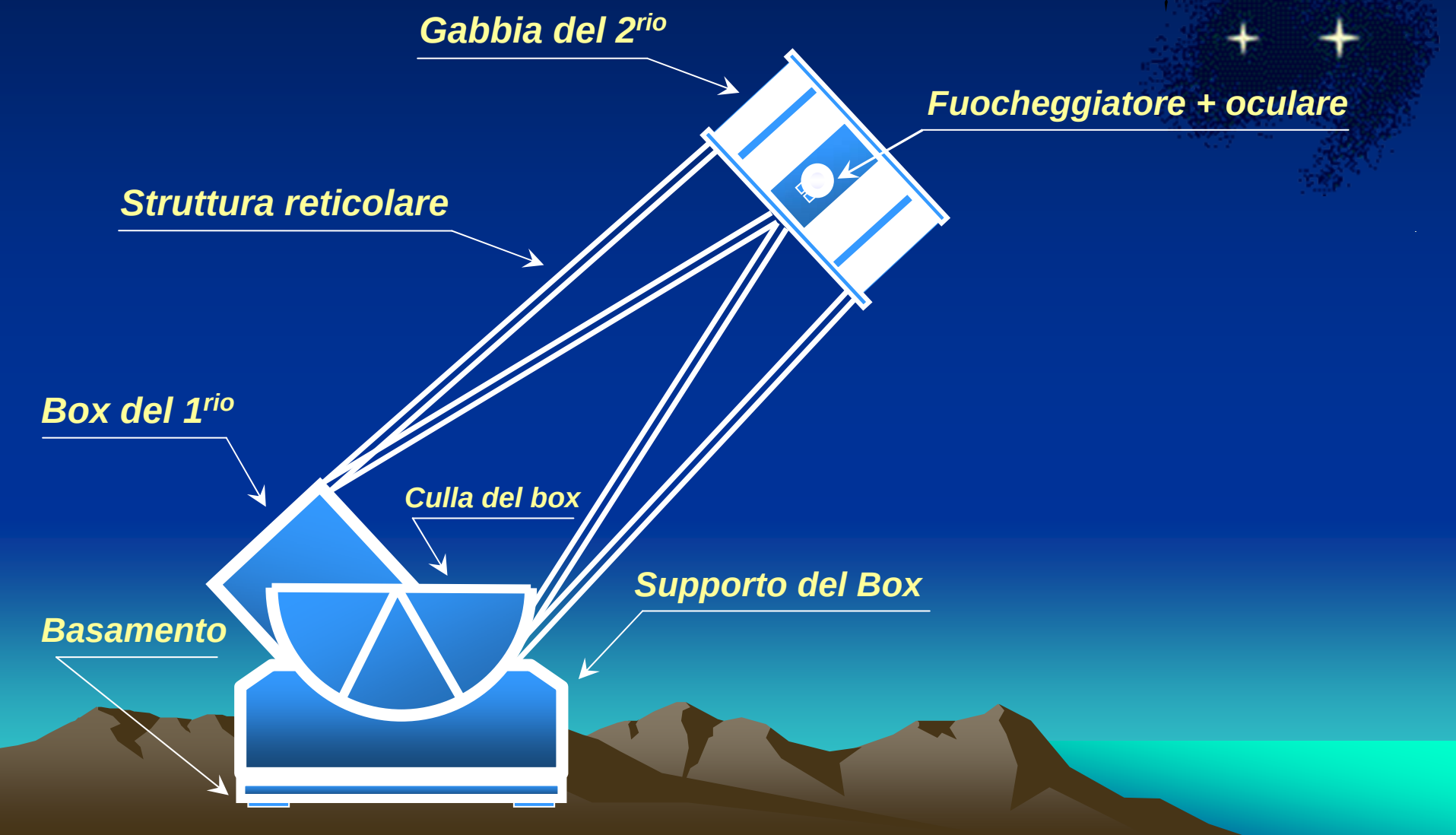
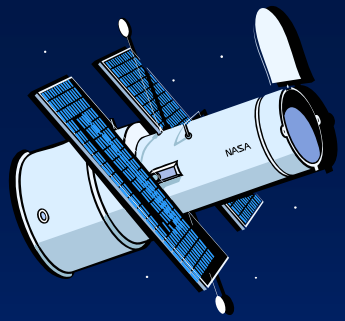
Progettare e costruire un telescopio Newtoniano (Dobson)

a cura di Stefano Della Puppa
del Gruppo Astrofili Rozzano



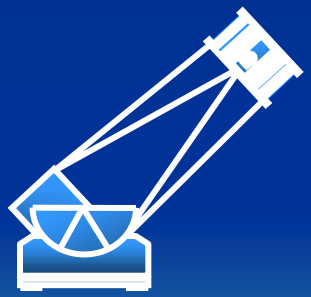


Scelta della dimensione

1) Se ti è possibile prova differenti Dobson (agli star-party o in luoghi di ritrovo astrofili) e valuta la dimensione che ti sembra più congeniale

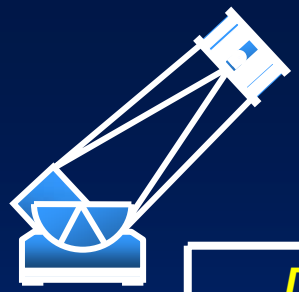
2) Una volta decisa la TUA dimensione considera l'impatto che può avere sulla tua vita quella dimensione:
- il tempo, l'impegno e la precisione che dovrai dedicare per la costruzione cresce notevolmente al crescere della dimensione

3) Se il cuore e la passione ti portano ad optare per una dimensione ragguardevole domandati se:



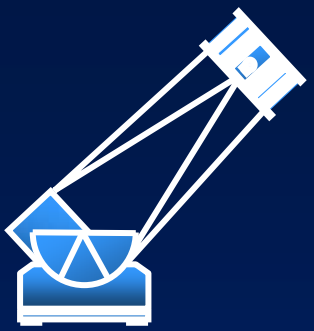
- hai un luogo idoneo per lavorare?(segare, forare, smerigliare, martellare, dipingere...)
- quale e quanto è il tuo tempo libero
- la tua partner come la prende? E i figli? E i vicini?
- hai poi dello spazio idoneo dove metterlo? (possibilmente no garage)
- hai un auto con dimensione idonea a trasportarlo (station wagon)
- avrai poi modo di sfruttarlo facendo spesso le nottate?

4) Hai valutato quale sarà l'entità dell'impegno economico in relazione ad altre priorità di spesa (famiglia, mutuo/affitto, auto da cambiare, casa da sistemare,….)



Scelta della dimensione

Diametro specchio 1rio		*Rapp. focale*	*Altezza fuocheggiatore allo zenit*	*Peso totale telescopio* *(costruzione in legno)*
inch	mm		mt (circa)	kg
12	305	f/5	1,5	25 - 34
14	355	f/5	1,7	38 - 44
16	406	f/4.5	1,8	44 - 50
18	457	f/4.5	2,0	50 - 58
20	508	f/4	2,0	60 - 70
20	508	f/5	2,4	65 - 75
24	610	f/4,5	2,6	80 - 100
24	610	f/5	2,8	90 - 110
30	762	f/4,5	3,3	155 - 170
30	762	f/5	3,7	170 - 185



Mi conviene costruirlo o comperarlo direttamente?

Costo approssimativo di tutto il materiale occorrente (in Euro – Gen.2006)

Dimensione specchio 1rio		Somma totale costo materiale (*)		Costo specchio 1rio	Costo specchio 2rio + cella	Costo totale	
inch	mm	Costo min. (Euro)	Costo max. (Euro)	(Euro)	(Euro)	Costo min. (Euro)	Costo max. (Euro)
12	305	300	500	900 - 1300	100 - 130	1300	1930
14	355	380	600	1200 – 1600	130 - 150	1710	2350
16	406	480	750	1700 - 2300	140 – 170	2320	3220
18	457	600	900	2100 - 2700	170 – 230	2870	3830
20	508	700	1000	2800 - 3500	240 - 350	3740	4850
24	610	900	1200	4600 - 5800	330 - 430	5830	7430
30	762	1200	1400	7800 - 9100	420 - 600	9420	11100

(*) Per somma totale costo del materiale si intende:

1- Tavole multistrato tutto betulla + taglio
2- Profili in acciaio per la cella + saldature
3- Triangoli, barre, razze del secondario
4- Cercatore + supporto
5- Eventuale Telrad
6- Tubi in alluminio per la struttura reticolare
7- Fuocheggiatore
8- Attrezzi vari, morsetti, viti, bulloni, colle, vernici, ecc
9- Legno per angolari, culle.

Dimensione specchio 1rio		Costo totale per costruirlo		Costo acquisto diretto
inch	mm	Costo min. (Euro)	Costo max. (Euro)	(escluse pedane carico auto, laser, telrad) (Euro)
12	305	1300	1930	1700 - 2300
14	355	1710	2350	
16	406	2320	3220	3800 - 5400
18	457	2870	3830	
20	508	3740	4850	6000 - 8000
24	610	5830	7430	10000 - 11000
30	762	9420	11100	16000 - 17000

Partiamo a costruirlo: Sequenza di costruzione

La sequenza di costruzione deve necessariamente seguire con la cronologia indicata:

Step 1) Inizia col ordinare le ottiche (Specchio primario e secondario). Dal costruttore devi in anticipo farti dare i seguenti dati: 1) diametro preciso specchio primario, sua focale (e rapporto), suo spessore e suo peso.
2) sulla base di quanto esposto nelle pagine più avanti comunicagli l'asse minore dello specchio 2rio e dunque fatti dare il suo peso finale (eventualmente comprensivo della cella)

Step 2) Costruisci il supporto dello specchio primario (cella del 1rio)

Step 3) Costruisci la gabbia dello specchio secondario

Step 4) Compera i tubi di alluminio per la struttura reticolare

Step 5) Costruisci il Box dello specchio 1rio

Step 6) Costruisci le Culle del Box del 1rio

Step 7) Costruisci il supporto del box (supporto che assieme alle culle del box darà origine al sistema basculante per il movimento in altezza del telescopio)

Step 8) Costruisci il Basamento (tale basamento assieme al supporto del Box darà origine al sistema di rotazione in azimut)

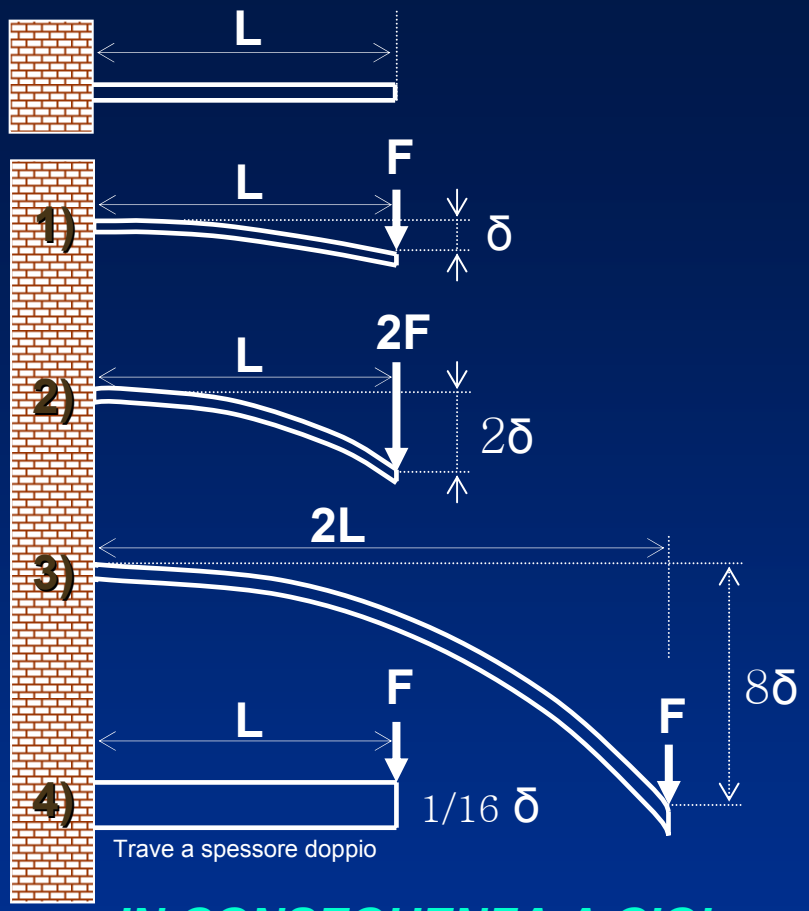
Step 9) Costruisci il coperchio del Box a protezione dello specchio 1rio

Step 10) Costruisci tutti i connettori dei tubi di alluminio (della struttura reticolare)

Step 11) Monta la cella nel box, il supporto del box sul basamento, il box (con cella) sul supporto. Dunque installa lo specchio 1rio sulla cella e copri lo specchio col coperchio. Monta lo specchio 2rio sulla gabbia. Monta tutti i connettori (quelli del box per il momento con una sola vite). Valuta la lunghezza dei tubi con leggero eccesso. Procedi al completamento del montaggio ed all'eventuale bilanciamento.

Step 12) Procedi alla collimazione col laser + rapido star-test per determinare l'esatta lunghezza dei tubi e quindi apporta l'ultimo ritocco ai tubi ed al bilanciamento.

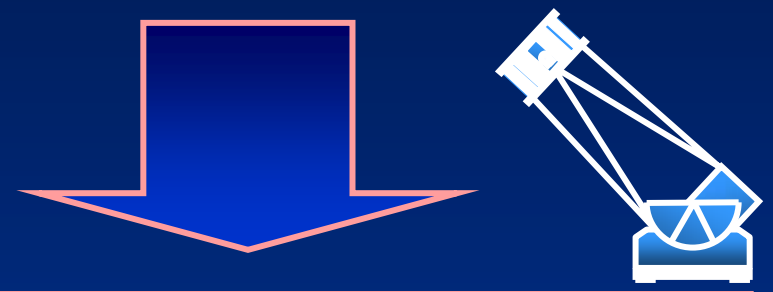
Semplici ma basilari concetti di statica: deformazione di una trave



$$\text{Deformazione } \delta = \frac{\text{Forza} \times \text{Lunghezza}^3}{3 \times E \times I}$$

E = modulo elastico del materiale (o modulo di rigidità)

I = secondo momento di inerzia $\propto$ (Spessore trave)^4



$$\text{Deformazione } \delta \propto \frac{\text{Forza} \times \text{Lunghezza}^3}{E \times \text{Spessore}^4}$$

IN CONSEGUENZA A CIO' al fine di evitare svergolamenti e fastidiosissime oscillazioni del telescopio durante le fasi di puntamento o astigmatismi dell'ottica è necessario che:

a) ***Box del 1rio e suo supporto*** devono essere realizzati con legno molto rigido (alto valore di E) e sufficientemente spesso. Le parti laterali del supporto box devono in particolare essere molto spesse e di minor altezza possibile. Come legno più indicato si consiglia il MULTISTRATO tutto betulla (sia strati interni che esterni incollati tra loro con resina fenolica) o tutto faggio. Da evitare multistrato in pioppo, compensato marino o legno non multistrato (tipo massello).

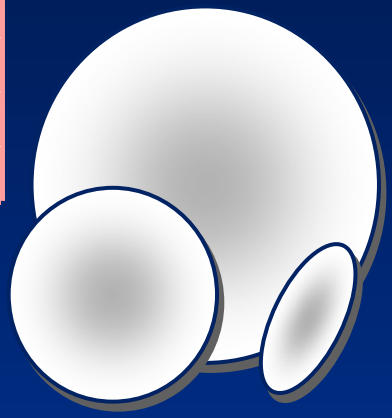
b) ***I tubi in alluminio della struttura reticolare*** devono essere di opportuna qualità, opportuno diametro e spessore

c) ***Lo spessore dello specchio 1rio ed il numero dei suoi punti di appoggio sulla cella*** deve rispettare precisi criteri dimensionali che andremo ad illustrare più avanti. Importantissimo è pure il tipo di vetro (Pirex o eventualmente in quarzo)

Scelta dell'ottica (*)

Diametro specchio 1rio	Rapp. focale	Minimo ingrandimento	Magnitudine limite	Risoluzione (arcosecondi)	N° galassie identificabili
8"	f/6	29	14,7	0,68	1000
12,5"	f/5	42	15,5	0,43	5000
15"	f/4.5	50	15,8	0,36	8000
18"	f/4.5	62	16,2	0,31	12000
20"	f/5	70	16,4	0,28	15000
25"	f/5	88	16,8	0,22	20000
30"	f/5	100	17,2	0,18	> 30000

(*) per dimensioni e peso del telescopio che ne deriva si rimanda alla tab. a pag.3



La scelta va fatta attraverso il seguente percorso:

1) Scegli il diametro del 1rio (aiutati con la tabella sopra)

2) Scegli il rapporto focale: in questa scelta decido se privilegio l'altezza ridotta del telescopio o la qualità di immagine. Più scendo con il rapporto focale (f/4,3 – f/4 – f/3,8) più aumenta il coma ai bordi, più inquinamento luminoso vado ad incamerare nella mia immagine, un po' più difficoltosa diventa la parabolizzazione da parte del costruttore di ottiche con la conseguenza che mi incrementa il costo. Ne deriva solitamente un livello di correzione superficiale (λ/x p.v. e λ/x r.m.s) qualitativamente leggermente inferiore a quello che si ottiene con parabolizzazioni meno spinte quali ad es nel f/5 o f/6.

3) Scegli il tipo di vetro: coefficiente di espansione termica il più basso possibile → borosilicato PIREX è ok. Ci sono altri ancora migliori tipo ceramiche formulate o quarzo fuso ma i costi diventano molto alti. Pirex è ottimo ma deve essere necessariamente stato sottoposto a trattamento termico prolungato ad alte temperature in forno per distendere/annichilire qualsiasi suo tensionamento o stress strutturale.

4) Scegli lo spessore del 1rio : più grosso implica maggior peso, maggior tempo per andare in temperatura ma minor rischio di flessione. Lo spessore in generale può andare da 38 fino a 52 mm. La scelta è anche in relazione al numero di punti di appoggio che deciderò di adottare nella cella (vedi dunque sezione costruzione cella). Il fondo dello specchio deve il più possibile piatto e possibilmente sbiancato.

5) Accertati sulla qualità dell'alluminatura e del processo per ottenerla: sappi che tutte le alluminature nel tempo si degradano. La velocità di degrado dipende soprattutto dal luogo di parcheggio del telescopio (umidità, inquinamento, polverosità). Una buona alluminatura dura solitamente dai 5 ai 10 anni ma è buona regola, oltre al lavaggio annuale dell'ottica con sapone neutro, rifare l'alluminatura ogni 5-7 anni.

Commercialmente esistono 3 tipi di alluminatura:

1) Standard a riflettività tra 88 e 92%
2) A riflettività migliorata tra 94 e 96%
3) Alluminatura DCP (dielectric coating process) con riflettività tra 97 e 99%. Quest'ultimo sistema è costoso e solitamente si usa per piccoli pezzi (dunque per i secondari e diagonali in genere).

Tanto per dare una corretta idea sul tipo di alluminatura, si sottolinea che specchi primari opportunamente e correttamente alluminati col sistema 1) sono in grado di fornire sul profondo cielo risultati davvero eccellenti. Il sistema 2) può essere migliore ma ha solitamente una durata inferiore del sistema 1).

6) Accertati sulla qualità della lavorazione ottica ossia sul livello di parabolizzazione e sul livello di lucidatura complessiva con cui lo specchio si presenta alla fase di alluminatura. Per determinare la qualità ottica finale esistono differenti test:

a) il livello di correzione finale dopo lucidatura e alluminatura si determina attraverso **test interferometrico** il quale è idoneo a fornirmi una chiara indicazione di quale sia il livello di imperfezione espresso in frazioni di lunghezza d'onda luminosa λ (di 550nm) presente sulla superficie dello specchio e responsabile di un'eventuale diffrazione della luce.

Ci sono due modalità di misura:

1) il PV (peak to valley) e mi indica la massima ampiezza dell'imperfezione esistente sulla superficie (misurata appunto tra picco e valle dell'imperfezione) **2)** il r.m.s. (root mean square) che mi fornisce attraverso una opportuna media quadratica il valore medio di correzione delle imperfezioni lungo tutta la superficie.

In definitiva uno specchio è otticamente valido se presenta imperfezioni di ampiezza < λ/4 P.V. o <λ/7 r.m.s

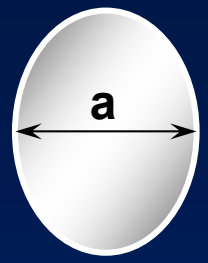
Lo specchio secondario, poiché piatto, di regola già presenta correzioni prossime o **<** di **λ/10 r.m.s**

b) il livello di parabolizzazione viene determinato attraverso test quali 1) il Ronchi Test, 2) il Focault test, 3) il Milles-Lacroix Test. Molto valido in termini di espressione dei risultati risulta quest'ultimo.

Per la spiegazione di tali test si rimanda a testi specializzati.

Per lo star test finale dell'ottica a telescopio concluso si rimanda ad un valido testo quale è ad esempio: "Come testare il proprio telescopio" edizioni Coelum

Come dimensionare lo specchio 2rio



Lo specchio 2rio deve illuminare pienamente centro e periferia del piano focale.
La formula per dimensionare tale specchio è la seguente:

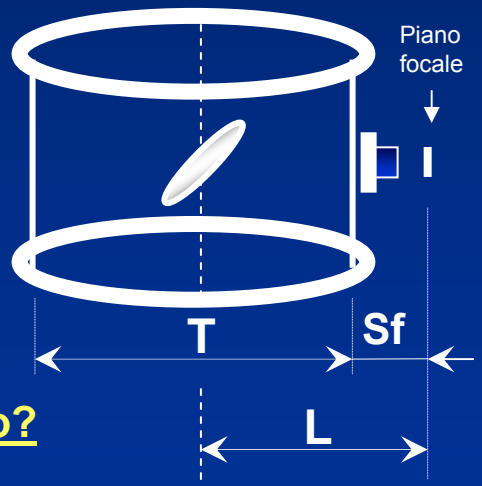
$$a = d + \frac{(D - d)\,L}{F}$$

dove:
- **a** = asse minore dello specchio 2rio
- **d** = ampiezza del campo illuminato desiderato (nel piano focale)
- **D** = diametro dello specchio 1rio
- **F** = lunghezza focale dello specchio 1rio
- **L** = distanza tra specchio 2rio e piano focale

L a priori non lo conosco ma posso ottenere una buona stima calcolando/misurando il diametro interno della gabbia del 2rio, dividendolo per 2 ed aggiungendo circa 80 mm come somma dell'altezza del fuocheggiatore, sua tavoletta di supporto e rilievo focale.

Senza entrare in particolari dettagli una ottima formula approssimata per calcolare il diametro interno della gabbia **T** è la seguente:

$$T = D + \frac{F}{100}$$



dove F e D sono rispettivamente focale e diametro dello specchio 1rio.

Dunque conosco **L** e conosco **F** e **D** (che sono dati forniti dal costruttore delle ottiche).
Mi manca solamente **d**.

Ma come lo definisco questo campo pienamente illuminato desiderato?

Per definirlo devo partire da un paio di considerazioni:

1) quale è la ***pupilla di uscita*** ottimale per raccogliere la maggior quantità di luce dal profondo cielo senza penalizzare il campo osservativo?
2) in relazione alla focale e rapporto focale che ho deciso per il mio telescopio, quale sarà l'oculare (o gli oculari) che penso mi saranno maggiormente utili durante le osservazioni?

