

costruzione di telescopi amatoriali

Miglioramento delle proprietà termiche dei riflettori Newtoniani - Parte 2

Alcune semplici strategie e modifiche ti aiuteranno a eliminare il temuto "strato limite termico" e a far sì che il tuo telescopio funzioni al meglio.

Di Bryan Greer

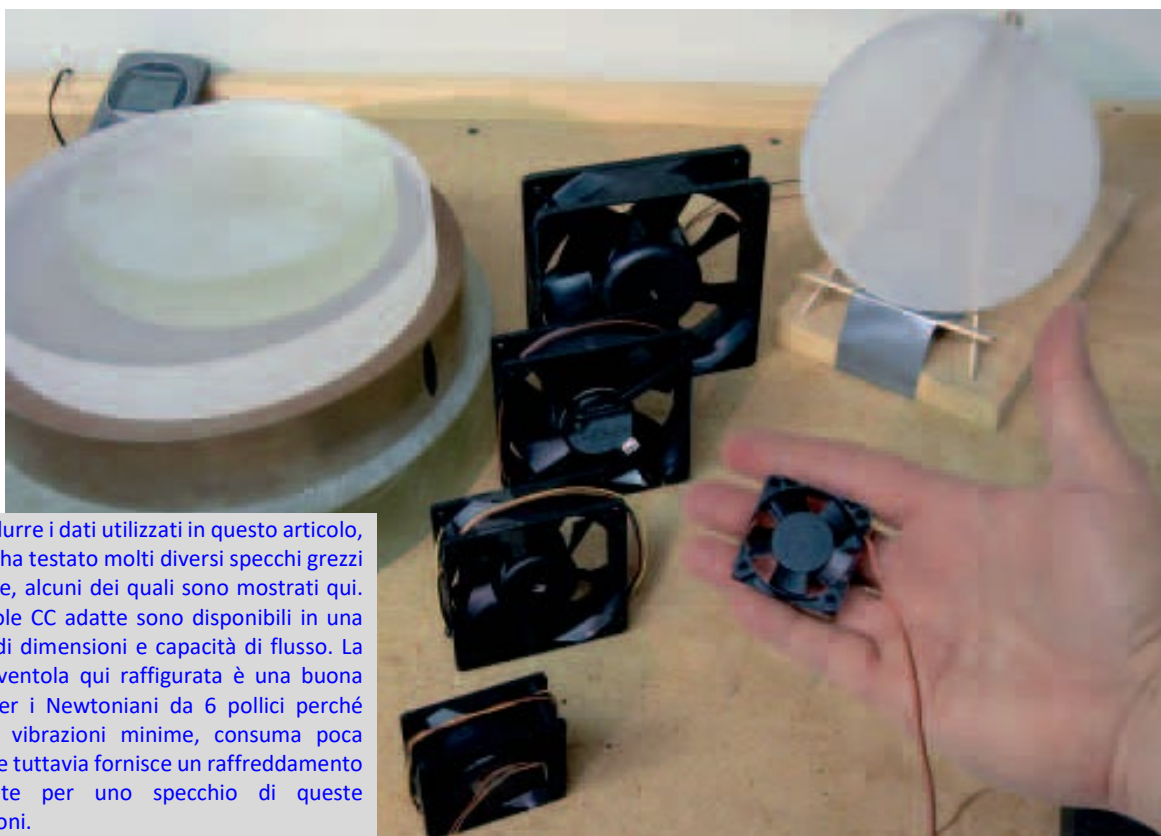
NELLA PARTE PRECEDENTE ho descritto i tipi di problemi termici di cui soffrono i riflettori newtoniani e come individuarli. In questa puntata vi spiegherò come possono essere ridotti al minimo in modo che il vostro telescopio possa regolarmente sfruttare al meglio il suo potenziale.

Il sottile è all'interno

Si scopre che lo spessore dello specchio primario newtoniano è il fattore determinante nel definire quanto precisamente l'ottica seguirà la diminuzione della temperatura ambiente. Questa è in realtà una buona notizia per i possessori di grandi telescopi Dobson. Se solo la massa dello specchio fosse importante, avrebbero poche prospettive di miglioramento: persino un primario relativamente sottile da 20 pollici di diametro (51 centimetri) è un pezzo di vetro pesante!

