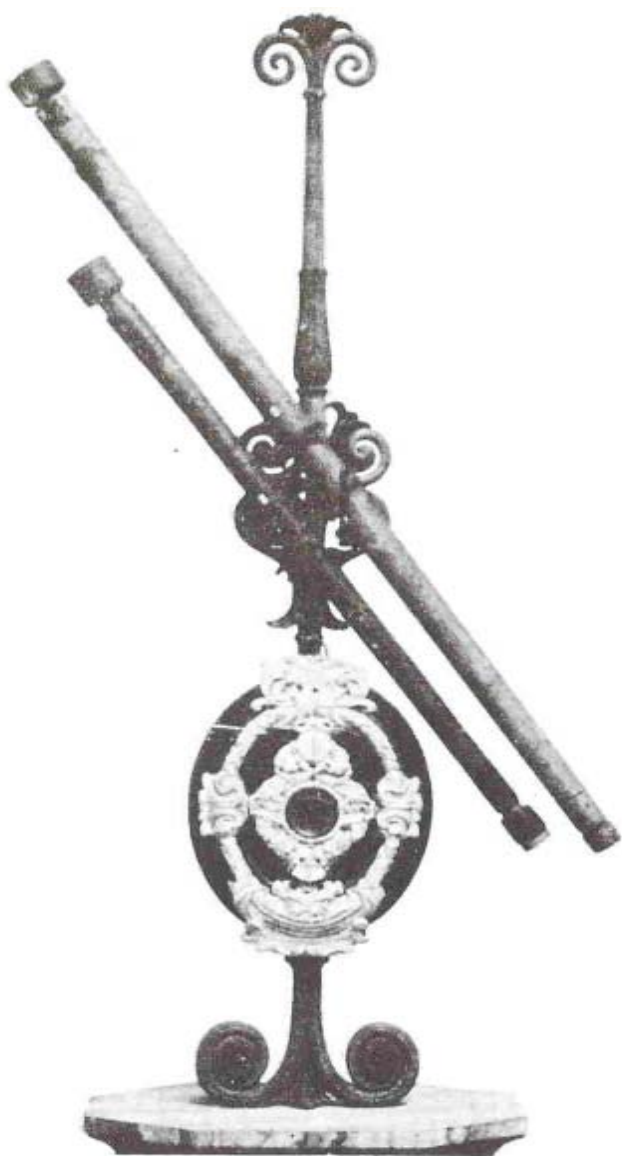
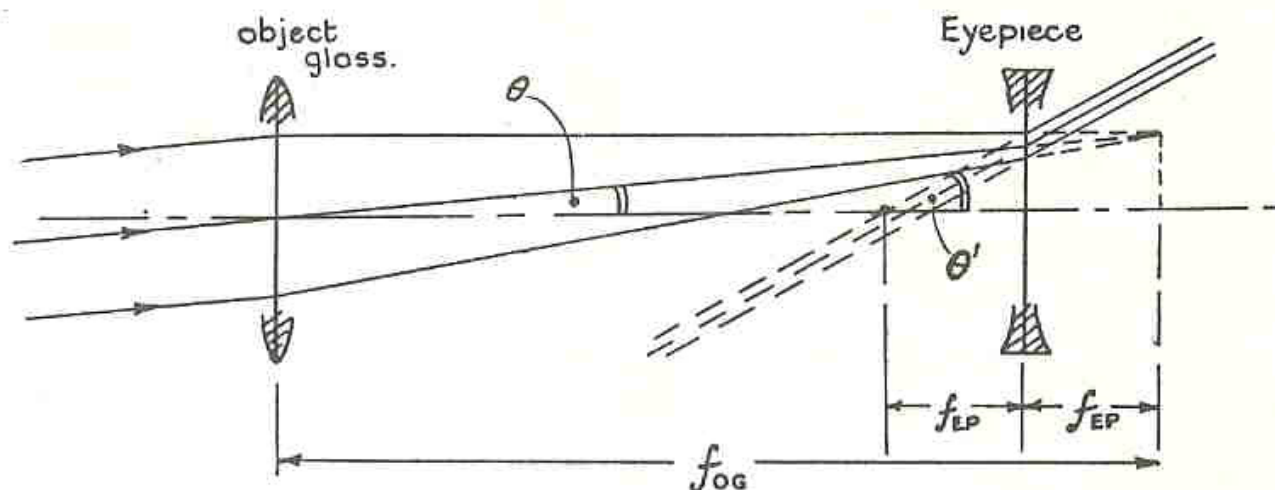