Il calcolo della pupilla di uscita è il seguente:

$$\text{Pupilla di uscita} = \frac{\text{Lunghezza focale oculare utilizzato}}{\text{Rapporto focale dello specchio 1}^{\text{rio}}}$$

La pupilla in uscita dall'oculare non deve superare la massima dilatazione della nostra pupilla nella fase notturna. Per una persona giovane la massima dilatazione è di 7 mm, per una persona adulta è circa di 5 mm, per una persona anziana può scendere anche sotto. La regola insegna che per essere sicuri di non perdere nemmeno un fotone di luce in uscita dal nostro oculare e dunque per ottenere la massima luminosità dagli oggetti del profondo cielo, è bene attenersi ad una pupilla di uscita non superiore a 4 mm. Va comunque sottolineato che con alcune recenti configurazioni ottiche a molti elementi in cui il campo focale cade all'interno dell'oculare (anziché all'esterno), quanto appena detto vale ancora ma un po' meno.

In pratica, attenendoci a quanto detto ed utilizzando la formula sopra riportata, se per esempio prendiamo uno specchio 1^{rio} con rapporto focale f/5 ed imponiamo una pupilla di uscita di 4 mm, ne consegue che l'ottimale oculare sarebbe il 20 mm mentre se prendiamo un 1^{rio} a f/4 l'oculare ottimale sarebbe il 16 mm. Tenendo conto che:

$$\text{Rapporto focale} = \frac{\text{Lunghezza focale telescopio}}{\text{Diametro dello specchio 1}^{\text{rio}}}$$

supponendo ad esempio di voler costruire un Dobson da 500 mm di diametro (20") ne consegue che con rapporto f/5 avremo una focale di 2500 mm mentre con un f/4 una focale di 2000 mm.

Ora attraverso la scelta degli oculari sopra calcolati, essendo

Ingrandimento = Focale telescopio / Focale oculare

ne consegue un ingrandimento pari a:

(per f/5) Ingrandimento = 2500 / 20 = 125x

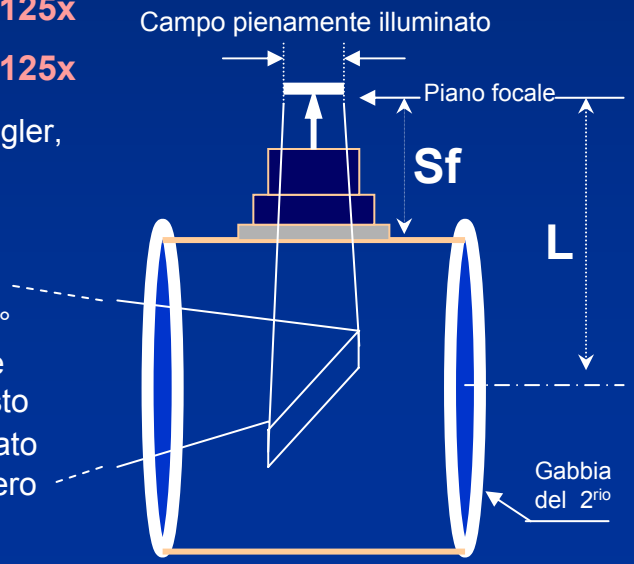
(per f/4) Ingrandimento = 2000 / 16 = 125x

Ora se prendiamo ad esempio oculari ad elevato campo apparente di 80° quali sono i Nagler, essendo:

Campo reale inquadrato = Campo apparente / Ingrandimento

ne consegue in entrambi i casi che: **Campo reale = 80 / 125 = 0,64°**

Tale valore, sapendo che una luna piena "media" prende un campo reale di circa 0,5° che corrisponde ad un campo pienamente illuminato di circa 22 mm ne consegue che questo oculare vede circa 28 mm di diametro (o di campo pienamente illuminato). A questo punto se per il calcolo dell'asse minore **"a"** prendiamo come campo pienamente illuminato un valore di 20 mm anziché 28mm otteniamo un secondario un po' più piccolo e più leggero senza compromettere alcuna luminosità ai bordi dell'immagine in maniera percettibile.



Tornando dunque alla nostra formula $a = d + \frac{(D - d)\,L}{F}$ e considerando lo specchio 1rio da **508 mm (20”)** con rapporto **f/5** ci manca solo da calcolare T e quindi L.

T = 508 + 2540/100 = 533,4 mm

L = T/2 + Sf = T/2+ $h_{fuocheggiatore}$+ Spessore parete $_{fuocheggiatore}$+ rilievo focale

= 267 + 60 + 8 + 8 = 343 mm

(i valori di *$h_{fuocheggiatore}$*, *Spessore parete* e *Rilievo focale* sono valori medi approssimativi)

Di conseguenza

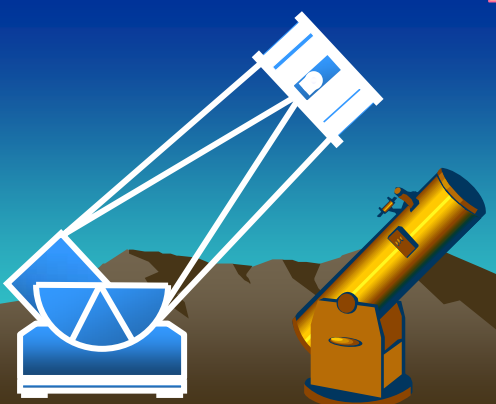
$$a = 20 + \frac{(508 - 20) \times 343}{2540} = 85{,}9 \text{ mm}$$

Ora se le dimensioni standard commercialmente disponibili più vicine al valore calcolato sono ad esempio 82 e 88 mm, dove cade la scelta?

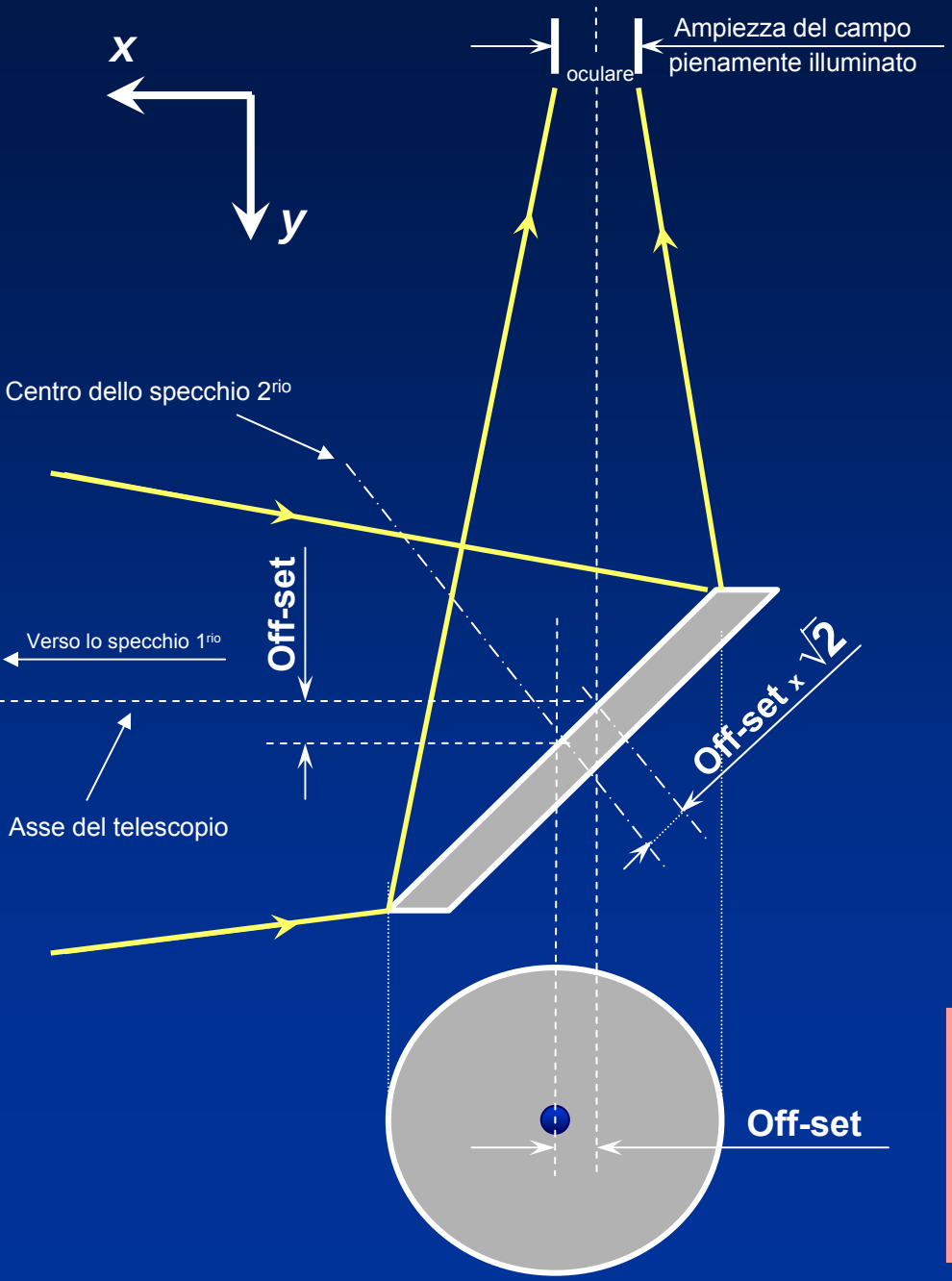
1) Se scelgo 82 ho a mio favore uno specchio più leggero, un po’ meno costoso ed un’ostruzione lineare sullo specchio 1rio leggermente più bassa. A sfavore ho il fatto che con oculari a lunga focale (tipo 25, 30mm e oltre) l’ampiezza del campo illuminato sul piano focale si restringe leggermente (vedi calcoli pag. precedente) e di conseguenza potrei incorrere (se uso tali oculari) nel rischio di percepire un lievissimo calo di luminosità della mia immagine ai bordi.

2) Se scelgo 88 ho a sfavore un leggero incremento di peso, costo e ostruzione (quest’ultima però praticamente impercettibile) ma il vantaggio di non avere assilli su eventuali leggeri cali di luminosità a bordo campo. Inoltre optare per la misura leggermente più grande comporta di assorbire eventuali leggeri disallineamenti assiali (di qualche millimetro) tra specchio primario e secondario dopo collimazione.

Per chi desiderasse ignorare tutta la trattazione appena esposta, in ***Appendice 1*** sono disponibili delle tabelle che in funzione del ***Diametro dello specchio 1rio***, del suo ***rapporto focale*** e ***dell’altezza base del fuocheggiatore*** a disposizione mi forniscono direttamente (con accettabile approssimazione) il più appropriato valore per l’asse minore del secondario. Per la scelta finale resta comunque valida l’ultima considerazione sopra descritta.



Off-set dello specchio 2rio



Come si può intuire dalla figura, l'**off-set** dello specchio 2rio, per ragioni puramente geometriche, assicura che tutto il fascio luminoso proveniente dallo specchio 1rio venga perfettamente convogliato e centrato sull'asse ottico del mio oculare. Questo asse ottico è pure quello del campo pienamente illuminato su cui avevo basato i calcoli per il dimensionamento del 2rio.Rispettando l'Off-Set sarò certo di non vanificare tutte le considerazione fatte su eventuali e marginali cali di luminosità delle immagini sulle zone periferiche del mio oculare.
Praticamente la cosa si tradurrà nel fatto che dovrò allontanare lo specchio 2rio dal fuocheggiatore (lungo l'asse y) di una distanza pari all'off-set come pure dovrò avvicinarlo al primario (lungo l'asse x) sempre della stessa distanza. L'argomento verrà ripreso più avanti nella trattazione relativa al montaggio.

In Appendice 1 sono disponibili delle tabelle che in funzione del ***Diametro dello specchio 1rio***, del suo ***rapporto focale*** e ***dell'altezza base del fuocheggiatore*** mi forniscono direttamente il più appropriato valore di off-set da considerare

Costruire la cella che il supporta lo specchio 1rio

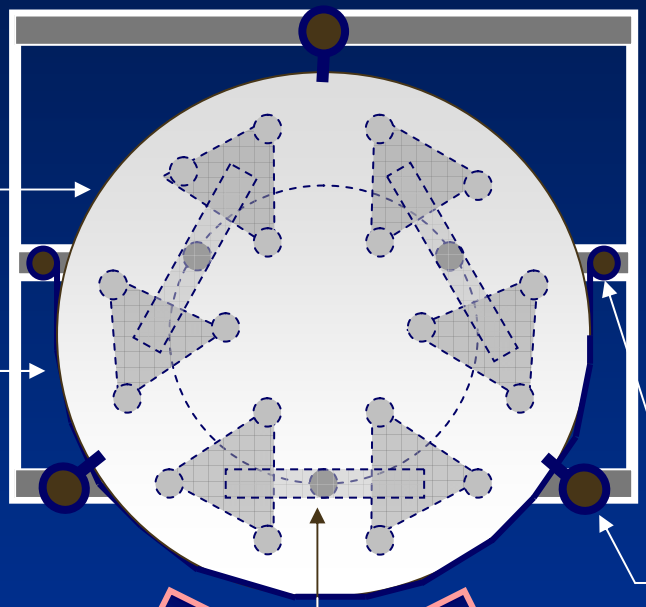
Gli specchi 1ri anche se di buono spessore sono sempre un po' flessibili. Se dunque non sono correttamente supportati possono originare fastidiosissimi astigmatismi. Ricordiamo la formula:

$$\text{Deformazione } \delta \propto \frac{\text{Forza} \times \text{Lunghezza}^3}{\text{Spessore}^4}$$

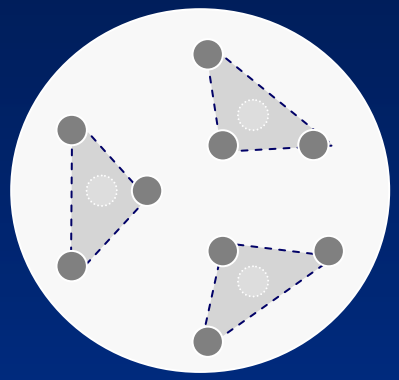
Per cominciare sono necessari due dati : ***1) Diametro specchio*** *(dato preciso)*

2) Spessore specchio

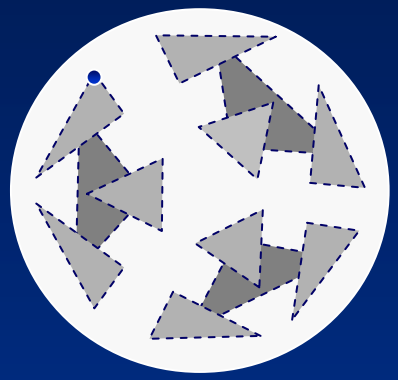
Cella flottante a 18 punti di appoggio

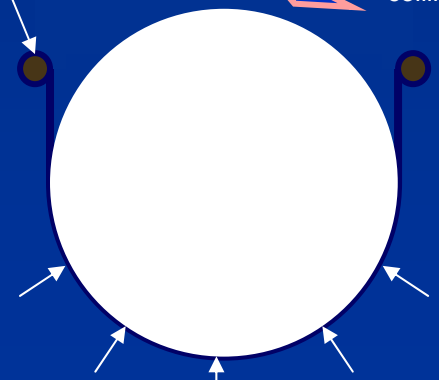


Schema a 9 punti

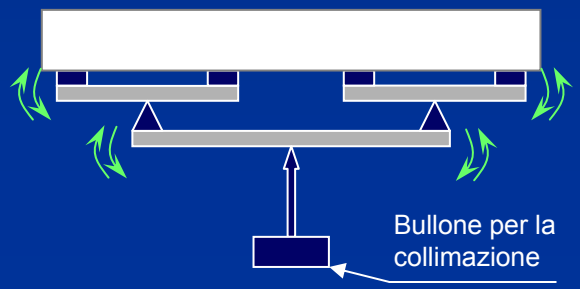


Schema a 27 punti





Sistema "basculante"



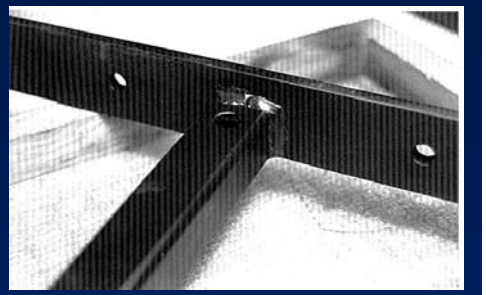
Punti di appoggio consigliati

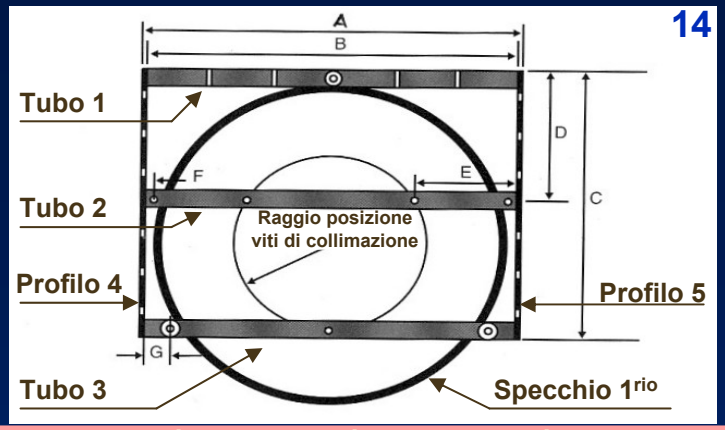
Diametro specchio 1rio [mm]	Spessore Specchio [mm]	
	38 - 40	*52*
	N° punti flottanti di appoggio	
300	9	9
350	9 / 18	9
400	18	9 / 18
450	18	18
500	18 / 27	18
600	-	18 / 27
750	-	27
900	-	27

Dimensionamento telaio della cella

Il telaio va fatto in acciaio con saldature lungo tutta la sezione del tubo

Prima di segare tutti i tubi ed i profili secondo le misure indicate si RACCOMANDA di costruire un cerchio in cartone esattamente dello stesso diametro dello specchio quindi fare altrettanto per il telaio della cella attraverso delle strisce in cartone al fine di simulare se tutto combacia a dovere





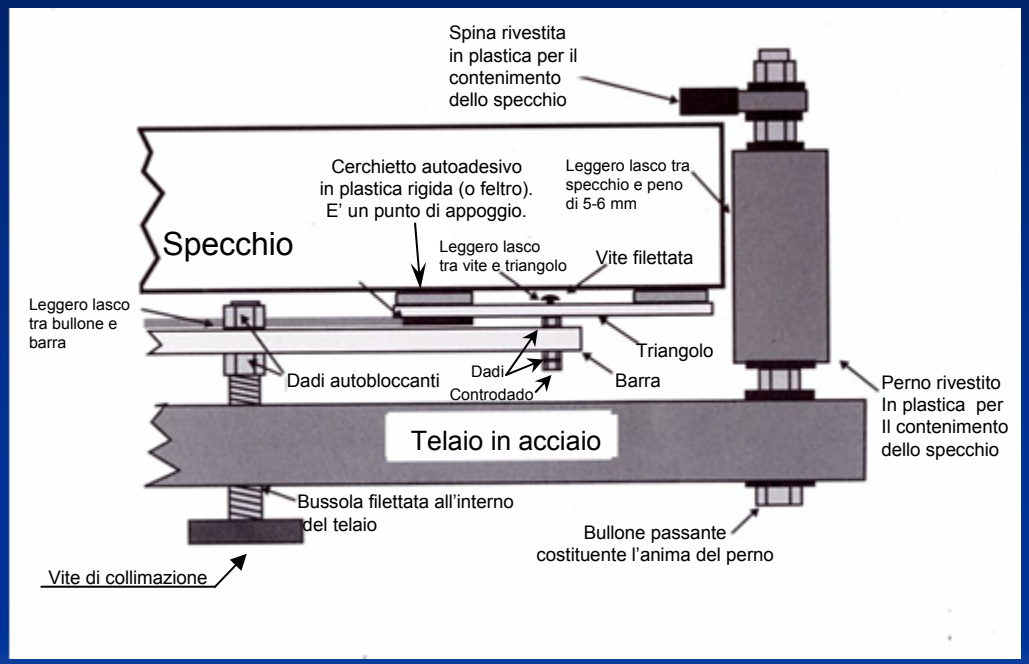
Diametro specchio 1rio *(figure a pag 14, 15 e 16)*		380 mm (15")	457 mm (18")	508 mm (20")	635 mm (25")	914 mm (36")
Ampiezza "A"	[mm]	419	514	565	699	991
Ampiezza "B"	[mm]	406	502	552	686	978
Altezza "C"	[mm]	334	397	438	540	776
Distanza "D"	[mm]	154	194	212	260	364
Distanza "E"	[mm]	107	141	153	189	262
Distanza "F"	[mm]	9,5	13	16	19	25,5
Distanza "G"	[mm]	29	41,4	41,4	57	83
Sezione quadrata tubi 1, 2 e 3	[inch]	1"x1"	1"x1"	1"x1"	1"x1"	1½"x1½"
Sezione rettangolare profili 4 e 5	[mm]	6x32	6x32	6x32	6x32	6x50
Dimensioni bulloni per la collimazione	[mm]	10x80	10x80	10x80	10x80	12x100
N° fori Tubo 1(per il fissaggio sul Box)		2	2	2	2	4
Diametro fori tubo 1	[mm]	8	8	8	8	10
N° fori su ogni profio 4 e 5 (per il fissaggio sul Box)		2	4	4	4	6
Diametro fori profilo 4 e 5	[mm]	8	8	8	8	10
Diametro 3 bulloni per i perni di contenimento (mm) (+ fori su cella)		6,0 (6,5)	10 (10,5)	10 (10,5)	10 (10,5)	12 (12,5)
Diametro 2 bulloni per i perni avvolgimento cinghia (mm) (+fori su cella)		10 (10,5)	10 (10,5)	10 (10,5)	10 (10,5)	12 (12,5)
Diametro 3 fori filettati (con bussole filettate) per bulloni di collimaz.		10	10	10	10	12

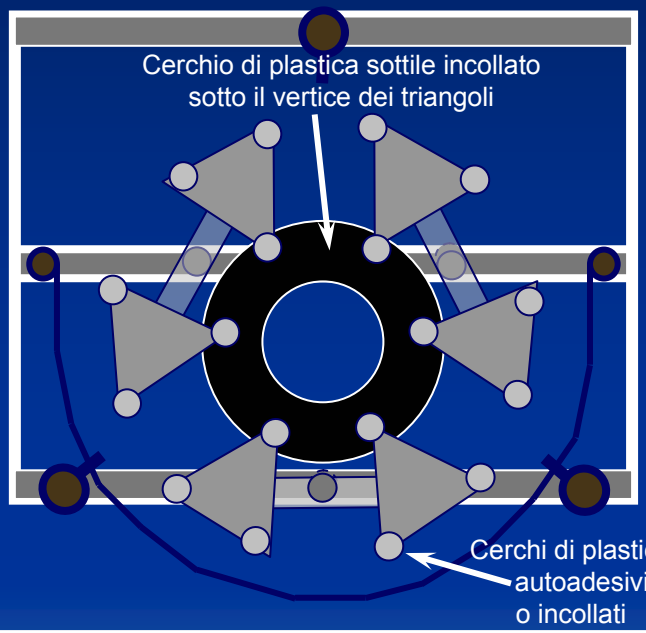
Costruzione telaio

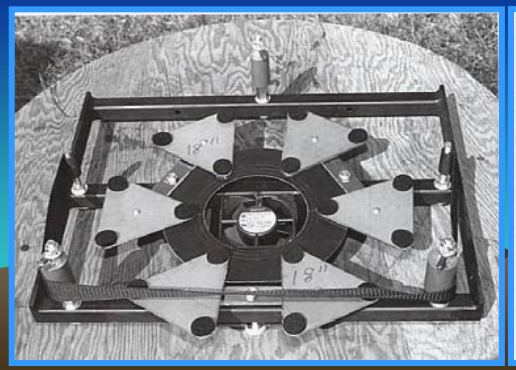
Una volta tagliati i tubi ed i profili, prima della loro saldatura effettuare tutti i fori (come da tabella), quindi posizionarli su una tavola di legno fissando la corretta posizione e la corretta ortogonalità mediante la chiodatura di listelli in legno come in figura.