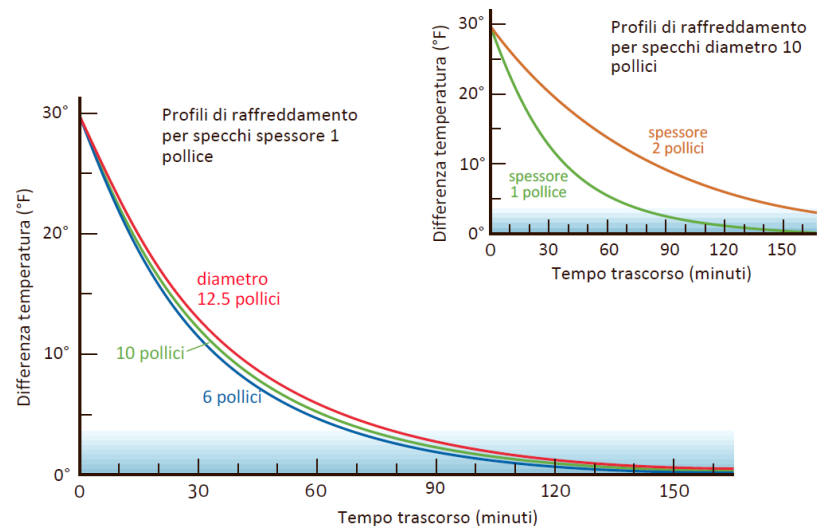
Per dimostrare questo punto, guarda il grafico principale nella pagina di seguito, che mostra come si raffreddano i grezzi Pyrex spessi 1 pollice di diametri diversi; nota quanto siano simili le curve. Un altro modo per dimostrare l'importanza dello spessore è misurare le velocità di raffreddamento per specchi dello stesso diametro ma di spessore diverso. Per specchi spessi 2 pollici o più, è comune riscontrare differenze di temperatura superiori a 3 °C (5,4 °F) durante una sessione di osservazione avanzata, quando la temperatura dell'aria ambiente scende rapidamente.

Osservando le curve di raffreddamento nel grafico più piccolo nella pagina seguente, è ovvio che gli specchi più sottili si raffreddano più rapidamente di quelli più spessi. Questo è certamente importante, ma c'è un secondo punto, più importante, di cui tenere conto: uno specchio che si raffredda rapidamente riesce anche a tracciare più da vicino la temperatura dell'aria ambiente in continua evoluzione.



Nel produrre i dati utilizzati in questo articolo, l'autore ha testato molti diversi specchi grezzi e ventole, alcuni dei quali sono mostrati qui. Le ventole CC adatte sono disponibili in una varietà di dimensioni e capacità di flusso. La piccola ventola qui raffigurata è una buona scelta per i Newtoniani da 6 pollici perché provoca vibrazioni minime, consuma poca energia e tuttavia fornisce un raffreddamento sufficiente per uno specchio di queste dimensioni.

Lo spessore di uno specchio supera il suo diametro quando si tratta di determinare la rapidità con cui raggiungerà le prestazioni ottimali (zona blu). Sono stati testati tre specchi spessi 1 pollice con diametri diversi per produrre il grafico principale. Notare quanto siano simili i loro profili di raffreddamento. Inserto: quando vengono confrontati due specchi da 10 pollici di spessori diversi, il vantaggio termico del substrato più sottile diventa ovvio. (In questi test non sono state utilizzate ventole.)



Tutti questi grafici suggeriscono che gli specchi ultrasottili sono la strada da percorrere. Infatti, la modellazione al computer mostra che gli specchi spessi 1/2 pollice (13 millimetri) rimangono accettabilmente privi di problemi di strato limite per la maggior parte delle posizioni geografiche con un calo di temperatura di 2°÷ 4°C all'ora.

Questo grande Dobsoniano impiega una serie di importanti caratteristiche per ridurre i tempi di raffreddamento dello specchio. Non solo la superficie posteriore del sottile specchio primario è completamente esposta, ma ha non meno di quattro ventole che soffiano aria su di essa. Anche il cercatore da 8 pollici ha una ventola di raffreddamento!



