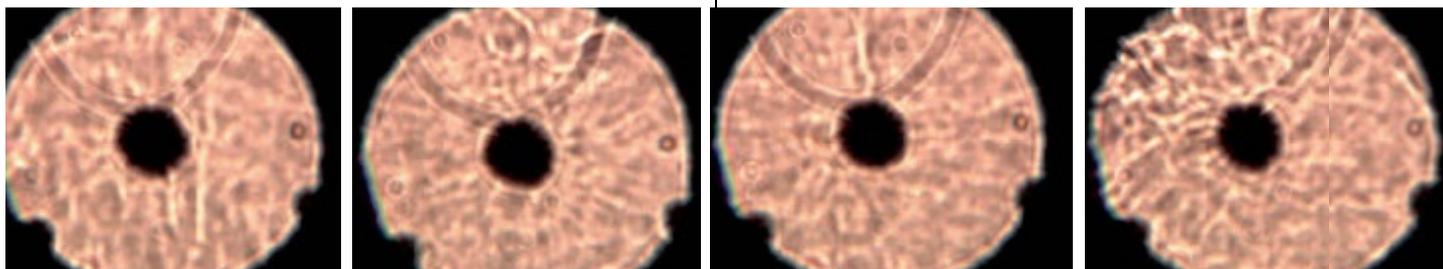
La struttura dello strato limite è irregolare e in continuo movimento. L'impatto è una riduzione sporadica del contrasto in un'ampia gamma di frequenze spaziali. A seconda delle dimensioni e della forma dello strato, l'effetto può variare da una semplice sbavatura di dettagli planetari fino alla diffusione di luce indesiderata nel campo.

lo strato limite abbraccia la faccia dello specchio primario (qui visto di taglio in un test Schlieren) e persiste finché c'è una differenza di temperatura tra la superficie del vetro e l'aria circostante. La parete simulata del tubo del telescopio è stata posizionata sopra lo specchio di raffreddamento per dimostrare come l'aria calda che sale dallo specchio si trasforma in correnti del tubo.



Data la natura transitoria dello strato limite termico, è facile capire perché non sia meglio compreso. Anche senza contromisure correttive, la maggior parte dei telescopi newtoniani occasionalmente funzionerà in modo superbio. Nelle giuste condizioni, ci saranno momenti fortuiti in cui sia l'atmosfera sia lo strato limite saranno relativamente laminari e, all'improvviso, l'immagine di un pianeta apparirà nitida. L'osservatore quindi presumerà erroneamente che il telescopio abbia raggiunto l'equilibrio termico e darà la colpa all'atmosfera instabile quando la vista tornerà ad essere mediocre. L'errore di identità è probabilmente la vera ragione per cui il vero impatto dello strato limite sulla qualità dell'immagine non è stato pienamente apprezzato fino a poco tempo fa.

A sinistra: questa immagine di una stella artificiale sfocata, ripresa attraverso il telescopio newtoniano da 8 pollici dell'autore, mostra vividamente gli effetti ottici dello strato limite termico. Questo è un esempio estremo che mostra un ΔT di 25°C risultante dal fatto che il telescopio è stato portato all'aperto in una fredda notte invernale. Fortunatamente, il grado di turbolenza dello strato limite mostrato qui non persiste a lungo. Sotto: questo è un aspetto più tipico dello strato limite nel test della stella modificato in cui ΔT è 5°C. Questi singoli fotogrammi sono stati selezionati da una sequenza video di 10 secondi per illustrare come la struttura dello strato limite cambia rapidamente. Si noti come varia la scala della struttura dello strato limite. (In queste immagini, la parte superiore dello specchio è rivolta verso l'alto.)



Vedere per credere

Prima di tentare qualsiasi soluzione, è necessario disporre di un metodo veramente oggettivo e ripetibile per determinare lo stato di equilibrio termico del telescopio. Sebbene la configurazione del test Schlieren da me utilizzata sia molto sensibile e adatta a rivelare lo strato limite, non è adatta per i test sul campo. Fortunatamente, è possibile vedere lo strato limite con un livello di sensibilità simile impiegando un derivato del noto test della stella. Infatti, probabilmente troverai il test dello strato limite ancora più facile da eseguire.