Alcune considerazioni sull'ottica del telescopio galileiano



Il progetto è costituito da una lente obiettivo di forma probabilmente piano convessa, la forma comunque non influisce se non in misura trascurabile sul rendimento, e da una lente oculare negativa piano concava o biconcava. Anche per questa la forma non è importante per la resa ottica.

La scelta di usare un oculare a lente negativa è forse il maggior ostacolo al miglioramento delle prestazioni del telescopio di Galileo. L'oculare negativo comporta sì la visione dritta e una minor lunghezza del tubo, ma ha la caratteristica di avere un campo visivo molto piccolo tanto da rendere impossibile aumentare l'ingrandimento oltre le 10/15x e diventa molto problematico il puntamento e l'inseguimento di un oggetto nel cielo.



Se si osserva lo schema ottico si vede immediatamente che aumentando l'angolo del campo visivo, l'immagine non può entrare nella pupilla dell'occhio dell'osservatore.

Per quanto riguarda le aberrazioni residue di un obiettivo a lente semplice si può osservare che è predominante il residuo cromatico dovuto come noto al diverso indice di rifrazione per le varie lunghezze d'onda dello spettro visibile. Il cromatismo residuo può essere tenuto entro i limiti di diffrazione solo aumentando la lunghezza focale e diaframmando la lente ottenendo un elevato rapporto F/D. Ipotizzando una focale di un metro e un diaframma di circa 15 mm, come quello messo all'apertura dello strumento conservato a Firenze, si ottiene un rapporto F/D uguale a 66 con un limite di diffrazione di 0,063 mm. La sferica è trascurabile come pure tutte le altre aberrazioni e la cromatica rimane quasi tutta entro la tacca di diffrazione: lo strumento si comporta come un apocromatico.

Questa risoluzione, 63 micron su un metro di focale, corrisponde a un angolo di circa 0,2 primi.

Considerando che la risoluzione limite dell'occhio umano in condizioni ottimali è di circa 1 primo, ma che in condizioni normali e con poca luce raramente può superare i 2 primi, si vede che in queste condizioni l'ingrandimento ottimale di uno strumento di questo tipo è di circa 10, 12 volte.

Aumentando l'ingrandimento non si ottiene altro che diminuire il già piccolissimo campo visivo, rendere più difficile il puntamento e rendere l'immagine meno luminosa e confusa.