Tuttavia, non ordinare subito il tuo nuovo specchio ultrasottile: gli specchi sottili di alta qualità sono difficili da fabbricare e richiedono celle di supporto più sofisticate in modo che l'ottica non ceda sotto il proprio peso. Tuttavia, dati gli importanti vantaggi termici degli specchi sottili, forse è giunto il momento di iniziare a pensare all'ottica newtoniana in modo diverso. Se si considera lo sforzo e il costo implicati nella produzione di una lente rifratrice apocromatica di alta qualità che non ha una ma spesso sei superfici, la spesa di un'ottica di prima qualità viene messa in una prospettiva migliore. Forse

dovremmo smettere di pensare al design newtoniano solo come un'alternativa economica ai rifrattori e iniziare a dargli il tipo di attenzione necessaria per sfruttare appieno le capacità del design. Inoltre celle di supporto più sofisticate e specchi costosi potrebbero essere giustificati se si valutasse più approfonditamente l'entità dei potenziali vantaggi ottici.

Ventole in aiuto

Finora abbiamo affrontato il raffreddamento solo in termini passivi: lo specchio, appoggiato sul fondo del suo tubo, è lasciato a rilasciare il calore immagazzinato quando le condizioni lo consentono. Ma ci sono anche strategie attive, che di solito prevedono l'uso di una o più ventole poco costose per accelerare il raffreddamento dello specchio. Sebbene non sia una novità che le ventole possano migliorare le prestazioni dei riflettori newtoniani, c'è ancora qualche incertezza su come utilizzarle al meglio. Quanto grande deve essere la ventola? Dove la metto? Le risposte dipendono in gran parte dalle dimensioni del telescopio, dalla sua configurazione e persino dalle abitudini di osservazione del proprietario, in una certa misura.

Le ventole possono avere due effetti utili, e in alcuni casi si verificano simultaneamente.

Innanzitutto, aumentano la velocità dell'aria che si muove sulla superficie dello specchio, il che aumenta significativamente il tasso di trasferimento di calore dal vetro all'aria. Questo, a sua volta, alla fine riduce la differenza di temperatura (ΔT) e la resistenza dello strato limite. Questo vantaggio può essere ottenuto se le ventole soffiano aria nella parte anteriore o posteriore dello specchio, o in entrambe.

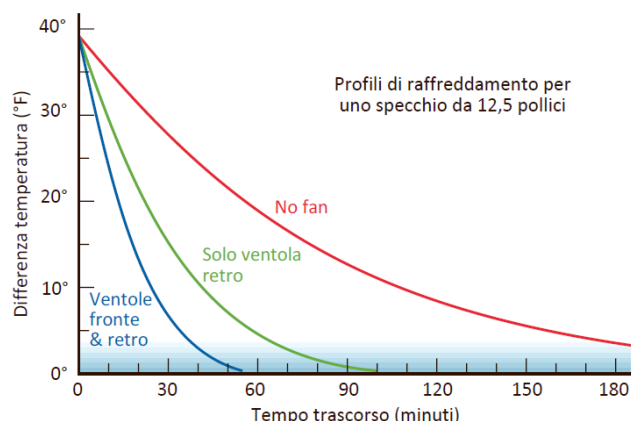
Oltre a raffreddare lo specchio più rapidamente, quando il flusso d'aria è diretto verso la parte anteriore dello specchio (come sostenuto da Alan Adler nel suo articolo del gennaio 2002, "Thermal Management in Newtonian Reflectors"), l'aria in movimento ha anche il potenziale per modificare effettivamente lo strato limite, solitamente trasformandolo in una struttura molto più fine. In presenza di uno strato limite forte, questo



Il Newtoniano da 6 pollici del redattore associato Gary Seronik utilizza una ventola "cpu" da 1/2 pollice per mantenere lo specchio primario alla temperatura dell'aria ambiente. La ventola soffia attraverso la superficie dello specchio e l'aria esce dal lato opposto del tubo attraverso tre fori da 1 pollice.

renderà quasi immediatamente più nitidi i dettagli fini dell'immagine. Tenendo a mente entrambi i vantaggi, puoi orientarti verso la strategia di posizionamento dei fan più pratica ed efficace per il tuo ambito specifico.