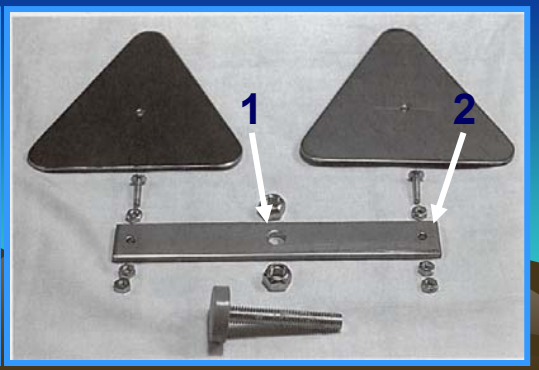
Costruzione cella e sistema basculante

Si presenta di seguito l'illustrazione del progetto di un sistema a 18 punti di appoggio. Per il dimensionamento delle barre e dei triangoli in funzione del diametro specchio consultare l'appendice 2. In tale appendice vengono pure riportate le misure degli elementi costitutivi i sistemi a 9 e 27 punti di appoggio.



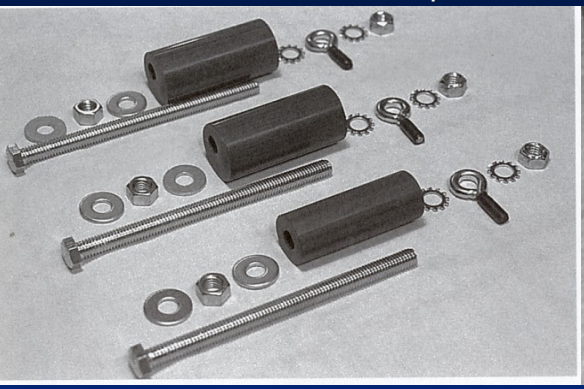




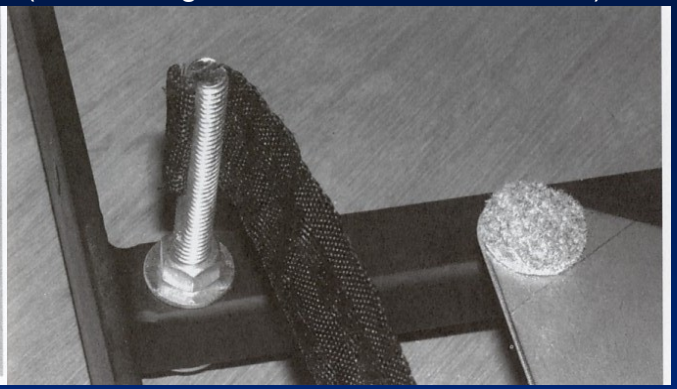


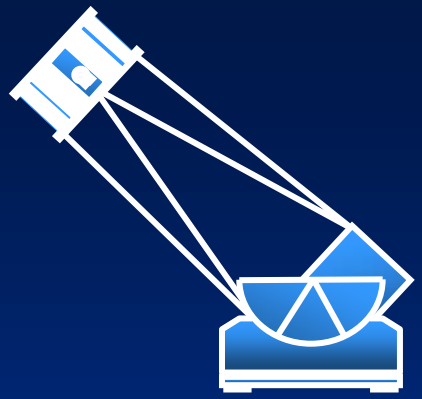
Nel punto **1** il foro nella barra sarà leggermente più largo della filettatura della vite di collimazione ed il dado autobloccante che verrà avvitato superiormente sarà distanziato dalla barra di qualche millimetro per permettere la basculanza di quest'ultima.
Nel punto **2** il concetto non cambia ossia il foro nel triangolo sarà di pochissimo più ampio della vite passante e la capocchia di quest'ultima si troverà distanziata dal triangolo di 1-2 millimetri
Assicurati che sia il dado+vite della barra che la capocchia della vite del triangolo non vadano minimamente a sfiorare lo specchio

Elementi costitutivi i perni per il contenimento laterale dello specchio

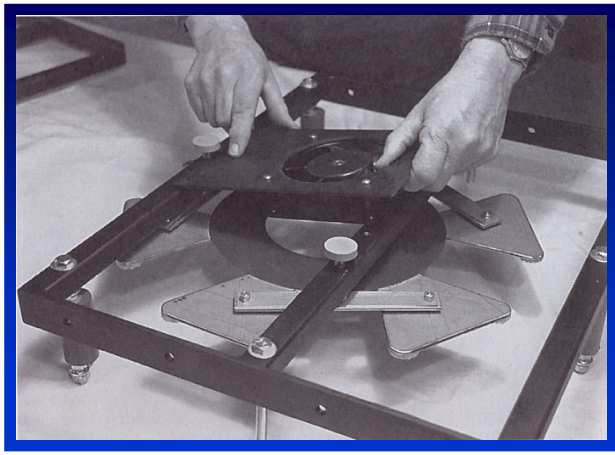


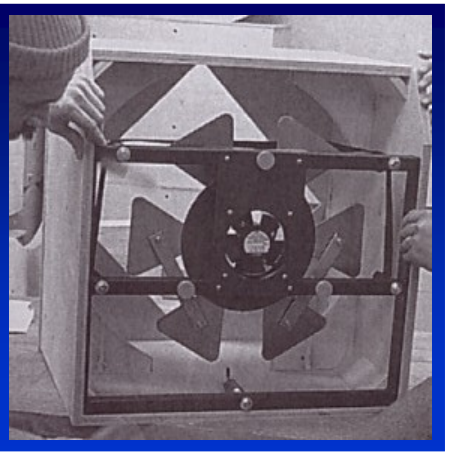
Esempio di perno per avvolgimento cinghia (bullone segato nel mezzo + controdado)



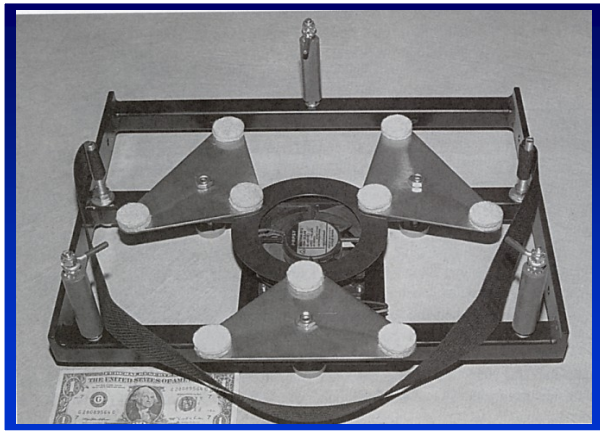


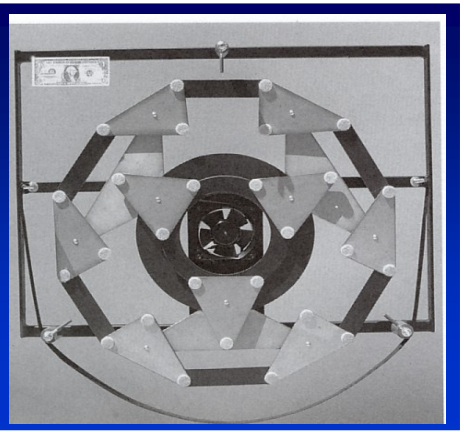
Molto importante risulta l'installazione di una ventolina da 12 volt (da PC) la quale, prima di iniziare ad osservare, mi permette di accelerare il processo di raggiungimento dell'equilibrio termico dell'ottica primaria

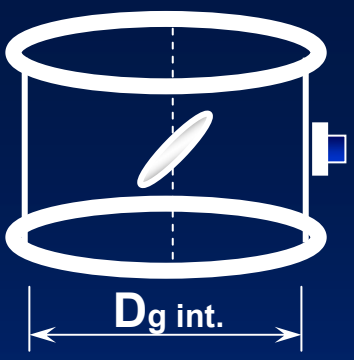




Esempi di celle a 9 e 27 punti di appoggio



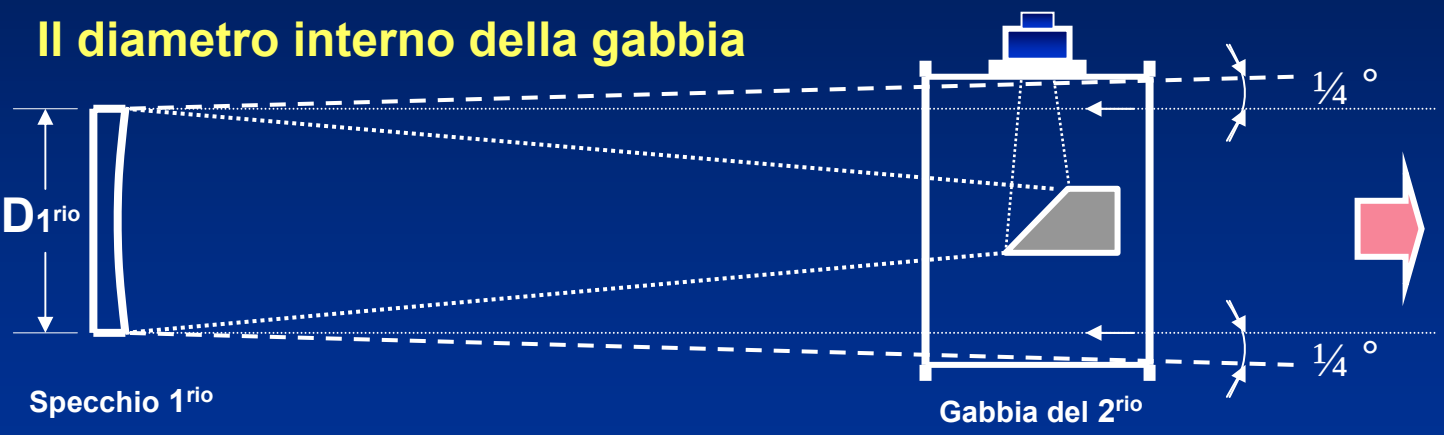




La gabbia dello specchio 2rio

La funzione primaria di tale gabbia è quella di dare un **rigido ed indeformabile** supporto all'accoppiata fuocheggiatore-specchio 2rio . E' importantissimo osservare che:
per il "gioco delle leve", al fine di poter costruire un box dello specchio 1rio ed un supporto box ad altezza più bassa possibile, sarà necessario che tale gabbia (compresa di fuocheggiatore, specchio 2rio + suo supporto,crociera, cercatore e oculare), abbia il peso più basso possibile.

Il diametro interno della gabbia



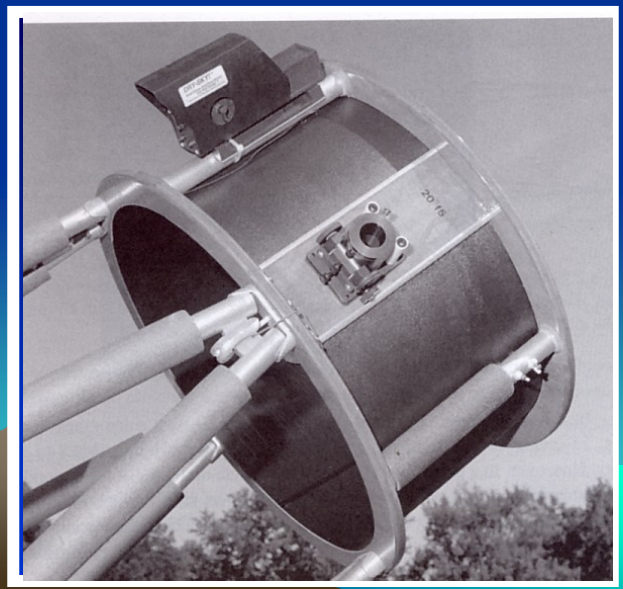
$$D_{g\ int.} = D_{1^{rio}} + \frac{F}{100}$$

dove **F** è la focale del telescopio

Di conseguenza se per esempio prendiamo un **1rio** da 400mm di diametro con 2000mm di focale (f/5), risulta un **Dg** int. di 420mm

La gabbia del 2rio si compone di:

- Due cerchi realizzati in legno multistrato (tutto betulla)
- Quattro tubi in alluminio (lo stesso tipo di tubo che poi userò anche per la struttura reticolare)
- La crociera (ossia la croce che mi sosterrà in posizione fissa e immobile il 2rio e suo supporto)
- Il fuocheggiatore con l'oculare (più una tavola che va da cerchio a cerchio per il suo alloggio)
- Lo specchio 2rio ed il suo supporto (tra quest'ultimo e la crociera sarà presente un sistema a 3 viti per la collimazione del 2rio).
- Il Cecatore ed eventualmente il Telrad (quest'ultimo consigliato dai 16" in su)
- Quattro alloggi per i tubi della struttura reticolare
- Il rivestimento circolare della gabbia (in plastica nera leggera e sottile)



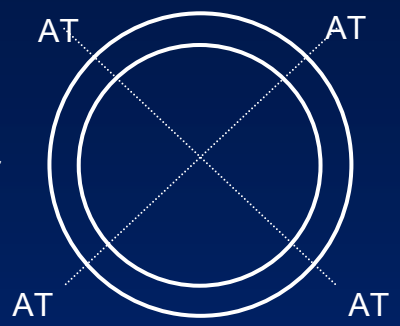
Costruiamo la gabbia

Il taglio dei due cerchi:

Prima del taglio disegnare sul multistrato i cerchi secondo le dimensioni sotto indicate e quindi gli assi ortogonali e diagonali a 45° come indicato. Tali assi identificheranno la posizione di:

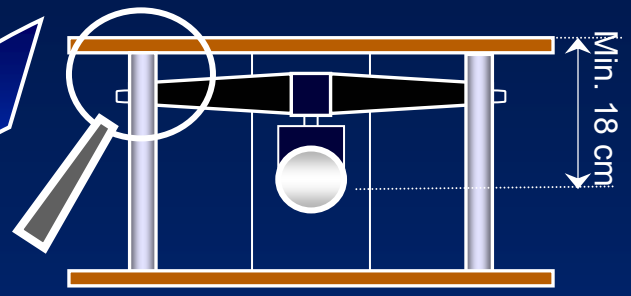
- Alloggiamento Tubi (**AT**) ossia dei 4 tubi della gabbia
- Alloggiamento Struttura reticolare (**ASr**) ossia la convergenza di ogni coppia di tub

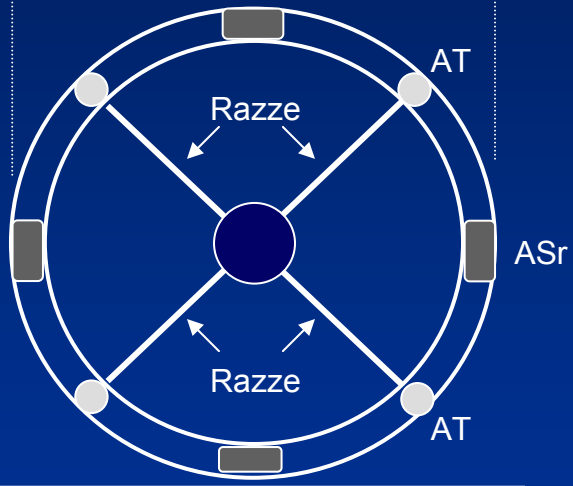
Cerchio inferiore



Cerchio superiore

(vedi foto pag. precedente)



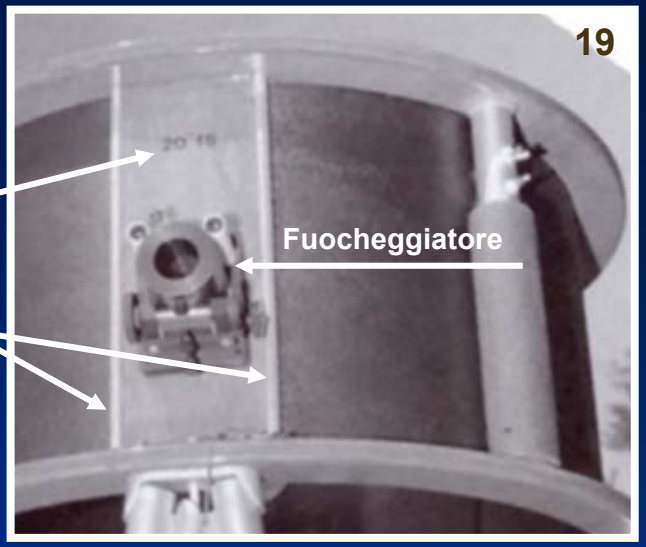


Il dimensionamento della gabbia:

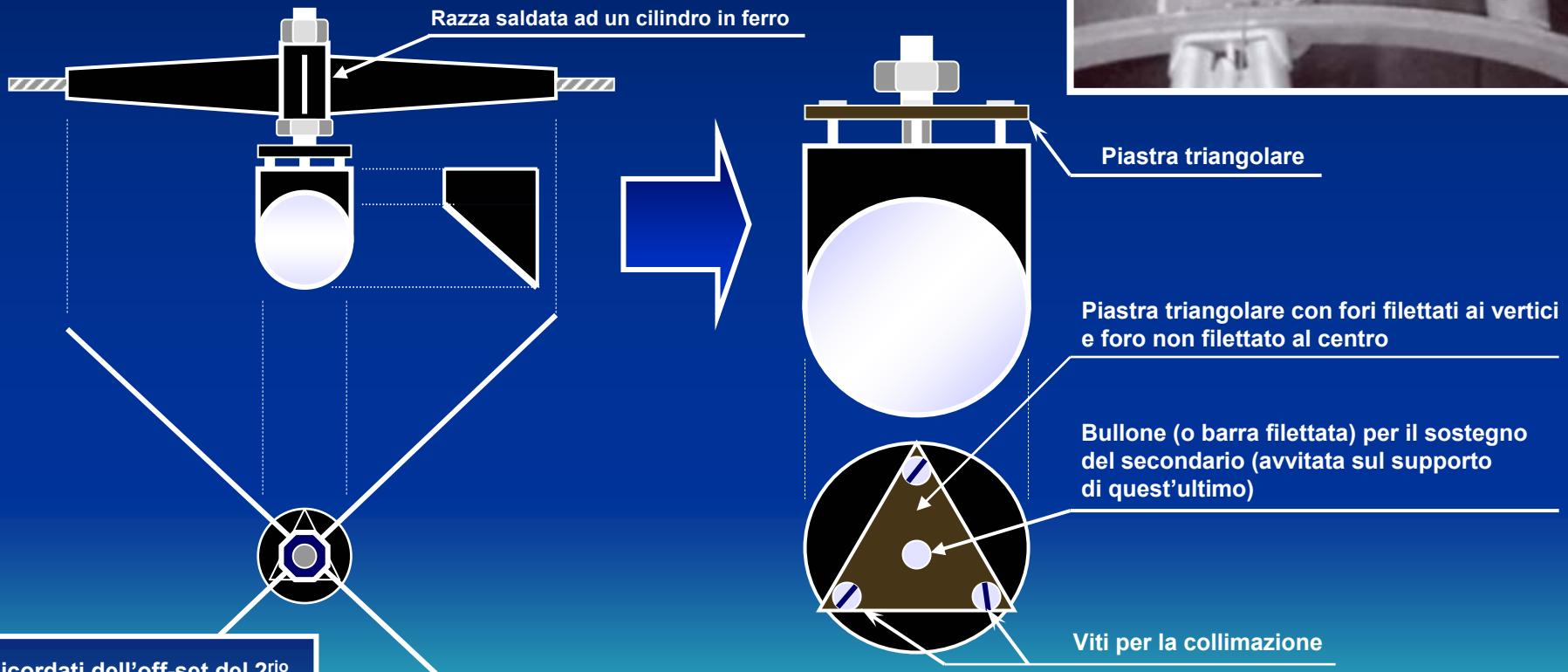
Diametro del 1 rio	*Diametro interno gabbia (o cerchio)*	*Ampiezza del cerchio*	*Spessore multistrato*	*Diametro dei 4 tubi in AL*	*Lunghezza dei 4 tubi in AL*
350 mm (14")	378 mm	38 mm	12 mm	25 mm	225 mm
406 mm (16")	432 mm	38 mm	15 mm	25 mm	254 mm
457 mm (18")	482 mm	42 mm	15 mm	30 mm	290 mm
508 mm (20")	534 mm	45 mm	15 mm	32 mm	305 mm
609 mm (24")	638 mm	51 mm	20 mm	36 mm	356 mm
762 mm (30")	800 mm	57 mm	20 mm	38 mm	457 mm

Particolari costruttivi della gabbia

La tavola per l'alloggiamento del fuocheggiatore è importante che non sia molto spessa per ragioni di peso ma deve essere rinforzata sui bordi con delle listelline per evitare ogni minima flessione dovuta al peso dell'oculare. Una flessione equivarrebbe ad avere il telescopio scollimato.



La crociera ed il supporto del secondario



Ricordati dell'off-set del 2rio. Cautelati inoltre che ognuno degli elementi indicati non sia assolutamente mai nella pur minima possibilità di cadere sullo specchio primario

Per decidere la posizione del fuocheggiatore e dunque il foro da farsi sulla tavola in legno è bene calcolare esattamente quali siano le dimensioni finali della crociera + il secondario nonché la posizione di questa all'interno della gabbia. Se non si è ancora in possesso del secondario col suo supporto, si consiglia di costruire un fedele modellino col cartoncino, per simulare correttamente la posizione finale del secondario.

Costruire il box dello specchio 1rio

Il box dello specchio 1rio è uno dei componenti più importanti. Esso contiene la cella col sistema basculante, le culle per il movimento in altezza, gli alloggi per la struttura reticolare e soprattutto contiene la cosa più delicata e importante: **lo specchio 1rio.**

L'attento progetto e l'attenta realizzazione determinano il livello finale di performance del telescopio.

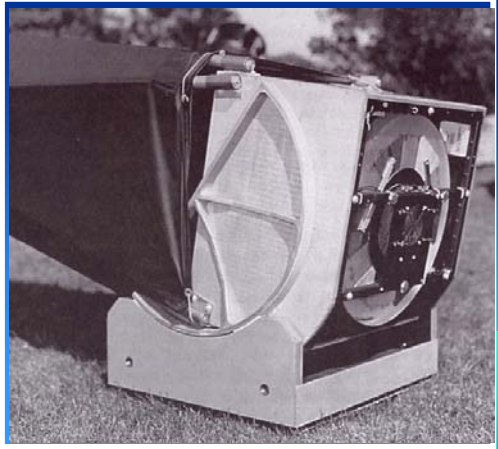
Per conferire la massima stabilità al telescopio in fase di puntamento sarà di fondamentale importanza realizzare Il box con la più bassa altezza possibile da cui deriverà l'altezza ridotta pure per la costruzione del suo supporto. Sulla base dei semplici concetti di statica precedentemente definiti, un'altezza ridotta comporterà ridottissime o anche nulle flessioni della struttura e si eviteranno così eventuali e fastidiosissimi "rimbalzi" del telescopio durante l'indispensabile fase di "Star-Hopping" necessaria a ricercare gli oggetti del cielo.

Dimensioni box (approssimative)

Diametro specchio 1rio		dimensioni	minima	spessore
inch	mm	quadrato int.	altezza	multistrato
14	355	390	360	12
15	380	420	380	12
16	406	450	390	12
18	457	514	406	15
20	508	565	483	15
25	635	700	560	15-18
30	762	832	686	18-20
36	914	990	815	20
40	1016	1118	965	20

L'altezza del box verrà poi determinata con esattezza nella procedura di calcolo del bilanciamento complessivo del telescopio. Essa dipenderà soprattutto dal rapporto focale del 1rio

Ricordati la qualità del legno multistrato: tutto betulla (o faggio).