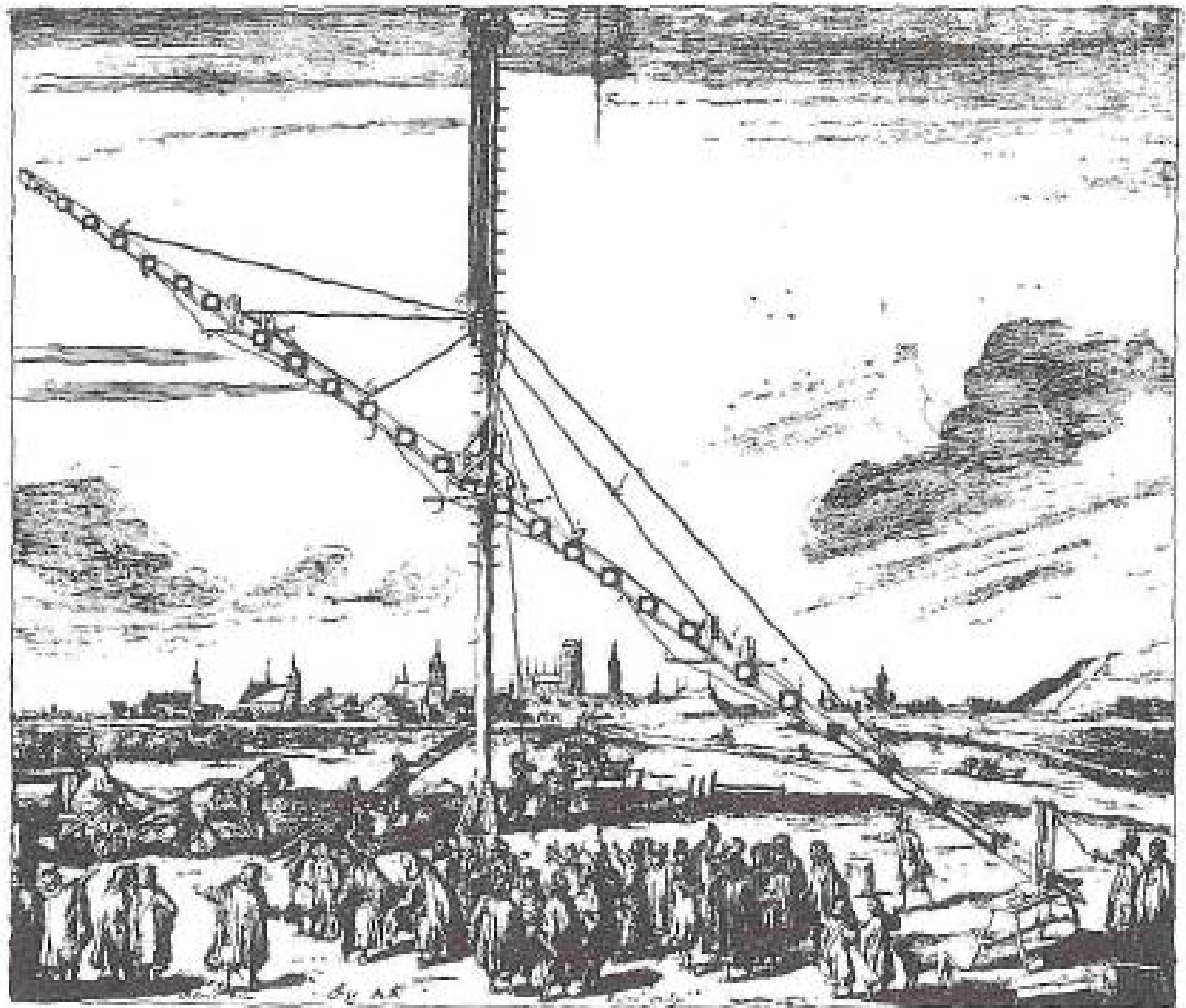
Ma il maggior limite di questo tipo di ottica rimane il campo visivo apparente ridottissimo intorno a circa 2° corrispondente a circa $10'$, meno della metà del diametro della luna piena.

In ogni caso, nonostante questi limiti, moltiplicare per un fattore 10 l'acutezza visiva ha determinato una svolta storica in grado di cambiare la visione dell'universo fino ad allora visto solo senza strumenti ottici. Aumentando il diametro del diaframma l'aberrazione cromatica degrada irreparabilmente l'immagine, diminuendo il diametro aumenta anche quello della tacca di diffrazione e rende l'immagine più confusa e scura.

Galileo, che non era a conoscenza delle leggi dell'ottica, probabilmente arriva a questa misura del diaframma empiricamente.

L'unica via percorribile per migliorare la resa di uno strumento di questo tipo, è quella di aumentare la lunghezza focale dell'obiettivo, realizza infatti anche strumenti con focali di circa 1,6 metri con ingrandimenti di circa 15 volte.

Anche nei decenni successivi vengono costruiti telescopi con focali sempre più lunghe, anche di più di 30 metri, fino alla soluzione del problema con la realizzazione dell'obiettivo acromatico nella seconda metà del 1700.



Telescopio di Hevelius

Un altro problema che dovette affrontare Galileo nella realizzazione dei suoi telescopi fu quello della qualità del vetro usato per le lenti obiettivo.

Il nostro sforzo di costruire una replica dello strumento galileiano il più possibile simile a quello rinascimentale ci ha portato a chiedere l'aiuto di una famosa fornace di Murano per reperire del vetro che poi ho usato per le lenti necessarie.