I miei test di raffreddamento all'aperto dimostrano che, con specchi con spessori inferiori a circa 1½ pollici, è possibile mantenere un ΔT sufficientemente piccolo con una ventola che soffia aria solo su un lato dello specchio. Considerazioni pratiche indicano solitamente che questa sarà la superficie posteriore, poiché per la maggior parte dei telescopi Newtoniani di piccole e medie dimensioni è relativamente semplice aggiungere una singola ventola dietro la cella dello specchio. Dopo aver acceso la ventola, di solito ci vogliono solo 30 minuti o meno per ridurre ΔT al punto in cui lo strato limite viene sostanzialmente eliminato. Per i possessori di Dobson di piccole e persino medie dimensioni, questa potrebbe essere una delle modifiche più convenienti possibili. Sebbene si possano ottenere piccoli miglioramenti aggiungendo anche una ventola frontale, non sono essenziali se si è disposti ad aspettare solo pochi minuti affinché la ventola montata posteriormente faccia il suo lavoro. La cosa importante è non lasciare che la complessità aggiuntiva di aggiungere una ventola frontale (che di solito richiede più ritocchi per essere montata) impedisca di aggiungere qualsiasi ventola!



Gli specchi spessi traggono vantaggio dall'avere ventole che soffiano sia sulla faccia posteriore che su quella anteriore. Utilizzando ventole anteriori e posteriori, questo specchio Pyrex da 12,5 pollici di diametro e 2 pollici di spessore si raffredda quasi fino all'equilibrio due volte più velocemente di quanto farebbe con una singola ventola.



L'autore raffredda il suo Newtoniano da 8 pollici con una ventola da 19 piedi cubi al minuto (cfm) montata su un pezzo di plastica che si attacca al telescopio con tre elastici per capelli che si avvolgono su viti all'esterno del tubo del telescopio. Questi rappresentano un buon modo per evitare problemi di vibrazioni e semplificano l'installazione, la rimozione o persino l'inversione della ventola.

Come mostra il grafico, gli specchi più spessi di 1½ pollici trarranno vantaggio dall'avere ventole che raffreddano sia la superficie anteriore che quella posteriore, anche se vale la pena sottolineare che anche il solo raffreddamento posteriore è comunque molto meglio che non avere affatto ventole. Quando lo spessore del vetro supera i 2 pollici, il raffreddamento tramite ventola da un solo lato non rimuoverà una quantità di calore sufficiente affinché lo specchio segua adeguatamente la temperatura dell'aria in calo.

Evitare le cattive vibrazioni

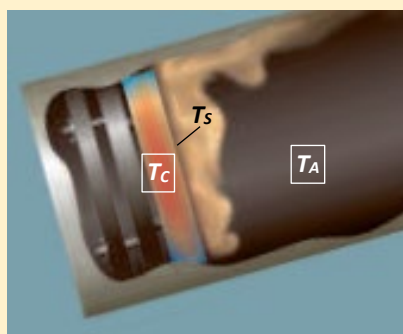
Quindi qual è il prezzo da pagare per aggiungere ventole al tuo telescopio? L'unico aspetto negativo delle prestazioni è il potenziale di introdurre microvibrazioni dannose per le immagini. Fortunatamente, questo problema può essere evitato prestando attenzione a come vengono installate le ventole. Il modo migliore per montarli è utilizzare elastici resistenti o piccole corde elastiche.

Capire il trasferimento di calore

L'immagine allegata mostra uno specchio di telescopio nel processo di raggiungimento dell'equilibrio con l'aria circostante. Affinché lo specchio si raffreddi, il calore immagazzinato deve viaggiare attraverso due mezzi distinti: vetro e aria. Innanzitutto, il calore all'interno dello specchio deve essere trasportato alla superficie del vetro tramite *conduzione*. La differenza di temperatura tra il centro caldo (T_C) dello specchio e la superficie più fredda (T_S) guida questo flusso di energia termica. Successivamente, l'aria ambiente più fredda (T_A) assorbirà calore dalla superficie del vetro e lo porterà via per *convezione*. Ciò determina la formazione dello *strato limite termico*. Man mano che il calore viene rilasciato, la differenza di temperatura tra il centro del vetro e l'aria che circonda lo specchio diminuisce. Se non c'è differenza di temperatura ($\Delta T = 0$), non ci sarà

strato limite e nessuna degradazione dell'immagine risultante.