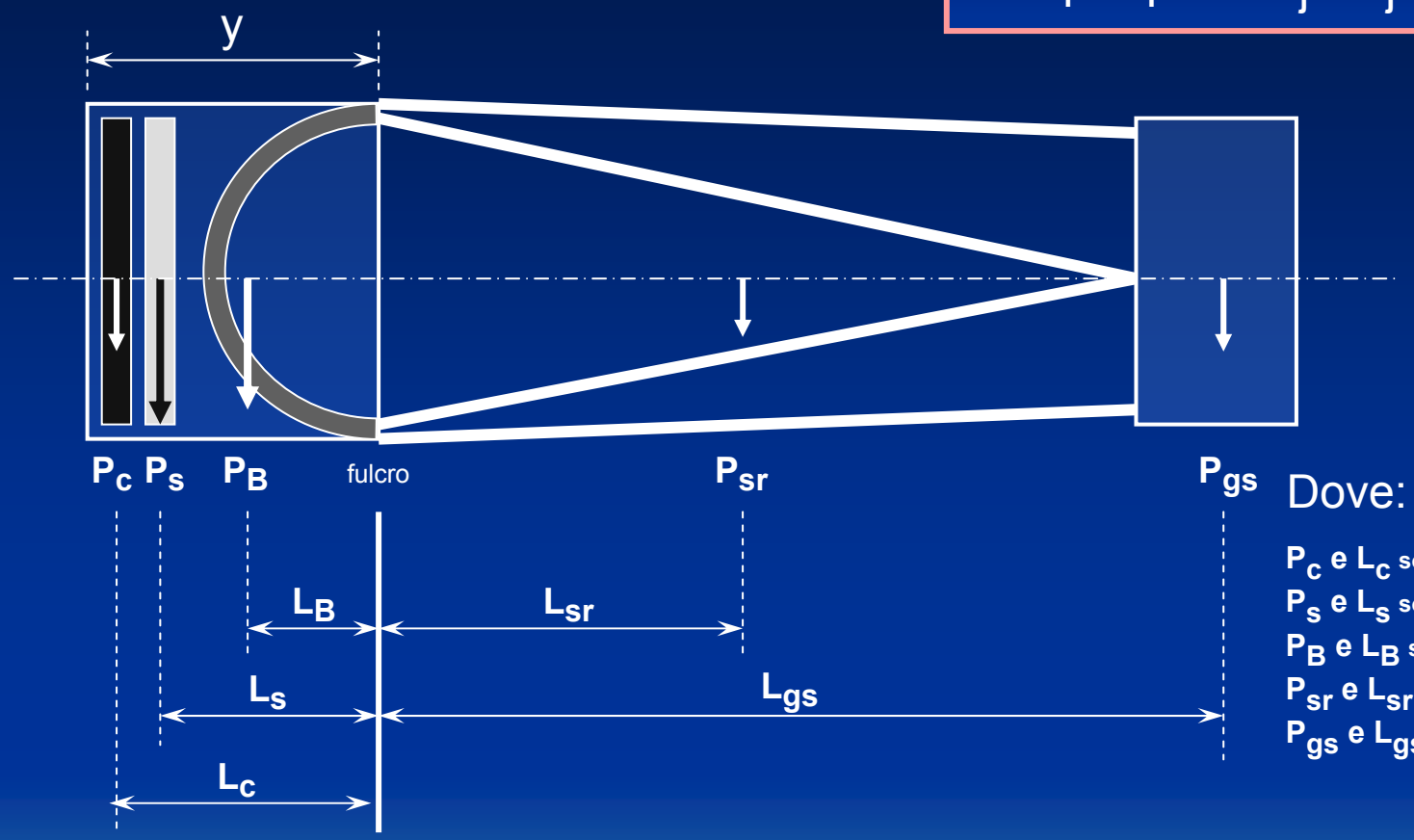
Costruire il box dello specchio 1rio

Breve parentesi sul calcolo del punto di bilanciamento del telescopio

Stabilito il fulcro di rotazione, la regola delle leve dice che:

$$\sum P_i \times L_i = \sum P_j \times L_j$$

Dove:
Pi e **Li** sono rispettivamente Pesi e corrispettivi Bracci degli elementi a sinistra del fulcro mentre **Pj** e **Lj** Pesi e Bracci degli elementi a destra



Dove:

P_c e L_c sono peso e braccio della cella
P_s e L_s sono peso e braccio dello specchio
P_B e L_B sono peso e braccio del Box
P_{sr} e L_{sr} sono peso e braccio della struttura
P_{gs} e L_{gs} sono peso e braccio della gabbia

La leva di ogni elemento è la distanza tra fulcro e baricentro di quel elemento.
La Gabbia del secondario è comprensiva di tutti i suoi elementi: specchio, supporto, crociera, cercatore, rivestimento, fuocheggiatore, oculare, ecc.)
Per un calcolo rigoroso e preciso posso pure ricavare peso e corrispettiva leva, elemento per elemento e posso piano piano (ad es. su foglio di calcolo Excel) impostare tutta la trattazione al fine di ricavare come incognita finale l'esatta profondità del mio box che per ora indico con **y**.

Il box dello specchio 1^{rio}

Calcolo della profondità del Box

Ricordando che:

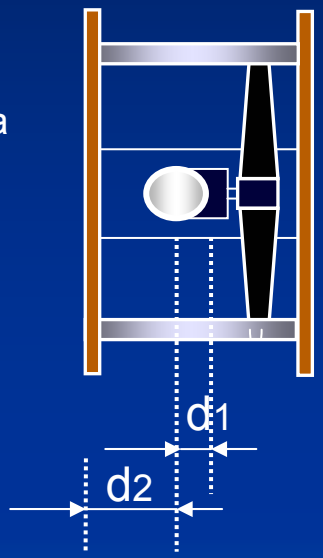
(vedi pag. 11 il calcolo di L)

Distanza tra Specchio 1^{rio} e 2^{rio} = Lunghezza focale 1^{rio} – Distanza tra 2^{rio} e Piano Focale

imponendo una distanza ragionevole della cella dal fondo del box (per es. 1 o 2 cm) ricavo la distanza dello specchio sempre dal fondo del box. Avendo ricavato dalla formula sopra la distanza tra 1^{rio} e 2^{rio} e conoscendo la posizione del 2^{rio} all'interno della gabbia, posso ricavare ad esempio la lunghezza complessiva del telescopio. Questo stesso criterio di calcolo posso ora esprimere la distanza del baricentro di ogni elemento in funzione dell'unica incognita **y** che è l'altezza del box.

Per esempio, determinata la posizione del baricentro della gabbia, detta **d1** la distanza di questo dal centro del 2^{rio} si ha che:

$$L_{gs} = (\text{Dist. } 1^{rio}\ 2^{rio}) + d1 - (y - \text{Dist. } 1^{rio} \text{ dal fondo del Box})$$



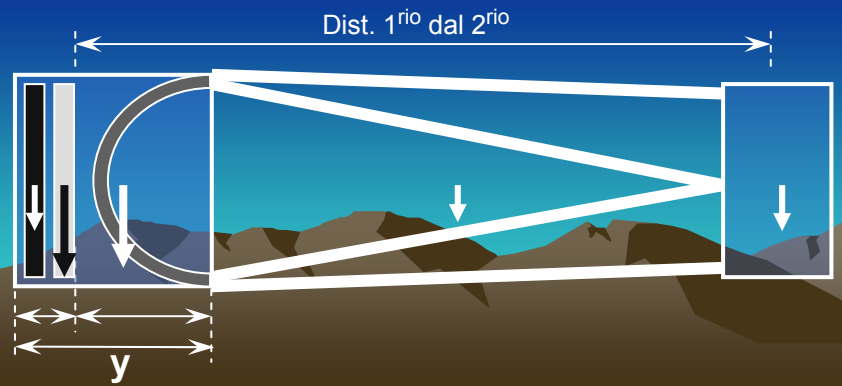
Ora gli unici due pesi variabili al variare di **y** sono il **Box** e la **struttura reticolare;** come ora vedremo li posso esprimere in funzione di **y.**

Per quanto riguarda il box, conoscendo il peso del pannello di legno per unità di superficie (pesando un pannello di superficie nota), posso esprimere il peso del box in funzione di y (essendo note le altre dimensioni del box).

Per quanto riguarda la struttura reticolare, pesando uno dei tubi di alluminio, ricavo il peso per unità di lunghezza ed essendo la lunghezza dei tubi circa uguale a

$$L_{tubi} = (\text{Dist. } 1^{rio}–2^{rio}) - d2 - (y - \text{Dist. } 1^{rio} \text{ dal fondo del Box})$$

posso esprimere anche il peso della struttura reticolare in funzione di **y**.



Una volta terminato il telescopio sarà quasi certamente necessario aggiustare il bilanciamento con l'aggiunta di qualche pesetto fissato sul box, sulla cella o eventualmente sulla gabbia del 2^{rio}. L'insieme del calcolo indicato previene l'insorgere di brutte sorprese a telescopio ultimato.
Ricordati che ad ogni peso aggiunto sulla gabbia corrisponde un peso di bilanciamento sul fondo del box di <u>almeno</u> 4 volte superiore.

Possiamo procedere con il box dello specchio 1rio

Per la costruzione di un valido e funzionale box dovrò necessariamente fare attenzione a:

1 – tutte e 4 le facce del box dovranno essere perfettamente a 90° l'una rispetto l'altra altrimenti c'è il rischio che la cella del 1rio non calzi all'interno ed inoltre che il box strusci contro le pareti laterali del suo supporto causando attrito. Per lo scopo, se puoi, compera dei morsetti angolari per favorirne la messa in posa durante la costruzione.

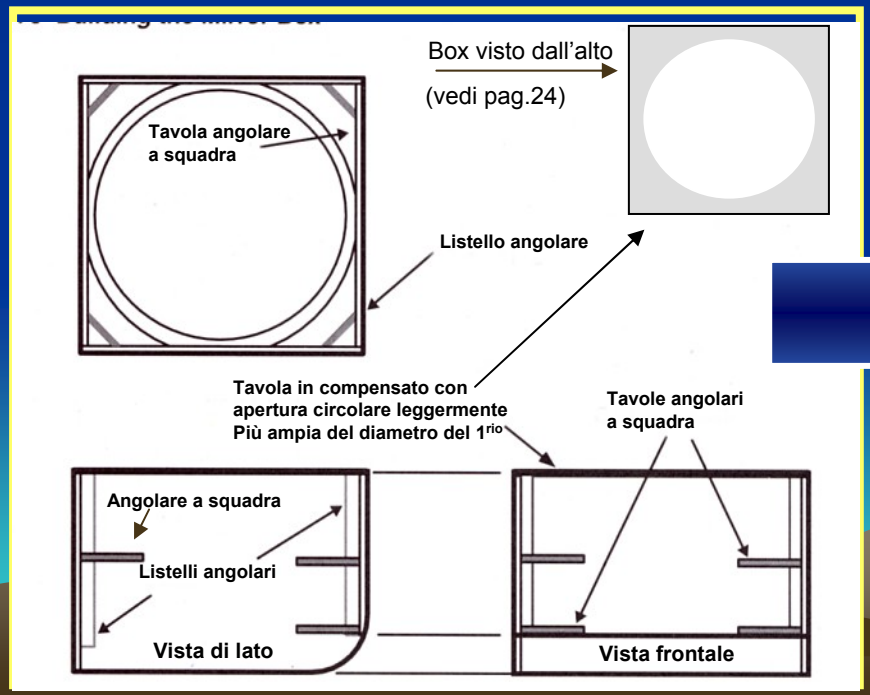
2 – i bordi superiori del box dovranno tutti giacere perfettamente su uno stesso piano. Le due facce laterali sulle quali andranno poi fissate le culle per il movimento in altezza, dovranno essere perfettamente identiche

3 – il box dovrà risultare solido ed indeformabile. Ogni minimo deficit strutturale si ripercuoterà come un grosso fallimento durante l'utilizzo del telescopio. ⇨ Sarà necessario ricorrere all'utilizzo di angolari di rinforzo come sotto illustrato.

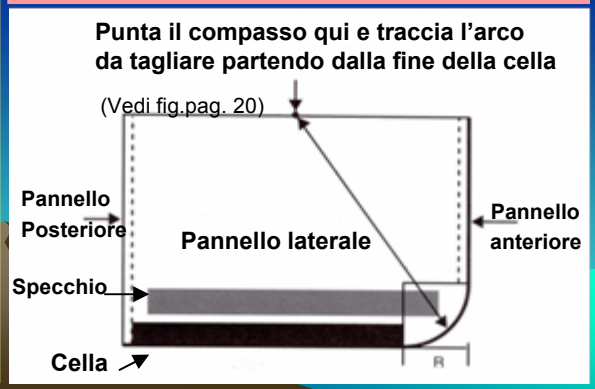
Le dimensioni interne del quadrato dovranno essere leggermente più ampie di quelle del lato maggiore della cella in modo che con l'inserimento di quest'ultima si abbia un gioco per parte di almeno 2-3 mm (tale gioco lo potrò sempre eliminare con l'interposizione di alcune rondelle sui i bulloni di fissaggio della cella al box).

Dunque dal bilancio ricaviamo l'altezza del box, mentre dalla cella le dimensioni del quadrato interno. Pannelli ed angolari vanno tra loro fissati per mezzo di collante (tipo vinavil), chiodi ed autofilettanti. Se affondi nel legno la testa di questi ultimi, li potrai poi coprire con dello stucco per legno senza così lasciare traccia.

IMPORTANTE: come evidenziato dalla figura a pagina 20 il fondo del box va lasciato aperto per consentire all'ottica di restare sempre in equilibrio termico con l'ambiente circostante.



Nella figura sotto indicata lo smusso dell'angolo inferiore-anteriore mi permette di poter abbassare l'altezza dei pannelli laterali del supporto box in quanto nella rotazione in altezza del telescopio evito che lo spigolo tocchi il piano. L'abbassamento di tali laterali mi conferisce stabilità alla struttura.

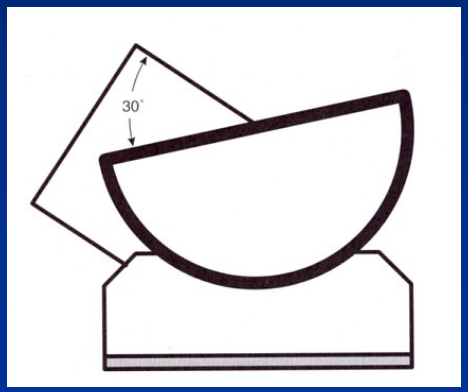


Il coperchio del Box

Non servono troppe parole per sottolineare l'importanza del coperchio sopra l'ottica. Lo specchio va protetto da polvere e soprattutto da cadute accidentali di qualsiasi oggetto durante il non utilizzo del telescopio, durante il trasporto e durante il suo parcheggio. Una volta realizzato il coperchio, metti un paio di "clips" per assicurarlo contro accidentali aperture.

Piccola osservazione: le viti che da sotto fissano la maniglia sul coperchio, assicurale con della colla affinché non ci sia il rischio che allentandosi nel tempo, cadano sullo specchio.

Le culle laterali per il movimento in altezza



La culla è un organo importantissimo. Essa condiziona la guida del mio telescopio durante le fasi di star-hopping. Una coppia di culle realizzate a dovere ben ripagherà lo sforzo attraverso il piacere di guidare il telescopio con movimenti fluidi e regolari. Come vedremo più avanti la fluidità del movimento verrà ottenuta attraverso lo scorrimento della superficie inferiore della culla su superfici in teflon opportunamente fissate su entrambe le conche della struttura in legno che supporta il box . Per garantire il minor attrito possibile nello scorrimento, la superficie inferiore delle culle andrà rivestita con del laminato melamminico sottile e liscio (privo di pori), per intenderci sarà necessario andare alla ricerca della vecchia formica liscia e compatta di una volta. Un ampio diametro delle culle comporterà un supporto box più basso e dunque una stabilità maggiore.

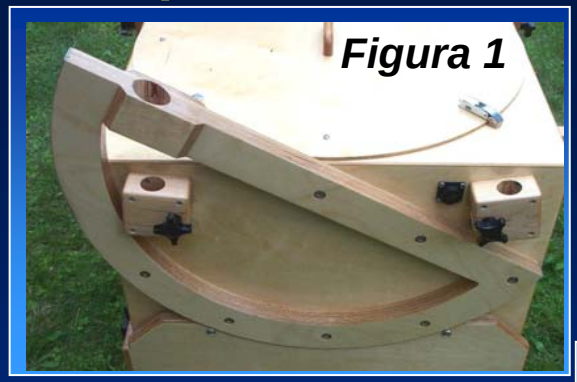
Dimensioni delle culle

Apertura telescopio		Diametro delle culle	Spessore culle
inch	mm	mm	mm
14	355	530	26
16	406	570	30
18	457	610	35
20	508	660	38
24	609	790	40
30	762	940	44
36	914	1115	60

Lo spessore delle culle (indicato in tabella) sarà pari a circa lo spessore dei pannelli laterali del supporto box, più qualche millimetro (da 3 a 6) equivalente al lasco esistente (lateralmente su ogni lato) tra box e suo supporto.
La struttura della culla dovrà essere forte, rigida e soprattutto indeformabile. Andrà logicamente scelto del legno mulistrato rigido.

Come indicato nella figura in alto a sinistra le culle andranno fissate sui pannelli laterali del box con un'inclinazione all'indietro di circa 30°

Esempi di realizzazione delle culle

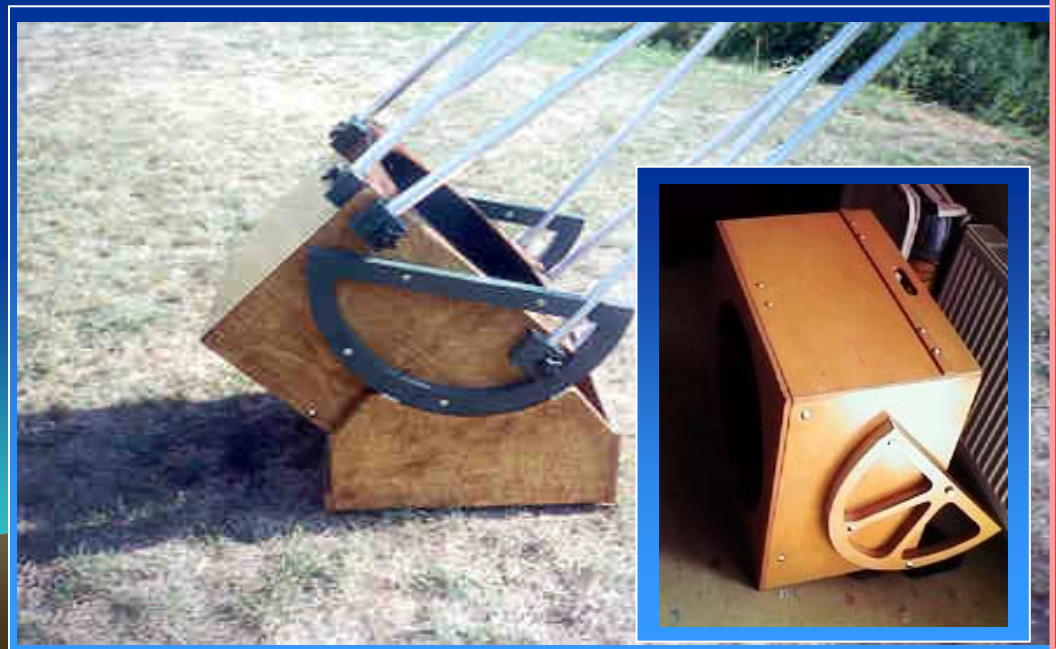


Il montaggio delle culle sul box

1- Dopo aver realizzato due culle identiche, appaiale perfettamente l'una contro l'altra bloccandole con dei morsetti. Fai dunque tutti i fori che hai stabilito ti serviranno per il loro montaggio sul box (con trapano a colonna).

2- Crea con del cartoncino spesso (o del sottile compensato) l'esatta sagoma di uno dei due pannelli laterali del box. Quindi interponilo tra uno di questi pannelli (facendolo combaciare perfettamente) e la culla la quale andrà sistemata nella corretta posizione. Infila una penna o un punteruolo all'interno dei fori precedentemente fatti e traccia i punti esatti da forare sulla sagoma. Per il corretto posizionamento della culla stabilisci a priori quale sarà la posizione dei morsetti (vedi figura 1) nei quali andrai poi ad infilare i tubi della struttura reticolare (la posizione della coppia di morsetti dovrà rispettare il più possibile il principio di simmetria ossia la distanza di ogni morsetto dal bordo adiacente dovrà essere lo stesso)- Con la sagoma forata traccia i fori da effettuare su entrambi i lati del box (simmetricamente) e quindi falli dello stesso diametro dei bulloni che userai per il fissaggio.

4-Conoscendo con buona approssimazione la lunghezza dei tubi della struttura reticolare (attraverso quanto esposto a pag.22) puoi simulare l'inclinazione di questi (portandoli a convergenza sulla loro estremità superiore) e individuare l'esatta posizione del foro passante da effettuare su ogni culla (vedi fig.1). Come alternativa al foro è possibile segare la culla nei dintorni del passaggio del tubo e rinforzare poi lateralmente la parte di culla mancante come raffigurato nel disegno in alto a destra. Posizionamento morsetti vedi oltre.



La struttura reticolare

Per ciò che concerne la struttura reticolare, il diametro e lo spessore dei tubi è la cosa più importante da tenere in considerazione. Se tali parametri risultano sottodimensionati si può incorrere in leggerissime flessibilità della struttura che danno poi origine a fastidiosi pendolamenti del telescopio in fase di puntamento. Nella pratica ciò significherebbe che durante la fase di "star-hopping" (ossia di ricerca degli oggetti guidando il telescopio da una stella all'altra fino ad arrivare al luogo prefissato), dopo aver centrato l'oggetto o la stella intermedia, come si tolgono le mani dal telescopio, questo mi esce immediatamente dal campo inquadrato. La situazione può diventare ingovernabile e creare un grosso senso di disagio.

Per quanto concerne i materiali dei tubi, per ragioni di peso legate dunque al bilancio descritto a pag.21 e 22 e per ragioni di costo, la scelta cade quasi obbligatoria sull'alluminio (di buona qualità)

Sulla base di quanto riportato a pag.6, la relazione matematica sulla deformazione di un tubo cavo, in termini di proporzionalità è la seguente:

$$\text{Deformazione } \delta \propto \frac{\text{Forza} \times \text{Lunghezza}^3}{D_{est}^4 - D_{int}^4}$$

Dove: D_{est} e D_{int} sono rispettivamente i diametri esterno ed interno del tubo

Avremo ovviamente che: **Spessore tubo= $(D_{est} - D_{int})/2$**

Dalla formula riportata, a parità di lunghezza del tubo e forza applicata ad una sua estremità, se si eseguono delle prove numeriche si nota immediatamente che l'aumento del diametro esterno del tubo ha una influenza notevolmente maggiore sul calo della deformazione che un incremento di spessore (e quindi un decremento del diametro interno)

La dimensione dei tubi

Diametro Specchio 1rio		Diametro est. Tubi	Spessore
inch	mm	mm	mm
12	305	20	1,2
14	355	22	1,2
16	406	25	1,2–1,6
18	457	28	1,2–1,6
20	508	32	1,2–1,6
24	609	36	1,2–1,6
30	762	45	1,5–1,8
36	914	55	1,5–1,8

Per quel che riguarda la misura esatta da considerare per il taglio dei tubi si rimanda alla sequenza di assemblaggio del telescopio descritta più avanti.