Per vedere lo strato limite termico nel tuo telescopio, inserisci un oculare che produca un ingrandimento da 5 a 10 volte l'apertura del tuo telescopio in pollici (questo è un ingrandimento molto più basso di quello utilizzato dal test standard delle stelle). Ad esempio, in un cannocchiale da 8 pollici, un ingrandimento compreso tra 40x e 80x è più o meno corretto. Poi, punta il telescopio verso la stella più luminosa del cielo, o anche un pianeta luminoso come Giove o Venere. Sfoca l'immagine finché lo specchio secondario e il ragno non iniziano a mostrarsi in una silhouette nitida contro il disco luminoso ed espanso dello specchio primario illuminato. A seconda del rapporto focale del telescopio, potresti sfocare di mezzo pollice o più, molto di più rispetto a un normale test delle stelle. Cercate un po' finché non trovate un punto in cui la turbolenza atmosferica diventa visibile come un motivo di ombre screziate che si muovono in modo rapido e lineare. La velocità di questo schema varia da una notte all'altra, ed è più facile concentrarsi quando si muove più lentamente.

Se ci sono problemi termici all'interno del telescopio, li vedrai sovrapposti a questo schema come una struttura d'ombra macchiata che si muove molto più lentamente. Queste "onde termiche" tenderanno a salire lentamente dal fondo dello specchio e sono causate dallo strato limite termico che abbraccia la superficie dello specchio primario.

La prima volta che si tenta questo test è meglio farlo quando si sa che il telescopio ha problemi termici. Portare il telescopio fuori in una fredda notte invernale garantirà la presenza di evidenti pattern di strato limite per almeno 30 minuti circa, e la sua comparsa nel test descritto sopra dovrebbe essere ovvia. (Per divertirti, prova a mettere la mano davanti al telescopio se vuoi vedere uno spettacolo davvero spettacolare!) Man mano che acquisisci esperienza con il test, sarai in grado di rilevare modelli meno distinti.

Se ritieni che il disordine atmosferico ti confonda troppo, il test può essere eseguito anche su una fonte di luce terrestre adatta. Si può usare un lampione distante o un'altra sorgente luminosa puntiforme, purché distante alcune centinaia di metri. È importante che la sorgente luminosa sia sufficientemente piccola, altrimenti l'autore Bryan Greer vede il contrasto con il suo i pattern delle ombre iniziano a diminuire. In assenza di turbolenza atmosferica, il test rivelerà ora anche i più piccoli errori ottici indotti termicamente. Per avere un'idea migliore di come appare questo test, guarda gli esempi video in full-motion disponibili su SkyandTelescope.com/howto/scopes/article_1182_1.asp.

Prenditi del tempo per testare il tuo cannocchiale e familiarizzare con l'aspetto dei problemi termici. Nella parte 2 descriverò alcune soluzioni che ti aiuteranno a curare i problemi termici del tuo cannocchiale. Se sai in anticipo come verificare i problemi, sarai pronto a valutare l'efficacia delle soluzioni che ti illustrerò la prossima volta nella seconda parte di quest'articolo.

Un altro modo per monitorare le condizioni termiche dello specchio primario è utilizzare un economico termometro digitale per interni/esterni. La sonda "esterna" viene tenuta contro la parte posteriore dello specchio primario con del nastro adesivo e ricoperta da uno strato di schiuma sufficientemente spesso da isolare la sonda dall'aria ambiente. La scatola del termometro stesso (che contiene il sensore "in-door") è fissata all'esterno del tubo del telescopio. Questa configurazione fornisce un mezzo pratico per confrontare la temperatura dello specchio con la temperatura dell'aria ambiente. Quando è stata scattata questa fotografia, il ΔT era di 26,9°F.



BRYAN GREER è un ingegnere meccanico e costruttore amatoriale di telescopi di Worthington, Ohio, che ama osservare i pianeti con lo strumento che preferisce: un riflettore newtoniano termicamente ottimizzato. Ulteriori informazioni sulla sua ricerca sui telescopi sono disponibili sul suo sito Web personale: www.fpi-protostar.com/bgreer.

L'autore Bryan Greer è raffigurato qui con il suo telescopio da 8 pollici allestito per i test Schlieren. Una videocamera digitale è montata sul foceggiatore dell'oscilloscopio per registrare i risultati.