Con questi processi in mente, è più facile capire il perché delle seguenti variazioni: (a) aumentare la velocità di trasferimento del calore dal centro del vetro alla superficie, (b) diminuire la quantità di calore immagazzinata



all'interno del vetro, o (c) aumentando la velocità di trasferimento del calore dalla superficie del vetro all'aria circostante diminuirà ΔT e quindi la resistenza dello strato limite. La velocità con cui il calore fluisce attraverso il vetro è una funzione della conduttività termica del materiale, che non possiamo modificare se utilizziamo materiali di substrato per specchi convenzionali come Pyrex o vetro piano. Fortunatamente, possiamo controllare gli altri due fattori: possiamo ridurre la quantità di calore immagazzinato utilizzando specchi più sottili e conservando il telescopio all'aperto, e possiamo migliorare notevolmente la velocità di trasferimento del calore dalla superficie dello specchio forzando l'aria a fluire su di esso con un ventilatore.

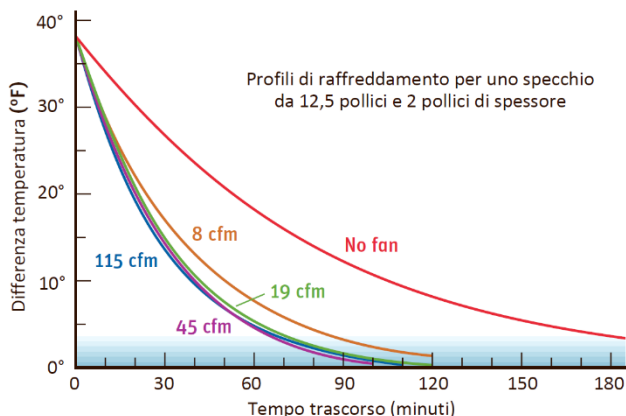
Ma se si montano le ventole direttamente sul telescopio (anche con materiali di guarnizione in schiuma), le microvibrazioni possono comparire nell'immagine. Questo dovrebbe essere considerato intollerabile: non ha senso barattare un problema di degradazione dell'immagine con un altro.

A meno che non siano gravi, i problemi di microvibrazione possono passare inosservati perché i loro effetti (seppur molto reali) non sono immediatamente evidenti quando si osserva la Luna o un pianeta. Il test definitivo consiste nell'esaminare una stella luminosa con un ingrandimento sufficientemente elevato da vedere effettivamente il disco di Airy. Ciò richiede almeno 40x per pollice di apertura (ad esempio, più di 300x per un riflettore da 8 pollici). Avrai anche bisogno di una serata di cielo stabile, poiché una scarsa visibilità rende difficile vedere il disco di Airy. Centra la stella e accendi e spegni il ventilatore mentre esamini attentamente il disco di Airy. Non dovrebbe esserci alcun rigonfiamento del disco di Airy o altri cambiamenti nel suo aspetto quando accendi il ventilatore. I proprietari di grandi telescopi Newtoniani potrebbero dover ricorrere all'uso di una stella artificiale per testare le vibrazioni. In tali telescopi, il disco di Airy ha una dimensione angolare di appena una frazione di secondo d'arco e le condizioni atmosferiche spesso lo rendono difficile da vedere. Fortunatamente, una stella artificiale può essere realizzata con un semplice ornamento luccicante per l'albero di Natale e una torcia elettrica, come descritto nel libro di H. R. Suiter, *Star Testing Astronomical Telescopes* (Willmann-Bell, 1994).

Determinare la quantità del flusso

Determinare quanta potenza di raffreddamento della ventola è necessaria è un problema ingegneristico semplice. Le ventole sono classificate in base al volume di aria che possono spostare in un dato lasso di tempo. Nella maggior parte dei casi le unità sono piedi cubi al minuto (cfm). Un modo per determinare quanta portata d'aria è necessaria è misurare e tracciare le curve di raffreddamento per una gamma di ventole. Man mano che le ventole diventano più potenti (o ne vengono utilizzate di più), alla fine si raggiunge un punto in cui la velocità di raffreddamento non migliora più in modo significativo. Ciò accade quando il flusso d'aria è a un livello in cui è stata raggiunta la massima velocità di trasferimento di calore per convezione e il trasporto del calore rimanente dall'interno dello specchio alla sua superficie diventa il collo di bottiglia del trasferimento di calore. A questo punto, aggiungere più potenza alla ventola non farà altro che aumentare le vibrazioni e il rumore, e consumerà più energia senza alcun guadagno in termini di raffreddamento.