Gli attacchi dei tubi sulla gabbia e sul box

Requisiti fondamentali:

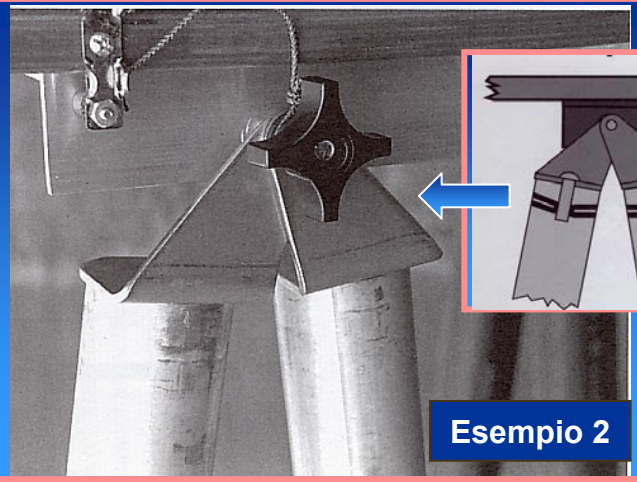
- **Le connessioni devono essere facili da usare**
- **Per mantenere inalterata la collimazione del telescopio durante il suo uso, le connessioni devono risultare stabili, inamovibili e totalmente indeformabili.**
- **Devono inoltre mantenersi "ripetibili" nel tempo ossia ad ogni smontaggio-montaggio del telescopio la collimazione deve essere risultare quasi a posto in maniera di rendere il suo aggiustamento operazione rapida e agevole.**
- **Le ottiche sono preziose! : se molla una connessione dalla gabbia e cade sullo specchio 1rio possono esserci danni irreparabili. Assicura le parti di connessione che sono a rischio** (ad esempio con delle piccole funi o catenelle)

Gli attacchi sulla gabbia

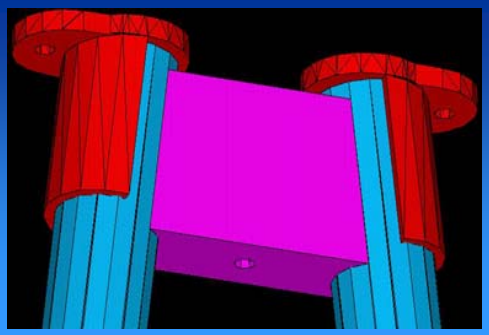
Come detto è imperativa la sicurezza contro la caduta, la facilità di utilizzo e la ripetibilità dell'aggancio

Esempi:

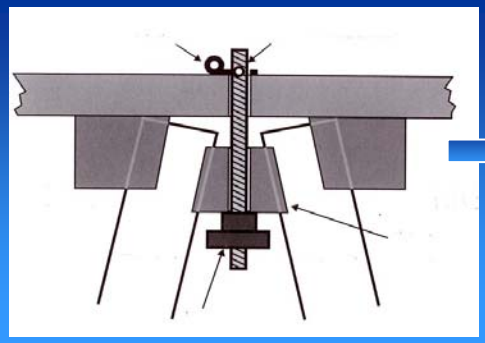
Esempio 1



Esempio 2



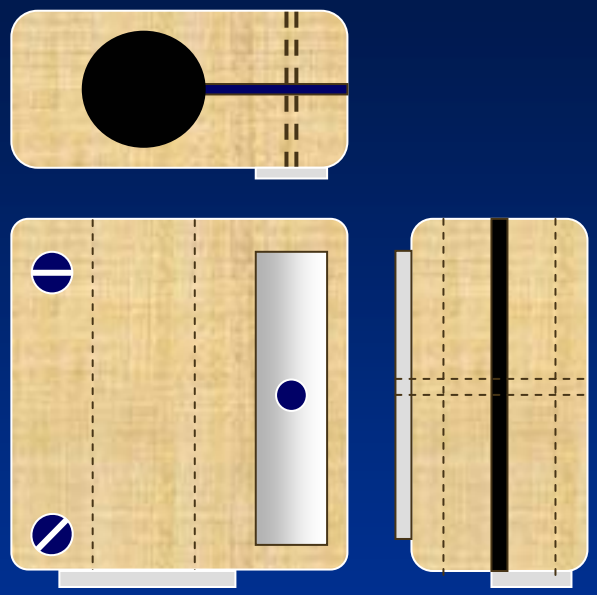
Esempio 3

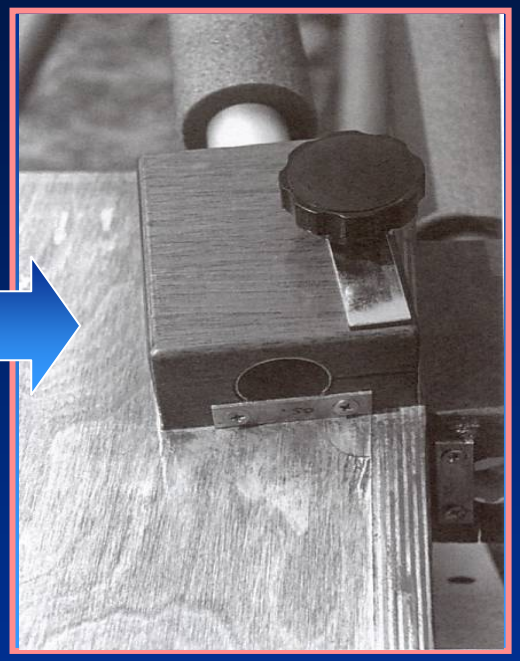


Esempio 4

Gli attacchi sul box

Esempio 1



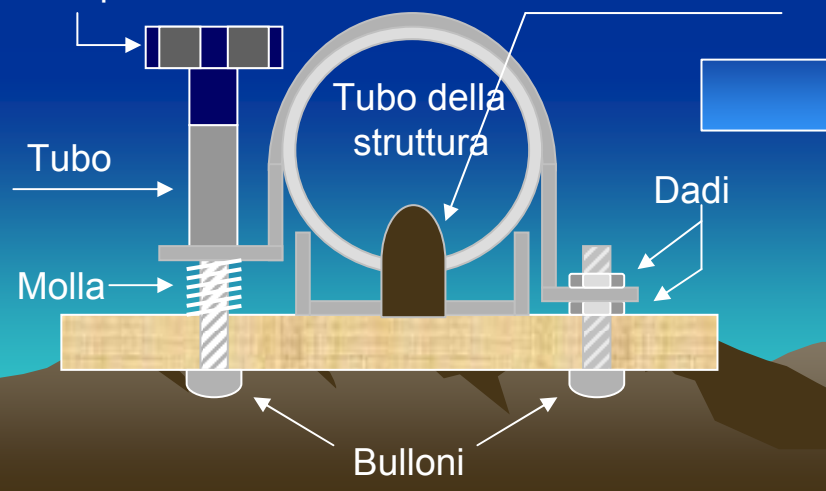


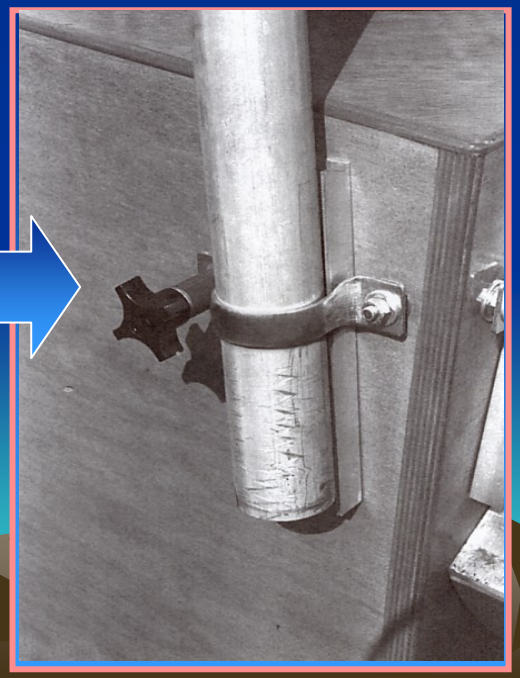
Per costruire questo tipo di morsetto occorre del legno duro e filamentoso tipo acero con le venature in direzione orizzontale.

L'allineamento dei morsetti

Dopo aver realizzato tutti otto i morsetti (e dopo aver fissato le culle su entrambi i lati del box, prendine uno e posizionalo su uno dei lati del box il più possibile vicino allo spigolo ed al bordo superiore. Inclinalo secondo la approssimativa direzione che porterà il tubo a convergere sull'attacco della gabbia del 2rio. Ora con una matita entra dentro il buco realizzato per la manopolina di serraggio e segna la posizione del foro da effettuare.
Misura la posizione x e y di questo rispetto a spigolo e bordo del box e riporta pari pari le due misure sulle restanti 7 parti del box. Fai quindi tutti 8 i fori e per Il momento fissa i morsetti infilando dall'interno del box il bullone e serrando dall'esterno con la manopolina. Stucca, Incolla o comunque fissa internamente il bullone in modo che non possa accidentalmente sfilarsi e cadere sullo specchio. Nelle pagine relative all'assemblaggio finale verrà descritta la procedura necessaria a dare la definitiva posizione e orientamento.

Esempio 2





La costruzione del supporto del box e del suo basamento

L'insieme di questi due organi è l'elemento chiave su cui avvengono i movimenti in declinazione ed azimut. Il basamento come vedremo, attraverso il teflon sopra ed i piedini sotto, trasmette sul terreno il peso complessivo del telescopio. Esso attraverso un perno situato nel suo centro, fornisce il punto di rotazione in azimut per il supporto del box e quindi per tutto il telescopio.

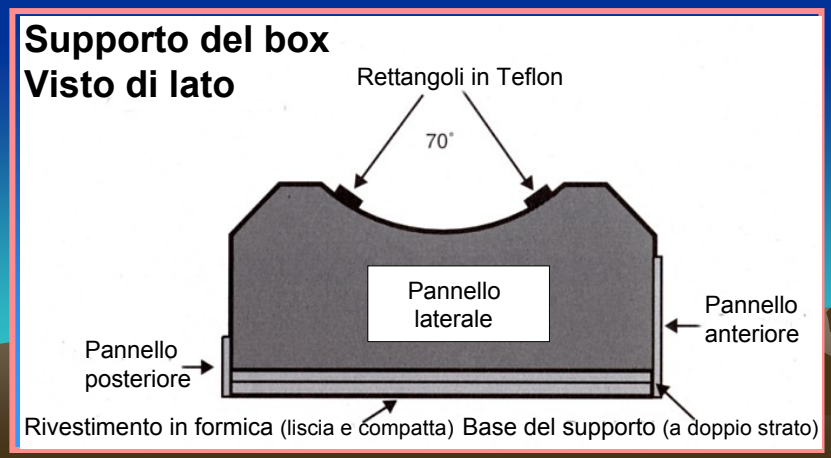
Affinché i movimenti che do al telescopio vengano trasmessi con adeguata precisione e fluidità, è rigorosamente necessario che il supporto del box sia strutturalmente rigido e indeformabile. Un supporto box ben progettato e ben realizzato lo si percepirà poi nel cercatore e nell'oculare mentre saremo intenti nelle ricerche ed osservazioni. Si proverà il piacere di sentire che tutto il telescopio risponde adeguatamente ai nostri comandi.

Il supporto del box

Lo spessore dei due pannelli laterali e quello del piano su cui sono fissati sono la cosa più importante per un adeguato supporto. Il raggio della conca realizzata sui due pannelli laterali sarà pari a quello delle culle + 3-4 mm ossia una maggiorazione pari allo spessore dei due rettangolini in teflon.
Per quanto riguarda l'angolo di posizionamento dei rettangoli in teflon (indicato in figura a circa 70°), più l'angolo cala e più fluido diventa il movimento. E' importante sottolineare che l'eccessiva fluidità potrebbe comportare ad una eccessiva sensibilità del telescopio allo sbilanciamento quando ad esempio si cambia l'oculare .

Requisiti fondamentali:

- I due pannelli laterali del supporto box oltre a dover essere perfettamente paralleli dovranno pure essere perfettamente a 90° rispetto alla loro base. Ogni scostamento potrebbe ripercuotersi con l'irreparabile attrito tra box e supporto.
- I due pannelli laterali dovranno essere alti a sufficienza per permettere che l'angolo anteriore del box (quello arrotondato) sfiori con un certo margine la base del supporto.



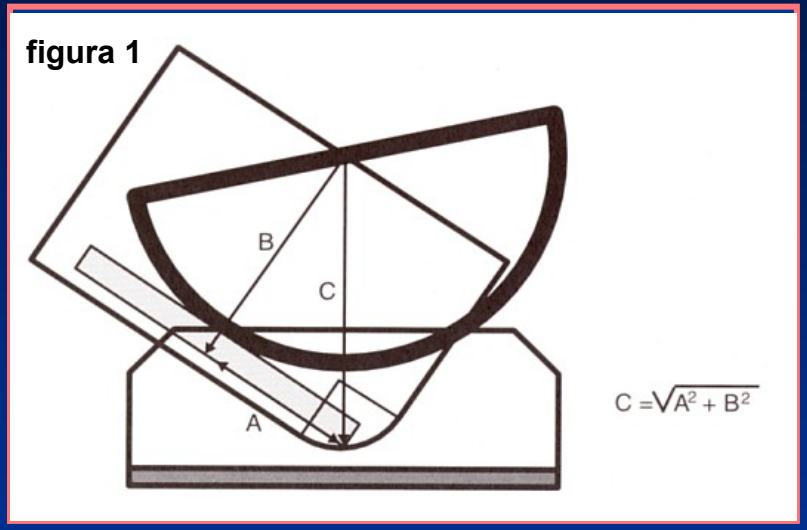
Dati per il dimensionamento del supporto box

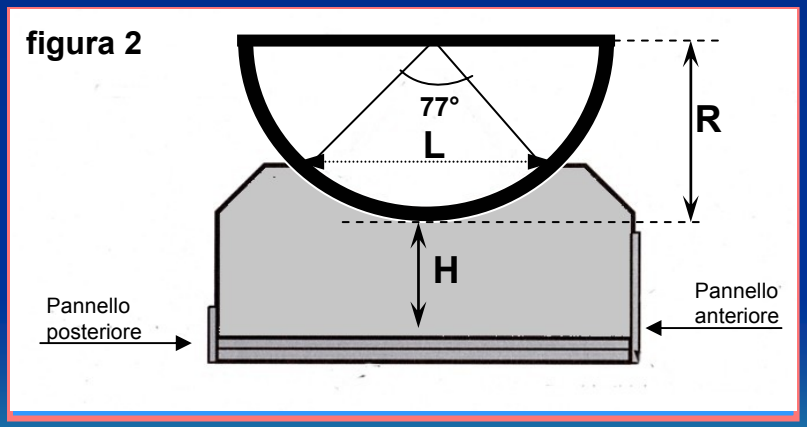
Diametro specchio 1rio inch	mm	Spessore Pannelli laterali mm	Spessore Base supporto mm	Spessore Pannelli Anteriore e posteriore mm	Spazio laterale tra Pannelli box e supporto mm
14	355	22-24	18	12	3
16	406	26-28	20	12	3
18	457	30	24	12-15	4
20	508	34	34-38	15	4
24	609	36	42	15	4
30	762	38	50	20	6
36	914	54	58	20	7

Determinazione dell'altezza dei pannelli laterali del supporto

La determinazione di tale altezza è cosa delicata. Essa dipende da:

- **Profondità del Box dello specchio 1rio**
- **Posizione esatta della cella e dello specchio 1rio rispetto all'angolo anteriore arrotondato**





Sulla base dello schema di figura 1 abbiamo che:

- **B** si conosce una volta determinata la posizione della cella del 1rio
- **A** dovrebbe all'incirca essere pari a Diametro1rio /2
- **C** lo calcoliamo attraverso Pitagora

Ora aumentiamo **C** di un margine **M** di sicurezza pari a qualche cm (da 3 a 5 cm circa)

Ora facendo riferimento alla figura 2 è facile determinare l'altezza **H** indicata: **H = C + M - R**

Dalla determinazione dell'altezza **H** risulta ora agevole ricavare tutte le altre dimensioni.
Se imponiamo un'ampiezza della conca pari a **77°** ricaviamo immediatamente la misura **L** attraverso al relazione :

$$L = 2 \times R \times \text{sen}(77/2) = 2 \times R \times 0{,}623$$

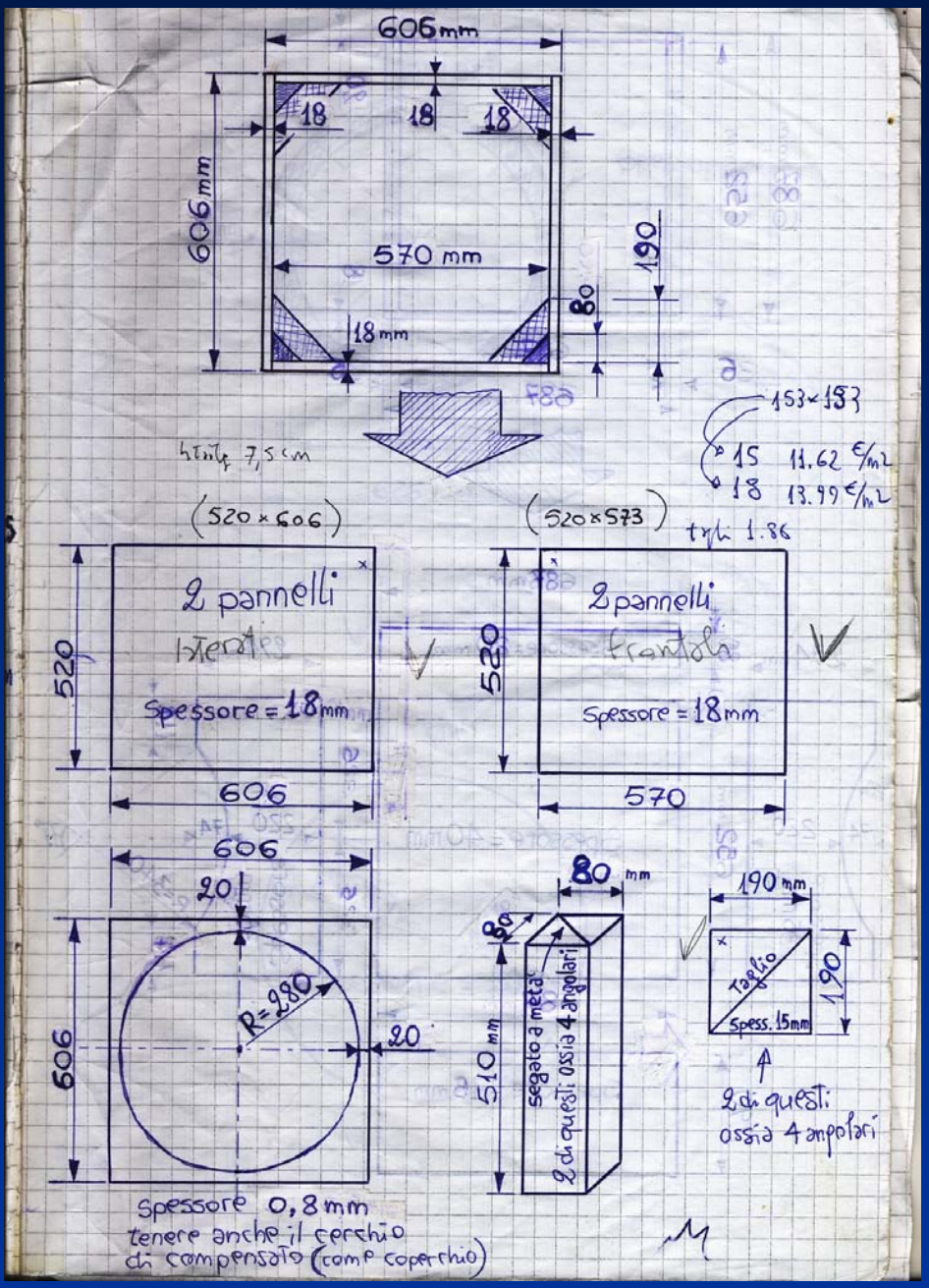
I pannelli anteriore e posteriore

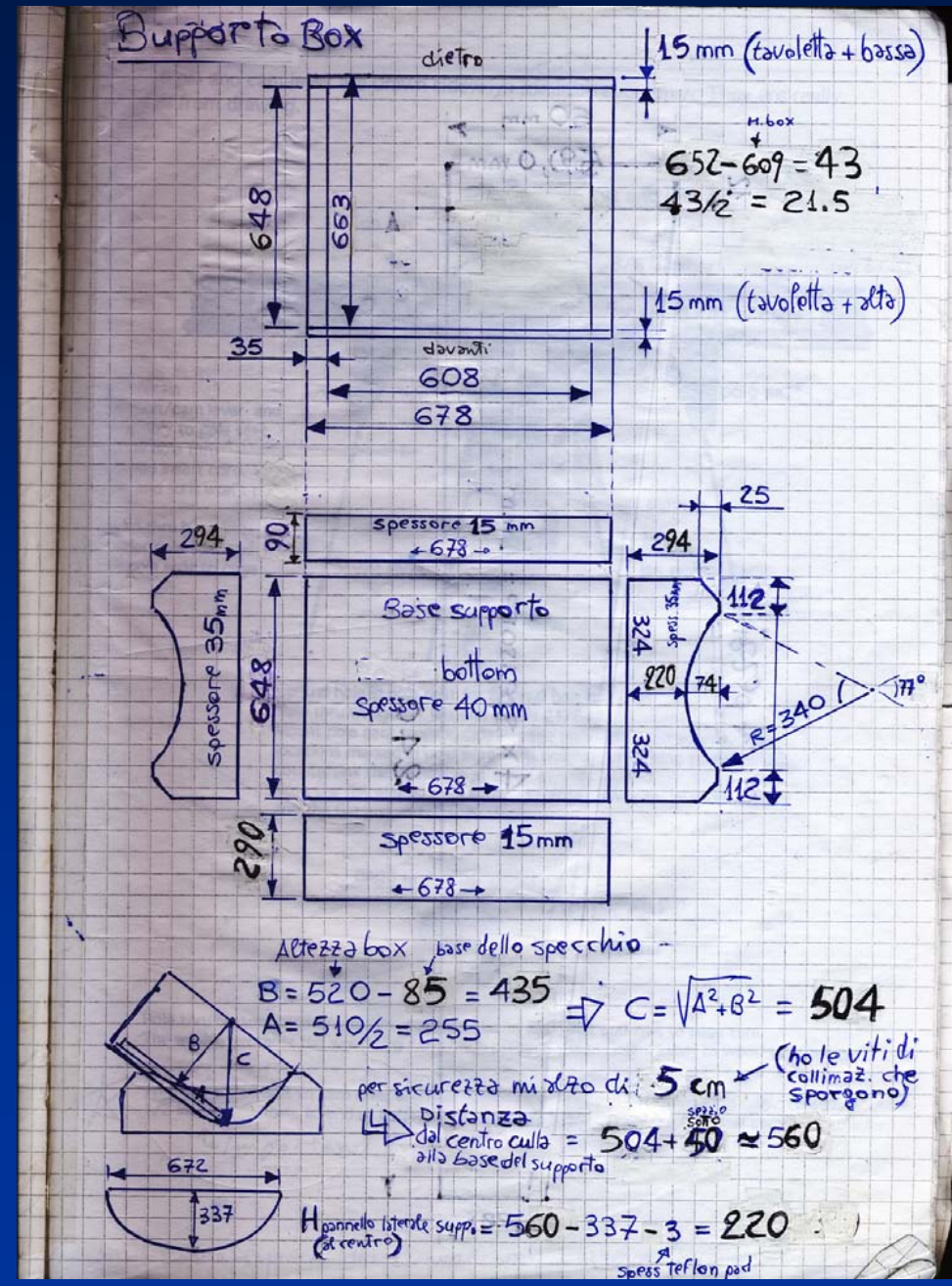
Questi pannelli sono importantissimi poiché danno rigidezza a tutta la struttura del supporto. Il pannello posteriore ha una altezza inferiore di quello anteriore e questa viene determinata sulla base del minimo spazio necessario al passaggio del box quando punto in avanti il telescopio.
Il pannello anteriore invece è sensibilmente più alto allo scopo di fermare la rotazione in declinazione del telescopio affinché non oltrepassi di troppo lo zenit.