Abbiamo avuto, io, il prof. William Shea e il prof. Francesco Rizzoli, un'accoglienza e una disponibilità veramente amichevole da parte di Gino Seguso della ditta Archimede Seguso, una delle più conosciute fornaci muranesi.



Lavorazione di un vaso con la tecnica tradizionale, è da notare l'attrezzatura estremamente semplice che viene utilizzata dal maestro



Il prof. Shea a colloquio con Gino Seguso



il tipico forno muranese

La composizione del vetro probabilmente non è più quella originale, ma le tecniche di fusione, di affinatura e di colatura in piccoli stampi di ferro è sicuramente molto simile a quella usata allora dagli artigiani del '600.



operazione di colatura di una formella



taglio di una formella per ricavare due lastre del giusto spessore

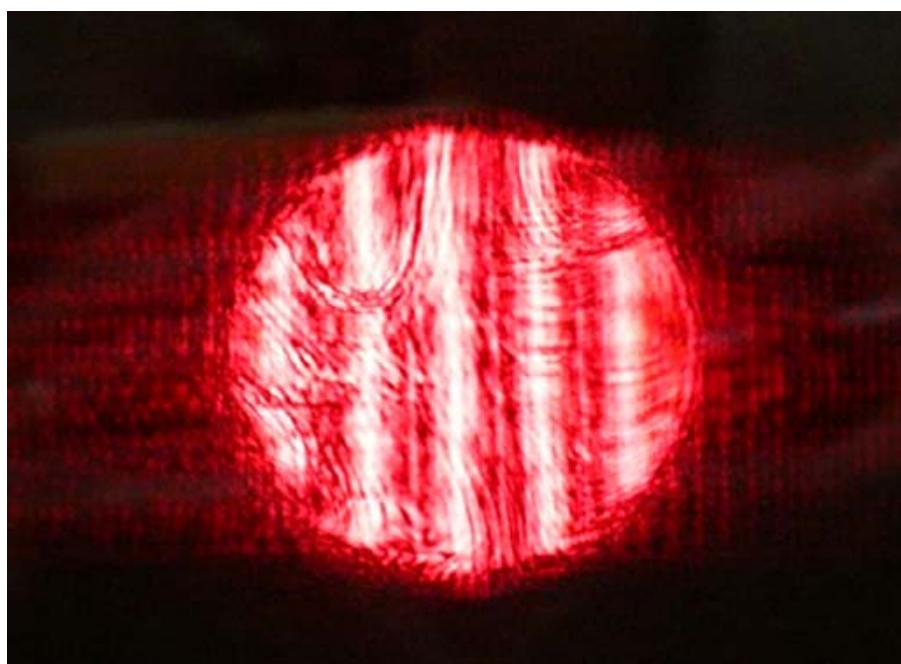


taglio dei dischetti



fresatura in blocco

Dopo un lungo periodo necessario al lento raffreddamento per evitare le tensioni interne, operazione che in dialetto muranese viene chiamata di tempera, le formelle sono state lavorate al mio laboratorio ottico fino ad ottenere un certo numero di lenti con le caratteristiche necessarie.



ronchigramma di una lente difettosa in autocollimazione



alla lama di Foucault della stessa lente

A questo punto sottoposte a un test ottico di autocollimazione si sono evidenziati dei difetti che ad un esame superficiale non era possibile cogliere.



al fuoco della stessa lente

Le piccole variazioni di indice di rifrazione all'interno della massa vetrosa sono visibili come delle strie che hanno l'effetto di sparpagliare la luce molto fuori dalla prevista macchia di diffrazione.

Quasi tutte le lenti sono risultate quasi inutilizzabili, su circa 30 lenti forse 5 o 6 sono risultate buone. Probabilmente anche Galileo fece la stessa operazione provando un gran numero di lenti in modo da scegliere la migliori scartando le altre.

Le lenti che ho realizzato hanno le seguenti caratteristiche:

lente obiettivo:	Ø 43 mm	R1 + 494	R2 piano	spessore 6 mm	per una focale 965 mm
lente oculare	Ø 30 mm	R1 - 80	R2 - 80	spessore 4 mm	per una focale 77 mm

l'ingrandimento che si ottiene è di circa 12x con un campo circa 10'.