Ho testato alcune dimensioni comuni di specchi con una varietà di ventole e i risultati sono mostrati nella tabella sottostante.



Questo grafico per uno specchio Pyrex da 12,5 pollici di diametro e 2 pollici di spessore mostra che l'uso di ventole con una portata nominale superiore a circa 20 cfm comporta miglioramenti trascurabili. Tuttavia, questi test mostrano anche che qualsiasi quantità di flusso d'aria forzato è molto utile. (Per questi test, l'aria è stata soffiata solo nella parte posteriore dello specchio.)

Non è necessario attenersi rigorosamente a questi valori derivati sperimentalmente, poiché un'importante scoperta dei miei test è che praticamente qualsiasi quantità di flusso d'aria forzato determina grandi miglioramenti.

Sebbene usare una ventola per soffiare contro la superficie dello specchio sia il metodo di raffreddamento più efficiente, potrebbe essere vantaggioso invertire le ventole in alcune applicazioni in modo che aspirino aria oltre lo specchio. Se osservi in un luogo polveroso, aspirare aria dalla parte superiore del tubo ed estrarre l'aria calda dalla parte inferiore può ridurre l'accumulo di sporcizia sullo specchio. Tuttavia, se si sceglie questa strada, chiudere l'estremità dello specchio del tubo, eccetto il foro per la ventola. Questo assicura che la maggior parte dell'aria provenga effettivamente dall'interno del telescopio e non venga semplicemente ricircolata all'infinito attorno all'alloggiamento della ventola.

Infine, nella maggior parte delle condizioni, le ventole dovrebbero essere lasciate in funzione per l'intera sessione di osservazione (il che rende un'installazione senza vibrazioni ancora più critica). Mentre le ventole riducono significativamente il tempo di raffreddamento iniziale, il vero vantaggio si ottiene quando vengono lasciate in funzione e abbassano il ΔT il più vicino possibile allo zero e lo mantengono lì per tutta la notte. Un sistema di ventilazione opportunamente progettato che soddisfi i valori di portata d'aria indicati nella tabella è in grado di raggiungere questo obiettivo.

Test di raffreddamento dello specchio Pyrex		
Diametro (pollici)	Spessore (pollici)	Valore flusso d'aria (piedi cubi al minuto)
6	1	10–15
8	1.6	15–20
10*	1,75	15–25
12.5*	2.0	20–30
16*	2.0	30–45

* Vantaggi delle ventole che forniscono un flusso d'aria uniforme sia sulla superficie anteriore che su quella posteriore.

Per i grandi Newtoniani, o situazioni in cui il ΔT iniziale è grande (come durante i freddi mesi invernali), un'altra strategia che funziona bene è quella di installare una ventola aggiuntiva temporanea per soffiare aria fredda lungo la parte anteriore del tubo del telescopio mentre si imposta l'attrezzatura. Ciò ridurrà il periodo di raffreddamento iniziale e, poiché non è possibile effettuare alcuna osservazione con una ventola davanti al telescopio, la vibrazione di questa ventola aggiuntiva non ha

importanza, quindi è possibile utilizzare un normale ventilatore domestico. Quando sei pronto per iniziare l'osservazione, sposta questa ventola, ma continua a utilizzare la tua ventola normale.

Mentre la maggior parte degli amatori che usano ventole segnalano notevoli miglioramenti delle prestazioni, ogni tanto mi imbatto in qualcuno che non ci crede. Di solito questo non è dovuto alla mancanza di capacità di osservazione della persona, ma alle sue abitudini di osservazione. Francamente, i vantaggi dei Newtoniani raffreddati a ventola sono più

evidenti nell'osservazione planetaria e lunare. L'osservazione dei pianeti è la prova più dura per qualsiasi telescopio perché si lavora con ingrandimenti elevati e spesso si cerca di risolvere dettagli molto delicati a basso contrasto. Se galassie e nebulose sono i tuoi interessi principali, i miglioramenti sono indubbiamente più sottili. Detto questo, ho incontrato raramente un astronomo dilettante che in realtà evita di guardare i pianeti, quindi sospetto che la maggior parte dei possessori di Newton troveranno i loro sforzi per apportare questi miglioramenti termici ampiamente ricompensati. Di certo, dati i costi minimi in termini di tempo e denaro, c'è molto da guadagnare e molto poco da perdere.

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.