Assemblaggio del supporto box

Unisci i vari pezzi (base, pannelli laterali, frontale e posteriore) con abbondante colla usando autofilettanti e chiodi di appropriata lunghezza. Nell'assemblaggio ogni elemento deve essere perfettamente ortogonale agli altri (aiutati magari con morsetti angolari). Pulisci bene le parti unite da residui di colla prima di dare l'impregnante e/o la vernice. Dipingi la parte interna in nero (per evitare che possano arrivare deboli riflessi parassiti sul 2rio. Ricopri il lato esterno della base con formica ultra-liscia e compatta (incollala con colla neoprenica). Infine metti dei pezzi di feltro autoadesivo all'interno dei pannelli laterali (o al limite del teflon) al fine di mantenere centrato il Box durante il suo movimento per evitare ogni indesiderato sfregamento tra questo ed il suo supporto.

Esempio di dimensionamento box e supporto per un Dobson da 508mm (20”) necessario a stabilire il taglio dei pannelli di multistrato

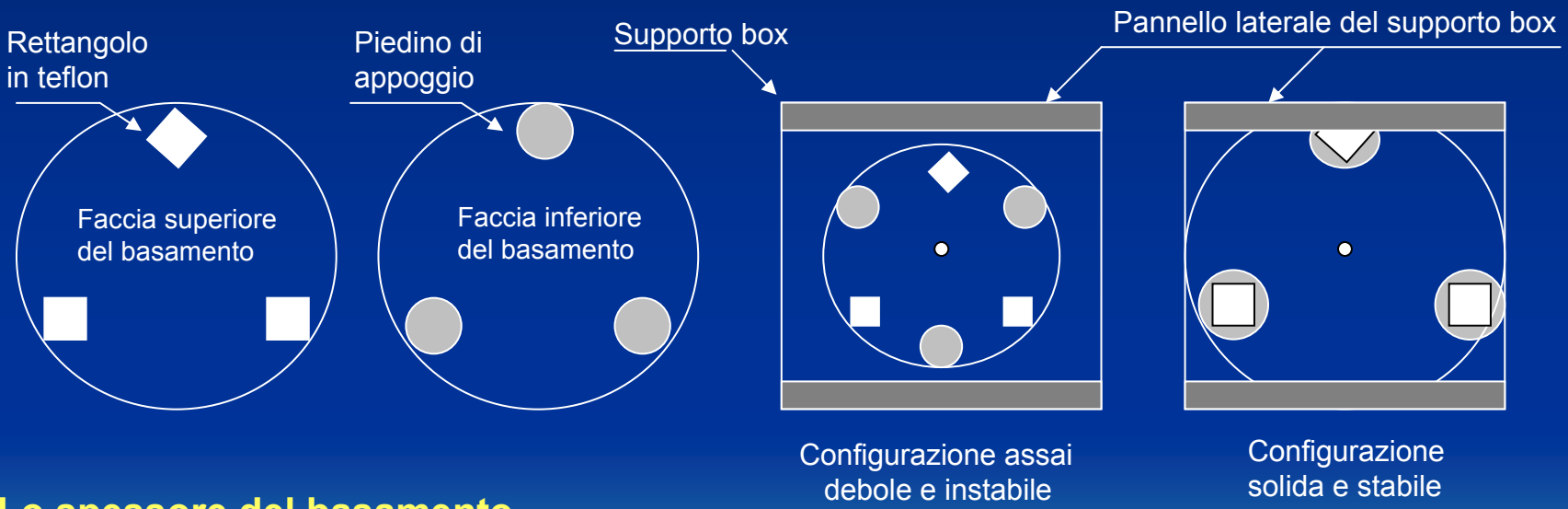




La realizzazione del basamento

Esso sorregge tutto il telescopio, contiene i tre rettangoli in teflon disposti a 120° l'uno dall'altro + un perno centrale su cui il supporto box ruota. Al di sotto sono fissati tre piedini circolari che trasmettono al terreno tutto il peso del telescopio. Come è facile intuire dalle figure sottostanti, al fine di preservare la totale stabilità del telescopio e soprattutto l'indeformabilità del supporto box, è fondamentale rispettare le seguenti regole:

1) **La circonferenza del basamento deve risultare perfettamente inscritta nella base del supporto box** (o perlomeno deve andare da bordo a bordo dei pannelli laterali del box)
2) **I rettangoli in teflon oltre a giacere a 120° l'uno dall'altro dovranno necessariamente stare adiacenti al bordo della circonferenza del basamento ossia sotto la circonferenza descritta dai pannelli laterali durante la rotazione del telescopio.**
3) **I piedini di appoggio sottostanti al basamento dovranno trovarsi esattamente sotto i rettangoli in teflon. In tal modo tutto il peso del telescopio verrà direttamente trasmesso a terra senza sollecitare e quindi flettere il basamento. Tali piedini andranno realizzati in legno estremamente duro (ad es. faggio)**



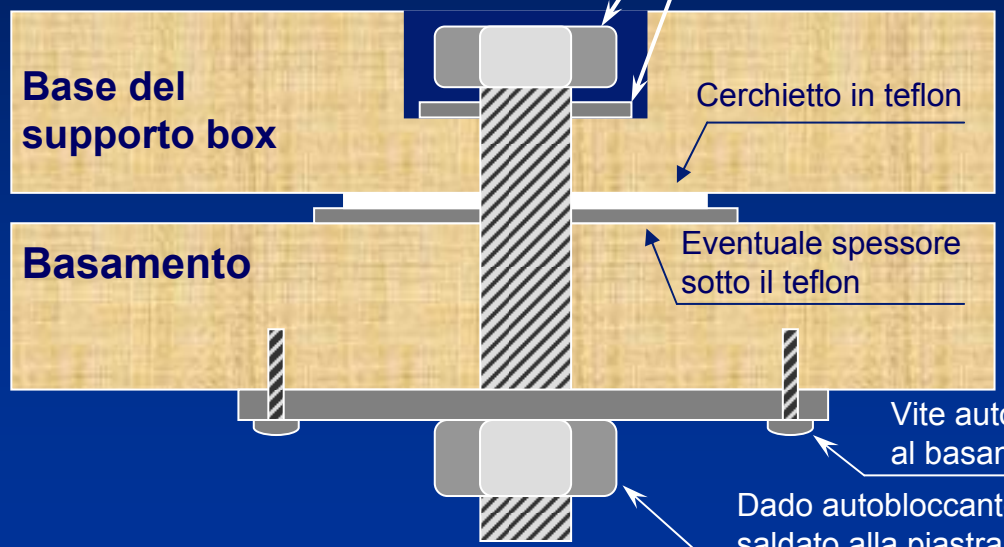
Lo spessore del basamento

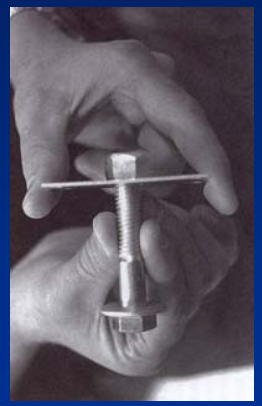
Poiché come detto, il peso del telescopio viene direttamente scaricato sui piedini di appoggio, in teoria basterebbe uno spessore quasi la metà di quello della base del supporto box. In realtà, come ora vedremo, per agevolare il movimento in azimut del telescopio sarà consigliabile (soprattutto dai 16" in su) infilare un cerchietto in teflon attorno al perno centrale di rotazione. Quest'ultimo, una volta identificato il suo spessore ottimale, fungerà quasi come il servosterzo adottato nelle automobili ma a scapito del fatto che un po' del peso del telescopio verrà scaricato al centro del basamento. Per evitarne dunque la sua flessione sarà necessario intervenire sul suo spessore maggiorandolo e portandolo almeno allo stesso valore di quello della base del supporto.

Il perno per la rotazione in azimut

Il perno centrale fornisce il vincolo di rotazione in azimut e tiene il supporto del box rigidamente centrato sul basamento. Il perno non è altro che un bullone da 12mm di diametro combinato con un dado. L'insieme di questi due elementi fa si che Box con supporto non scappino fuori dal basamento. E' assolutamente indispensabile che i fori sul basamento e sulla base del supporto box siano perfettamente al centro.

Per quanto riguarda il cerchietto in teflon centrale, sarà molto probabilmente necessario fare più tentativi per trovare l'ottimale spessore al fine di non generare instabilità (traballamenti) o al contrario scarso effetto di "servosterzo".





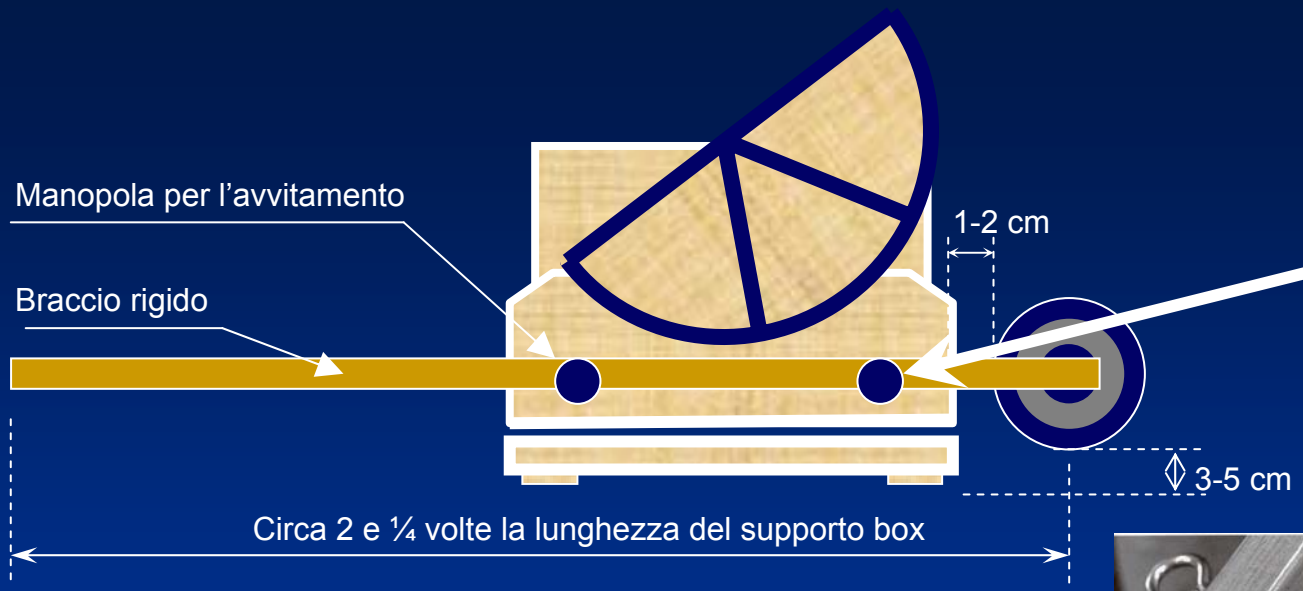
Le dimensioni dei rettangoli in teflon e fissaggio sul legno

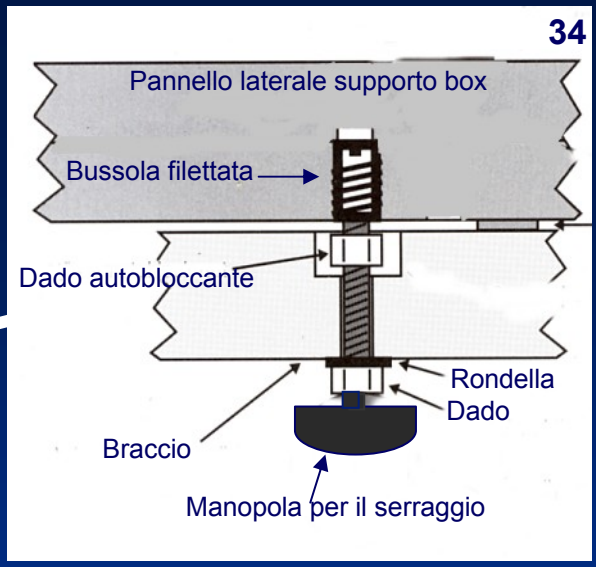
Trovare la dimensione ottimale dei rettangoli è l'ultimo lavoro da farsi nella costruzione del telescopio. Dalla tabella a fianco, per calcolare ad esempio le dimensioni di ognuno dei 3 rettangoli del basamento di un Dobson da 18 inch è sufficiente ricavare il peso complessivo del telescopio e dividerlo prima per 1,10 e poi per 3 e si ricava così la superficie di ogni rettangolo. In modo similare si procederà per i 4 rettangoli da fissarsi sui pannelli laterali del supporto. Una volta ricavati e applicati tutti i rettangoli, l'ultimo aggiustamento a livello di attrito ottimale verrà apportato con lo spessore del cerchietto centrale sul basamento per l'azimut e con l'avvicinamento o allontanamento delle coppie di teflon nei pannelli laterali del supporto box per la declinazione. Per fissare il teflon al legno si consiglia di irruvidire molto la superficie del teflon e di usare quindi della colla epossidica a due elementi. Sia sotto le culle che sotto la base del supporto box andrà incollata, con colla neoprenica, della formica ultra-liscia e compatta per limitare l'attrito.

Dimensionamento rettangoli in teflon
(sia per azimut che declinazione)

Dimensione telescopio (diametro 1rio)	Peso consigliato per unità di superficie di teflon
fino a 18 inch	1,10 kg/cm²
da 20 a 24 inch	0,85 - 1,10 kg/cm²
da 25 inch in su	0,85 kg/cm²

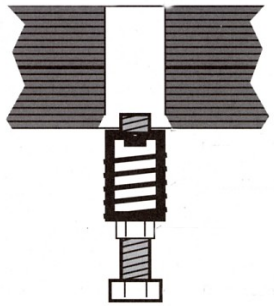
Il trasporto dei dobson di grandi dimansioni

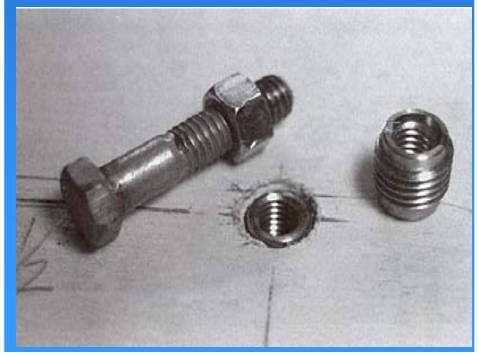




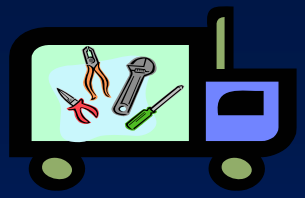
Assieme a tale sistema si renderà pure necessario realizzare le pedane per il carico e scarico dall'automezzo (station wagon o furgone)

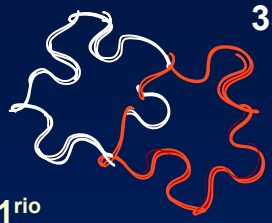
Esempio di Inserimento bussola filettata sul pannello del supporto box





Si parte con l'assemblaggio





Per procedere a tale fase è indispensabile che siano completi:

1) Le Ottiche 1ria e 2ria + supporto di quest'ultima
2) La cella dello specchio 1rio + la cinghia in poliammide nera robusta larga circa 2/3 dello spessore del 1rio
3) La gabbia del 2rio con crociera, fuocheggiatore, cercatore, eventuale Telrad, copertura ed attacchi per i tubi di Alluminio
4) Il Box del 1rio con le culle montate
5) Gli 8 morsetti per tubi della struttura (per ora non fissati al box)
6) Il coperchio del box
7) Il supporto del Box
8) Gli 8 tubi di alluminio della struttura reticolare (per ora più lunghi del necessario)

Si dovrà poi preparare:

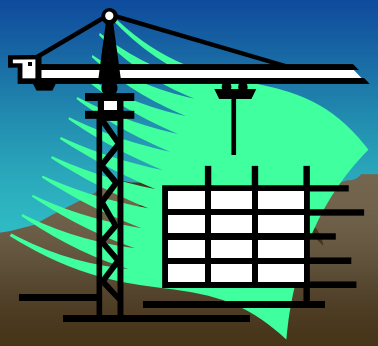
9) Il manto di copertura in tessuto poliammidico nero (possibilmente un po' elasticizzato)
10) L'alloggiamento del telescopio smontato (in cantina o luogo comunque al riparo da polvere e umidità)
11) Le eventuali pedane (molto resistenti) e gli eventuali bracci con le ruote per il carico e scarico dall'automezzo

Installare le ottiche

Le ottiche si mettono una volta sola e li restano (eventualmente si toglie il 1rio solo per la pulizia annuale)

Apporre il cerchietto nero esattamente al centro del 1rio

Senza questo cerchietto la precisa collimazione del telescopio sarà impossibile. Prepara dunque la precisa sagoma in cartoncino dello specchio (tale sagoma ti potrà pure servire per proteggere lo specchio durante gli ultimi aggiustamenti all'interno del box). Sul cartoncino resterà segnato il centro dove è stato puntato il compasso. Fora tale centro con un ago e roteando quest'ultimo allarga leggermente il foro. Ora appoggia la sagoma sopra lo specchio e fai combaciare con precisione la sua circonferenza lungo tutto il bordo di questo. Con la punta di un pennarello nero calca sul foro in modo che ne resti traccia sullo specchio. Ora prendi un anello di carta autoadesivo (di quelli utilizzati per riparare i fogli dei raccoglitori) dipingilo di nero e quindi appiccicalo sullo specchio facendo in modo che il punto nero realizzato stia esattamente al centro dell'anello. Il gioco è fatto! D'ora in avanti, con il collimatore laser inserito al posto dell'oculare sarà semplice, come vedremo più avanti, riuscire a regolare le 3 viti sul secondario affinché il raggio di luce cada esattamente al centro del cerchietto.



Apporre il punto nero sullo specchio 2rio per garantirne la centratura

Per assicurare la precisa collimazione ed il corretto convogliamento del fascio luminoso da parte del secondario, anche qui sarà necessario identificare l'esatto centro di tale specchio (comprensivo di off-set). Allo scopo in appendice 3 è disponibile un foglio A4 in cui sono rappresentate numerose dimensioni di ellissi del secondario. Ritaglia quella uguale al tuo 2rio e quindi, facendo riferimento a quanto indicato a pagina 12, con uno spillo traccia lungo l'asse maggiore, la posizione dell'off-set ricordando che questa è pari all'off-set identificato in Appendice 2 moltiplicato per radice quadrata di 2. Ora allo stesso modo del caso precedente fai combaciare con precisione l'ellisse con il 2rio e quindi con la punta di un pennarello nero traccia un piccolo punto sullo specchio. Anche qui il gioco é fatto!

Installare lo specchio 1rio

Allenta i dadi dei due bulloni che tengono la cinghia e distendi quest'ultima oltre i perni di contenimento dello specchio. Assicurati di avere il margine di cinghia necessario poiché più tardi saranno necessari almeno due giri di questa attorno ad ogni bullone. Prima di inserire lo specchio nel box assicurati di non avere oggetti nel taschino o nei dintorni da dove potrebbero poi cadere sullo specchio (se ciò accadesse , sarebbe a questo punto una vera tragedia). Orienta le spine dei perni verso l'esterno, fai quindi un respiro, solleva lo specchio e lentamente deponilo sulla cella. Assicurati che sia centrato dimenandolo magari un poco affinché si senta che tutti i triangoli risultano attivi con tutti i loro punti di appoggio. Ora poni sopra la sagoma in cartoncino per proteggere momentaneamente lo specchio e rilassati quindi un pochino. Assicurati ora che tutti e tre i perni di contenimento non tocchino lo specchio (la cosa è di estrema importanza per non incorrere poi in astigmatismi dell'ottica). Attacca dunque un pezzo di nastro biadesivo di 20 cm circa sulla parte di bordo dello specchio che è rivolto verso la cinghia. Attacca dunque la cinghia allo specchio (centrata sullo spessore del bordo) e dunque inizia piano piano ad arrotolarla su ognuno dei due bulloni in maniera equa. Lascia quindi la cinghia (per ora) ancora un po' lasca stringendo i controdadi dei due bulloni, gli darai la tensione finale più avanti. Ora togli il cartone dallo specchio gira le spine dei perni verso l'interno dello specchio (serrando con molta attenzione il dado sopra) e metti il coperchio sul box.

Installare lo specchio 2rio

Qui non è necessario tutto il telescopio ma solo la gabbia. Puoi quindi lavorare anche sul tavolo della cucina.
Per questa fase (ma anche per le successive e pure per le collimazioni) è necessario acquistare un collimatore laser possibilmente da 2 pollici (se logicamente il fuocheggiatore ospita tale dimensione) anziché da 1 e ¼ .
Innanzi tutto la crociera deve essere già installata e deve esser già stato predisposto l'off-set (sul supporto del 2rio o sulla crociera).
Prima di passare alla fase di fissaggio del supporto+2rio alla crociera è necessario mettere in squadra il fuocheggiatore precedentemente installato nella tavoletta della gabbia.

FASE (a) – Orientamento del fuocheggiatore nel senso orizzontale (SX-DX)

Per questa fase di orientamento posiziona innanzi tutto la gabbia in un piano perfettamente orizzontale. Quindi dal centro della crociera fai partire una sorta di filo a piombo che sfiori la base di appoggio. Inserisci dunque il collimatore laser e quindi regola le apposite viti periferiche della base del fuocheggiatore fino a quando il raggio incide sul filo immobile (è molto probabile che tale regolazione debba essere accompagnata da un lieve allentamento delle viti che fissano il fuocheggiatore alla tavoletta di supporto).

FASE (b) – Orientamento del fuocheggiatore nel senso verticale (SU-GIU')

Mantenendo inserito il collimatore laser prendi un metro o un righello e stando dalla parte del fuocheggiatore misura la distanza in verticale tra l'estremità superiore della gabbia ed il punto da cui esce il raggio. Annota tale valore e quindi sulla parte opposta dove impatta il raggio, con un marcatore bianco traccia un puntino che stia alla stessa distanza verticale (sempre dall'estremità superiore della gabbia). Quel punto bianco che hai tracciato ti servirà anche in futuro per gli aggiustamenti e revisioni a cadenza annuale.
Ora giocando sempre con le viti alla base del fuocheggiatore utilizzate per l'orientamento DX-SX fai altrettanto per questo orientamento. Molto probabilmente dovrai ripetere iterativamente l'azione di regolazione DX-SX e SU-GIU', assieme a quella di serraggio del fuocheggiatore alla tavoletta, fino a che entrambi gli orientamenti combaceranno a dovere e in maniera stabile.

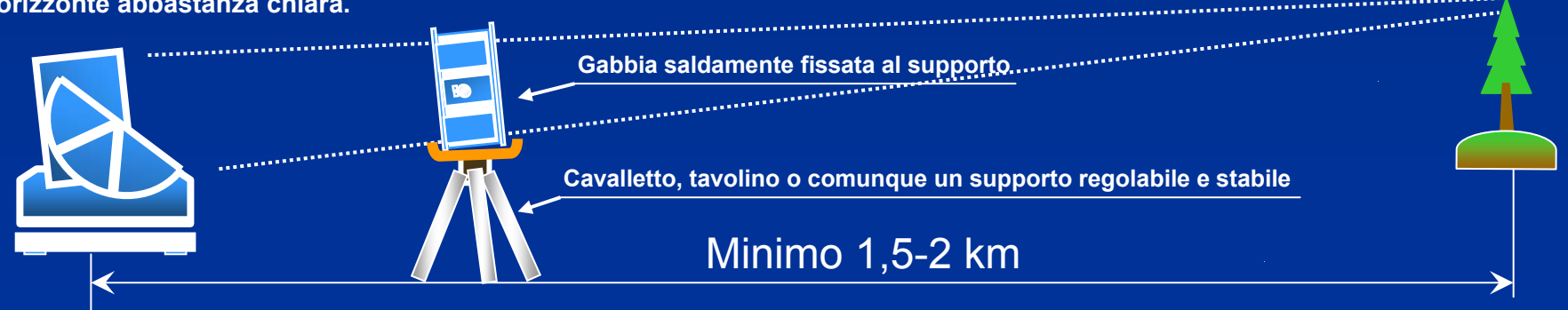
Installazione e posizionamento del 2rio e suo supporto

A questo punto, avendo correttamente posizionato il fuocheggiatore e già predisposto sulla crociera (o sul supporto) lo sfasamento di off-set, possiamo installare lo specchio 2rio. Puoi fare tale operazione ancora sul tavolo della cucina. Fissa dunque il supporto contenente lo specchio al centro della crociera. Guarda ora all'interno del fuocheggiatore privo di qualsiasi oculare o collimatore e orienta correttamente lo specchio fino a quando vedrai un cerchio perfetto. Ora inserisci il laser e regola l'altezza e l'orientazione del supporto del 2rio fino a che il raggio andrà esattamente a cadere sul puntino nero che hai precedentemente marcato sullo specchio. Si consiglia di assicurarsi periodicamente che il raggio laser incida su tale puntino. E' molto probabile che l'azione relativa a questa ultima regolazione si renda ulteriormente necessaria dopo la prima operazione di collimazione tra le ottiche 1ria e 2ria. Se dunque sarà necessario, si dovrà con ogni probabilità ritornare a questa fase ed apportare una ulteriore regolazione (probabilmente iterativa) fino a che il laser contemporaneamente centrerà il puntino nero del 2rio e sarà perfettamente in linea nel percorso che va dal fuocheggiatore, al secondario ed al primario e ritorno al fuocheggiatore.

Ora, prima del corretto allineamento tra 1rio e 2rio si rende indispensabile trovare la giusta distanza tra Gabbia e Box per poter effettuare il taglio dei tubi di alluminio, il posizionamento corretto degli 8 morsetti sul box e quindi il fissaggio della gabbia al box tramite la struttura reticolare.

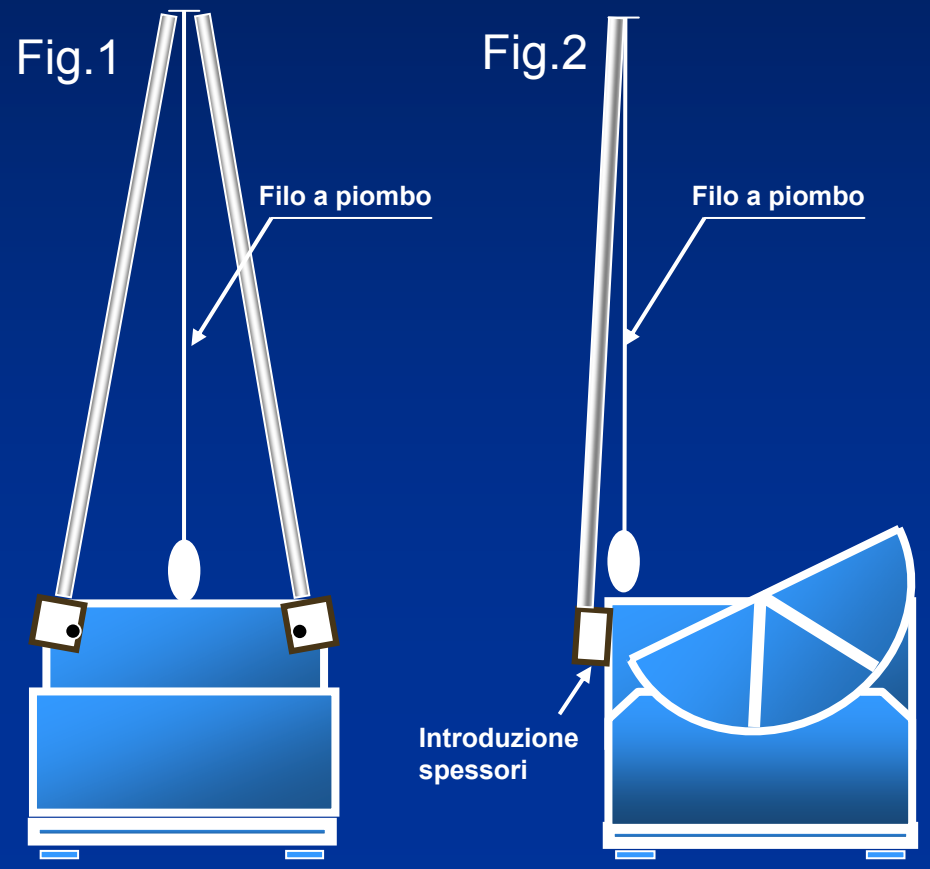
Stima della lunghezza dei tubi della struttura reticolare

Per ottenere l'appropriata lunghezza dei tubi è necessario che sul box siano già stati provvisoriamente installati gli 8 morsetti (fissati al box solamente mediante bullone+manopola come descritto a pag.28) mentre sulla gabbia è richiesto che siano stati fissati in maniera definitiva. Come indicato in figura si necessita inoltre di una visione all'orizzonte abbastanza chiara.



Come indicato in figura prepara con attenzione un sistema regolabile per supportare saldamente la gabbia. Inoltre (probabilmente questa è la cosa più difficile), escogita un sistema affidabile per tenere sollevato il boxaffinché tu possa puntare lo specchio 1rio ad una altezza prossima all'orizzonte (ricordati che se il sistema di sollevamento del box cede, box + specchio potrebbero urtare violentemente contro la tavola anteriore del supporto box. Ricordati inoltre di ruotare le spine dei perni saldamente verso l'interno affinchè lo specchio non possa per nessun motivo uscire). In alternativa trova un tavolino dove, con l'aiuto di qualcuno, tu possa metterci il box, poggiato in orizzontale, in cui l'inclinazione all'orizzonte tu la possa decidere attraverso degli spessori. Dopo aver fatto tutto ciò inserisci sul fuocheggiatore l'oculare a più bassi ingrandimenti che possiedi e comincia piano piano ad orientare tutto il sistema verso un oggetto ragionevolmente lontano. Quando finalmente riuscirai ad inquadrarlo nell'oculare, comincia a spostare piano piano avanti e indietro la gabbia fino a che l'oggetto sta a fuoco con il fuocheggiatore quasi tutto in dentro. A questo punto prova tutti gli altri oculari ed eventualmente continua a spostare la gabbia fino a che li riuscirai a mettere a fuoco tutti. A questo punto prendi nota della distanza esatta di tubo che ti servirà per andare da morsetto box a morsetto gabbia. Questa misura per ora (per precauzione) maggiorala di 5-6 cm. La regolazione finale la farai a telescopio ultimato. Ora con il taglia-tubi porta tutti 8 i tubi alla misura stabilita.

Regolazione e fissaggio definitivo dei morsetti sul box



Come indicato in figura 1, poiché in questa fase i morsetti sono fissati solamente attraverso il bullone e la manopola, per decidere la loro inclinazione, improvvisa un filo a piombo, fissalo con del nastro adesivo all'estremità superiore e facendo combaciare i tubi, aggiusta i morsetti fino a che il filo sarà in linea con la mezzeria del box. Logicamente il box dovrà essere rigorosamente in piano (in bolla). Trovata la corretta inclinazione dei morsetti, comincia col fissarla attraverso l'avvitamento delle due viti autofilettanti superiori.

Con analoga procedura, dopo aver stabilito con un segno a matita quale è la proiezione verticale degli attacchi della gabbia sopra il box, inizia col introdurre all'interno del morsetto (da sotto) degli spessorini (magari in lamierino) fino a che l'inclinazione verso l'interno del tubo porta il filo a piombo in linea con la traccia effettuata.

Alla fine delle due operazioni, avvita dunque anche le due autofilettanti inferiori dei morsetti e quindi, se necessario, aggiusta col taglia-tubi le eventuali piccole diseguaglianze tra ogni coppia di tubi.

Aggiustaggio cinghia nella cella del 1rio

Ora è possibile montare il telescopio. A tal proposito inserisci i tubi nei morsetti, quindi prendi la scala (se necessario) e fissa la gabbia all'estremità dei tubi. Dunque fissa il cercatore, l'eventuale Telrad ed infine l'oculare. A questo punto il telescopio dovrebbe essere abbastanza in equilibrio da poterlo orientare in avanti. Portalo dunque in avanti ad una altezza di circa 15° dall'orizzonte (eventualmente portalo in equilibrio con qualche momentaneo espediente, poiché l'aggiustamento definitivo lo farai alla fine). Ora munisciti di chiavi inglesi e da sotto il box piano piano e un po' per volta ruota alternativamente i due perni di avvolgimento della cinghia fino a che lo specchio sarà sollevato di quel tanto da non toccare alcuno dei tre perni di contenimento. A questo punto stringi bene i 2 controdadi dei 2 perni ed assicurati che lo specchio pendoli in avanti liberamente se da dietro lo spingi con la mano.

Allineamento 2rio - 1rio – Fuocheggiatore (collimazione)

A questo punto puoi inserire il laser nel fuocheggiatore. All'accensione, se il precedente lavoro di posizionamento del fuocheggiatore e del secondario è stato fatto a dovere, il raggio dovrebbe incidere perfettamente sul puntino nero del 2rio. Se tutto è a posto comincia col regolare le tre viti di regolazione del secondario fino a che il raggio va ad incidere esattamente al centro del cerchietto nero presente sullo specchio 1rio. Una volta centrato a dovere puoi quindi passare a regolare le tre viti di collimazione del 1rio in maniera che ora il raggio laser riflesso da questo e poi dal 2rio vada esattamente ad incidere sul punto di origine del raggio. A questo punto la collimazione è terminata.

Se eventualmente vorrai fare uno Star-Check finale su una stella si rimanda ad un valido testo quale è ad esempio: "Come testare il proprio telescopio" edizioni Coelum

Ora molto probabilmente la lunghezza dei tubi sarà tale che non ti sarà concesso di portare a fuoco gli oggetti all'infinito (ossia le stelle). Di conseguenza dovrai rifilare gli 8 tubi, possibilmente piano piano mezzo centimetro alla volta, fino a che andrai a fuoco con tutti gli oculari in tuo possesso. Anche se solitamente il fuocheggiatore possiede una buona corsa, ricordati di accorciare i tubi di quel che basta da non dover estrarre troppo il fuocheggiatore per andare a fuoco. Questo lo si consiglia al fine di tenere un certo margine di sicurezza qual'ora, comperando qualche nuovo oculare, venisse ad aumentare la distanza tra base fuocheggiatore e piano focale. In tal modo si ha ancora la possibilità di intervenire nell'accorciamento dei tubi di qualche manciata di millimetri senza il rischio di arrivare a fine corsa del fuocheggiatore e non esser ancora arrivati al fuoco.

Montaggio, uso, smontaggio

Nel tempo ti diventerà famigliare ogni peculiarità e procedura relativa al tuo telescopio. Le prime volte assembla tutto alla luce del giorno.

Le regole generali di assembleggio da seguire sempre sono:

1) Proteggi sempre lo specchio 1rio: Controlla i perni di contenimento e loro spine, la cinghia e relativo sollevamento dello specchio, coperchio box
2) Proteggi lo specchio 2rio: stai sempre attento quando sollevi la gabbia per fissarla ai tubi. Metti una protezione pulita e morbida che avvolga specchio e supporto
3) Proteggi i tubi della struttura reticolare: questi, dopo tutto, sono parti di precisione del tuo telescopio. Mettili sempre in luoghi sicuri sia nel trasporto sia a casa. Rivestili possibilmente con le classiche guaine espanse usate per l'isolamento dei tubi
4) Attento che Box e supporto pesano molto: quando manipoli il telescopio mai infilare le dita tra essi.

Montaggio

1) Se il telescopio è di grandi dimensioni metti la rampa e fissa i manici al supporto per tirare fuori il tutto dal baule dell'auto.
2) Riponi dunque l'insieme "basamento-supporto-box in luogo piano e idoneo (ricordati che poi ci dovrai girare intorno)
3) Non procedere oltre fino a che all'interno del box non è sistemato correttamente lo specchio
4) Inserisci gli 8 tubi nei loro morsetti (a questo proposito nel momento della regolazione finale della loro lunghezza si consiglia di numerare morsetto e rispettivo tubo in modo che quest'ultimo resti sempre abbinato allo stesso morsetto). Stringi gentilmente i morsetti
5) Se necessario poni la scala a fianco ma non proprio attaccata, prepara la gabbia assicurandoti che ogni cosa in essa sia ben fissata ed in sicurezza (assicurati che nel box ci sia tassativamente il coperchio). Appoggia quindi la gabbia sopra tutte e 4 le convergenze dei tubi e assicurandoti che non sia in pericolo di cadere comincia a fissare ogni attacco ai tubi. Alla fine ricontrolla che tutti e 4 gli attacchi siano a posto e serrati a dovere.
6) Infila la copertura in tela semielastica nera e possibilmente col lato interno opaco (possibilmente poliammidica).
7) Ricontrolla che ogni cosa sia in sicurezza, dunque inserisci il cercatore, l'eventuale Telrad ed infine l'oculare (o il laser).
8) A questo punto muovi il telescopio su e giù e a destra e sinistra controllando che i movimenti siano a posto (si consiglia saltuariamente di mettere un po' di silicone lubrificante tra teflon e formica per agevolare la scorrevolezza dei movimenti).

9) A questo punto abbassa il telescopio e controlla che la cinghia tenga sospeso a dovere lo specchio primario senza che questo sfiori minimamente uno dei tre perni di contenimento (spingendo da dietro leggermente lo specchio)

10) Ora dopo un ulteriore controllo generale puoi togliere il coperchio dal box e procedere alla rapida collimazione col laser come descritto a pagina 39. NON PUNTARE MAI IL SOLE !!!

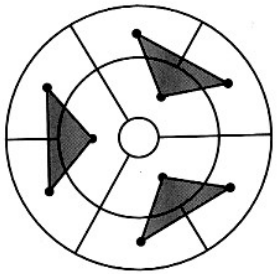
Smontaggio

1) Metti prima di tutto il coperchio al box!
2) Rimuovi dalla gabbia il cercatore, l'oculare e l'eventuale Telrad e sfila dunque la copertura
3) Accompagna il telescopio dolcemente all'azimut. NON togliere MAI la gabbia quando il telescopio è inclinato poiché ne conseguirebbe un repentino sbilanciamento ed un violento urto del box sul suo supporto.
4) Con il telescopio all'azimut allenta IN PIENA SICUREZZA e con le dovute cautele tutti gli attacchi della gabbia quindi toglila con la massima accortezza e tranquillità (copri quindi il secondario e suo supporto con la protezione).
5) Rimuovi gli otto tubi
6) Se necessario rimetti i manici laterali con le ruote, sistema la rampa per il carico in auto e accompagna quindi l'insieme Basamento-Supporto-Box all'interno del bagagliaio; quindi togli manici e rampa
7) Infine sistema in modo sicuro tutti gli altri componenti

Appendice 1 (a)

(cella a 9 punti di appoggio)

(tutte le misure sono in pollici)



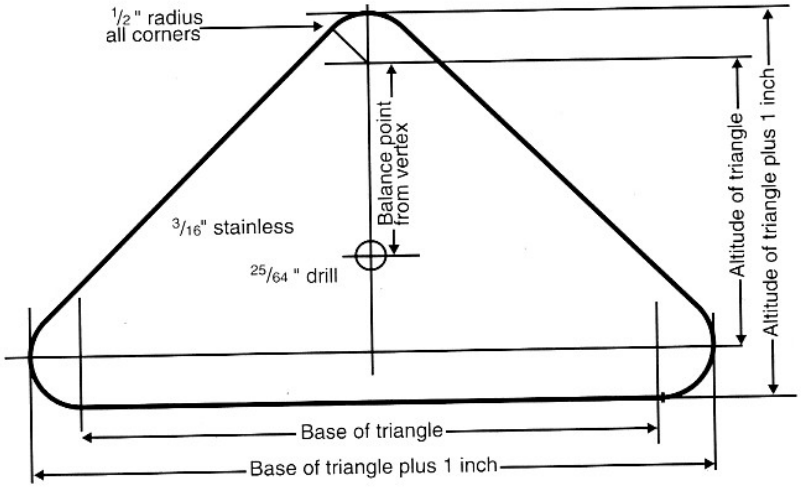


Table 5.3
9-Point Flotation System Dimensions*

Size of mirror	12.5	14.5	15	16	17.5	18
Radius of outer support points	4.85	5.63	5.83	6.22	6.81	7.01
Radius of inner support points	2.02	2.35	2.44	2.61	2.86	2.94
Base of triangle (isosceles)	4.85	5.63	5.83	6.22	6.81	7.01
Altitude of triangle	2.18	2.52	2.61	2.80	3.06	3.15
Balance point from vertex	1.45	1.68	1.74	1.86	2.04	2.10
Radius to balance point	3.47	4.03	4.18	4.47	4.90	5.04
Thickness of steel triangles	⅛	⅛	⅛	⅛	⅛	⅛
All dimensions in inches.						
*Support mirrors 10 inches and under on 3 points.						

Appendice 1 (b)

(cella a 18 punti di appoggio)

(tutte le misure sono in pollici)

Table 5.4
Parts List for 9- and 18-Point Mirror Cell and Tailgate
9- Point: mirrors 12.5 to 18" aperture and 18-Point: 18 to 25" aperture*

9-Point Number	18-Point Number	Description
2	2	¼-inch x 1¼-inch steel flat stock for tailgate side rails
3	3	1-inch x 1-inch heavy wall square steel tubing for tailgate rungs
3	6	⅛-inch thick steel triangles (or substitute ¼-inch thick aluminum)
none	3	¼-inch thick steel bars (½-inch thick aluminum)
9	18	Floor protector pads for mirror cell points, ~¼-inch thick and relatively incompressible
none	6	8-32 x ¾-inch pan-head screws that hold triangles to bars
none	18	8-32 nuts for pan-head screws
9	9	⅜-16 all-metal lock nuts, two per triangle on 9-point cell, or two per bar on 18-point cell, plus one above each mirror clip
3	3	⅜-16 x 2½-inch leveling jacks or collimation bolts; or weld a flat washer to a hex bolt
2	2	⅜-16 x 4-inch hex-head bolts, fully threaded and split to hold sling
3	3	⅜-16 x 5½-inch hex-head bolts, must be fully threaded for side pins
3	3	Eyebolts to serve as mirror clips; eye must be ⅜-inch inside. Obtain from turnbuckles
9	9	⅜-inch lock washers to put above side pins and above and below mirror clips
8	8	⅜-16 nuts, one to retain each split bolt, one to retain each side pin bolt, and one at top of each side pin
8	8	5/16-inch washers (⅜-inch hole size); one for each split bolt, the rest for the side pins
4	4	1-inch #10 sheet metal screws to mount fan on fan board
4	4	8-32 x ¾-inch round-head screws to mount fan board on tailgate rungs
3	3	Short lengths of shrink wrap for mirror clips
1	1	1½-inch nylon strapping, or seat belt from an old car
3	3	1-inch O.D. x 3-inch long PVC dowels for side pins; wood pins okay instead of PVC
1	1	Double-sided tape
1	1	¼-inch thick plywood or plastic fan mounting board
1	1	12-volt muffin (cooling) fan

* If you use different thickness steel or opt to go with aluminum for your triangles and bars, then use longer fasteners, bolts, and off-center pins.

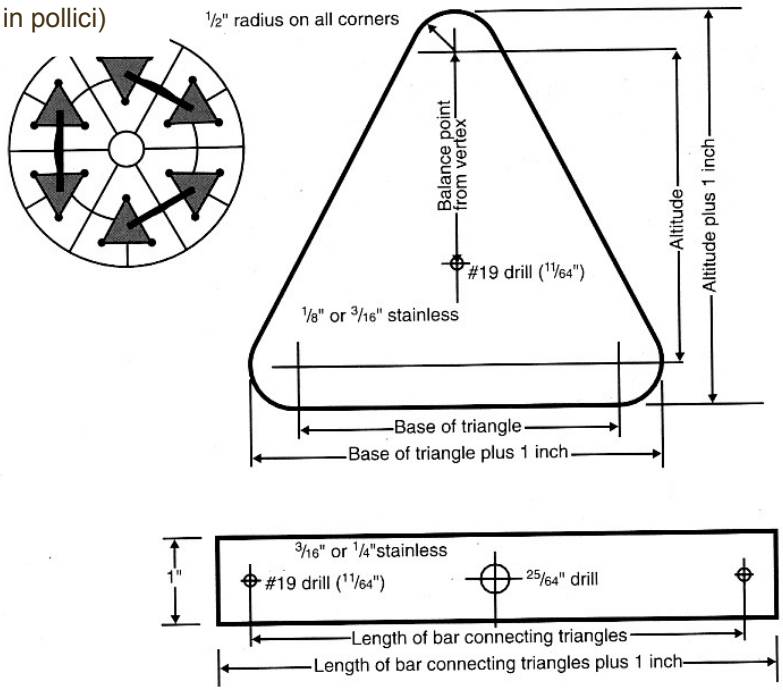


Table 5.5
18-Point Flotation System Dimensions

Size of mirror	16	17.5	18	20	22	24	25	30
Radius of outer support points	6.44	7.05	7.26	8.07	8.89	9.71	10.12	12.08
Radius of inner support points	3.01	3.30	3.40	3.79	4.18	4.58	4.78	5.64
Base of triangle (isosceles)	3.34	3.65	3.76	4.18	4.60	5.03	5.24	6.25
Altitude of triangle	3.21	3.51	3.61	4.01	4.41	4.81	5.00	6.02
Balance point from vertex	2.14	2.34	2.41	2.67	2.94	3.20	3.33	4.02
Length of bar connecting triangles	5.15	5.64	5.81	6.46	7.12	7.78	8.11	9.66
Radius to center point of bar	4.46	4.89	5.03	5.60	6.16	6.74	7.02	8.36
Thickness of steel triangles	⅛	⅛	⅛	⅛	⅛	⅛	⅛	3/16
Thickness of steel bars*	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	3/16	¼

All dimensions in inches.

* Bars are 1 inch wide, except for 30-inch mirrors, which are 1.25 inches wide.

(cella a 27 punti di appoggio)

(tutte le misure sono in pollici)

Appendice 1 (c)

Table 5.6
Parts List for 27-point Mirror Cell and Tailgate
For mirrors 30 to 40 inches aperture*

Number	Description
2	¼-inch x 2-inch steel flat stock for tailgate side rails
3	1½-inch x 1½-inch steel tubing for tailgate rungs (heavy wall preferably)
6	3/16-inch thick steel scalene outer triangles (or substitute ⅜-inch thick aluminum)
3	3/16-inch thick steel isosceles inner triangles (or substitute ⅜-inch thick aluminum)
3	⅜-inch thick steel connecting triangles (or substitute ¾-inch thick aluminum)
27	Floor protector pads for mirror cell points, ¼-inch thick and relatively incompressible
9	Pan-head screws 8-32 x 1-inch long to hold triangles to connecting triangle
27	8-32 nuts for pan-head screws
6	½-20 all-metal lock nuts, one on either side of connecting triangle
3	½-20 x 4-inch custom-made collimation bolts. Weld large flat washer to ½-20 by 4-inch fully threaded bolt. Place rubber floor protector over washer for an attractive knob
2	½-20 x 5-inch hex-head bolts, must be fully threaded and split to hold sling
3	½-20 x 6½-inch hex-head bolts, fully threaded for side pins (or substitute threaded rod)
3	Eyebolts for mirror clips; eye must be ½-inch diameter (obtain from turnbuckles)
9	½-inch lock washers to put above side pins and above and below mirror clips
8	½-inch x 20 nuts
8	7/16-inch washers (½-inch actual hole size) one for each split bolt, the rest for side pins
8	#10 x 1-inch sheet metal screws to hold fans to fan boards 8, 8-32 x ¾-inch round-head screws to mount fan board on tailgate rungs
3	Short lengths of shrink wrap for mirror clips
1	2-inch nylon strapping, or a seat belt from an old car
3	1¼-inch O.D. x 3-inch long PVC dowels for side pins; wood pins okay instead of PVC
1	Double-sided tape
1	¼-inch thick plywood or plastic fan mounting board
2	12-volt muffin fans. Why two fans? Lots of glass and thermal inertia.

* If you use different thickness steel or opt for aluminum in your triangles and bars, then use longer fasteners, bolts, and off-center pins.

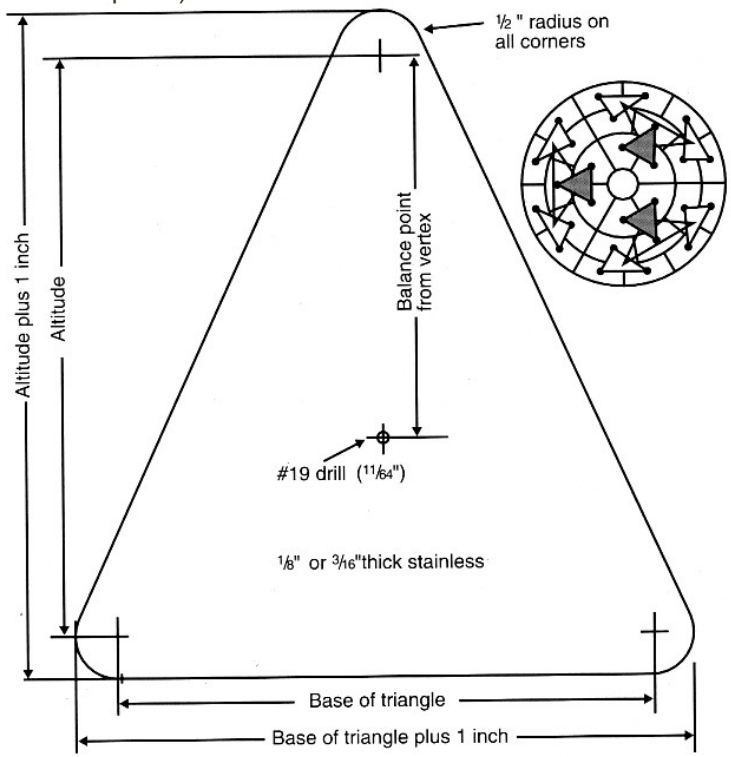


Table 5.7
27-Point Inner Triangle Dimensions

Size of mirror	24	25	30	32	36	40
Inner triangle is isosceles pointing outward						
Base	3.75	3.91	4.84	5.20	5.92	6.67
Altitude	4.23	4.40	5.34	5.70	6.44	7.18
Balance point from vertex	2.82	2.94	3.56	3.80	4.29	4.79
Thickness	⅛	⅛	⅛	⅛	3/16	3/16
All dimension in inches.						

Appendice 1 (d)

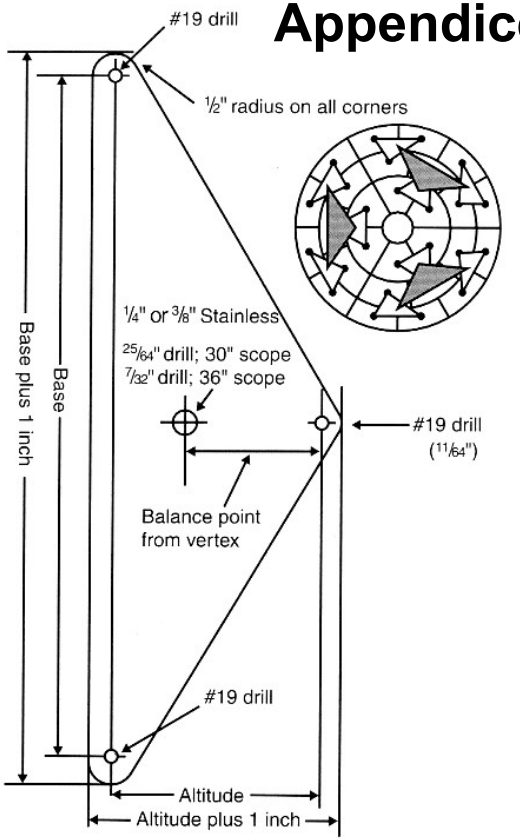


Table 5.8
27-Point Connecting Triangle Dimensions

Size of mirror	24	25	30	32	36	40
Connecting triangle is isosceles pointing inward						
Base	9.98	10.40	12.61	13.48	15.22	16.98
Altitude	3.12	3.25	3.84	4.09	4.57	5.04
Balance point from vertex	2.08	2.16	2.56	2.72	3.04	3.36
Radius to balance point	6.74	7.02	8.54	9.13	10.32	11.53
Thickness	¼	¼	¼	¼	⅜	⅜
All dimensions in inches.						

(cella a 27 punti di appoggio)

(tutte le misure sono in pollici)

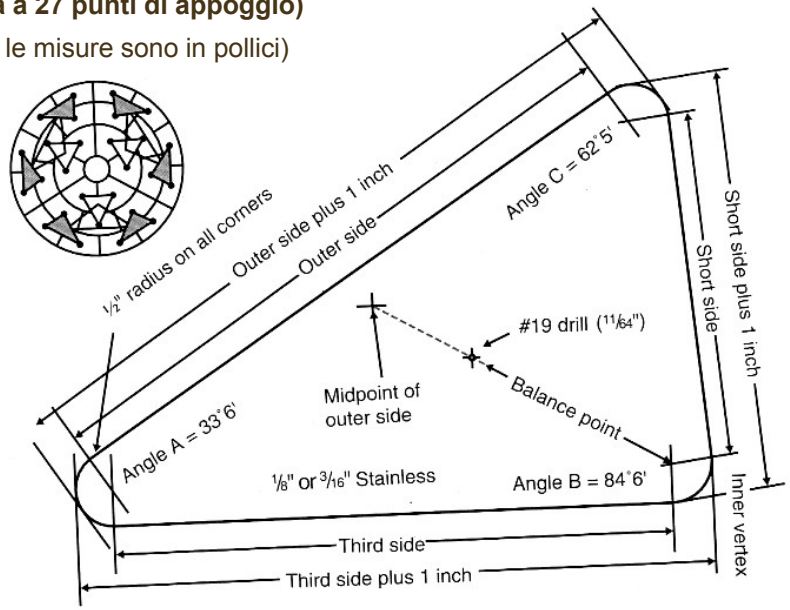


Table 5.9
27-Point Outer Triangle Dimensions

Size of mirror	24	25	30	32	36	40
Outer triangle is scalene						
Outer side	5.45	5.67	6.85	7.32	8.25	9.19
Short side	3.15	3.27	3.83	4.07	4.53	4.97
Third side	4.90	5.11	6.11	6.52	7.32	8.13
Balance point from vertex*	2.06	2.14	2.52	2.68	2.99	3.29
Thickness	⅛	⅛	⅛	⅛	3/16	3/16
All dimensions in inches.						
* Inner vertex to midpoint of outer side.						

Table 5.10
27-Point Cell Radius of Support Points

Size of mirror	24	25	30	32	36	40
Radius of inner support points	3.75	3.91	4.84	5.20	5.92	6.67
Radius of middle support points	7.47	7.79	9.53	10.21	11.57	12.95
Radius of outer support points	10.52	10.96	13.24	14.14	15.94	17.75

Appendice 2 (a)

Diametro del campo pienamente illuminato= 20 mm

App. 2 (a) e 2(b)

Dimensioni asse minore 2rio e dimensioni Off-Set

Tutte le misure sono espresse in pollici

Table 4.4d
Secondary Mirror Size and Offset

Diameter of 100% illumination: 0.78 inch

Height of focuser: 2 inches ← **Altezza fuocheggiatore**

	Minor Axis of Secondary Mirror in Inches				
Primary	*f*/4.0	*f*/4.5	*f*/5.0	*f*/5.5	*f*/6.0
14.5	3.096	2.846	2.646	2.483	2.347
15.0	3.162	2.905	2.700	2.532	2.392
16.0	3.294	3.023	2.806	2.629	2.481
17.5	3.491	3.199	2.966	2.774	2.615
18.0	3.557	3.258	3.019	2.823	2.660
20.0	3.819	3.492	3.231	3.017	2.838
22.0	4.081	3.726	3.442	3.210	3.016
24.0	4.343	3.960	3.653	3.403	3.194
25.0	4.474	4.077	3.759	3.499	3.283
30.0	5.126	4.660	4.286	3.981	3.726
32.0	5.387	4.893	4.497	4.173	3.904
36.0	5.909	5.359	4.918	4.558	4.258
40.0	6.430	5.824	5.339	4.943	4.612

Off-Set

	Secondary Mirror Offset in Inches				
Primary	*f*/4.0	*f*/4.5	*f*/5.0	*f*/5.5	*f*/6.0
14.5	0.183	0.150	0.125	0.107	0.093
15.0	0.187	0.153	0.128	0.109	0.094
16.0	0.196	0.160	0.133	0.114	0.098
17.5	0.208	0.170	0.142	0.120	0.104
18.0	0.213	0.173	0.144	0.123	0.106
20.0	0.229	0.186	0.155	0.132	0.114
22.0	0.246	0.200	0.166	0.141	0.121
24.0	0.263	0.213	0.177	0.150	0.129
25.0	0.271	0.219	0.182	0.154	0.133
30.0	0.312	0.252	0.209	0.176	0.151
32.0	0.329	0.265	0.219	0.185	0.159
36.0	0.361	0.291	0.241	0.203	0.174
40.0	0.394	0.317	0.262	0.220	0.188

Appendice 2 (b)

Table 4.4e
Secondary Mirror Size and Offset

Diameter of 100% illumination: 0.78 inch

Height of focuser: 3 inches

	Minor Axis of Secondary Mirror in Inches				
Primary	*f*/4.0	*f*/4.5	*f*/5.0	*f*/5.5	*f*/6.0
14.5	3.332	3.056	2.836	2.655	2.504
15.0	3.399	3.116	2.889	2.704	2.550
16.0	3.531	3.234	2.996	2.802	2.640
17.5	3.730	3.411	3.157	2.948	2.774
18.0	3.796	3.470	3.210	2.997	2.819
20.0	4.059	3.706	3.423	3.191	2.998
22.0	4.322	3.940	3.635	3.385	3.177
24.0	4.585	4.175	3.847	3.579	3.355
25.0	4.716	4.292	3.953	3.675	3.444
30.0	5.370	4.876	4.481	4.158	3.889
32.0	5.631	5.110	4.692	4.351	4.066
36.0	6.153	5.576	5.114	4.736	4.421
40.0	6.675	6.042	5.535	5.121	4.776

	Secondary Mirror Offset in Inches				
Primary	*f*/4.0	*f*/4.5	*f*/5.0	*f*/5.5	*f*/6.0
14.5	0.197	0.161	0.134	0.114	0.099
15.0	0.201	0.164	0.137	0.117	0.101
16.0	0.210	0.171	0.143	0.121	0.105
17.5	0.223	0.181	0.151	0.128	0.110
18.0	0.227	0.184	0.154	0.130	0.112
20.0	0.244	0.198	0.164	0.139	0.120
22.0	0.261	0.211	0.175	0.148	0.128
24.0	0.277	0.224	0.186	0.157	0.135
25.0	0.286	0.231	0.191	0.162	0.139
30.0	0.327	0.264	0.218	0.184	0.158
32.0	0.343	0.277	0.229	0.193	0.165
36.0	0.376	0.303	0.250	0.211	0.180
40.0	0.409	0.329	0.271	0.228	0.195

Table 4.4f
Secondary Mirror Size and Offset

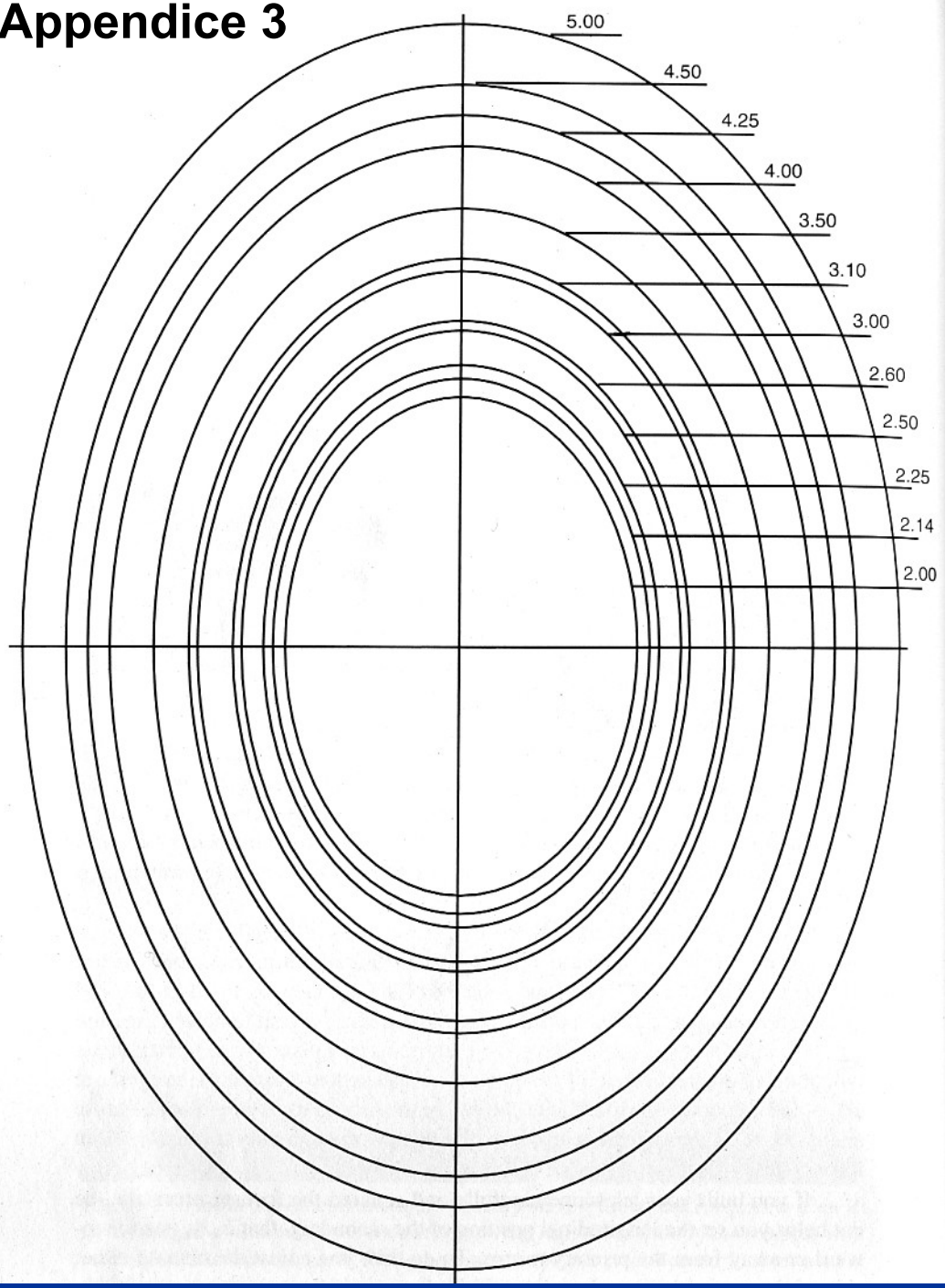
Diameter of 100% illumination: 0.78 inch

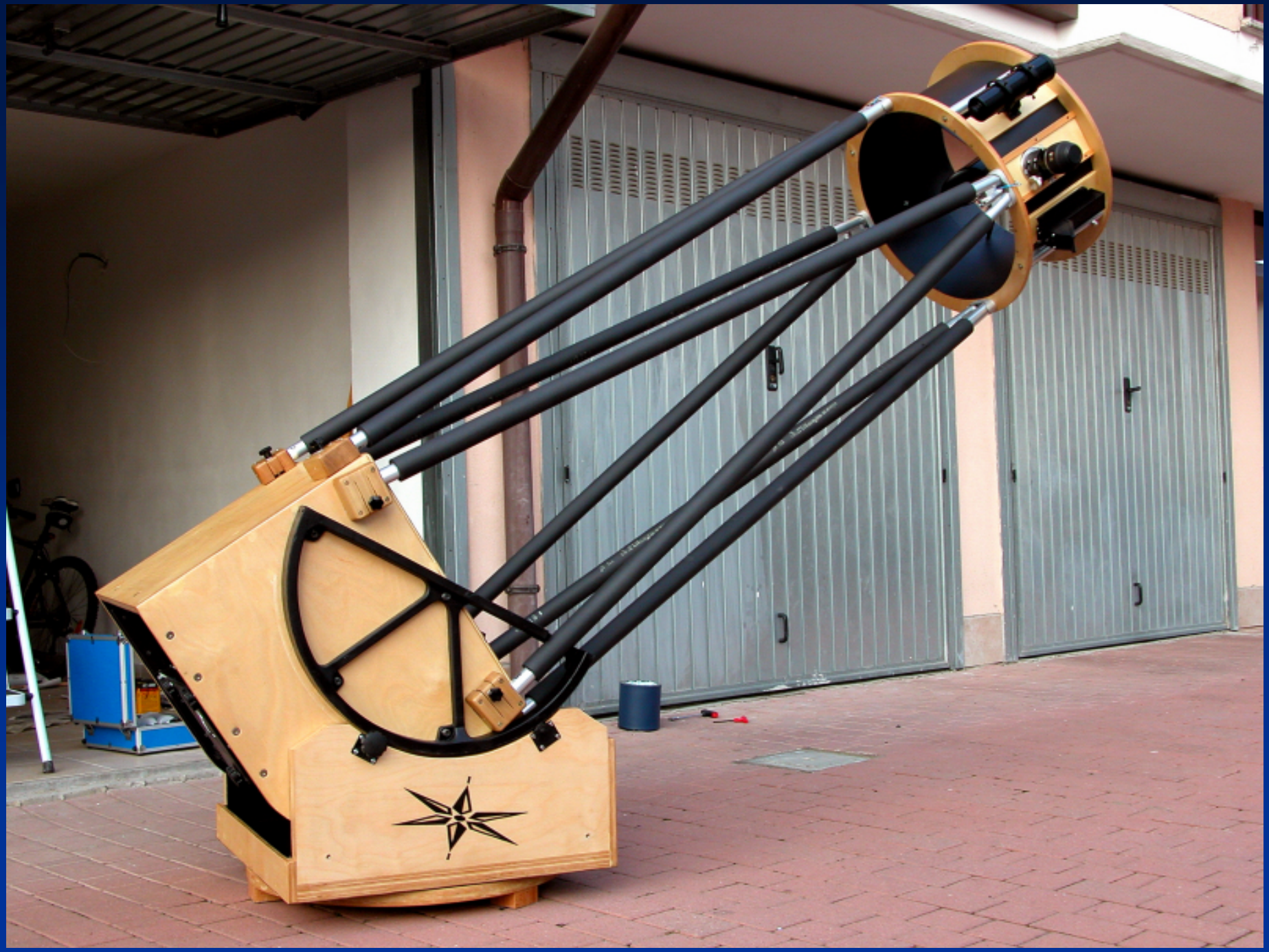
Height of focuser: 4 inches

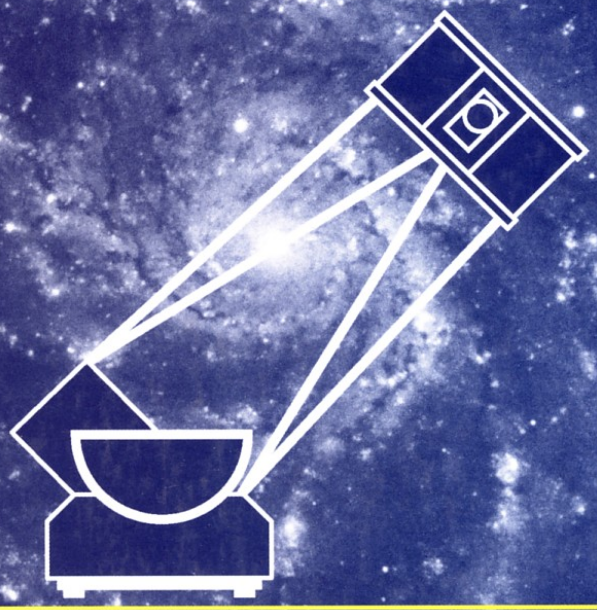
	Minor Axis of Secondary Mirror in Inches				
Primary	*f*/4.0	*f*/4.5	*f*/5.0	*f*/5.5	*f*/6.0
14.5	3.569	3.267	3.025	2.827	2.662
15.0	3.636	3.326	3.079	2.876	2.708
16.0	3.769	3.446	3.187	2.975	2.798
17.5	3.969	3.624	3.348	3.122	2.934
18.0	4.035	3.683	3.401	3.171	2.979
20.0	4.300	3.919	3.615	3.366	3.158
22.0	4.563	4.155	3.828	3.561	3.338
24.0	4.827	4.390	4.040	3.755	3.516
25.0	4.958	4.507	4.147	3.852	3.606
30.0	5.613	5.093	4.676	4.335	4.051
32.0	5.875	5.326	4.887	4.528	4.229
36.0	6.398	5.793	5.310	4.914	4.584
40.0	6.920	6.260	5.732	5.299	4.939

	Secondary Mirror Offset in Inches				
Primary	*f*/4.0	*f*/4.5	*f*/5.0	*f*/5.5	*f*/6.0
14.5	0.211	0.172	0.143	0.122	0.105
15.0	0.215	0.175	0.146	0.124	0.107
16.0	0.224	0.182	0.152	0.129	0.111
17.5	0.237	0.192	0.160	0.136	0.117
18.0	0.241	0.196	0.163	0.138	0.119
20.0	0.258	0.209	0.174	0.147	0.126
22.0	0.275	0.223	0.185	0.156	0.134
24.0	0.292	0.236	0.195	0.165	0.142
25.0	0.300	0.243	0.201	0.170	0.146
30.0	0.342	0.276	0.228	0.192	0.164
32.0	0.358	0.289	0.238	0.201	0.172
36.0	0.391	0.315	0.260	0.219	0.187
40.0	0.424	0.341	0.281	0.236	0.202

Appendice 3







The Dobsonian Telescope

A Practical Manual for Building Large Aperture Telescopes

David Kriege • Richard Berry